

**Cuota de inscripción \$3,000.00**

**Coordinador:** Ing. Luis Palomino Rivera

**La cuota de inscripción incluye:**

- una carpeta con las notas de los profesores
- bibliografía sobre el tema
- servicio de cafetería

### **INSCRIPCIONES**

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, U. N. A. M.

**Palacio de Minería  
Calle de Tacuba No. 5  
México 1, D.F.**

**HORARIO DE LUNES A VIERNES DE  
9 A 14 H. Y 16 A 18 H.**

### **CONSTANCIA DE ASISTENCIA**

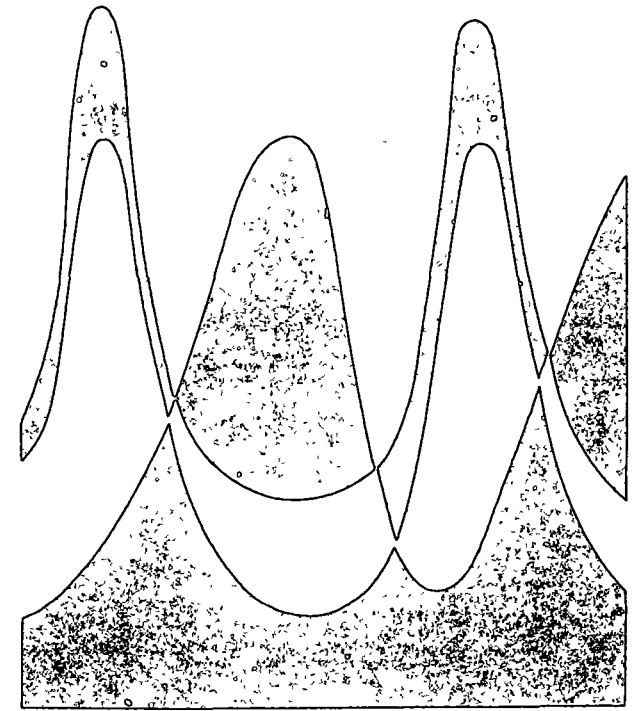
La Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., otorgará una constancia de asistencia a los participantes que concurren regularmente y que realicen satisfactoriamente los trabajos que se les asignen durante el curso.

**Para mayores informes hablar a los teléfonos:  
521-40-23 • 521-73-35 y 512-31-23**

CIRCULA LIBRE DE PORTE  
POR VIA DE SUPERFICIE  
Y DENTRO DEL TERRITORIO NAL.  
ART. 17 LEY ORGANICA DE LA U.N.A.M

centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, u n a m

**Palacio de Minería  
Calle de Tacuba No. 5  
México 1, D.F.**



# **TOPOGRAFIA APLICADA A LA CONSTRUCCION**

**Duración:** 40 horas

**Fecha:** Del 18 al 23 de abril

**Horario:** lunes miércoles y viernes  
de 9.00 a 19 00 h  
martes y jueves de 9 00 a 17.30 h

En colaboración con la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, u n a m

## OBJETIVOS

Al terminarse el curso los participantes habrán recibido una información actualizada sobre procedimientos modernos de levantamientos, trazo, nivelación, control y computación electrónica empleados en la construcción de obras de ingeniería. Podrán seleccionar métodos adecuados y operar algunos instrumentos modernos.

## A QUIEN ESTA DIRIGIDO

El curso está dirigido a las personas que tienen relación con la topografía y especialmente aquellas que se desarrollan en el ramo de la construcción de obras de ingeniería arquitectura y diseño.

## METODOLOGIA

El curso se desarrollará mediante la exposición de los temas que contiene el curso apoyados en un texto escrito que será proporcionado a los participantes, se contará además con algunos instrumentos modernos de medición como Tránsito de lectura de micrometro óptico, distanciómetros E D M, emisor de rayos láser, equalímetros, estereoscopios y algunas minicalculadoras electrónicas.

## TEMARIO

### 1 INTRODUCCION

- 1.1 Objeto geométrico
- 1.2 Cadena geométrica
- 1.3 Cadena topográfica
- 1.4 Sistema de referencia
- 1.5 Magnitudes

### 2 DETERMINACION DE MAGNITUDES

- 2.1 Coordenadas
- 2.2 Angulos
- 2.3 Distancias
- 2.4 Elevaciones

### 3 INSTRUMENTOS

- 3.1 Coordinatografos
- 3.2 Distanciómetros E D M
- 3.3 Goniómetros
- 3.4 Equalímetros
- 3.5 Colimadores láser
- 3.6 Giroscopio

### 4 PRECISION Y ERRORES

- 4.1 Elementos de precisión
- 4.2 Errores
- 4.3 Medidas de precisión
- 4.4 Propagación de errores
- 4.5 Rechazo de observaciones y criterios usuales

### 5 TOPOGRAFIA PARA PROYECTOS

- 5.1 Edificaciones
- 5.2 Obras hidráulicas
- 5.3 Ingeniería sanitaria

### 6 TOPOGRAFIA PARA CONSTRUCCION

- 6.1 Cimentaciones
- 6.2 Control de estructuras
- 6.3 Cortinas y zonas de embalse
- 6.4 Alcantarillado
- 6.5 Agua potable
- 6.6 Túneles y lumbreras
- 6.7 Control de dragado
- 6.8 Jardinería y ornato

### 7 PROYECTO DE FRACCIONAMIENTOS

- 7.1 Reglamentos y especificaciones
- 7.2 Tipos de fraccionamientos
- 7.3 Servicios municipales
- 7.4 Vialidades
- 7.5 Ratificaciones
- 7.6 Ajuste de áreas
- 7.7 Apoyo topográfico

### 8 TRAZO DE FRACCIONAMIENTOS

- 8.1 Eje de calles
- 8.2 Ancho de vialidades
- 8.3 Trazo de guarniciones
- 8.4 Bombeo de calles
- 8.5 Banquetas y lotificación
- 8.6 Control

### 9 CARRETERAS

- 9.1 Proyección horizontal
- 9.2 Enlaces entre tanjentes
- 9.3 Estacas laterales

### 10 CARRETERAS

- 10.1 Proyección vertical
- 10.2 Enlaces entre rasantes
- 10.3 Compensación de pendientes por grados de curvatura
- 10.4 Cubicación y movimiento de tierras
- 10.5 Referencias para puentes grandes

### 11 LOCALIZACION Y TRAZO DE LINEAS DE TRANSMISION ELECTRICA

- 11.1 Reconocimiento, elección de ruta y localización
- 11.2 Proyecto y trazo definitivo
- 11.3 Localización de estructura
- 11.4 Dibujo

### 12 REPRESENTACION GRAFICA

- 12.1 Escala y proyección
- 12.2 Representación planimétrica y altimétrica
- 12.3 Normas
- 12.4 Materiales

### 13 FOTOGRAMETRIA

- 13.1 Introducción
- 13.2 Fotogrametría de imagen unitaria
- 13.3 Estereofotogrametría
- 13.4 Fotogrametría multi-imagen
- 13.5 Orto fotogrametría
- 13.6 Ejercicios

### 14 CALCULO ELECTRONICO

- 14.1 Introducción a las computadoras
- 14.2 Sistema integrado de Ingeniería Civil
- 14.3 Subsistema ICES-COGO
- 14.4 Ejemplos de aplicación
- 14.5 Introducción a las minicalculadoras
- 14.6 La calculadora HP-25 y sus aplicaciones

### SESION DE TEMA LIBRE

## PROFESORES

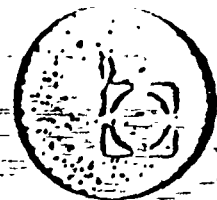
- ING JESUS ALBO LARA
- ING FEDERICO ALONSO LERCH
- ING SALVADOR CANALES DE LA PARRA
- SR IGNACIO LOPEZ ARREOLA
- M C GUALTERIO LUTHE GARCIA
- ING LUIS PALOMINO RIVERA
- ING ALFONSO SANCHEZ ROSALES



centro de educación continua

división de estudios superiores

facultad de Ingeniería, unam



**A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS DEL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA**

Las autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del Jefe del Centro de Educación Continua, Dr. Pedro Martínez Pereda, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso. Las personas que deseen que aparezca su título profesional precediendo a su nombre en el diploma, deberán entregar copia del mismo o de su cédula profesional a más tardar el SEGUNDO DIA de clases, en las oficinas del Centro, con la señorita Barraza, encargada de inscripciones, de lo contrario NO será posible.

El control de asistencia se efectuará a través de la persona encargada de entregar notas, en la mesa de entrega de material mediante listas especiales. Las ausencias serán computadas por las autoridades del Centro.

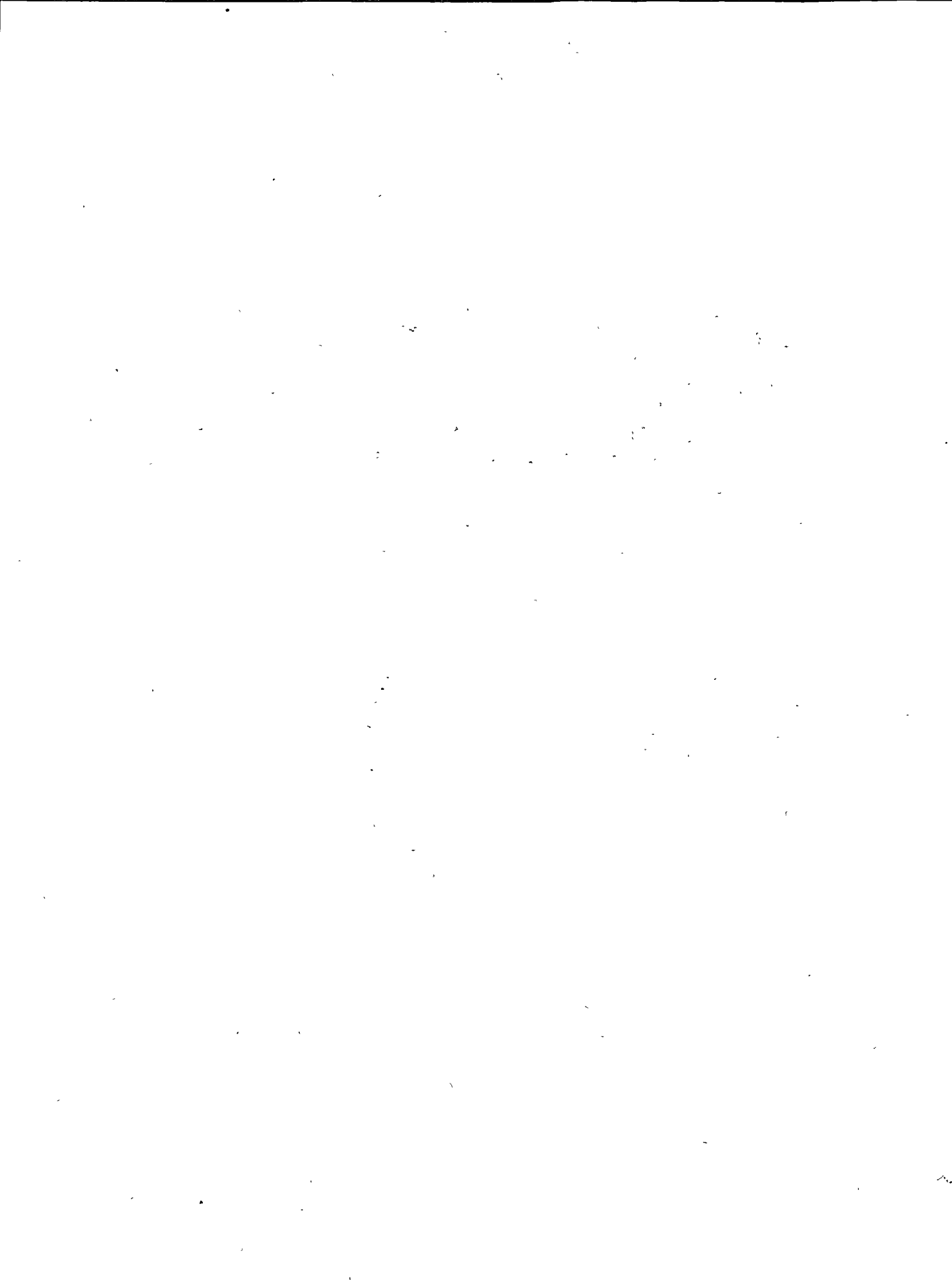
Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece el Centro están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso. Las personas comisionadas por alguna institución deberán pasar a inscribirse en las oficinas del Centro en la misma forma que los demás asistentes.

Con objeto de mejorar los servicios que el Centro de Educación Continua ofrece, se hará una evaluación del mismo a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos por parte de los asistentes; esto se hará al finalizar el curso.

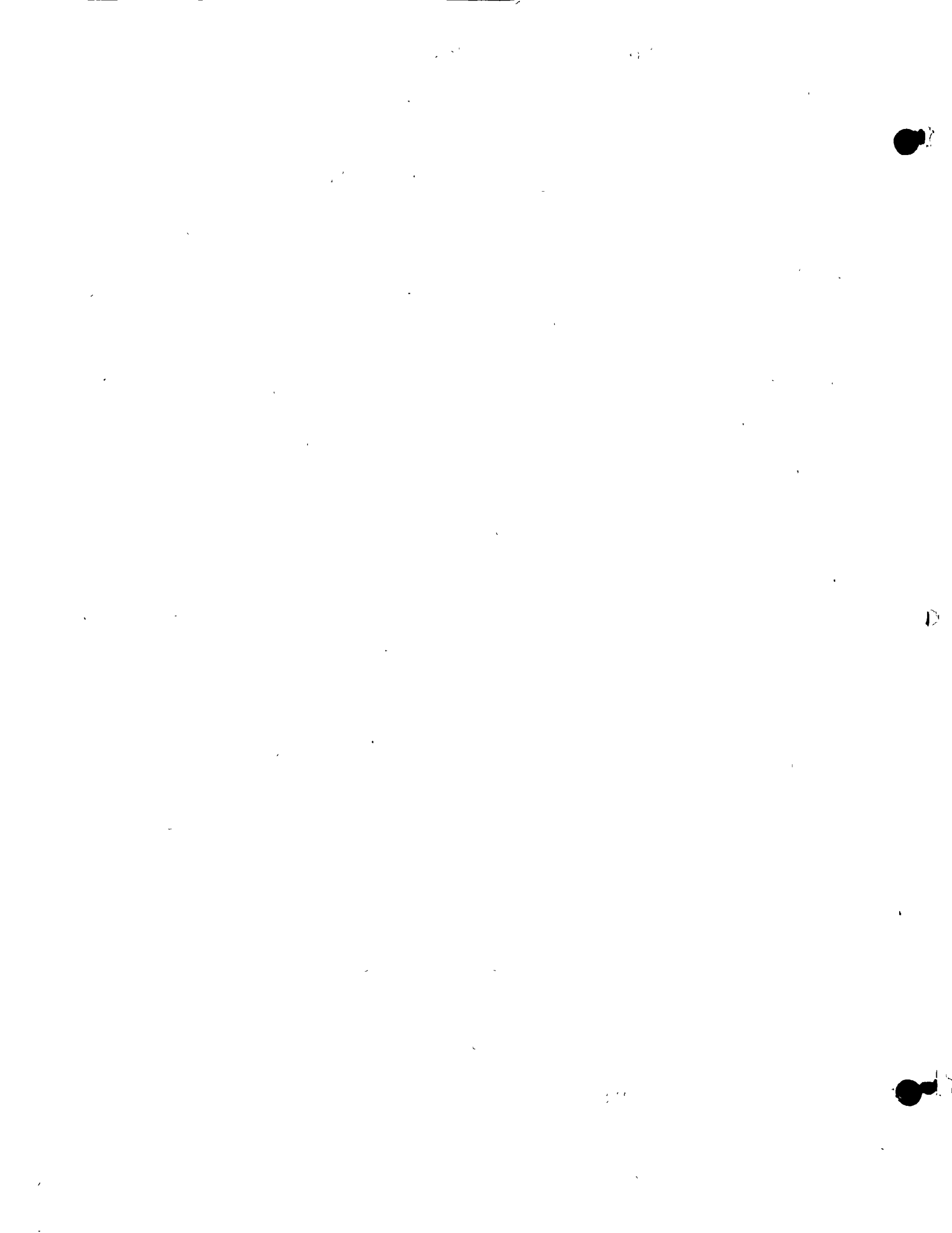
**ATENTAMENTE**

**ING. SALVADOR MEDINA RIVERO  
COORDINADOR DE CURSOS ABIERTOS**









SESION	HORA	CONTENIDO	PROFESOR	FECHA
A-1	9.00-10.30	<p>Tema</p> <p>1. INTRODUCCION</p> <p>1.1 Objeto geométrico</p> <p>1.2 Cadena geométrica</p> <p>1.3 Cadena topográfica</p> <p>1.4 Sistema de referencia</p> <p>1.5 Magnitudes</p>	Ing. Luis Palomino Rivera	Lunes 18 de Abril
A-2	10.30-12	<p>2. DETERMINACION DE MAGNITUDES</p> <p>2.1 Coordenadas</p> <p>2.2 Angulos</p> <p>2.3 Distancias</p> <p>2.4 Elevaciones</p>	Ing. Luis Palomino Rivera	Lunes 18 de Abril
A-3 y A-4	12-13.30 14.30-16	<p>3. INSTRUMENTOS</p> <p>3.1 Coordinatógrafos</p> <p>3.2 Distanciometros E.D.M.</p> <p>3.3 Goniómetros</p> <p>3.4 Equialtímetros</p> <p>3.5 Colimadores laser.</p> <p>3.6 Giroscopio</p>	Ing. Alfonso Sánchez Rosales	Lunes 18 de Abril
A-5 y A-6	16-17.30 17.30-19	<p>4. PRECISION Y ERRORES</p> <p>4.1 Elementos de precisión</p> <p>4.2 Errores</p> <p>4.3 Medidas de precisión</p> <p>4.4 Propagación de errores</p> <p>4.5 Rechazo de observaciones y criterios usuales.</p>	Ing. Federico Alonso Lerch	Lunes 18 de Abril

B-1	9-10.30	5. TOPOGRAFIA PARA PROYE OS	Ing. Jesús Albo Lara	Martes 19
		5.1 Edificaciones		
		5.2 Obras hidráulicas		
		5.3 Ingeniería sanitaria		
B-2	10.30-12	6. TOPOGRAFIA PARA CONSTRUCCION	Ing. Jesús Albo Lara	Martes 19
B-3	12-13.30			
		6.1 Cimentaciones		
		6.2 Control de estructuras		
		6.3 Cortinas y zonas de embalse		
		6.4 Alcantarillado		
		6.5 Agua potable		
		6.6 Túneles y lumbreras		
		6.7 Control de dragado		
		6.8 Jardinería y ornato		
B-4	14.30-16	7. PROYECTO DE FRACCIONAMIENTOS	Ing. Jesús Albo Lara	Martes 19
B-5	16-17.30			
		7.1 Reglamentos y especificaciones		
		7.2 Tipos de fraccionamientos		
		7.3 Servicios municipales		
		7.4 Vialidades		
		7.5 Ratificaciones		
		7.6 Ajuste de áreas		
		7.7 Apoyo topográfico		
C-1	9-10.30	8. TRAZO DE FRACCIONAMIENTOS	Ing. Jesús Albo Lara	Miércoles 20
C-2	10.30-12			
		8.1 Eje de calles		
		8.2 Ancho de vialidades		
		8.3 Trazo de guarniciones		
		8.4 Bombeo de calles		
		8.5 Banquetas y latificación		
		8.6 Control		
C-3	12-13.30	9. CARRETERAS	Ing. Salvador C nales	Miércoles 20
		9.1 Proyección horizontal		
		9.2 Enlaces entre tangentes		
		9.3 Estacas laterales		

C-4	1.30-16	10. CARRETERAS	Ing. Salvador Canales de la Parra	Miércoles 20
C-5	16-17.30			
C-6	17.30-19			

- 10.1 Proyección vertical
- 10.2 Enlaces entre rasantes
- 10.3 Compensación de pendientes por grados de curvatura
- 10.4 Cubicación y movimiento de tierras
- 10.5 Referencias para puentes grandes

D-5	16-17.30	11. LOCALIZACION Y TRAZO DE LINEAS DE TRANSMISION ELECTRICA	Ing. Alfonso Sánchez Rosales	Jueves 21
-----	----------	---	------------------------------	-----------

- 11.1 Reconocimiento, elección de ruta y localización
- 11.2 Proyecto y trazo definitivo
- 11.3 Localización de estructuras
- 11.4 Dibujo

D-1	9-10.30	12. REPRESENTACION GRAFICA	Ing. Luis Palomino Rivera	Jueves 21
-----	---------	----------------------------	---------------------------	-----------

- 12.1 Escala y proyección
- 12.2 Representación planimétrica y altimétrica
- 12.3 Normas
- 12.4 Materiales

D-2	10.30-12	13. FOTOGRAMETRIA	M. C. Gualterio Luthe García	Jueves 21
-----	----------	-------------------	------------------------------	-----------

D-3	12-13.30			
-----	----------	--	--	--

D-4	14.30-16			
-----	----------	--	--	--

- 13.1 Introducción
- 13.2 Fotogrametría de imagen unitaria
- 13.3 Estereototogrametría
- 13.4 Fotogrametría multi-imagen
- 13.5 Orto fotogrametría
- 13.6 Ejercicios

E-1 9.00-10.30  
E-2 10.30-12.00  
E-3 12.00-13.30

14. CALCULO ELECTRONICO

- 14.1 Introducción a las computadoras
- 14.2 Sistema integrado de Ingeniería Civil
- 14.3 Subsistema ICES - COGO
- 14.4 Ejemplos de aplicación
- 14.5 Introducción a las minicalculadoras
- 14.6 La calculadora HP - 25 y sus aplicaciones

M.C. Gualterio Luthe García  
Sr. Ignacio López Arreola

Viernes  
22

E-4 14.30-

SESION DE TEMA LIBRE

Viernes  
22

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO :

TOPOGRAFIA APLICADA A LA CONSTRUCCION

ING. JESUS ALBO LARA  
ASESOR  
SECC. DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM  
TEL.: 548.96.69

ING. FEDERICO ALONSO LERCH  
Coordinador de Geodesía y Cartografía  
SECC. DE ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
FAC. DE ING., UNAM  
TEL.: 548.96.69

ING. SALVADOR CANALES DE LA PARRA  
PROFESOR  
FAC. DE INGENIERIA, UNAM  
TEL. : 512.80.94

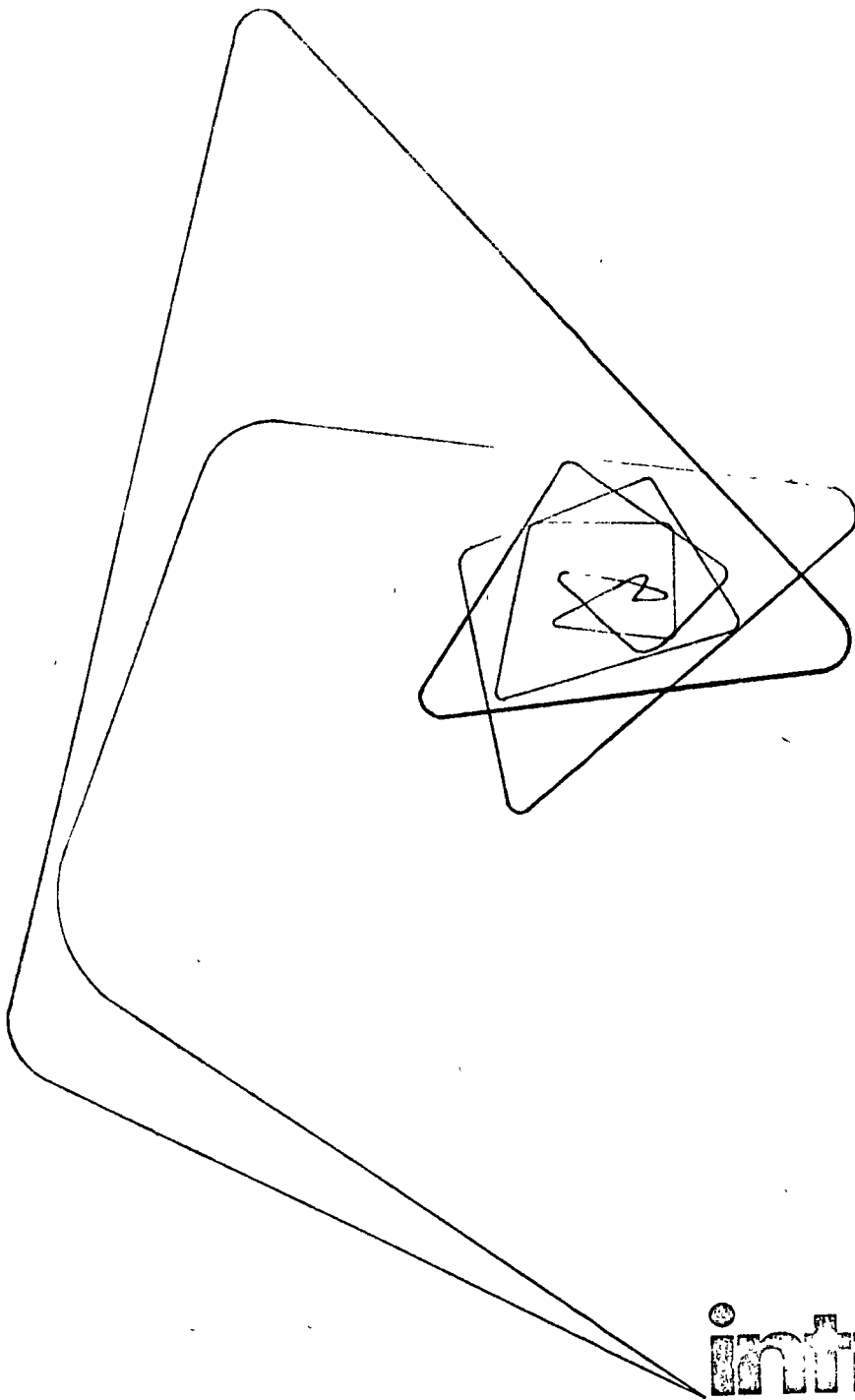
SR. IGNACIO LOPEZ ARREOLA  
COORDINADOR DEL GABINETE DE TOPOGRAFIA  
SECC. DE ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
TEL.: 548.96.69

M. En C. GUALTERIO LUTHE GARCIA  
COORDINADOR DE FOTOGRAMETRIA  
SECC. DE ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM  
TEL. : 548.96.69

ING. LUIS PALOMINO RIVERA  
JEFE DE LA SECCION DE ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM  
TEL.: 48.69.96

ING. ALFONSO SANCHEZ ROSALES  
ASESOR  
SECC. DE ING. TOPOGRAFICA Y GEODESICA  
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM  
TEL.: 48.96.69

tema 1



# introducción

ing. Luis Palomino Rivera.



## 1.- INTRODUCCION

La Topografía tiene por objeto efectuar las mediciones y cálculos necesarios para representar un cuerpo o una porción de terreno en una superficie plana, de acuerdo a una orientación que puede ser astronómica, magnética o respecto a alguna línea convencional.

La Topografía prescinde de la clase de materia que constituye a los cuerpos o terrenos y solo se ocupa de ellos en lo que concierne a sus dimensiones, considerando solamente ciertas relaciones comunes que permiten sustituirlos por un esquema ideal llamado cadena geométrica. Así por ejemplo, si se tiene un terreno horizontal, plano y limitado por cuatro lados rectos, este cuerpo o terreno, se puede representar por la cadena llamada "cuadrilátero" y por lo tanto, se pueden hallar las relaciones afines a esta cadena y por consiguiente al cuerpo o terreno en estudio. Por la relación tan estrecha que existe entre la Topografía y la Geometría es recomendable un buen conocimiento de esta ciencia para una buena preparación en los métodos topográficos.

### 1.1 Objeto geométrico

Es un elemento simple y con características propias que sirve para formar o definir diversas estructuras geométricas. Los objetos geométricos son, en su división más simple: puntos, líneas, ángulos, superficies y espacios.

**Punto** Es un lugar geométrico que no tiene dimensión, solo posición

**Línea** Es un conjunto ordenado de puntos. Las líneas pueden ser rectas o curvas

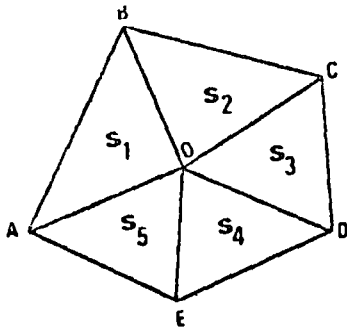
**Angulo** Es la abertura entre dos rectas que se cortan en un punto llamado vértice

**Superficie** Es el objeto de geométrico que divide a dos regiones o espacios

**Espacio** Es un conjunto de puntos contenidos en una región limitada por varias superficies

### 1.2 Cadena geométrica

Es un conjunto ordenado de objetos geométricos. Los objetos de una cadena geométrica en el espacio o estereométrica son:

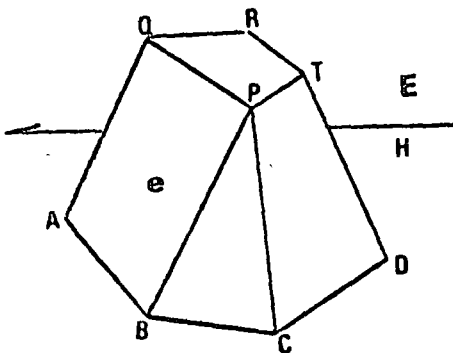


Puntos: A, B, C, D, ----- N  
 Líneas: AB, BC, CD ----- MN  
 Angulos: A, B, C, D ----- N  
 Superficies: S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> ----- S<sub>n</sub>  
 Espacios: exterior E, e interior e

### 1.3 Cadena topográfica

Es un conjunto ordenado de objetos geométricos enlazados -- que sirven para representar un cuerpo o una porción de terreno. En este caso el conjunto de objetos geométricos tiene posición relativa -- lo que implica el concepto de orientación que puede ser magnética, astronómica o relativa a algún otro elemento.

A todo objeto geométrico de una cadena le corresponde una magnitud o valor que son:



Objeto geométrico	Magnitud
Punto	COORDENADAS
Línea	DISTANCIA
Angulo	ANGULO
Superficie	AREA
Espacio	VOLUMEN
Orientación	AZIMUT

**COORDENADAS:** Es una terna ordenada de números que sirve para indicar la posición en el espacio, de los puntos de una cadena topográfica; generalmente se les designa con las letras X, Y, Z.

**DISTANCIA:** Es el número de unidades, de longitud que contiene una línea limitada por dos extremos.

**ANGULO:** Es el número de unidades que contiene la abertura entre las líneas que lo forman.

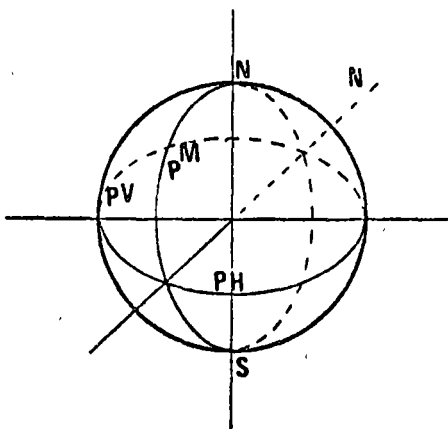
- AREA:** Es el número de unidades cuadradas que contiene una porción de superficie. Esta porción puede estar limitada por líneas rectas o curvas.
- VOLUMEN:** Es el número de unidades cúbicas que contiene un espacio limitado por superficies planas o curvas.
- AZIMUT:** Es un ángulo formado por alguna línea de la cadena y la línea de referencia llamada meridiana.

#### 1.4 Sistema de referencia

##### Elementos de referencia:

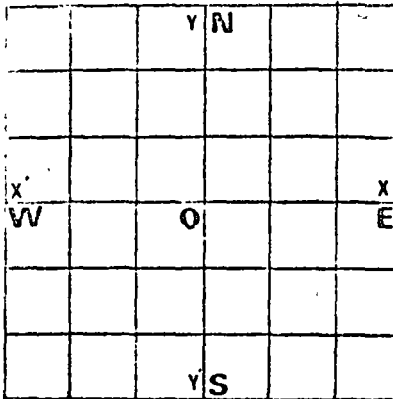
- Vertical del lugar:** Es la dirección que sigue la plomada en el lugar considerado.
- Plano del horizonte:** Es un plano perpendicular a la vertical del lugar
- Plano meridiano:** Es un plano formado por el eje terrestre y la vertical del lugar. Es perpendicular al plano del horizonte.
- Primer vertical:** Es un plano perpendicular al plano del meridiano, es perpendicular también al plano del horizonte.

El sistema de referencia está definido por tres ejes que se cortan perpendicularmente entre ellos y son: el eje X, el eje Y y el eje Z.



Eje X es la intersección de primer vertical con el plano del horizonte.

Eje Y es la intersección del meridiano con el plano del horizonte. Es coincidente con la vertical.



Los extremos del eje X reciben el nombre de ESTE y OESTE.

Los extremos del eje Y reciben el nombre de NORTE y SUR.

Los cuatro puntos se indican con las letras N, S, E, W, respectivamente

El plano de referencia queda dividido en cuatro regiones o cuadrantes que son: el Nor-Este (NE), el Nor-Oeste (NW) y el Sur-Este (SE) y el Sur-Oeste (SW).

### 1.5 Magnitudes

Teniendo en cuenta los objetos geométricos que intervienen en las cadenas topográficas, se tienen las siguientes magnitudes:

#### COORDENADAS

X, si la cadena es lineal; por ejemplo el eje de una vía de comunicación.

X, Y, si la cadena es planimétrica, por ejemplo los poligonales. En el caso más general en la topografía tradicional.

X, Y, Z, si la cadena es estereométrica, es decir, que se tratan simultáneamente los elementos planimétricos y altimétricos. Los lenguajes de computación topográfica pueden resolver el problema en esta forma.

#### DISTANCIAS

**Inclinada** Es la contada sobre la línea que pasa por la estación y el punto observado y limitado por estos puntos. En Topografía es poco usada.

**Horizontal** Es la que tiene los elementos proyectados de la cadena en el plano horizontal. Es la distancia que se usa en Topografía, de tal manera que cuando se habla de "distancia" en esta ciencia, se entiende que es "horizontal"

Vertical: Es la que tiene los puntos de la cadena, contada desde una superficie de referencia, hasta el punto que se trata y sobre la línea vertical de proyección.

### ANGULOS

Horizontal Es el ángulo diedro formado por los planos verticales que pasan por los extremos del ángulo y por su vértice.

Vertical Es el ángulo contado desde el plano del horizonte que pasa por la estación hasta el punto observado, contado sobre el plano vertical que contiene a estos puntos.

De liga Es el ángulo que relaciona a la cadena con el sistema de referencia; puede ser el Azimut o el Rumbo, magnético o astronómico.

Azimut: Es el ángulo contado desde el extremo Norte de la meridiana, hasta el punto observado, sobre el plano del horizonte y en el mismo sentido del movimiento de las manecillas de un reloj. Se mide de 0 a 360° ó de 0 a 400 grados centecimales.

Rumbo: Es el ángulo contado desde el extremo Norte o Sur de la meridiana, hasta el punto observado sobre el plano del horizonte, hacia el Este o el Oeste. Se mide de 0 a 90° ó de 0 a 100 grados centecimales.

AREAS En Topografía solo interesan las áreas horizontales y verticales, se determinan por cálculo, en función de las demás magnitudes de la cadena.

VOLUMENES Interesan los volúmenes limitados por la superficie natural del terreno, el plano horizontal de referencia y los planos verticales que pasan por las proyecciones de los lados. En Topografía los volúmenes se determinan por cálculo.

### Resumen :

	X	Cadena lineal
Coordenadas	XY	Cadena planimétrica
	XYZ	Cadena estereométrica

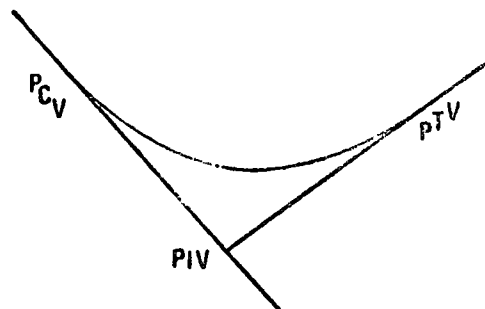
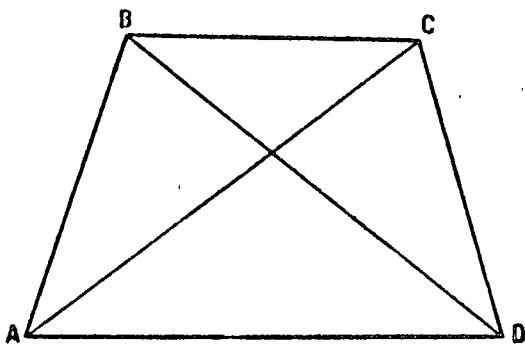
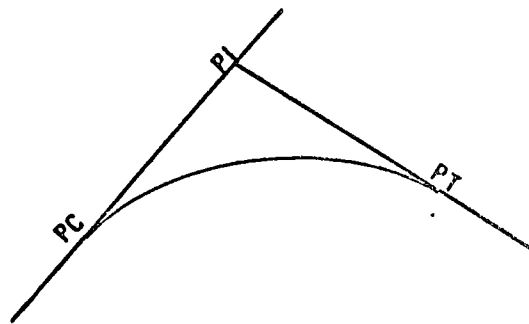
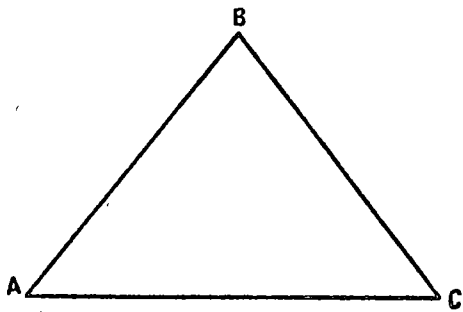
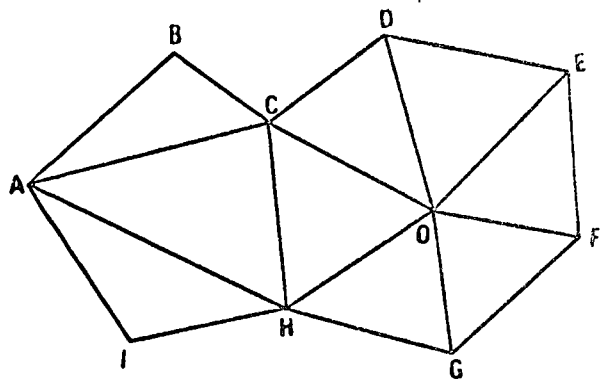
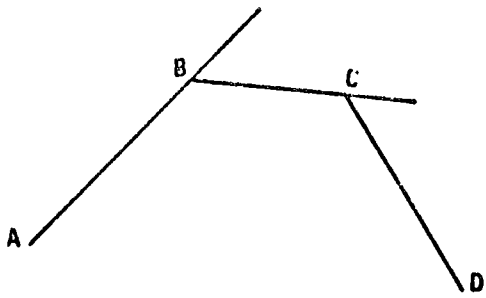
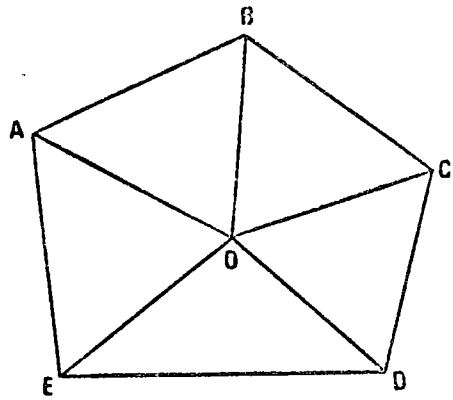
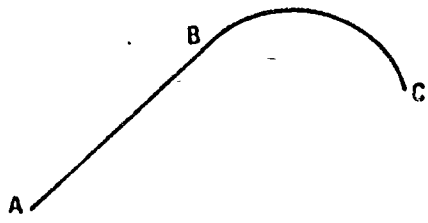
Distancias	DI	Inclinada
	DH	Horizontal
	DV	Vertical
Angulos	AH	Horizontal
	AV	Vertical
	AZ	Azimutal
Arcas	SV	Vertical
	SH	Horizontal
Volúmenes	V	

Las cadenas topográficas pueden ser abiertas o cerradas. Son cerradas cuando el objeto geométrico final se hace coincidir con el inicial de la cadena. En Topografía las cadenas más convenientes son las cerradas porque las magnitudes determinadas son comprobables, de tal modo que se puede saber el grado de confiabilidad de las magnitudes o bien si existen equivocaciones.

La comprobación se puede hacer teniendo en cuenta las propiedades que tienen algunas figuras geométricas. A estas propiedades se les designa como Condición de Figura, por ejemplo:

- 1.- La suma de los ángulos internos de un triángulo es  $180^\circ$ :
- 2.- La suma de los ángulos internos de un polígono de  $n$  vértices -- es igual a  $180(n-2)$  y la suma de los ángulos externos es  $180(n+2)$ .
- 3.- La suma de los ángulos de deflexión de un polígono cerrado es -- igual a  $360^\circ$ .
- 4.- La suma de las deflexiones de trazo de una curva horizontal simple es igual a la mitad de la deflexión entre tangentes.
- 5.- La suma de variaciones de pendiente en una curva vertical parabólica es igual a la diferencia de pendientes de entrada y salida.
- 6.- La suma de proyecciones de un polígono cerrado debe ser igual a 0.
- 7.- El azimut final propagado en una cadena cerrada debe ser igual al azimut inicial.

# CADENAS TOPOGRAFICAS



# determinación de magnitudes.

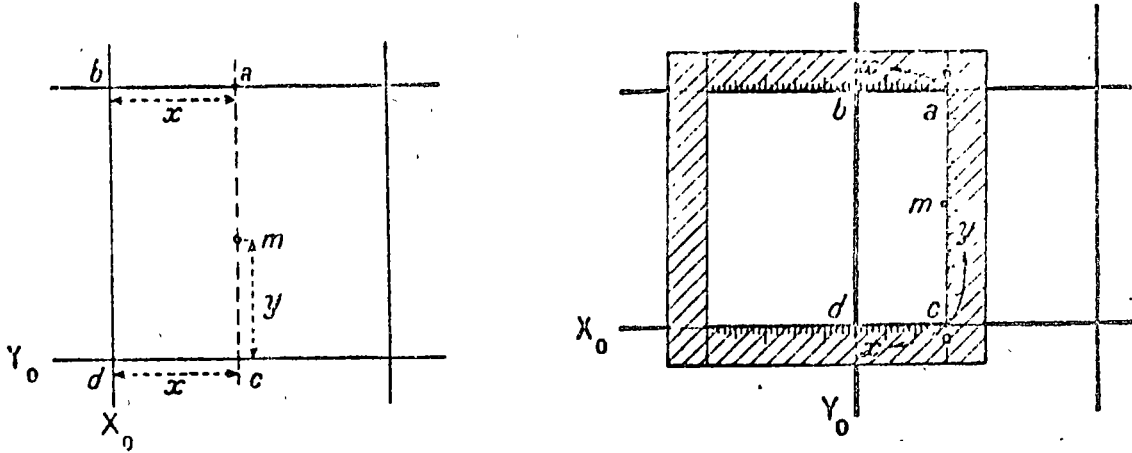
Ing. Luis Palomino Rivera

tema 2



## 2.1 COORDENADAS

La determinación de las coordenadas de un levantamiento topográfico en el plano del dibujo se puede realizar mediante tres procedimientos



1. Con escalímetro y escuadras
2. Por medio de trazador de coordenadas rectangulares
3. Por medio de un coordinatógrafo

### 1. Con escalímetro y escuadras

En este procedimiento se procede a localizar la región donde se ubican las coordenadas que se van a trazar mediante las expresiones siguientes:

$$x = X - X_0.$$

$$y = Y - Y_0.$$

En las que  $X_0$  y  $Y_0$ , son el meridiano y el paralelo que limita la región que interesa por lo que el trazo de las coordenadas correspondientes se hace como se indica en la figura.

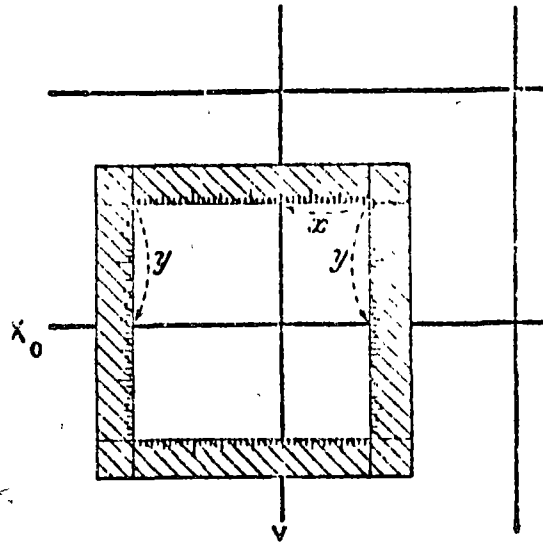
A partir de  $X_0$  se marca el valor de  $x$  ( $c$ ) a partir de  $c$  se lleva un paralelo a la línea  $db$  y con el escalímetro se establece el punto  $m$  a partir de  $c$  y a la distancia  $y$ .

### 2. Por medio de trazador de coordenadas rectangulares

En este caso el trazador es un escalímetro rectangular fabricado exclusivamente para estos fines y por tanto, su precisión es confiable.

Para determinar la posición del punto  $m$ , se coloca el trazador sobre el paralelo y el meridiano que limitan la región, a las distancias  $x$  de tal modo que se marca el punto  $m$ , a partir de  $c$  y a la distancia  $y$ .

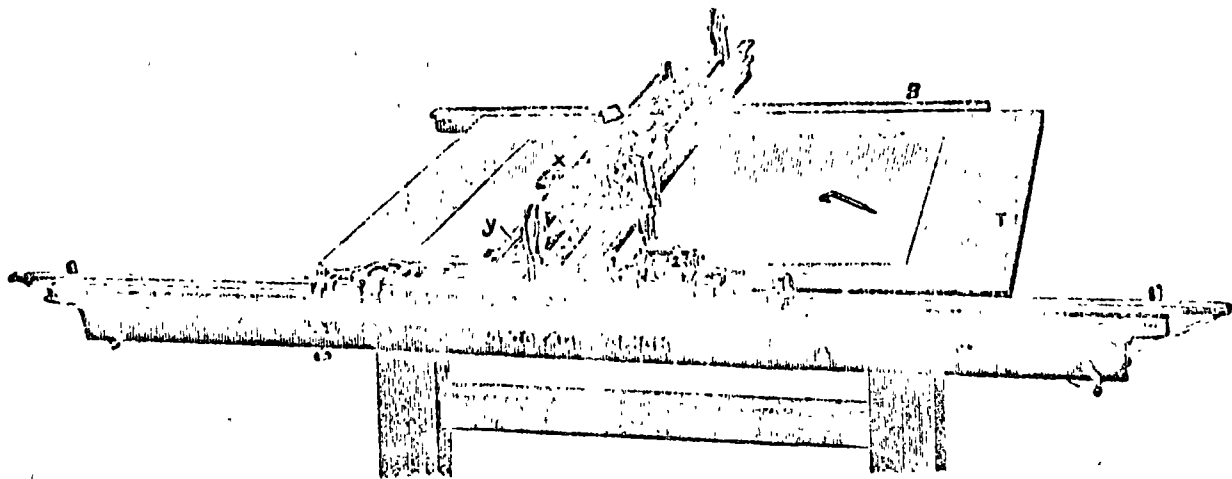
Cuando el trazador está dotado de un picómetro se puede emplear como se indica en la figura siguiente:



3. Por medio de un coordinatógrafo

En este caso el instrumento permite una mejor precisión y facilidad de operación por lo que puede contar con este instrumento.

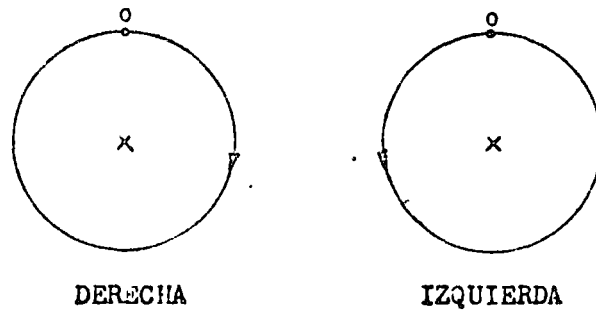
Los coordinatógrafos en su construcción más sencilla vienen dotados de varios tipos de escalas, oculares o vernieres y su precisión es del orden 1 décimo -- o dos décimos, en el plano.



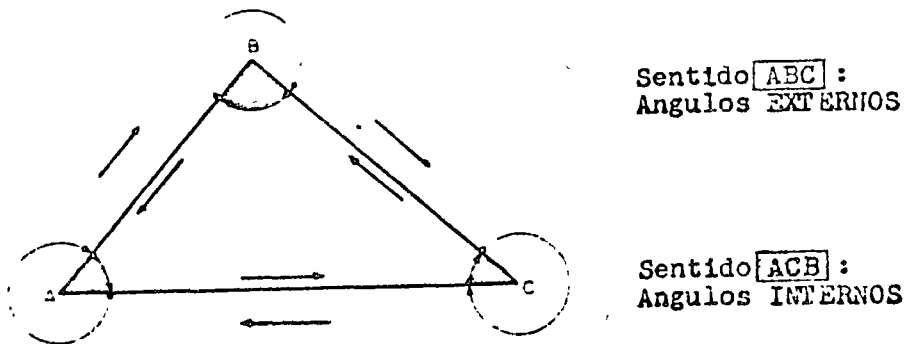
## 2.2. MEDICION DE ANGULOS HORIZONTALES

La medición de un ángulo horizontal se puede hacer en dos sentidos, a la DERECHA y a la IZQUIERDA del punto visado.

Un ángulo horizontal se considera que tiene sentido a la DERECHA cuando crece su valor en el mismo sentido que tiene el movimiento de las manecillas de un reloj. El ángulo horizontal medido a la IZQUIERDA es el que tiene un sentido contrario al anterior.



En un polígono según sea el sentido del recorrido, los ángulos horizontales medidos en sus vértices pueden ser INTERNOS o EXTERNOS, si se considera un mismo sentido de medida angular.



2.2.1 ANGULO SIMPLE

- a) Se centra el tránsito en el vértice 0 y se nivela
- b) Se afloja el tornillo de presión de la alidada, se hace coincidir el cero del limbo con el índice del vernier, se aprieta el tornillo de presión de la alidada y por medio del tornillo tangencial se afina la lectura de -- cero.
- c) Se afloja el tornillo de presión del limbo horizontal, se visa a A, se aprieta el tornillo de presión del limbo horizontal y por medio de su tangencial se afina la bisección del punto A.
- d) Se afloja el tornillo de presión de la alidada, se visa a B, se aprieta el tornillo de presión de la alidada y con su tangencial se afina la -- bisección del punto B.
- e) Se lee el vernier y se obtiene el valor angular

NOTA: Es conveniente repetir este método en posición inversa del telescopio, pero iniciado esta vez con el valor angular que se tiene en el limbo, para obtener el doble del valor del ángulo - y de éste, el del ángulo AOB.

2.2.2 ANGULO DE DEFLEXION

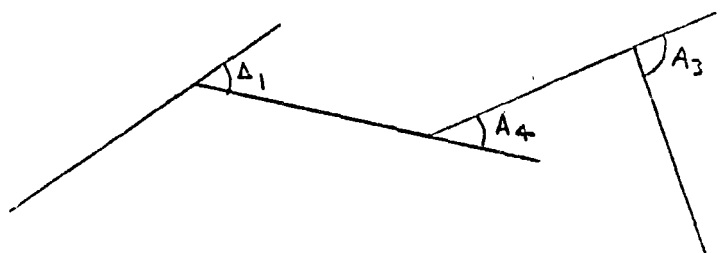
El ángulo de DEFLEXION es el que se forma en el vértice de la poligonal entre la prolongación del lado de atrás con el de adelante. Este ángulo puede ser a la derecha o a la Izquierda.

Este método se usa generalmente en el trazo de poligonales abiertas que tienen pocos quiebres, como el eje de una vía de comunicación que puede un canal, un ferrocarril o un camino.

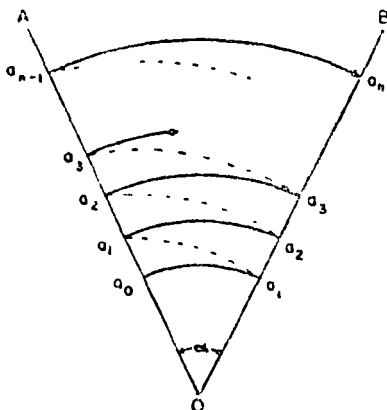
En todo polígono cerrado la suma de ángulos de DEFLEXION es constante e igual a 360°.

En la figura:

ABCDEF : Poligonal  
 A 1.. A2.. A5 : Deflexiones



2.3 METODO DE REPETICIONES  
(Método de Tobie Mayer, 1760)



Este método es adecuado para hacer medidas precisas de ángulos con un tránsito de 10" 30" de aproximación y de dos ejes azimutales: interior y exterior.

$a_0$  : lectura inicial

$a_n$  : lectura final

$n$  : número de repeticiones

$$\begin{aligned}
 a_1 - a_0 &= \alpha 1 \\
 a_2 - a_1 &= \alpha 2 \\
 &\dots \\
 + a_n - a_{n-1} &= \alpha n
 \end{aligned}$$

---


$$a_n - a_0 = \alpha 1 + \alpha 2 + \dots + \alpha n = n\alpha$$

$$\dots = \frac{a_n - a_0}{n}$$

$n$  es generalmente 3, 6, 12, 24, etc. o sean múltiplos de 3. En la mayor parte de los casos es 3.

EJEMPLO DE 4 SERIES DE 3 REPETICIONES

I EN POSICION DIRECTA.

a) GIRANDO HACIA LA DERECHA.

1. Se centra en "O" el instrumento. Se hace coincidir el índice del vernier con el "O" del limbo y con el movimiento del limbo se visa A, cuya lectura es  $a_0$ .
2. Con el movimiento de la alidada se visa B, cuya lectura es  $a_2$ .
3. Con el movimiento del limbo se visa A cuya lectura es  $a_1$ .
4. Con el movimiento de la alidada se visa B cuya lectura es  $a_2$ .

- 5. Con el movimiento del limbo se visa A cuya lectura es  $a_2$ .
- 6. Con el movimiento de la alidada se visa B cuya lectura es  $a_3$ .
- 7. Se leen los vernieres, se divide entre n y se obtiene

b) GIRANDO HACIA LA IZQUIERDA

Se repiten las mismas operaciones del inciso a) cambiando únicamente el sentido y se obtiene  $\alpha$ .

II EN POSICION INVERSA.

c) GIRANDO HACIA LA DERECHA

Se repiten las mismas operaciones del inciso a) y se obtiene 3.

d) GIRANDO HACIA LA IZQUIERDA

Se repiten las mismas operaciones del inciso b) y se obtiene 4.

El valor del ángulo AOB es el siguiente:

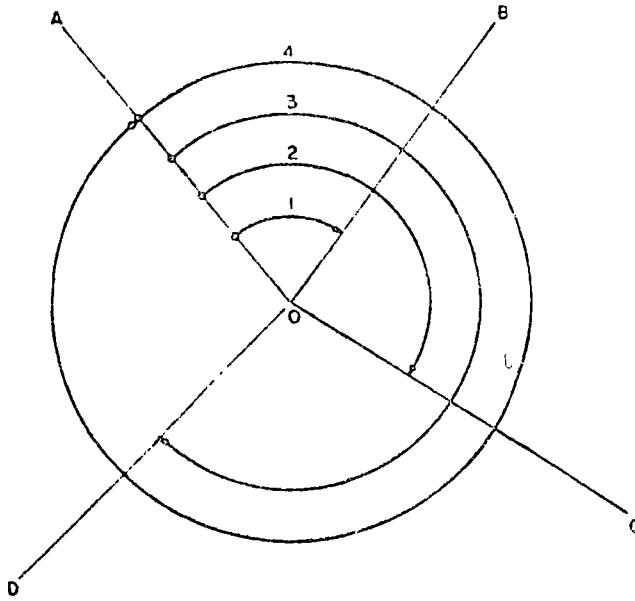
$$\alpha = \frac{1}{4} (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4)$$

Cuando se requiere abreviar tiempo es suficiente con ejecutar las operaciones de los incisos a) y d).

2.2.4 METODO DE DIRECCIONES

(Método de Bessel o de reiteraciones).

Se emplea este método cuando hay varios vértices alrededor de una estación. Se parte de una dirección BASE cualquiera y se van leyendo los ángulos comprendidos entre la base y las otras direcciones y se regresa a la dirección base. Cuando no se obtienen  $360^\circ$  al completar la vuelta, se reparte equitativamente el error a los ángulos sin tomar en cuenta sus dimensiones.



OA : Dirección base

$$\angle AOB = \angle 1$$

$$\angle BOC = \angle 2 - \angle 1$$

$$\angle COD = \angle 3 - \angle 2$$

$$\angle DOA = \angle 4 - \angle 3$$

Este método es adecuado para un teodólito de dirección de un solo eje azimutal de limbo fijo, de 1" de aproximación y con micrómetro; pero también es aplicable para un tránsito de dos ejes azimutales: interior y exterior. Con este método se economiza tiempo en la medida de los ángulos, pero pueden existir errores de lectura de micrómetros en cada dirección.

EJEMPLO:

1.ª SERIE

I EN POSICION DIRECTA.

a) GIRANDO HACIA LA DERECHA

1. Se centra el instrumento en O y se nivela.
2. Se visa A y se leen los micrómetros.
3. Se visa B y se leen los micrómetros.
4. Se visa C y se leen los micrómetros.
5. Se visa D y se leen los micrómetros.
6. Se vuelve a visar A y se leen los micrómetros.

b) GIRANDO HACIA LA IZQUIERDA

Se repiten las mismas operaciones del inciso a) únicamente cambiando el sentido.

II EN POSICION INVERSA

c) GIRANDO HACIA LA DERECHA

Se repiten las mismas operaciones del inciso b).

d) GIRANDO HACIA LA IZQUIERDA

Se repiten las mismas operaciones del inciso b).

2.<sup>A</sup> SERIE

Se mueve el limbo  $\frac{360^\circ}{n}$ , en que n es el número de series de observaciones.

I EN POSICION DIRECTA.

a) GIRANDO HACIA LA DERECHA

Se repiten las mismas operaciones del inciso a) de la 1.<sup>a</sup> serie.

b) GIRANDO HACIA LA IZQUIERDA

Se repiten las mismas operaciones del inciso a) de la 1.<sup>a</sup> serie, únicamente cambiando el sentido.

II EN POSICION INVERSA.

c) GIRANDO HACIA LA DERECHA.

Se repiten las mismas operaciones del inciso a) de la 1.<sup>a</sup> serie.

d) GIRANDO HACIA LA IZQUIERDA

Se repiten las mismas operaciones del inciso a) de la 1.<sup>a</sup> serie, cambiando únicamente el sentido.

y así sucesivamente hasta completar el número de series que se quiera, y de los promedios se obtienen los valores de los ángulos.

Cuando se desea abreviar tiempo es suficiente con ejecutar las operaciones de los incisos a) y d).

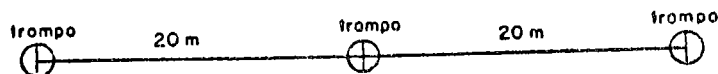


## 2.3. DISTANCIAS

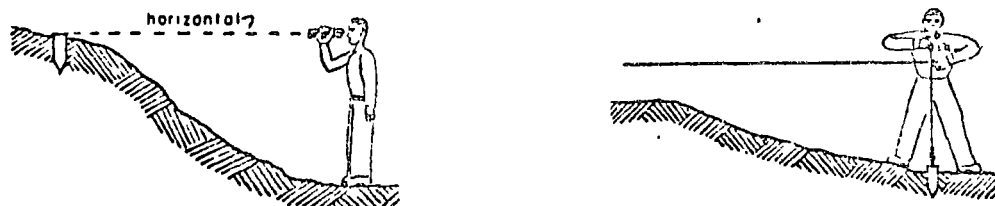
### 2.3.1 MEDICION

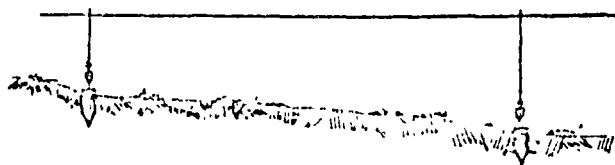
REVISION DE LONGIMETRO. Nunca se trabaja con un longímetro cuyo estado se desconoce. Se debe revisar siempre comparándolo con un longímetro revisado o con un longímetro patrón, para poder corregir la distancia obtenida.

MEDICION. Se debe colocar un trompo y una baliza en cada uno de los extremos de la línea por medir. La medida se efectúa horizontalmente entre el cadenero que va adelante y contracadenero que va atrás, siguiendo la línea definida por medio de dos balizas. Ambos avanzan con el asa del longímetro en su mano derecha. Cuando hayan avanzado la longitud del longímetro, el contracadenero grita al cadenero para que éste se detenga; alinea al cadenero visando la baliza delantera; alinea al cadenero visando la baliza delantera; el cadenero dando la tensión necesaria al longímetro, cuando el contracadenero hace coincidir el cero del longímetro con la marca del trompo, da un grito convenido mide y marca un punto en el terreno para colocar el nuevo trompo. Después de colocar el trompo, nuevamente se mide y se marca una raya en él, perpendicularmente a la línea. Antes de avanzar se debe comprobar la medida efectuada. Así se prosigue hasta terminar de medir. Cuando se requiere mayor precisión es conveniente medir en dos sentidos y tomar el promedio cuando las dos medidas son confiables. Naturalmente cuando la diferencia de las dos medidas es grande, se desechan y se vuelve a medir.

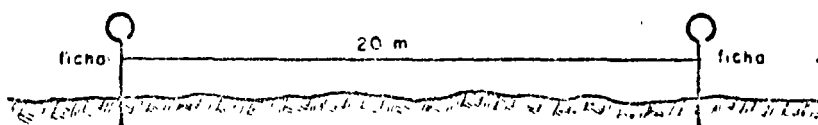


Para dar horizontalidad al longímetro se usa un equialtímetro de mano, y para hacer coincidir los extremos de la graduación del longímetro con la marca del trompo de ambos extremos, se emplean plomadas.

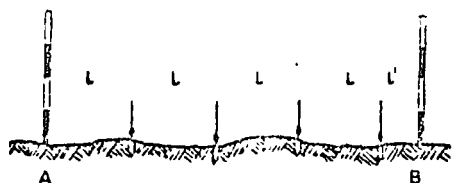




Cuando no hay necesidad de conservar las estaciones de 20 m se pueden emplear fichas de alambrión en lugar de trompos.

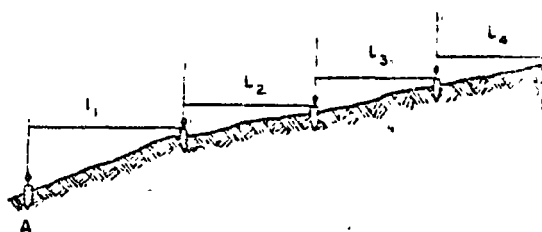


La tensión necesaria para cualquier longímetro debe ser la que le da la longitud indicada. Para medidas ordinarias no se emplea dinamómetro para no perder tiempo, pero es conveniente saber qué tensión se requiere para cada longímetro probando muscularmente. La tensión que aplican los cadeneros a la cinta de acero es aproximadamente de 5 Kg.



$$D = n l + l'$$

- D : Distancia entre A y B
- n : N<sup>o</sup> de puestas delongímetro
- l : Longitud del longímetro
- l' : Fracción del longímetro



- $D = l_1 + l_2 + l_3 + \dots$
- D : Distancia entre A y B
- $l_1, l_2, l_3, \dots$  : distancias parciales

2.4.- ELEVACIONES

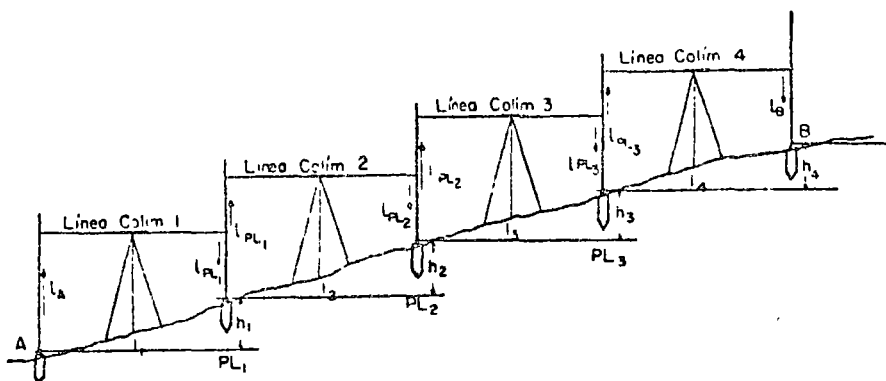
2.4.1 NIVELACION DIRECTA O GEOMETRICA

La nivelación directa se puede dividir en las dos siguientes: Nivelación de desnivel y nivelación de perfil. El objeto de la primera es simplemente la determinación del desnivel entre dos puntos, y el de la segunda es la determinación del desarrollo de la proyección vertical de la intersección del plano vertical que contiene el trazo de una línea con la superficie del terreno que éste atraviesa.

2.4.2 NIVELACION DE DESNIVEL

Para que la diferencia de elevaciones entre dos puntos sea fija es necesario que estos sean bancos de nivelación.

Como el objeto de esa nivelación consiste únicamente en la determinación del desnivel entre dos puntos, no es necesario tener un itinerario especial, sino que se puede seguir por donde sea más cómodo para la ejecución del trabajo.



Se instala el equialtímetro I1 a la altura y a la distancia convenientes del primer bando de nivelación, A, se coloca un estadal, se hace la primera lectura en posición correcta del estadal y se obtiene la elevación de la línea de colimación sobre el bando de nivelación A. El plano que contiene la línea de colimación es un plano de referencia vertical para la nivelación; por lo tanto a partir de este nuevo plano base horizontal se puede encontrar la elevación del siguiente punto P11. Si la lectura del estadal en P11, fuera 1.005 m., quiere decir que el P11, está 1.005 m., abajo de este plano de referencia, y con una sustracción se obtiene la elevación de P11. Una vez teniendo la elevación del P11, se traslada el instrumento a I2; con la lectura positiva del estadal en el P11 se llega a la línea de colimación 2, y con la lectura negativa del estadal en el P12 se llega al P12, y así sucesivamente hasta llegar al otro punto extremo B.

Teniendo el instrumento en el centro de BN y PL<sub>1</sub> o PL<sub>2</sub> y PL<sub>3</sub> se eliminan automáticamente las correcciones por curvatura, refracción y del error motivado por el desajuste del instrumento.

La comunmente llamada "altura del instrumento", es en realidad, "la elevación de la línea de colimación".

La verticalidad del estadal se consigue por medio de un nivel esférico adaptable, o por la mínima lectura del estadal, estadaleando éste hacia -- adelante y hacia atrás de la línea vertical del punto de apoyo del estadal.

### REGISTRO

Proyecto:  
Lugar y fecha:

Observador:  
Instrumento:

PV	+		-	Elev.	Notas
A	2.915	102.915			
PL1	2.112	103.110	1.917	100.998	
PL2	3.027	104.516	1.621	101.489	
PL3	2.614	106.052	1.078	103.438	
B			1.007	105.045	
	+10.668		-5.623		
	5.623				
Dif.	+5.045				
A	100.000				
B	105.045				

### 2.4.3 NIVELACION DE COMPROBACION

Es conveniente comprobar todo trabajo para tener la seguridad de que está bien.

Hay muchas nivelaciones de comprobación:

- a) Nivelación de ida y de regreso
- b) Nivelación con doble altura del instrumento
- c) Nivelación con dobles punto de liga
- d) Nivelación con estadal reversible

LA NIVELACION DE IDA Y DE REGRESO, si no se usan los mismos puntos de liga es eventajoso por ejecutarse en diferentes condiciones; pero aumenta el trabajo físico de regresar al banco de partida e ir al nuevo banco para -- continuar el trabajo; por lo tanto el avance disminuye.

LA NIVELACION CON DOBLE ALTURA DEL INSTRUMENTO no es más que dos nivelaciones: Una con una altura del instrumento, y la otra con otra altura del instrumento, ya sea subiendo o ya sea bajando. Cuando el instrumento está en la parte central de BN y PL o PL y PL este método es bueno.

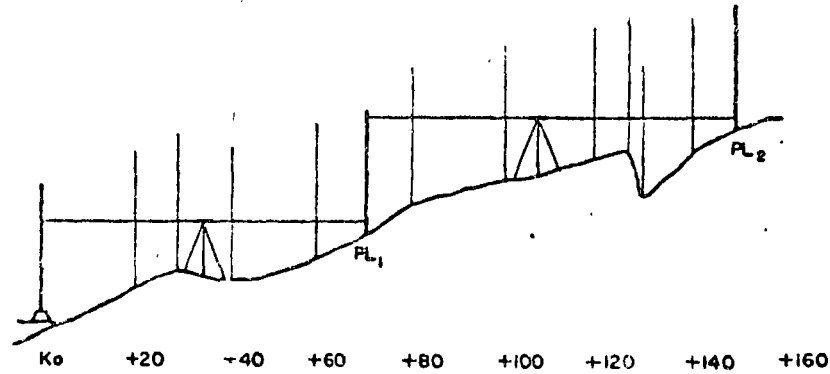
LA NIVELACION CON DOBLE PUNTO DE LIGA consiste en duplicar la nivelación cambiando la altura del punto de liga, es decir usando uno alto y otro bajo. Igualmente se debe instalar el instrumento en la parte central de BN y PL o PL y PL para no cometer dos veces el mismo error. Este método es mejor que el anterior porque se pierde menos tiempo.

LA NIVELACION CON ESTADAL REVERSIBLE es más rápida porque se -- pierde menos tiempo en girar el estadal que en nivelar el equialtímetro, y -- que en colocar dos puntos de liga; pero hay necesidad de manufacturar un estadal especial de dos caras: Una con la graduación ordinaria de 0 a 4 metros y otra con la graduación especial de  $0 + K$  a  $4 + K$  metros. Esta constante  $K$  es la que hace cambiar la condición de la nivelación por aumentar la lectura del estadal. Si se igualan siempre las longitudes para lectura atrás y para lectura adelante, este método de nivelación de comprobación es el mejor de todos, aunque haya necesidad de hacer un estadal especial.

#### NIVELACION DE PERFIL.

La nivelación de perfil es el levantamiento del perfil de una línea de un proyecto; por lo tanto intervienen dos elementos: el eje de las abscisas que es el desarrollo de la línea del proyecto, y las ordenadas, que son las elevaciones de cada punto de la línea. La línea por nivelar debe ser estacada cada 20 m. El procedimiento de nivelación es casi igual al de la nivelación de desnivel. En esta nivelación además de los puntos de liga, se necesita hacer las lecturas -- del estadal en todos los puntos de estacas y en todos los puntos donde se quiebra la línea del perfil del terreno, para que al unir con líneas rectas los puntos en el dibujo, se puede obtener el perfil real de la línea del proyecto.

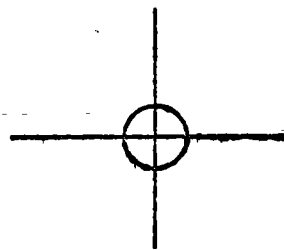
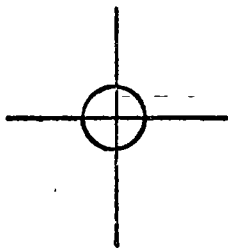
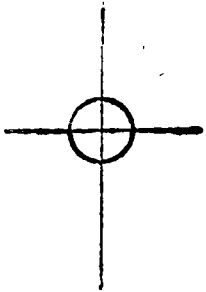
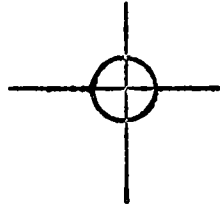
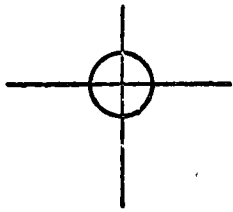
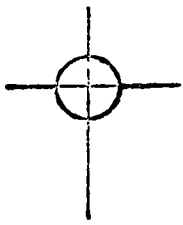
Para esta nivelación se necesitan bancos de nivelación cada 500 m cuando menos. Los lugares adecuados para bancos de nivelación son los cercanos a los lugares donde hay obras como puentes, alcantarillas, túneles, etc., y cerca de los cerros de espesor de terracería; en general en los lugares necesarios y en donde no afecten construcciones.



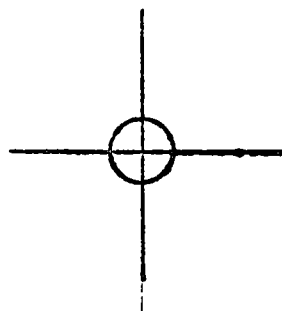
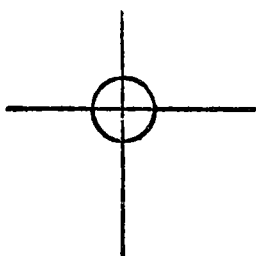
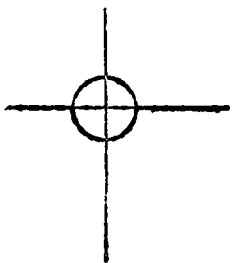
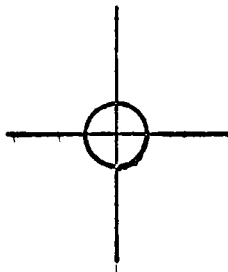
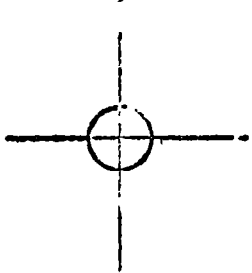
Est	+	≠	-	l. l.	Elev.
BN	3.118	53.293			50.175
K0 + 000				3.91	49.38
20				2.40	50.89
31				2.05	51.24
40				2.21	51.08
60				1.82	51.47
PL1	3.876	56.384	0.785		52.508
80				2.97	53.41
100				2.16	54.22
120				1.60	54.78
124				1.08	55.30
130				2.90	53.48
140				1.20	55.18
PL2			0.618		55.766 ✓
	Σ+		Σ-		
	6.994		-1.403		
	1.403				
Dif.	5.591				
BN	50.175				
PL2	55.766 ✓				



# instrumentos



Ing. Alfonso Sánchez Rosales



tema 3



TOPOGRAFIA APLICADA A LA  
CONSTRUCCION

TEMA 3.- INSTRUMENTOS:

- 3.1 Coordinatógrafos
- 3.2 Distanciómetros E.D.M.
- 3.3 Goniómetros
- 3.4 Equialtímetros
- 3.5 Colimadores laser
- 3.6 Giroteodolito

Desarrollo:                   Ing. Alfonso Arturo Sánchez Rosales

Bibliografía:

Topografía General, Ing. Saburo Higashida Miyabara

Topografía y Fotogrametría en la práctica moderna

Carl Olof - Ternryd/Ehz Londin

Manuales de operación y catálogos de:

Wild de México, Carl Zeiss,  
Kern Swiss, Hilger Watts, Aga  
Cubic Corporation, Hewlett Packard,  
Tellurometer Co., Siemens,  
Wetzlar, Gemeinde Bern, Aristo,

Abril de 1977.

### 3.- INSTRUMENTOS

#### 3.1 Coordinatógrafos

Uno de los factores que ocasiona controversias constantemente es la determinación de la escala con la que se hace necesario dibujar un trabajo para obtener el provecho y duración requerida según los fines a que se destine el plano. En la actualidad la duración del plano se supera mediante el uso de papeles de fibra sintética -- siendo el más usado el conocido como cronaflex. En cuanto a aparatos para fijar la cuadrícula del plano o leerla denominados coordinatógrafos pueden ser de varios tipos.

a) Para dibujo de precisión de la cuadrícula. - Consiste en una placa de metal invar con oradaciones circulares de  $\pm 3$  mm de  $\phi$  a cada 10 cm. de distancia y un picómetro que se combina con las perforaciones de la placa para marcar con precisión el centro establecido por las mismas para una mejor comprensión de su uso a continuación haremos unas pruebas con el equipo.

b) Para dibujo total de planos denominado graficador. - Es un equipo electromecánico que puede ser usado en combinación con una computadora electrónica; existen de varias marcas, tipos y modelos y están formadas fundamentalmente por un sistema de mando electrónico, 2 barras de movimiento en el sentido X, Y o su análogo y uno o varios porta plumas para uso de 2o3 tintas. Su funcionamiento estriba en la lectura y dibujo de un plano mediante rayas pequeñas dadas por pulsaciones electromecánicas rapidísimas que hacen de -- lectura mallas por diferencial de superficies. Su alimentación puede darse mediante tarjetas o cinta magnética y el programa de la -- elaboración del plano ser el mismo para efectuar n planos si realmente se busca una utilización práctica de esta máquina (figura y explicación explícita con el retroproyector).

c) Para lectura de planos con poca precisión. - Consiste en un dispositivo de deslizamiento en dos ejes perpendiculares entre sí y graduados convenientemente en varias escalas como se aprecia -- con el instrumento de fabricación alemana que a continuación se expone.

d) Para explotación de fines catastrales de un plano fotogramétrico. - Es un instrumento óptico mecánico con fundamentos semejantes a los establecidos en los pantógrafos de los instrumentos de restitución, es decir, tiene un sistema de barras paralelas que le proporcionan un X y Y movimiento a un tambor de lecturas mediante movimientos controlados por su puntería. El manejo se reduce a montar convenientemente el equipo en la mesa de trabajo e ir -

haciendo punterías con la mira sobre los puntos del plano que nos interesan para enseguida ir leyendo las coordenadas Y, Y, en el indicador de lecturas correspondiente.

Las figuras siguientes del retroproyector nos dan una idea más clara del equipo y su forma de operación.

3.2 Distanciómetros E.D.M. Por la diversidad de modelos en operación y su eficiencia representan dentro de la Topografía uno de los beneficios más grandes de la tecnología moderna. Su historia data de 1953 al tener lugar en Estocolmo Suecia el perfeccionamiento de la medición de rayos luminosos mediante la celda de Kerr por el científico Erik Ergstrang y por dicha época perfeccionar los americanos el control de las microondas. De lo expuesto se concluye que existen dos diferentes construcciones de distanciómetros; los que usan las microondas (ondas electromagnéticas) y los que usan las ondas luminosas (lámpara de tungsteno, mercurio, láser, infrarroja); como medio de control, sin embargo, el principio básico de medición es tan antiguo como la naturaleza misma al dotar a varias especies animales de dicho sistema, el cual fue usado por el hombre con la aparición del Radar.

Este principio de medición consiste en medir el tiempo necesario para que una señal emitida vaya y regrese a un lugar dado (reflector o estación remota), si la señal fuera fónica.

$$\text{Distancia} = \frac{\text{TECO} - \text{TEMISION}}{2} \quad V \text{ propagación}$$

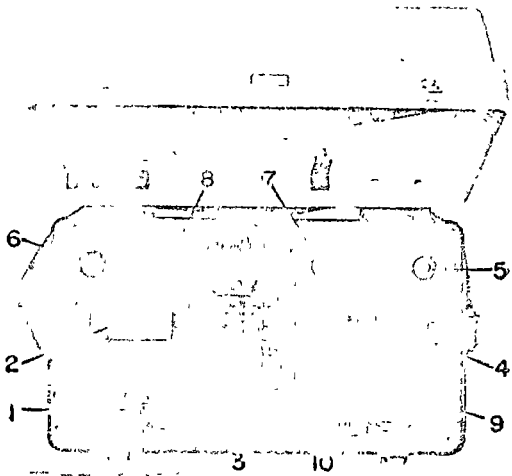
Sin embargo, la aplicación de este principio elemental tardó en perfeccionarse hasta su eficiente estado de control en que es encontrado actualmente en los equipos último modelo.

El manejo, peso y calidad de estos instrumentos es muy variado y el tratar de explicar la operación y cualidades de cada uno de ellos sería objeto de un estudio completo de especialización, razón por la cual en la tabla 1 se hacen mención de algunos de estos, y con el fin de fijar un criterio más amplio del desempeño de los mismos, a continuación se expone la descripción y manejo del Wild DI-10 y la demostración en clase del Electrotape DM-20.

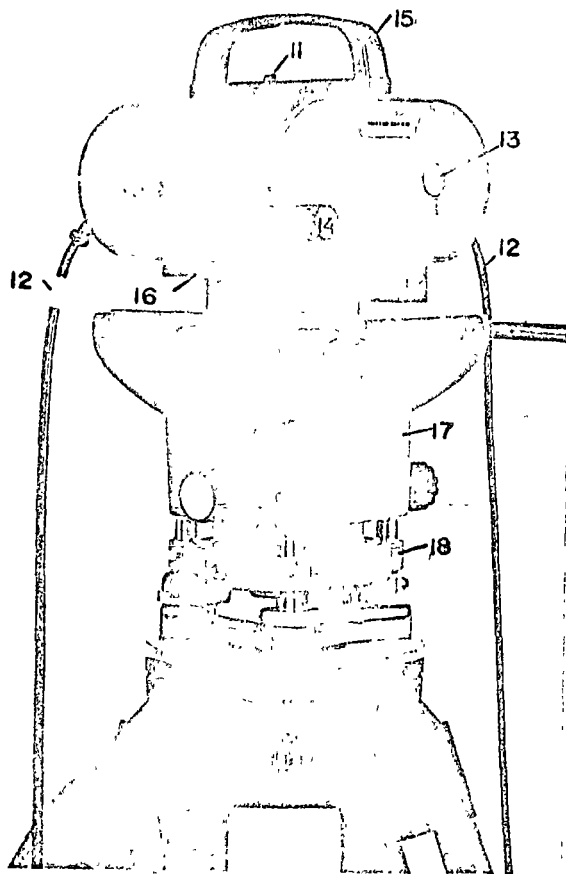
Descripción y manejo del distanciómetro electrónico Wild DI-10. Este equipo para su comprensión se divide en 3 partes que son: consola de mando, cabeza de puntería y reflectores.

La consola de mando que se aprecia en la figura siguiente -

está formada por los siguientes elementos:

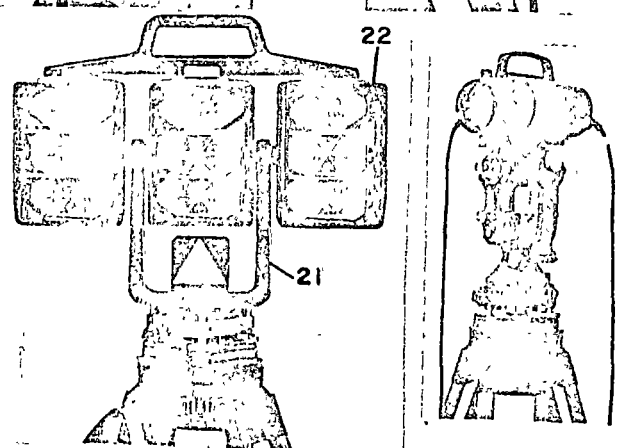


1. Perilla de mando
2. Pantalla de control de la aguja
3. Tapa del porta batería Ni Cd, con instrucciones de manejo
4. Pantalla de lecturas
5. Conexión de cables de conducción con la cabeza de puntería
6. Conexión de cables de conducción con la cabeza de puntería
7. Interruptor de luz del tablero
8. Interruptor de luz del tablero
9. Perilla de control de calibración interna
10. Perilla de control de calibración del rayo



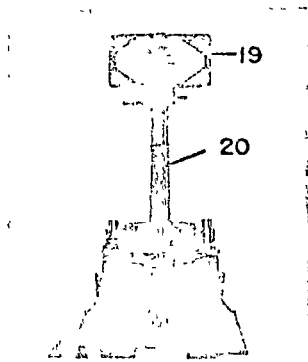
En esta figura se aprecia en buena parte la cabeza de puntería - montada en su base portadora - 17, usando la plataforma nivelante universal 18, siendo sus elementos los siguientes:

11. Seguro de fijación
12. Cables de conexión con la consola
13. Cuña de dirección M (medir) C (calibrar)
14. Cuña de paso de intensidad luminosa
15. Asa portadora
16. Base de fijación con tornillos de ajuste



Cabeza de puntería montada sobre el anteojo de un teodolito T 2.

DESCRIPCION DE REFLECTORES



- 19. Prisma de un reflector
- 20. Porta prisma para un reflector
- 21. Unidad de prismas triple
- 22. Unidad de 6 prismas

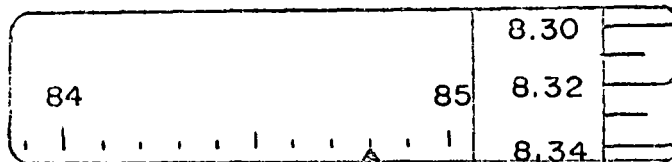
Manejo.- Una vez centrado y nivelado el teodolito sobre la estación se coloca la cabeza de puntería sobre el anteojo del mismo y se hacen convenientemente las conexiones de los cables 12 con las conexiones 5 y 6; mientras esto sucede en la estación principal en la secundaria montan el reflector o reflectores según convenga a la distancia por medir de suerte tal que estén listos éstos para su bisec--ción antes de empezar la medición desde la estación principal; enseguida se visan estos mediante el uso del anteojo del teodolito quedando entonces el equipo listo para su calibración y medición con el mismo. Con el fin de verificar la carga de la batería giramos hacia la izquierda a batería la perilla de mando y vemos en 2 que la aguja se encuentre dentro de la zona verde (11 a 13 V), cuidando que la cuña-13 este en M se pasa la perilla de mando 1 a POINT a la izquierda y hacemos que la aguja en 2 indique alguna lectura lo cual logramos - mediante la perilla 14, haciendo enseguida el centrado electrónico - auxiliándonos primeramente con el tornillo tangencial del movimiento vertical del teodolito hasta ver en 2 la lectura máxima de la aguja y después mediante el tornillo tangencial del movimiento azimutal efectuamos la misma operación, para completar el paso movemos la perilla 14 hasta obtener una lectura de la aguja en la pantalla 2 de aproximadamente 5 (zona verde). Para seguir con el proceso giramos - la cuña 13 a C y giramos la perilla 9 convenientemente hasta leer a la derecha de la pantalla 4 la lectura de calibración correspondiente; por ejem., 9.93

	9.92	
	9.94	

Después pasamos la cuña 13 a M y giramos presionando hacia abajo la perilla hasta colocar a la izquierda de la perilla 4 el valor indicado; por ejem. 91.1



Accionamos ahora la perilla hacia la derecha hasta la posición MEASURE y esperamos aproximadamente 20" para poder leer sobre la pantalla 4 el valor de la distancia medida; por ejem. 848.32



Es conveniente hacer notar que las distancias obtenidas con este tipo de equipos son inclinadas, siendo necesario corregirlas -- por refracción y temperatura y reducir las al horizonte, para lo cual se hace necesario medir el ángulo vertical correspondiente.

Como se puede apreciar en la tabla existen algunos equipos con sistemas integrados de factores de corrección por refracción y temperatura. Cuando no se cuenta con estos existen tablas, y ábacos y nomogramas para obtener las mismas.

Para efectuar trabajos geodésicos con estos distanciómetros se hace necesario contar con un buen psicrómetro o un termómetro -- como mínimo por estación, así como con un áneroide. La ventaja -- de los que usan rayos sobre los que usan microondas estriba en su -- mayor maniobrabilidad y menores costos de operación y tienen en su contra su menor radio de acción y falta de comunicación entre las es -- taciones que se van midiendo así como un mayor problema en las -- cuestiones de visibilidad.

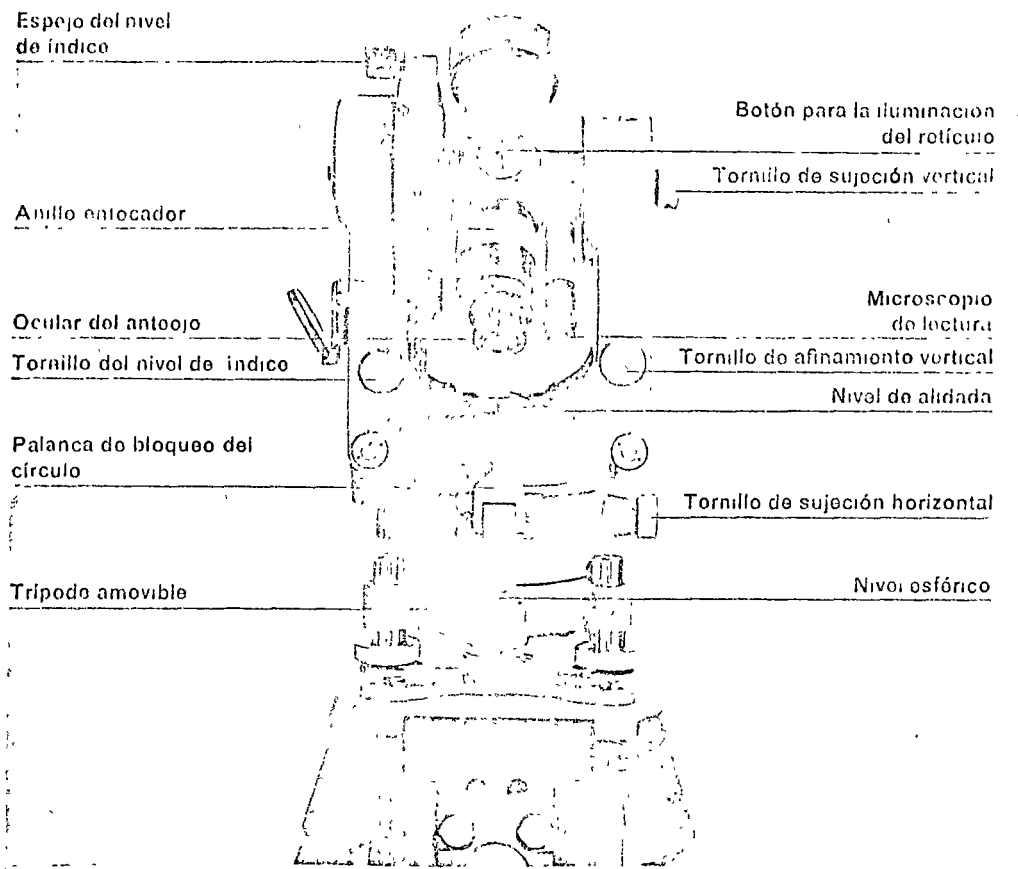
### 3.3 Goniómetros

Dentro de esta definición quedan clasificados todos aquellos instrumentos capaces de proporcionarnos medidas angulares, como son los diferentes tipos de brújulas, planchetas, niveles provistos de círculo horizontal, sextantes y teodolitos. En virtud de la familiaridad de los participantes con el tema solo tocaremos en este curso a los teodolitos modernos.

Entenderemos en lo sucesivo de este curso como tránsito-  
o teodolitos modernos a los de tipo europeo, siendo sus particulari-  
dades principales:

- a) su construcción blindada que los hace más robustos
- b) estar provistos todos ellos de enfoque interno o punto --  
anulático central
- c) venir provistos de micrómetro  $\mathcal{S}$  para efectuar las lec-  
turas de ángulos
- d) en la generalidad de los casos venir provistos de colima-  
dor vertical
- e) contar con una plataforma nivelante de 3 tornillos nivela-  
dores

En la figura siguiente se ilustra uno de los muchos modelos  
y marcas existentes en el mercado, con su descripción.



En el manejo de estos teodolitos se obtienen amplias ventaj-  
as sobre los tradicionales o de lectura externa, siendo las más im-  
portantes:

- a) efectuar todas las lecturas de cada bisección desde el --

mismo lugar

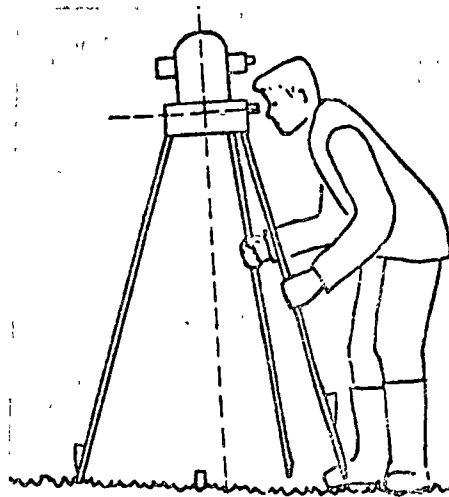
- b) obtener generalmente una mayor precisión en las lecturas de ángulos
- c) poder nivelar más rápidamente el teodolito
- d) aumentar la precisión del centraje aún con mal tiempo -- disminuyendo el tiempo para efectuar el mismo
- e) disponer de iluminación interior para trabajos nocturnos y de mina
- f) disponer de una diversidad de accesorios para diferentes actividades

Por otro lado estos instrumentos se encuentran clasificados en modelos acordes con los trabajos a realizar con los mismos, es decir, su precisión varía en sus lecturas angulares desde 1' hasta 0.01".

Las diferencias fundamentales en el manejo de estos teodolitos con respecto a los tradicionales estriba en el centrado y nivelado y en la lectura de ángulos.

Método práctico para el centrado y nivelado de tránsito provistos de colimador vertical.

Una vez montado el teodolito en el tripode, se toma este -- trasladándose con el mismo hasta la estaca objeto de ocupación y se coloca una de las patas del tripie sobre el terreno, enseguida se manipula el tripie con una mano en cada pata de los restantes, asomándose por el anteojo del colimador vertical y tratando de mantener sensiblemente horizontal



la cabeza del tripie, se lleva el dispositivo de puntería del anteojo mencionado a coincidir aproximadamente sobre la estación y al conseguirlo se fijan las 2 patas restantes y se afianzan las 3 en el piso, enseguida se afina la puntería sobre el punto de la estaca mediante el movimiento de los tornillos niveladores sin hacer caso de los movimientos propios de los niveles y después de lograda ésta se sujeta con el pié cada pata del tripie según vaya conviniendo al ir deslizado cada pata mediante sus tornillos de mariposa hasta lograr -- un centrado aproximado de la burbuja del nivel esférico momento -- después del cual afinamos el centrado de la burbuja del nivel esférico mediante los tornillos niveladores y asomándonos por el anteojo

jeta con el pié cada pata del tripie según vaya conviniendo al ir deslizado cada pata mediante sus tornillos de mariposa hasta lograr -- un centrado aproximado de la burbuja del nivel esférico momento -- después del cual afinamos el centrado de la burbuja del nivel esférico mediante los tornillos niveladores y asomándonos por el anteojo



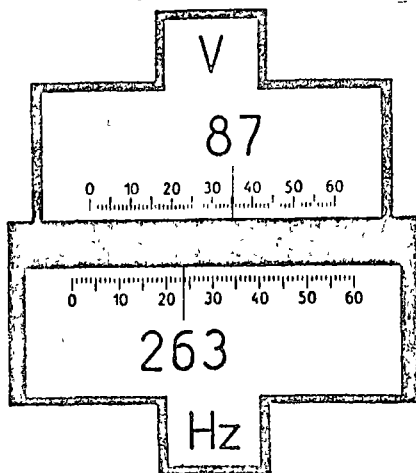
del colimador hacemos el centrado preciso de la puntería moviendo sobre la base del tripode todo el teodolito en caso de ser necesario mediante el afloje y apriete del tornillo de fijación correspondiente cuidando de no perder en dicha operación el centrado del nivel esférico.

Hasta aquí se concluye el centrado y se procede después con el nivelado colocando el nivel tubular del movimiento horizontal sensiblemente paralelo a dos tornillos niveladores para calar con esta burbuja del mismo y enseguida girar 90° azimutalmente el instrumento, quedando ahora el nivel en dirección al tornillo nivelador notocado y mediante el cual llevamos el centro la burbuja del nivel para después regresar los 90° dados azimutalmente y quedar en la posición original para repetir nuevamente el procedimiento, que de estar correcto el reglaje del nivel, será suficiente para que el instrumento se de por nivelado.

Sin embargo, la lectura de ángulos puede ser con algunas variantes en las diferentes marcas y modelos de tres diferentes formas:

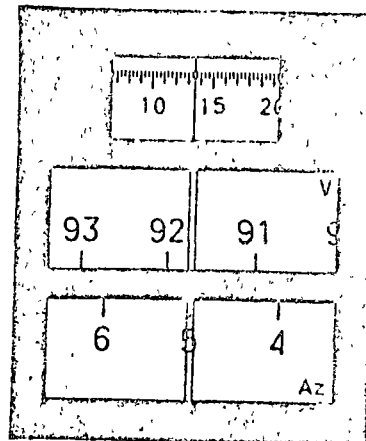
- a) cuando el micrómetro es de escalas
- b) cuando el micrómetro es de coincidencias
- c) con micrómetro de coincidencias y lecturas digitales

a) En este tipo de micrómetros se hacen las lecturas directamente como se aprecia en la figura. Pero estos solo son usados en los teodolitos de mediana precisión pudiendo obtener con los mismos las lecturas al déci mo de minuto.



A continuación se aprecian en las imágenes del retroproyector 3 lecturas en marcas de modelos que usan estos micrómetros.

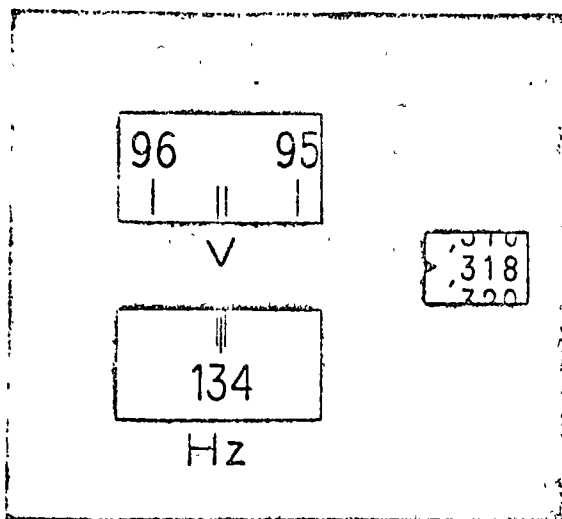
b) En micrómetros de coincidencias como su nombre lo indica se hace necesario efectuar estas, auxiliándose para ello de un tornillo de diferente estriado y alojado casi siempre sobre el lado derecho del blindaje del soporte del eje de alturas, antes de poder efectuar las lecturas como se estima -



claramente en la figura de la derecha.

La lectura se hace en este caso tomando de la coincidencia de rayas directamente los grados de la escala principal y los minutos y segundos del micrómetro visto en la parte superior.

A continuación se exponen con el retroproyector varias imágenes de lecturas semejantes y se hacen las aclaraciones pertinentes según la marca y los modelos.



Ejemplo de lectura Hz: 134,318°

c) Se puede establecer como una modernización del (b); siendo el procedimiento anterior a la lectura semejante al caso anterior, pero teniendo la grandísima ventaja de las lecturas digitales como se aprecia en la figura.

Es por todos nosotros conocido que a todos aquellos instrumentos provistos en su anteojo de hilos estadimétricos se les conoce también como taquímetros puesto que con ellos es posible obtener la distancia inclinada a los diversos puntos de medición mediante el uso combinado con el estadal.

A través del tiempo dichos taquímetros han sufrido modificaciones tendientes a una mayor eficiencia para diversos trabajos encontrándose en la actualidad los tradicionales, los provistos de Arco Beaman y los autorreductores o de diagrama.

Los tradicionales o de uso generalizado en todos los modelos y marcas solo vienen provistos de los hilos estadimétricos en su anteojo y se hace necesario auxiliarse posteriormente con tablas, calculadora, (calculadora), reglas de estadia o nomogramas para obtener la distancia horizontal y la distancia vertical.

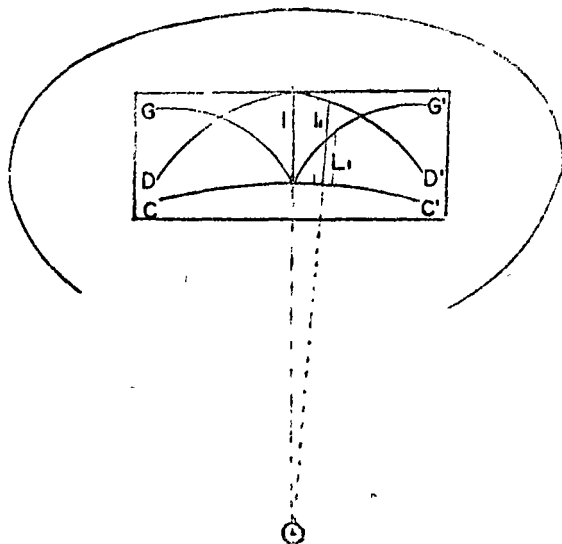
Los provistos de Arco Beaman se encuentran casi siempre en las alidadas de las planchetas que llevan este nombre y en uno que otro tránsito. El aditamento solo es posible encontrarlo en aparatos de lectura externa y nos proporciona la solución mecánica --

"in situ" de las fórmulas generales de la estadía, al obtener usando dicho mecanismo por cientos de aplicación a 1 para la obtención de la distancia horizontal y el factor (50-%) de 1 para la obtención de la distancia vertical. Su uso en el medio data de mucho tiempo, razón por la cual no se toca ampliamente en este curso.

Finalmente los taquímetros de diagramas o autorreductores son considerados superiores a los 2 anteriores puesto que con estos se establece intuitivamente en forma inmediata la solución de las fórmulas generales de la estadía al leer directamente mediante un aditamento mecánico óptico los intervalos correspondientes a la distancia horizontal y vertical solo sin haber sido multiplicados por su constante multiplicadora por su constante multiplicadora correspondiente, a lo que se reduce la aplicación de dicho accesorio. Este tipo de taquímetros se encuentra indistintamente en alidadas de plancheta o teodolitos de lectura óptica.

Veamos a continuación en que consiste prácticamente dicha solución mecánica óptica para una mejor comprensión de operación de estos taquímetros.

El principio consiste en grabar en una lámina de vidrio un nomograma que da solución a las dos fórmulas de la estadía mediante una sola línea la cual queda definida por la vertical de los hilos



de la retícula del anteojo al ser montados convenientemente sobre el eje de giro del mismo y del lado contrario al del círculo vertical, como se aprecia en la imagen del retroproyector.

En la figura de la izquierda se ve la placa grabada con el nomograma y en base a ella se explica su funcionamiento.

Si el anteojo estuviera horizontal el intervalo  $l$  comprendido entre las curvas  $C$  y  $D$  tendría automáticamente el 100% de su valor y no se produciría ningún

intervalo entre las curvas  $C$  y  $G$  para la obtención de desnivel puesto que no lo hay, sin embargo, al girar el anteojo hacia arriba o hacia \* se producirán dos lecturas de intervalos estadimétricos; que nos proporcionaría automáticamente el porcentaje de reducción para obtener la distancia horizontal y  $L_1$  con una constante multiplicadora acorde con el diseño del nomograma que nos proporcionaría también

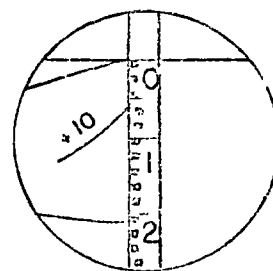
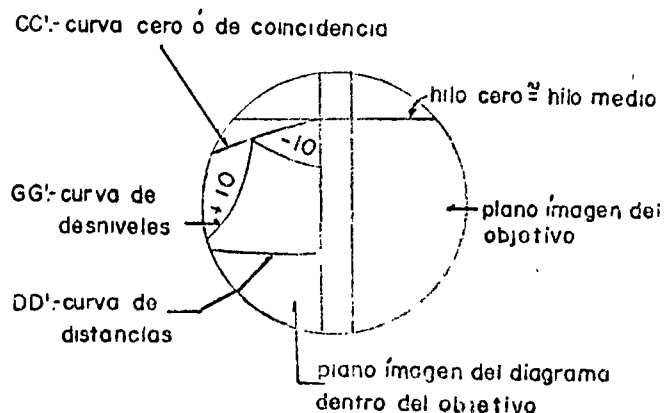
directamente los elementos para la obtención del desnivel.

Las figuras que se ven a la derecha ilustran la disposición de hilos en un taquímetro -- autorreductor, feneel así como su identificación para operación y un ejemplo de lectura con el mismo.

Suponiendo que se llevo el hilo cero a la altura del instrumento, los resultados que se leen son:

$$DH = 20.8$$

$$\text{Desnivel} = + 0.60 \text{ m}$$



### 3.4 Equialtímetros

Con el fin de ubicarnos los consideraremos para su estudio en 4 grupos:

- 3.4.a Tradicionales.- Inglés, Americano y Francés
- 3.4.b Basculantes
- 3.4.c Automáticos
- 3.4.d Electrónicos

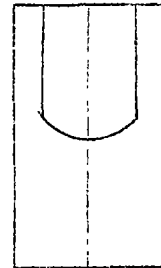
3.4.a. Tradicionales.- Han pasado a segundo plano en la -- práctica, su uso es por todos conocido; razón por la cual omitimos su descripción.

3.4.b Podemos considerar a estos niveles como un perfeccionamiento de los tradicionales, siendo sus ventajas fundamentales:

1. Su blindaje.- aumenta considerablemente el buen estado de las condiciones geométricas que debe cumplir el instrumento.
2. Coincidencia del nivel controlable mediante un tornillo de inclinación, desde el lugar del observador.- Elimina movimientos alrededor del nivel y la burbuja no se pierde -

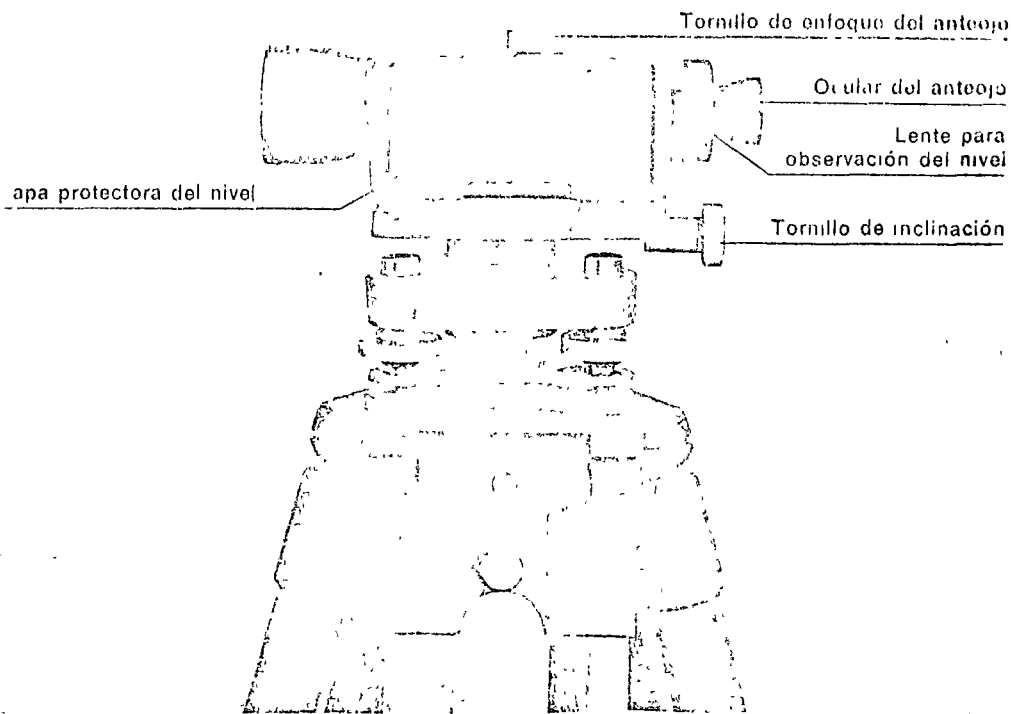
del control del observador en el momento de observación puesto que esta se ve cerca o dentro del plano óptico del anteojo.

3. El centrado de la burbuja se establece en estos instrumentos mediante una doble reflexión como coincidencia de meniscos - aumentado con ello la precisión, lo que da oportunidad de reducir el radio de curvatura del nivel sin perjuicio de los resultados a obtener con estos equipos.



4. Se introduce en estos la plataforma de 3 tornillos niveladores con los cuales se controla una burbuja de nivel esférico que a su vez asegura poder efectuar la coincidencia de meniscos mediante el uso del tornillo de inclinación.
5. Se encuentran contruídos para usos que varían desde control de obras, nivelación topográfica, de precisión y geodésica y pueden venir provistos de círculo horizontal e hilos estadimétricos.

A continuación se contempla la silueta de uno de estos niveles basculantes con su respectiva descripción de elementos.

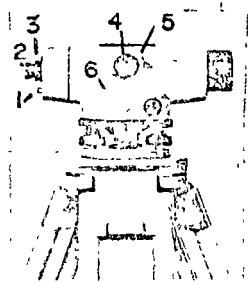


Manejo.- Una vez colocado el instrumento sobre su tripode en el terreno del trabajo a desarrollar y habiendo cuidado de que la base del tripode haya quedado sensiblemente horizontal se centra el nivel esférico mediante los 3 tornillos niveladores de la base sin orden alguno puesto que la burbuja manda en cada caso qué tornillos son necesarios ir manipulando y se procede a enfocar y visar los puntos necesarios momentos en los cuales se cala el menisco mediante el tornillo de inclinación y se hace la lectura correspondiente.

3.4.c Aparecieron en el mercado en los años cincuenta y han ido superándose, siendo muy superiores en su manejo a todos los anteriormente mencionados. Sus ventajas fundamentales sobre los niveles tradicionales son iguales a las número 1, 4 y 5 de los niveles basculantes, pero su ventaja principal inclusive sobre estos últimos estriba en su compensador automático del cual inclusive reciben el nombre estos instrumentos.

Existen varios tipos de compensadores automáticos, siendo estos: de espejos, de prismas y de péndulos, siendo todos ellos accionados por la gravedad terrestre.

A continuación apreciamos en la figura un nivel Wild NA K2 con la descripción de sus elementos.



1. Pulsador de control
2. Ocular del anteojo
3. Microscopio de lectura del círculo
4. Botón de enfoque del objetivo
5. Espejo para observación del nivel esférico
6. Nivel esférico

El compensador automático usado en este equipo se ilustra en la imagen correspondiente del retroproyector, y está formado por un péndulo astático con prisma (2), el cual está montado sobre cintas pretensionadas (1) fijadas en forma de cruz y unidas firmemente al armazón del compensador. El prisma se encuentra entre la lente de enfoque y la placa de la retícula. Su eje horizontal basculante está dispuesto en ángulo recto al eje óptico del anteojo.

A un movimiento del cuerpo pendular, por consecuencia de su gravedad, contrarrestan los momentos de contratorción de las cintas de suspensión.

Debido a la función del compensador, la imagen de una posición sobre la mira de nivelación u horizontal, viene reproducida por medio del péndulo sobre el trazo horizontal de la retícula, aún encon

trándose el aparato cerca de la horizontal.

Presionando el pulsador de control, el péndulo que viene empujado por un resorte, oscila afuera de su posición de reposo, pero con su amortiguación eficaz, se equilibra inmediatamente en su posición anterior. Al observar este proceso en el anteojo, el observador asegura el funcionamiento correcto del compensador.

El péndulo tiene un movimiento libre, controlado entre dos toques de  $\pm 10'$ , el cual siempre se encuentra en equilibrio cuando el nivel esférico está centrado. La oscilación del péndulo viene amortiguada por un par de imanes permanentes.

Para el ajuste correspondiente, hay entre el armazón del compensador y el cuerpo pendular, un resorte helicoidal (3). Girando un tornillo de ajuste (4) el cual se encuentra por debajo de una tapa de seguridad al lado derecho del instrumento, introduciendo sobre este resorte helicoidal un momento de basculamiento al péndulo para inclinar convenientemente la línea de la visual. Este ajuste es más sencillo que el tradicional consistente en desplazar la placa de la retícula por medio de sus 2 tornillos de ajuste.

Manejo.- Su empleo es de suma facilidad, rapidez y eficacia siendo estos tipos de niveles los más sencillos de todos en su manejo consistiendo este en fijar el instrumento convenientemente, con la base del tripié sensiblemente horizontal, enseguida se cala el nivel esférico del nivel mediante los tornillos niveladores correspondientes, se visa la mira y se acciona el pulsador (si es que el modelo usado lo requiere), procediendo entonces a efectuar la lectura.

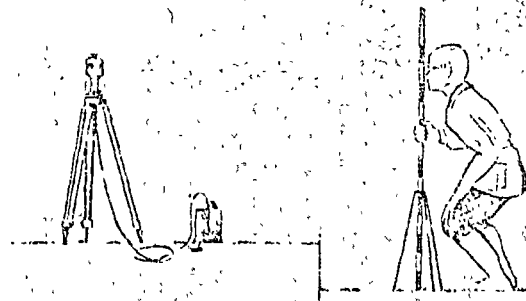
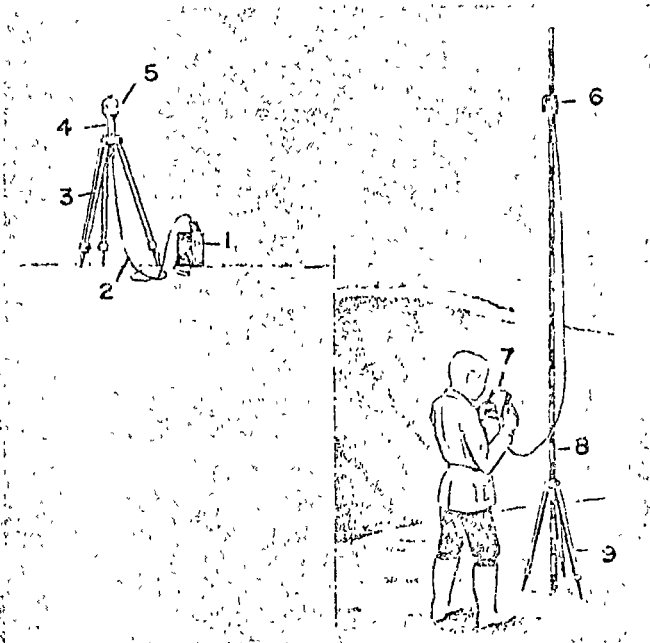
3.4.d Electrónicos.- En realidad el nombre es una consideración particular del autor, usada con el fin de clasificar convenientemente a un nuevo tipo de instrumentos conocidos como Geoplanos y que tienen como fin a la nivelación y al control permanente de planos definidos para obras de construcción.

Su campo de acción de estos nuevos instrumentos queda comprendido para trabajos de construcción de 0 a 300 m, para nivelaciones topográficas de 0 a 300 m entre PLs, y para nivelaciones topográficas precisas de 0 a 200 m.; todos estos considerando el uso del detector fotoeléctrico puesto que visualmente se reduce su rango de acción a 100 m.

Las figuras siguientes ilustran la aplicación en ambos casos así como la forma y descripción del Geoplano 300 marca AGA.

1. Bateria
2. Cable de conexión
3. Trípode

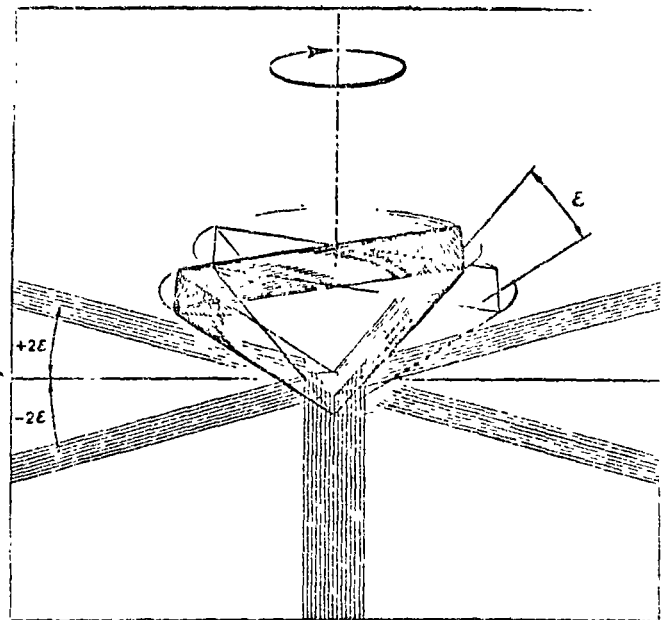
4. Sistema de rotación
5. Emisor laser
6. Detector fotoeléctrico
7. Control de mando del detector y tomador de lecturas
8. Baliza telescópica - guía para el detector o para efectuar lecturas
9. Trípode sujetador de la baliza



El principio de medición consiste en producir un rayo luminoso en forma perceptible al ojo humano, haciendo que este aparezca con mucha precisión describiendo al girar un plano horizontal. - Esto se comprende mejor viendo la figura inferior derecha.

Las grandes ventajas de este equipo aún sobre los niveles automáticos son:

- a) la lectura la toma el operador directamente sobre el PL o BN, en una cinta tan legible como un flexómetro stanley.
- b) La baliza telescópica alcanza 6 m contra los 4 m de las miras tradicionales.
- c) Los 6 m antes mencionados aunados al alcance del laser predisponen a un super avance en el trabajo.



La forma de operar este instrumento es diferente a la de operar niveles, en este caso el ayudante monta convenientemente el Geo-Plano y lo conecta echándolo a andar y el ingeniero u operador práctico usa la baliza y/o toma las lecturas del detector fotoeléctrico. El manejo del detector con-



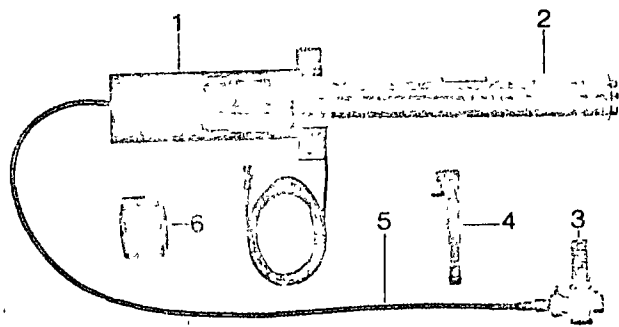
sisté en bajar o subir éste mediante el control de mando del mismo - hasta obtener señal en el indicador de lecturas, momento en el cual se procede a afinar la ubicación del detector y a efectuar la lectura correspondiente.

### 3.5 Colimadores laser

Son equipo electro-ópticos capaces de hacer visibles los ejes definidos por la línea de colimación del instrumento con el que se usa.

Con el fin de esclarecer la descripción de estos instrumentos, tomamos como ejemplo el ocular laser GL01 visto en la figura de la derecha.

Los colimadores laser se usan en los trabajos de construcción e ingeniería para el mando de las máquinas de construcción, carros de taladradoras de túncles, fresadoras de túncles, colocadores de hormigón y capas bituminosas, máquinas para alinear carriles, prensas hidráulicas de tubos.



Ocular laser Wild GLO1:  
1) Dispositivo para sujetar el laser en el tripode. 2) Equipo laser 3mW de Hughes 3) Ocular laser, 4) Ocular acodado para microscopio de lectura, 5) Conductor de luz. 6) Contrapeso para objetivo del antejo

Alineamiento de fundamentos y elementos de máquinas, oleoductos, vías de grúas, encofrados de deslizamiento, ejes de montaje en la construcción naval y aeronáutica, etc. También son usados en el marcado de puntos inaccesibles en muros, rocas, canteras, etc.

El laser produce un rayo de luz coherente, rojo y de gran intensidad, el cual va dirigido por medio de un conductor flexible y el ocular laser, el antejo del teodolito, obteniéndose así un rayo de guía susceptible de ser enfocado y orientado horizontal y verticalmente para que sirva de línea de referencia exacta.

Por medio de un diafragma circular se puede obtener para toda distancia, anillos concéntricos de difracción con una marca céntrica muy nítida. Comparado con un laser normal de construcción, el teodolito laser presenta la ventaja de que no se tiene que alinear el rayo laser con un punto de referencia, pudiéndose inclusive visar inmediatamente este último o, cuando los ángulos vertical y horizon-

tal son conocidos, llevar el rayo laser directamente a la dirección deseada.

En el colimador de la figura, el laser y su unidad de alimentación está separadamente sujetos en la parte del trípode y no influyen en el funcionamiento del teodolito.

### 3.6 Giroteodolito

Este instrumento fue creado para reemplazar las mediciones astronómicas en la determinación del azimut verdadero de una línea considerada, sobre todo en trabajos standard en los países con problemas atmosféricos en gran parte del año así como en galerías y obras subterráneas. El principio básico de operación es el empleo de un giróscopo dentro del instrumento, combinado convenientemente con otros elementos como veremos enseguida.

Hay diversos tipos de giroteodolitos en el mercado internacional, de los cuales cabe mencionar los fabricados por las compañías MOM de Hungría, Fennel (Merid), de Alemania y Wild (GAK 1), de Suiza. La exactitud de éstos varía según la marca y método de observación, entre  $30'' \geq 10''$ .

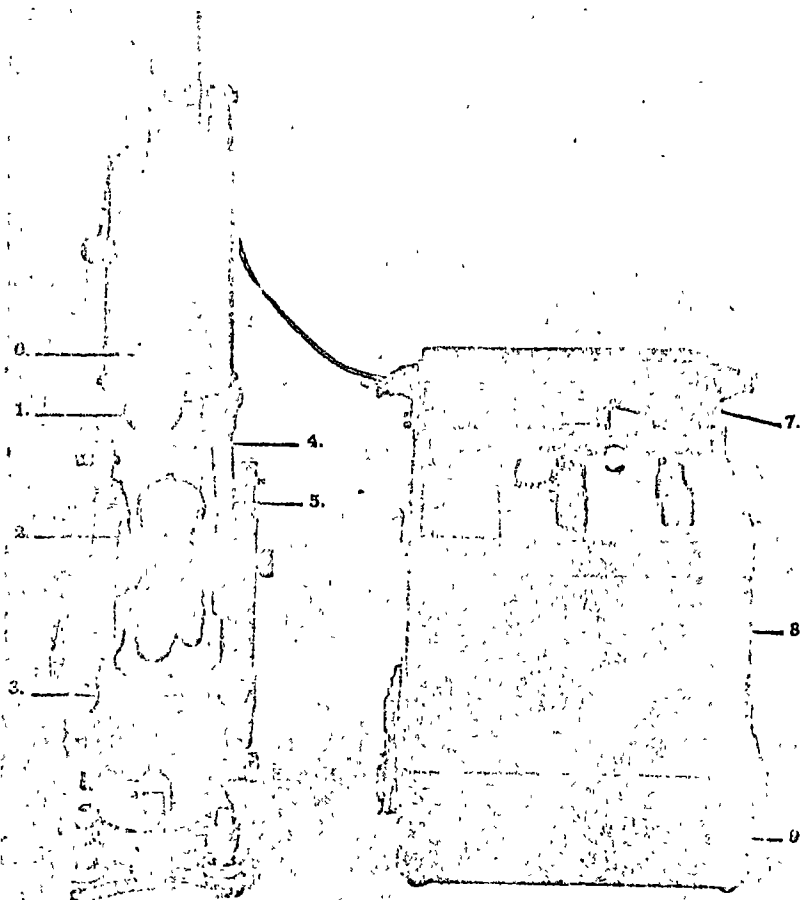
#### Descripción y manejo del giroteodolito Wild GAK 1

En el GAK 1, el giróscopo está suspendido por una cinta fina, como una plomada por lo que eje se mantiene constantemente horizontal bajo la acción de la gravedad. El rotor que gira a una velocidad de 22 000 revoluciones por minuto, tiende a mantener su errático plano de giro inicial establecido por su momento de inercia. Sin embargo, puesto que el instrumento, el teodolito y el tripié se hallan sobre la superficie terrestre, el rotor es sacado de su plano original de giro por el movimiento de rotación de la tierra.

Afectado por la gravedad el giróscopo reacciona ante esta interferencia moviendo su eje de giro alrededor de la línea de la plomada, hasta que toma su posición en el plano del meridiano. En esta posición el giróscopo, al igual que la tierra gira de oeste a este, y no se producen más interferencias. Debido a su masa de inercia, el giróscopo no se detiene en la dirección del norte verdadero, sino que oscila por el plano del meridiano, describiendo una curva sinusoidal como se aprecia en la figura.

Si  $\theta$  es el momento de inercia de los rotores  $W_k$  y  $W_e$  son respectivamente las velocidades angulares del giróscopo y de la tierra; la latitud del lugar y  $A$  la desviación del eje de giro del giróscopo con respecto al meridiano, la ecuación para  $R$ , o sea el par de fuerzas direccionales que impulsa al giróscopo hacia el meridiano es:

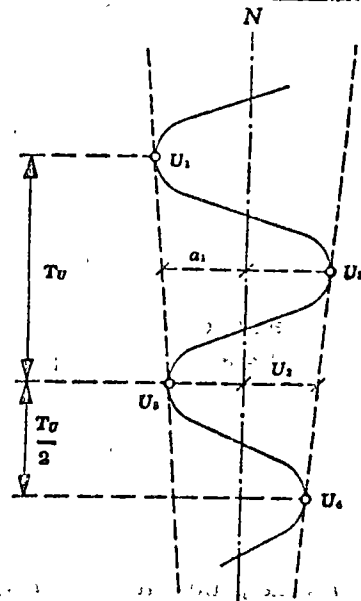
$$R = \theta \times W_k \times W_e \times \cos \varphi \times \sin A$$



1. Anillo de retención
2. Tornillo para fijar el giróscopo
3. Teodolito Wild T16
4. Puente para montar el giróscopo
5. Brújula
6. Ocular para la lectura de la escala
7. Convertidor
8. Unidad electrónica
9. Batería

Quando el eje de giro está sobre el plano del meridiano, tanto A -- como R valen cero. Estas fuerzas decrecen a -- medida que es mayor la latitud, y llegan a cero en los polos. Ahí el giróscopo puede orientarse hacia el norte o hacia el sur, o sea que, bajo la influencia de la gravedad, gira libremente sin interferencias -- en ninguna dirección.

El GAK 1 se acopla a un teodolito por medio de un puente que permite el giro libre del telescopio y en forma tal que el eje de giro y la visual -- queden en el mismo plano vertical cuando la aguja



El valor medio del período  $a$ , llamado promedio de Schuler, se calcula como sigue:

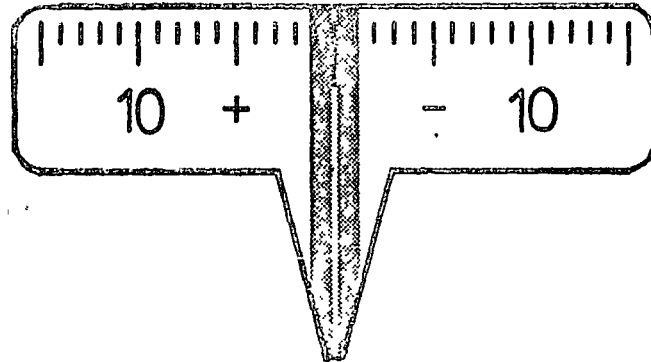
$$a_1 = \frac{1}{2} \left( \frac{u_1 + u_3}{2} + u_2 \right)$$

$$a_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{u_2 + u_4}{2} + u_3 \right)$$

siendo  $T_u$  el tiempo de oscilación requerido por el giróscopo para pasar de una posición a otra y regresar a la misma posición.

del giróscopo cae en el centro de la escala.

La influencia del ángulo horizontal - formado por el eje de giro y la visual se determina midiendo con el -- giro teodolito el azimut de una línea cuyo azi-- mut se conoce. A la di-- ferencia así obtenida se le llama E. Y esta dife-- rencia se debe conside-- rar de acuerdo con el sistema de Proyección Cartográfica que se -- use.



La oscilación del eje de giro es sinusoidal y los movimien-- tos de la aguja del giróscopo se observan en la escala correspondien-- te, pudiéndose graduar la oscilación a voluntad por medio de un tor-- nillo de presión.

Actualmente con este aparato se aplican dos métodos para -- la determinación del azimut, llamados: del punto de retroceso y del tránsito.

Para objeto de este curso solo se menciona el primero de -- ellos.

#### Método del punto de retroceso

La oscilación del giróscopo se sigue con la alidada del teodo-- lito, conservando la aguja móvil lo más centrada posible en el índice en forma de V, mediante el tornillo tangencial del movimiento hori-- zontal. La velocidad de la aguja del giróscopo llega al máximo en el centro de la oscilación y disminuye gradualmente hacia los extremos hasta detenerse en ellos, leyéndose antes de que retroceda la alidada el círculo horizontal del teodolito.

#### Cálculo

El valor de  $a$  en el círculo, correspondiente al promedio --- de las oscilaciones, se obtiene de tres lecturas consecutivas del círcu-- lo horizontal (como se observa en la segunda figura de este tema). El promedio calculado se llama promedio de Schuler.

Como la reducción en la amplitud de la oscilación es tan pe-- queña para la obtención del promedio, los valores obtenidos pueden-- considerarse variando linealmente:

$$a_1 = \frac{1}{2} \left( \frac{u_1 + u_3}{2} + u_2 \right)$$

$$a_2 = \frac{1}{2} \left( \frac{u_2 + u_4}{2} + u_3 \right)$$

-----

$$N = \frac{\sum a_i}{n}$$

El número de lecturas depende de la precisión requerida, -  
siendo este método el menos preciso, puesto que con el mismo se -  
obtienen los 20".

## CLASIFICACION DE VARIOS DISTANCIOMETROS EDM ; DE CORTO ALCANCE

Marca y modelo	Fabricante	trabaja con luz	Rango de medición	Precisión	Lecturas integradas de			
					C.H.	C.V.	Computadora	Reg. Elect.
HP 3800 A	Hewlett-Packard	infrarroja	1 mm a 3000 m	$\pm (3\text{mm} + D/100\,000)$	-	si	--	--
HP 3800 B	"	"	2 mm a 3000 m	$\pm (5\text{mm} + 7\text{mm} \times \text{km})$	-	si	--	--
HP 3805 A	"	"	1 mm a 1600 m	$\pm (3\text{mm} + D/100\,000)$	-	si	--	--
Geodímetro 7 T	AGA	tugsteno	15 m a 500 m	$\pm 10\text{ mm}$	si	si	--	--
Geodímetro 700	AGA	laser	15 m a 5000 m	$\pm (5\text{mm} + 1\text{mm} \times \text{km})$	si	si	si	si
Geodímetro 76	AGA	infrarroja	1 m a 3000 m	$\pm (10\text{mm} + 1\text{mm} \times \text{km})$	-	--	--	--
Wild DI-10	Wild Heerbrugg	infrarroja	1 m a 2000 m	$\pm 10\text{ mm}$	*	*	--	--
Wild DI-35	Wild Heerbrugg	infrarroja	1 m a 2000 m	$\pm (5\text{mm} + 5 \times 10^{-6}D)$	*	*	--	--
Regelta 14	Carl Zeiss	infrarroja	1 m a 2000 m	$\pm 10\text{ mm}$	si	si	si	si
SM 11	Carl Zeiss	infrarroja	1 m a 2000 m	$\pm 10\text{ mm}$	si	si	--	--
Eldi 2	Carl Zeiss	"	1 m a 5000 m	$\pm 5\text{ mm} \quad 20\text{ mm}$	-	--	--	--
Cubitape	cubic corporation	"	1 m a 2000 m	$\pm (5\text{mm} + 1/100\,000)$	-	--	--	--
Microranger	Keuffel & Esser Co. (Ga As)	"	1 m a 1600 m	$\pm (5\text{mm} + 2\text{ ppm})$	-	--	--	--
Ranger I	" "	laser	1 m a 4000 m	$\pm (5\text{mm} + 2\text{ ppm})$	-	--	--	--
Ranger II	" "	laser	1 m a 6000 m	$\pm (5\text{mm} + 2\text{ ppm})$	-	--	--	--

## De largo alcance

Wild DI-50	Wild Heerbrugg	microondas	50 m a 150 km	$\pm (2\text{cm} + 0.5 \times 10^6 \times D)$	-	--	--	--
Wild DI-60	Wild Heerbrugg	microondas	50 m a 150 km	$\pm (1\text{cm} + 0.5 \times 10^6 \times D)$	-	--	si	--
Electrotape DM-20	Cubic Corporation	microondas	30 m a 50 km	$\pm (1\text{cm} + 1/300\,000 \times D)$	-	--	--	--
Geodímetro 6A	AGA	tugsteno- mercurios	30 m a 15 km 30 m a 25 km	$\pm (5\text{mm} + 1\text{mm} \times \text{km})$	-	--	--	--
Geodímetro 8	AGA	laser	15 km a 65 km	$\pm (6\text{mm} + 1\text{ ppm})$	-	--	--	--
Telurómetro CA 1000	Tellurometer Co.	Microondas	30 m a 33 km	$\pm (15\text{mm} + 1\text{ ppm})$	-	--	--	--
Ranger III	Keuffel & Esser Co.	laser	1 m a 12 km	$\pm (5\text{mm} + 2\text{ ppm})$	-	--	--	--

\* Generalmente se usa montado en un teodolito.



# precisión y errores

Ing. Federico Alonso Lerch

tema 4



# P R E C I S I O N   Y

## E R R O R E S .

### CONTENIDO

- I. Elementos de precisión
- II. Equivocaciones y errores
- III. Medidas de precisión
- IV. Propagación de los errores
- V. Rechazo de observaciones  
y criterio usual

### INTRODUCCION

Esta es una presentación somera del tema que encabeza es te artículo, adecuada al curso de Topografía que se imparte. El -- principal objetivo es hacer notar a los participantes la presencia -- ineludible de los errores (véase el significado de esta palabra en el subtema II) en todos los trabajos de mediciones no sólo en Topografía, sino en la Física y Química experimentales, los cuales es nece sario evitar, corregir y en algunos casos tan solo tenerlos en cuen ta, para poder apreciar el grado de exactitud de los resultados.

## I. - ELEMENTOS DE PRECISION

La precisión depende de tres elementos: a) instrumentos precisos, b) métodos precisos y c) una buena planeación. Los instrumentos precisos no son absolutamente necesarios pero ahorran tiempo y por lo tanto son factor de economía. Los métodos precisos deben usarse. Ellos eliminan o reducen el efecto de todo tipo de errores. Buena planeación es el elemento máximo de la economía y un elemento muy importante para obtener precisión. Esto incluye la elección apropiada y la disposición de los levantamientos de control y la elección adecuada de los instrumentos y métodos para cada operación.

Los tres elementos: instrumentos, métodos y planeación, sólo pueden valorarse por la economía que se obtiene cuando se alcanzan los resultados necesarios con la exactitud deseada. No se puede hacer ninguna elección de estos elementos sin una estimación de los errores que pueden presentarse. De aquí se concluye que levantamientos con éxito son imposibles sin un conocimiento cabal de la naturaleza de los errores.

Definiciones. - Las palabras precisión y exactitud deben definirse antes de discutir los errores y la exactitud. Precisión es el grado de perfección usado en los instrumentos, los métodos y las observaciones. Cuando la precisión de diversas operaciones es conocida, se demuestra que la exactitud de los resultados puede determinarse.

Exactitud es el grado de perfección obtenida. Los resultados verdaderos, por lo tanto, deben de usarse para calcular la exactitud. Cuando la exactitud de los resultados se compara desfavorablemente con su valor estimado se puede suponer generalmente que existen fallas las cuales deben corregirse.

## II. - EQUIVOCACIONES Y ERRORES

Aunque en el lenguaje diario estas dos palabras son prácticamente sinónimas, en nuestro trabajo especializado tenemos para cada una de ellas una definición distinta.

Equivocación es una confusión de nuestra mente, es decir, es independiente de los métodos y equipos usados y su eliminación se consigue mediante la repetición del trabajo, ya sea ejecutado por otra persona o usando otro método o camino.

### Consejos útiles para eliminar las equivocaciones

- a) Cada valor registrado en el campo, debe ser verificado -

allí mismo, por medio de alguna observación independiente.

b) Una vez que la verificación anterior se ha ejecutado y se cerciora uno que no existe equivocación, el registro no debe cambiarse o destruirse. Notas para cambios necesarios hechas posteriormente deben escribirse con un lápiz de color.

c) Una verificación total debe de efectuarse en cada levantamiento de control. Tantas cuantas posibles verificaciones totales deben de ser dipuestas al planear el trabajo y cada verificación total que se planea debe de ser calculada y aplicada.

Error.- Esta palabra viene del Latín errare que significa desviarse, alejarse o vagar. Así que en este sentido tomaremos el significado de la misma, es decir, alejamiento, desvío, más no confusión.

Los errores los dividimos en:

- 1) errores constantes
- 2) errores sistemáticos
- 3) errores accidentales

Errores constantes.- Son los invariables a través de todo un trabajo, siempre tienen el mismo signo. Un ejemplo es el error que se introduce cuando se omite tomar en cuenta la comparación de una cierta cinta, independientemente del cambio de temperatura.

Errores sistemáticos.- Son aquellos que siguen alguna ley fija o específica, aunque la misma sea desconocida, pero depen diendo de las circunstancias locales. Un ejemplo de ellos es la corrección que por temperatura debe de hacerse a una medida con cinta. Otros ejemplos citables son el error por desnivel, alineamiento, catenaria, etc.

#### Consejos útiles para eliminar los errores constantes y sistemáticos

a) Todo equipo topográfico debe de ser usado y diseñado de tal modo que siempre que sea posible se eliminen este tipo de errores.

b) Todos los errores que no pueden ser eliminados con seguridad por la aplicación del consejo anterior, deben ser valorados y sus relaciones a las condiciones que los causan deben determinarse. Cuando un estudio indique que estos errores no son despreciables, entonces deben registrarse en el campo medidas que permitan posteriormente ejecutar las correcciones adecuadas en el gabinete.

Errores accidentales.- Son aquellos que aún quedan en las observaciones, después de haber eliminado las equivocaciones, los errores constantes y sistemáticos. Representan el límite de la precisión en la determinación de un valor. Están originados por imperfección de los instrumentos, falibilidad del observador y ciertas condiciones variables e incontrolables; todas estas causas afectan las observaciones en un mayor menor grado. Pero este tipo de errores obedecen a las leyes de la casualidad y pueden ser eliminados o manejados por medio de las leyes matemáticas de la probabilidad.

Clasificación de los valores.- Al considerar una magnitud cualquiera debemos distinguir en ella tres valores: valor verdadero, valor observado y valor más probable.

Valor verdadero es el que está exento de error y por lo mismo, según lo dicho anteriormente, será siempre desconocido para nosotros, debiendo conformarnos con aproximaciones.

Valor observado es el que resulta de la observación o experimentación, después de hechas todas las correcciones instrumentales y del medio en que se trabaja. Al medir una base con una cinta de acero, se supone reducida al horizonte, corregida por alineamiento, variaciones de tensión, temperatura, etc.

Por valor más probable de una cantidad debe de entenderse el valor que se acerca más al valor verdadero de acuerdo con las observaciones hechas o medidas tomadas, valor que se acercará tanto más, cuanto más precisas sean las observaciones.

De acuerdo con lo que hemos explicado el error accidental de una magnitud es la diferencia entre: 1) el valor verdadero de la misma (el cual nunca podremos conocer) y 2) la medida que nosotros efectuamos de ella, después de haber eliminado las equivocaciones y errores constantes y sistemáticos (valor observado). Expresando ésta en forma algebraica

$$x = X - M \quad (1)$$

donde

x = error accidental

X = valor verdadero

M = valor observado

Errores accidentales y las leyes de la casualidad.- Carl Friedrich Gauss (físico, matemático y astrónomo alemán - - 1777-1855) observó que los errores accidentales siguen ciertas normas de comportamiento y basaco en eso estableció una serie --

de postulados cuya demostración es dudosa, pero que los hechos - justifican; tales postulados son:

- 1) Los pequeños errores son más frecuentes que los grandes errores.
- 2) Los errores positivos y negativos de igual magnitud, - observan la misma frecuencia.
- 3) Los errores muy grandes no se presentan.
- 4) Los errores son modificados por las circunstancias de - observación, en otras palabras, mejores aparatos, mejores observadores y circunstancias externas más favorables producen resultados más precisos.

De estos postulados Gauss concluyó que entre las magnitudes de los errores y su frecuencia de presentación existía una cierta relación o hablando matemáticamente que la probabilidad de la - presentación de un error, era función de su magnitud. Escrito és to en términos algebraicos y llamando:

y = probabilidad de un error de magnitud x  
 x = magnitud del error

$$y = f(x) \quad (2)$$

El siguiente problema que se presentó a Gauss fue justamente la determinación de esta función o en otras palabras deducir la correspondiente ecuación.

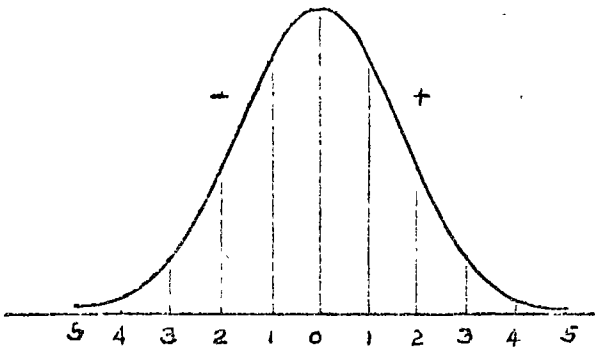
Para obtener la ecuación deseada, Gauss se apoyó en otro postulado más, también obtenido de la experiencia y cuya aplicación práctica era usada siglos antes que Gauss naciera, tal postulado dice:

- 5) El valor más probable de una cantidad, la cual ha sido obtenida por observación directa y repetida, es el pro medio aritmético de todas las medidas

La ecuación deseada fue

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2x^2} \quad (3)$$

Esta ecuación es la expresión algebraica de la ley de los errores accidentales, pero también tiene una expresión gráfica, --



es decir, dando valores a  $\underline{x}$  (errores) y para un dado parámetro  $h$  de la curva, se obtienen las correspondientes  $y$  (frecuencia relativa) - cuya representación en un sistema cartesiano produce la curva que aparece adjunta. Esta curva se la ha designado con los siguientes nombres: curva de Gauss, campana de Gauss o curva de la probabilidad.

Discusión de la curva de Gauss.- Puesto que los valores positivos y negativos de  $\underline{x}$  que sean numéricamente iguales, dan valores iguales para  $\underline{y}$ , la curva es simétrica con respecto al eje de las  $\underline{y}$ , esto concuerda perfectamente con el postulado No. 2. Cuando  $x = 0$ ,  $y = \frac{h}{\sqrt{\pi}}$ , muestra que la probabilidad de un error cero es  $\frac{h}{\sqrt{\pi}}$ . También se puede observar que a medida que  $\underline{x}$  aumenta y disminuye, lo que está en concordancia con el postulado No. 1, pues la probabilidad (frecuencia relativa) de un error pequeño es mayor que la de un error más grande. Cuando  $\underline{x}$  muy grande  $\underline{y} = 0$  ó casi cero, conformando ésto con el postulado No. 3. Todo ésto viene a confirmar que la ecuación y gráfica son representativas de los postulados de Gauss y en consecuencia de la ley de los errores.

Errores y residuos.- Se ha definido el error como la diferencia entre el valor verdadero de una cantidad y el valor medido de la misma. El verdadero valor de una cantidad nunca puede determinarse. Supongamos que una cantidad ha sido medida varias veces, y que valores ligeramente diferentes se obtienen de esas mediciones. Basada en una larga investigación de la ecuación -----

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2}, \text{ el valor de la cantidad que tiene la máxima --}$$

frecuencia de presentarse o la que tiene la máxima probabilidad de -- ocurrir, es esa que hace que la suma de los cuadrados de los errores sea un mínimo. Si una magnitud ha sido medida en forma directa varias veces, su mejor valor o el valor más probable de la misma es -- el promedio aritmético.

La diferencia entre el promedio de diversas mediciones y cualquiera de estas mediciones se le llama un residuo y se le designa  $\underline{v}$ . Tal diferencia se le da un tratamiento de error accidental. Supongamos que se hicieron cien mediciones de la longitud de una línea y -- que dichas medidas fueron corregidas por lo que se refiere a errores constantes y sistemáticos. El promedio de esas mediciones es el --

valor más probable. Si el promedio se resta de cada valor medido, resultarán cien residuos diversos. Si en una gráfica se representan las magnitudes de dichos residuos como abscisas y el número de ellos como ordenadas, la curva resultante será semejante a la que hemos presentado con anterioridad. En la ecuación de esta curva

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \quad (3)$$

h toma el valor:

$$h = \frac{1}{\sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}} \quad (4)$$

donde  $\sum v^2$  es la suma de los cuadrados de los residuos y n es el número de mediciones. A la cantidad  $\sqrt{\frac{\sum v^2}{n-1}}$  se la denomina el error cuadrático medio y se la designa con la letra E, entonces

$$h = \frac{1}{\sqrt{2} E} \quad (5)$$

Como se infiere de esta expresión cuando E decrece h — aumenta y recíprocamente, de donde se puede concluir que h representa la medida de precisión, pues es inversamente proporcional al error medio cuadrático (EMC).

### III. - MEDIDAS DE PRECISION

Para poder calificar los errores en relación a su magnitud es necesario establecer uno que sirva de norma de comparación, de igual manera que para medir una longitud se ha establecido el metro, - el pie, etc.

En el caso de los errores esta comparación resulta un poco más complicada, ya que no podemos establecer un patrón aplicable a todos los casos, pues el mismo depende de varios factores como son: la calidad del equipo, cantidad de trabajo aplicado a las medidas, habilidad del personal, condiciones externas que modifican la operación, tales como mejor o peor visibilidad, etc. Entonces una manera de juzgar de la magnitud de los errores es usar un patrón sacado del grupo mismo de las observaciones de cada caso y el cual será más pequeño a medida que las observaciones sean más uniformes, esto es, si todas las medi-

das son exactamente iguales, se supone que no existe ningún error, - caso imposible.

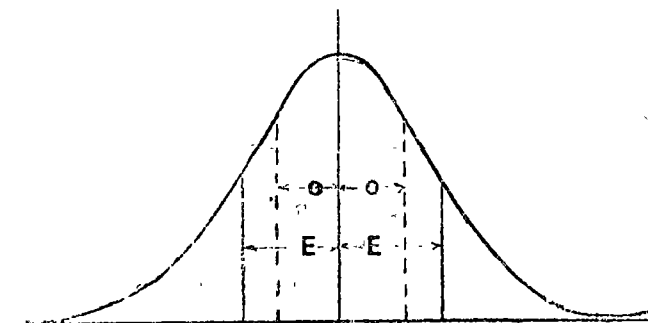
Se han establecido varios de estos patrones y de ellos los -- más usuales son los basados en ciertas propiedades de la curva de probabilidad.

Uno de estos patrones es el que ya mencionamos anterior-- mente, el llamado error medio cuadrático (EMC) o error standard como lo denominan en los países de habla inglesa. Su valor se consigue así:

$$E = \sqrt{\frac{\sum v^2}{n - 1}} \quad (6)$$

este error corresponde a la abscisa de la curva de Gauss en sus puntos de inflexión (punto donde la curvatura cambia de cóncava a convexa o vi cversa). En la gráfica adjunta es la abscisa de las líneas de trazo con t́nue y estas líneas representan la probabilidad de tal error. Este pa-- trón es prácticamente lo mismo que la desviación standard, usada en - Estadística.

El otro patrón es el llamado error probable. Este es un - error cuya probabilidad es 1/2, es decir, que existen igual número de errores mayores, que de errores menores que él. En la gráfica es el comprendido entre las líneas de trazos y el origen y se designa con la letra e.



Entre el error probable y el -- EMC existe una cierta relación

$$e = 0.6745 E \quad (7)$$

Entonces el valor del error probable puede ser obtenido de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$e = 0.6745 \sqrt{\frac{\sum v^2}{n - 1}} \quad (8)$$

Las cantidades h, E y e son todas medidas de la precisión - de un conjunto de mediciones y pueden calcularse después de que las me didas han sido ejecutadas. La cantidad e se la llama algunas veces el - error 50%, porque el 50% de todos los residuos se suponen teóricamen- te comprendidos entre + e y -e.



## Ejemplo No. 1:

Las medidas de la diferencia de elevación entre dos puntos, usando un método y equipo precisos, se anotan a continuación. Calcule el EMC y el error probable de una cualquiera de estas medidas

Número de la medición	Diferencia de elevación	Residuos V	V <sup>2</sup>
1	6.4715	-0.0003*	9 x 10 <sup>-8</sup>
2	6.4724	+0.0006*	36 x 10 <sup>-8</sup>
3	6.4694	-0.0024	576 x 10 <sup>-8</sup>
4	6.4718	0.0000*	0
5	6.4718	0.0000*	0
6	6.4681	-0.0037	1369 x 10 <sup>-8</sup>
7	6.4736	+0.0018	324 x 10 <sup>-8</sup>
8	6.4752	+0.0034	1156 x 10 <sup>-8</sup>
9	6.4715	-0.0003*	9 x 10 <sup>-8</sup>
10	6.4721	+0.0003*	9 x 10 <sup>-8</sup>
11	6.4706	-0.0012	144 x 10 <sup>-8</sup>
12	6.4724	+0.0006*	36 x 10 <sup>-8</sup>
13	6.4730	+0.0012	144 x 10 <sup>-8</sup>
14	6.4709	-0.0009*	81 x 10 <sup>-8</sup>
15	<u>6.4724</u>	+0.0006*	<u>36 x 10<sup>-8</sup></u>
SUMA	97.0767		3929 x 10 <sup>-8</sup>
PROMEDIO	6.4718		

$$E = \sqrt{\frac{3929 \times 10^{-8}}{14}} = \pm 0.001675 \text{ m}$$

$$e = 0.6745 \times 0.001675 = \pm 0.00113 \text{ m}$$

Teóricamente, la mitad de los residuos deben caer entre + 0.00113 y - 0.00113. En este caso 9 de 15 se encuentran entre estos límites.

## IV.- PROPAGACION DE LOS ERRORES

Un principio fundamental derivado de la ley de probabilidad es que el EMC de la suma de diversas cantidades medidas es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los EMC de las cantidades individuales. En forma algebraica esta relación es

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2} \quad (9)$$

donde E es el EMC de la suma de las mediciones, cada una de las cuales tiene un EMC designado por  $E_i$ ;  $i$  siendo 1, 2, 3 ... n. En el ejemplo presentado en antecedentes, la suma de todas las mediciones tiene un EMC igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los EMC para todas las medidas incluidas en la lista. Por lo tanto, para las medidas en el ejemplo

$$E = \sqrt{0.00113^2 + 0.00113^2 + \dots + 0.00113^2} = \sqrt{15} \sqrt{0.00113^2}$$

Puesto que el valor promedio de las medidas es la suma dividida por el número de ellas, o n, el EMC del promedio será igual a el EMC de la suma dividido por n. En el caso del ejemplo

$$E_p = \frac{\sqrt{15} \sqrt{0.00113^2}}{15} = \pm \frac{0.00113}{\sqrt{15}} = \pm 0.00029$$

donde  $E_p$  es el EMC del promedio, es decir, de 6.4718. En virtud de lo precedente y como el EMC puede ser positivo o negativo y por tal razón no se puede corregir el promedio, entonces dicho promedio se expresa así:  $6.4718 \pm 0.00029$

También de lo anterior se puede concluir que EMC del promedio de diversas cantidades medidas, todas ellas efectuadas con el mismo grado de precisión, está dado por la relación

$$E_p = \frac{E}{\sqrt{n}} \quad (10)$$

en la cual E es el EMC de una cualquiera de las medidas, de acuerdo con la fórmula (6) y n es el número de medidas.

De igual manera, el error probable del promedio de un grupo de medidas de una magnitud está dado por

$$e_p = \frac{e}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

También el error probable de la suma de diversas mediciones, e, es:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2} \quad (12)$$

donde  $e_i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) son los errores de cada una de las medidas en particular.

Ejemplo No. 2.-

Una base se mide en 6 secciones, y las longitudes de las secciones, junto con el error probable de cada sección, están consignados en la siguiente tabla. ¿Cuál es el error probable de la longitud de toda la base?

Sección No.	Longitud	e
1	292.980	$\pm 0.0134$
2	132.015	$\pm 0.0094$
3	471.190	$\pm 0.0182$
4	108.326	$\pm 0.0064$
5	381.774	$\pm 0.0305$
6	97.658	$\pm 0.0229$

Resolución: La suma de las longitudes es 1483.943 -- y el error probable de la longitud total de la base es

$$e_{\text{TOTAL}} = \sqrt{134^2 \times 10^{-8} + 94^2 \times 10^{-8} + 182^2 \times 10^{-8} + 64^2 \times 10^{-8} + 305^2 \times 10^{-8} + 229^2 \times 10^{-8}} = \pm 0.0457$$

Ejemplo No. 3.-

Se mide una distancia usando una cinta de 50m y cada cintazo se encuentra afectado de un error de  $\pm 1$  cm. Si la distancia requiere 12 cintazos, esto es, la longitud resultante son 600 m., -- ¿cuál es el error probable en la longitud total?

Solución: Puesto que cada cintazo está sujeto al mismo error probable  $e$ , de acuerdo con la ecuación (12)

$$e_{\text{TOTAL}} = \pm e \sqrt{n} = \pm 1 \text{ cm} \times \sqrt{12} \\ = \pm 1 \text{ cm} \times 3.4642 = \pm 3.4642 \text{ cm.}$$

Este ejemplo ilustra el siguiente concepto muy importante de los errores accidentales: si una serie de mediciones se hacen con el mismo grado de refinamiento, entonces el error probable puede ser considerado proporcional a la raíz cuadrada del número de oportunidades de cometer un error. Por ejemplo, cada puesta de aparato, en el trabajo de nivelación, da lugar a una oportunidad de que se introduzca un error. Por lo cual los errores se acumulan pro

porcionalmente a la raíz cuadrada del número de oportunidades de cometer un error. Por ejemplo, cada puesta de aparato, en el trabajo de nivelación, da lugar a una oportunidad de que se introduzca un error. Por lo cual los errores se acumulan proporcionalmente a la raíz cuadrada del número de cambios del instrumento. Si todos esos cambios de aparato tienen aproximadamente la misma longitud entre las distancias hacia atrás y hacia adelante, entonces los errores se acumulan en proporción a la raíz cuadrada de la distancia.

La ecuación básica que expresa la forma en la cual se propagan los errores accidentales se da a continuación. Aceptemos que U sea alguna función de las cantidades medidas X, T, Z ... N. Entonces el EMC de U está relacionado a los EEMMCC de las magnitudes medidas X, Y, Z ... N por la ecuación

$$E_U^2 = \left(\frac{\partial U}{\partial X}\right)^2 E_X^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial Y}\right)^2 E_Y^2 + \left(\frac{\partial U}{\partial Z}\right)^2 E_Z^2 + \dots + \left(\frac{\partial U}{\partial N}\right)^2 E_N^2 \quad (13)$$

Supongamos que  $U = X + Y + Z$ , donde X, Y y Z son tres cantidades medidas. Entonces de acuerdo a la ecuación (13)

$$E_U = \sqrt{E_X^2 + E_Y^2 + E_Z^2}$$

que es igual a la ecuación (9).

Supongamos ahora que  $U = X - Y$ , donde X y Y son dos cantidades medidas. Entonces, de acuerdo con la ecuación (13)

$$E_U = \sqrt{E_X^2 + E_Y^2} \quad (14)$$

Hagamos otra suposición  $U = X \cdot Y$ , donde X y Y son cantidades medidas. De acuerdo con la ecuación (13)

$$E_U = \sqrt{Y^2 E_X^2 + X^2 E_Y^2} \quad (15)$$

Finalmente consideremos el caso en que  $U = AX$ , siendo A una constante y X la cantidad medida, nuevamente con apoyo en la ecuación (13).

$$E_U = A E_X \quad (16)$$

En las ecuaciones (9), (14), (15) y (16) el error probable e puede substituir al EMC, ya que la relación entre e y E es constante, tal como lo muestra la ecuación (7).

Ejemplo No. 4. -

Si al ejecutar una nivelación el error probable de una --

lectura atrás, es de  $\pm 0.005$  m., y el error probable de la lectura adelante, en la misma puesta de aparato es también  $\pm 0.005$  m., ¿cuál es el error probable de la diferencia de elevación entre los dos puntos de cambio sobre los cuales se hacen las lecturas?

$$e = \sqrt{0.005^2 + 0.005^2} = \pm 0.007 \text{ m}$$

Ejemplo No. 5.-

Las medidas de un campo rectangular se llevan a cabo con una cinta de acero y resultaron ser 170 m. con un error probable de  $\pm 0.02$  m. y 250 m., con un error probable de  $\pm 0.035$  m., ¿cuál es el área de este campo y su error probable?

Solución:

El área del campo es  $170 \times 250 = 42\,500 \text{ m}^2$

El error probable de esta área es:

$$e = \sqrt{170^2 \times 0.02^2 + 250^2 \times 0.035^2} = \pm 9.387 \text{ m}^2$$

V.-

#### RECHAZO DE OBSERVACIONES Y CRITERIO USUAL

El rechazo de observaciones está basado en el principio que todas las equivocaciones deben ser eliminadas y todos los errores accidentales deben ser retenidos. Si un error accidental, sin importar cuan grande sea, es rechazado, la precisión de los resultados se ve reducida.

Las grandes equivocaciones pueden reconocerse fácilmente y eliminarse. Las equivocaciones pequeñas nunca pueden identificarse pero tienen poca consecuencia. Los grandes errores que pueden o no ser equivocaciones son los causantes de las dificultades.

Algunos errores más allá de un cierto límite establecido se rechazan automáticamente. Este es un procedimiento razonablemente seguro. Lo que debe evitarse es la selección arbitraria de errores que deben rechazarse. Esta es una gran tentación y siempre conduce a resultados pobres.

Se han sugerido varios criterios para rechazar las observaciones dudosas. A continuación proponemos uno de ellos, muy simple, llamado criterio de Wright.

Criterio de Wright. - Por este método todas las observaciones cuyo residuo sea mayor que 5 veces el error probable ó 3.4 veces el EMC deben desecharse de inmediato. Después de haber rechazado esas observaciones se examinan los valores de los residuos que sean mayores que 3.5 veces el error probable ó 2.3 veces el -- EMC, y si las observaciones fueron hechas bajo condiciones que no merezcan mucha confianza, deben desecharse también. Este criterio es el más usual en la práctica debido a su sencillez; pero no es riguroso.



tema 5

topografía  
para  
proyectos

Ing. Jesús Albo Lara



V . - T O P O G R A F I A

P A R A

P R O Y E C T O S

por

Ing. Jesús Albo Lara.

\* 1977 \*

## 5.- TOPOGRAFIA PARA PROYECTOS

Cualquier estudio que se pretenda realizar y que no cuente con -- los datos que proporciona la Topografía, será un estudio de los denominados "en el aire" o "sobre las rodillas".

La Topografía es una ciencia y un arte que muestra la realidad, -- pone al proyectista de obras en la base fundamental de su estudio, lo fija en el terreno donde va a ejecutar su obra, lo obliga a decisiones que de otra manera pasarían desapercibidas.

Todo profesional o técnico que trabaje en el ramo de proyectos -- de obras de construcción deberá contar con un buen plano topográfico, -- el cual debe ser elaborado a la escala que requieran las necesidades y -- tipo de proyecto, con características y precisiones adecuadas para los determinados estudios.

### 5.1 Edificaciones

Se le llama edificación a toda obra constructiva que cuenta con to dos, o con algunos de los elementos siguientes:

- a) cimientos
- b) zapatas
- c) trabes
- d) columnas
- e) muros, losas, etc.

y las cuales pueden ser: una casa habitación, un edificio, una estructura de servicio, una obra de protección, etc.

A una edificación se le pueden señalar las siguientes etapas:

- a) localización
- b) dimensionamiento del terreno
- c) características del terreno
- d) ubicación de la ó las estructuras
- e) comprobación de datos

Esto implica contar con:

- 1) plano de localización
- 2) plano indicando dimensiones del terreno (planimetría)
- 3) plano indicando puntos interesantes del terreno (altimetría)

- 4) plano con la ubicación de las estructuras
- 5) comprobación de datos

Desde luego que los datos planimétricos y altimétricos, así como la localización, pueden estar en un mismo plano en conjunto, y sobre éste proyectarse la ubicación de las estructuras, considerando los elementos de orientación y características geomorfológicas, u otras que se requieran.

El plano de localización puede obtenerse de cartografías de pueblos, ciudades, estados, etc. o bien de fotografías a determinada escala que realizan empresas gubernamentales o privadas, por medio de vuelos.

La planimetría puede obtenerse por varios métodos, pero según las características de los terrenos donde se va a realizar el proyecto, pueden clasificarse:

- a) para terrenos chicos
- b) para terrenos grandes

Los terrenos chicos pueden ser:

- 1) regulares
- 2) irregulares

Para obtener la planimetría de un terreno regular chico se pueden utilizar los siguientes métodos: el de triangulación, medición directa de los lados, diagonales.

Cualquiera que sea el método que se utilice requiere que se tomen en cuenta los siguientes elementos:

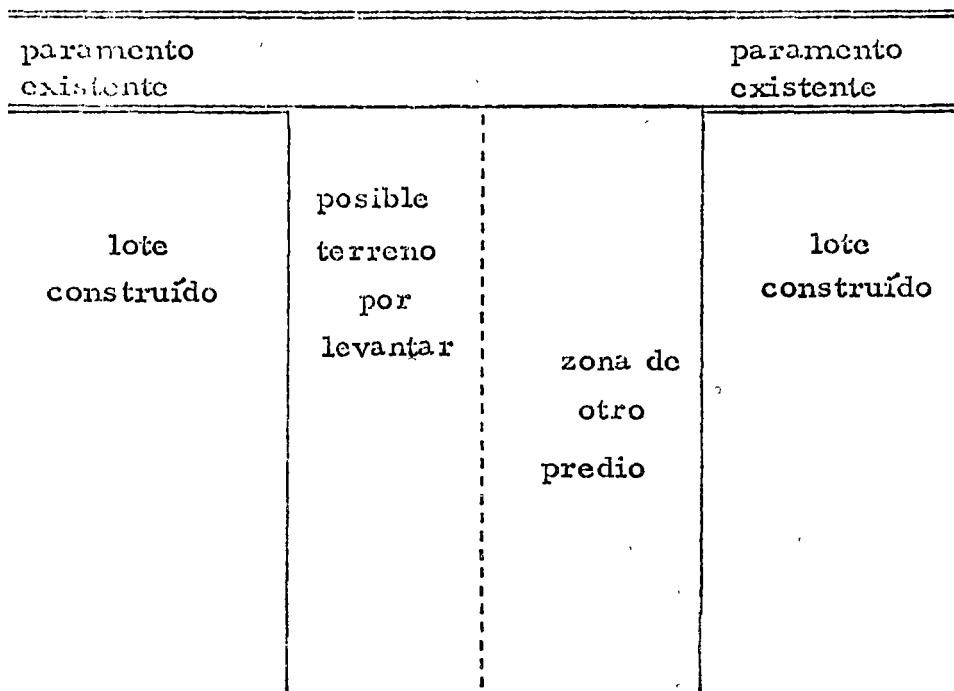
- a) que se consideren las edificaciones existentes
- b) que estas sirvan de apoyo para el levantamiento planimétrico que se pretende.

Las edificaciones existentes pueden encontrarse en zonas urbanas o rurales.

Si están en zonas urbanas, quiere decir que forman parte de un conjunto urbanístico, y por lo tanto hay que respetar los alineamientos; para esto, se debe tomar como punto de partida:

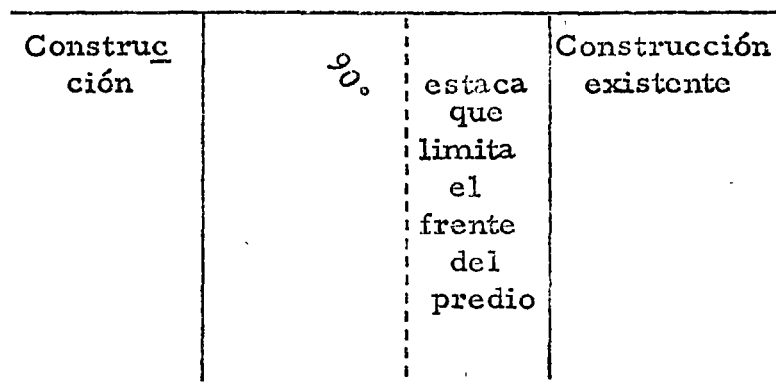
- a) los paramentos, guarniciones y calles
- b) las construcciones existentes que colindan con el terreno.

Guarnición



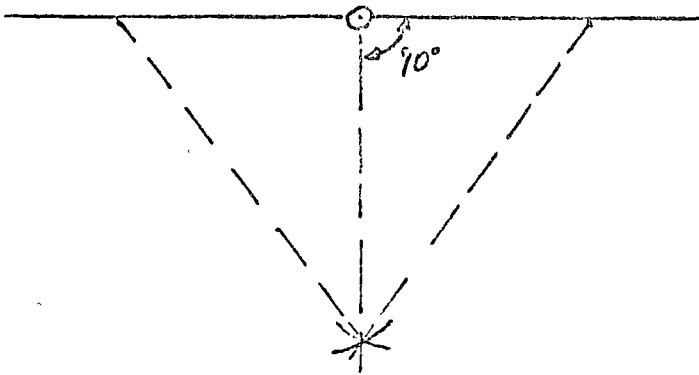
Conocidos los datos que proporciona la escritura del terreno, se procede del siguiente modo:

- 1) con cinta métrica o por medio de un hilo grueso se unen los paramentos existentes. El hilo indica cual es el paramento del predio.
- 2) tendiendo la cinta horizontal y tomando como origen el límite del paramento existente se mide el frente del terreno, colocando una estaca o trompo, que sirva como señal. Se puede marcar también, utilizando clavos, tachuelas, crayón o lápiz.
- 3) Teniendo la estaca o señal en el límite del terreno, se observa si el trazo es perpendicular a los paramentos, si es este el caso se puede indicar la perpendicular de la



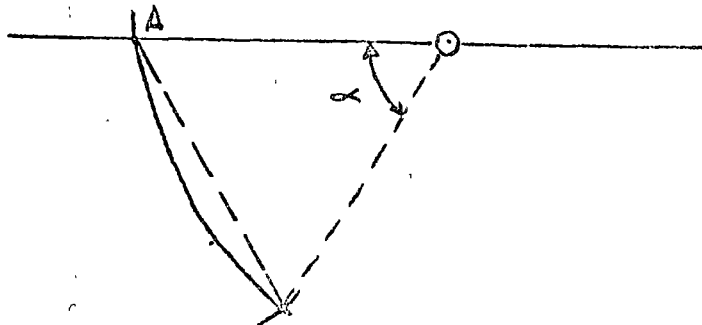
siguiente manera:

- a) Utilizando el triángulo que se forma con la cinta al tomar el cero y el 13 de la cinta y unirlo al paramento marcado, el 3 de la cinta en el punto donde se va a levantar la perpendicular y tensio nando la cinta en el 7, es decir, se debe formar el triángulo 3, 4, 5.
- b) Midiendo a ambos lados del límite de paramento una distancia y a partir de esta cruzar con otra



distancia dos líneas, tomando como eje de giro A y B donde se cortan y la estaca y la estaca, - esta la alineación de la perpendicular.

- c) Si el ángulo no fuera perpendicular al paramento se puede seguir el proceso siguiente:
  1. Se mide una distancia cualquiera y pivoteando desde el límite se traza un semicírculo.

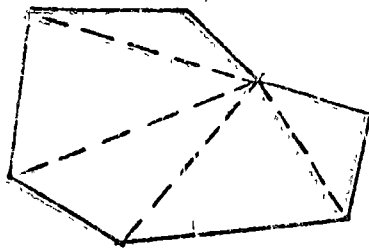


2. Se multiplica la distancia arbitraria por el seno de la mitad del ángulo por trazar.
3. Se toma el doble del valor obtenido que es la longitud de la cuerda.

4. Pivoteando esta magnitud desde "A" donde corta la línea curva A-B está la respuesta, o sea el valor angular pedido.

Con los alineamientos como base se procede a medir las longitudes y para que las figuras no se deformen se le da rigidez por medio de diagonales o de triángulos.

Para terrenos irregulares se recomienda el método de triangulaciones o de coordenadas, las cuales pueden obtenerse directamente sin ningún instrumento especial.



En el método de triangulaciones se trata de formar el número de triángulos que se requieran, midiendo todos los lados de los triángulos y calculando el área de cada triángulo por medio de la fórmula

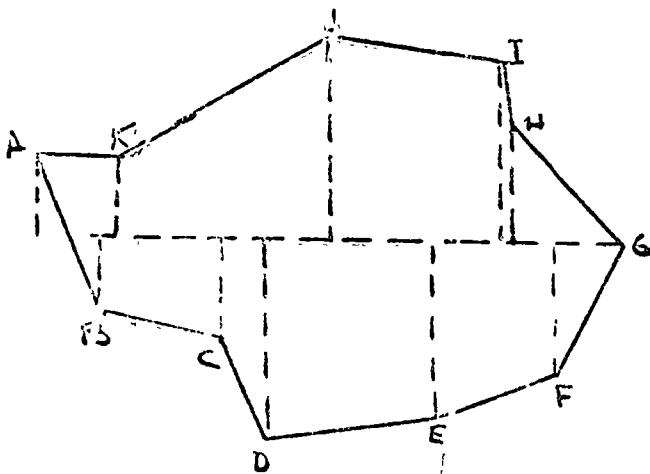
$$S = \sqrt{(p-a)(p-b)(p-c)p}$$

siendo  $P = \frac{a + b + c}{2}$

y los valores angulares por la fórmula

$$\text{sen } \frac{1}{2} A =$$

En el caso de utilizar el método de coordenadas se procede de la siguiente manera:



a) se traza una línea recta que puede estar dentro o fuera del terreno

b) A partir de ella se miden perpendiculares a cada uno de los vertices, siguiendo un orden de recorrido

c) Se toma un origen para las abscisas y ordenadas

d) Determinando las coordenadas del predio se pueden calcular todos los elementos y obtener área y ángulos

VERTICE	COORDENADAS	
A	0	0
B	d <sub>1</sub>	y <sub>1</sub>
C	d <sub>2</sub>	y <sub>2</sub>
D	d <sub>3</sub>	y <sub>3</sub>
E	d <sub>4</sub>	y <sub>4</sub>
F	d <sub>5</sub>	y <sub>5</sub>
G	d <sub>6</sub>	y <sub>6</sub>
H	d <sub>7</sub>	y <sub>7</sub>
I	d <sub>8</sub>	y <sub>8</sub>
A	0 <sub>9</sub>	0

En terrenos grandes en los que hay necesidad de utilizar instrumentos, éstos deben estar muy bien ajustados en su precisión. Se pueden seguir varios procedimientos para obtener el plano.

- a) se pueden hacer polígonos inferiores de apoyo y a partir de los vértices radiar los puntos interesantes del terreno.
- b) también se pueden realizar polígonos envolventes y desde ahí, obtener los puntos interiores.
- c) Se puede trazar una línea base y desde los extremos de ésta, interceptar puntos, conociendo las distancias de cada línea interceptada.

Por muy riguroso o sencillo que sea el procedimiento a seguir, - siempre se tendrá que trabajar con longitudes y ángulos, los cuales, requieren que se tenga en cuenta que en topografía las distancias se miden horizontalmente, o si no es así, se reducen al horizonte, conociendo el ángulo vertical.

Los ángulos y la posición de las estructuras traen como consecuencia el conocimiento de lo que es rumbo y azimut.

Con los datos de longitudes y ángulos de un terreno se calculan las coordenadas de los vértices, y a partir de éstas se puede obtener el área

del predio y las distancias entre puntos. Debe notarse que en el proceso de cálculo, no es necesario llegar a las coordenadas para obtener el área de un polígono. Los métodos para el área se clasificarían así:

- a) de las proyecciones
- b) de las coordenadas

De las proyecciones los métodos más conocidos son el de "doble distancia meridiana" y el de "doble distancia paralela".

De las coordenadas, está el de "productos cruzados" el de "diferencias de ordenadas" y "diferencia de abscisas".

Otros métodos como lo es el del trapecio y el de triangulación se puede aplicar en terrenos grandes pero no es recomendable por las dificultades que encierran el tratar que los alineamientos sean paralelos o cumplan cierta condición geométrica.

Los datos altimétricos generalmente se obtienen por medio del uso de un nivel fijo y estatales.

Debe recordarse que los métodos de nivelación son:

- a) el que permite obtener el desnivel entre dos puntos, llamado también "nivelación diferencial" y en el cual no interesa la altura a la que se vaya colocando el instrumento.
- b) El que permite utilizar "puntos de liga" los cuales pueden servir para comprobación.
- c) El denominado para perfil, que relaciona los caminamientos a partir de un origen y que, en cada punto interesante del terreno, identifica la distancia al origen y la altura o cota con respecto a un plano horizontal tomado como base.

Conformado un plano que cuente con la localización, la planimetría o descripción horizontal de los lados del predio, y con las elevaciones de los puntos interesantes del terreno, o con curvas de nivel, se procede al proyecto de la edificación.

Un proyecto de una casa habitación generalmente se realiza a escalas 1:50, 1:20, etc.

La estructura en su conjunto debe colocarse en el terreno, tomando en cuenta la condición topográfica; por eso, se debe cumplir con los



requisitos:

- a) que la planimetría esté a escala 1:20, 1:50;  
1:100 1:200.
- b) que el desnivel se indique por medio de "curvas de nivel" a distancias de 20, 50 ó 100 cm.

Un plano en estas condiciones permite aprovechar los accidentes topográficos, y con esto realizar el proyecto constructivo apropiado, considerando la topografía, la orientación, la geomorfología de terrenos, etc.

Ya definido en el plano topográfico la posición de la ó las estructuras, y realizando el cálculo de los elementos estructurales, se procede a transportar los datos al terreno.

## 5.2 Obras Hidráulicas

Las obras hidráulicas requieren de planos topográficos apropiados ya que las cotas y desniveles son muy importantes en el desarrollo de un proyecto.

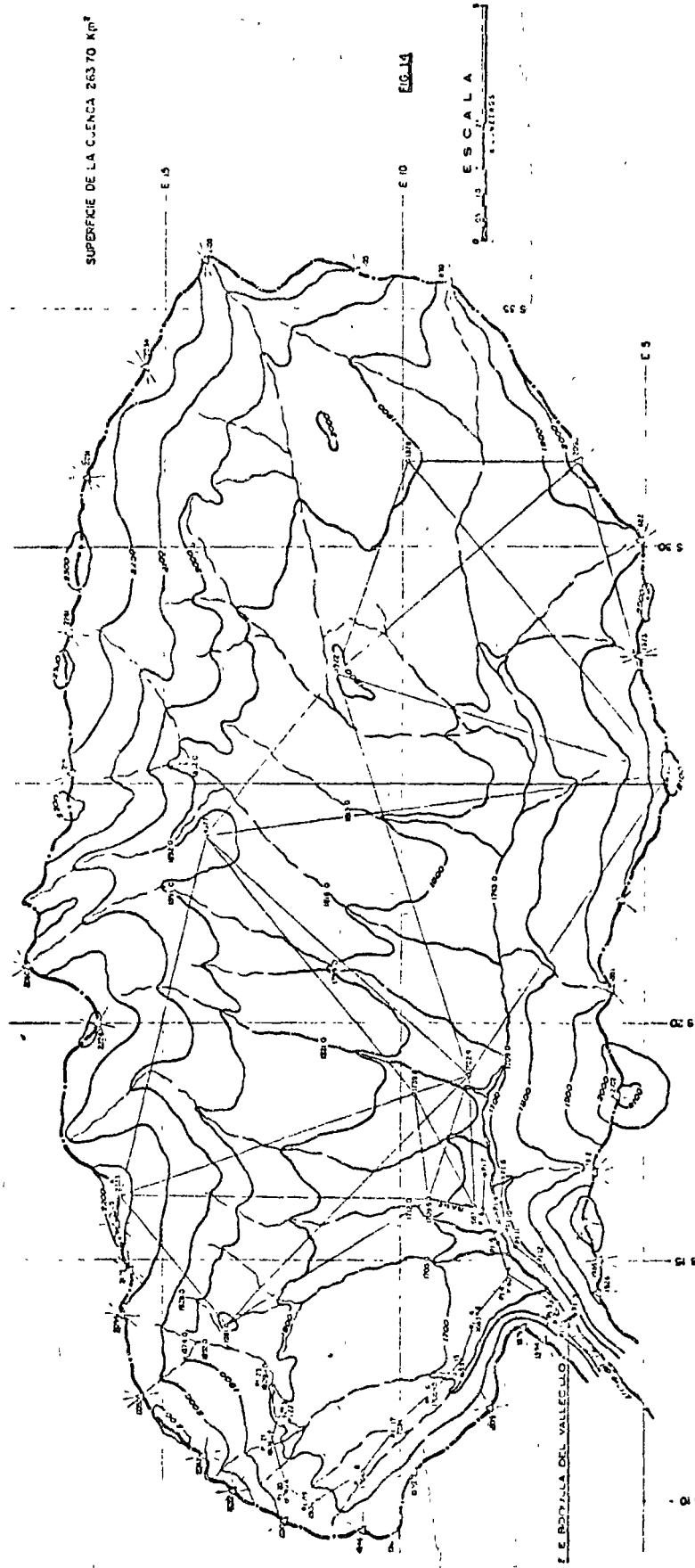
Las obras hidráulicas pueden ser:

Represas, canales, abastecimiento de agua, alcantarillados, etc. es decir todas las obras que están relacionadas con el agua.

La Hidráulica necesita de la Topografía, ya que, los escurrimientos, velocidades y capacidades que se proyectan, deben conservarse en el proceso de construcción iguales a los proyectados, para que no cambien las características y condiciones establecidas en el cálculo.

En los planos donde se va a proyectar una cortina, el factor principal es el cause y a partir de éste se deben obtener las curvas de nivel hasta definir la cuenca.

Se trazan las curvas de nivel en la zona elegida, se analiza la altura de la cortina, se toman todos los datos de la posible zona de embalse y ya con estos datos se analizan las ventajas o desventajas de la elección.

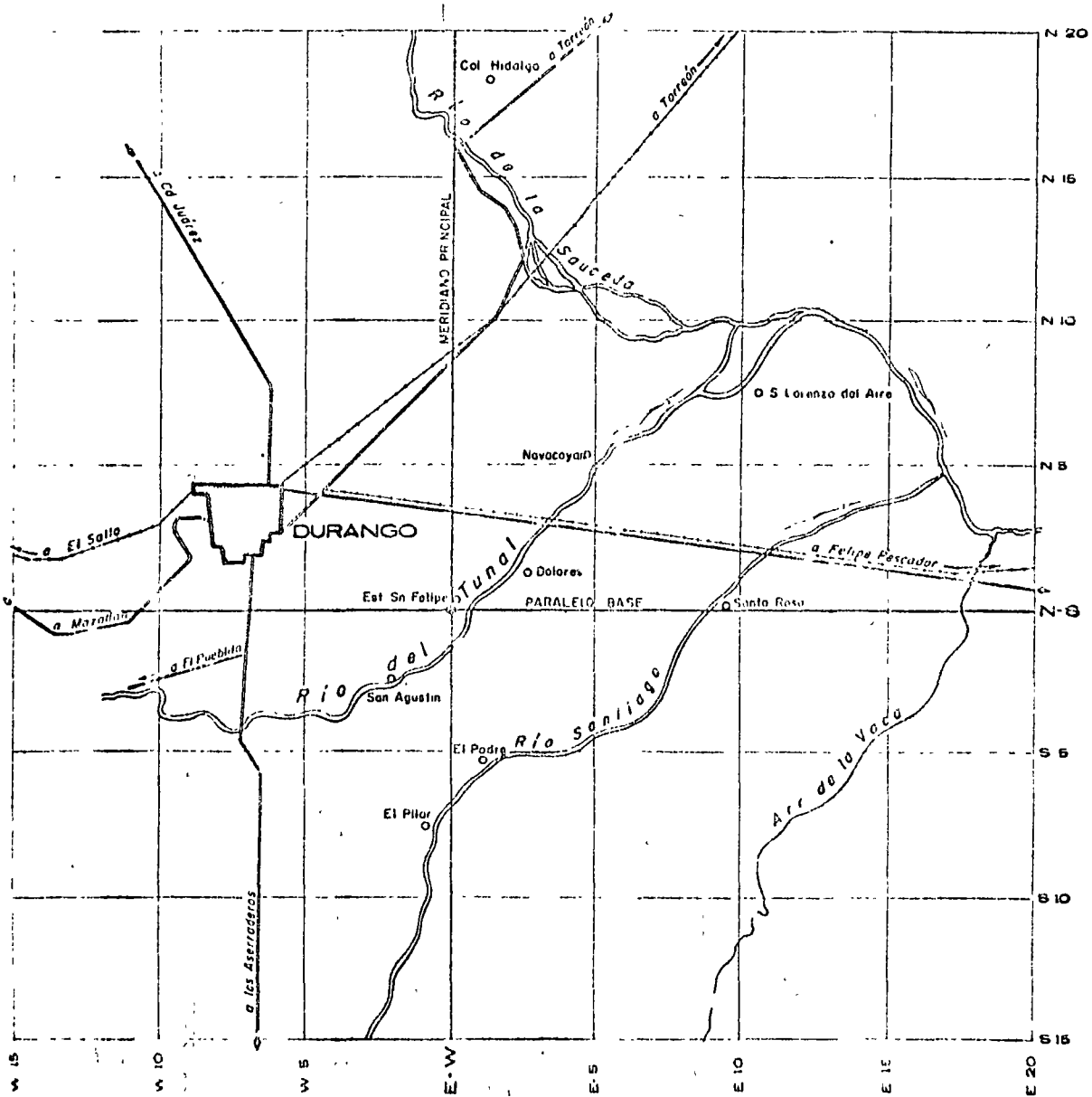


En los canales se requieren los datos topográficos, configuración, obra de toma, zona de descarga o desfogue.

Se proyecta la pendiente del canal, se analizan los cruces, los si lones para cruza obstáculos, etc.

Para proyectar un sistema de riego debe considerarse lo siguien te:

1. La profundidad de la plantilla no debe ser exagerada.
2. El canal principal debe estar en un cota o elevación superior a los terrenos por regar, o bien se tiene que utilizar un sistema de bombeo para llegar a las alturas deseadas.
3. Deben evitarse en lo posible los sifones.
4. Los bordos del canal deben utilizarse para protección.



Para los abastecimientos de agua potable se deben tener niveles para perfil, ya que es muy importante considerar los desniveles entre puntos, porque las tuberías se fabrican para ciertas car-  
gas de agua y si no se cumple con estas especificaciones las tuberías corren el riesgo de reventarse.

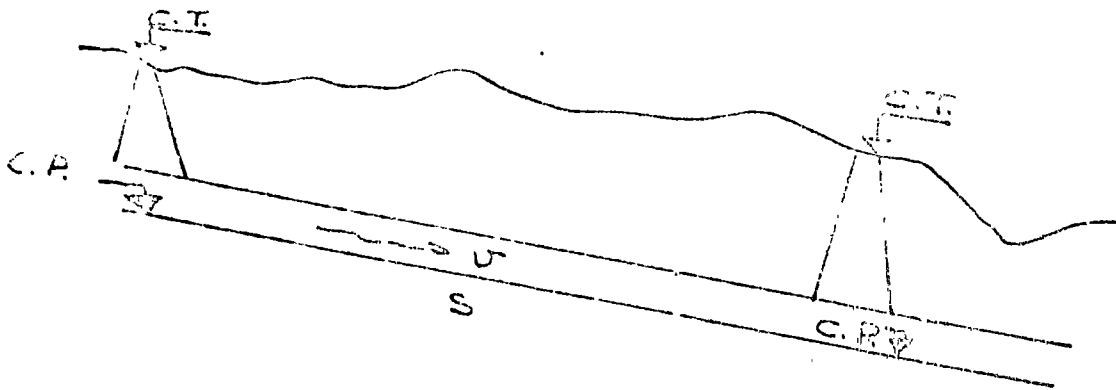
Un proyecto de agua potable, generalmente se realiza para que las tuberías trabajen a una determinada presión, por eso, la profundidad de la instalación debe ser uniforme en cuanto a profundidad del terreno; si se tiene que cruzar zonas en que la tubería descienda a cantidades fuera de la especificación de ésta, debe cambiarse a una de mayor resistencia, pues debe recordarse que el peso de las columnas de agua puede reventarla, por eso es preferible en ocasiones - - proyectar o cambiar de localización o hacer un puente-tubo.

### 5.3 Ingeniería Sanitaria

Aunque la Ingeniería Sanitaria se relaciona mucho con la Hidráulica en cuanto a que se conducen desechos por los alcantarillados, - - plantas de tratamiento, etc. se necesita la Topografía para cumplir - con las especificaciones siguientes:

- 1) profundidad de las tuberías
- 2) pendiente de éstas
- 3) velocidades máximas y mínimas
- 4) sobre peso sobre ellas.

Para esto se debe contar con la topografía de los terrenos en -- planta y desnivel y con esto el proyectista controla, la conducción del agua o escurrimiento, la profundidad a la que se colocan las tuberías y la velocidad que llevará el líquido dentro de las tuberías.





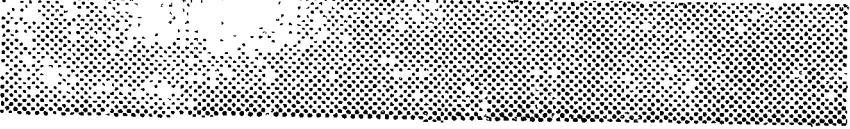
topografía

para construcción



tema 6

Ing. Jesús Albo Lara



VI. T O P O G R A F I A

P A R A

C O N S T R U C C I O N

por

Ing. Jesús Albo Lara

\* 1977 \*

## 6.- TOPOGRAFIA PARA CONSTRUCCION

Se le llama "replanteo" al procedimiento de transportar los datos de un proyecto a su realización en el terreno, de aquí que debe guardar en proporción geométrica igualdad entre el trazo en el terreno y los datos del plano.

En el "replanteo" de edificios, conjuntos habitacionales, etc. - aparte de que se debe relacionar las nuevas estructuras proyectadas con las existentes, ocupa un lugar muy interesante la Topografía durante el proceso de construcción.

Un buen replanteo debe tener:

- 1) líneas o polígonos de apoyo
- 2) puntos fijos que permitan comprobar magnitudes y desniveles
- 3) que se puedan prolongar los alineamientos hasta las líneas de apoyo de cada estructura.

### 6.1 Cimentaciones

Replantar cimientos es trasladar al terreno los datos del plano de cimientos en proyecto.

Se pueden seguir varios sistemas, pero el que creemos más correcto es el utilizado por la mayoría de ingenieros y albañiles que consiste en utilizar "camillas" o "puentes".

Debe tomarse en cuenta que muchas veces es del orgullo de los ingenieros o arquitectos que construyen, que los paños o paramentos de sus casas queden perfectamente alineadas y confundidas con una línea vertical.

Por eso para un replanteo se debe contar:

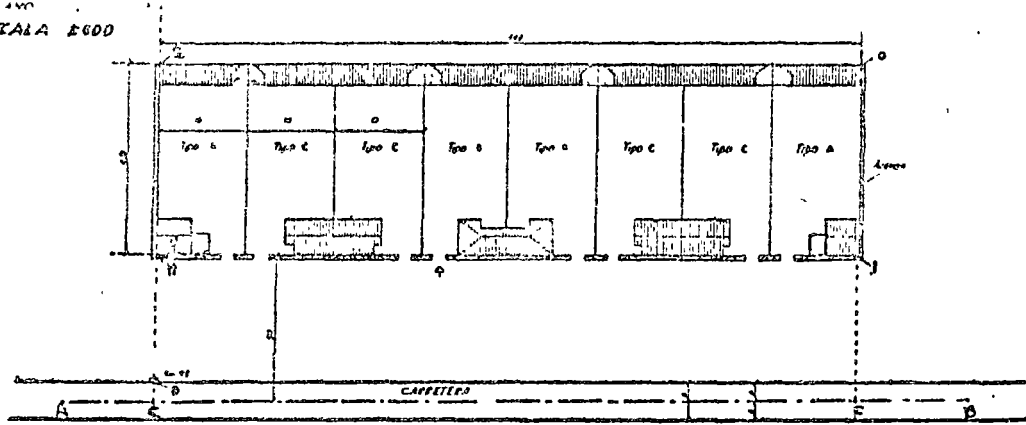
- a) cinta métrica de preferencia de 50 m.
- b) estacas, listones de madera, clavos, martillo y cuerdas de albañil

Ejemplo de replanteo

Sea el plano siguiente que se quiere replantear:

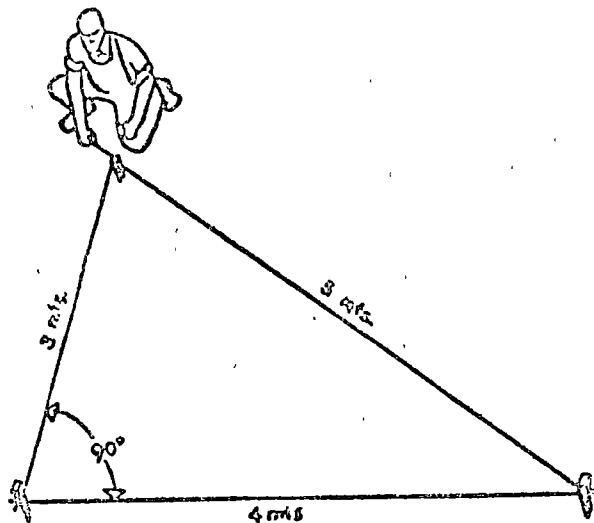


PROYECTO  
PLANO  
ESCALA 1:500



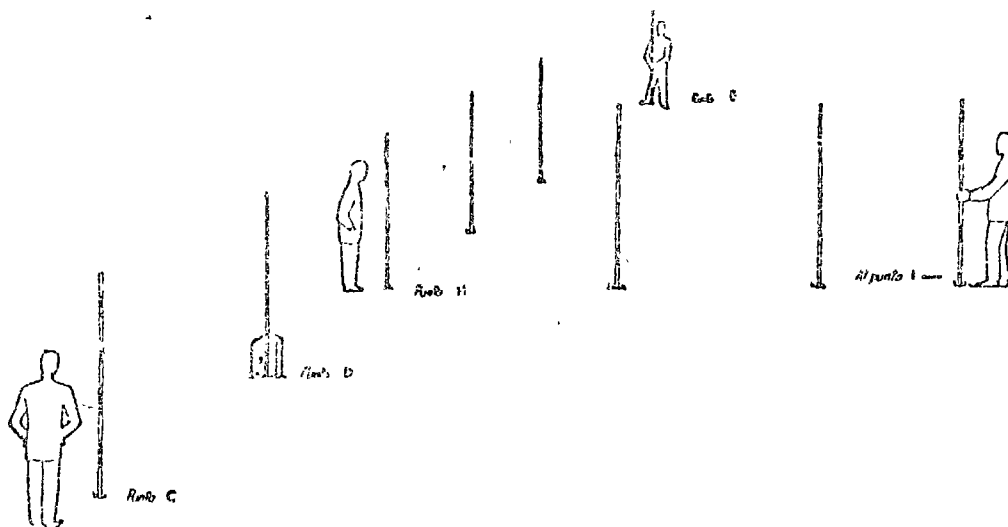
El procedimiento es el siguiente:

1. Si existe una calle se elige el centro de ésta y se marca A y B
2. Con una cuerda se une A con B
3. En el punto C se hace un triángulo para formar la escuadra con los datos 3, 4, 5 ó múltiplos de estos números



4. Se obtiene el punto D y se sitúan los puntos extremos
5. Deben de comprobarse muchas veces los puntos
6. Se deben alinear los puntos, ya sea con balizas o con reglas de madera
7. Con las cuerdas se comprueban los alineamientos.

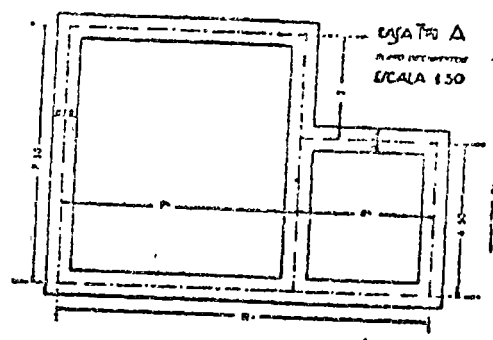
Una vez situados los paños, paramentos, o límites de la estructura o estructuras se procede a colocar los puentes.



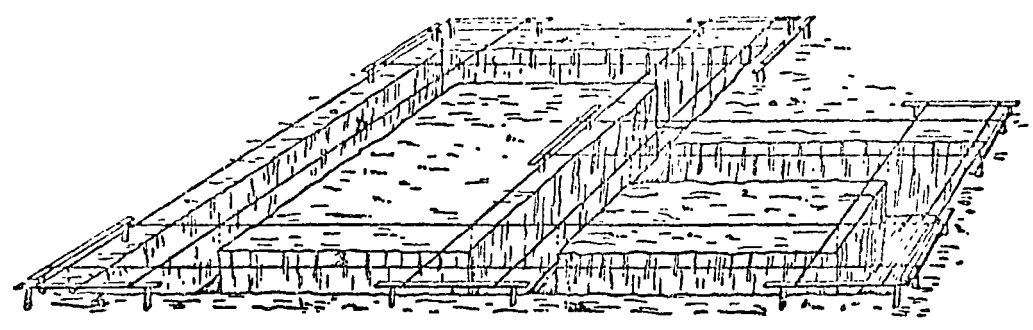
### FORMA DE ALINEAR POR MEDIO DE BALIZAS.

OBSERVESE LA COINCIDENCIA DE LOS PUNTOS DEL PLANO CON LOS QUE SE DESEA REPLANTEAR.

Sea un plano de cimentación, para que no estorbe al realizar la excavación de la cimentación se colocan los "puentes" y los hilos que indican el ancho o límite se pueden comprobar (a estos hilos se les llama tendeles).



PLANO DE CIMIENTO



EXCAVACION Y TENDELES PARA QUE NO ESTORBE AL OBRERO.



- 2) se colocan reglas de madera, verticalmente y se auxilian con la plomada
- 3) se colocan los hilos de albañil, llamados tendeles

### Nivel del terreno

Al replantear un cimiento, si el terreno no es horizontal se efectúa previamente un movimiento de tierras.

### Nivel de pisos

Para un correcto nivel entre pisos se debe "plomear" la altura que existe entre ellos y con esto colocar la cimbra de las losas a la altura, se debe comprobar estos datos de tal manera que no se afecte la altura o número de escalones.

Cuando no existe una cota, la que medimos sobre el plano no es fácil hallar debido a la pequeñez del mismo por no poderse apreciar los centímetros, entonces cabe fijar el nivel calculando un juego de escalones que den una altura lo más aproximada posible a la que se mide sobre el plano, calculando la huella de forma que quepa en el lugar destinado a la caja escalera todo el conjunto.

Para este cálculo creemos oportuno reproducir la fórmula que da las dimensiones correctas de huella y contrahuella, siendo h la primera y c la segunda  $2c + h = 63$  ó  $65$  cm.

### Escaleras

El replanteo de escalera requiere gran esmero si se quiere evitar que los escalones sean desiguales.

Una vez construída la caja de escalera se procede a limpiar el suelo, tomándose ahora desde un nivel determinado la altura a cubrir con peldaños. En el supuesto de que esta altura fuese de 3.40m. se hace un cálculo previo en función de la altura hallada y de acuerdo con la anterior fórmula, partiendo como primer punto de la altura de escalón para la que se tomará  $c = 20$  cm.

$$20 \times 2 = 40 \text{ cm.} \quad h = 64 - 40 = 24 \text{ cm.}$$

$$\text{núm. de escalones} = \frac{3.40}{0.20} = 17$$

$$\text{desarrollo} = 0.24 \times (17 - 1) = 3.84 \text{ m.}$$

Con estos datos puede replantearse la escalera, y para ello se enlucé con yeso el paramento donde ha de ir apoyada la zanca interior.

Para 3.84 m. de desarrollo será necesario intercalar un rellano o descansillo, el cual estará normalmente haciendo ángulo, si la distancia horizontal de este ángulo hasta la parte alta coincide exactamente en la mitad de la medida de desarrollo, puede dividirse aquí la escalera en dos tramos iguales. Caso contrario, uno de ellos tendrá uno o dos escalones más que el otro, o bien el rellano se constituirá de forma rectangular para recompensar la distancia.

Una vez seco el aplanado del yeso se trazan sobre él tantas líneas horizontales de medida como contrahuellas haya a partir del nivel previamente calculado, numerándose éstas para evitar errores. Desde la línea de arranque de la escalera se trazan tantas líneas verticales separadas por la medida  $h$ , menos una, puesto que la última huella será el descanso, estas líneas se cortarán con las primeras y su intersección determinarán los puntos de encuentro de las huellas con las contrahuellas, marcándose el perfil de los peldaños. Siendo las líneas  $AB$  y  $A'B'$  dos líneas de fe para el trazado.

#### Bóveda de escalera

Para el trazado de la bóveda que ha de soportar la escalera se procede a colocar los extremos de una lámina de madera flexible en el arranque de la escalera y en la terminación del tramo, dejando una separación de 15 a 20 cms. de la línea inferior  $A'B'$ , con el centro de la curva es de 8 cm.

#### Escalera de caracol

El replanteo de la escalera de caracol requiere aún más cuidado que el de una escalera corriente, ya que son más las operaciones que han de realizarse.

Se ha de proceder con el orden que se detallan a continuación y en forma que se indica.

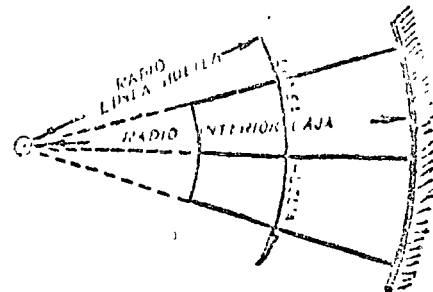
Construido el muro de la caja de escalera, se limpia el terreno o firme natural y se pasan los niveles de las plantas, comprobando si el desnivel que existe en obra coincide con el que figura en los planos del proyecto. Hay que tener presente al pasar los niveles de las plantas, el espesor que vaya a tener la escalera y el pavimento, en la planta inferior, y el espesor del pavimento, en los superiores.

Se rectifica la altura de los peldaños, de acuerdo con el des-

nivel hallado, siempre que no se pase de cierto límite de lo que figura en el plano del proyecto.

Sobre el paramento interior de la caja y debajo del desembarque, se tienden con yeso blanco una faja vertical, en la que se marcarán, una vez seco, las alturas de los peldaños sobre un trazo vertical que estará a plomo con la contrahuella que va a tener el último peldaño.

Mediante una simple proporción se halla la cuerda del arco de intersección de las huellas con el paramento interior de la caja, ya que se conoce el radio de la línea de huella, el arco que corresponde al ancho  $b$  medido en dicha línea y el radio interior de la caja.



Se tiende con yeso una faja en forma de húmero, en el paramento interior de la caja, partiendo del arranque del tramo de la escalera y terminando en el desembarque del mismo, a modo de mantea que cubra con creces el desarrollo de la escalera junto a dicho paramento.

También se tiende con yeso otra faja horizontal en forma de arco, debajo de la anterior.

Una vez seco el yeso de las fajas, se traza un arco en la faja tendida en la operación anterior, con ayuda de una plantilla y un nivel, de forma que dicho arco esté situado en un plano horizontal.

Con un compás de puntas, se divide el arco trazado en la operación anterior, comprendido entre el arranque del tramo y la vertical que pase por la última contrahuella de éste, en tantas partes como hue llas ha de tener el tramo. La apertura del compás será igual a la cuer da hallada en la figura.

Con una regla se lleva a la faja de yeso tendida, las divisiones se han hecho en la operación anterior, aplomando dicha regla en cada trazo de división.

Por medio de una escuadra que se adosa por uno de sus extremos a un renglón del que se haga coincidir una de sus caras con la vertical que pasa por la contrahuella del último peldaño, y el lado horizontal de la escuadra se prolonga con una regla hasta que toque el muro, comprobando la horizontalidad de esta regla con un nivel de aire, se marcan -



con un simple trazo en la faja en forma de hélice, todas las alturas correspondientes a las huellas.

Partiendo del punto de arranque del tramo, se van trazando - con auxilio de una plantilla que se adapte a la curvatura del para- -- mento interior de la caja, de una regla y de una escuadra, el perí- -- metro del trasdos del tramo de la escalera.

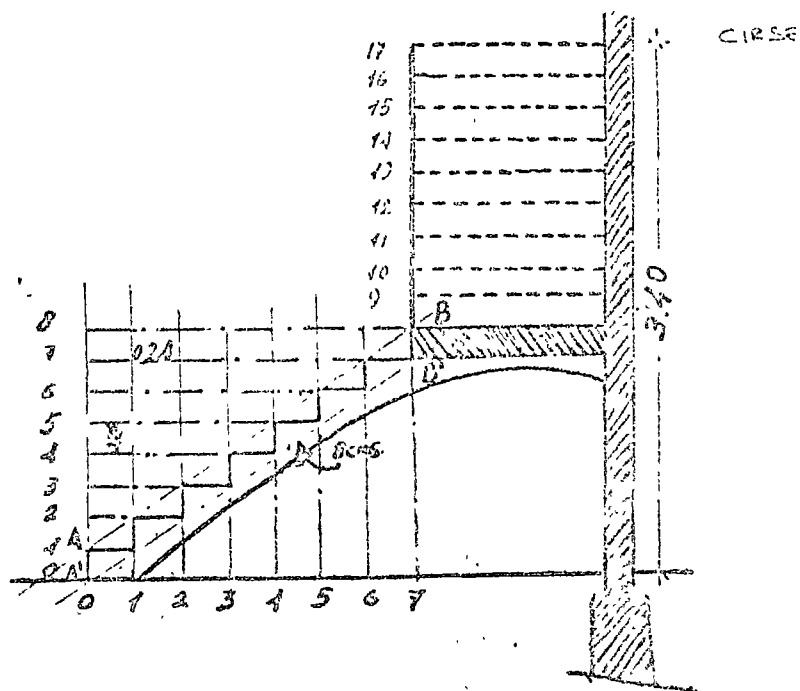
Paralelamente al perímetro trazado en la operación anterior, se traza por debajo del mismo el intrados de los peldaños, a una -- distancia igual al grueso de las huellas y contrahuellas que vayan a tener los peldaños.

Con una cercha muy flexible se unirán con un trazo los pun- -- tos de unión del intrados de las huellas y contrahuellas, cuyo trazo resultará una hélice.

Con la misma cercha empleada en la operación anterior, se -- trazarán otras dos hélices paralelas a la trazada en la operación an- -- terior, y a una distancia de 8 cm. (3 cm. para el rellano de los pel- -- daños y 5 cm. para el realce de la bóveda heliocoidal), la primera. La distancia entre las dos últimas hélices será igual al grueso que- -- vaya a tener la bóveda helicoidal.

Tabiques, puertas, ventanas

El replanteo correspondiente a cualquiera de los elementos -- constructivos, de los que destacamos como principales los del enun- -- ciado, queda reducido, una vez replanteado el perímetro del terreno y fijados los puntos de unión de las paredes, a efectuar medidas - -- complementarias que a la sola vista del plano del edificio puede dedu-



irse un control que se lleva en las estructuras es el de hundimientos o el de cuarteaduras.

Para el primero, se fija un banco de nivel lejos de la zona en estudio y se corren nivelaciones de verificación, para las cuarteaduras se colocan testigos de yeso entre éstas y se vigilan constantemente.

### 6.3. -

#### Cortinas y zonas de embalse

La Topografía necesaria para proyectar cortinas y zonas de embalse es la configuración a partir del escurrimiento, con los datos geológicos en el proyecto se elige la zona y se comprueban en el campo haciendo pruebas de resistencia del terreno. Para estas pruebas la Topografía es muy necesaria, es decir, se deben situar las zonas con precisión para desplantar la base de la cortina.

Topográficamente se debe proceder de la siguiente manera:

1. se debe hacer una poligonal envolvente a toda la cortina
2. se deben estacar perfectamente los vértices de la poligonal
3. se deben comprobar distancias y ángulos
4. se nivela cada una de las estacas
5. con los datos de las elevaciones se puede llevar el control durante la construcción
6. Ya definida la cota del embalse se localizan los puntos que correspondan al llenado, buscando cuando mínimo la misma cota de posible altura de vertedor

6.4.-

## LEVANTAMIENTO DE CUENCAS DE CAPTACION

6.4.1.-

## Objeto del levantamiento

El levantamiento de una cuenca de captación se hace, generalmente, para determinar el área de la cuenca y la forma de concentración de las aguas, a fin de utilizar estos datos en la solución de problemas hidrológicos, tales como determinación de coeficientes de escurrimiento, estimación de gastos máximos probables, reconstrucción de regímenes de corrientes, etc., necesarios para realizar los estudios básicos indispensables en el proyecto de obras de defensa, de riego, vías de comunicación, etcétera.

6.4.2.-

## Precisión del levantamiento

En términos generales y tomando en cuenta el uso que se dará a los datos obtenidos del levantamiento de una cuenca, éste no debe hacerse con una precisión mayor de 1:100, ya que la generalidad de las fórmulas usadas en Hidrología, donde interviene el área de la cuenca de captación, están afectadas de coeficientes muy variables que dependen de las características generales de la cuenca y que hacen innecesaria una precisión mayor.

Los cierres de 1:500 en las poligonales de apoyo se aceptarán como bastante satisfactorios.

6.4.3

## Levantamientos topográficos

El problema del levantamiento de una cuenca de captación presenta dos aspectos principales:

- a) Identificación del parte-aguas
- b) Levantamiento de la cuenca.

a) La identificación del parte-aguas debe hacerse mediante un recorrido del mismo, que se aprovechará para dejar señales en puntos adecuados que posteriormente serán localizados por alguno de los procedimientos que se recomiendan para ese objeto. Este trabajo debe hacerse con bastante cuidado, pues pequeños errores pueden traer consigo equivocaciones que se propagarán a todos los estudios y proyectos posteriores.

Cuando se trate de cuencas de gran extensión (mayores de 10 000 kilómetros cuadrados), el reconocimiento para identificar el parte-aguas debe hacerse mediante un recorrido en avión, con auxilio de un croquis obtenido de una carta geográfica. Durante el recorrido se anotan las zonas dudosas, en que el parte-aguas no está bien definido, para identificarlo posteriormente por métodos terrestres.

b) Los métodos de levantamiento variarán según la extensión de la cuenca, de la que ya se tiene una idea aproximada, por medio de las cartas geográficas y del reconocimiento efectuado para localizar el parte-aguas.

Al hacer el levantamiento de una cuenca de captación deben obtenerse los datos necesarios para determinar:

- a) Área y forma de la cuenca
- b) Forma de concentración de las aguas (cauces principales y pendientes de los mismos)
- c) Cubierta vegetal (zonas forestales, cultivadas, pastizales, etc.)
- d) Condiciones geológicas (naturales del terreno y características generales de cada zona de la cuenca).

#### 6.4.4. -

##### Método de levantamiento

Para el levantamiento topográfico de una cuenca de captación, se emplearán los procedimientos topográficos más expeditos, que varían según la magnitud y características generales de la misma.

Después de practicar el reconocimiento general, el Jefe de Estudios estará en aptitud de determinar cuál o cuáles de los procedimientos que se exponen a continuación, debe usarse para el levantamiento de la cuenca:

#### 6.4.5

##### Poligonales con plancheta

Se correrá una poligonal con plancheta lo más próxima posible al parte-aguas, verificando su cierre, y además una serie de poligonales auxiliares, también con plancheta y ligadas a la primera, a lo largo de los cauces principales para determinar su forma de concentración y pendiente generales; en seguida se dirigirán visuales a los puntos más importantes que limitan la cuenca. Este procedimiento se recomienda para el levantamiento de cuencas pequeñas.

#### 6.4.6. -

##### Poligonales con tránsito y estadia

El procedimiento consiste en llevar una poligonal con tránsito y estadia, que cubra la mayor parte de la cuenca, y poligonales auxiliares apoyadas en la primera, a lo largo de los cauces principales, a fin de conocer la forma de concentración de las aguas, así como calcular los desniveles en las estaciones y tener la configuración aproximada del terreno. Este procedimiento se usará sólo para el levantamiento de cuencas menores de 100 Km.<sup>2</sup>

#### 6.4.7. -

##### Intersecciones con plancheta

El procedimiento consiste en llevar una poligonal con tránsito y estadia a través de lugares fácilmente accesibles de la cuenca, y desde cuyos vértices pueda verse la mayor cantidad posible de puntos del parte-aguas, a fin de utilizarlo como apoyo para la plancheta.

La plancheta se centrará en uno de los vértices de la poligonal y se dirigirán visuales a los puntos que definen el parte-aguas, a los puntos de inflexión de los cauces principales y a los detalles importantes que se tratan de situar. En seguida se cambia la plancheta a la siguiente estación y se visan los mismos puntos, que quedan situados por la intersección de las dos visuales. Se continúa en la forma indicada hasta cubrir toda la cuenca que se trata de levantar.

Generalmente es necesario colocar señales en los puntos de los cauces principales que se tratan de levantar, ya que en otra forma resulta difícil su identificación.

Este procedimiento, además de rápido y económico, permite obtener la aproximación necesaria para esta clase de trabajos. Debe usarse para el levantamiento de cuencas pequeñas o de mediana extensión.

6.4.8.-

Dibujo y presentación de los planos

Los borradores se dibujarán en papel Duplex, a escalas variables según la magnitud de la cuenca. Las escalas usuales son: 1:10 000, 1:20 000, 1:50 000 y 1:100 000, debiendo adoptarse según el caso, una escala que permita anotar los detalles que se indican a continuación:

- a) Forma del contorno de la cuenca, indicando el área.
- b) Forma de concentración de las aguas, indicando los cauces principales.
- c) Pendientes generales de los cauces principales.
- d) Cubierta vegetal.
- e) Detalles importantes, como obras hidráulicas, centros urbanos, intersecciones de ríos o arroyos, vías de comunicación, etc.

Para estudiar las intersecciones de un canal de importancia con el drenaje natural de una zona se formará un plano en escala 1:50 000, que muestre todas las cuencas de las corrientes que cruzan la ruta, anotando el nombre de cada corriente, y en caso de que no lo tenga, el número asignado a la cuenca en el levantamiento general. Se indicará también el kilometraje de cruce y el área de la cuenca.

## 6.5.-

### LEVANTAMIENTO DE VASOS DE ALMACENAMIENTO

#### 6.5.1.-

##### Objeto del levantamiento

El levantamiento topográfico de un vaso de almacenamiento se hace generalmente para: 1) determinar su capacidad a diferentes alturas de cortina; 2) para conocer las áreas de embalse a diferentes elevaciones, con objeto de poder estimar las pérdidas por evaporación; 3) para obtener el plano topográfico que sirva de apoyo a los estudios geológicos, que se hacen para conocer el grado de impermeabilidad del vaso, y 4) para determinar las áreas y distribución de las propiedades inundadas. En resumen, el levantamiento de un vaso se hace con objeto de obtener los datos necesarios para los estudios hidrológicos, geológicos, hidroeléctricos, etc., indispensables para proyectar las diferentes partes estructurales de una presa, así como para estudiar las afectaciones.

#### 6.5.2.-

##### Diversas clases de levantamiento

De acuerdo con el grado de precisión que se requiera, los procedimientos topográficos para el levantamiento de un vaso de almacenamiento, se dividen en:

- 1) Levantamientos expeditos
- 2) Levantamientos definitivos

##### Levantamientos expeditos

El levantamiento topográfico de un vaso de almacenamiento se hará por procedimientos expeditos, que dan de un 10% a un 15% de error, únicamente cuando se trata de estudiar varios vasos con objeto de hacer estudios económicos comparativos del costo de las diferentes estructuras que constituyen la presa, en cada uno de los sitios disponibles, a fin de seleccionar el que ofrezca mejores características.

Para hacer los levantamientos, se utilizará cualquiera de los procedimientos que se describen, a continuación.

#### 6.5.3.-

##### Polygonales con brújula y secciones

Se llevará una polygonal a lo largo del cauce, en la que los ángulos o direcciones de los lados se medirán con brújula y

las distancias con telémetro, a pasos o haciendo uso de cualquier otro procedimiento expedito. Apoyándose en esta polygonal, se levantarán secciones transversales con nivel a mano, tan espaciadas como la topografía del vaso lo amerite.

##### Polygonales con estadia y secciones transversales

Se llevará una polygonal con estadia a lo largo del cauce del río para apoyo de secciones transversales levantadas con nivel de mano, espaciadas entre sí unos 500 metros o cada vez que lo amerite algún cambio notable en la topografía. Deberá levantarse una sección transversal en el sitio probable de la cortina y llevar el levantamiento hasta una elevación superior a la del nivel probable del embalse máximo.

6.5.4.

#### Levantamientos definitivos

Una vez que se ha seleccionado el vaso más conveniente mediante levantamientos expeditos, se procede a hacer el levantamiento definitivo, que deberá ser más cuidadoso y con más detalle que el anterior, tanto para conocer su capacidad con más precisión, como para obtener todos los datos relativos a las propiedades comprendidas dentro del nivel de embalse máximo y determinar las indemnizaciones correspondientes.

El levantamiento definitivo de un vaso, constará de dos partes:

- 1) Establecimiento de puntos de control y apoyo.
- 2) Configuración del terreno y levantamiento de detalle.

#### Establecimiento de puntos de control y apoyo

El control para apoyo del levantamiento de un vaso de almacenamiento, consistirá en una red de poligonales, trazadas con tránsito y estadia a través de los sitios más ventajosos para el levantamiento de relleno, de preferencia se correrá a lo largo de caminos, linderos de propiedad, cauces de arroyos, etc., para reducir la longitud de brechas.

Como origen para los levantamientos, se elige un punto situado sobre el eje previamente establecido para apoyo del levantamiento de la boquilla.

Partiendo del origen se llevará una poligonal con tránsito y estadia a lo largo del vaso, por la cañada del río, procurando que la mayor parte de los vértices se localicen en puntos fuera de los niveles de aguas máximas de la corriente y que permitan dominar el terreno satisfaciendo la condición de estación de configuración. La poligonal será abierta, las distancias se comprobarán haciendo lecturas hacia atrás en cada cambio de estación y se prolongará hacia aguas arriba hasta dominar la elevación correspondiente al embalse propuesto. Esta línea de apoyo del levantamiento se denomina poligonal principal.

Cuando por la magnitud del vaso sea necesario dominar áreas de más de 1 Km. de anchura en las márgenes del río, debe establecerse apoyo lateral por medio de poligonales secundarias, que se trazan partiendo de la poligonal principal. Las poligonales secundarias deben llevarse de preferencia a lo largo de los arroyos, siguiendo el mismo criterio aplicado en la poligonal principal. Cuando la distancia que separa las poligonales de los arroyos sea mayor de 2 Km., se trazarán otras poligonales intermedias, hasta cubrir todo el vaso con una red de poligonales espaciadas como máximo 2 Km.

El sistema de poligonales debe referirse al meridiano astronómico, haciendo la primera orientación astronómica en el eje de apoyo del levantamiento de la boquilla y propagando el azimut a la poligonal principal del vaso y de ésta a las poligonales secundarias.

Por las innumerables ventajas que ofrece el método, los ángulos de los vértices de las poligonales deben medirse en forma directa, repitiendo en cada estación de instrumento la medición del ángulo de manera que en dicha repetición quede acumulado el valor de la primera lectura y con la condición de que al terminar la segunda observación el instrumento quede en posición inversa con respecto a la primera. De esta manera, al terminar la medición de cada ángulo se tiene la seguridad de haberla ejecutado con la precisión del instrumento y sin equivocaciones. Además, para llevar un buen control angular a lo largo de las poligonales, se deben hacer orientaciones astronómicas cada 10 o 15 Km., a fin de compensar los errores accidentales y la convergencia de meridianos.

Es muy conveniente anotar en el registro de trazo los rumbos magnéticos de los lados de la poligonal, proporcionados por la brújula, pues son útiles para controlar las observaciones angulares, principalmente en los casos de duda del sentido de medición del ángulo, que invariablemente debe hacerse hacia la derecha, en el sentido de las manecillas del reloj.

Las poligonales deben monumentarse en dos vértices consecutivos de cada kilómetro y en los casos de lados de gran longitud la monumentación se hará cada 500 m. En los lados de gran longitud, las distancias se medirán taquimétricamente y por tramos, con el refinamiento que exige el método. Cuando

la conformación de las poligonales secundarias lo permitan, se harán cierres lineales y angulares entre ellas.

En la figura 15 se muestra la manera de llevar el registro de campo cuando se usa el método de medición directa de ángulos.

El cierre angular de las poligonales principales deberá estar dentro de la tolerancia que da la fórmula.

$$T = 2a\sqrt{n}$$

En la cual:

T = Tolerancia, expresada en minutos

a = Aproximación del aparato, expresada en minutos

n = Número de vértices de la poligonal

El cierre lineal debe estar dentro de una tolerancia de 1:500, o sea que se admitirá un metro de error por cada 500 m. de desarrollo que tenga la poligonal.

Para establecer el control vertical de los levantamientos, se nivelarán todos los vértices de las poligonales con nivel fijo. Las nivelaciones se comprobarán independientemente, en tramos no mayores de 1 Km. de longitud en terreno sensiblemente plano o cada diez estaciones en terreno accidentado, haciendo nivelaciones de ida y vuelta. Este procedimiento puede substituirse por el de doble altura del instrumento, que permite ir comprobando las nivelaciones. Los desniveles obtenidos entre los bancos de nivel de cada tramo tendrán una tolerancia en el cierre de  $6\sqrt{n}$ , donde n es el número de estaciones y el resultado se obtiene en milímetros. Se aceptará como cota del banco de nivel que se establezca, la que resulte de sumar o restar a la cota del banco de partida el desnivel promedio de la nivelación de ida y vuelta, o bien, si se usa el método de doble altura del instrumento, la resultante de la nivelación.

### 6.5.5.-

#### Configuración del terreno

La configuración del terreno se hará por métodos taquimétricos, con plancheta o con tránsito (de preferencia la primera), apoyándose en los vértices de las poligonales previamente trazadas y niveladas.

Cuando el terreno esté cubierto de vegetación abundante, el levantamiento se hará por medio de brechas transversales apoyadas en las poligonales, que servirán para obtener las cotas del terreno corriendo líneas de estadia a través de ellas. Procediendo en esta forma, es posible tomar datos topográficos lateralmente, cuando la vegetación menos densa lo permita; además, se facilita la formación de un croquis y la anotación de los detalles. Se evitará, hasta donde sea posible, correr

nivelaciones con nivel de mano o montado para obtener las cotas secundarias en la configuración, ya que este método siempre proporciona pobreza de datos, además de que no permite levantar simultáneamente los datos catastrales, que son de gran importancia para determinar las áreas de las propiedades inundadas por el vaso.

Los levantamientos de los vasos se harán generalmente a una escala de 1:5 000, a menos que sus dimensiones ameriten adoptar otra escala mayor o menor.



6.5.6.-

## Levantamiento catastral y de detalles del vaso.

El proceso del levantamiento del vaso comprende, como complemento indispensable, el levantamiento catastral y de detalle, o sea el levantamiento de un plano de uso del terreno dentro del vaso, que incluirá centros de población, vías de comunicación, áreas bajo riego por gravedad o bombeo, áreas de temporal, pastizales, áreas forestales, toda clase de construcciones o explotaciones, etc., completando la información con un censo de población y con todos los datos necesarios para hacer una evaluación de las afectaciones. Un mosaico aerofotográfico compensado, del vaso es un excelente auxiliar para estos estudios.

En algunos casos, cuando se trata de zonas muy desarrolladas, el grado de aprovechamiento del terreno dentro del vaso es un factor decisivo al determinar la factibilidad física y económica del proyecto.

En el caso de aprovechamientos agrícolas, que es el más común, deben levantarse todos los linderos de propiedades, ejidos o comunidades, indicando si los terrenos son de riego o de temporal y la clase de cultivos que se están desarrollando.

Para hacer el inventario de las propiedades que resultarán afectadas, se deben levantar datos de forma, orientación y dimensiones de cada propiedad y las áreas parciales correspondientes a las zonas ocupadas por diferentes clases de construcción.

Para la desviación de carreteras, vías de ferrocarril, líneas de transmisión, alcantarillas, etc., se requieren estudios especiales del tramo que debe desalojarse.

Los métodos de levantamiento, las escalas y las precisiones son variables, de acuerdo con el valor del terreno y del tipo de aprovechamiento que se hace.

## 6.6.- LEVANTAMIENTO DE SITIOS PARA PRESAS

## 6.6.1.- Objeto del levantamiento

El levantamiento topográfico de los sitios para presas se hace generalmente con los siguientes objetivos: a) contar con un apoyo para las exploraciones geológicas; b) disponer de un plano topográfico detallado para el diseño de la cortina y obras auxiliares, y c) establecer puntos que puedan ser utilizados para el control de líneas y niveles durante la construcción.

## 6.6.2.- Precisión del levantamiento

Esta clase de levantamientos debe hacerse con una estricta precisión. Para el cierre lineal de las poligonales de apoyo se admitirá una tolerancia de 1:5 000.

El cierre angular debe estar dentro de la tolerancia expresada por la siguiente fórmula:

$$T_a = a \sqrt{n}$$

en la cual:

$T_a$  = Tolerancia angular, expresada en minutos.

$a$  = Aproximación del aparato, expresada en minutos.

$n$  = Número de vértices de la poligonal.

La tolerancia en las nivelaciones está expresada por la fórmula siguiente:

$$T_n = 10 \sqrt{K}$$

$T_n$  = Tolerancia en milímetros.

$K$  = Número de kilómetros nivelados.

## 6.6.3.-

## Métodos de levantamiento

Por regla general los levantamientos de sitios para presas no deben hacerse con carácter preliminar, ya que por tratarse

de zonas peñascas, es preferible hacer un levantamiento definitivo, a fin de que las estimaciones de los diseños sean lo más aproximadas posible.

El levantamiento de un sitio para presa, constará de dos partes:

- 1) Establecimiento de puntos de control.
- 2) Configuración del terreno y levantamiento de detalles.

6.6.4. -

#### Establecimiento de puntos de control

Los puntos de control o apoyo se fijarán por medio de poligonales cerradas con tránsito y cinta de acero, utilizando el método de medición directa de ángulos.

Primero se trazará la línea correspondiente al eje probable de la cortina, que pasará de lado a lado del cauce; en seguida se llevará una poligonal a lo largo del cauce del río, ligada a la primera, que se extenderá lo necesario para cubrir toda el área que ocupará la cortina y las obras auxiliares. Por los extremos de esta segunda poligonal, se llevarán dos poligonales transversales al cauce.

Este sistema de poligonales debe ligarse con la poligonal principal, que enlaza con el levantamiento general de la zona.

Todos los vértices de esta red de poligonales se nivelarán con nivel morado, y los monumentos se referirán al nivel del mar.

6.6.5.

#### Configuración del terreno y levantamiento de detalles

La configuración y el levantamiento de detalles se harán preferentemente con plancheta y se apoyarán en los puntos de control establecidos previamente.

Para obtener la conformación del terreno que da las curvas de nivel, con la precisión de la escala del levantamiento, es necesario que la densidad de puntos de cota tomados en el terreno que en el dibujo espaciados 2 cm., independientemente de los puntos de cota para detallar los cauces naturales, acantilados o parteaguas, y en los lugares donde la vegetación sea espesa se abrirá brecha suficiente para cumplir con este requisito; también deberá procurarse establecer poligonales secundarias de apoyo para levantamiento cuando existan detalles de importancia para el proyecto, como talvegs que sirvan para dejar el canal de descarga del vertedor, puertos que se encuentren a niveles inferiores al probable embalse y tengan que cerrarse con diques, o puertos que permitan alojar el vertedor de demasías.

En sitios con laderas abruptas o acantiladas y con vegetación escasa, resulta conveniente hacer el levantamiento por métodos fotogramétricos. Para apoyo de esta clase de levantamientos se establecerá un control semejante, al utilizado para

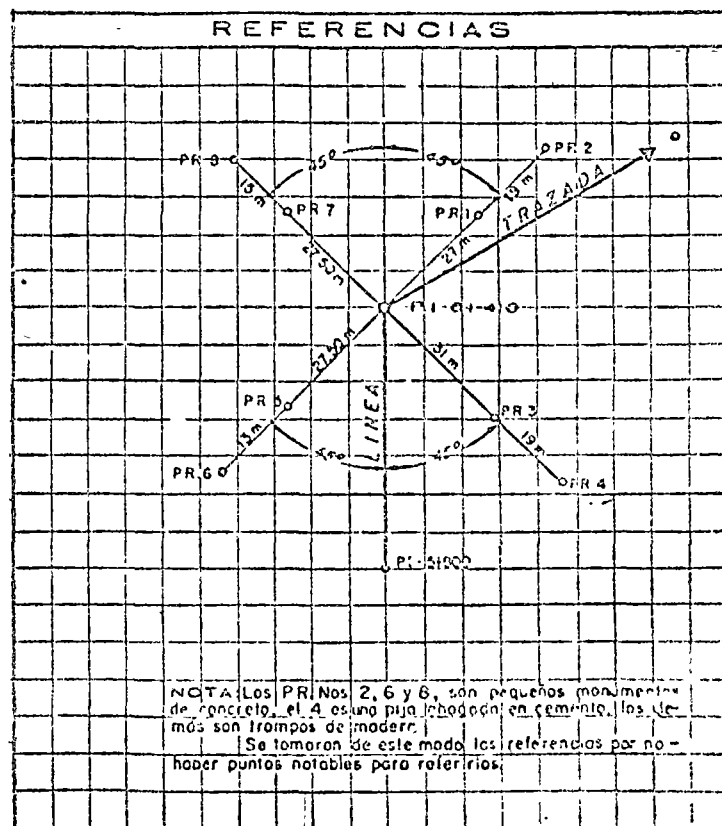
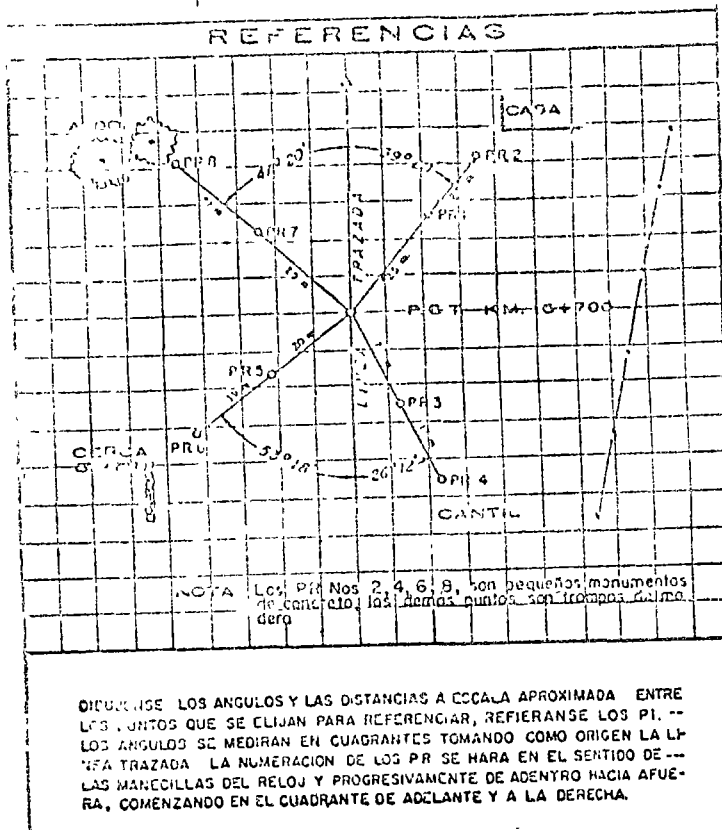
los levantamientos con plancheta, cuidando de que destaquen los puntos de control principales, para lo que pueden colocarse grandes piedras encaladas sobre los vértices de las poligonales.

En caso de aprobarse el levantamiento de un sitio por métodos fotogramétricos, el Jefe de la Brigada solicitará al Departamento de Estudios y Planeación el envío de una brigada especializada en esta clase de trabajos.

#### 6.6.6. Monumentación

Si en el levantamiento de vasos es necesaria la monumentación de los puntos de control, en el levantamiento de sitios para presas es absolutamente indispensable, ya que en esos puntos se apoyará el trazo de la cortina y de las obras auxiliares. Asimismo, deben referenciarse para su fácil localización todos los vértices de las poligonales, cuidando de que dichas referencias aparezcan en los planos de conjunto que se formen.

Para las referencias se adoptarán como modelo los croquis que se muestran en las figuras , utilizando de preferencia el primero, que se empleará cuando existan árboles cercanos.



6.7.-

- LEVANTAMIENTO DE TRAMOS DE CAUCES

6.7.1.-

Métodos de levantamiento

Para hacer esta clase de levantamientos, se elegirá la parte central de un tramo recto y uniforme del cauce, libre de árboles y construcciones, en donde las márgenes sean altas y sobrepasen el nivel de aguas máximas.

El levantamiento consistirá en:

- 1) Establecimiento de punto de control.
- 2) Levantamiento de secciones transversales.
- 3) Levantamiento de las huellas de aguas máximas en ambas márgenes.
- 4) Inspección del cauce para fijar los diferentes valores del coeficiente de rugosidad.

6.7.2.-

Objeto del levantamiento

Cuando se trate de determinar el gasto de una corriente por el método de Sección y Pendiente, se hará el levantamiento topográfico de un tramo recto y uniforme del cauce, apropiado para ese objeto. El método de Sección y Pendiente se aplica generalmente para determinar, en forma indirecta, el gasto máximo escurrido por un cauce, mediante la observación de las huellas que quedan en las márgenes después del paso de una creciente.

6.7.3.-

- Establecimiento de puntos de control

Una vez elegido el tramo de cauce adecuado para hacer la determinación, que deberá tener una longitud no menor de seis veces el ancho de dicho cauce, se fijarán los puntos de apoyo por medio de una poligonal abierta, corrida con tránsito y cinta de acero por una de las márgenes, cuidando de que quede localizada arriba del nivel de máximas aguas y aproximadamente paralela al eje de la corriente. Esta poligonal de apoyo tendrá la longitud del tramo elegido y se dividirá en diez partes iguales, limitadas por once monumentos de concreto, que se nivelarán con nivel montado, grabando, además de su elevación, el correspondiente kilometraje.

## 6.7.4.-

## Construcción de los alcantarillados

## Datos de obras existentes

Antes de marcar en el terreno la localización de una atarjea - de un sistema ya totalmente diseñado, es necesario obtener con pre cisión las localizaciones de otros conductos como gas, agua, teléfo nos, etc., como se indicó al hablar de los datos que deberían obte- nerse para un diseño completo de la red de alcantarillado. Es fácil ver el objeto de esta información y que es el evitar que las atarjeas se crucen con otros conductos o queden en una posición desfavorable unos con respecto a otros. A menudo es muy difícil obtener infor- mación precisa y muchas veces imposible sobre la localización de - estos conductos, hasta que no son descubiertos con la excavación de la cepa para la atarjea.

## Trazado de los ejes de colectores y atarjeas

Una vez que se tengan los planos de trabajo, se trazan los ejes de las atarjeas y colectores por medio del tránsito en el terreno. - La construcción de un sistema de alcantarillado debe siempre empe- zar por el punto más bajo y seguir hacia los niveles más altos con -- los respectivos subcolectores y atarjeas. En vista de que la excava- ción eliminaría el trazo de la línea, se procede a colocar una línea - temporal paralela al trazo definitivo del colector o atarjea y que sir- va de referencia durante la construcción.

Una vez que se tenga la localización definitiva de los colecto- - res o atarjeas, conviene tomar distancias a otros conductos y estruc- turas para contar con planos permanentes veraces sobre los distintos servicios. En una libreta de trazo se anotará en forma sistemática - el número de estación de trazo para la construcción.

Es buena práctica poner estacas metálicas junto a la guarni- - ción cuando la haya y marcar con pintura permanente en la misma, - el número de estación, a intervalos de 30 mts. más o menos.

## Curvas

En el caso de grandes colectores que pueden limpiarse con per- - sonas que caminen dentro de ellos, un cambio de dirección se puede efectuar por medio de una curva, generalmente estas curvas son cir- - culares. La curva se hace de concreto, mampostería o con tramos de tubo. Cuando la curva sea de radio corto, como es el caso más - común, la curva puede localizarse en una forma expedita como si- - gue:

El tránsito se centra en el punto de intersección de las tangen- - tes, se bisecta el ángulo entre las tangentes y se localiza el centro- de la curva sobre esta bisectriz. El arco se traza por medio de la- cinta y una varilla y se procura estacar.

Cuando el radio de la curva sea relativamente grande, se localizan puntos de la curva por medio del tránsito con cualquiera de los métodos topográficos que se emplean al respecto aunque el método de deflexiones es el más usado. Cuando el ángulo de deflexión total sea muy pequeño, digamos  $3^\circ$  ó menos, se puede hacer ángulo en lugar de curva.

Cuando se trata de colectores o atarjeas de diámetro pequeño, digamos de 60 cms. o menores, no se construyen curvas, si no que todos los cambios de dirección se hacen en los pozos de visita.

#### Trazado de línea y pendiente

Una vez determinado el eje de la atarjea y sus niveles, se procede a la excavación, a la que se dará "piso" en forma aproximada a los 10 cms.

La construcción definitiva se efectuará como se ilustra en la fig. 1. Se colocan "puentes" que consisten en vigas de madera de  $4'' \times 8''$  ó de  $4'' \times 6''$ . Los puentes deberán tener un apoyo sobre el terreno de cuando menos dos veces el "peralte del puente"

Estos puentes se colocan a una distancia media de 10 mts.

Sobre los puentes se colocan unos listones de  $1'' \times 2'' \times L$  siendo L variable llamadas "niveletas" éstas se colocan de tal manera que la parte superior sea paralela a la línea de pendiente sobre ellas se marca con crayón la línea que indica el eje del colector o atarjea.

Una cuerda colocada sobre las "niveletas", indicará una línea situada en el mismo plano vertical que el eje de la atarjea o colector y paralela al mismo.

Los puentes son numerados y se lleva un registro de los mismos como se indica en la fig. 1.

Sobre una regla de madera llamada "escantillón", se marcan las profundidades a partir del hilo hasta el piso, la plantilla y el "lomo" de la campana, que servirá para la colocación detallada del tubo. Es muy importante ver que el escantillón sea ajustado a la campana del tubo como se ilustra en la fig. 2.

Se deberá llevar un registro detallado con los datos de niveles que indiquen la posición final de las tuberías en el terreno.

Este registro se lleva como se indica en la fig. 3.

# PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION: TRAZADO DE ATARJEAS Y COLOCACION DE PUENTES

Figura N° 1

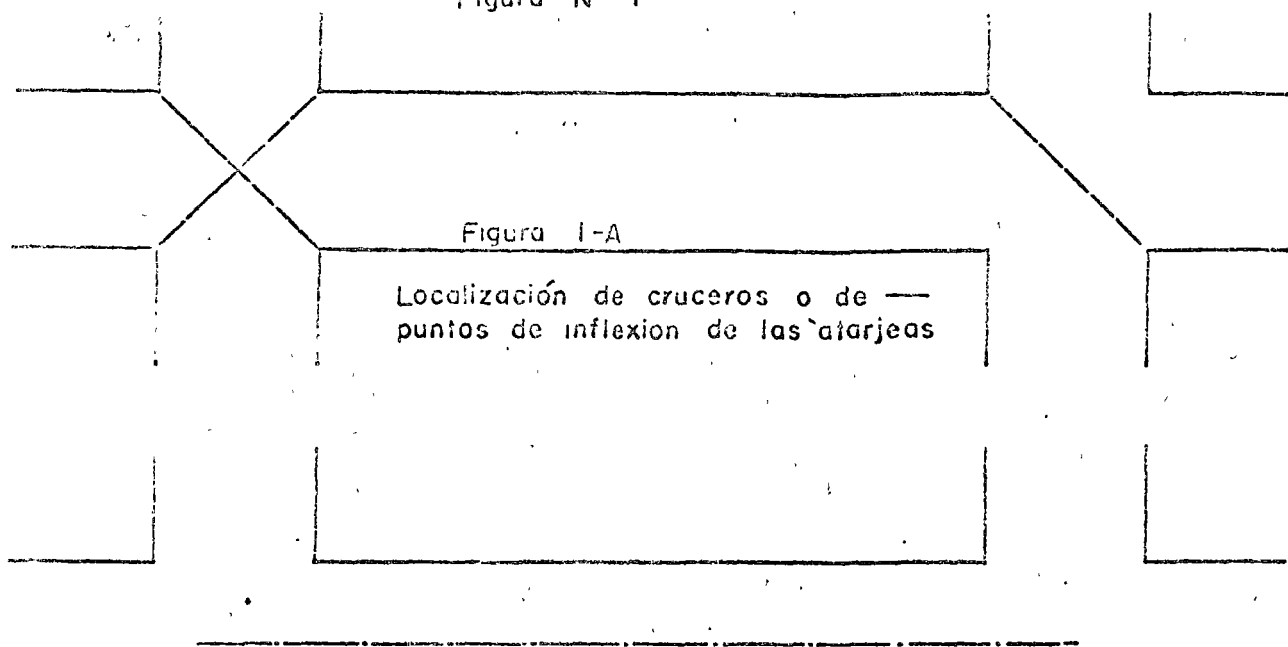


Figura I-A

Localización de cruces o de puntos de inflexión de las atarjeas

Figura I-B

Trazo del eje de la atarjea entre los cruces o puntos de inflexión.  
Se marca el ancho de la atarjea y se procede a la excavación con el "escantillón burdo"

NUMEROS DE LOS PUENTES.

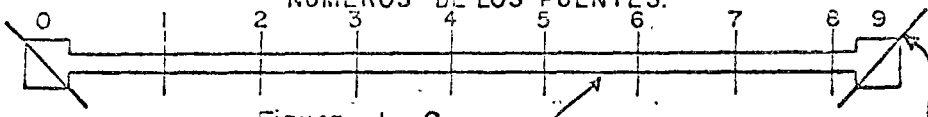


Figura I-C

BN Puente BN

PUENTE DE CRUCERO

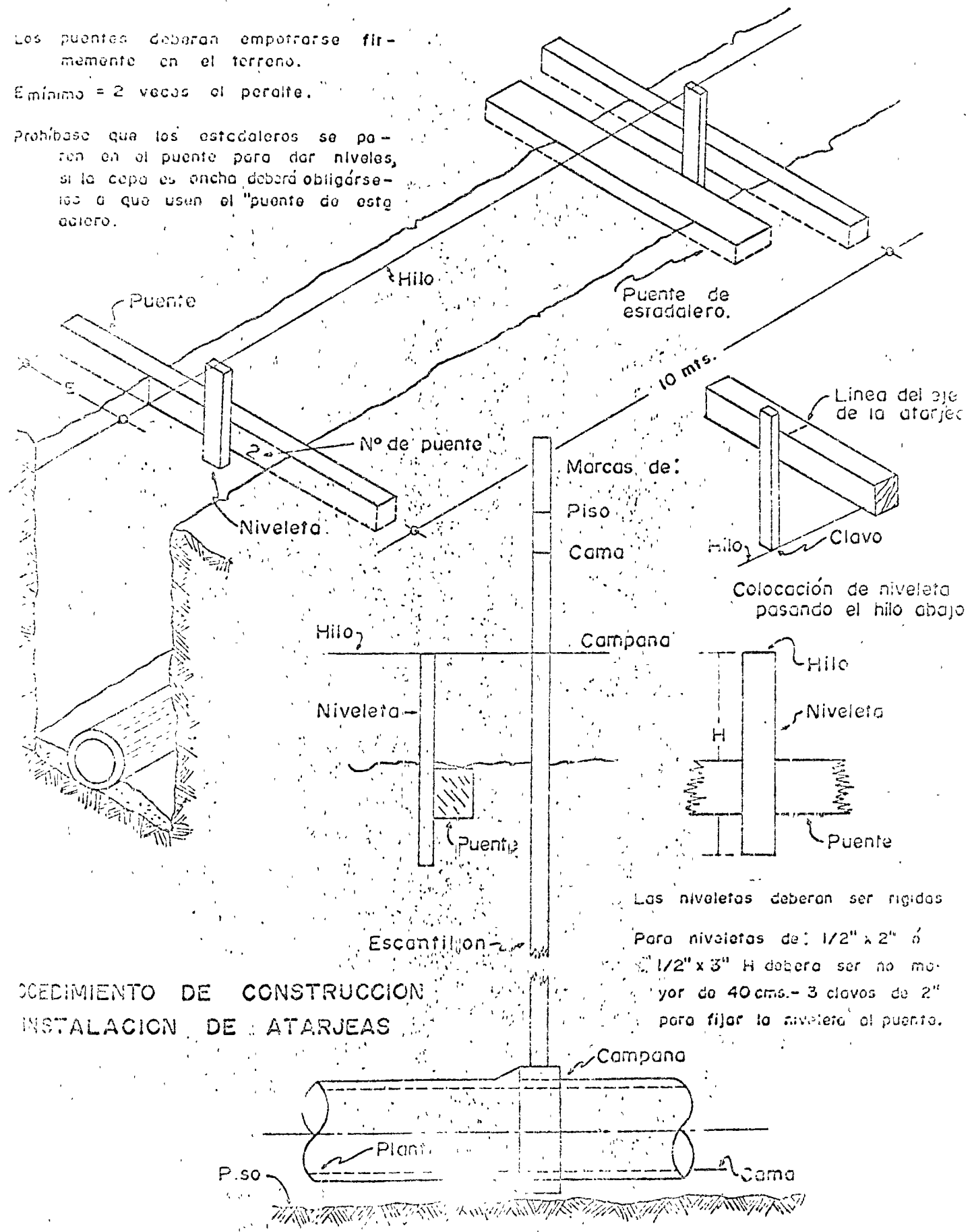
Se colocan los puentes midiendo con cinta las distancias y se numeran.  
Los puentes de los cruces se ponen en diagonal.  
Se marca en los puentes el lugar de las niveletas, coincidiendo con el plano vertical del eje de la atarjea.  
Colocación de niveletas.

**BANCOS DE NIVEL:** Nunca deberá establecerse un banco de nivel en un puente o niveleta. Conforme se vaya avanzando en la construcción deberán irse estableciendo en puntos fijos.

Los puentes deberan empotrarse firmemente en el terreno.

El mínimo = 2 veces el peralte.

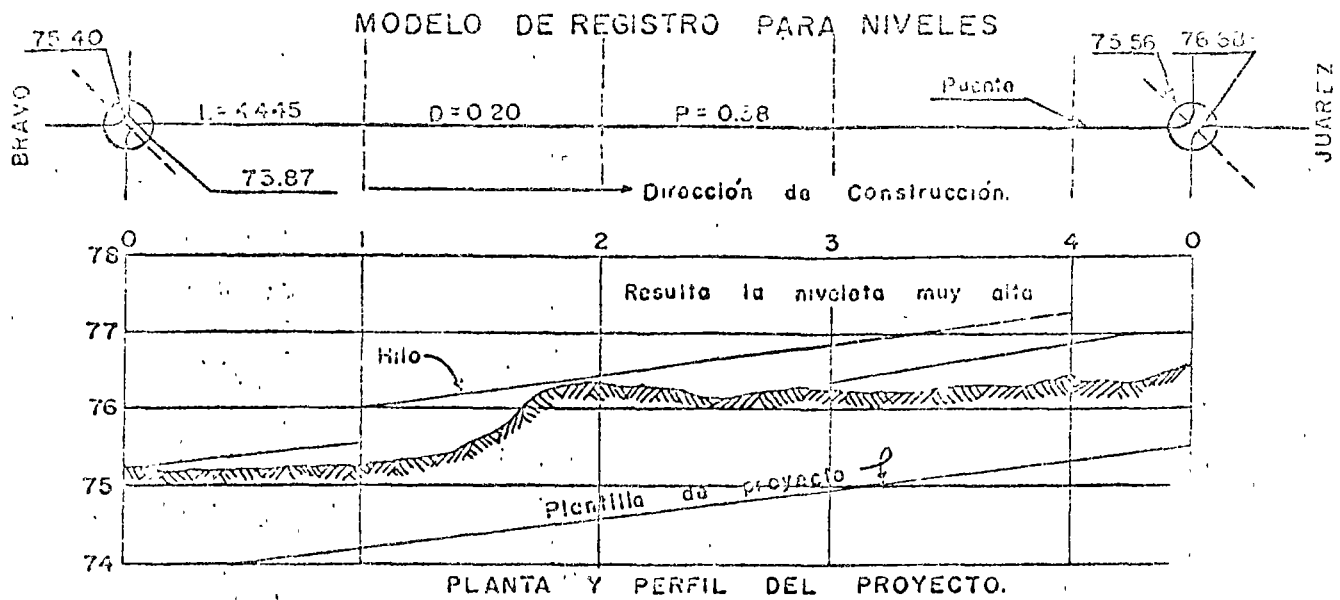
Prohibase que los escudaleros se pa-  
ren en el puente para dar niveles,  
si la cepa es oncha deberá obligárse-  
los a que usen el "puente de esta-  
dadero.



### PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION INSTALACION DE ATARJEAS

Las niveletas deberan ser rigidas  
Para niveletas de: 1/2" x 2" ó  
3/2" x 3" H debera ser no ma-  
yor de 40 cms. - 3 clavos de 2"  
para fijar la niveleta al puente.





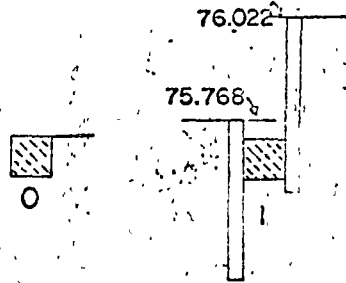
ABRIL 12-Hidalgo (BRAVO Y JUAREZ)-

EXCAVACION: TEPETATE DURO

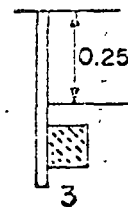
P.G.	+	^	-	COTAS	PLANTILLA	PENDIENTE = 0.038		0.038x10=0.38	
B.N.	1.473	77.305		75.832		75.388	1.518	Esc. Plant.	1.518
0			1.917	75.388	73.870	-73.870 + .06		" Camp	1.285
			-0.38		0.38	1.518	1.578	" Piso	1.578
1			1.537			-0.233 - .09		" Cama	1.488
1	Cam.	Esc.	1.283	76.022	74.250	1.285	1.488	Tramo D-1	
			-0.38			76.022	1.772	Esc. Plant.	1.772
2			0.903			-74.250 + 0.06		" Camp.	1.539
			-0.38			1.772	1.832	" Piso	1.832
3		+ 25	0.523			-0.233 - 0.09		" Cama	1.742
		0.773	.38			1.539	1.742	Tramo 1-3	
4	Cam.	Esc.	0.143	(resultó alto)		Esc. Anteriores - 0.25		Esc. Plant	1.522
			+ 0.25			4.45		Esc. Camp	1.289
4			0.393			x 0.038		" Piso	1.682
			0.169			3560		Cama	1.492
0			0.234			1335		Tramo 3-0	
B.N.			0.143		77.162	0.16910			

**TIPO REGISTRO RECOMENDADO.**

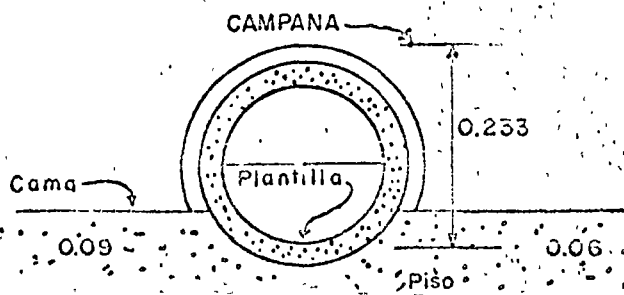
**PUENTE 0**  
Se partió del "lomo" del puente, evitando una niveleta.



**PUENTE 1**  
Aumento de escantillón. Se necesitan dos niveletas, después de clavar la segunda se necesita rectificar la cota de la primera.



**PUENTE 3**  
Disminución de escantillón. En la misma niveleta se puede cambiar el escantillón, se marca con crayón la cantidad en que se disminuye cuando el hilo en ese lugar.



### Necesidad de exactitud

El ingeniero encargado de la construcción de un sistema de alcantarillado, deberá exigir exactitud en la construcción de las diversas partes del sistema. Con objeto de que los colectores y atarjeas queden en la posición precisa indicada en el proyecto, para que la velocidad y capacidad sean las más aproximadas a las calculadas en el proyecto, todas las pendientes y elevaciones deberán partir de bancos de nivel fijos. (los que se indicaron al hablar de levantamientos)

### Detalles de construcción

#### A. - Excavación

Las atarjeas y colectores de los sistemas de alcantarillado se construyen generalmente en excavaciones a cielo abierto.

El método más simple de efectuar las excavaciones es por medio de pico y pala. En algunas ocasiones se emplean excavadoras mecánicas o zanjadoras y otros equipos. El método de excavación que se elija dependerá de condiciones locales como son la magnitud de la obra, clase de suelo, profundidad de la excavación y otros factores particulares al caso.

#### A-1.- Excavación a mano

La excavación a mano es más económica en trabajos pequeños y también es obligatorio el método en lugares que se tengan otros servicios por el peligro que existe de romper los conductos si se emplean máquinas.

En las excavaciones a mano es conveniente colocar y aplicar todo el material de un lado de la cepa y el otro lado se emplea para las maniobras del tubo antes de ser colocado en la cepa.

En cepas profundas se procura traspalear el material extraído de los primeros 2 metros, para dejar el espacio suficiente para el resto del material de la excavación.

Cuando las cepas sean muy profundas, se colocan plataformas intermedias para el traspaleo del material. Las plataformas deben tener la longitud suficiente para recibir el material extraído por un trabajador en cada extremo.

#### A-2.- Excavación a máquina zanjadora

La mayoría de las excavadoras mecánicas que se emplean en la construcción de alcantarillados, son del tipo que efectúa la excavación y deposita el material extraído a un lado de la cepa.

El número de tubos y la separación se obtiene por ensayos directos en el terreno ya que es muy difícil contar con la información completa para poderlo calcular.

6.7.5.-

Agua Potable

La construcción de las líneas de agua potable requieren del cuidado de toda obra que se realiza primero por medio de excavación, - es decir

1. trazo sobre el terreno
2. excavación
3. instalación

Por especificación en zonas urbanas el trazo de las instalaciones de agua potable deben guardar una determinada distancia de los paramentos de las edificaciones, pero a su vez no estar cerca de los alcantarillados, por la posible contaminación y las consecuencias de enfermedades gastro-intestinales.

En zonas rurales, las conducciones se establecen únicamente contando con el perfil del terreno, para conservar las profundidades.

En zonas muy pronunciadas o acantilados las secciones transversales son necesarias por conocer las alturas o cargas del agua.

Muchas veces los puentes-tubos o puentes-canales se realizan por la dificultad de técnicas de la resistencia de las tuberías.

Para esto se piensa en construcciones de puentes con todas las propiedades y características de éstos, es decir, cimentaciones, -- apoyos, estructuras, resistencia, terreno (tipo) etc.

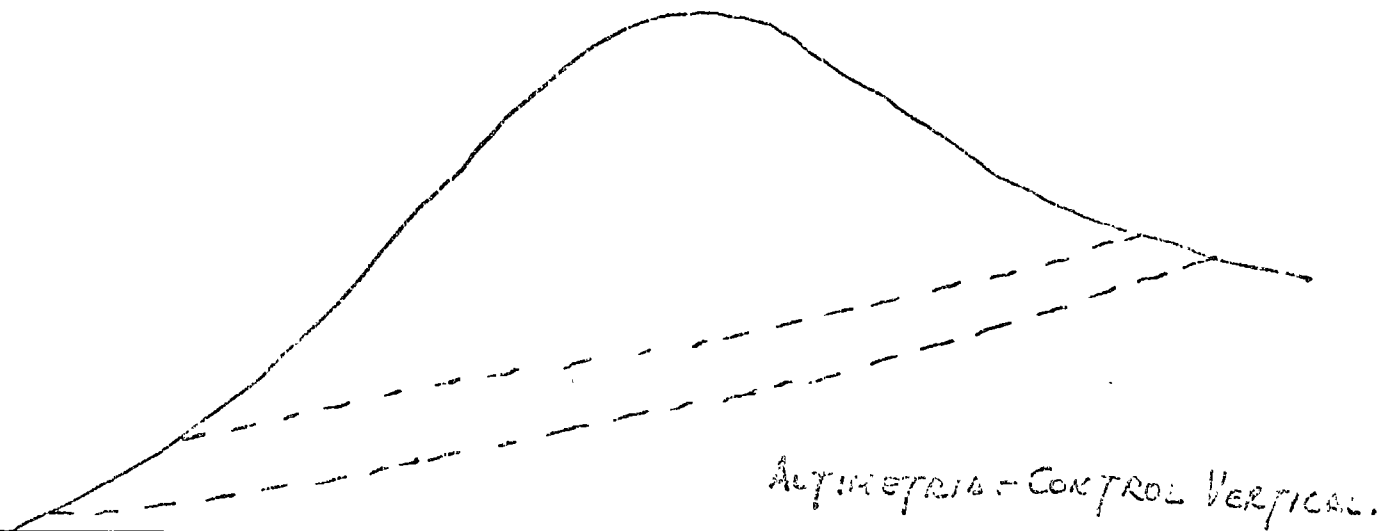
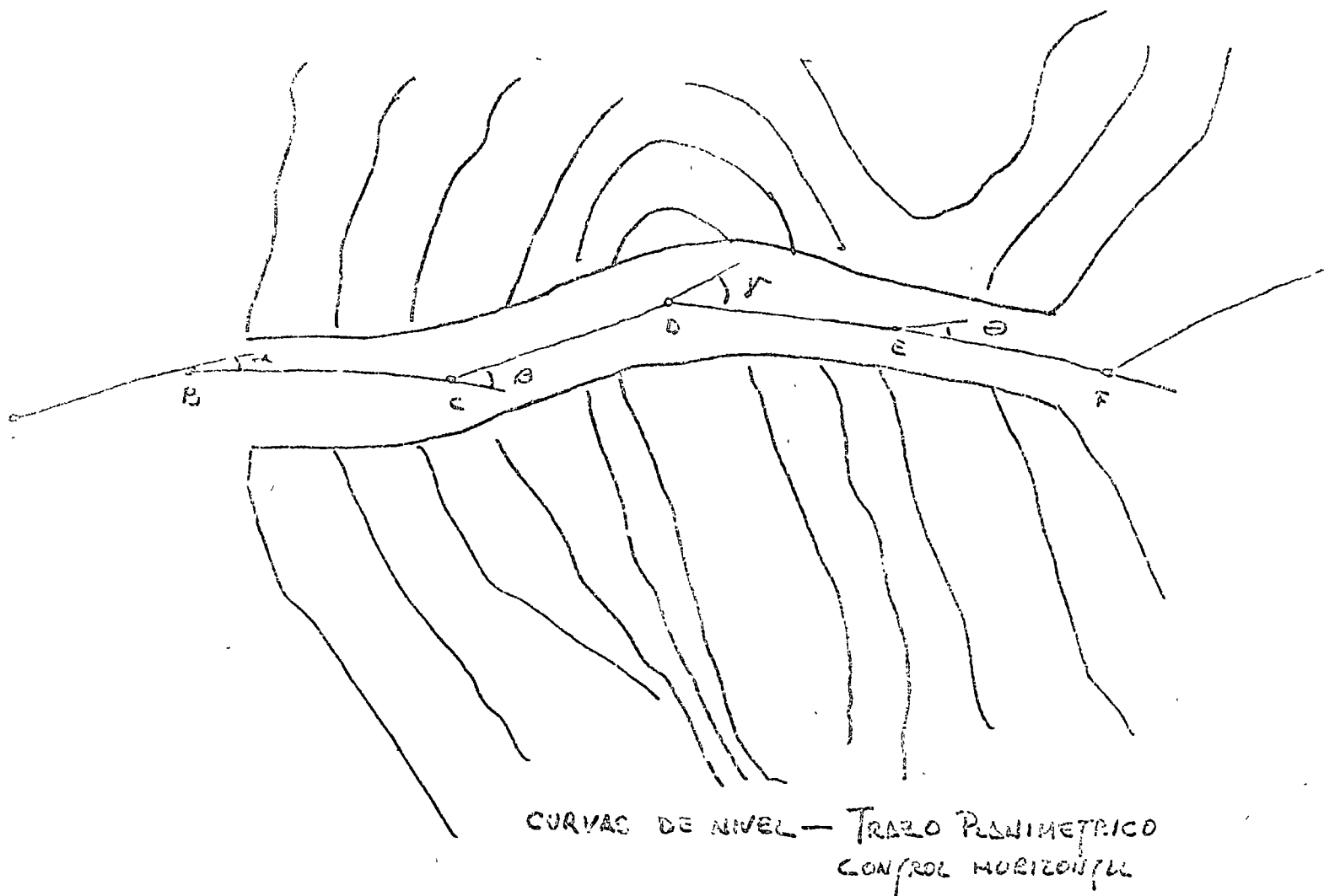
Para el cruce de obras especiales, cauces, etc. muchas veces se instalan galerías, o sifones, en las cuales las tuberías quedan -- protegidas y permiten realizar inspecciones.

Se puede construir túneles con los procedimientos tradicionales de éstos y con el control topográfico de analizar la dirección de -- dos puntos, obtener, distancia, rumbo, etc. ya sea que se ataque en uno o dos frentes.

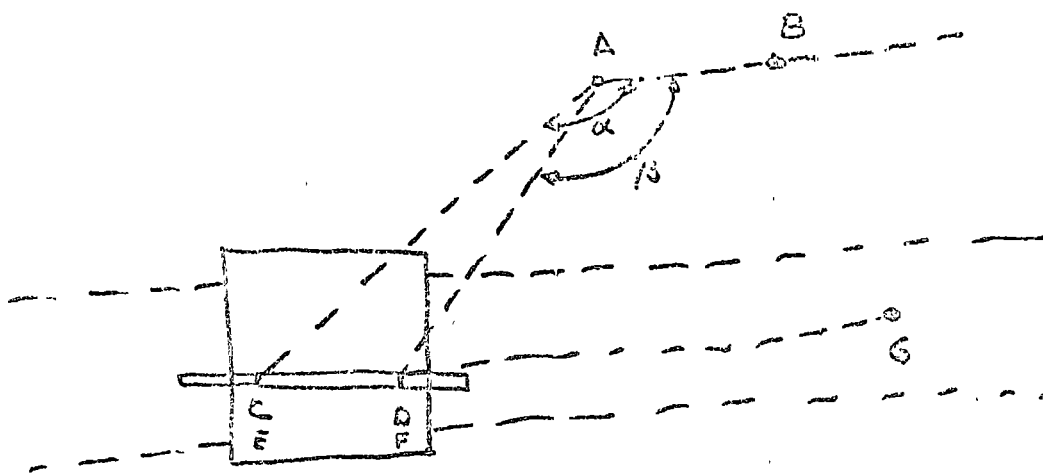
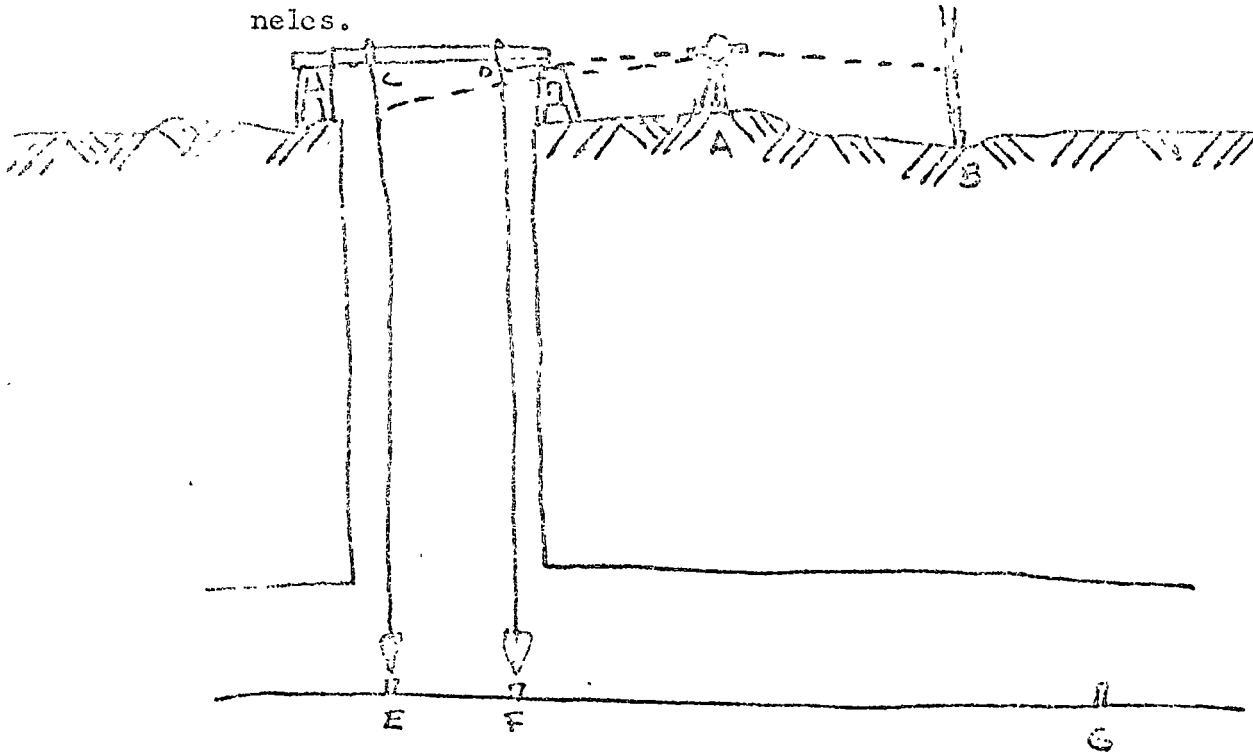
### 6.3.

#### Túneles y lumbreras

El trabajar con túneles en Topografía se puede realizar por los métodos tradicionales, es decir, orientando astronómicamente una dirección y a partir de ésta excavar conservando pendientes y dirección, o bien utilizar instrumentos electrónicos como el "giroscopo" o los colimadoras como es el "laser".



Las lumbreras son excavaciones en forma de pozos verticales que permiten extraer materiales producto de la excavación, meter equipo, o bien controlar geoméricamente las direcciones de los túneles.



6.9.-

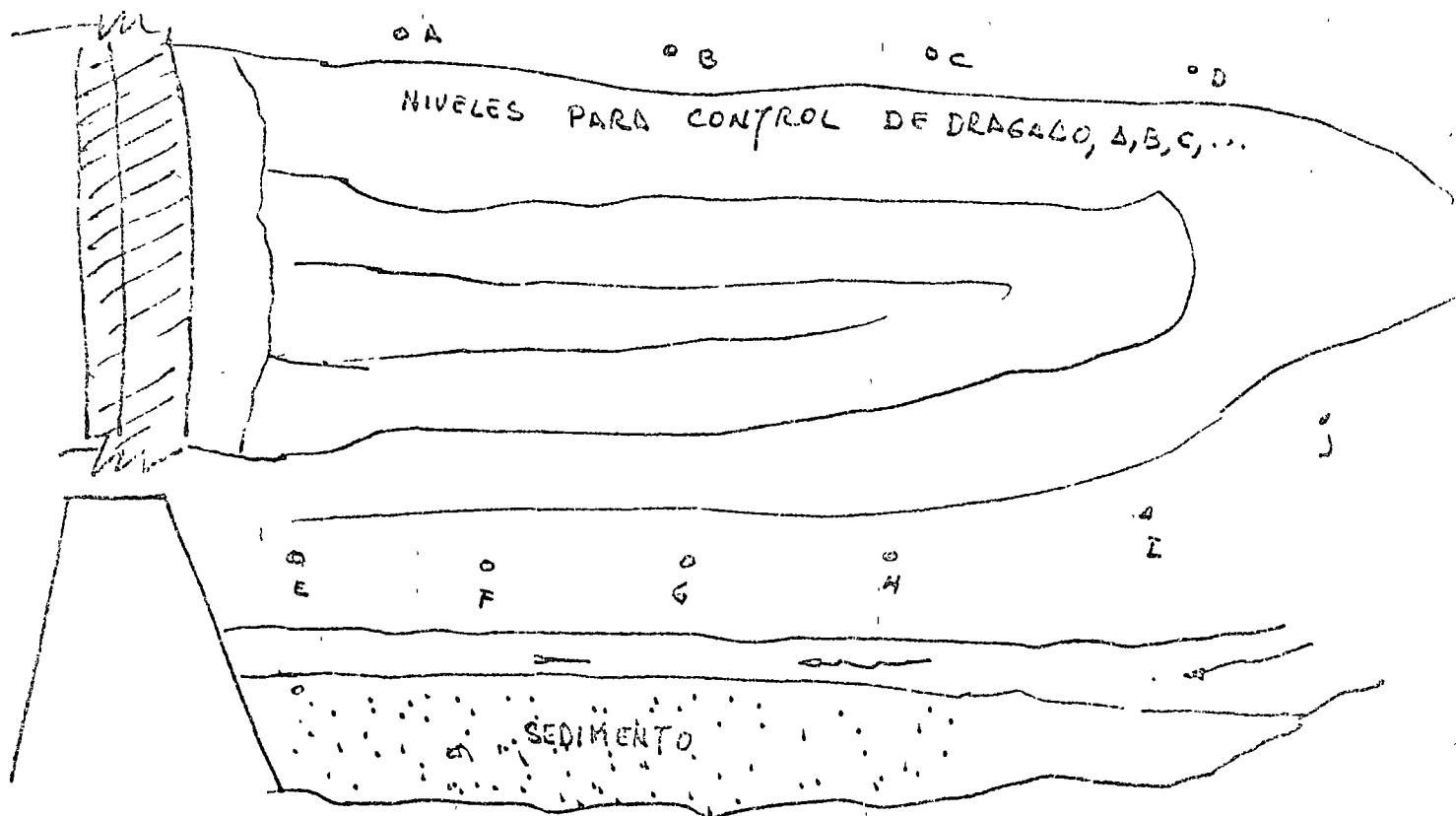
Control de dragado.-

El dragado en canales, zonas de embalse, se debe a la sedimentación de las partículas en suspensión del agua, para controlar estos datos se realiza una nivelación estableciendo bancos de nivel que permitan llevar la profundidad del dragado y con esto cuantificar los volúmenes.

Generalmente las operaciones de dragado conducen a dos tipos de problemas:

1. Dar mayor capacidad de almacenamiento o mejorar la circulación de los líquidos
2. Como contratista o supervisor cuantificar la cantidad de material extraído

Los métodos para obtener el volumen son los siguientes:

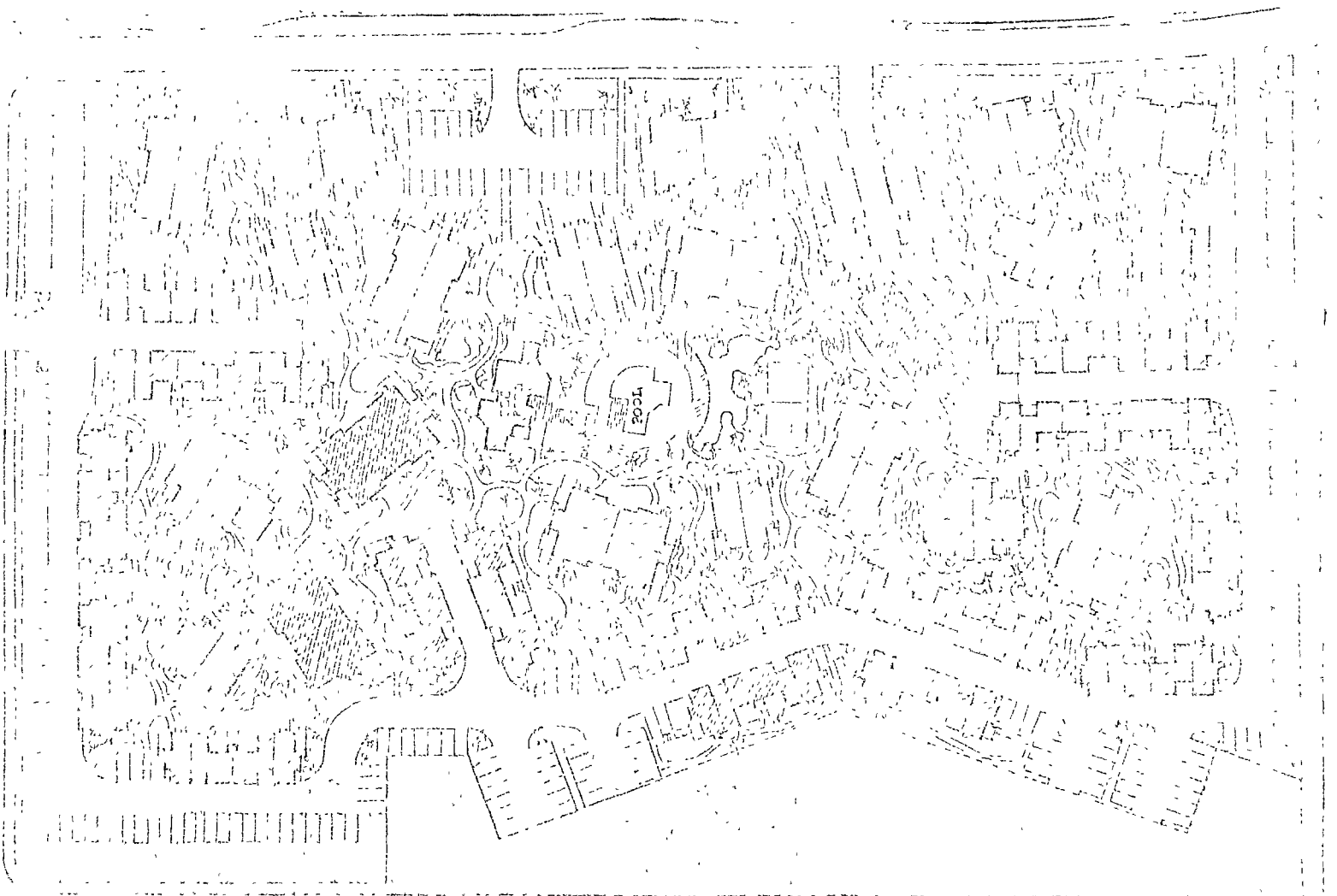
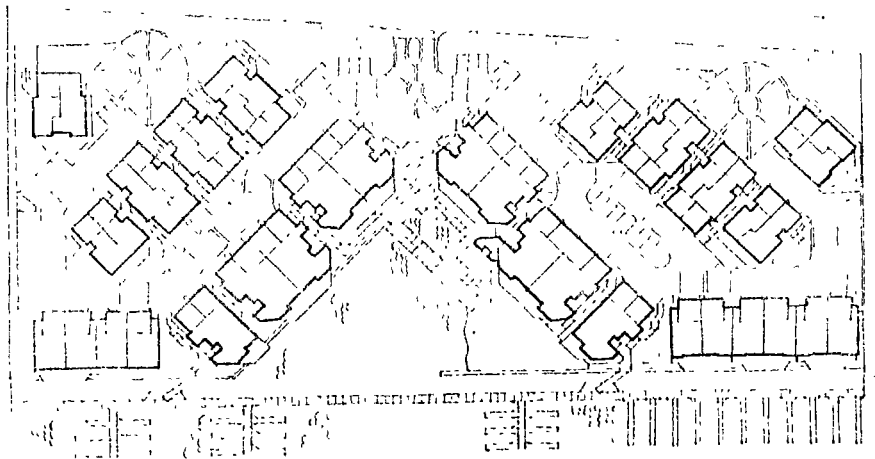


- a) CON CURVATURA DE APOYO
- b) CON CURVAS DE NIVEL

6.10.7

Jardinería y ornato

Para la jardinería y ornato de una zona, la Topografía requerida es la de curvas de nivel a una distancia muy cercana, pero - - además los métodos topográficos prácticos como por ejemplo ponerle un brocal circular a un árbol, hacer una clipse, o realizar alguna figura geométrica se puede aplicar, el círculo capaz, la regla de los focos, etc.



# proyecto de fraccionamientos

tema 7

Ing. Jesús Albo Lara



## 7. Proyecto de Fraccionamientos

En Topografía, la Agrodesia se encarga de la división de los terrenos en partes que guardan entre sí ciertas relaciones, para esto, se hace necesario el determinar previamente el contenido del terreno que va a dividirse.

Cuando se trata de dividir un terreno, lo primero que debe hacerse es determinar el área de cada fracción.

Sea S la superficie total,  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_m$  las n fracciones cuyos contenidos guardan una relación  $m_1, m_2, m_3, m, \dots, m_n$  las áreas de estas partes serán

$$S_1 = \frac{m_1}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

$$S_2 = \frac{m_2}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

-----

$$S_n = \frac{m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

Esto muestra, que una expresión general de fraccionamiento es la relación que se guardan entre áreas y que debe coincidir en su suma de partes con el todo que es el área del fraccionamiento por dividir.

Por ejemplo:

Se quiere dividir un área de 39 hectareas en tres superficies que guarden la relación 3, 5, y 7

$$S_1 = \frac{3 \times 39}{15} = 7.8$$

$$S_2 = \frac{5 \times 39}{15} = 13.0$$

$$S_3 = \frac{7 \times 39}{15} = 18.2$$

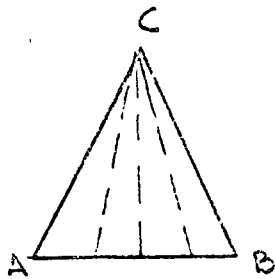
Suma total ----- 39.0

De la misma manera que se realiza este sencillo cálculo, se pueden en una fracción pequeña considerar n lotes que estén en relación con las especificaciones que indican los reglamentos.

Los problemas que se presentan al proyectista de fraccionamientos, cuando está en el proceso de lotificación, es de figuras hasta cierto punto geométricas de fácil solución: por ejemplo:

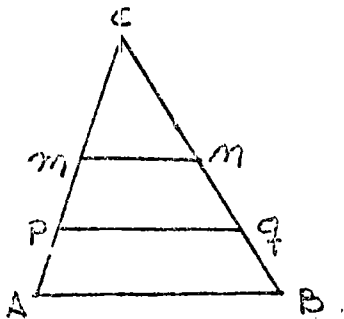
- a) Dividir un triángulo por medio de líneas que partan de un vértice.
- b) Dividir un triángulo por medio de rectas paralelas a uno de los lados.
- c) Dividir un triángulo por medio de rectas perpendiculares a uno de los lados.

En el primer caso, la solución consiste en dividir el lado opuesto en el número de partes que se desee, guardando entre sí la relación que deban tener las áreas



En el segundo ejemplo, se forman triángulos semejantes en que se debe buscar la distancia x del primer punto de división n al vértice. Si designamos por S el área del triángulo y por S' la primera fracción

$$C_n = x = a \sqrt{\frac{S'}{S}}$$



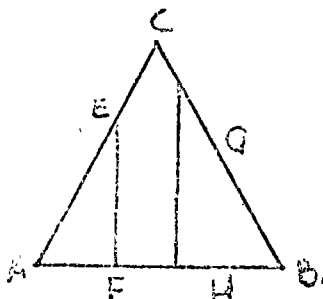
$$C_q = x' = a \sqrt{\frac{S'}{S}}$$

En el tercer caso, el área del triángulo AEF, si llamamos AF a la base x y a la altura EF se tendrá:

$$x \cdot y = 2S$$

$$y = x \tan A$$

$$x = \sqrt{2S \cot A}, \quad y = \sqrt{2S \tan A}$$



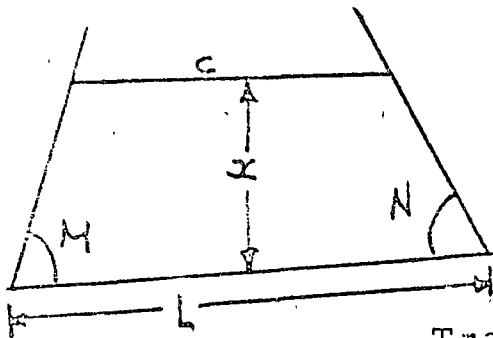
La distancia AE

$$2 \cdot = AE \cdot x \cdot \text{sen } A$$

$$AE = 2 \sqrt{\frac{S}{\text{sen } 2A}}$$

En fraccionamientos frecuentemente se presenta el caso de dividir un cuadrilátero por medio de líneas paralelas a uno de sus lados, sea cual fuere la figura a dividir se puede llegar al caso de la fórmula general en la cual o se suma o se resta la fracción que proporcione el área.

Problema general. - Sea una línea L que se intercepta por otras dos líneas cuyos ángulos son M y N con respecto a L, se necesita obtener la magnitud C que proporcione el área A



$$C = L - x (\cot M + \cot N)$$

$$A = (L+C) \frac{x}{2} = Lx - \frac{x^2}{2} (\cot M + \cot N)$$

Transformando

$$- 2A = x^2 (\cot M + \cot N) - 2Lx$$

dividiendo ambos lados por  $\frac{1}{\cot M + \cot N}$

$$- \frac{2A}{\cot M + \cot N} = x^2 - \frac{2Lx}{\cot M + \cot N}$$

Si llamamos t a

$$t = \frac{1}{\cot M + \cot N}$$

$$x^2 - 2Ltx = - 2tA$$

$$x = Lt \pm \sqrt{L^2 t^2 - 2tA}$$

Para fraccionar cualquier terreno debe contarse con una buena topografía, que indique en planta, el límite del predio y sus elevaciones o conformación del terreno, con sus curvas de nivel.

Se debe recordar que el reglamento indica superficies de donación para servicios públicos, anchos de avenidas, tipos de fraccionamientos, por lo que a continuación mencionamos algunos de los artículos que se deben tener en cuenta.

#### 7.1 Reglamentos y especificaciones

El Reglamento sobre fraccionamiento de terrenos en el Distrito Federal indica:

Art. 1 "Se entiende por fraccionamiento, la división de un terreno en lotes y siempre que para ello se establezcan una o más calles, o bien cuando se lleve a cabo la división dentro de manzanas pertenecientes a fraccionamientos que se hubieren establecido sin el permiso correspondientes del D.D.F. o que habiéndose autorizado, no se hayan llenado en los terrenos por fraccionar las condiciones que la autoridad impuso al fraccionamiento primitivo".

"Se entienden por fraccionamientos residenciales, aquellos en que sus lotes se destinen para usos de habitación; por fraccionamientos industriales aquellos en que sus lotes se destinan a la construcción de habitaciones y al beneficio de pequeños cultivos vegetales, plantas avícolas y de pequeña ganadería."

Art. 2 "Ningún fraccionamiento podrá llevarse a efecto dentro de los límites del Distrito Federal, sin que previamente se solicite permiso para ello al D.D.F. y siempre que se cumplan los requisitos del Reglamento".

Art. 3 "Toda autorización de fraccionamiento podrá ser solicitada por la persona física o moral que tenga el derecho de propiedad y la posesión sobre el predio, objeto del fraccionamiento. En tal virtud, no se aceptará ninguna solicitud que no vaya acompañada de los títulos debidamente inscritos en el Registro Público de la Propiedad y de las pruebas que acrediten la posesión.

Art. 4 "Las autorizaciones para el establecimiento de fraccionamientos serán otorgadas por escritura pública en que se concreten todas las obligaciones a que debe sujetarse el propietario del fraccionamiento. Para el otorgamiento de la escritura pública se fija un plazo de noventa días.

Art. 5 "Cuando el propietario solicitante no comparezca por sí, su representante deberá acreditar legalmente su personalidad".

Art. 6 "La solicitud del fraccionamiento deberá acompañarse de la constancia de deslinde catastral del terreno, objeto del fraccionamiento o de la constancia del apeo y deslinde judicial, inscrita en el Registro Público de la Propiedad; esta última, sólo se aceptará en los casos en que no esté catastrada la zona en que estuvieren los terrenos por fraccionar".

Art. 7 "En el caso de deslinde catastral, deberá acompañarse:

I.- El plano oficial catastral en el que se anoten:

- a) el cuartel o delegación
- b) acta o actas
- c) sección o secciones
- d) artículo o artículos
- e) superficie del artículo o de los artículos
- f) colindancias perimetrales
- g) acotaciones de linderos tomados en el terreno
- h) ángulos interiores del polígono o de los polígonos del deslinde catastral correspondiente a cada uno de los vértices
- i) inscripción de propietario o de los propietarios, y,

II.- La demarcación en el terreno de los linderos de los predios que se proyecte fraccionar, con indicación del amojonamiento de los vértices".

Art. 8 "En caso de apeo y deslinde judicial, deberá acompañarse:

I.- Plano que contenga:

- a) cuartel o delegación
- b) superficie del terreno o de los terrenos
- c) colindancias perimetrales
- d) acotaciones de linderos tomadas en el terreno
- e) ángulos interiores del polígono o polígonos del deslinde, correspondientes a cada uno de los vértices
- f) la demarcación en el terreno del predio que se propone fraccionar, la cual deberá concordar con la descripción de dicho predio contenida en el acta de apeo y deslinde, con indicación del amojonamiento de los vértices. Este plano deberá estar autorizado por perito con título legalmente reconocido y registrado en la Dirección General de Obras Públicas".

Art. 9 "El solicitante deberá presentar por duplicado, en copias del plano oficial catastral o del apeo y deslinde judicial, el proyecto de fraccionamiento que solicite, con anotación de la orientación y anchura de las calles, trazos de manzanas y su lotificación, indicando dimensiones de manzanas y lotes.

Deberá presentar también una memoria descriptiva del proyecto, en la cual se hagan constar los datos que sirven para precisarlo, como son:

- I.- Superficie total del terreno;
- II.- Superficie destinada a vías públicas;
- III.- Superficie total que debe cederse al Departamento del Distrito Federal, de acuerdo con las disposiciones del artículo 37, proponiendo la ubicación y el destino o aplicación de las fracciones que se donen;
- IV.- Zonificación del fraccionamiento, con especificación del uso o usos a que vayan a destinarse las distintas zonas en que se considere necesario dividir los terrenos por fraccionar. Este proyecto de zonificación se sujetará a lo dispuesto por los artículos 35 y 36;
- V.- Datos generales sobre la forma en que se proyecta el abastecimiento de aguas potables y el saneamiento de los terrenos por fraccionar, en la inteligencia de que, no tratándose de fraccionamientos de tipo campestre en zonas de reserva, se prohíbe el establecimiento de fosas sépticas en fraccionamientos comprendidos dentro de los límites urbanos.
- VI.- Plano de conjunto de la zona donde esté ubicado el fraccionamiento, en que aparezcan las calles existentes en dicha zona.

Art. 10 "Una vez recibida la solicitud, se pasará a estudio a la Dirección de Obras Públicas, la que por conducto de su oficina competente, aceptará o modificará el proyecto de fraccionamiento, de acuerdo con los planos existentes de zonificación y de planificación de la zona en donde se encuentren ubicados los terrenos por fraccionar. Dicha Dirección, al resolver, tomará en cuenta las disposiciones que sobre el particular establece el Código Sanitario"

Art. 11 "La resolución de la Dirección General de Obras Públicas, se dará a conocer al solicitante dentro de los treinta días siguientes a la fecha en que se presente la solicitud, para que la acepte o la objete, de acuerdo con sus puntos de vista, hasta lograr así definir el proyecto, pasándose al propietario del fraccionamiento para su aceptación. Tanto la autorización como la aceptación anteriores, deberán consignarse en dos copias en tela de calcar, en las que se vacíen los trazos del plano oficial catastral o del apeo y deslinde judicial, una de las cuales quedará en el archivo de la Dirección y otra será devuelta al interesado.

Art. 16 "El fraccionador deberá ejecutar por su cuenta las obras --

de urbanización del fraccionamiento o de las zonas autorizadas, dentro de un plazo de dos años, salvo caso de fuerza mayor, y deberá dar aviso previo de la iniciación de los trabajos a la Dirección General de Obras Públicas, para que ésta ordene la supervisión de los mismos.

Ar. 18 "El fraccionador hará por su cuenta el trazo de los ejes de las vías públicas comprendidas dentro del fraccionamiento, así como el amojonamiento y lotificación de las manzanas, debiendo cuidar de la conservación de todas las mojoneras, incluyendo las del deslinde del terreno.

Art. 19 "Dentro de un plazo de diez días contados a partir de la fecha en que el fraccionador compruebe haber constituido la garantía a que se refiere el Artículo 15, la Dirección General de Obras Públicas revisará la exactitud del trazo que aquél haya ejecutado en el terreno, de los ejes de las vías públicas comprendidas dentro del fraccionamiento, así como la situación de las mojoneras correspondientes, extendiendo la constancia respectiva y procederá dicha Dirección a preparar el plano oficial del fraccionamiento, en el que aparezcan:

- a) Los trazos de los ejes de vías públicas, ligados geométricamente con los linderos del terreno objeto del fraccionamiento.
- b) Los ángulos de intersección de los ejes.
- c) Las distancias entre el cruzamiento de los ejes.
- d) Los anchos de las vías públicas.
- e) Las manzanas y lotes cedidos al D.D.F. de acuerdo al Decreto.
- f) Nombres y superficies de la vía pública."

Art. 35 "Las dimensiones de los lotes en fraccionamientos residenciales o industriales estarán de acuerdo con los reglamentos de zonificación y con el destino que se dé a cada uno, pero en ningún caso se permitirán lotes que tengan un frente menor de siete metros o una superficie inferior a ciento veinte metros cuadrados. En fraccionamientos de tipo campestre, los lotes mínimos tendrán una área de dos mil quinientos metros cuadrados."

Art. 36 "En los lotes de fraccionamiento de tipo campestre, la superficie cubierta por construcciones no podrá ser mayor del veinte por ciento de la superficie total de cada lote."

Art. 37 "En todo fraccionamiento deberá hacerse donación a favor del Departamento del Distrito Federal, del tanto por ciento de la superficie vendible que a continuación se especifica:

- a) De un quince por ciento, en el caso de fraccionamientos residenciales;
- b) De un diez por ciento si se trata de fraccionamientos de tipo campestre o industrial.

Se entiende por superficie vendible la que resulte de deducir de la superficie total del terreno por fraccionar, la destinada a vías públicas y a donación.

Al aceptar el Departamento del Distrito Federal la donación a que este artículo se refiere, definirá si se destina a algún servicio público, o bien, si prefiere enajenarla.

En este último caso y cuando se trate de fraccionamientos residenciales, el Departamento del Distrito Federal deberá destinar una tercera parte del producto obtenido de la venta, a la construcción de mercados."

## 7.2 Tipos de Fraccionamientos

El Reglamento de Fraccionamientos en el Distrito Federal menciona dos tipos de fraccionamientos, en los que caen todas las posibilidades de establecimiento, estas son:

- a) residenciales
- b) industriales

Cada uno de ellos con su especificación de área, sin embargo, en los Reglamentos de otros estados se clasifican en cuatro tipos:

- a) populares
- b) residenciales
- c) para granjas
- d) industriales

Sea por lo tanto el tipo de fraccionamiento que se quiera se tiene que considerar fundamentalmente para su estudio:

- a) contar con un plano altimétrico
- b) contar con datos planimétricos

Con estos datos como base de debe considerar que la persona que realiza un fraccionamiento tiene que ahorrar espacio y hacer

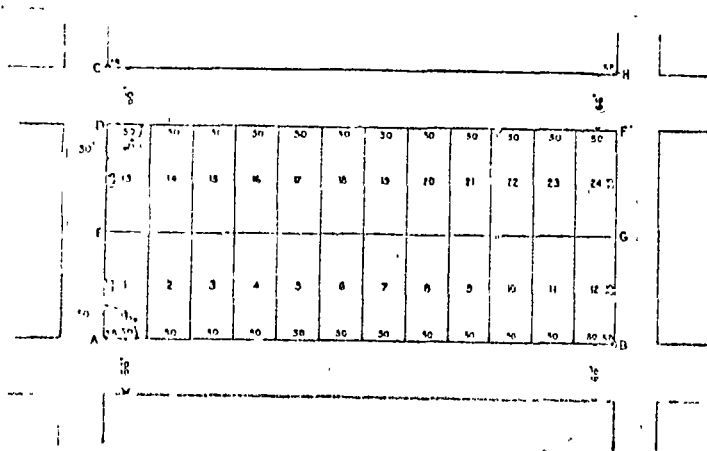


los lotes lo más atractivos que se puedan para atraer a los compradores.

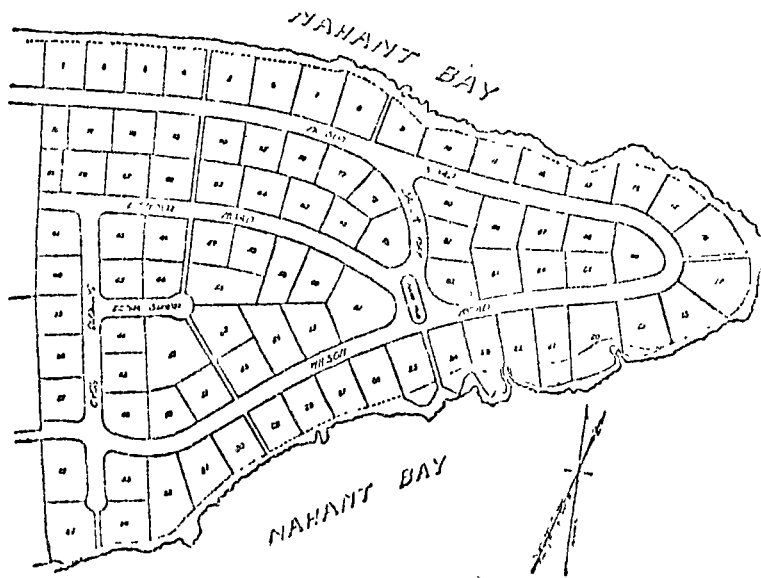
Es muy importante la aprobación, por parte de las autoridades, del fraccionamiento, porque generalmente se requieren permisos para las construcciones, vialidades, conexiones de agua, desague sanitario, los cuales son difíciles de obtener si el proyecto no es aprobado.

Los requisitos más usuales pedidos son:

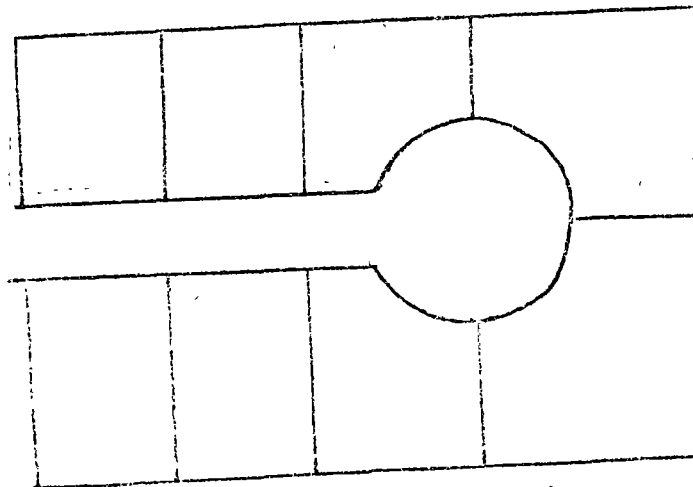
1. El desarrollo debe contribuir a evaluar las propiedades adyacentes.
2. Si se cuenta con un plano de urbanización, debe apegarse a él.
3. Las manzanas y lotes deben estar claramente indicados.
4. De las calles se deben marcar sus perfiles.
5. El tamaño y disposición de las calles y lotes debe apegarse a la naturaleza del fraccionamiento.
6. Se debe preferir las manzanas rectangulares porque se aprovecha mejor el terreno.



7. Cuando las fachadas son de más de 30 metros éstas pueden ser curvas.

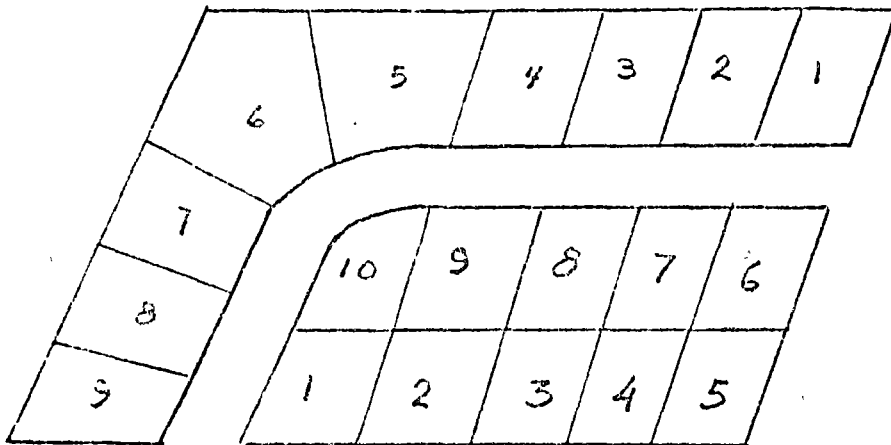


8. Las calles curvas dan independencia y pueden adaptarse mejor a las formas del terreno.
9. Las líneas laterales de los predios deben de ser con respecto a la calle  $90^\circ$  ó bien aproximadamente a este valor.
10. En zonas residenciales se debe dejar en las cerradas, -lazos o círculos para que giren los vehículos.



10. Cuando los lajes o círculos están próximos deben inter conectarse para facilidad de la circulación.
11. Se debe conservar la continuidad en las fachadas.
12. Las calles deben tener un bombeo de 0.4% del drenaje y no más del 10% de pendiente por seguridad.
13. Debe realizarse la rasante muy bien <sup>ACOMPAÑADA.</sup> para evitar problemas al drenaje.
14. Las instalaciones agua, alcantarillado, alumbrado, teléfonos, etc., deben ser subterráneas.

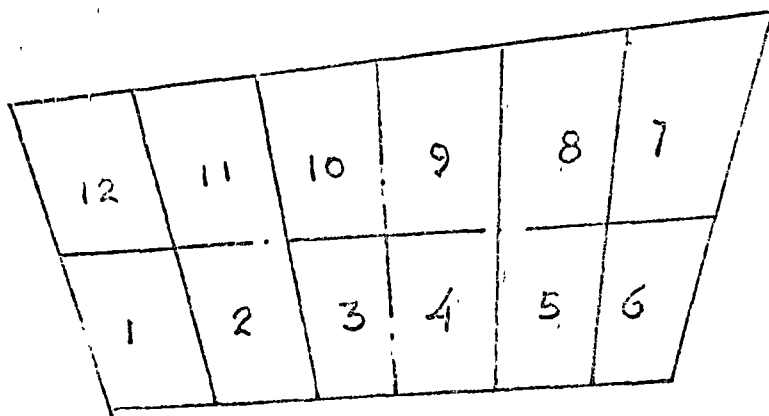
16. Veamos un plan típico de subdivisión

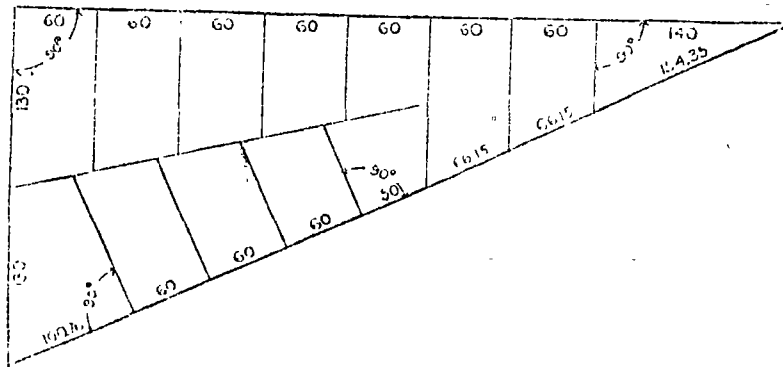


17. Se deben numerar los lotes de cada manzana.

18. Se debe indicar el área de cada lote.

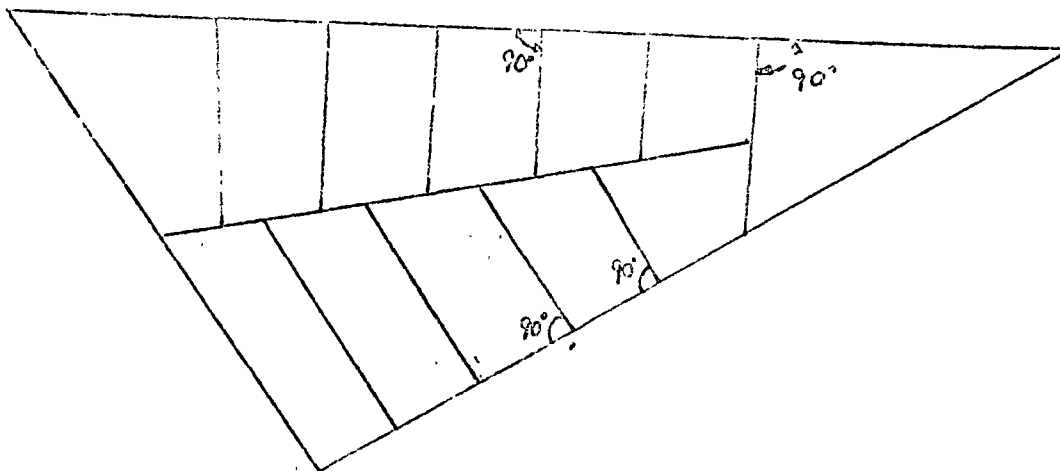
19. Se debe asignar nombres a las calles.





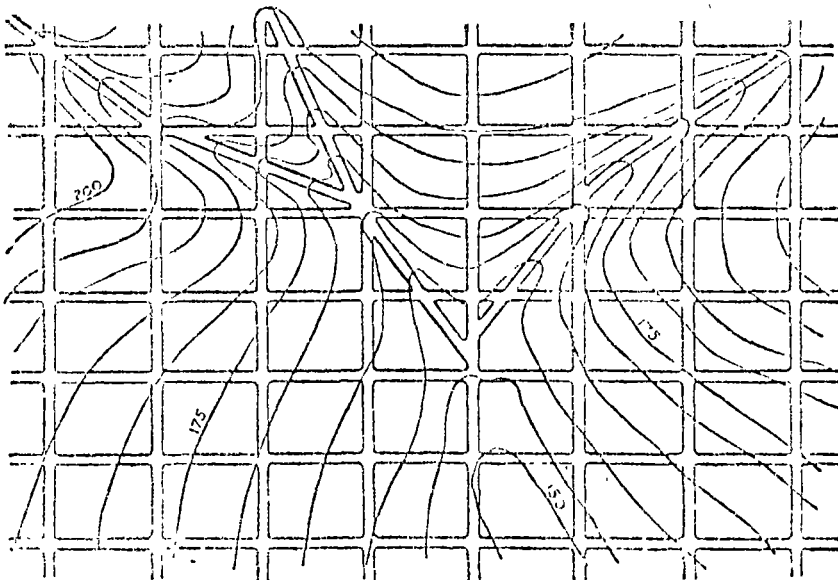
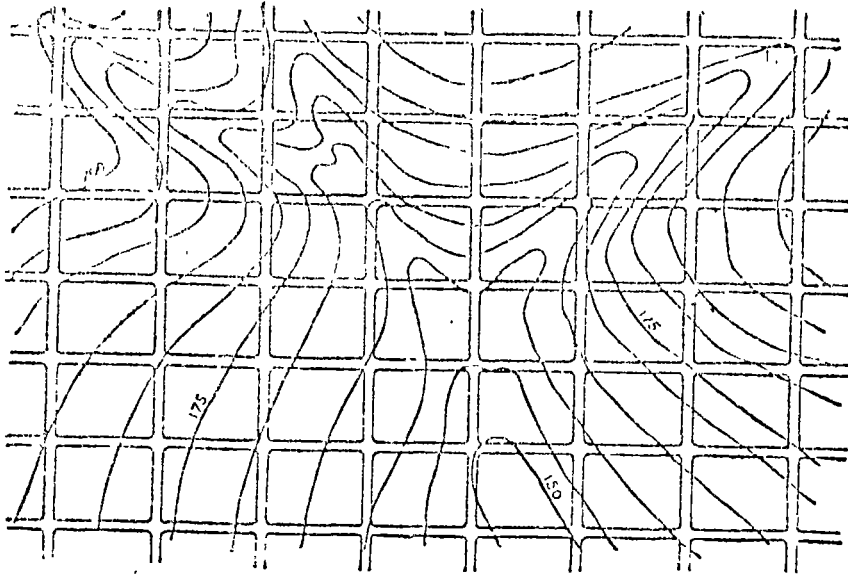
Uno de los principios básicos de lotificación, es tratar de - que las divisiones entre lotes guarden con respecto a los paramentos de las calles perpendicularidad.

En manzanas irregulares o triangulares se traza una línea - que divida en dos partes como mínimo la manzana y después se tra - zan las perpendiculares a los paramentos intentando que los lotes -- guarden el área especificada para el tipo de fraccionamiento.



Trazos típicos de calles

Una calle puede ser trazada siguiendo los escurrimientos o bien no tomándolos en cuenta. Sin embargo, una correcta planificación es permitir que la misma calle sirva de dren.



Curvas compuestas. - Una curva compuesta consiste en dos o más curvas sencillas, que se unen en dos puntos de tangencia común y giran en el mismo sentido.

En este caso

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$t_1 = R_1 \operatorname{tang} \frac{1}{2} \Delta_1$$

$$t_2 = R_2 \operatorname{tang} \frac{1}{2} \Delta_2$$

$$\frac{VG}{\operatorname{sen} \Delta_2} = \frac{FH}{\operatorname{sen} \Delta_1} = \frac{t_1 + t_2}{\operatorname{sen} \Delta}$$

$$T_1 = V_G + t_1$$

$$T_2 = V_H + t_2$$

El valor de la deflexión  $\Delta$  se mide en el campo o en un plano.

Los datos de las curvas que se proyecten tienen que ser indicados en el plano.

Curvas inversas.- Una curva se compone de dos curvas -- simples y se conectan con una tangente común pero con radios opuestos, para estas curvas se tienen dos tipos de problemas

1. Unir puntos sobre una misma alineación y con el mismo radio de curvatura .
2. Unir puntos de curvas con radios distintos.

Para el primer caso: se tienen como datos la distancia entre las tangentes D y la separación entre estas P. El problema -- consiste en determinar R y  $\Delta$

$$\Delta = \Delta_1 = \Delta_2$$

$$\text{ángulo CAN} = \frac{1}{2} \Delta_1 = \text{Ang CBM} = \frac{1}{2} \Delta_2$$

La línea ABC resulta recta

$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{P}{D}$$

$$P = R (1 - \cos \Delta_1) + R (1 - \cos \Delta_2)$$

$$R = \frac{P}{2 (1 - \cos \Delta)}$$

Quando únicamente se tiene P y R se debe encontrar  $\Delta$  y D.

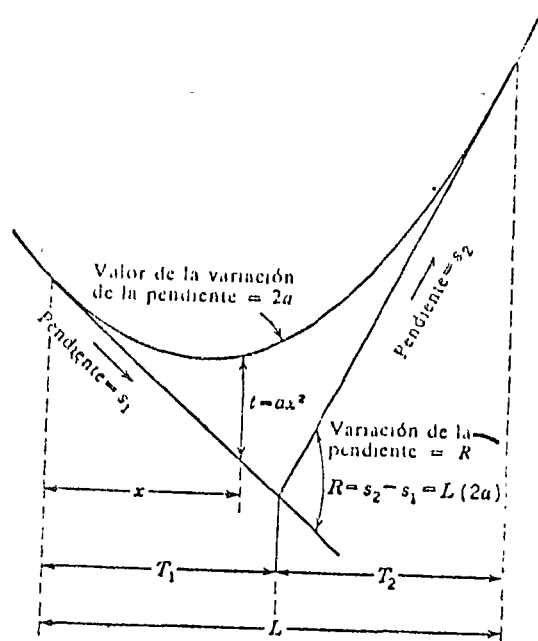
$$1 - \cos \Delta = \frac{P}{2R}$$

$$D = p \cot \frac{\Delta}{2}$$

Curvas verticales.- Las curvas verticales en los fraccionamientos generalmente son con pendientes muy pronunciadas o bien entre distancias muy cortas, son necesarias para mejorar las condiciones de las calles en su aspecto. Las cotas a lo largo de una curva vertical se determinan, en general, gráficamente. Los perfiles de los dos tramos de pendiente uniforme se dibujan en un papel a una escala vertical mayor que la horizontal y se unen con una curva circular de la longitud deseada. Las cotas a lo largo de la curva se pueden leer entonces en el perfil. Sin embargo, normalmente hay que -



calcularlas. La curva vertical que hay que calcular es siempre una parábola de eje vertical.



Propiedades de la parábola. Para calcular las elevaciones de pendiente se utilizan determinadas propiedades de las parábolas, que se dan a continuación. En la fig. de arriba:

1.  $t$  = separación vertical entre una tangente y una parábola a la distancia  $x$  del punto de tangencia. Se la denomina frecuentemente corrección de la tangente u ordenada de la tangente. En cualquier parábola

$$t = ax^2$$

siendo  $a$  = una constante.

2. La variación del cambio de pendiente de la parábola es entonces la segunda derivada de  $t$  con respecto a  $x$ , es decir,

$$\text{Variación} = \frac{dt^2}{dx^2} = 2a$$

3. Las longitudes horizontales ( $T_1$  y  $T_2$ ) de las tangentes trazadas desde un punto cualquiera a la parábola son iguales. De la ec.

$$t = aT_1^2 = aT_2^2$$

$$T_1 = T_2$$

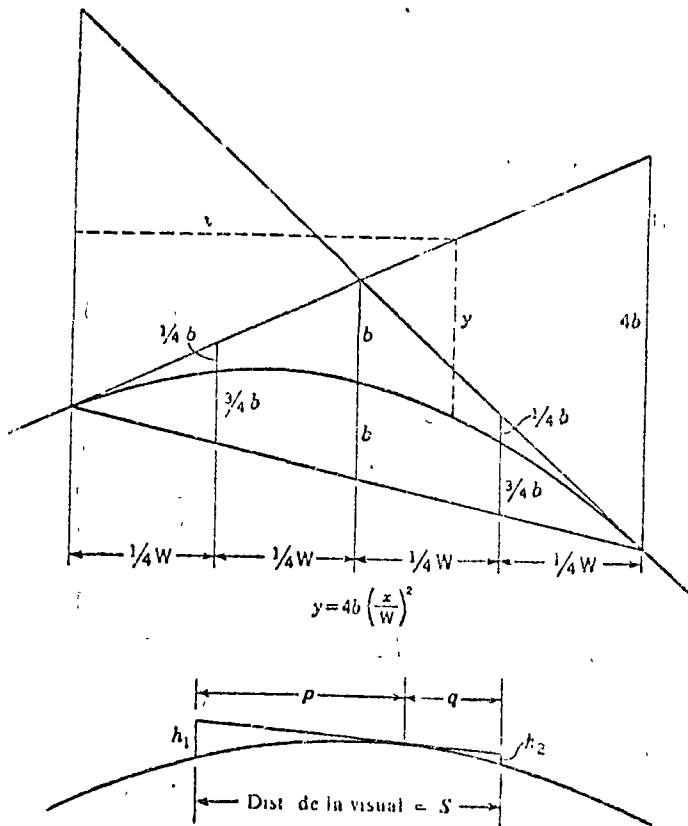
4. La longitud horizontal de la parábola  $L$  es igual a dos veces la de una de las tangentes, es decir:

$$L = 2T$$

El cambio total  $R$  de pendiente es igual a la variación de pendiente  $2a$  multiplicada por la longitud de la parábola  $L$ . Por tanto,

$$R = L (2a)$$

Elección de la parábola. El valor de  $2a$  - valor del cambio de pendiente.



Un buen proyecto de vialidad es aquel que tiene en cuenta los aspectos de la urbanización, vialidad, funcionamiento y estética por eso es necesario tomar en cuenta las distancias de visibilidad.

Distancias de visibilidad. En las curvas verticales de gran longitud situadas sobre crestas, la distancia de visibilidad  $S$  puede ser el elemento de comprobación (véase fig.). La altura del ojo  $h_1$  y la altura del objeto que ha de ser observado  $h_2$  se utiliza con  $S$  para hallar  $2a$ .

$$h_1 = ap^2 \quad h_2 = aq^2$$

$$S = \sqrt{\frac{h_1}{a}} + \sqrt{\frac{h_2}{a}}$$

$$a = \frac{h_1 + 2\sqrt{h_1h_2} + h_2}{S^2}$$

$h_1$  se toma normalmente como 1,35 m y  $h_2$  como 0,1 m, es decir,

$$h_1 + 2\sqrt{h_1h_2} + h_2 = 2,22 \text{ m}$$

$$aS^2 = 2,22 \text{ m}$$

#### Trabajos topográficos para mejora de calles

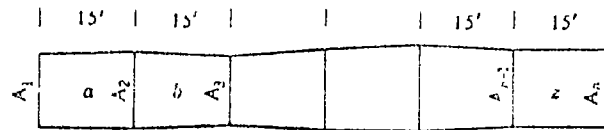
La mayor parte de las mejoras que se hacen en calles consisten en volver a alinear guarniciones y rehacer el pavimento. En los planos topográficos preliminares se ha de representar el estado actual de las líneas que definen los bordes de la calle (que son, a menudo, líneas de edificios), guarniciones, entradas a la calle, detalles de los cruces de calles y todos los detalles próximos al bordillo o situados en la calzada que puedan ser afectados por modificaciones en la situación o en la pendiente del bordillo o del pavimento.

Procedimiento de medidas horizontales. La fig. da una idea del mínimo de detalles necesarios en un plano para mejoramiento de una calle. La escala utilizada suele ser de 1:200 ó 1:500.

Mediante una cinta métrica extendida entre A y B se sitúa la estación 0 equidistante de los bordillos, se señala de modo permanente con un clavo, pintura o grabándola a cincel. Se marcan todas las estaciones y todos los puntos intermedios entre estaciones, como se indica. Las medidas se hacen con cinta métrica de acero; la alineación se hace a estima, tomando como referencia los bordillos.

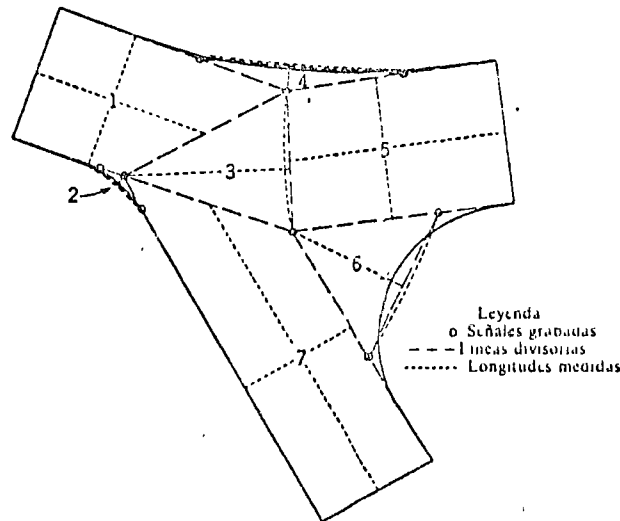


Utilización de la cinta métrica para sumar longitudes. Para determinar la longitud necesaria de guarnición se examinará primero cada piedra de bordillo del existente para ver si sirve o hay que desecharlo, y se mide después la longitud total que hay que renovar. Esto requiere el efectuar la suma de numerosas medidas de pequeña longitud. Lo más conveniente es efectuarlas como sigue. El portacintas delantero desenrolla la cinta lo suficiente para alcanzar



Superficie estimada de pavimento.

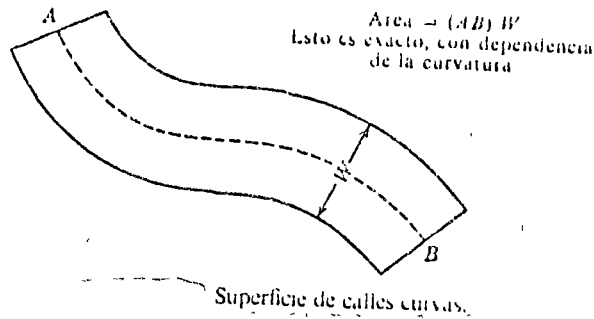
el otro extremo de la guarnición y mantiene la cinta con su mano izquierda en este punto. El portacintas trasero suelta el extremo correspondiente al cero, va hacia adelante y sostiene la cinta con su mano derecha tocando la mano izquierda del portacintas delantero. El portacintas delantero retira su mano izquierda y se desplaza hacia adelante hasta la próxima piedra rechazada, dejando que el extremo correspondiente al cero de la cinta vaya arrastrando detrás -



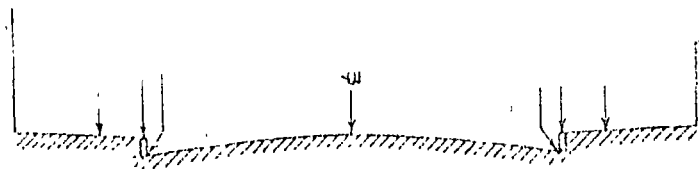
Tratamiento típico de una superficie poco corriente. Los círculos representan señales que son almeadas a estima. Las diferentes medidas se representan por líneas de puntos. Obsérvese que el lado de los triángulos 2, 4 y 6, que atraviesa el bordillo curvo, se ha situado a estima de tal forma que las superficies incluidas y excluidas resulten equilibradas.

de ellos. Una vez alcanzada la próxima piedra rechazada, el portacintas trasero coloca el punto de la cinta que mantiene con su manoderecha en el comienzo de la piedra y se repite el proceso. Los operadores llevan un control del número de longitudes de cinta, esto es, de las veces que han tenido que desenrollar toda la cinta. Este proceso proporciona un método rápido de manejar la cinta y da la longitud requerida sin tener que hacer sumas.

Perfiles necesarios para proyectar una calle. Para la mejor terminación de una calle, es necesario normalmente medir de tres a siete perfiles trazados por (véase fig.) el eje, la parte superior



rior de cada guarnición, ambos caces y una línea a lo largo de cada acero situada aproximadamente a 50 cm del lado interior del bordillo. Estas líneas de la acera se sitúan en el límite de cualquier variación que precise la pendiente de la acera al poner de nuevo el bordillo. Excepto en los casos de pendientes muy acusadas, el portamiras puede estimar la posición correcta a lo largo de la línea para colocar la mira desde las marcas de la estación base en el centro de la calle. Los perfiles suelen dibujarse directamente por encima o por debajo del plano de la calle, donde solamente se han



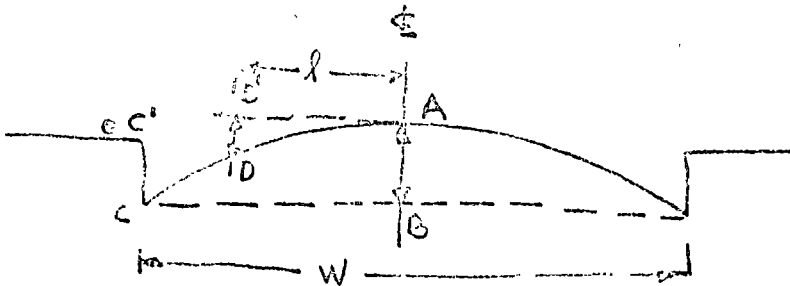
Siete perfiles que se determinan normalmente en la meñota de calles.

representado tres de los siete perfiles). La escala horizontal suele ser la misma del plano. La escala vertical es de diez veinte veces -- mayor.

Sección Transversal.- Bombeo.- La figura representa una sección transversal de una calle. AB es la diferencia de nivel del eje de la calle a la guarnición.

La ordenada DD' es un punto de la parábola

$$DD' = CC' \times \frac{l^2}{\left(\frac{w}{2}\right)^2}$$

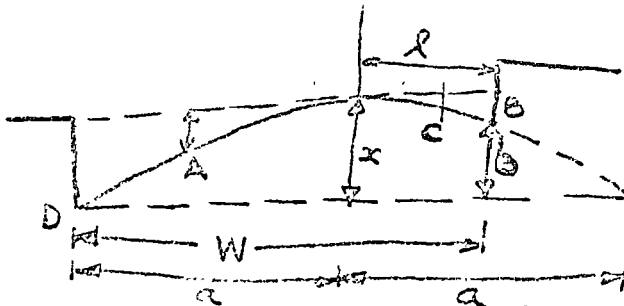


$$CC' = AB$$

$$DD' = \frac{AB}{4} \text{ para datos tomados en el centro.}$$

Cuando existe un desnivel entre guarniciones

$x = \text{desnivel}$



$a = \text{distancia del vértice - de la parábola a la - - guarnición (medida horizontal)}$

$\frac{x}{a} = s$  o sea la pendiente del bombeo

$$A = \frac{x}{4}$$

$$B = x - b$$

$$C = \frac{x - b}{4}$$

Si  $W$  es el ancho de la calle

$R$  : es el radio de una curva circular

$a$  : la distancia media del semicírculo

$l$  : la distancia del eje a la guarnición

$b$  : el desnivel entre guarniciones

$s$  : la pendiente del bombeo

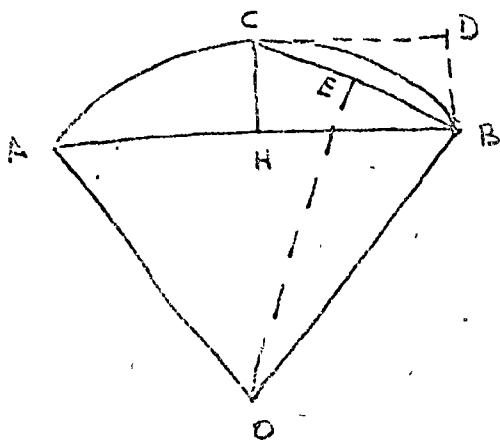
$x$  : el desnivel

$$x = \frac{a^2}{2R} \quad (1)$$

$$x - b = \frac{l^2}{2R} \quad (2)$$

$$\therefore x = b + \frac{l^2}{2R}$$

Es decir, estos valores se obtienen de una curva circular



$DB =$  tangente a la curva  $CB$

$DE =$  perpendicular a cuerda  $CB$   
por semejanza de triángulos

$\triangle OEB$  y  $\triangle CBD$

$$\frac{DB}{CB} = \frac{BE}{OB}$$

$$\frac{DB}{CB} = \frac{\frac{CB}{2}}{OB}$$

$$\therefore DB = \frac{CB^2}{2OB}$$

O sea, el desnivel es igual a la cuerda al cuadrado entre 2 veces el radio pero  $DB = CH$

$$AB = 2 CB \text{ aproximadamente}$$

$$\therefore CH = \frac{\frac{AB}{2}}{2OB} = \frac{AB^2}{8OB} \text{ aproximadamente}$$



$$\text{ordenada media} = \frac{\text{cuerda}^2}{8 \text{ radio}} \text{ aproximadamente}$$

combinando

$$(1) \text{ y } (2), a^2 - 1^2 = 2Rb$$

$$(a + 1)(a - 1) = 2Rb$$

$$a - 1 = \frac{2Rb}{a + 1}$$

pero  $a + 1 = W$

$$\therefore a - 1 = \frac{2Rb}{W}$$

$$(a + 1) + (a - 1) = W + \frac{2Rb}{W}$$

$$2a = W + \frac{2Rb}{W}$$

$$a = \frac{W}{2} + \frac{Rb}{W} \dots \dots \dots (3)$$

De  $2R = \frac{a^2}{x}$

Pero  $\frac{x}{a} = \text{pendiente transversal} = s$

$$x = as$$

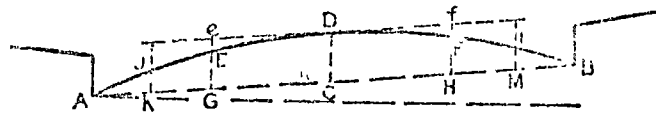
$$\therefore 2R = \frac{a^2}{as} = \frac{a}{s}$$

$$R = \frac{a}{2s}$$

De (3)  $a = \frac{W}{2} + \frac{ab}{W}$

$$a \left( 1 - \frac{b}{2W_s} \right) = \frac{W}{2}$$

$$a = \frac{\frac{W}{2}}{1 - \frac{b}{2W_s}}$$



Si el desnivel es muy pronunciado se procede como en la figura de arriba en la que

$$Ee = Ff = \frac{Dc}{4} \text{ y de manera similar}$$

$$\text{Elevación E} = \text{Elevación G} + \frac{3 DC}{4}$$

$$\text{Elevación F} = \text{Elevación H} + \frac{3 DC}{4}$$

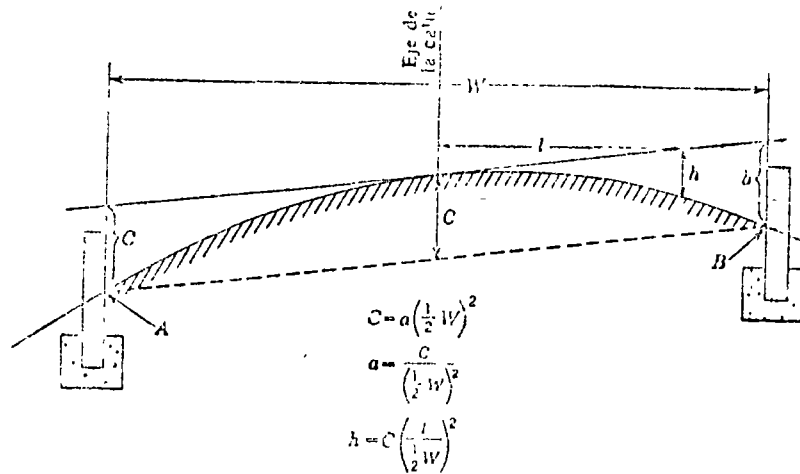
$$\text{Elevación J} = \text{Elevación K} + \frac{7 DC}{16}$$

$$\text{Elevación L} = \text{Elevación M} + \frac{7 DC}{16} \text{ etc.}$$

Pendientes de pavimentos de calzada.-

Por muchas razones la sección transversal del pavimento de una calle se realiza frecuentemente en forma de parábola cuyo eje principal es vertical.

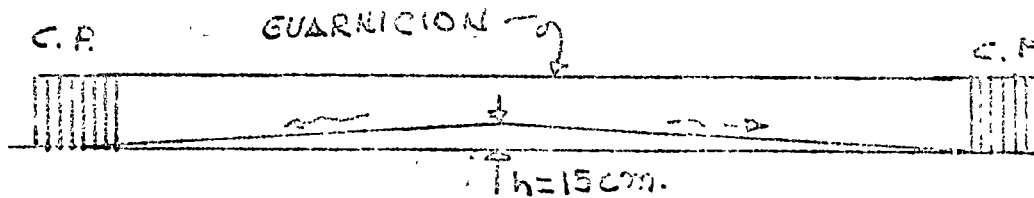
Representa la sección transversal de una calle. La altura del bombeo C depende del ancho de la calzada y del tipo de superficie empleado. Puede reducirse C cuando el material de la superfi-



no produce un drenaje correcto. Se adopta normalmente 1/30 de la anchura.

### Escorrentía longitudinal

Por especificación, en México, se deben colocar las coladeras pluviales a cada 30 metros aproximadamente, por lo que es necesario dejar, un desnivel que permita que los volúmenes de agua pluvial escurren a ésta.



### 7.3 Servicios Municipales

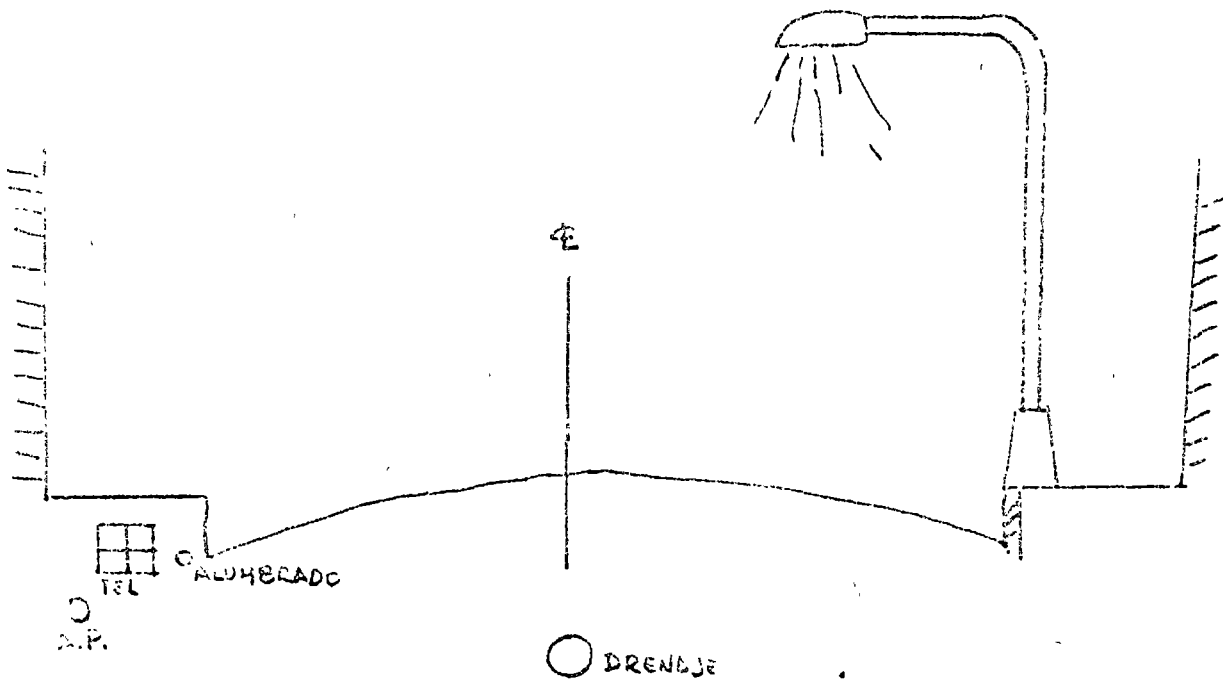
En los proyectos de fraccionamientos es de suma importancia el poder ubicar y considerar los servicios municipales, ya que es los va de acuerdo con los usos a los que se va a dar el fraccionamiento.

Un fraccionamiento para granjas tiene otros requerimientos que uno de uso habitacional.

El tipo de pavimento, de alumbrado, etc. es diferente en cada caso.

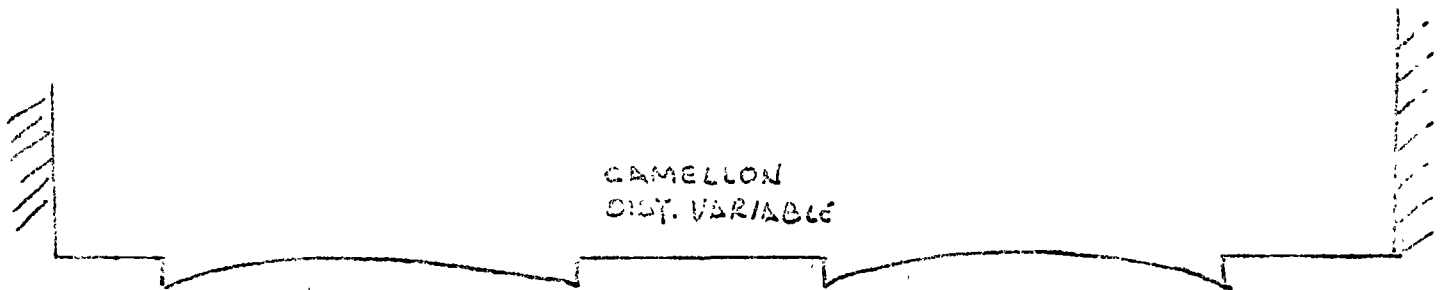
Sin embargo, se puede considerar que en una sección transversal de una calle, deben colocarse servicios como:

- a) agua potable
- b) alcantarillado
- c) energía eléctrica
- d) alumbrado público
- e) teléfonos
- f) cable visión
- g) redes privadas, etc.



En calles muy anchas se debe dejar camellón en el centro - donde pueden instalarse, líneas eléctricas de alta tensión (torres o --

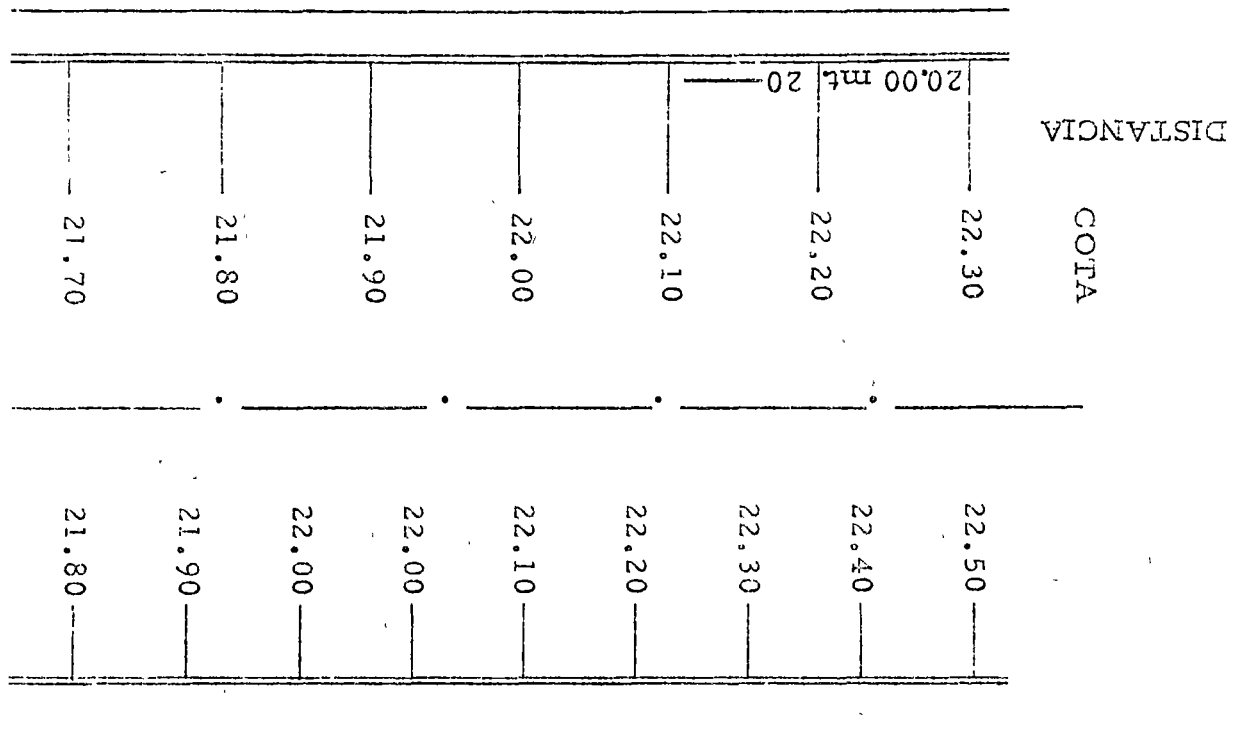
postes) colectores o líneas de agua potable de gran diámetro.



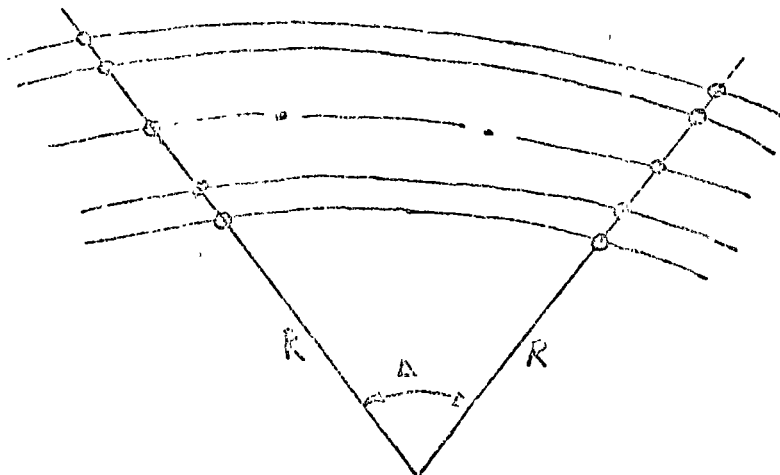
#### 7.4 Vialidades

La presentación de un plano de vialidad listo para ejecutarse en el terreno debe contar con los datos de altura de guarnición, -- trazos de curvas con sus respectivos datos de R, , pendientes --

anchos de banquetta, ancho de calle.



Ilustrando con cotas y distancia la altura de las guarnicio--  
nes por especificación debe estar la rasante del pavimento a 20 cm. -  
de ésta.



### 7.5 Ratificaciones

En el proceso del proyecto de un fraccionamiento muchas veces se debe comprobar los trazos, pues éstos pueden sufrir modificaciones en distancias o desniveles.

Con los datos de configuración de un terreno que se va a fraccionar se trazan los ejes de las calles, se analizan sus pendientes, se elige una forma de lotificación, se estudian sus manzanas y debido a la gran cantidad de operaciones debe frecuentemente comprobarse.

### 7.6 Ajuste de Areas

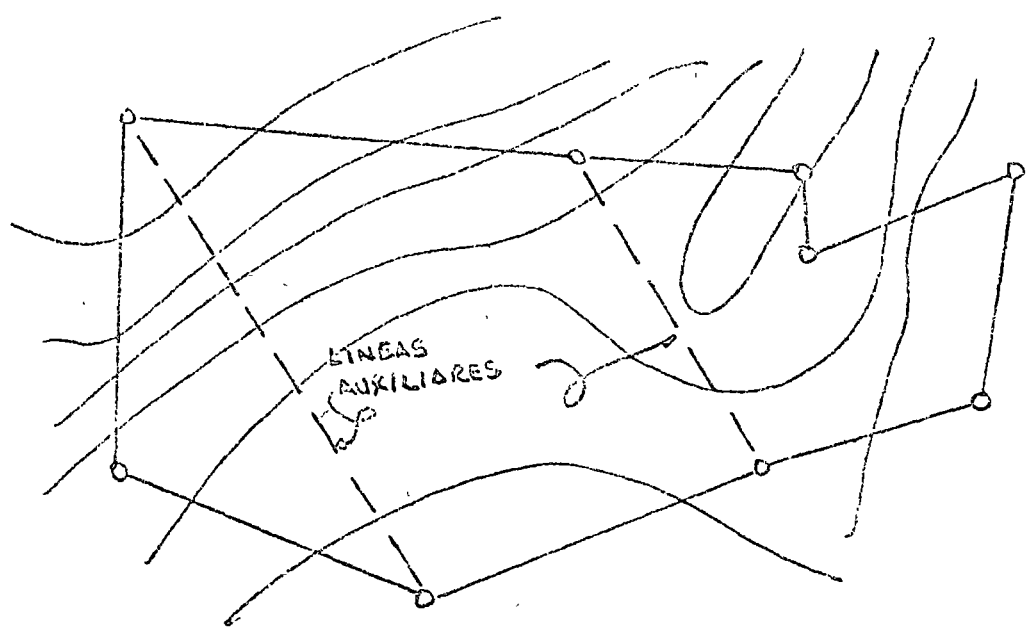
Las areas de las manzanas y lotes deben ajustarse a las especificaciones, y si existen pequeñas diferencias se necesitan ajustes en relación con los datos del terreno, posteriormente en el replanteo se llega a tener gran precisión si se trabajó con datos aceptables.

1- DIST. DE AJUSTE

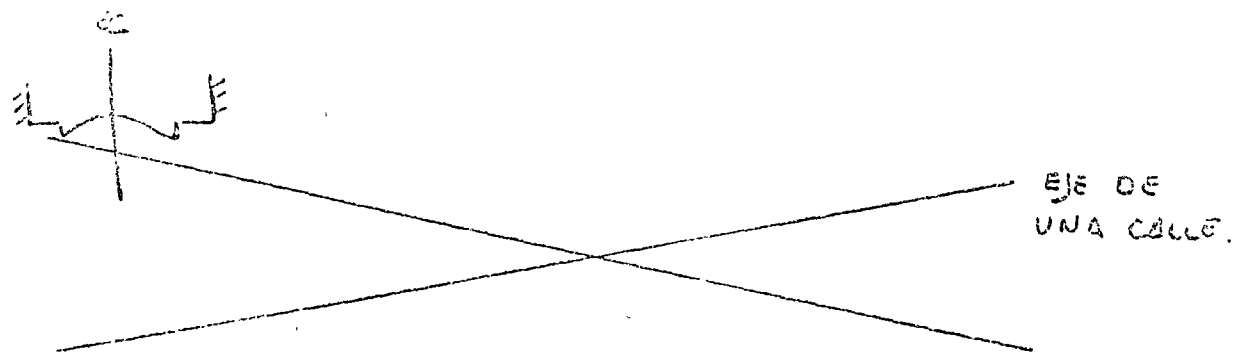
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

7.7 Apoyo topográfico

Contando con poligonales de envolventes se pueden ir localizando puntos y distancias que sirven de apoyo.



Por la misma razón, el obtener los desniveles y curvas de nivel, permiten tener el apoyo vertical.



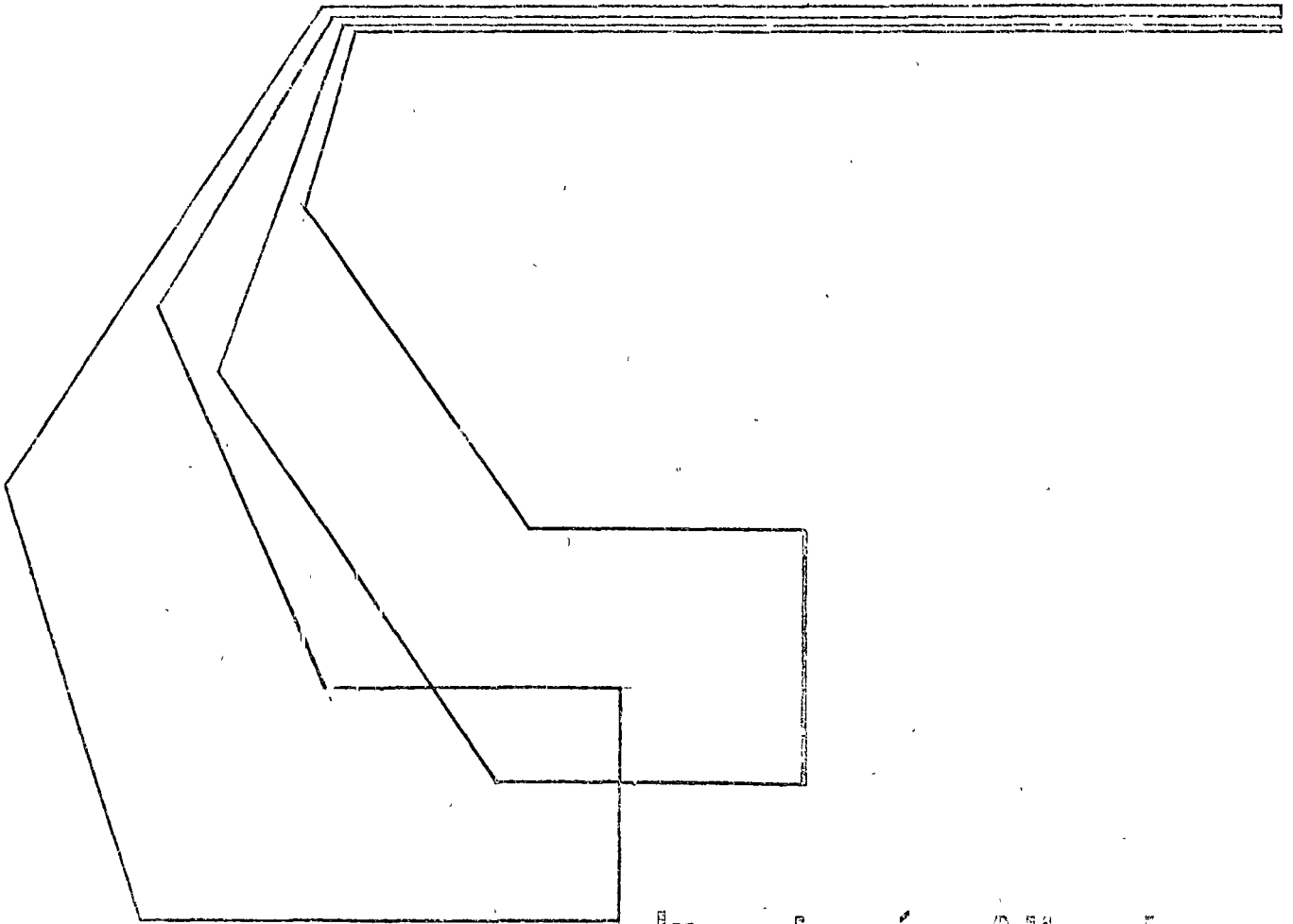




tema 8

---

# trazo de fraccionamientos



Ing. Jesús Albo Lara

---

## 8.- TRAZO DE FRACCIONAMIENTOS

La operación de trazo de fraccionamientos se puede interpretar de dos maneras:

- a) relativa de la composición del proyecto utilizando el plano topográfico
- b) relativa al replanteo o sea el trazo de los datos del proyecto en el terreno

Para la elaboración del proyecto se consideran los elementos: topográficos, de estética, de funcionabilidad, del tipo de fraccionamiento que se desea según el reglamento, etc.

El primer problema que se tiene que resolver es el de obtener un plano que contenga datos planimétricos y altimétricos y de orientación, apegado a la forma real del terreno con todos sus puntos interesantes, es decir, desniveles, obstáculos, límites del predio, etc.

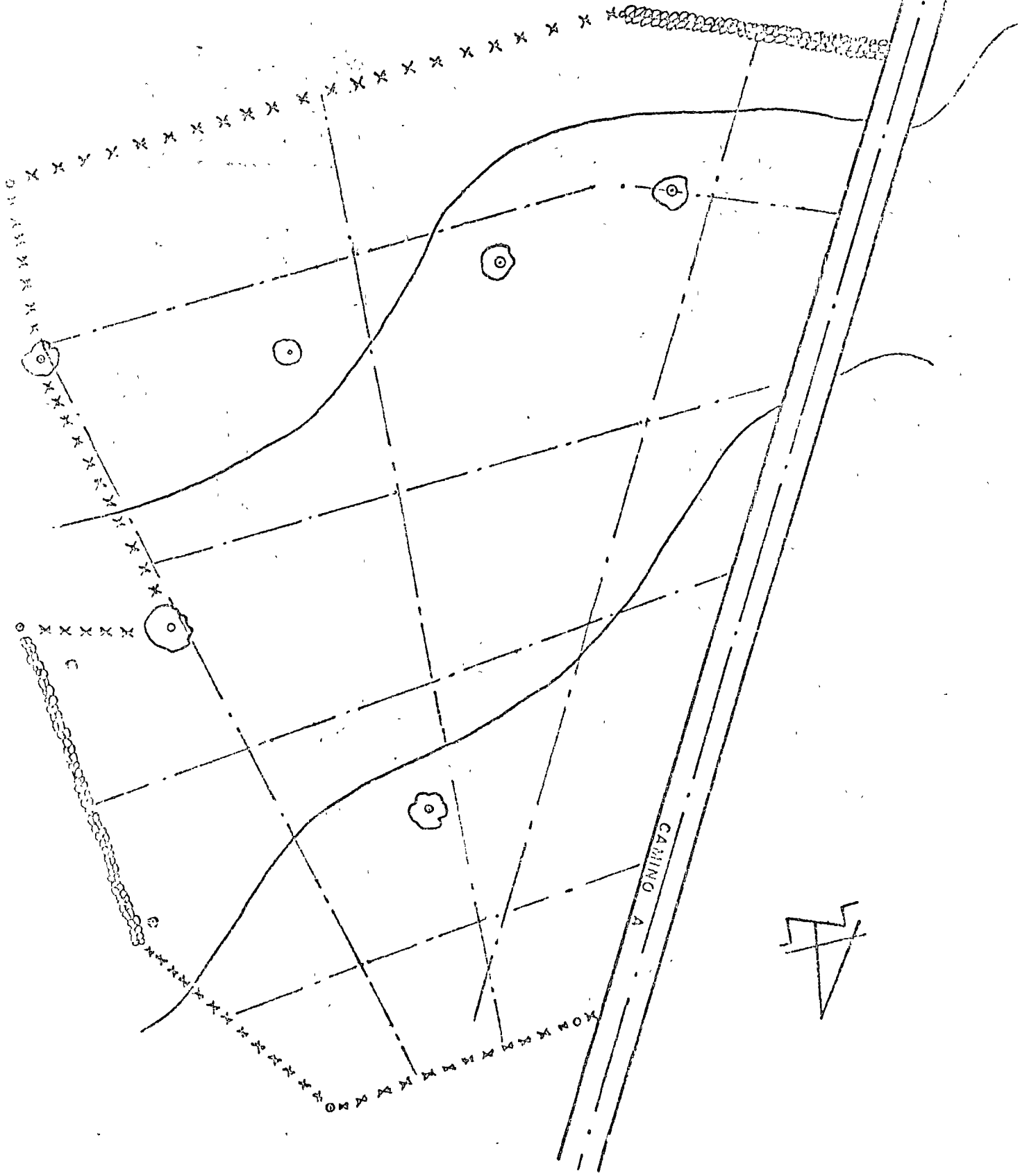
El procedimiento de levantamiento de datos que puede seguirse es el siguiente:

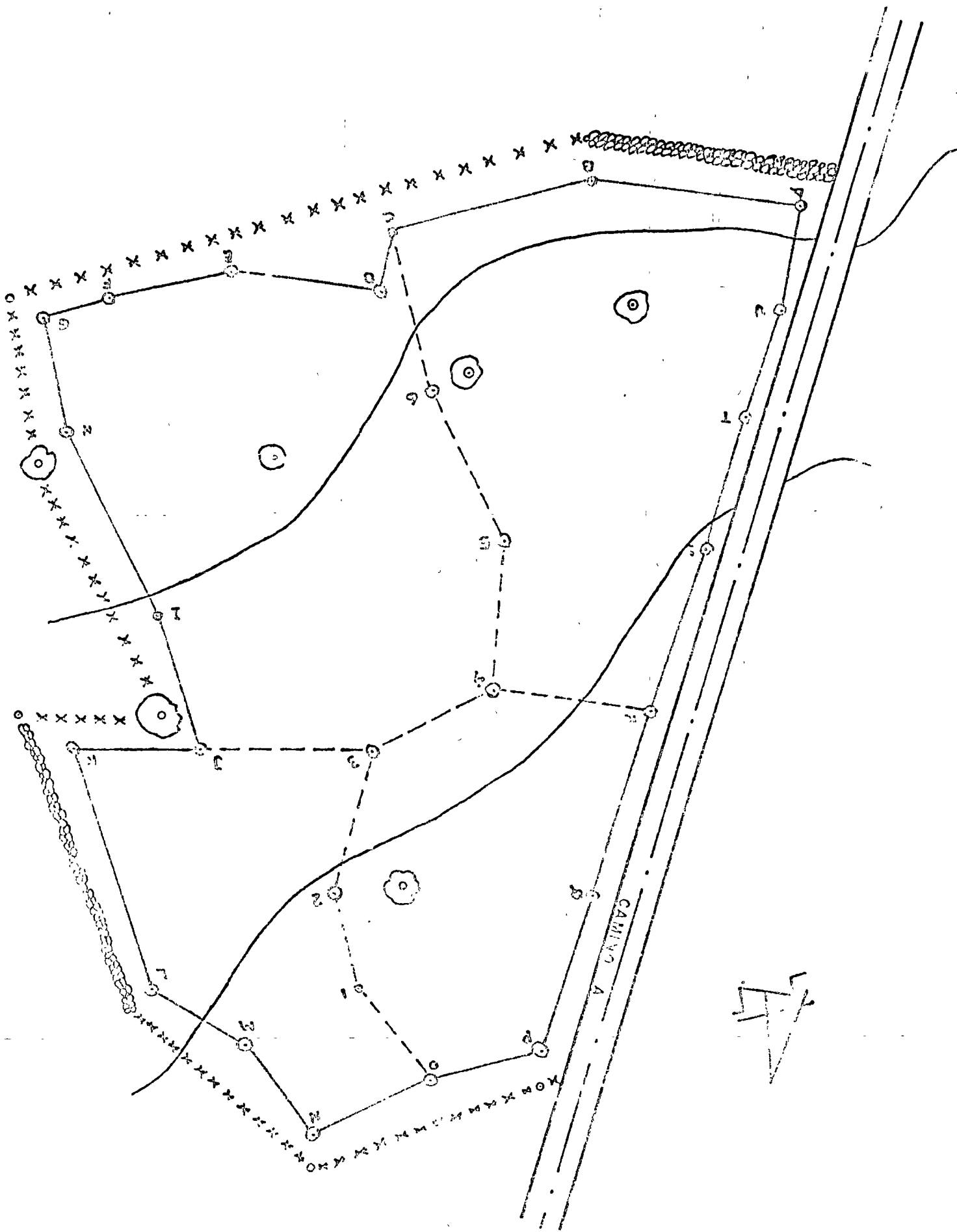
- a) realizar una poligonal envolvente y colocar vértices desde donde, se pueden radiar los puntos o vértices que indiquen límites o construcción existentes.
- b) Se puede utilizar la estadia para medir las elevaciones de los terrenos con la ventaja de que a partir de un punto o vértice directamente se obtiene la distancia y elevación, así como la dirección.

El procedimiento a seguir cuando se hacen poligonales interiores es semejante, es decir: se procede a levantar datos existentes a partir de una poligonal interior, radiando los puntos que interesen y efectuando nivelaciones para darle elevación a los vértices de poligonal; radiando hacia el interior con la idea de tener elevaciones de punto que completen el plano topográfico.

Con las cotas o elevaciones y la planimetría se pueden marcar las curvas de nivel a la equidistancia que se desee.

Estas se pueden interpolar o extrapolar, lográndose con esto un plano listo para el proyecto.





El proyecto del fraccionamiento, propiamente dicho se inicia desde el momento que se liga el tipo de éste, ya que, desde ese momento se tiene el dato del área mínima de los lotes y tipo de urbanización requerida.

Considerando los aspectos de orientación, estética, funcionalidad, etc., se elabora el proyecto el cual tiene que estar orientado, ya sea con observaciones a astros o por medio de la brújula.

El problema del trazado en el campo aún no se inicia, en razón de que, muchas veces los datos que permitieron el levantamiento del terreno se utilizaron únicamente como un paso para obtener el plano. Por esta razón es recomendable que cada vértice de la poligonal-base del levantamiento quede firme, es decir, con vértices claramente identificados, referidos con distancias y posiciones a puntos interesantes.

Ya hemos mencionado lo que son los puntos interesantes, -- pero no está por demás repetir son aquellos donde cambia la pendiente, se presenta un obstáculo, se necesita una cota, etc.

Con el plano de proyecto se estudian y comparan las instalaciones existentes que aparecen, se observan detalles que están indicados en el plano y que en el terreno deben de aparecer.

Ya compenetrado en el proyecto y en el terreno se trazan en el plano los ejes de las calles.

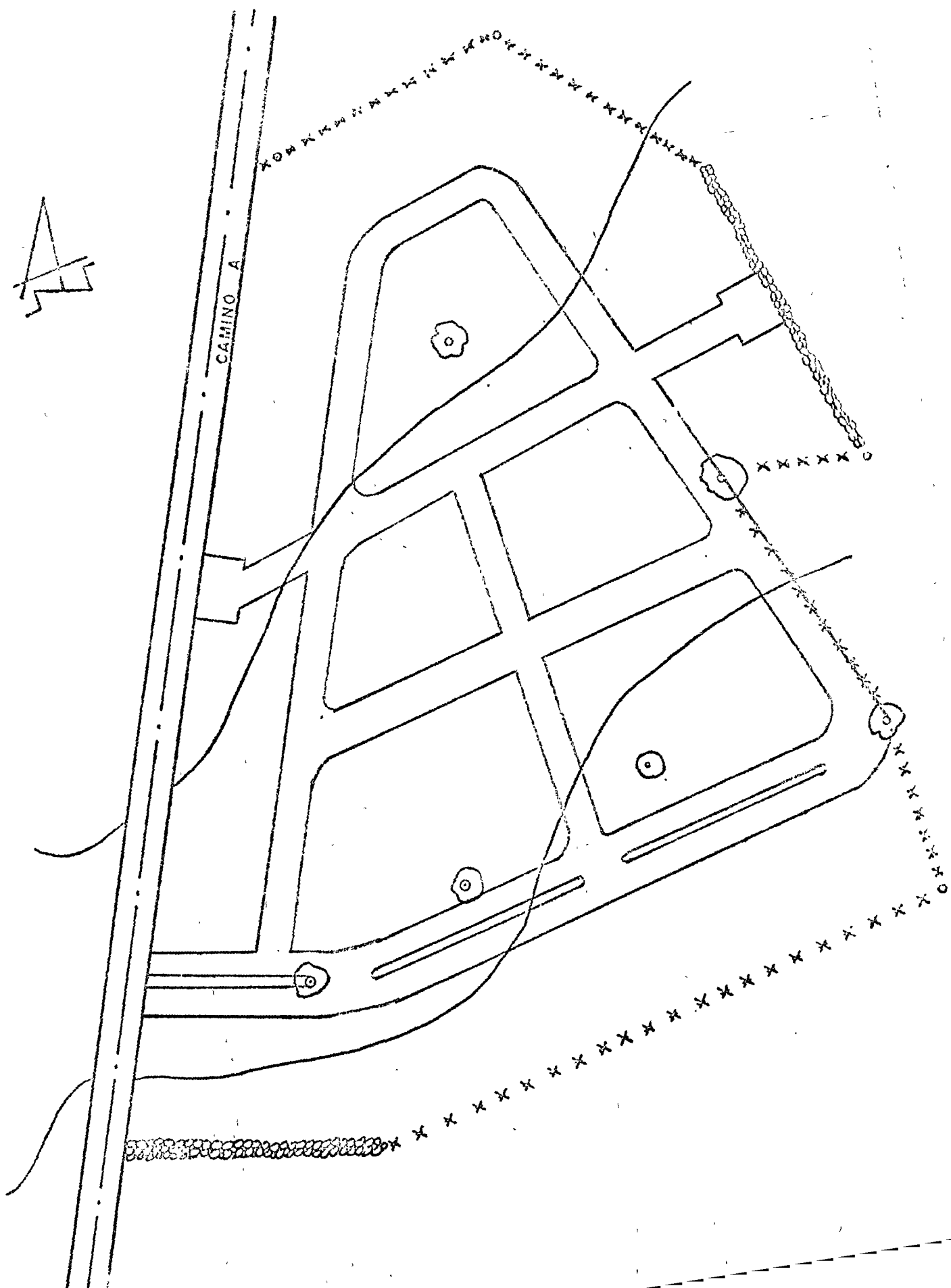
Debe recordarse que desde que se inició el levantamiento -- hasta que se logró el proyecto y que este fue aceptado por las autoridades, ha transcurrido un tiempo grande, en que se pueden perder algunos vértices de la poligonal que sirvió de apoyo, muchas veces se pierden todos los puntos, cuando esto sucede se necesita marcar una nueva poligonal, haciendo el estacado y la identificación de cada vértice para que sirva de base al trazado de los ejes de las calles.

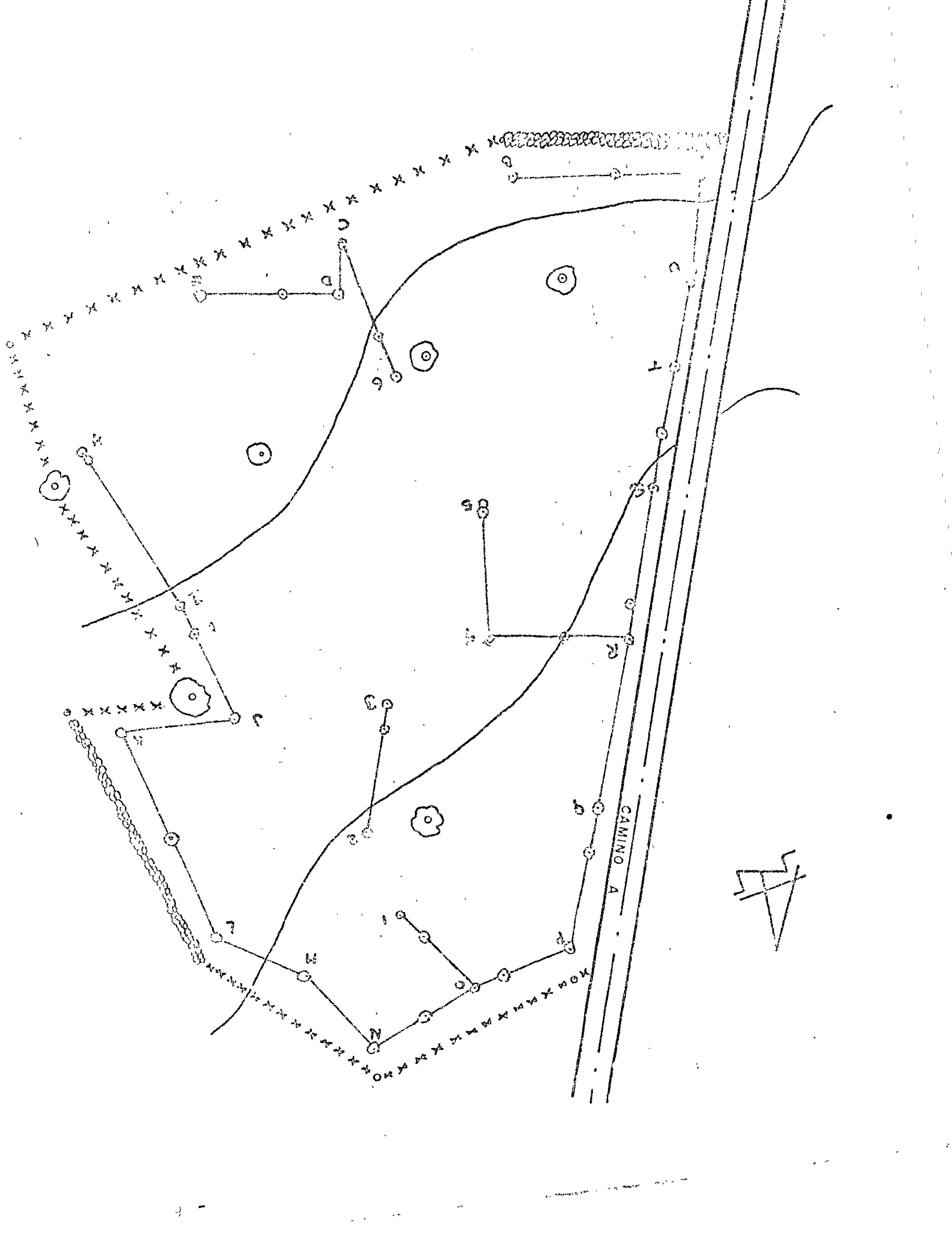
El procedimiento que se debe seguir es el siguiente y considero que es el mejor por tener muchas maneras de comprobar en el ajuste de distancias y ángulos:

- a) se traza y marcan en el terreno los vértices de la poligonal de apoyo
- b) se miden las distancias horizontales y los ángulos con tránsito
- c) se empieza en puntos o lados claramente identificados
- d) Con las distancias entre vértices y los ángulos se --



CAMINO A







calcula la poligonal procurando que este dentro de las tolerancias aceptadas para el caso.

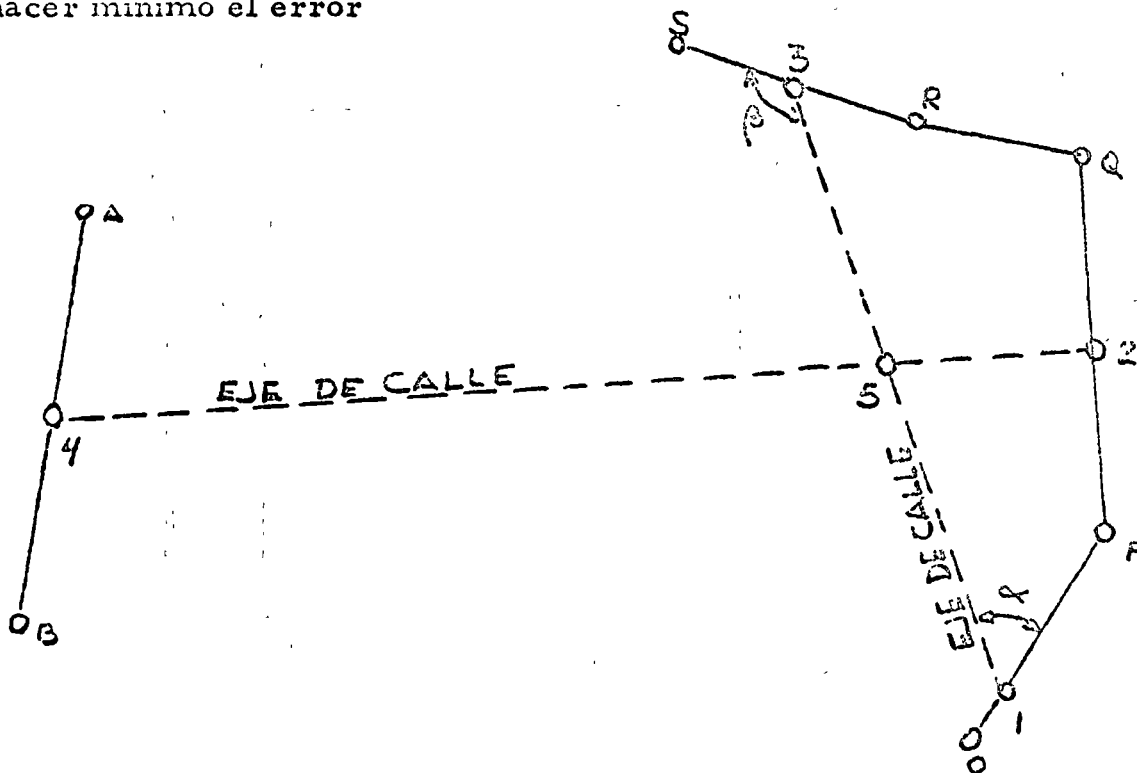
- e) Se determinan las coordenadas de los puntos y se dibuja la poligonal en el plano del proyecto.
- f) Ya con la poligonal dibujada en el proyecto, se dibujan los ejes de las calles, prolongando las alineaciones de éste hasta cortar con las líneas de la poligonal.

En este inciso se identifican claramente los vértices de los ejes de las calles y se determinan las coordenadas de estos cruces -- con la poligonal.

**Ventajas:**

- 1) se pueden determinar distancias a partir de las coordenadas.
- 2) Se pueden obtener ángulos y direcciones.
- 3) Se pueden comprobar los datos en el terreno y hacer ajustes topográficos.

Con los cruces entre ejes se pueden determinar las coordenadas de estos por dos o más caminos ajustando las diferencias hasta hacer mínimo el error



Por ejemplo:

- del lado OP se determina la coordenada del cruce con la poligonal 1
- se determina el ángulo  $\alpha$
- del lado RS se determina la coordenada de 3
- se determina el ángulo  $\beta$

Con estos valores se puede obtener la distancia  $\overline{1-3}$ .

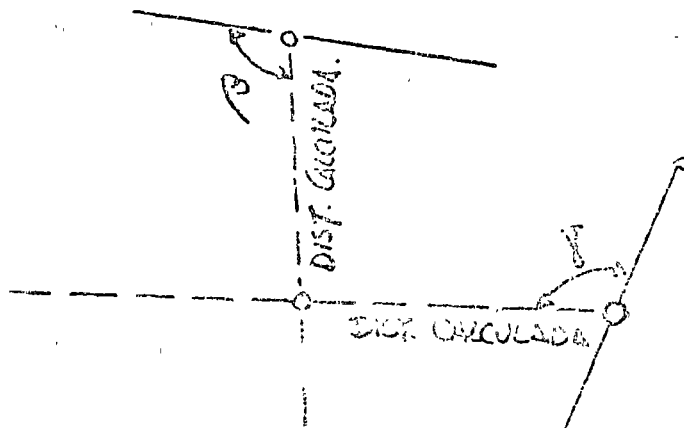
Para el lado  $\overline{A-B}$  y  $\overline{P-Q}$  se sigue el mismo procedimiento y se obtiene la distancia 4-2 así como los ángulos o rumbos medidos de 2 y de 4.

En el plano se puede medir gráficamente las distancias al punto 5, pero por medio del cálculo se determinan éstas utilizando la Geometría Analítica, y por medio de los rumbos.

### 3.1.- Eje de las calles

Después de todo el procedimiento de cálculo realizado en gabinete y comprobado en el campo se realiza el trazado de ejes de calles.

- del vértice del cruce y con el ángulo calculado se mide la distancia al punto que se desea marcar
- de otro vértice se efectúa la misma operación
- se observará que de esta manera no van a coincidir las distancias debido a los errores inherentes a la medida de distancias y ángulos por lo que habrá necesidad de ajustar distancias.
- otra manera más efectiva es la de marcar el cruce de las dos direcciones por ejemplo de 2 y de 3 a partir de los ángulos.



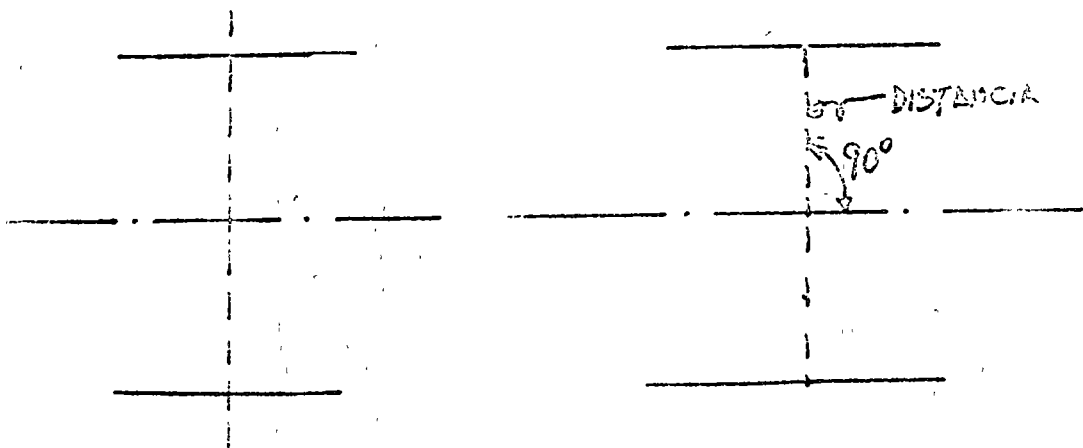
Se observará que siguiendo este procedimiento se tendrá un esqueleto de todos los cruces de ejes de las calles que proporcionará las siguientes ventajas:

- a) se revisará el área entre manzanas
- b) se comprobará la lotificación
- c) se podrá estacar fácilmente cada paramento
- d) se comprobarán las distancias entre cruces de ejes entre la realidad y el proyecto, por los errores que se cometen en el dibujo, y por los errores que se cometen en la Topografía.

### 8.2 Ancho de vialidades

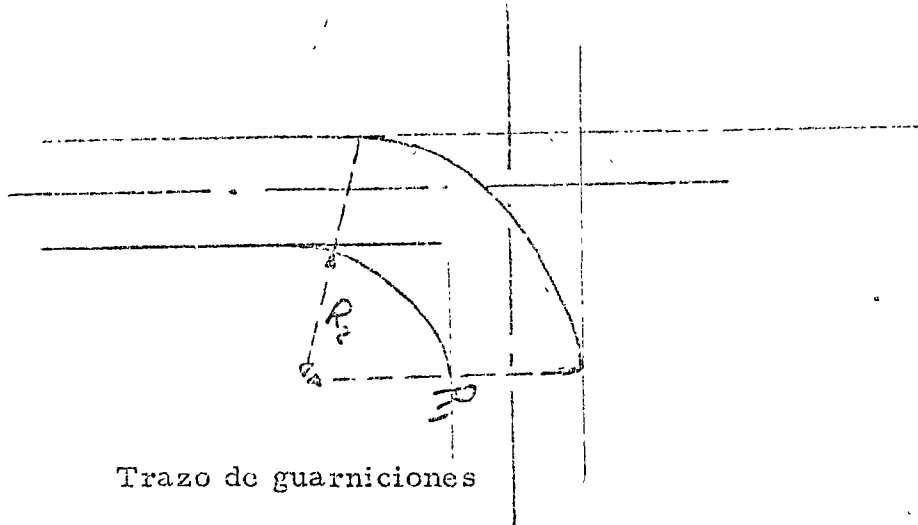
Las vialidades se pueden trazar con tránsito o con cinta exclusivamente.

Se coloca una estaca en el eje de la calle y desde ésta se miden  $90^\circ$  con el tránsito y se dá el medio ancho de la calle en distancia.



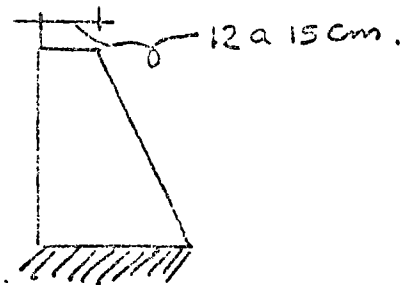
Colocados los puntos se pueden comprobar puntos intermedios que deben corresponder a los alineamientos de la calle.

Una cosa muy importante es el considerar que las curvas deben trazarse considerando variable el radio de curva como  $R_1$  y  $R_2$

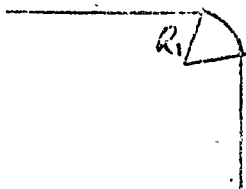


### 8.3 Trazo de guarniciones

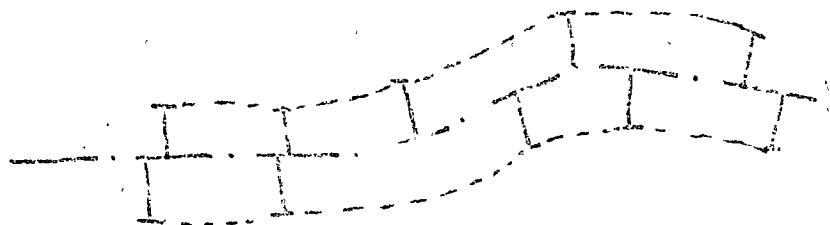
Las guarniciones tienen un espesor en la corona de aproximadamente 12 a 15 cm.



Generalmente se coloca el molde de acero y se le da la curvatura requerida considerando únicamente la tangencia del límite de ancho de vialidad, debido a lo corto de la longitud de curva. Pero en curvas grandes deben trazarse con tránsito considerando el radio de curvatura y las deflexiones.

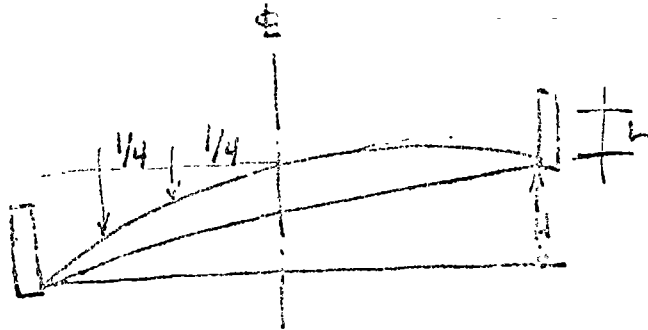


En calles que el eje no se conserva recto se debe seguir en cada caso el trazado de curvas del eje y tomar un escantillon (medida fija) para el trazo.



#### 8.4 Bombeo de calle

En el manejo topográfico del bombeo de una calle, sería muy latoso, llevar el cálculo en cada caso por eso se hace un escantillon -- considerando únicamente el desnivel entre guarniciones



Con el escantillón se marca lo que va curveando la calle y se traza rápidamente colocando puntos que den el nivel.

#### 8.5 Subrasante de la calle

La subrasante de una calle se realiza en la misma forma -- que un camino, es decir, del perfil longitudinal se acepta una rasante -- con la que se ejecuta el movimiento de tierras.

#### 8.6 Proyecto del pavimento

Durante el proceso de construcción se consideran dos tipos -- de superficies de rodamiento y se escoge una según la elección del suelo o tipo de vehículos

a) pavimentos flexibles

b) pavimentos rígidos

Como pavimentos rígidos se consideran los hechos por medio de una losa de concreto hidráulico con espesor y resistencia suficiente para resistir ciertos tipos de tráfico.

En los pavimentos flexibles se considera que una carga puede disiparse transmitiéndola al terreno a través de capas sucesivas de material granular. Es decir, "la intensidad de la carga disminuye en proporción geométrica cuando se transmite hacia abajo de la superficie" de aquí que, entre más profunda es la acción de una carga, menor será la calidad del poder portante.

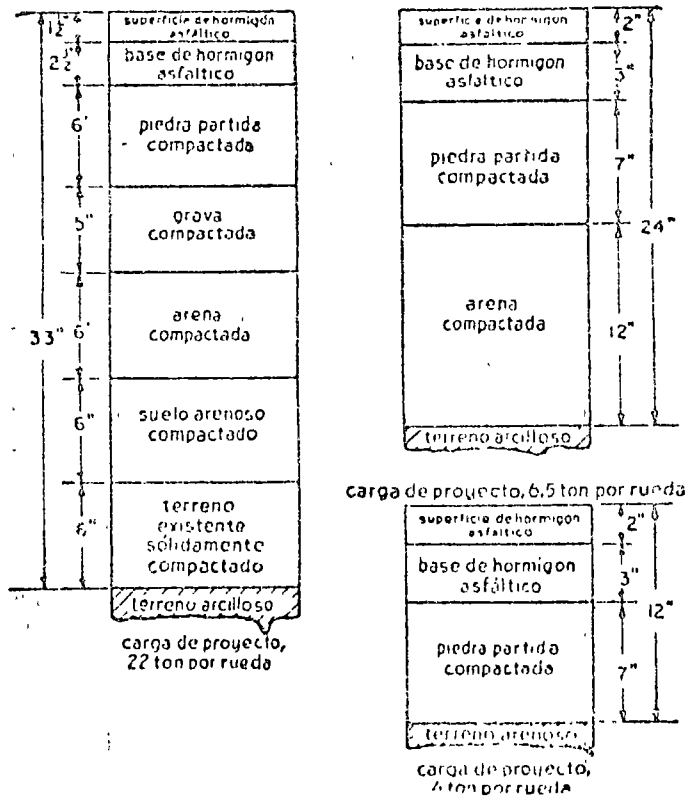
En los pavimentos flexibles se emplea el concreto asfáltico en caliente, el espesor varíade acuerdo con la intensidad de la carga (entre 7.5 cm a 15 cm).

Debajo del pavimento se emplea una base granular con va $\dot{u}$ ros que no pasan de 12 mm.

Comúnmente para lograr mayor resistencia en el pavimento en la subbase se utiliza una capa de base granular, que puede ser, arena, grava cementada, abajo puede estar el terreno natural.

### 3.7 El cajón o caja

Se le llama cajón o caja a la excavación que se realiza con el fin de efectuar los distintos tipos de materiales compactados para que el pavimento logre la resistencia deseada.



· Estructura de pavimento flexible para carretera.

*Análisis del tráfico.*—El análisis del tráfico se ha convertido actualmente en una ciencia por sí mismo. Los contadores de tráfico y otros sistemas han permitido a los organismos de la Administración, a los ingenieros consultantes y a otros que trabajan en la fase de proyecto de las carreteras, llevar el análisis de tráfico a un alto punto de perfección. En cualquier proyecto inteligente es esencial un análisis de tráfico completo. El analista de tráfico debe proporcionar información que permita al proyectista determinar el número medio de vehículos que pasa sobre el camino por día, así como el peso de los respectivos vehículos.

**Determinación del espesor de base y pavimentos. Historia.**—La ciencia de determinar el espesor adecuado de los pavimentos flexibles es relativamente nueva; el primer método publicado fue la regla de Massachusetts, dada en el octavo informe anual de la Massachusetts Highway Commission en 1901. Se definía como sigue: «En un camino construido con fragmentos de piedra machacada, la presión se distribuye hacia abajo según una línea que forma un ángulo de 45° con la horizontal y se distribuye sobre un área igual al cuadrado del doble del espesor de la piedra partida». Algebraicamente, puede escribirse así:

$$t = 0.5 \sqrt{\frac{P}{q}}$$

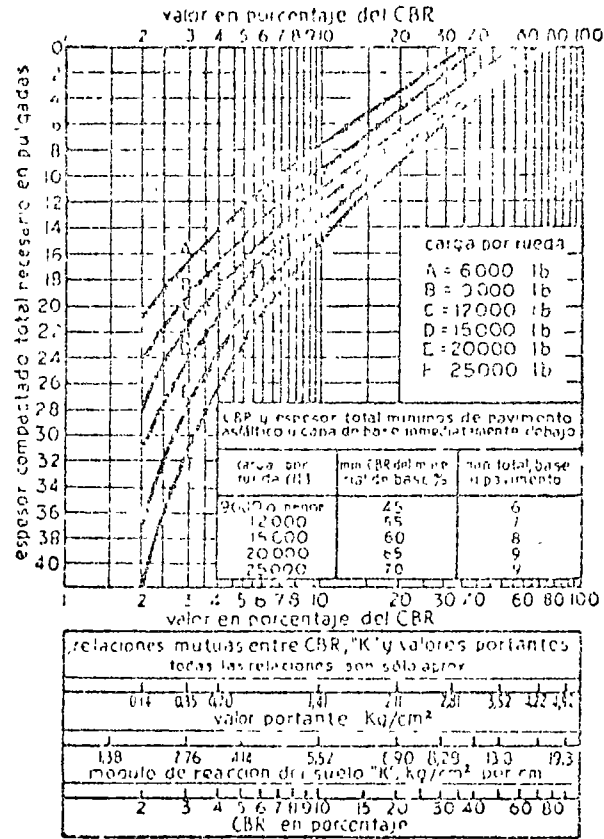
donde

- $t$  = espesor del pavimento, en centímetros;
- $P$  = carga por rueda, en kilogramos;
- $q$  = poder portante del terreno, en kilogramos por centímetro cuadrado.

No se daba el método para determinar el valor portante de un terreno. Durante los treinta y tres años siguientes se sugirieron diversas ecuaciones para determinar los espesores de pavimento y base, todas las cuales incluían la expresión  $\sqrt{\frac{P}{q}}$ . El que atrajo mayor atención fue el sugerido por B. E. Gray, que damos a continuación:

$$t = 0.564 \sqrt{\frac{P}{q}} - a,$$

donde  $a$  = radio de un círculo con igual área que la huella del neumático. El significado de los otros símbolos se indica a continuación de la ecuación



-Abaco para proyecto de pavimentos flexibles<sup>1, 2</sup>.

<sup>1</sup> Cuando el abaco indica espesores menores que los mínimos especificados en la tabla, se toman los datos de esta

<sup>2</sup> El CBR se determina para una penetración de 0,1 pulg (0,25 cm)



Método del cono de Dakota del Norte — Keith Boyd desarrolló el ensayo del cono de Dakota del Norte y propuso la siguiente ecuación para determinar el espesor del pavimento:

$$t = \frac{65,7}{\sqrt{0,3 \cdot a}}$$

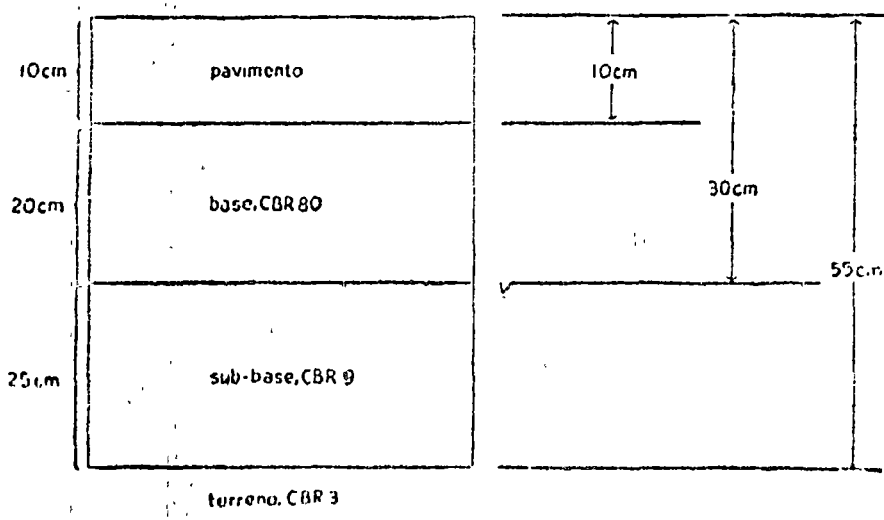
donde

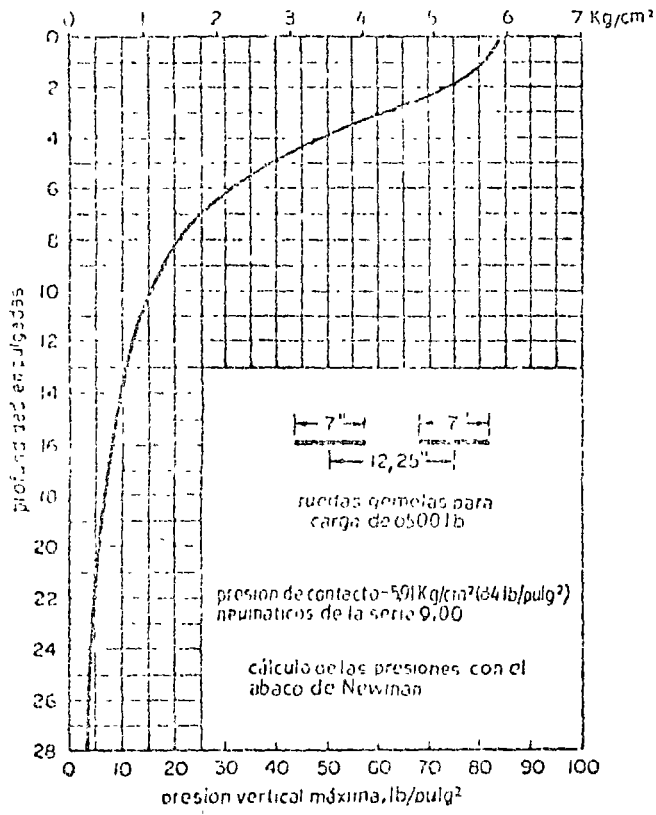
- t* es el espesor de base y pavimento en pulgadas, y
- a*, el valor portante en libras por pulgada cuadrada deducido por penetración del cono.

La ecuación se desarrolló empíricamente sobre la base de datos tomados de muchas carreteras.

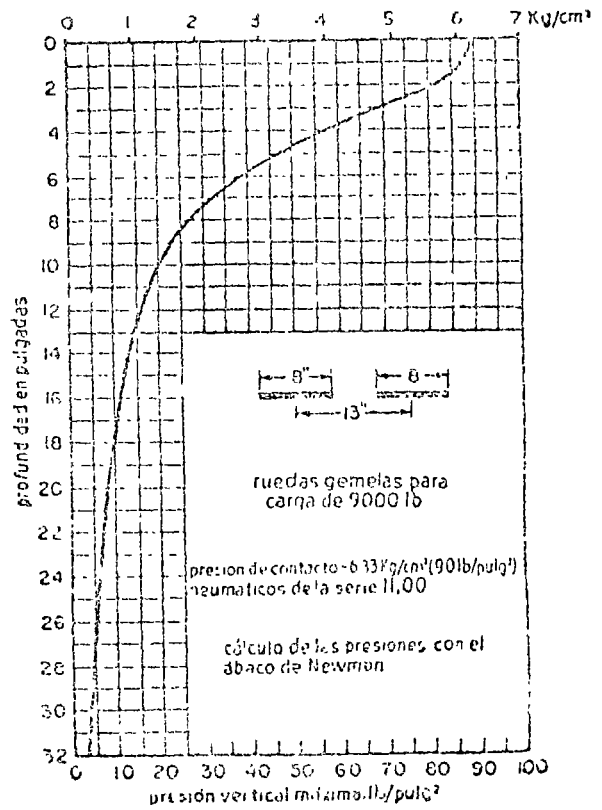
California Bearing Ratio — O. J. Porter, en colaboración con el U. S. Army Corps of Engineers, ha desarrollado una serie de curvas a las que se alude en general como curvas CBR. El nombre se deriva del hecho de que la *California Bearing Ratio* se emplea para la determinación de los espesores de pavimentos a partir de los gráficos.

EJEMPLO.—Hay que construir un camino sobre una arcilla de baja calidad cuyo CBR es de 3. La carga por rueda es de 5,44 ton. Como material de subbase se dispone de un material arenoso con un CBR mínimo de 9. La base será de piedra partida con un CBR de 80. Como capa superficial se empleará hormigón asfáltico.

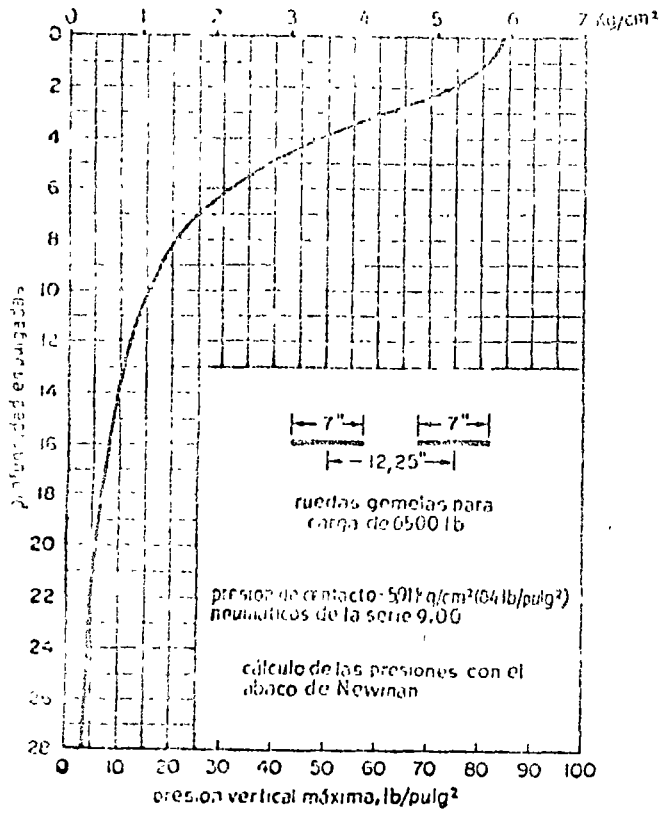




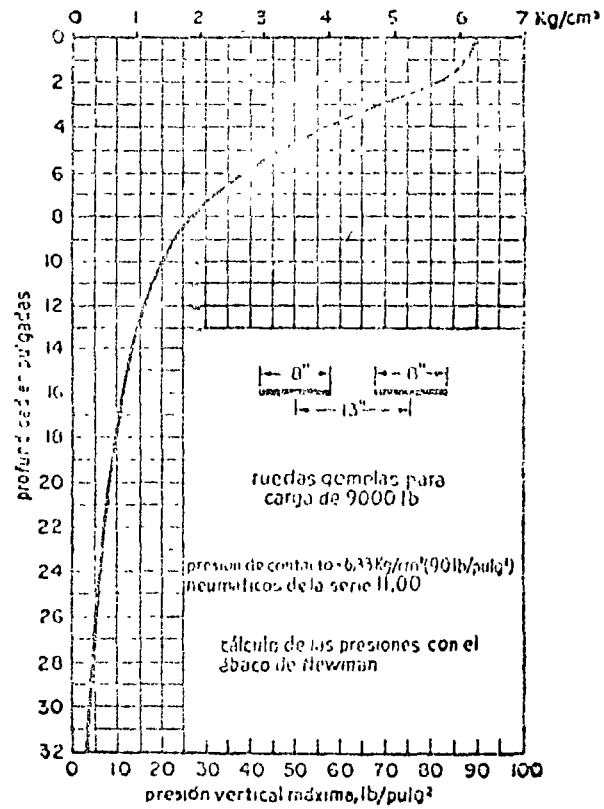
- Presión vertical máxima. (Ruedas gemelas para carga de 6500 lb) (2,95 ton).



- Presión vertical máxima (Ruedas gemelas para cargas de 9000 lb) (4,08 ton).



— Presión vertical máxima. (Ruedas gemelas para carga de 6500 lb) (2,95 ton).



— Presión vertical máxima. (Ruedas gemelas para cargas de 9000 lb) (4,08 ton).

El espesor total incluye:

- a) capa de superficie
- b) base de alta calidad
- c) subbase

El Instituto del Asfalto da:

a) superficie de concreto asfáltico

- 2 pulgadas (5.08 cm) para tráfico ligero
- 3 " (7.62 cm) para medio
- 4 " (10.16 cm) para pesado

### 8.10 Banquetas y lotificación

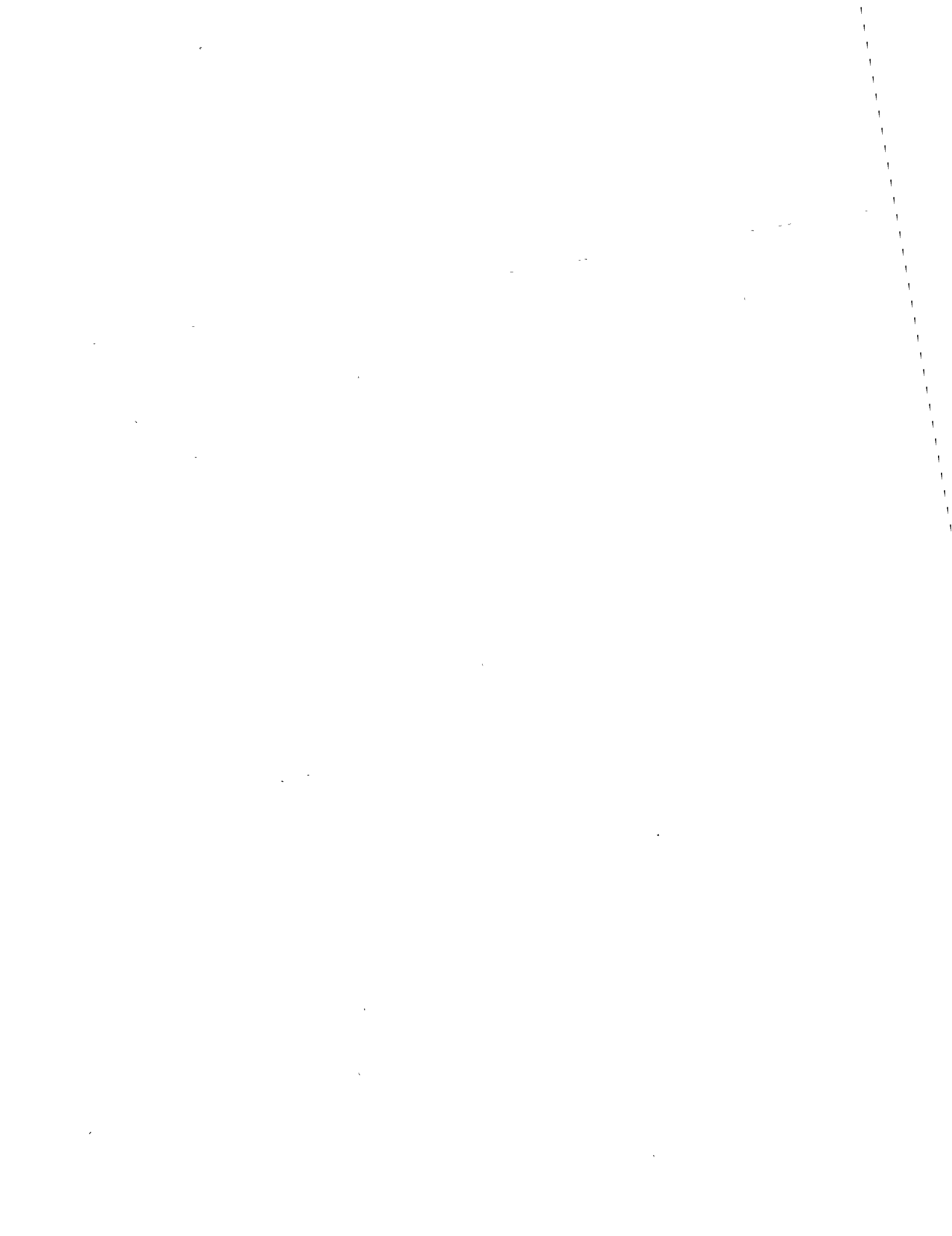
Realizada la pavimentación se procede a construir las banquetas las cuales puede ser de concreto pobre o bien en las entradas a garages de concreto un poco más resistente.

La lotificación se obtiene con los paramentos o línea de paramentos.

Pero si Ac lotificar existen pequeñas diferencias en distancias estas deben modificarse en + 0 - en relación con los paramentos.

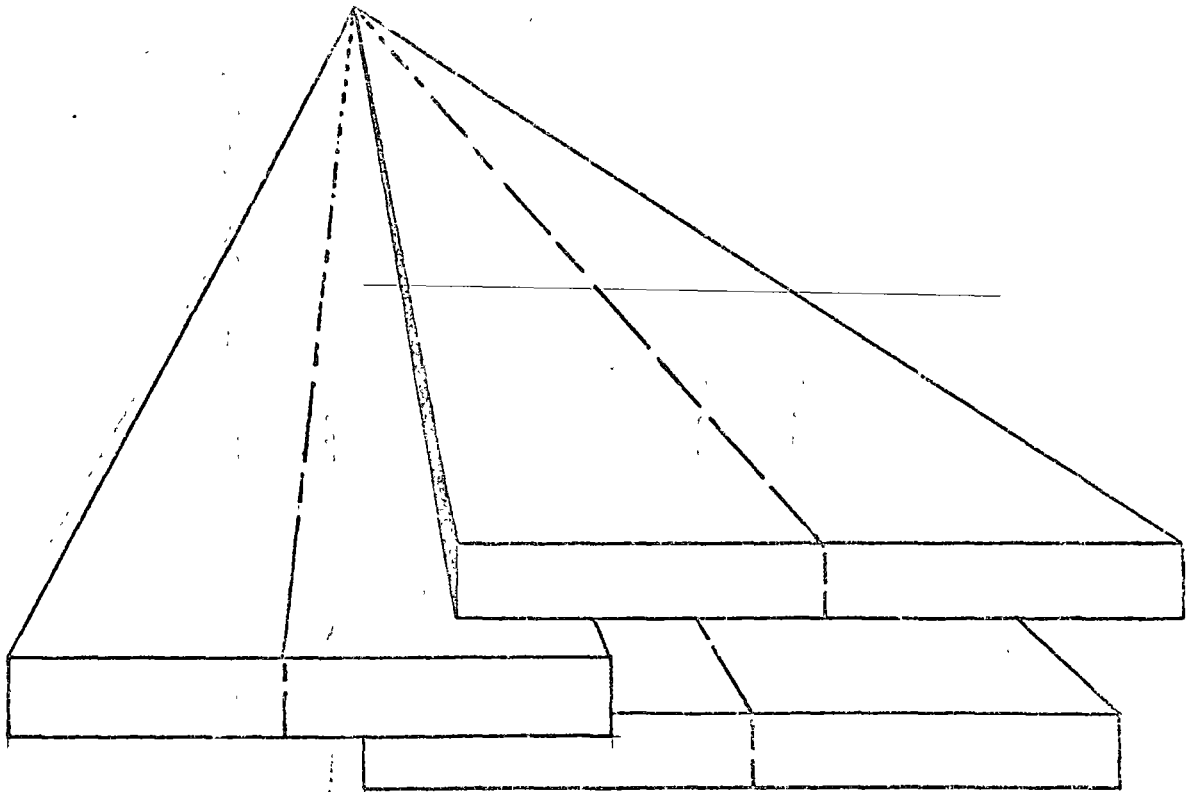
### 8.11 Control de puntos

El mejor control de puntos es fijar con varillas o estacas los vértices que se consideren más importantes, de una manera fija y poder medir cada vez que se requiera a partir de estos, de tal manera que no se tenga que repetir una operación complicada de medida de ángulos y distancias.



# carreteras

( PROYECCION HORIZONTAL )



Ing. Salvador Canals de la Parra

t e m a 9 y 10

## 9.- CARRETERAS

### 9.1 Proyección horizontal

El plano que contiene a escala la proyección horizontal de una carretera se llama la Planta, se traza en general sobre un plano-topográfico a escala 1:2000 y con curvas de nivel a cada metro o a cada dos metros.

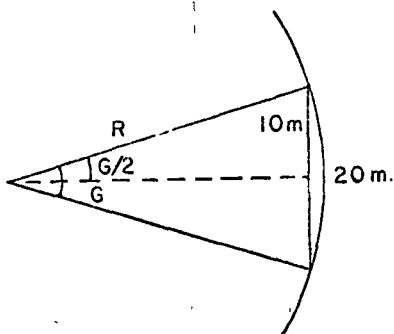
Para llegar al proyecto definitivo de un camino se procede primero a hacer reconocimientos preliminares de la ruta aproximada propuesta con él, a fin de ver las posibilidades de su construcción o las modificaciones que tendrán que hacerse al proyectarla definitivamente.

En el plano topográfico antes mencionado un reconocimiento preliminar vendría siendo la línea a pelo de tierra, que consiste en unir con líneas rectas de longitud pequeña y a la escala 1:2000, (5 cm = 100 m; 2 cm = 40 m; 1 cm = 20 m) puntos alineados con una pendiente aceptable dentro de las especificaciones del camino.

Esta línea a pelo de tierra servirá como guía para proyectar el trazo definitivo de la línea, pues acomodando líneas rectas (tangentes) y curvas que queden alojadas en la cercanía de dicha línea a pelo de tierra, o que se confundan con ella, tendremos el proyecto definitivo del camino.

### 9.2 Enlaces entre tangentes

Para unir dos tramos rectos en una carretera se hace uso de las curvas, éstas podrán ser simples o compuestas; las curvas simples son de tipo circular y las compuestas consisten en unir varias curvas circulares al principio y al fin de una curva circular de tal manera de ir aumentando o disminuyendo paulatinamente el grado de curvatura desde la tangente (0°) hasta la curva circular propiamente dicha (curvas espirales de transición).



Por lo tanto el valor del radio será igual a:

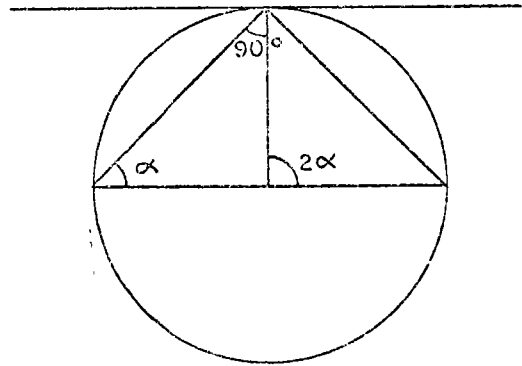
$$R = \frac{10 \text{ m}}{\text{sen } G/2} \quad \text{para simplificar esta fórmula}$$

se puede escribir:

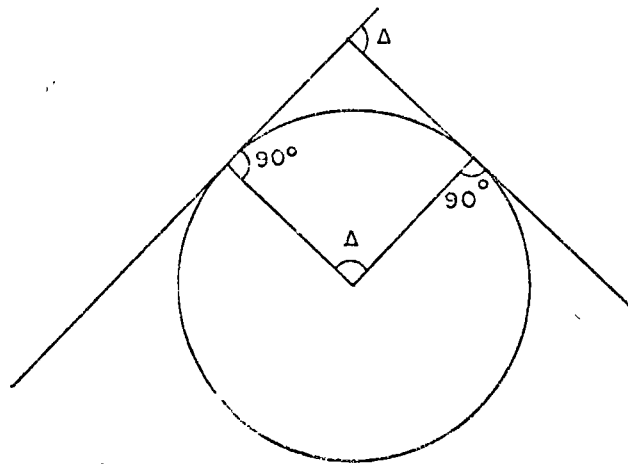
$$R = \frac{1.145.9 \text{ m}}{G}$$

Las curvas circulares tienen varias propiedades que es conveniente recordar:

- 1° Las tangentes son perpendiculares a los radios en los puntos de tangencia
- 2° Los ángulos centrales de una circunferencia tienen el doble del valor de los ángulos exteriores que subtienden -- una misma cuerda



- 3° La deflexión entre dos tangentes es igual al ángulo central de los dos radios normales a dichas tangentes.





Por lo anterior se deduce que ya que el ángulo central que subtende una cuerda de 20 m., es igual al grado de curvatura, la deflexión por cuerda de 20 m., obra igual a la mitad del grado de curvatura.

Para curvas de menos de 10° se usarán para su trazo cuerdas de 20 m.; para curvas de 10° a 20° se usarán cuerdas de 10 m., y para curvas de más de 20° se usarán cuerdas de 5 m.

Para ayudar a vencer la fuerza centrífuga que se origina al tomar con un vehículo una curva horizontal se le pondrá a la superficie de rodamiento de la carretera una sobreelevación, esta sobreelevación puede calcularse para una velocidad fija de operación y de esa manera puede contrarrestar completamente la fuerza centrífuga (ésto se puede hacer en un autódromo) pero como en una carretera se encuentran vehículos muy diversos, desde un automovil que viaja a altas velocidades, hasta un camión cargado que se desplaza casi a vuelta de rueda, se ha encontrado que las sobreelevaciones más convenientes son las expresadas en la siguiente tabla:

Grado de la curva hasta de	Sobreelevación en %
2°	2%
2° 30'	4%
3°	6%
3° 30'	7.4%
4°	8.5%
4° 30'	9.3%
5°	10.0%
5° 30'	11.0%
6°	11.0%
6° 30'	11.4%
7°	11.7%
8°	12.3%
9°	12.6%
10°	12.8%
Más de 10°	12.8%

Nunca deberá excederse una sobreelevación del 13%, pues se puede provocar la volcadura de un camión cargado del tipo "trailer"

Las curvas de sentidos contrarios tendrán sobreelevaciones también de sentidos contrarios, entonces para poder cambiar de una sobreelevación a otra de sentido contrario es necesario se haga paulatinamente, el tramo de camino que se emplea para estas transiciones son las tangentes de transición o las curvas espirales de transición; -- los valores de estas tangentes de transición están dadas por la tabla siguiente:

Grado de la curva	TIPO DE CAMINO		
	Especial	A y B	C
hasta 2° 30'	40 m	15 m	10 m
3°	50 m	20 m	10 m
3° 30'	55 m	20 m	10 m
4°	60 m	20 m	10 m
4° 30'	70 m	20 m	10 m
5°	80 m	20 m	10 m
5° 30'	90 m	20 m	10 m
6°	100 m	25 m	15 m
6° 30'	100 m	25 m	15 m
7°	100 m	25 m	15 m
8°	100 m	30 m	15 m
9°	100 m	30 m	15 m
10°		30 m	20 m
hasta 14°		35 m	25 m
hasta 25°		40 m	30 m
hasta 40°		40 m	30 m

### 9.3 Estacas laterales

Todo camino necesita que los puntos trazados en el terreno de su proyecto, se referencien, ya que al actuar las máquinas para su construcción destruyen las señales que se dejaron y que se refieren al eje del mismo.

Estas referencias serán tanto de la proyección horizontal como de la vertical del camino y deberán quedar fuera de la zona de trabajo de las máquinas.

Como los taludes tanto de los cortes como de los terraple-



Se proyectan una franja sinuosa a los lados del camino es conveniente -- se señale la faja de terreno correspondiente a dicha zona de trabajo, el límite de la mencionada zona está dado por las estaciones laterales, -- las curvas se pondrán con la frecuencia con que se hicieron las secciones de construcción, es decir, a cada 20 m y donde se necesite por -- haber un cambio brusco en la topografía del lugar, estas secciones -- de construcción nos darán la topografía transversal del terreno y con el proyecto de la rasante y de los taludes nos marcarán el límite de -- la zona de trabajo del camino.

#### 9.4 Perfil

El perfil de un camino es la intersección del plano vertical que lo contiene con la superficie del terreno.

Se representa por las coordenadas "X" y "Y"; "X" es la -- distancia horizontal de cada punto desde el origen, "Y" es la eleva--- ción de esos mismos puntos sobre un plano de referencia.

El eje de las "X" corresponde a la medición horizontal de -- una línea, (planta); el eje de las "Y" corresponde a las cotas de esa -- misma línea (nivelación de perfil).

El perfil se debe dibujar en papel milimétrico opaco, que -- resista el maltrato de proyectar varias rasantes, con una escala hori -- zontal de 1:2000 y una escala vertical exagerada por lo menos diez ve -- ces, es decir: 1:200 ó mayor.

#### 9.5 Rasante

Se proyectan las rasantes que cumplan con las especifica-- ciones geométricas del camino, haciéndose varios tanteos con el fin -- de lograr la máxima economía, por tener el menor movimiento de tie -- rras y este movimiento compensado.

Estas rasantes es común que sufran modificaciones, por -- bien proyectadas que estén, debido a que los abundamientos reales no corresponden a los supuestos o a que es necesario subir la rasante en terrenos inundables, o a que hay necesidad de mover la línea horizon -- talmente para alojarla en un terreno más firme, sobre todo si el ca-- mino se encuentra en laderas muy inclinadas.

El cruce de dos rasantes nos ocasionará una curva vertical la cual deberá cumplir con las especificaciones de visibilidad de para -- da.



En la columna de las N se inicia con el número cero y se van poniendo la serie de los números enteros hasta terminar con la N calculada. Ej. si  $S_1 = 2\%$  y  $S_2 = -3\%$ ; N será igual a  $N = S_2 - S_1 = -3 - (2) = -5 = + 5$  pero aproximando al número par inmediato superior  $N = 6$

Se pondrá en la columna de la N: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6.

En el renglón de enmedio que le toca la  $N = 3$  se pondrá el cadenamamiento de PIV; al renglón anterior y que corresponde a la  $N = 2$  se pondrá un cadenamamiento 20 m menor; al renglón anterior que corresponde a la  $N = 1$  se pondrá un cadenamamiento con otros 20 m. menos; al renglón de la  $N = 0$ , el cadenamamiento bajará otros 20 m; al renglón de la  $N = 4$  se le pondrá un cadenamamiento de 20m. más que al PIV; al renglón  $N = 5$  tendrá el cadenamamiento con otros 20 m. más y el renglón  $N = 6$  tendrá sucesivamente un cadenamamiento 20 m mayor que el anterior.

La columna de las  $N^2$  se puede calcular viendo el valor de N que le corresponde.

La columna  $N^2 \times$  corrección en su primer renglón, por ser  $N^2 = 0$  vale cero.

El segundo renglón por valor  $N^2 = 1$  tendrá el valor de la corrección que es :  $Corrección = K \frac{S_2 - S_1}{10 N}$  el valor del numerador deberá hacerse exacto y con signo. Ej. con los valores de  $S_1$  y  $S_2$  dados anteriormente se obtendría

$$K = \frac{-3 - 2}{10 \times 6} = \frac{-5}{60} = - 0.08333$$

Los demás valores de la columna quedarían 0, -0.08333, -0.33333; -0.75, -1.33333, -2,08333 y 3.0.

Las cotas de la tangente de entrada se calculará a partir del PIV, hacia adelante y hacia atrás únicamente con el valor de  $S_1$ . Siguiendo el ejemplo si suponemos que el PIV tiene una cota de 75.87 m. y que está en el Km. 1+280, ya que el valor de  $S_1 = 2\%$ , es decir, sube 2 m., por cada 100 m., o lo que es lo mismo sube 0.40 m., por cada 20 m., que aumento su kilometraje y bajará 0.40 m., por cada 20 m., que disminuya su kilometraje; por lo tanto los valores de la columna "Cotas de la tangente de entrada serán: 74.67, 75.07, 75.47, 75.87, 76.27, 76.67, y 77.07.

Poniendo todos los valores en la tabla quedarían:

Estadamiento	N	N <sup>2</sup>	N <sup>2</sup> x correc.	Cota de la tangente de entrada	Cota de la curva	Observaciones
1+220	0	0	0	74.67		
1+240	1	1	-0.08333	75.07		
1+260	2	4	-0.33333	75.47		
1+280	3	9	-0.75	75.87		
1+300	4	16	-1.33333	76.27		
1+320	5	25	-2.08333	76.67		
1+340	6	36	-3.0	77.07		

Si sumamos algebraicamente las columnas N<sup>2</sup> x correción y cota de la tangente de Entrada ordenadamente renglón por renglón nos quedarían: 74.67; 74.9867; 75.1367; 75.12; 74.9467; 74.5867 74.07.

La comprobación quedaría al calcular el PTV a partir del PIV y la pendiente de la tangente de salida S<sub>2</sub> = -3%; S<sub>2</sub> valdrá --- 0.60 m a cada 20 m; por ser tres las estaciones entre el PIV y el PTV la variación será igual a =0.60 x 3 =-1.80 m., que restados a la cota del PIV = 75.87, nos dará = 74.07 igual a la calculada por medio de la parábola.

### 9.7 Compensación de pendientes por grado de curvatura

Como una curva horizontal significa una resistencia al avance, equivalente a un aumento en la pendiente y por lo tanto en las curvas no debe usarse la pendiente máxima que corresponda al camino según el terreno en que se aloja, sobre todo en tramos largos con pendiente máxima. No existe una especificación o cálculo de esa modificación de pendiente para compensar la curvatura horizontal, sin embargo se ha visto que una fórmula empírica satisface la compensación de esfuerzos por curvatura en las pendientes máximas, esta fórmula es:  $K = \frac{80}{R}$  en donde K = compensación en por ciento de

pendiente y R = Radio de la curva en metros. Ejemplo:

Una cuesta ascendente del 4% con una curva de 8° deberá compensarse de la siguiente manera:

$$8^\circ = 143 \text{ m. de radio}$$

$$K = \frac{80}{143} = 0.56$$

La pendiente que se deberá usar en esa curva será de ---  
 $i = 0.56 = 3.44\%$ .

Cambios de pendiente del 0.5% o menores no necesitan de una curva vertical.

## 9.8 Cubicación y movimiento de tierras

Habiéndose dibujado el perfil de la línea, proyectado las rasantes de la misma y los espesores de cada punto a cada veinte metros o menos de acuerdo a las necesidades, se procede a obtener las secciones transversales del terreno en los mismos puntos antes mencionados, se dibujan estas secciones a escala 1:50 horizontal y vertical, se obtiene su área y la cubicación respectiva por la semisuma de las áreas por la distancia

$$\left( \frac{A_1 + A_2}{2} \times D. \right)$$

Si se considera que el volumen de corte como positivo y el volumen de terraplen como negativo, la gráfica que representa la suma algebraica acumulada de los volúmenes será la Curva de Masas.

En la curva de masas el eje de las equis nos representa el cadenamiento del camino y el eje de las yes los volúmenes de terracerías.

Una línea horizontal (compensadora) limita iguales cantidades de corte que de terraplén.

Concepto de acarreo libre. Para que se haga una excavación el material se deberá mover una distancia mínima llamada acarreo libre, esta distancia mínima es a mano de dos mts., y a máquina de 20 mts., y corresponde a la carga de una carretilla, a un tras paleo o a la carga de una máquina.

Concepto del empleo de la maquinaria.- Al construir un camino es conveniente emplear diversos tipos de máquinas, pues sería ilógico hacer un acarreo de varios kilómetros empujando tierra con un tractor o un acarreo de 20 metros cargando un camión y haciendo una serie de maniobras de acomodo para su carga y descarga.

La Secretaría de Obras Públicas en sus Especificaciones Generales de Construcción ha obtenido valores promedio para el empleo económico de las máquinas y considera los siguientes valores:

- 20 metros como carga y acomodo de la máquina y corros



ponde al acarreo libre.

- 120 metros como distancia límite de utilización del tractor con Bulldozer y corresponde al sobreacarreo.
- 520 metros como distancia límite de utilización de la motoescropa y corresponde al acarreo corto.
- 20 kilómetros como distancia límite de utilización de acarreos de terracerías sin una autorización especial, haciéndose estos acarreos con camión y correspondiendo a los acarreos largos.

Colocación de las compensadoras.- Sobre el diagrama de la curva de masas deberán dibujarse en orden las compensadoras correspondientes a cada una de estas máquinas, es decir, en cada cambio de signo de la pendiente de la curva de masas, si va subiendo correspondiente a corte, cambia a bajar correspondiendo a terraplén o viceversa deberá dibujarse una compensadora de 20 metros correspondiente al acarreo libre.

Habiéndose agotado todos los cambios de signo con su compensadora de 20 metros de acarreo libre, se deberá proceder a dibujar las compensadoras, en cada cambio de signo de la curva de masas, que quepan de distancia horizontal mayor de 20 y menor de 120 metros, estas compensadoras corresponderán al sobreacarreo (empleo de tractor con Bulldozer) y el movimiento deberá pagarse en la unidad de metros cúbicos - estación.

Habiéndose agotado a todo lo largo de la curva de masas - la manera de colocar las compensadoras de sobreacarreo, se procederá a dibujar compensadoras de acarreo corto comprendidas entre las distancias de 120 y 520 metros (empleo de la motoescropa), el movimiento debe pagarse en la unidad de metros cúbicos hectómetro.

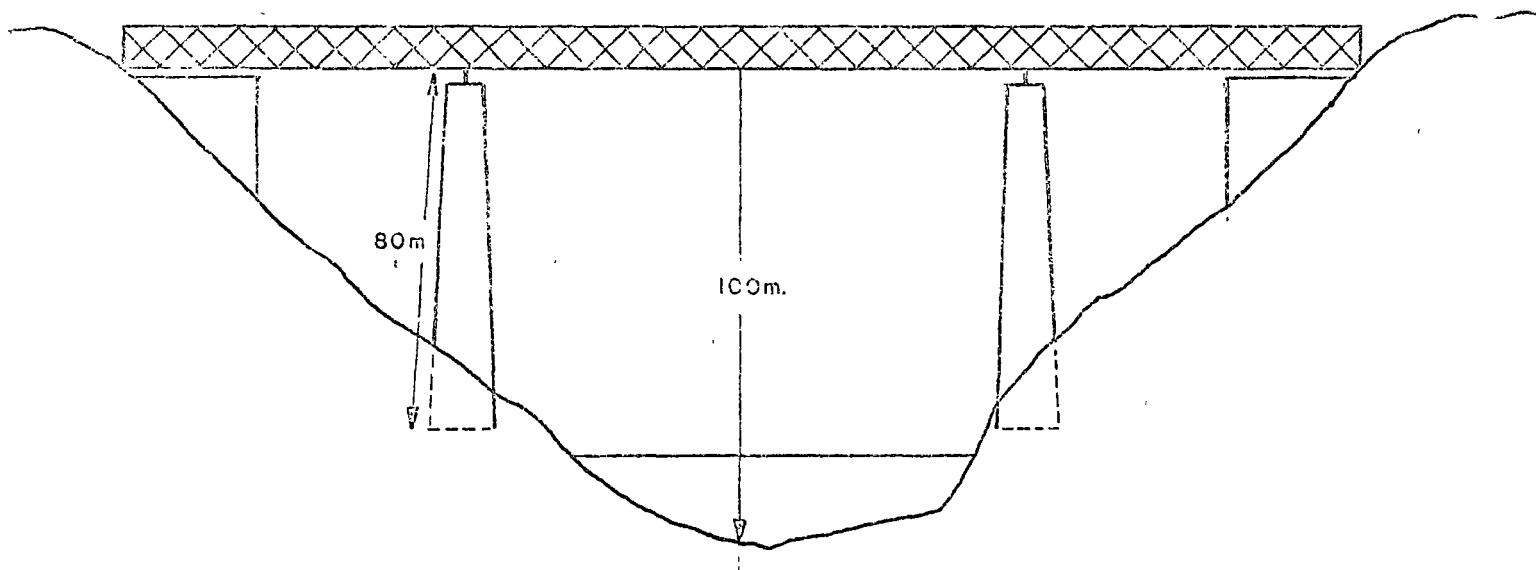
Habiéndose agotado a todo lo largo de la curva de masas de colocar las compensadoras de acarreo corto se dibujarán las compensadoras correspondientes a distancias mayores llamadas de acarreo largo (empleo del camión), este movimiento debe pagarse en la unidad de metros cúbicos - kilómetro.

#### 9.9 Referencias para control de la construcción de puentes grandes

Quando se va a construir un puente grande con varias pilas y estribos se deben referenciar en planta en dos ejes los centros de cada uno de esos estribos o pilas, así como tener bancos de nivel para conocer la cota de esos mismos puntos desde su desplante hasta la ter

minación de la obra.

Si el puente es bastante alto (como el puente Chinipas)



Para controlar la verticalidad de los colaños de las pilas y debido a que en las cercanías se ocupa el espacio en maniobras, depósito de materiales, tránsito de trabajadores y máquinas, etc., es conveniente alejar esas referencias (en el puente Chinipas se colocaron referencias alejadas cerca de 500 metros en sentido de la línea y en sentidos normales a ella), además de la conveniencia de tener controladas las cotas con bancos de nivel fáciles de aprovechar en todas las pilas y estribos a diferentes alturas.

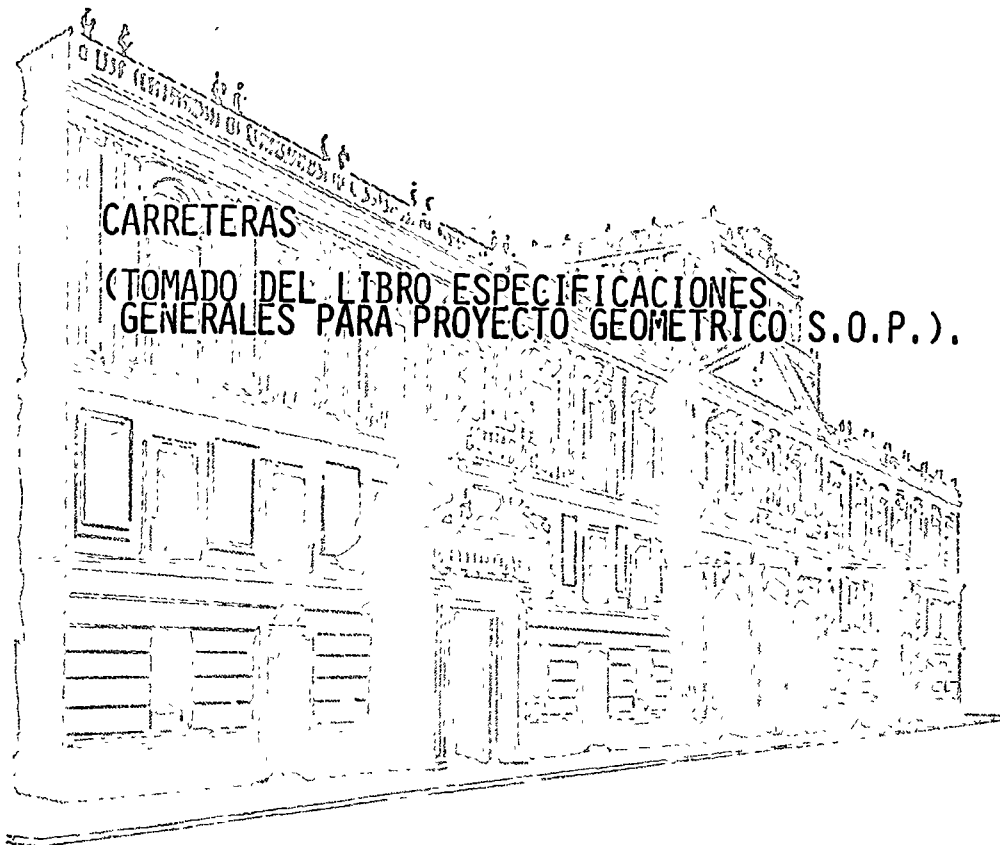




centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## TOPOGRAFIA APLICADA A LA CONSTRUCCION.



PROF. SALVADOR CANALES.

ABRIL DE 1977.

## CAPITULO XI

### PROPIEDADES DE LOS ALINEAMIENTOS HORIZONTAL Y VERTICAL

#### 11-1 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

- 11-1.1 El alineamiento horizontal es la proyección horizontal del eje de una vía férrea y corresponde a la subrasante.
- 11-1.2 El alineamiento horizontal está constituido por rectas y curvas ligadas entre sí, como sigue:
- a) Las rectas son proyección de las tangentes a las curvas del alineamiento horizontal.
  - b) Las curvas son proyección de las curvas circulares, de las curvas compuestas y de las espirales, del alineamiento horizontal.
  - c) Dos (2) tangentes sucesivas se unen por medio de una (1) curva circular o de una (1) curva compuesta, con o sin espirales.
- 11-1.3 Las tangentes tienen las siguientes propiedades:
- a) Longitud,  $T$ , definida por el cadenamiento de sus puntos extremos.
  - b) Dirección y sentido, definidos por su rumbo astronómico.
  - c) Localización, definida por las coordenadas de sus puntos extremos.

11-1.4 Las tangentes deberán tener una longitud mínima de:

- a) Sesenta (60) metros, entre curvas de igual sentido.
- b) Veinte (20) metros, entre curvas de sentido contrario.

11-1.5 Las curvas circulares tienen las siguientes propiedades:

- a) Grado de curvatura,  $G$ , que es el ángulo subtendido por una cuerda de veinte (20) metros.
- b) Radio de la curva,  $R$ , que se calcula con la fórmula:

$$R = 10 \operatorname{csc} \frac{G}{2}$$

- c) Angulo de deflexión,  $\Delta$ , que es el que forma la prolongación de una tangente con la otra tangente consecutiva.
- d) Longitud,  $L$ , que se calcula con la fórmula:

$$L = 20 \frac{\Delta}{G}$$

- e) Cuerda,  $C$ , que se calcula con la fórmula:

$$C = 2R \operatorname{sen} \frac{\Delta}{2}$$

- f) Flecha,  $f$ , que se calcula con las fórmulas:

$$f = R \operatorname{vers} \frac{\Delta}{2}$$

$$f = R \left( 1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right)$$

- g) Externa,  $E$ , que se calcula con las fórmulas:

$$E = R \operatorname{exs} \frac{\Delta}{2}$$

$$E = R \left( \sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right)$$

- h) Subtangente,  $ST$ , que se calcula con la fórmula:

$$ST = R \tan \frac{\Delta}{2}$$

11-1.6 En la Tabla N° 5 (págs. 83 a 89) aparecen los valores de los radios y de sus logaritmos, para curvas desde cero (0) grados hasta diez (10) grados, con variación de un (1) minuto.

11-1.7 En la Tabla N° 6 (págs. 91 a 122) aparecen los valores de las cuerdas, las flechas, las externas y las subtangentes para deflexiones desde cero (0) grados hasta ciento veinte (120) grados, con variación de dos (2) minutos, para la curva de un (1) grado de curvatura.

11-1.8 Las curvas compuestas son aquellas formadas por dos (2) o más curvas circulares del mismo sentido y de distintos grados de curvatura.

11-1.9 Las curvas compuestas tienen las mismas propiedades que las curvas circulares que las forman, según lo indicado en el inciso 11-1.5 de esta cláusula y en la parte relativa del inciso 12-1.12 del Capítulo XII de esta Parte Tercera.

11-1.10 Las espirales son curvas compuestas de arcos circulares subtendidos por cuerdas de una misma longitud, con variación constante de sus grados de curvatura.

11-1.11 Las espirales sirven de transición entre una (1) tangente y una (1) curva circular o entre dos (2) curvas circulares de diferente grado de curvatura.

11-1.12 Las espirales tienen las siguientes propiedades Figura N° 1 (pág. 22):

- a) Variación constante del grado de curvatura en sus arcos circulares  $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \dots, \delta_n$ .

- b) Angulo central,  $\delta$ , que es la suma de los ángulos de cada uno de los arcos circulares que la forman:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \dots + \delta_n.$$

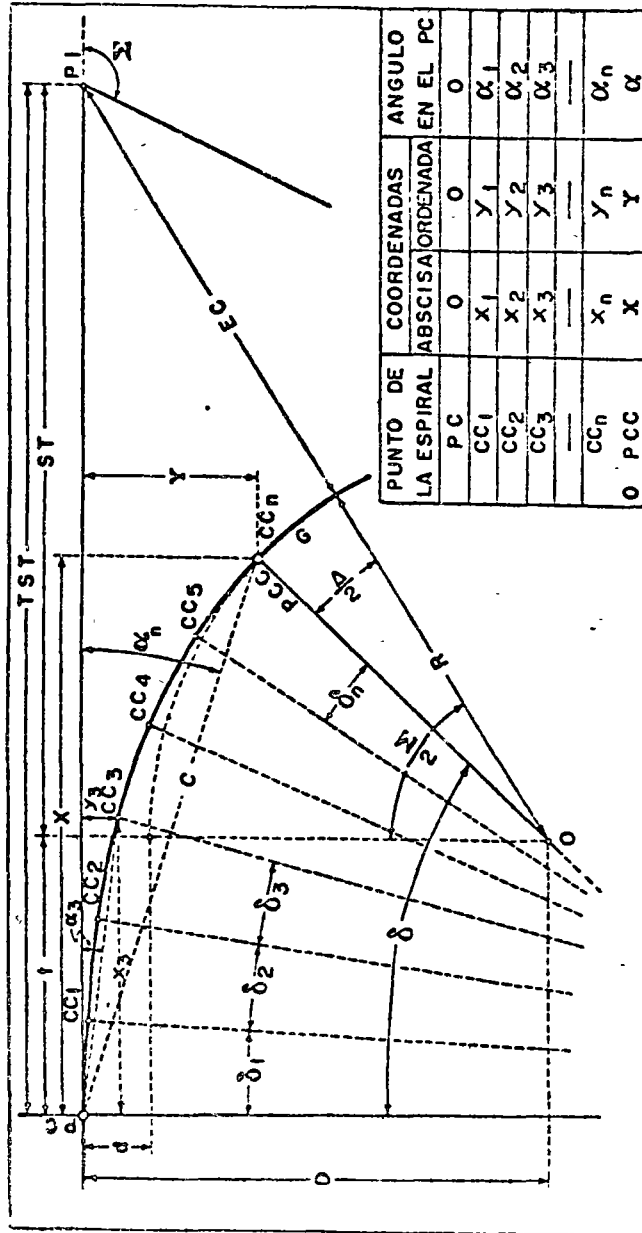


FIGURA Nº 1

c) Longitud,  $l$ , que es la suma de las cuerdas de los arcos que la forman y que se calcula con la fórmula:

$$l = \frac{40 \delta}{G}$$

d) Coordenadas,  $X$ ,  $Y$ , donde la abscisa,  $X$ , es la proyección de la espiral sobre la subtangente,  $TST$ , y la ordenada,  $Y$ , es su proyección sobre la normal a la misma subtangente.

e) Angulo de deflexión,  $\alpha_n$ , medido en el principio de la espiral de entrada,  $PC$ , o en el final de la espiral de salida,  $PT$ , a cualquier punto de enlace de la espiral correspondiente,  $CC_n$ , que se calcula con la fórmula:

$$\tan \alpha_n = \frac{y_n}{x_n}$$

donde  $x_n$ ,  $y_n$ , son las coordenadas del  $CC_n$ , respecto del  $PC$  o del  $PT$ .

f) Cuerda,  $C_n$ , medida del principio de la espiral de entrada,  $PC$ , o del final de la espiral de salida,  $PT$ , a cualquier punto de enlace de la espiral correspondiente,  $CC_n$ , que se calcula con la fórmula:

$$CC_n = \frac{x_n}{\cos \alpha_n}$$

11-1.13 En la Tabla N° 7 (págs. 123 a 131) se dan los valores de los elementos para el trazo de espirales, con variaciones de quince (15) minutos, para cuerdas de diez (10) metros y de cinco (5) metros, como se indica a continuación:

- 0°15' × 10 m (Quince minutos por diez metros)
- 0°30' × 10 m (Treinta minutos por diez metros)
- 0°45' × 10 m (Cuarenta y cinco minutos por diez metros)
- 1°00' × 10 m (Un grado por diez metros)
- 1°15' × 10 m (Un grado quince minutos por diez metros)

1°30' × 10 m (Un grado treinta minutos por diez metros)

1°00' × 5 m (Un grado por cinco metros)

11-1.14 Las curvas circulares con espirales, tienen las siguientes propiedades:

a) Angulo de deflexión,  $\Sigma$ , que es la suma del ángulo central de la curva circular y de sus espirales y se calcula con la fórmula:

$$\Sigma = \Delta + [\beta]$$

donde [ ] indica suma.

b) Longitud, que es la suma de las longitudes de la curva circular y de sus espirales.

c) Subtangentes,  $TST$ , que se calculan con las fórmulas respectivas a cada caso, según se indica a continuación:

1) Con espirales asimétricas, Figura N° 2 (pág. 25):

$$TST_1 = t_1 + D_1 \tan \frac{\Sigma}{2} - (d_1 - d_2) \csc \Sigma$$

$$TST_2 = t_2 + D_2 \tan \frac{\Sigma}{2} + (d_1 - d_2) \csc \Sigma$$

2) Con espirales simétricas, Figura N° 3 (pág. 26):

$$TST = t + D \tan \frac{\Sigma}{2}$$

3) Con espiral en un solo extremo, Figura N° 4 (pág. 27):

$$TST = t + D \tan \frac{\Sigma}{2} - d \csc \Sigma$$

$$ST = R \tan \frac{\Sigma}{2} + d \csc \Sigma$$

11-1.15 Las curvas compuestas, con espirales, tienen las siguientes propiedades:

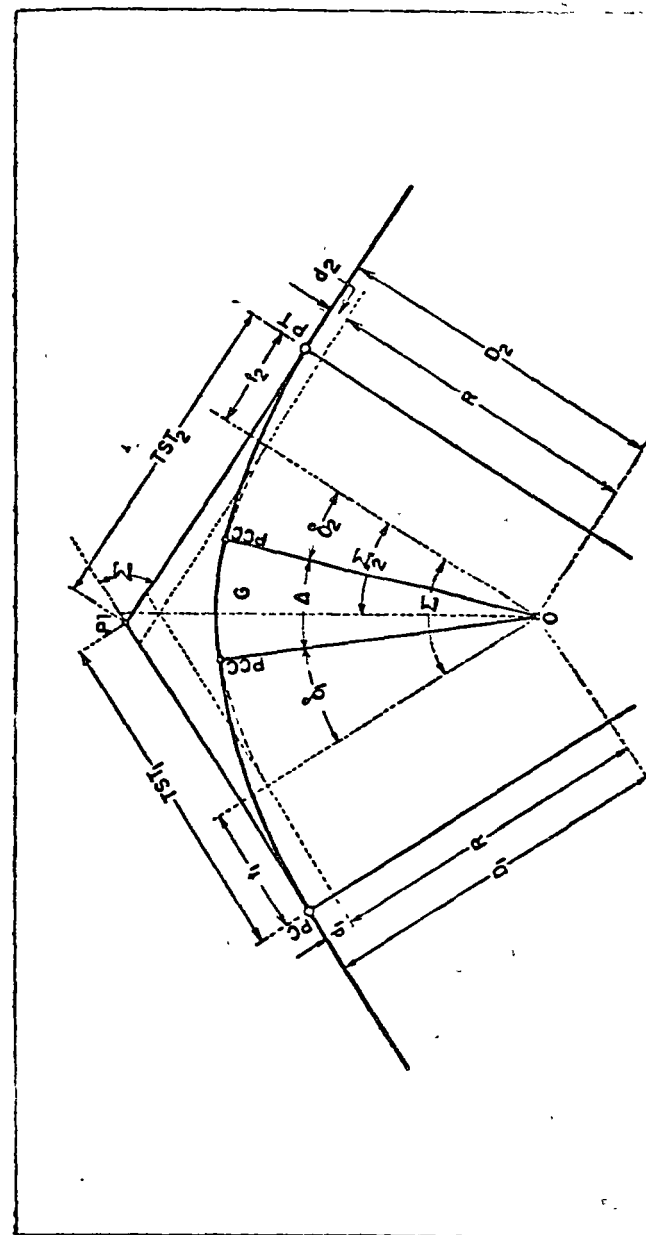


FIGURA N° 2



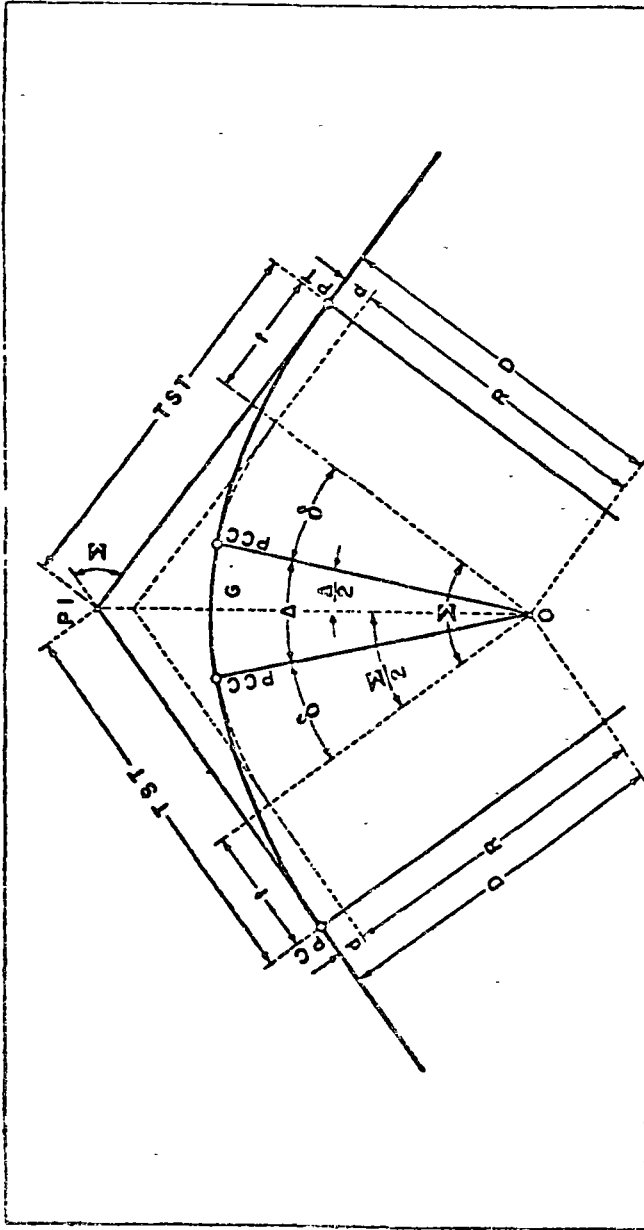


FIGURA Nº 3

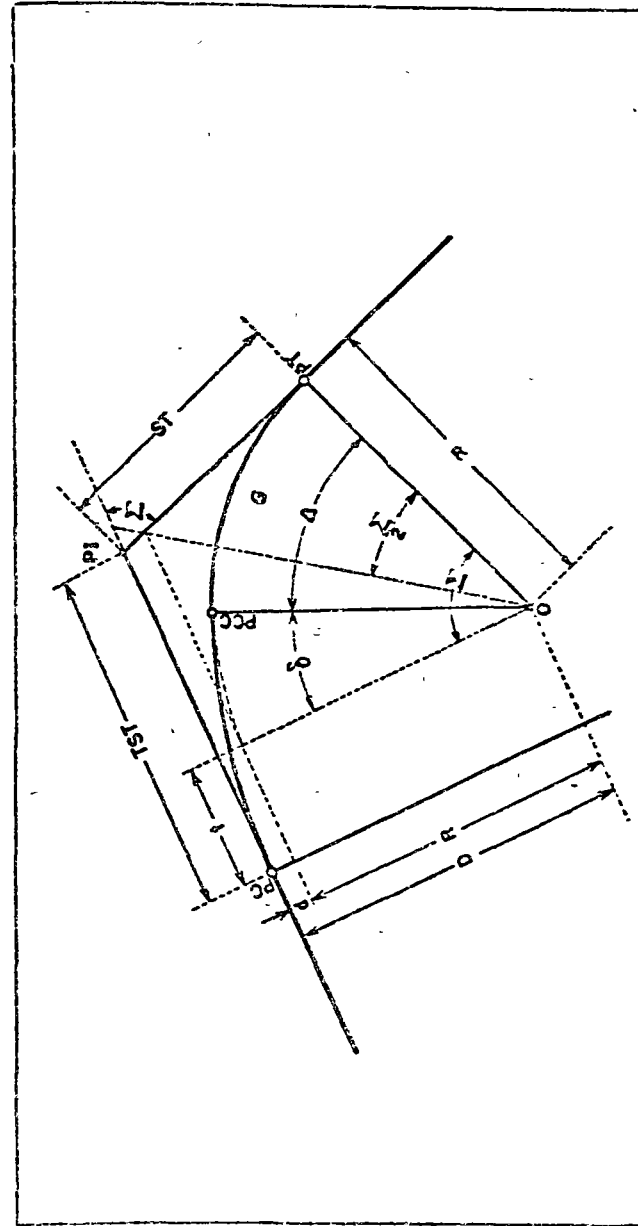


FIGURA Nº 4

- a) Angulo de deflexión,  $\Sigma$ , que es la suma de los ángulos centrales de sus curvas circulares y de sus espirales y se calcula con la fórmula:

$$\Sigma = [\Delta] + [\beta]$$

donde [ ] indica suma.

- b) Longitud, que es la suma de las longitudes de sus curvas circulares y de sus espirales.

- c) Subtangentes,  $TST$ , que se calculan con las fórmulas respectivas a cada caso, según se indica a continuación:

- 1) Con espirales de entrada, intermedia y de salida, Figura N° 5 (pág. 29):

$$TST_1 = \overline{CB} + \overline{BI}$$

$$\overline{CB} = l_1 + D_1 \tan \frac{\Sigma_1}{2} - (d_1 - d_c) \csc \Sigma_1$$

$$\overline{BI} = \frac{\overline{BF}}{\text{sen } \Sigma} \text{sen } \Sigma_2$$

$$\overline{BF} = \overline{BN} + \overline{NF}$$

$$\overline{BN} = l_2 + D_c \tan \frac{\Sigma_1}{2} + (d_1 - d_c) \csc \Sigma_1$$

$$\overline{NF} = R_2 \tan \frac{\Sigma_2}{2} + d_2 \csc \Sigma_2$$

$$TST_2 = \overline{IF} + \overline{FT}$$

$$\overline{IF} = \frac{\overline{BF}}{\text{sen } \Sigma} \text{sen } \Sigma_1$$

$$\overline{FT} = l_3 + D_2 \tan \frac{\Sigma_2}{2} - d_2 \csc \Sigma_2$$

$$\Sigma_1 = a + j$$

$$\Sigma_2 = b - j$$

$$\Sigma = \Sigma_1 + \Sigma_2 = a + b$$

$$D_c = R_1 + d_c$$

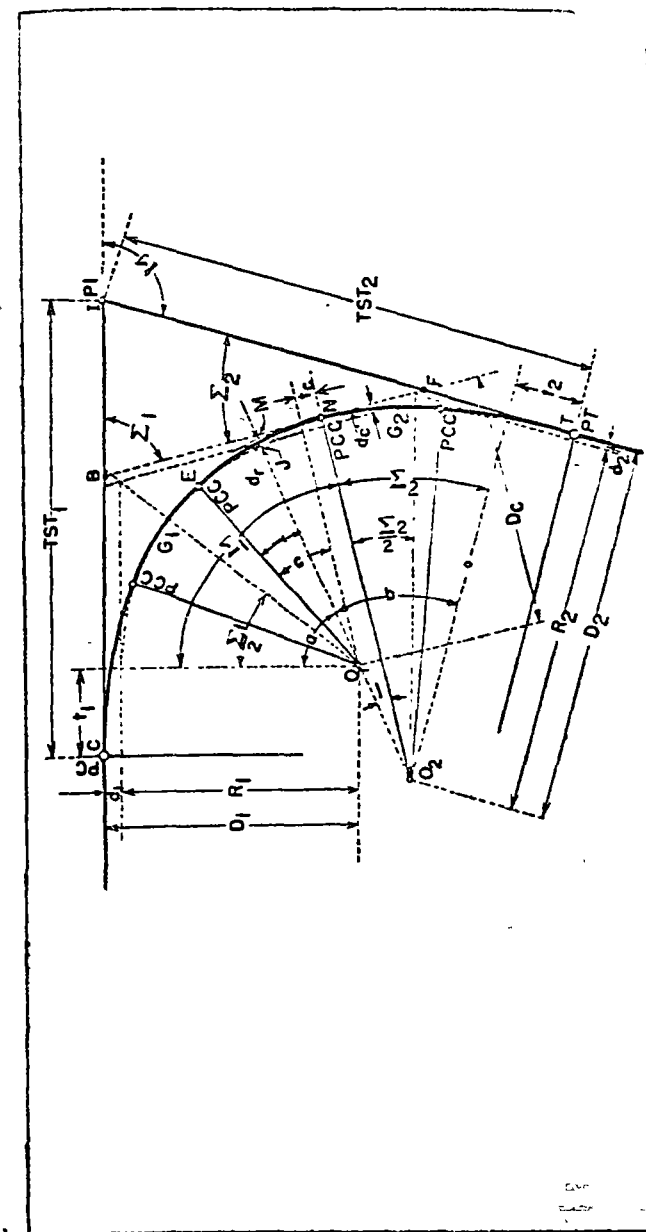


FIGURA N° 5

ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PROYECTO GEOMETRICO

$$d_c = R_2 - R_1 - l_c \cot j$$

$$l_c = (R_2 - R_1 - d_c) \operatorname{sen} j$$

$$\overline{EJ} = \overline{MN} = \frac{l_c}{2}$$

$$j = \frac{G_2 l_c}{40}$$

$d_c = d$  para una espiral de curvatura  $G_1 - G_2$ .

2) Con espirales de entrada y de salida, únicamente, Figura N° 6 (pág. 31):

$$TST_1 = \overline{CB} + \overline{BI}$$

$$\overline{CB} = l_1 + D_1 \tan \frac{\Sigma_1}{2} - d_1 \operatorname{csc} \Sigma_1$$

$$\overline{BI} = \frac{\overline{BF}}{\operatorname{sen} \Sigma} \operatorname{sen} \Sigma_1$$

$$\overline{BF} = \overline{BN} + \overline{NF}$$

$$\overline{BN} = R_1 \tan \frac{\Sigma_1}{2} + d_1 \operatorname{csc} \Sigma_1$$

$$\overline{NF} = R_2 \tan \frac{\Sigma_2}{2} + d_2 \operatorname{csc} \Sigma_2$$

$$TST_2 = \overline{IF} + \overline{FT}$$

$$\overline{IF} = \frac{\overline{BF}}{\operatorname{sen} \Sigma} \operatorname{sen} \Sigma_1$$

$$\overline{FT} = l_2 + D_2 \tan \frac{\Sigma_2}{2} - d_2 \operatorname{csc} \Sigma_2$$

3) Con espiral de entrada o de salida e intermedia, Figura N° 7 (pág. 32):

$$TST_1 = \overline{CB} + \overline{BI}$$

$$\overline{CB} = l_1 + D_1 \tan \frac{\Sigma_1}{2} - (d_1 - d_c) \operatorname{csc} \Sigma_1$$

PARTE TERCERA

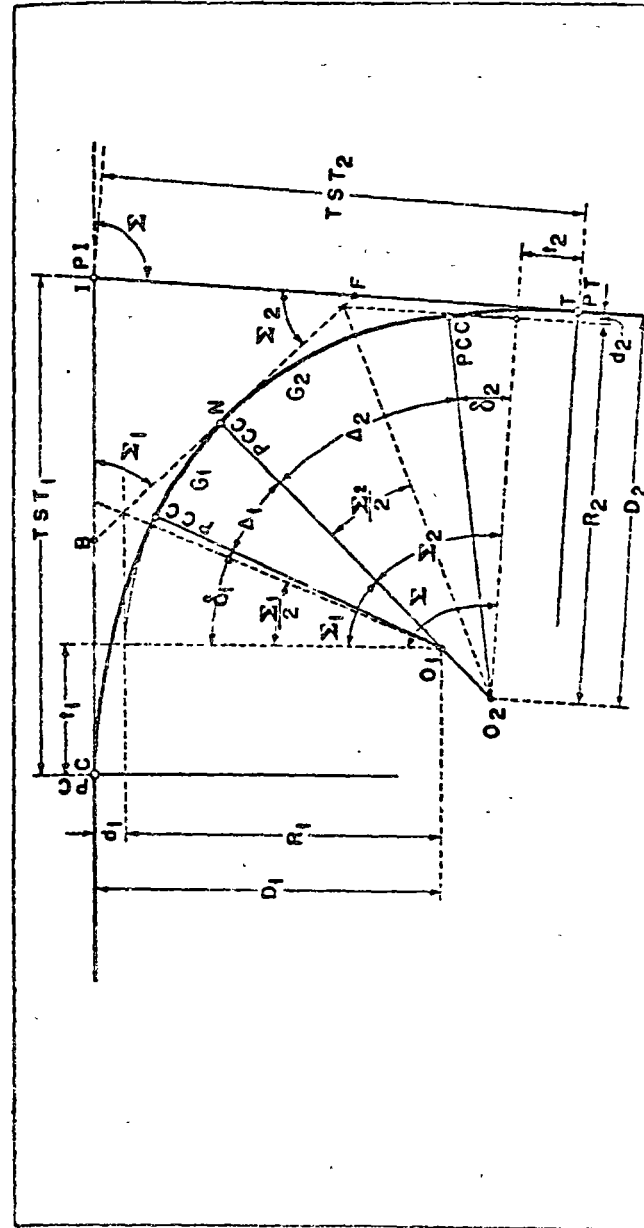


FIGURA N° 6

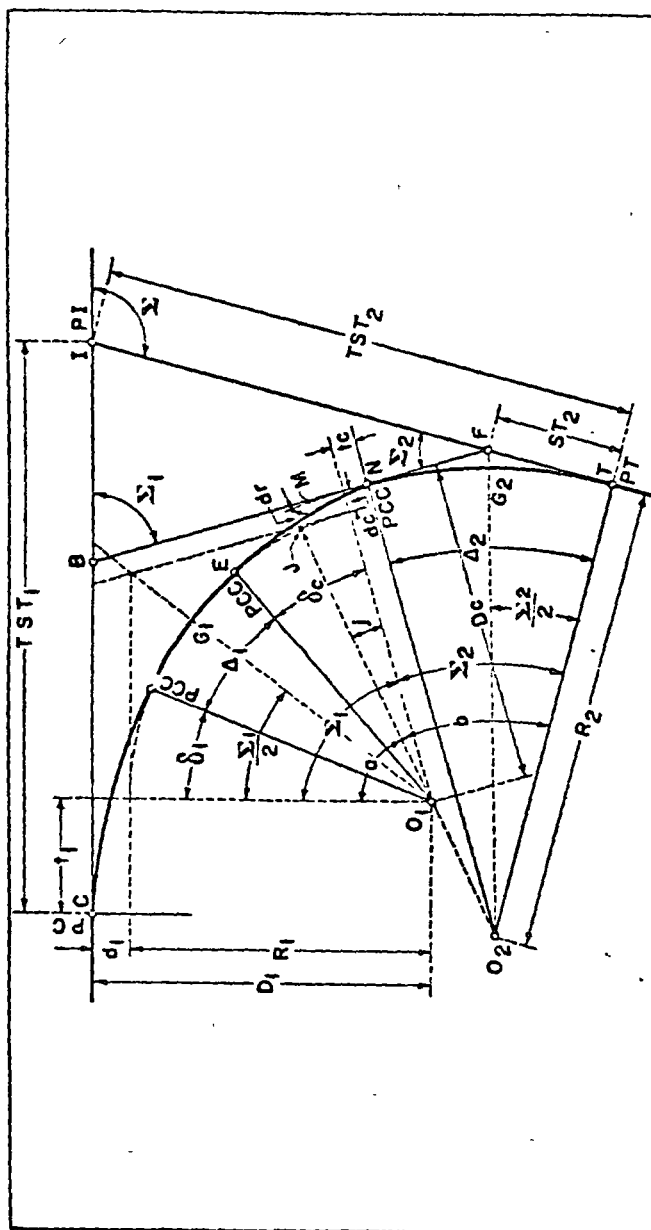


FIGURA N° 7

$$\overline{BI} = \frac{\overline{BF}}{\text{sen } \Sigma} \text{sen } \Sigma_2$$

$$\overline{BF} = \overline{BN} + \overline{NF}$$

$$\overline{BN} = t_c + D_2 \tan \frac{\Sigma_1}{2} + (d_1 - d_c) \text{csc } \Sigma_1$$

$$\overline{NF} = R_2 \tan \frac{\Sigma_2}{2}$$

$$TST_2 = \overline{IF} + \overline{FT}$$

$$\overline{IF} = \frac{\overline{BF}}{\text{sen } \Sigma} \text{sen } \Sigma_1$$

$$\overline{FT} = R_2 \tan \frac{\Sigma_2}{2}$$

$$\Sigma_1 = a + j$$

$$\Sigma_2 = b - j$$

$$\Sigma = \Sigma_1 + \Sigma_2 = a + b$$

$$D_c = R_1 + d_c$$

$$d_c = R_2 - R_1 - t_c \cot j$$

$$t_c = (R_2 - R_1 - d_r) \text{sen } j$$

$$\overline{EJ} = \overline{MN} = \frac{l_c}{2}$$

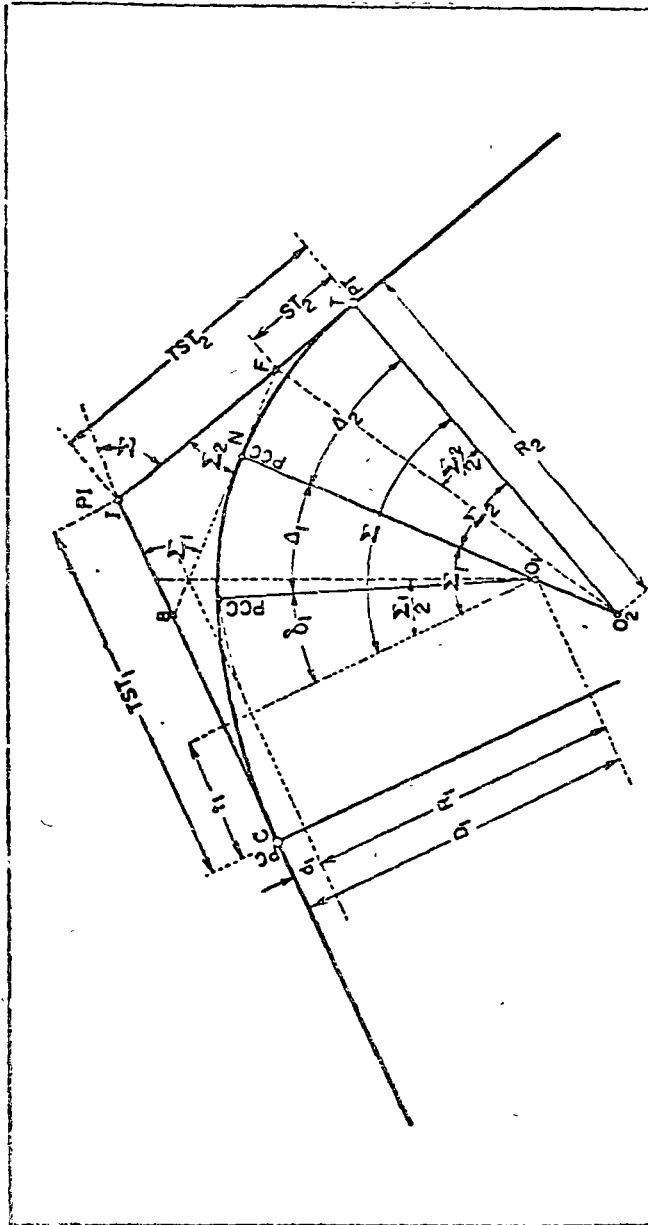
$$j = \frac{G_2 l_c}{40}$$

$d_r = d$  para una espiral de curvatura  $G_1 - G_2$ .

- 4) Con espiral de entrada o de salida, únicamente, Figura N° 8 (pág. 34):

$$TST_1 = \overline{CB} + \overline{BI}$$

$$\overline{CB} = t_1 + D_1 \tan \frac{\Sigma_1}{2} - d_1 \text{csc } \Sigma_1$$



$$\overline{BI} = \frac{\overline{BF}}{\text{sen } \Sigma} \text{sen } \Sigma_1$$

$$\overline{BF} = \overline{BN} + \overline{NF}$$

$$\overline{BN} = R_1 \tan \frac{\Sigma_1}{2} + d_1 \text{cs} \Sigma_1$$

$$\overline{NF} = R_2 \tan \frac{\Sigma_2}{2}$$

$$TST_1 = \overline{IF} + \overline{FT}$$

$$\overline{IF} = \frac{\overline{BF}}{\text{sen } \Sigma} \text{sen } \Sigma_1$$

$$\overline{FT} = R_2 \tan \frac{\Sigma_2}{2}$$

FIGURA N.º 8

## 11-2 ALINEAMIENTO VERTICAL

11-2.1 El alineamiento vertical es la propia subrasante.

11-2.2 El alineamiento vertical está constituido por rectas y curvas, con pendiente compensada, ligadas entre sí, como sigue:

- a) Las rectas son proyección de las tangentes y de las curvas del alineamiento horizontal.
- b) Las curvas verticales son proyección de las tangentes o de tangentes y curvas del alineamiento horizontal.
- c) Dos (2) rectas contiguas se unen por medio de una (1) curva vertical parabólica, excepto cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea igual o menor a la variación máxima respectiva, admitida para cuerdas de veinte (20) metros, salvo en el caso indicado en el inciso 11-2 ó de esta cláusula.
- d) La compensación de la pendiente debe hacerse en cada curva del alineamiento horizontal, a razón de cinco centésimos por ciento (0.05%), por cada grado de su curvatura.

- 11-2.3 Las rectas tienen las siguientes propiedades:
- a) Longitud, definida por el cadenamiento de sus puntos extremos.
  - b) Pendiente, definida por su tangente geométrica.
  - c) Signo, definido por el ascenso o descenso.

11-2.4 La rasante es la superficie de rodamiento de una vía férrea, terminada conforme a los niveles y secciones del proyecto.

11-2.5 Las curvas verticales parabólicas, tienen las siguientes propiedades:

- a) Variación constante,  $v$ , de la pendiente, para cada cuerda de veinte (20) metros.
- b) Angulo de deflexión,  $\beta$ , determinado por la tangente geométrica de la diferencia algebraica de las pendientes, en las dos (2) rectas consecutivas que se intersectan.
- c) El punto de intersección de dos (2) rectas consecutivas debe coincidir con el centro o con uno de los extremos de una estación de veinte (20) metros.
- d) Número de estaciones,  $N$ , expresado por un número entero, aproximando siempre al inmediato superior, que se calcula con la fórmula:

$$N = \frac{\beta}{v}$$

$N$ , es par, si el PIV está en uno de los extremos de la estación.

$N$ , es impar, si el PIV se encuentra en el centro de la estación.

- e) Longitud de la curva vertical parabólica,  $L$ , que se calcula con la fórmula:

$$L = 20 N$$

11-2.6 La liga de dos (2) rectas consecutivas no requiere curva vertical cuando la diferencia de sus pendientes es tal, que el número de estaciones,  $N$ , es igual o menor que uno ( $N \leq 1$ ).

11-2.7 En las curvas verticales, las variaciones máximas de pendiente,  $v$ , serán las siguientes:

Vías	En cima	En columpio
Clase A.....	0.10	0.05
Clase B.....	0.10	0.05
Clase C.....	0.20	0.10
Clase D.....	Según lo indique el proyecto	

### 11-3 UNIDADES

11-3.1 Las unidades correspondientes a lo especificado en este Capítulo se expresarán como sigue:

- a) Las longitudes deben expresarse en kilómetros (km) y metros (m), con aproximación al centímetro (cm).
- b) Las elevaciones y los desniveles deben expresarse en metros (m), con aproximación al centímetro (cm).
- c) Los ángulos horizontales, los rumbos y los grados de curvatura se expresarán en grados ( $^{\circ}$ ), con aproximación al minuto ( $'$ ).
- d) Las pendientes y los ángulos verticales se expresarán en por ciento ( $\%$ ), con aproximación al centésimo.

11-3.2 En casos especiales, cuando se adopten otras unidades de medida, se indicará así expresamente en el proyecto.

### 11-4 RECOMENDACIONES GENERALES

11-4.1 La localización debe hacerse sobre terreno que presente apoyo estable a la vía férrea en forma económica, mediante el movimiento mínimo posible en sus alineamientos horizontal y vertical, buscando compensación en las terracerías y proporcionándoles un drenaje correcto y apropiado.

11-4.2 En la localización conviene evitar:

- a) Los terrenos pantanosos o con exceso de agua cuyo drenaje natural sea difícil e inseguro.
- b) Los terrenos muy suaves, esponjosos, de gran compresibilidad.

- c) Las laderas de material inestable o con excesiva agua de filtración.
- d) Las zonas de divagación de los ríos.
- e) Los terrenos que requieren excesivas obras de drenaje.

11-4.3 En el alineamiento horizontal debe procurarse que:

- a) La longitud total sea mínima.
- b) La suma de las longitudes de sus tangentes sea la máxima.
- c) La suma de sus ángulos de deflexión sea mínima.
- d) La curvatura máxima que se elija se adapte económicamente a cada tipo de terreno, sin excederse de los valores indicados en las Tablas Nos. 1, 2, 3 y 4 del Capítulo X de estas Especificaciones, según la clase de vía férrea de que se trate.
- e) La curvatura, en cada caso particular, se elija adecuadamente, tratando que sea la menor posible.
- f) En terreno plano y en lomerío suave, se proyecten primero las tangentes y después las curvas.
- g) En lomerío fuerte y en terreno montañoso o en escarpado, se proyecten primero las curvas y después las tangentes.
- h) Los puentes, los túneles, los laderos y las estaciones queden en tangente.
- i) Las tangentes de acceso de los puentes, tengan una longitud mínima de veinte (20) metros.
- j) Los accesos de los puentes, de los túneles y de las estaciones, tengan deflexiones pequeñas y curvatura suave.
- k) Se emplee una (1) curva compuesta de menor grado de curvatura, en lugar de dos (2) curvas de mayor grado unidas por una (1) tangente corta.
- l) Las espirales sean de variaciones suaves, siempre que sus longitudes no originen tangentes cortas.

- m) El alineamiento de curvas, por el método de cuerdas, se utilice para la conservación y la rehabilitación de vías en operación.

11-4.4 En el alineamiento vertical debe procurarse que:

- a) La pendiente gobernadora, en cada distrito de operación, sea la mínima correspondiente a la solución más económica.
- b) La pendiente sea siempre compensada.
- c) El ascenso-descenso sea el mínimo.
- d) No existan contrapendientes innecesarias.
- e) La pendiente en cada distrito de operación, sea lo más uniforme posible, evitando que presente cambios bruscos.
- f) Una curva vertical no coincida con una curva horizontal.
- g) La elevación y la pendiente de la rasante aseguren un buen drenaje, transversal y longitudinal a la vía.
- h) Los cortes y los túneles no queden alojados en columpio, a no ser que se drenen económicamente.
- i) Los túneles no queden alojados en cima.
- j) Los túneles y los cortes en cajón, tengan una pendiente que asegure su drenaje.
- k) Los puentes, los laderos y las estaciones, queden a nivel.
- l) La pendiente máxima en laderos, espueñas y estaciones, sea de tres décimos por ciento (0.3%)
- m) En los túneles con longitud mayor de trescientos (300) metros, se reduzca la pendiente en un veinticinco por ciento. (25%)
- n) La recta mínima entre curvas verticales, sea de veinte (20) metros.

## ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PROYECTO GEOMETRICO

- o)** Entre el extremo de un puente y una curva vertical, se deje una recta mínima de veinte (20) metros.
- p)** El espesor máximo de un terraplén se limite en función del costo, por unidad de longitud, del puente correspondiente.
- q)** El espesor máximo de un corte se limite en función del costo, por unidad de longitud, del túnel correspondiente.
- r)** El espesor mínimo de los terraplenes sea de cincuenta (50) centímetros.
- s)** En terrenos planos, predominen los terraplenes sobre los cortes.
- t)** En laderas empinadas, con pendiente transversal mayor de treinta (30) grados, se eviten los terraplenes que necesiten muros de retención.
- u)** La pendiente se exprese con cifras múltiples de cinco (5) centímetros, para facilitar el cálculo de cotas.

## CAPITULO XII

### SECCIONES TRANSVERSALES Y GALIBOS

#### 12-1 SECCIONES TRANSVERSALES

- 12-1.1** Sección transversal es la proyección vertical de una sección normal al eje de la vía férrea.
- 12-1.2** La sección transversal define las dimensiones de los diversos elementos de las terracerías, de la superestructura de la vía y del derecho de vía, en el lugar correspondiente a dicha sección.
- 12-1.3** La posición relativa del terreno respecto a la subrasante determina si la sección transversal de las terracerías es:
  - a)** Terraplén, cuando los espesores son positivos.
  - b)** Corte, cuando los espesores son negativos.
  - c)** Mixta, parte en terraplén y parte en corte, cuando los espesores son positivos y negativos.
- 12-1.4** El ancho de la cama en los cortes y el de la corona en los terraplenes, deben ser los correspondientes a la clasificación de la vía en proyecto, conforme a lo indicado en las Tablas Nos. 1, 2, 3 y 4 del Capítulo X de estas Especificaciones.
- 12-1.5** Los taludes de los cortes y los de los terraplenes, deben ser aquellos que aseguren su estabilidad según la naturaleza del material que los forma y de acuerdo con los estudios efectuados para tal objeto.



TABLA No 7

ELEMENTOS  
PARA EL TRAZO  
DE  
ESPIRALES

- 0° 15' X 10 m
- 0° 30' X 10 m
- 0° 45' X 10 m
- 1° 00' X 10 m
- 1° 15' X 10 m
- 1° 30' X 10 m
- 1° 00' X 5 m

VARIACION DE CURVATURA DE 0° 15' X 10 m.

ELEMENTOS											
G	D	LOG. DE D	L	d	C	X	T	H	LOG. DE R		
0 15								4 583 666	3.66121		
0 30	2791.843	3.36018	5000	007 1/2	0.005	10.000	10.000	0.011	10	2 291.838	3.36018
0 45	1527.221	3.18410	10.000	022 1/2	0.022	20.000	20.000	0.053	20	1 527.889	3.18409
1 00	1145.584	3.05910	15.000	045	0.054	30.000	29.999	0.153	30	1 115.930	3.05916
1 15	916.860	2.96230	19.999	115	0.109	39.999	39.998	0.327	40	916.751	2.96225
1 30	764.156	2.86310	24.998	152 1/2	0.190	49.998	49.994	0.600	50	763.967	2.86307
1 45	655.139	2.81633	29.996	237 1/2	0.305	59.995	59.986	0.993	60	654.834	2.81613
2 00	573.445	2.75049	34.992	330	0.458	69.989	69.972	1.527	70	572.987	2.75014
2 15	509.502	2.70755	39.986	430	0.654	79.979	79.948	2.224	80	507.328	2.70700
2 30	459.303	2.66210	44.977	537 1/2	0.900	89.962	89.909	3.107	90	458.403	2.66125
2 45	417.937	2.62111	49.964	652 1/2	1.200	99.937	99.849	4.196	100	416.737	2.61986
3 00	383.676	2.58335	54.945	815	1.560	109.900	109.762	5.512	110	382.016	2.58208

DEFLEXIONES												
TRANSITO	PC 0° 15'	CC 0° 30'	CC 0° 45'	CC 1° 00'	CC 1° 15'	CC 1° 30'	CC 1° 45'	CC 2° 00'	CC 2° 15'	CC 2° 30'	CC 2° 45'	CC 3° 00'
1 m	0 m	10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m	100 m	110 m
0	T	0° 03 3/4	0° 09 1/2	0° 17 1/2	0° 28	0° 41 1/2	0° 57	1° 15	1° 35 1/2	1° 58 3/4	2° 24 1/2	2° 52 1/2
10	0 03 1/2	T	0 07 1/2	0 17	0 28 3/4	0 43	1 00	1 19 1/2	1 41 1/4	2 04 1/2	2 32 1/2	3 02
20	0 13	0 07 1/2	T	0 11 1/4	0 24 1/2	0 40	0 58	1 18 3/4	1 42	2 07 1/2	2 35 1/2	3 06 1/2
30	0 27 1/2	0 20 1/2	0 11 1/4	T	0 16	0 32	0 51 1/4	1 13	1 37 1/2	2 04 1/2	2 33 1/2	3 05 1/2
40	0 47	0 38 3/4	0 28	0 19	T	0 18 3/4	0 39 1/2	1 02 1/4	1 28	1 59 1/4	2 27	3 00
50	1 11 1/4	1 02	0 50	0 35 1/2	0 18 3/4	T	0 22 1/2	0 47	1 13 3/4	1 43	2 15	2 40 1/2
60	1 40 1/2	1 30	1 17	1 01 1/4	0 43	0 22 1/2	T	0 26 1/4	0 54 1/2	1 25	1 56	2 33 1/2
70	2 15	2 03	1 48 3/4	1 32	1 12 1/2	0 50 1/2	0 26 1/4	T	0 30	1 02	1 56 1/2	2 13
80	2 54 1/2	2 41 1/4	2 25 1/2	2 07 1/2	1 47	1 23 3/4	0 58	0 30	T	0 33 3/4	1 09 1/2	1 47 1/2
90	3 38 3/4	3 24 1/2	3 07 1/2	2 48	2 26 1/4	2 02	1 35	1 05 1/2	0 33 1/4	T	0 37 1/2	1 17
100	4 28	4 12 1/2	3 54 1/2	3 33 3/4	3 10 1/2	2 45	2 17	1 46 1/4	1 13	0 37 1/2	T	0 41 1/4
110	5 22 1/2	5 05 1/2	4 46 1/4	4 24 1/2	4 00	3 33	3 03 3/4	2 32	1 57 1/2	1 20 1/2	0 41 1/4	T

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPIRAL Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE DE CC, HACIA ATRAS DE LA MISMA ESPIRAL.  
T = POSICION DEL TRANSITO.

VARIACION DE CURVATURA DE 0°30' X 10 m.

ELEMENTOS												
G	D	LOG. DE D	l	a	d	C	X	Y	l	R	LOG. DE R	
1 00	1145 941	3.05916	5.000	0 15	0 011	10 000	10000	0 022	1 0	1145.930	3.05916	
1 30	764 009	2 88310	10.000	0 45	0 043	20 000	20000	0 109	2 0	763 967	2 88307	
2 00	573 095	2 75823	14 999	1 30	0 108	30 999	29998	0 305	3 0	572 987	2 75814	
2 30	458 620	2 66145	19 997	2 30	0 217	39 997	39992	0 654	4 0	458 403	2 66125	
3 00	382 396	2 58251	24 992	3 45	0 380	49 992	49977	1 200	5 0	382 016	2 58208	
3 30	328 064	2 51596	29 984	5 15	0 609	59 978	59946	1 984	6 0	327 455	2 51515	
4 00	287 452	2 45857	34 969	7 00	0 915	69 958	69889	3 051	7 0	286 537	2 45718	
4 30	256 020	2 40827	39 946	9 00	1 307	79 918	79797	4 444	8 0	254 713	2 40605	
5 00	231 054	2 36372	44 911	11 15	1 798	89 850	89636	6 202	9 0	229 256	2 36032	
5 30	210 825	2 32392	49 858	13 45	2 397	99 751	99399	8 369	10 0	208 428	2 31896	
6 00	194 188	2 28822	54 785	16 30	3 115	109 604	109062	10 981	11 0	191 073	2 28120	
6 30	180 350	2 25612	59 683	19 30	3 961	119 395	118563	14 077	12 0	176 389	2 24647	
7 00	168 751	2 22725	64 546	22 45	4 947	129 108	127890	17 689	13 0	163 804	2 21432	

PLAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPIRAL Y LAS QUE ESPAL Y LAS QUE ESPAL HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE, CC, CC, HACIA ATRAS DE LA MISMA ESPIRAL

T = POSICION DEL TRANSITO.

126

DEFLEXIONES

TRANSITO	PC 0°30'	CC 1°00'	CC 1°30'	CC 2°00'	CC 2°30'	CC 3°00'	CC 3°30'	CC 4°00'	CC 4°30'	CC 5°00'	CC 5°30'	CC 6°00'	CC 6°30'	CC 7°00'
Lm	0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	110m	120m	130m
0	* T	0°07 1/2	0°18 3/4	0°35	0°56 1/4	1°22 1/2	1°53 3/4	2°30	3°11 1/4	3°57 1/2	4°48 1/4	5°45	6°46 1/4	7°52 1/2
1 0	0 07 1/2	T	0 15	0 33 1/2	0 57 1/2	1 26 1/4	2 00	2 38 3/4	3 22 1/2	4 11 1/4	5 05	6 03 3/4	7 07 1/2	8 16 1/2
2 0	0 26 1/4	0 15	T	0 22 1/2	0 48 1/4	1 20	1 56 1/4	2 37 1/2	3 23 3/4	4 15	5 11 1/4	6 12 1/2	7 18 1/4	8 30
3 0	0 55	0 41 1/4	0 22 1/2	T	0 30	1 03 3/4	1 42 1/2	2 26 1/4	3 15	4 08 3/4	5 07 1/2	6 11 1/4	7 20	8 33 3/4
4 0	1 33 3/4	1 17 1/2	0 56 1/4	0 30	T	0 37 1/2	1 18 3/4	2 05	2 56 1/4	3 52 1/2	4 53 3/4	6 00	7 11 1/4	8 27 1/2
5 0	2 22 1/2	2 03 3/4	1 40	1 11 1/4	0 37 1/2	T	0 45	1 33 3/4	2 27 1/2	3 26 1/4	4 30	5 38 3/4	6 52 1/2	8 11 1/4
6 0	3 21 1/4	3 00	2 33 3/4	2 02 1/2	1 26 1/4	0 45	T	0 52 1/2	1 48 3/4	2 50	3 56 1/4	5 07 1/2	6 23 3/4	7 45
7 0	4 30 7	4 06 1/4	3 37 1/2	3 03 3/4	2 25	1 41 1/4	0 52 1/2	T	1 00	2 03 3/4	3 12 1/2	4 26 1/4	5 45	7 08 1/4
8 0	5 48 3/4	5 22 1/2	4 51 1/4	4 15	3 33 3/4	2 47 1/2	1 56 1/4	1 00	T	1 07 1/2	2 18 3/4	3 35	4 56 1/4	6 22 1/2
9 0	7 17 1/2	6 48 3/4	6 15	5 36 1/2	4 52 1/2	4 03 3/4	3 10	2 11 1/4	1 07 1/2	T	1 15	2 33 3/4	3 57 1/2	5 26 1/4
10 0	8 56 1/4	8 25	7 48 3/4	7 07 1/2	6 21 1/4	5 30	4 33 3/4	3 32 1/2	2 26 1/4	1 15	T	1 22 1/2	2 48 1/4	4 20
11 0	10 45	10 11 1/4	9 32 1/2	8 48 3/4	8 00	7 06 1/4	6 07 1/2	5 03 3/4	3 55	2 41 1/4	1 22 1/2	T	1 30	3 03 3/4
12 0	12 43 3/4	12 07 1/2	11 26 1/4	10 40	9 48 3/4	8 52 1/2	7 51 1/4	6 45	5 33 3/4	4 71 1/2	2 56 1/4	1 30	T	1 37 1/2
13 0	14 52 1/2	14 13 3/4	13 30	12 41 1/4	11 47 1/2	10 48 3/4	9 45	8 36 1/4	7 22 1/2	6 03 3/4	4 40	3 11 1/4	1 37 1/2	T

127

VARIACION DE CURVATURA DE 0°45' X 10 m.

ELEMENTOS												
G	D	LOG. DE D	l	a	d	C	X	Y	l	R	LOG. DE R	
1 30	763 982	2 88308	5 000	0 22 1/2	0 018	10 000	10 000	0 032	1 0	763.966	2 88307	
2 15	509 393	2 70705	9 999	1 07 1/2	0 065	20 000	19 999	0 164	2 0	509 328	2 70700	
3 00	382 179	2 58227	14 992	2 15	0 163	29 992	29 995	0 458	3 0	382 016	2 58208	
3 45	305 958	2 48566	19 992	3 45	0 326	39 994	39 982	0 901	4 0	305 632	2 48520	
4 30	255 285	2 40703	24 982	5 37 1/2	0 572	49 980	49 948	1 799	5 0	254 713	2 40605	
5 15	219 261	2 34096	29 963	7 52 1/2	0 915	59 952	59 879	2 974	6 0	218 346	2 33915	
6 00	192 446	2 28431	34 930	10 30	1 373	69 900	69 750	4 572	7 0	191 073	2 28120	
6 45	171 824	2 23508	39 877	13 30	1 961	79 811	79 531	6 652	8 0	169 863	2 23010	
7 30	155 503	2 19199	44 798	16 52 1/2	2 695	89 663	89 182	9 276	9 0	152 898	2 18440	
8 15	142 609	2 15414	49 681	20 37 1/2	3 590	99 439	98 651	12 409	10 0	139 019	2 14307	
9 00	132 115	2 12095	54 517	24 45	4 660	109 110	107 878	16 356	11 0	127 455	2 10536	
9 45	123 594	2 09200	59 291	29 15	5 922	118 647	116 780	20 921	12 0	117 672	2 07067	

PLAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPIRAL Y LAS QUE ESPAL Y LAS QUE ESPAL HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE, CC, CC, HACIA ATRAS DE LA MISMA ESPIRAL

T = POSICION DEL TRANSITO.

DEFLEXIONES

TRANSITO	PC 0°45'	CC 1°30'	CC 2°15'	CC 3°00'	CC 3°45'	CC 4°30'	CC 5°15'	CC 6°00'	CC 6°45'	CC 7°30'	CC 8°15'	CC 9°00'	CC 9°45'
Lm	0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m	110m	120m
0	* T	0°11 1/4	0°28	0°52 1/2	1°24 1/2	2°01 3/4	2°50 1/8	3°45	4°47	5°56 1/4	7°13	8°37 1/2	10°09 1/2
1 0	0 11 1/4	T	0 22 1/2	0 50 1/2	1 26 1/4	2 09 1/2	3 00	3 58	5 03 3/4	6 17	7 37 1/2	9 05 1/2	10 41 1/2
2 0	0 39 1/2	0 22 1/2	T	0 33 3/4	1 13	2 00	2 54 1/2	3 56 1/4	5 05 1/2	6 22 1/2	7 47	9 18 3/4	10 50
3 0	1 22 1/2	1 02	0 33 3/4	T	0 45	1 35 1/2	2 33 3/4	3 39 1/2	4 52 1/2	6 13	7 41 1/4	9 17	11 00
4 0	2 20 1/2	1 56 1/4	1 24 1/2	0 45	T	0 56 1/4	1 58	3 07 1/2	4 24 1/2	5 48 3/4	7 20 1/2	9 00	10 47
5 0	3 33 3/4	3 05 1/4	2 30	1 47	0 56 1/4	T	1 07 1/2	2 20 1/2	3 41 1/4	5 09 1/2	6 45	8 28	10 18 3/4
6 0	5 02	4 30	3 30 1/2	3 03 3/4	2 09 1/2	1 07 1/2	T	1 18 3/4	2 43	4 15	5 54 1/2	7 41 1/4	9 35 1/2
7 0	6 45	6 09 1/2	5 26 1/4	4 35 1/2	3 37 1/2	2 32	1 18 3/4	T	1 30	3 05 1/2	4 48 3/4	6 39 1/2	8 37 1/2
8 0	8 43	8 03 3/4	7 17	6 22 1/2	5 20 1/2	4 11 1/4	2 54 1/2	1 30	T	1 41 1/4	3 28	5 22 1/2	7 24 1/2
9 0	10 56 1/4	10 13	9 22 1/2	8 24 1/2	7 18 3/4	6 05 1/2	4 45	3 17	1 41 1/4	T	1 52 1/2	3 50 1/2	5 56 1/4
10 0	13 24 1/2	12 37 1/2	11 43	10 41 1/4	9 32	8 15	6 50 1/2	5 18 3/4	3 39 1/2	1 52 1/2	T	2 03 3/4	4 13
11 0	16 07 1/2	15 17 1/2	14 18 3/4	13 13	12 00	10 39 1/2	9 11 1/4	7 35 1/2	5 52 1/2	4 02	2 03 3/4	T	2 15
12 0	19 05 1/2	18 11 1/4	17 09 1/2	16 00	14 43	13 18 3/4	11 47	10 07 1/2	8 20 1/2	6 26 1/4	4 24 1/4	2 15	T

### VARIACION DE CURVATURA DE 1°00' X 10 m.

ELEMENTOS											
G	D	LOG. DE D	t	δ	d	C	X	Y	L	R	LOG DE R
2 00	573 009	2.75816	5 000	0 30	0 022	10 000	10 000	0 044	10	572 987	2 75814
3 00	383 103	2 58218	9 099	1 30	0 087	20 000	19 999	0 218	20	382 016	2 58200
4 00	286 755	2.45751	14 995	3 00	0 218	29 997	29 991	0 611	30	286 537	2 45718
5 00	229 692	2.36115	19 986	5 00	0 436	39 988	39 967	1 308	40	229 256	2 36032
6 00	191 836	2 28293	24 967	7 30	0 763	49 265	49 907	2 397	50	191 073	2 28120
7 00	165 024	2 21755	29 933	10 30	1 220	59 915	59 784	3 962	60	163 803	2 21432
8 00	145 185	2 16192	34 875	14 00	1 829	69 822	69 556	6 085	70	143 356	2 15642
9 00	130 063	2 11416	39 782	18 00	2 610	79 661	79 163	8 845	80	127 455	2 10536
10 00	118 320	2 07308	44 642	22 30	3 583	89 402	88 550	12 314	90	114 737	2 05970

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPINAL Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE, CC, HACIA ATRÁS DE LA MISMA ESPINAL.  
 T = POSICION DEL TRANSITO.

DEFLEXIONES											
TRANSITO	P.C. 1°00'	C.C. 2°00'	C.C. 3°00'	C.C. 4°00'	C.C. 5°00'	C.C. 6°00'	C.C. 7°00'	C.C. 8°00'	C.C. 9°00'	C.C. 10°00'	
Lm	0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	
0	° T	0°15'	0°37 1/2'	1°10'	1°52 1/2'	2°45'	3°47 1/2'	5°00'	6°22 1/2'	7°55'	
10	0 15	T	0 30	1 07 1/2	1 35	2 52 1/2	4 00	5 17 1/2	6 45	8 22 1/2	
20	0 52 1/2	0 30	T	0 45	1 37 1/2	2 40	3 52 1/2	5 15	6 47 1/2	8 30	
30	1 50	1 22 1/2	0 45	T	1 00	2 07 1/2	3 25	4 52 1/2	6 30	8 17 1/2	
40	3 07 1/2	2 35	1 52 1/2	1 00	T	1 15	2 37 1/2	4 10	5 52 1/2	7 45	
50	4 45	4 07 1/2	3 20	2 22 1/2	1 15	T	1 30	3 07 1/2	4 55	6 52 1/2	
60	6 42 1/2	6 00	5 07 1/2	4 05	2 52 1/2	1 30	T	1 45	3 37 1/2	5 40	
70	9 00	8 12 1/2	7 15	6 07 1/2	4 50	3 22 1/2	1 45	T	2 00	4 07 1/2	
80	11 37 1/2	10 45	9 42 1/2	8 30	7 07 1/2	5 35	3 52 1/2	2 00	T	2 15	
90	14 35	13 37 1/2	12 30	11 12 1/2	9 45	8 07 1/2	6 20	4 22 1/2	2 15	T	

### VARIACION DE CURVATURA DE 1°15' X 10 m.

ELEMENTOS											
G	D	LOG. DE D	t	δ	d	C	X	Y	L	R	LOG DE R
2 30	458 430	2 86127	5 000	0 37 1/2	0 027	10 000	10 000	0 055	10	458 403	2 86129
3 45	305 741	2 48535	9 998	1 52 1/2	0 109	19 999	19 998	0 273	20	305 832	2 48520
5 00	229 528	2 36084	14 992	3 45	0 272	29 996	29 980	0 763	30	229 256	2 36032
6 15	183 981	2 26477	19 978	6 15	0 544	39 982	39 948	1 635	40	183 437	2 26349
7 30	153 850	2 18710	24 949	9 22 1/2	0 952	49 945	49 855	2 955	50	152 898	2 18440
8 45	132 611	2 12258	29 896	13 07 1/2	1 522	59 866	59 663	4 547	60	131 089	2 11757
10 00	117 018	2 06825	34 805	17 30	2 261	69 722	69 307	7 590	70	114 737	2 05970

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPINAL Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE, CC, HACIA ATRÁS DE LA MISMA ESPINAL.  
 T = POSICION DEL TRANSITO.

DEFLEXIONES								
TRANSITO	P.C. 1°15'	C.C. 2°30'	C.C. 3°45'	C.C. 5°00'	C.C. 6°15'	C.C. 7°30'	C.C. 8°45'	C.C. 10°00'
Lm	0m	10m	20m	30m	40m	50m	60m	70m
0	° T	0°18 3/4'	0°47'	1°27 1/2'	2°20 1/2'	3°28 1/4'	4°34 1/2'	6°18'
10	0 18 3/4	T	0 37 1/2	1 24 1/2	2 23 1/4	3 36 1/2	5 00	6 37
20	1 05 1/2	0 37 1/2	T	0 54 1/2	2 02	3 20	4 50 1/2	6 33 1/4
30	2 17 1/2	1 43	0 56 1/2	T	1 15	2 39 1/2	4 16 1/2	6 05 1/2
40	3 54 1/2	3 13 1/4	2 20 1/2	1 15	T	1 33 1/4	3 17	6 12 1/2
50	5 56 1/2	5 09 1/2	4 10	2 58	1 33 1/4	T	1 52 1/2	3 54 1/2
60	8 23	7 30	6 24 1/2	6 08 1/2	3 36 1/2	1 52 1/2	T	2 11 1/2
70	11 15	10 15 1/2	9 03 1/4	7 39 1/2	6 02 1/2	4 13	2 11 1/2	T

VARIACION DE CURVATURA DE 1°30' X 10 m											
ELEMENTOS											
G	D	LOG. DE D	t	s	d	C	X	Y	L	R	LOG DE R
3 00	382.049	2.58212	4.999	0.45	0.033	10.000	10.000	0.066	10	382.016	2.58208
4 30	254.844	2.40627	9.997	2.15	0.131	19.999	19.997	0.327	20	254.713	2.40605
6 00	191.400	2.28194	14.988	4.30	0.327	29.993	29.979	0.916	30	191.073	2.28120
7 30	153.552	2.18626	19.968	7.30	0.654	39.973	39.925	1.961	40	152.898	2.18440
9 00	128.597	2.10923	24.928	11.15	1.142	49.920	49.791	3.891	50	127.455	2.10536

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPIRAL Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE, CC, HACIA ATRAS DE LA MISMA ESPIRAL.  
 T = POSICION DEL TRANSITO

DEFLEXIONES						
TRANSITO	P.C. 1°30'	CC 3°00'	CC 4°30'	CC 6°00'	CC 7°30'	CC 9°00'
lm	Om.	10 m.	20 m.	30 m.	40 m.	50 m.
0	* T	0°22 1/2'	0°56 1/2'	1°45'	2°48 1/2'	4°07 1/2'
10	0 22 1/2	T	0 45	1 41 1/2	2 52 1/2	4 18 1/2
20	1 18 1/2	0 45	T	1 07 1/2	2 26 1/2	4 00
30	2 45	2 03 1/2	1 07 1/2	T	1 30	3 11 1/2
40	4 41 1/2	3 52 1/2	2 48 1/2	1 30	T	1 52 1/2
50	7 07 1/2	6 11 1/2	5 00	3 33 1/2	1 52 1/2	T

VARIACION DE CURVATURA DE 1°00' X 5 m.											
ELEMENTOS											
G	D	LOG. DE D	t	s	d	C	X	Y	L	R	LOG DE R
2 00	672.993	2.76818	2.500	0.15	0.006	5.000	5.000	0.011	5	672.987	2.76814
3 00	382.038	2.58211	4.999	0.45	0.022	10.000	10.000	0.055	10	382.016	2.58200
4 00	286.592	2.45726	7.498	1.30	0.085	15.000	14.999	0.153	15	286.537	2.45718
6 00	229.365	2.36013	9.998	2.30	0.109	19.999	19.996	0.327	20	229.296	2.36032
8 00	191.264	2.28163	12.491	3.45	0.191	24.996	24.988	0.600	25	191.073	2.28120
7 00	164.109	2.21513	14.985	6.15	0.305	29.989	29.973	0.992	30	163.804	2.21432
8 00	143.813	2.15780	17.473	7.00	0.457	34.978	34.944	1.626	35	143.356	2.15642
9 00	128.107	2.10767	19.958	9.00	0.657	39.967	39.896	2.721	40	127.455	2.10536
10 00	116.632	2.06308	22.434	11.15	0.895	44.928	44.818	3.100	45	114.737	2.05970

\* LAS DEFLEXIONES HACIA LA DERECHA DE T SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE HACIA DELANTE DE LA ESPIRAL Y LAS QUE ESTAN HACIA LA IZQUIERDA SIRVEN PARA FIJAR LOS PUNTOS DE ENLACE, CC, HACIA ATRAS DE LA MISMA ESPIRAL.  
 T = POSICION DEL TRANSITO

DEFLEXIONES											
TRANSITO	P.C. 1°00'	CC 2°00'	CC 3°00'	CC 4°00'	CC 5°00'	CC 6°00'	CC 7°00'	CC 8°00'	CC 9°00'	CC 10°00'	
lm	Om.	10 m.	20 m.	30 m.	40 m.	50 m.	60 m.	70 m.	80 m.	90 m.	
0	* T	0°07 1/2'	0°18 1/2'	0°35'	0°56 1/2'	1°22 1/2'	1°53 1/2'	2°30'	3°11 1/2'	3°57 1/2'	
5	0 07 1/2	T	0 15	0 33 1/2	0 57	1 26 1/2	2 00	2 38 1/2	3 22 1/2	4 11 1/2	
10	0 26 1/2	0 15	T	0 22 1/2	0 46 1/2	1 19 1/2	1 58 1/2	2 37 1/2	3 25 1/2	4 15	
15	0 55	0 41 1/2	0 22 1/2	T	0 30	1 03 1/2	1 42 1/2	2 26 1/2	3 15	4 08 1/2	
20	1 33 1/2	1 17 1/2	0 66 1/2	0 30	T	0 37 1/2	1 18 1/2	2 04 1/2	2 56 1/2	3 52 1/2	
25	2 22 1/2	2 03 1/2	1 40 1/2	1 11 1/2	0 37 1/2	T	0 45	1 33 1/2	2 27 1/2	3 26 1/2	
30	3 21 1/2	3 00	2 33 1/2	2 02 1/2	1 26 1/2	0 45	T	0 52 1/2	1 48 1/2	2 49 1/2	
35	4 30	4 06 1/2	3 37 1/2	3 03 1/2	2 25 1/2	1 41 1/2	0 52 1/2	T	1 00	2 03 1/2	
40	5 48 1/2	5 22	4 51 1/2	4 15	3 33 1/2	2 47 1/2	1 56 1/2	1 00	T	1 07 1/2	
45	7 17 1/2	6 48 1/2	6 15	5 36 1/2	4 52 1/2	4 03 1/2	3 10 1/2	2 11 1/2	1 07 1/2	T	

# localizacion y trazo de líneas de transmision

Ing. Alfonso Sánchez Rosales  
tema — 11

## 11.- LINEAS DE TRANSMISION ELECTRICA

Prólogo.- El crecimiento demográfico de las grandes ciudades de nuestra república, junto con la mala planeación de las mismas, ha originado en éstas un desarrollo urbano deficiente que ha conducido a una cada vez más difícil dotación de servicios públicos destinados a enfrentamientos verdaderamente enigmáticos los cuales han traído como consecuencia echar mano de todas las técnicas disponibles para solucionarlos.

En nuestro caso específico la Fotogrametría juega un papel importantísimo, el cual repercute directamente, en la obtención de rutas óptimas de líneas de transmisión, ahorros considerables en tiempos de ejecución y por ende de costos de proyecto, un margen de seguridad más alto en cuanto a control de errores o equivocaciones técnicas topográficas del trazo de las líneas y una calidad muy superior a la tradicionalmente establecida por métodos topográficos de los detalles del terreno.

Cabe hacer mención que afortunadamente en nuestro medio ya se empieza a considerar, en el nivel adecuado que el aprovechamiento de las técnicas desarrolladas conduce indudablemente a un mejor desempeño del desarrollo de nuestras instituciones y por consiguiente del país.

### 11.1 Reconocimiento, elección de ruta y localización

#### Trabajos preliminares en gabinete

Una vez establecida físicamente la ubicación de los puntos inicial y final de la línea o lo que es lo mismo las subestaciones correspondientes se procede a recabar todo tipo de información inherente a la zona objeto del estudio topográfico, relacionada con propiedades legales de los terrenos (particulares, comunales o ejidales); planos, cartas existentes, y fotografías y mosaicos fotogramétricos existentes en las diferentes compañías o instituciones gubernamentales del ramo. Una vez estudiada esta información se procede a escoger y en su caso a adquirir u ordenar la ejecución de lo necesario para el buen desempeño del trabajo. Con el material descrito procedemos a establecer las zonas de probable aprovechamiento común que resultaren de acuerdo con los proyectos de urbanización del plano regulador y a veces con las de instituciones semejantes como el INFONAVIT, FOVISSSTE, INDECO, AURIS, SOP, etc., lo cual nos conducirá en caso de aprovechamiento a un ahorro considerable en la contratación de terrenos para el derecho de vía o adquisición de los mismos para el establecimiento de las subestaciones eléctricas necesarias al quedar plenamente establecidas las futuras zonas de -

carga, o en el peor de los casos a una planeación forzada acorde con las necesidades comunes que resultan, cuya repercusión inmediata es saludable para el país.

Elección de rutas: Como consecuencia de los trabajos anteriormente realizados y tomando en consideración el aspecto mecánico eléctrico en el cual es óptima la línea cuando tiene el menor número posible de deflexiones, se está en la mejor disponibilidad para establecer las posibles rutas de líneas y una vez plasmadas éstas en el plano respectivo procedemos al análisis de las mismas en donde juega el papel más importante el aspecto económico, siendo quizá a llegar a ser hasta del orden de un 80% del esfuerzo desarrollado para este fin, puesto que la adquisición o contrato de terrenos necesarios para la construcción de la obra representan aproximadamente un 30% del costo total de la misma. Generalmente este planteamiento nos conduce a establecer dos o cuando más tres rutas de líneas de transmisión eléctrica; las cuales dentro el lineamiento de trabajo nos proporcionan el acercamiento a la ruta óptima deseada; en este momento juega la Fotogrametría una de sus más importantes fases, puesto que el hecho de poseer un mosaico rectificado de la zona o un vuelo apropiado de la misma repercutirá directamente en la elección y localización de la mejor ruta.

Hasta aquí en cuanto a información gráfica o técnica; y en seguida se procede a determinar el material y equipo humano acorde con las necesidades de realización y tiempo disponibles.

El material requerido en las diferentes etapas del desarrollo del trabajo por el personal es el siguiente:

2 bálizas, 1 juego de fichas, 2 brújulas tipo Brunton, espejos y banderas de señales, 2 radios de onda corta, 1 estereoscopio de bolsillo, 2 prismáticos, 1 teodolito, 1 taquímetro electrónico, 3 machetes, hacha, 1 pala, 1 pico, 1 cinta, 2 marros, 3 plomadas, nivel de mano, 2 niveletas, estacas, mojoneras, pintura, 2 vehículos, 1 helicóptero, y 1 estereoscopio de espejos.

El equipo humano está ya establecido por un estandar denominado brigada, formada por 1 ingeniero, 2 ó 3 cadeneros y 1 ó más peones, según lo amerite el caso, y el uso de una o más brigadas queda establecido por las necesidades previstas en las diferentes etapas del trabajo en función de fechas, establecidas en el programa de obras de la empresa o imprevistos inherentes a los diversos factores que se presentan en este tipo de obras y que virtualmente están fuera del control de la organización original, por lo que siempre debe darse un margen aceptable, producto de situaciones análogas anteriores, para evitar prisas y urgencias inoperantes.

### 11.1.1 Reconocimiento:

Con el material disponible se tiene una idea más concreta -- del alojamiento de las rutas probables de la línea y con el mismo se bosqueja un plan de trabajo a desarrollar en el reconocimiento del terreno, por lo que es necesario considerar las vías de acceso y el tráfico de las mismas, lo cual trae como consecuencia una estimación de tiempos requeridos para el reconocimiento.

Con el medio de transporte necesario se va a la zona objeto del estudio para corroborar, aumentar, o descartar la información correspondiente, con:

El tipo de suelos, vegetación, linderos físicos de los predios, y los tipos de construcciones con el fin de aproximarse a la solución óptima, saturando todos los recorridos factibles del plan de trabajo.

### 11.1.2 Elección de ruta

Se podrá decir que es una consecuencia lógica de un buen -- reconocimiento, puesto que al sopesar los diferentes factores antes mencionados para la elección de una buena ruta se van desechando -- los planteamientos preliminares considerados para el estudio de la misma.

Es sin embargo de hacer notar que aún después del reconocimiento quedan inherentes problemas legales que no es posible detectar y que nos conducen con posterioridad a pequeñas modificaciones de la ruta que hasta dicho momento resulta óptima. Esta ruta -- queda finalmente conformada generalmente por las diferentes partes convenientes de cada una de las rutas preliminares con sus pequeñas variaciones forzadas para el acoplamiento de las mismas.

### 11.1.3 Localización:

Consiste en situar físicamente sobre el terreno los puntos de inflexión necesarios en el desarrollo de la línea, así como todos aquellos puntos auxiliares PST necesarios para lograr lo anteriormente descrito.

Para poder llevar a cabo la localización, se hace necesario auxiliarse del mosaico o pares estereoscópicos respectivos mediante los cuales nos establecemos aproximadamente sobre los puntos de inflexión y con ayuda de la brigada, los radios, espejos, banderas y demás equipo, hacemos contacto radiofónico y visual para fijar me



dian<sup>te</sup> estacamientos primero y amojonamientos después dicho control topográfico, lo cual trae consigo necesariamente desmontes en zonas claves al principio y después la apertura de brechas necesarias para el estudio. Esta forma de proceder es análoga para todo el desarrollo de la línea y establece el primer eslabón físico del trabajo.

## 11.2 Proyecto y trazo definitivo

Una vez localizados los puntos mencionados es conveniente efectuar un vuelo en helicóptero con personal experimentado en compañía del localizador con el fin de aprobar o hacer variar la ruta de acuerdo con las observaciones vistas desde el aparato y que en algunas ocasiones no son perceptibles desde el terreno.

### 11.2.1 Trazo preliminar

Consiste en el establecimiento del control planimétrico del eje de la línea, es decir, consiste en colocar convenientemente al tipo de terreno los puntos sobre tangente necesarios, medir el desarrollo de toda la línea y los valores angulares en los puntos de inflexión ya anteriormente establecidos en la localización. En algunas ocasiones se establecen ligas de este tipo o controles geodésicos o de otro tipo existentes.

El control altimétrico requerido consiste en propagar la cota desde un origen ya establecido a través de todos los puntos de control mediante una nivelación trigonométrica, consecuencia de las medidas de distancia mediante el taquímetro electrónico empleado, así como el levantamiento taquímetrico del perfil considerado que trataremos posteriormente. Es conveniente hacer notar que este trazos sirve para dar datos del apoyo terrestre necesario para el vuelo y restitución de la línea omitiéndose datos en virtud de tratarse este tema más adelante en el curso de Topografía Aplicada a la Construcción, del cual forma parte este tema.

### 11.2.2 Derecho de vía. Consideraciones generales.

En el sector eléctrico se entiende como derecho de vía a una franja de terreno de "equis" metros, de ancho según el voltaje de la línea de que se trate la que está directamente establecida por las condiciones de seguridad y estudiado por el Departamento Eléctrico de la Gerencia de Planeación de L. y F. Esta franja es compartida en algunas ocasiones con otras líneas, obras viales, instalaciones hidráulicas, etc., sin perjuicio de la seguridad mencionada.

El derecho de vía que se contrata solo puede ser de dos tipos; de compra-venta o de servidumbre legal de paso, y los daños -- materiales que se causan se valúan y liquidan.

En el Estado de México, se establece legalmente que anexo al derecho de vía de las líneas de transmisión deben considerarse a 10 m., hacia cada lado como zonas de restricción de construcción. Esta disposición establece plenamente la importancia urbanística de la construcción de líneas en aprovechamientos posteriores.

Para los estudios previos a la adquisición del derecho de -- vía, se hace necesario auxiliarse del vuelo fotogramétrico y a levantar físicamente los linderos implícitos en el desarrollo de la línea, - con el fin de cuantificar las afectaciones que resulten.

El levantamiento se puede considerar como tradicional, salvo en los casos que se requiera la diligencia de apeo y deslinde, consistente en fijar físicamente ante notario público y con las escrituras y participación de los afectados los linderos correspondientes, y en los casos de afectación de terrenos ejidales para los que está establecido un tipo de trabajos denominados técnicos informativos consistentes en efectuar la liga topográfica a una o más esquinas del ejido, establecer la meridiana astronómica ligándola con uno de los linderos, vaciar en planos oficiales de la Secretaría de la Reforma Agraria dichos datos, así como la línea y la afectación al ejido considerado, la cual se determina mediante intersecciones de linderos y líneas teóricas de derecho de vía, usando con ventaja la computación electrónica, no solo para estos trabajos es usada sino también para el cálculo de todo el estudio topográfico, lo cual se lleva a cabo en la empresa mediante el uso del lenguaje COGO y la resolución en una computadora-IBM-1130.

Con los planos hechos de los datos antes mencionados se -- procede a corroborar los nombres de los propietarios para lo cual - es necesario disponer de la documentación legal de los predios afectados y salvado este trabajo se efectúa el regateo por el precio hasta llegar a un acuerdo conveniente para ambas partes y posteriormente pedir la aprobación de la Secretaría del Patrimonio Nacional para su liquidación.

### 11.2.3 Proyecto del trazo definitivo

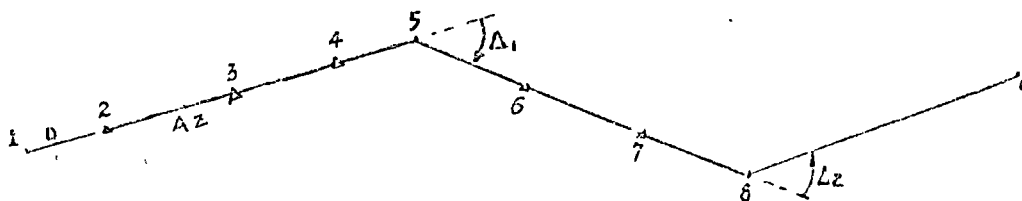
Dentro del programa de trabajo de dotación de apoyo terrestre, empieza la labor de investigación de problemas de paso de la línea y ya con la posesión de los planos restituidos se da a la tarea de librar obstáculos legales infranqueables, desde el punto de vista económico y a mejorar con toda esta información el proyecto del trazo - preliminar ya establecido, para proceder enseguida a transformar el mismo en lo que conocemos como trazo definitivo.

#### 11.2.4 Trazo y levantamiento del perfil del eje definitivo

Es la realización física del proyecto en cuanto a ajustes de direcciones y cadenamientos definitivos, así como referenciación para la obra y en lo relacionado al perfil nos sirve para corroborar la bondad del plano fotogramétrico mediante la comparación con un perfil deducido de éste, así como con la obtención de los datos necesarios para alimentar el programa de localización de estructuras para la computadora.

Por lo tanto se hace circunstancial la forma de efectuar el levantamiento del perfil, puesto que es fundamental para el funcionamiento del programa aludido, siendo necesario sujetarse a la secuencia de operaciones siguientes:

##### I. Establecimiento del eje de la línea



1. Establecimiento de puntos principales con equidistancias no mayores de 400 m. y medidas con DI-10

- 1 - 2 = 400 m
- 2 - 3 = 320 m
- 3 - 4 = 150 m
- 4 - 5 = ---
- 8 - n = 350 m

2. Determinar el azimut de partida ( $A_z$ ) y deflexiones --- ( $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ ) para cada punto de inflexión.

3. Iniciar en (1) con una elevación de referencia y un origen de kilometraje.

##### 4. Planimetría

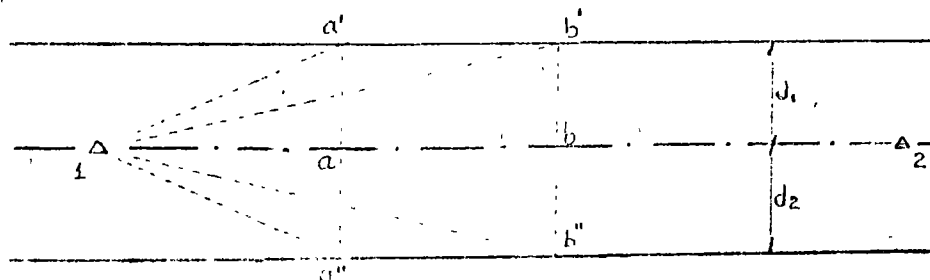
- 4.1 - distancias taquimétricas
- 4.2 - ángulos horizontales
- 4.3 - ángulos verticales, distancias zenitales

##### II. Levantamiento del perfil taquimétrico

1. Los puntos de perfil deben obtenerse a distancias inclinadas no mayores de 20 m. entre cada uno de ellos. El número máximo de puntos de perfil levantados entre dos estaciones principales, deberá ser igual a 30.

2. Perfiles laterales. Cuando estos se hagan necesarios, - deberán determinarse desde una estación en el eje en forma radial - sobre líneas paralelas al eje y en la normal  $\perp$  que pasa por el punto de referencia, en el eje. La distancia entre líneas, central y laterales, dependerá de las especificaciones que indique el proyecto.

Líneas de:	Estructura	desnivel lateral necesario m	distancia lateral m
85 KV	Torres	1.00	2.40
		1.00	2.00
	Cuadros	1.00	7.00
230 KV	Torres	1.00	4.20
		1.00	4.20
400 KV	Torres	1.00	6.50



$d_1 = d_2$  (de acuerdo al proyecto)

a, b = puntos de referencia en el eje

a', b' = puntos laterales izquierdos

a'', b'' = puntos laterales derechos

La determinación de los perfiles laterales se hará necesaria cuando el desnivel entre el punto de referencia y las laterales sea mayor de 1m.

### 3. Levantamiento de detalles en el eje (cruzamientos)

#### 3.1 Vías de comunicación, FFCC, Carreteras, teléfonos, - telegrafos y líneas de transmisión

3.1.1 FFCC y carreteras. - Estos accidentes deberán definirse en el terreno en toda su forma tomando la precaución de definir los límites del derecho de vía y la elevación del punto más desfavorable (punto más alto).

3.1.2 Teléfonos, telegrafos y líneas de transmisión. - Para el proyecto eléctrico será suficiente con de

terminar la elevación del conductor más bajo o más alto dependiendo de las condiciones del cruce para efectos de proyecto, teniendo la precaución de indicar el tipo de servicio, voltaje, nombre de la línea, número de conductores y la ubicación del conductor en cuestión.

### III. Registro de campo

Estación = I  
 Punto visado adelante = I + 1 } I ± 1  
 Punto visado atrás = I - 1 }  
 Lectura en el estadal = E  
 Angulo horizontal = AH  
 Angulo vertical = Z  
 Altura de aparato = APA  
 Lectura del hilo medio = HME  
 Elevaciones = COT  
 Kilometrajes = Q

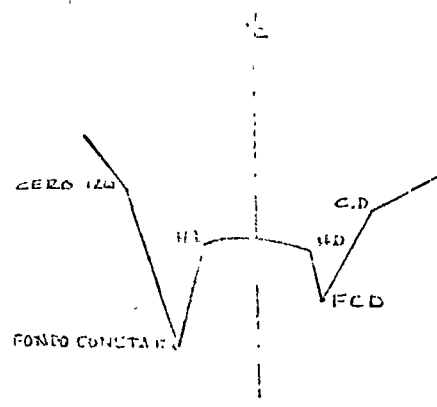
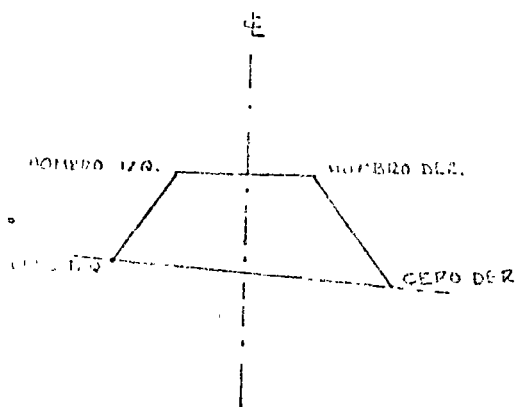
I	I ± 1	E	AH	Z	HME	COT	Q
1 1.59 (HPA)	N		0-00		1.59	2240.27	0+00
2	2	130	180-0°	89°56'	159		
	1		0-00				
	3		180°00'				

### IV. Nomenclatura y claves

Perfil en el eje = PEJE (1)  
 Perfil lateral I = PLATI (3)  
 Perfil lateral D = PLADE  
 FFCC = FFCC

CARRERAS Y  
 F.C.

Cero izquierdo talud = CERO 1  
 Hombro izquierdo talud = HOM 1  
 Hombro derecho talud = HOM 2  
 Cero derecho talud = CERO 2 } Terraplen  
 Cero izquierdo talud = CERO 1  
 Fondo cuneta izquierda = FCUN 1  
 Hombro izquierdo talud = HOM 1  
 Hombro derecho talud = HOM 2  
 Fondo cuneta derecha = FCUN 2  
 Cero derecho talud = CERO 2 } Corte  
 Orilla camino = O.C.  
 Hongo riel = H.R. (F.C.)  
 Centro =  $\frac{e}{2}$  (caso desfavorable)



### 11.3 Localización de estructuras por procedimientos electrónicos

#### a) Determinación de la ubicación de estructuras.-

Una vez terminado el trabajo de campo de acuerdo con las normas establecidas se procede a preparar los litados de codificación a partir del registro de campo. con los cuales perforan las tarjetas de alimentación de la computadora a la que se entra después de cargar el disco correspondiente, revisar y haber ordenado las tarjetas mencionadas e incluir al principio de éstas las tarjetas de control requeridas.

A continuación la computadora trabaja con el programa que se alimentó, analizando un número n de alternativas posibles para ubicar las estructuras de la línea, dando como resultado la solución óptima del problema planteado.

#### b) Ubicación de las estructuras en el terreno

Con la ubicación de estructuras proporcionada por la computadora estamos en posibilidad de efectuar la localización de las mismas en el terreno para lo cual nos apoyamos en los puntos de control ya establecidos en la línea y a partir de los mismos procedemos al trazado de las estructuras valiéndonos para ello del teodolito y la cinta cuando las distancias al punto de control sea  $\leq 50$ m y con el taquímetro electrónico DI-10 cuando las distancias al punto sean mayores de 50m., auxiliándonos para la medida con el bastón telescópico trazador de equipo.

Una vez localizada la estructura se verifica la posición lógica de la misma y se comprueba cotejando las cotas, del terreno y la proporcionada por la máquina procediendo enseguida a su amojonamiento y referenciación.

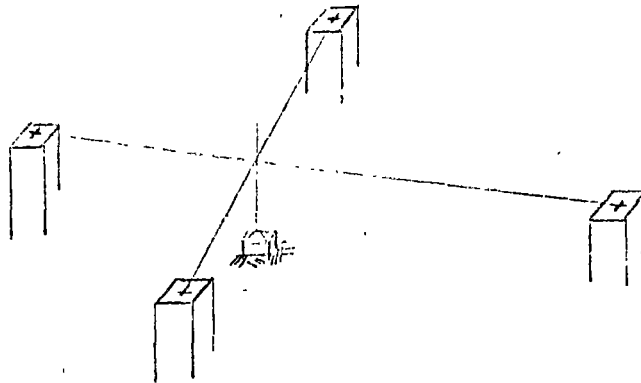
A continuación se anexa un ejemplo de registro de campo --  
usada para estos casos.

Trazo de estructuras de la línea de 400 KV TULA - VICTORIA

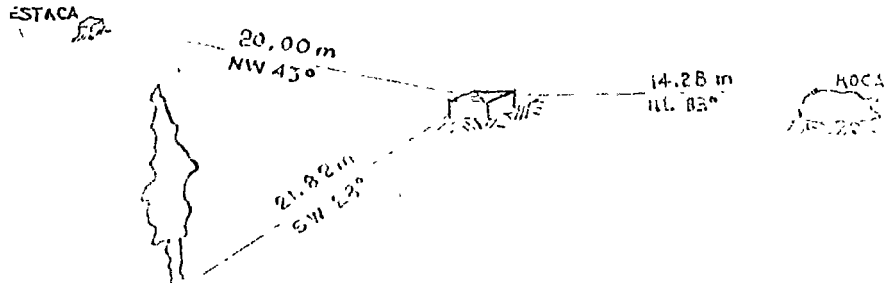
G.B.H.  
M.B.CH. M.M. 14/X/75 DI 10 No. Wild T 2 No.  
R.A.M.  
L.R.B.

PST.	Datos previos para trazo									Croquis y Notas
	P.V.	KILOMETRAJE	COTA	°	0 z	B.I.	D.H.	D.V.	Cota	
PST. 10		4+181.29	2363.68	0°00'00"						
1.54	PST 9	3+489.49	2346.04	0 00 00	91°07'50"	118.55	118.53	-2.34	2361.34	4181.29 <u>406276</u> 118.53 2363.68 <u>2361.34</u> - 2.34

AMOJONAMIENTO:



REFERENCIACION:



Una vez establecidos los centros de las estructuras en la forma anteriormente expuesta y después de contratado el derecho de vía de la línea, cuando menos en sus zonas críticas, se procede a la construcción propia de la misma.

Antes de pasar al trazo de la cimentación se hace necesario recordar que en la actualidad en la Cía. se usan torres en las líneas de 85 KV, 230 KV y 400 KV, lo cual en combinación con los claros usados entre las mismas, las diferentes deflexiones requeridas y los diferentes tipos de suelo encontrados en el desarrollo de las mismas trae como consecuencia un variable número de tipos de estructuras así como de tipos de cimentación y en estas las diferencias más grandes estriban en que pueden ser de zapatas o de pilotes.

En virtud de tener más trabajo el trazo del tipo tradicional o de zapatas, a continuación se ilustra un caso en el que inclusive se hace aparecer una deflexión para mayor dificultad.

Del plano de construcción se ve el tipo de cimentación de la estructura en turno y se verifica con el tipo de suelo del lugar, en caso de ser afines se procede a tomar del plano específico para ese tipo de cimentación los datos necesarios para su trazo y se procede con el mismo (ver croquis ilustrativo).

Una vez centrado y nivelado el tránsito se verifica la deflexión existente en el terreno con la establecida en el plano y se gira hacia el lado conveniente un ángulo igual a la mitad de la deflexión con el fin de encontrar uno de los ejes de simetría el cual lo marcamos físicamente en el terreno mediante las estacas 1, 2, 3 y 4; afín con las necesidades de trazo de la cimentación, al girar  $90^\circ$  y  $270^\circ$  establecemos el otro eje de simetría mediante las estacas 5, 6, 7 y 8.

Con el registro de campo siguiente se esclarecen las dudas que pudieran existir, en virtud de que en el mismo aparecen las distancias a las estacas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, las cuales fueron tomadas convenientemente del croquis de la cimentación, así como los valores angulares usados en el trazo.

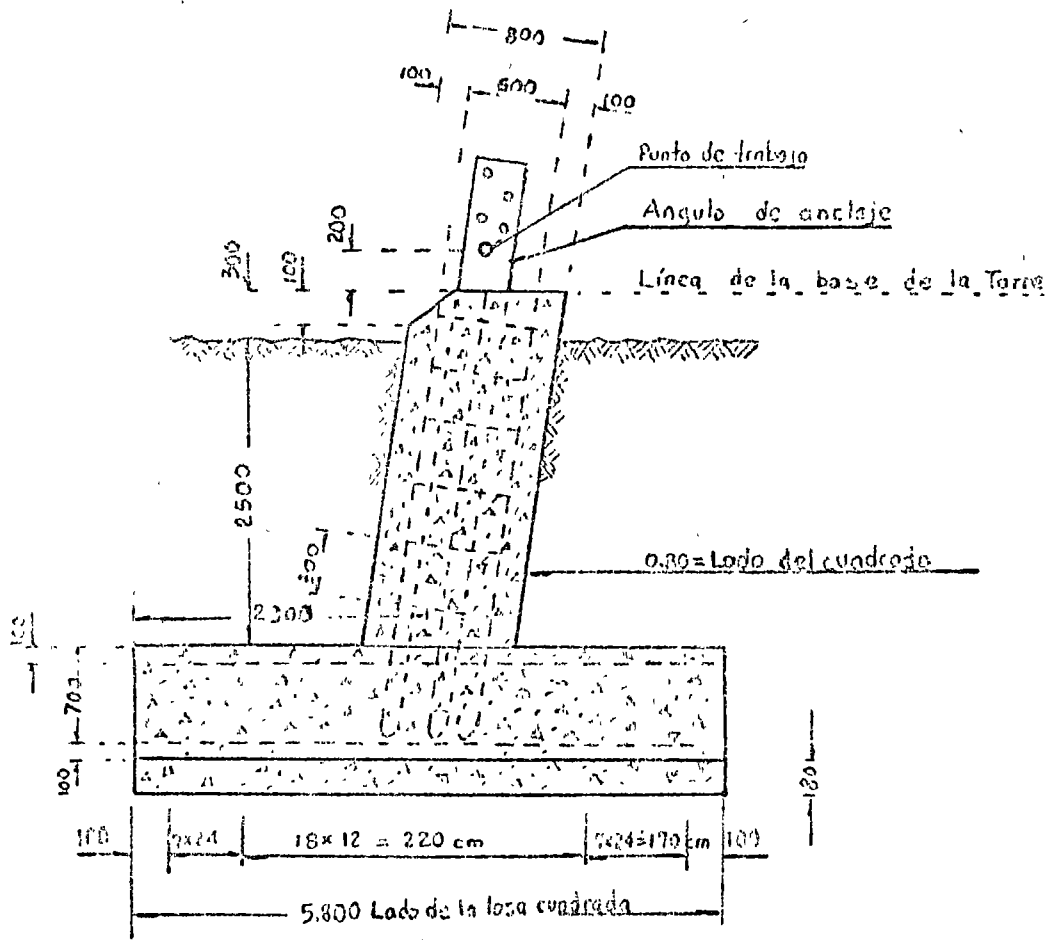
Cabe hacer la aclaración de que para efectos de construcción en la Cía. siempre se establece el nivel cota 10.00 en la mojonera correspondiente al centro de la estructura en turno.

(ver el registro y croquis de las hojas sigs.)

4.- Dibujo de planos definitivos y complemento de datos topográficos.

Como es de todos nosotros conocido el plano es la interpre





CROQUIS PARA CONSTRUCCION  
DE ZAPATAS DE TORRE DE TENSION  
TIPO "D" SUELO DE CALIDAD "B"

NOTA: SOLO CON DATOS ILUSTRATIVOS  
PARA EFECTO DEL CURSO

205/4

AGRI. 77

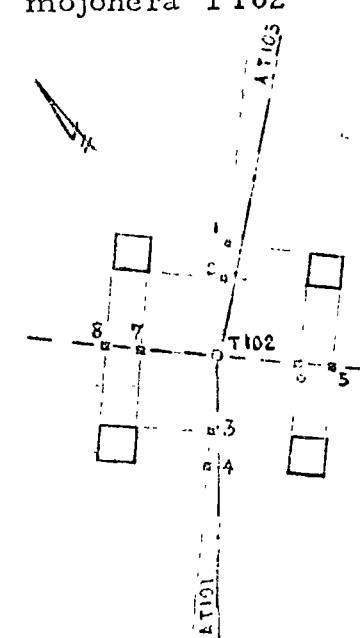
SIN ESCALA

ACOTS. NO ESPEC. EN 1976

TRAZO DE LA CIMENTACION DE LA ESTRUCTURA No. 102 DE LA LINEA DE  
230 KV VALLE DE MEXICO EL SALTO

AASR { J.R.B.  
R.A.M.  
L.R.B.  
J. Y. G.

4/III/77

EST.	P.V.	o	I	Z	D.H.	H.M.	COTA	CROQUIS Y NOTAS
T102	T101	0°00'	180°00'					<p>Nivel 10, en el centro de la mojonera T102</p> 
1.62	T102	190 22	10 22					
	1	185 11	5 11	90°00'	7.654	1.48	10.14	
	2	185 11	5 11	90 00	1.854	1.50	10.12	
	3	5 11	185 11	90 00	1.854	1.74	9.88	
	4	5 11	185 11	90 00	7.654	1.83	9.79	
	5	275 11	95 11	90 00	7.654	1.45	10.17	
	6	275 11	95 11	90 00	1.854	1.28	10.34	
	7	95 11	275 11	90 00	1.854	1.92	9.70	
	8	95 11	275 11	90 00	7.654	1.97	9.65	
1	T102	0 00			1.854			<p>Las estacas 5, 6, 7 y 8 se usan si es necesario comprobar la zona de excavación y durante el desarrollo de la construcción. En la misma situación las estacas 1, 2, 3 y 4.</p> <p>El trazo para la excavación se hace con el pentaprisma, cinta y plomadas.</p> <p>Todos los niveles necesarios durante la construcción se toman de la estaca más cercana al problema con nivel de manguera o de mano.</p>
	esq.e.	90 00			7.654			
	"	" "			1.854			
	"	270 00			7.654			
	"	" "						
2	T102				1.854			
	esq.e.	90 00			7.654			
	"	" "			1.854			
	"	270 00			7.654			
	"	" "						
3	T102				1.854			
	esq.e.	90 00			7.654			
	"	" "			1.854			
	"	270 00			7.654			
	"	" "						
4	T102				1.854			
	esq.e.	90 00			7.654			
	"	" "			1.854			
	"	270 00			7.654			
	"	" "						

tación gráfica de los objetos físicos <sup>que</sup> por este se pretendan y es básicamente el documento consultivo de la construcción de una línea de -- transmisión, en nuestro caso específico.

Sin embargo la escala adecuada que se menciona no es siempre óptima, puesto que es necesario apegarse a una estandarización de medidas de planos que a su vez son consecuencia de medidas convencionales en que se producen los diferentes tipos de papel usados en estos trabajos.

En el esquema 1 se pueden ver las normas establecidas al respecto por nuestra Cía. Ahora bien como quedo establecido en lo tratado en el capítulo anterior, por medio de los planos restituidos y con la relación de estructuras correspondientes tomando en cuenta las dimensiones de norma para estos planos se procede a efectuar la planeación y construcción de los mismos.

Los datos topográficos complementarios son obtenidos de otras fuentes, siendo éstos: los linderos de los estados, municipios, rancherías, ejidos, dirección astronómica de las tangentes, perfil de la línea, escala horizontal y vertical, número de identificación del plano, etc.

Puesto que otra de las funciones que cumplen estos planos es la de obtener aprobación por parte de la Secretaría de Industria y Comercio para operar la línea en cuestión se hace necesario considerar libre de habitación el derecho de vía de la línea, la cual desde luego queda avalado con la contratación e indemnización del derecho de vía aludido.

A continuación se puede ver un plano definitivo listo para su consulta.

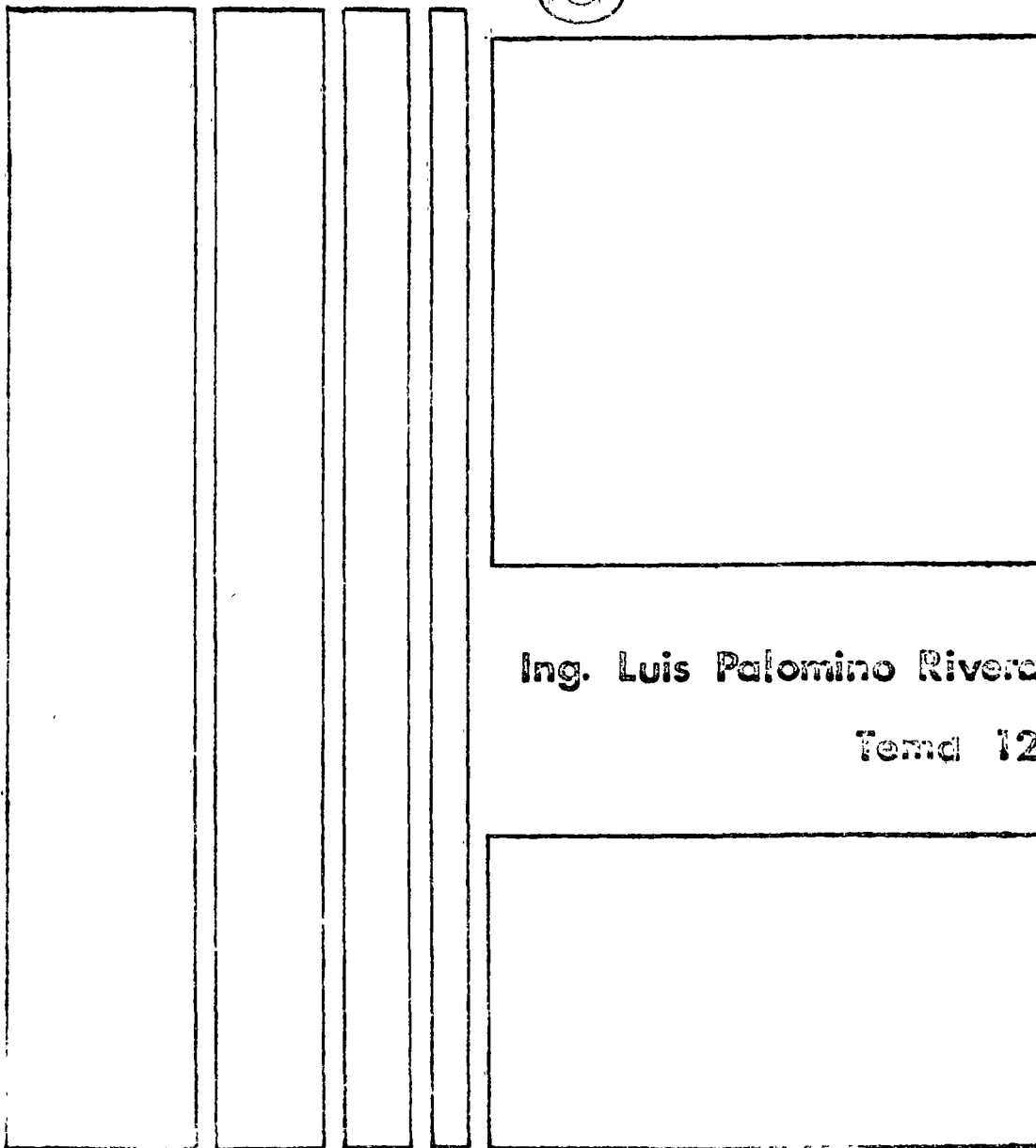
## CONCLUSIONES

Con la introducción de las nuevas técnicas de la Ingeniería Topográfica mencionada en los capítulos anteriores, se rompió con el molde tradicionalista para el diseño de líneas de transmisión, -- cumplimiéndose de esta forma con uno de los ideales máximos de cualquier empresa, es decir, acercarse al uso del potencial técnico disponible en el país, para obtener del mismo sus bondades en beneficio directo de la calidad, cantidad y rapidez de los trabajos requeridos, así como el de obtener más eficiencia de la empresa al quedar la misma en posibilidad de canalizar los logros hacia otros puntos vulnerables de ella y sin duda alguna en beneficio directo de la población.

La eficiencia con que se atacan actualmente los proyectos de líneas de transmisión es definitiva palpable a simple vista por -- todas aquellas personas que dentro del medio se han dado cuenta de la misma, sin embargo, no es posible cuantificar numéricamente -- ésta, en virtud de ser muy diferentes los diversos factores que intervinieron en los proyectos tradicionalistas y los nuevos, siendo -- los más importantes:

El crecimiento demográfico en ambas épocas, la diferencia de capacidades de conducción de las líneas de antes y las nuevas el nuevo diseño de cables, torres y cimentaciones con sus respectivos materiales y el nuevo instrumental topográfico y de dibujo de -- que se dispone.

# representación gráfica



**Ing. Luis Palomino Rivera**

**Temad 12**

## 12.- REPRESENTACION GRAFICA

Un plano topográfico es el resultado de las mediciones de campo, cálculo y técnicas de redacción gráfica, y representa el documento de información entre profesionales de la ingeniería o de personas que de algún modo tienen relación con ella.

El plano en cierta forma representa la culminación de varias etapas de trabajo, donde intervinieron procedimientos específicos de levantamiento, instrumentos de medición de precisión conocida y cálculos adecuados, con el fin de obtener una calidad determinada, por lo tanto la elaboración de este documento deberá estar acorde con la precisión planeada.

Dentro de las ciencias cartográficas se puede establecer la siguiente analogía:

La Cartografía es la ciencia y técnica que tiene por objeto la representación de la Geodesia en una superficie plana y para ello se vale de algunas composiciones geométricas y matemáticas, llamadas proyecciones.

El Dibujo Topográfico es una técnica que tiene por objeto la representación gráfica de la Topografía, en una superficie plana y para ello se vale de varios procedimientos gráficos y convenciones de elaboración, que tienen por objeto lograr un documento de calidad profesional, confiable y explotable de acuerdo a las precisiones establecidas.

### Convenciones de elaboración:

1. ESCALA
2. PROYECCION
3. REPRESENTACION PLANIMETRICA
4. REPRESENTACION ALTIMETRICA
5. NORMAS DE ELABORACION
6. MATERIALES

### 1. ESCALA

Es la relación que existe entre la magnitud establecida en un plano y su correspondiente del terreno. Es un número abstracto y se puede indicar en forma numérica y gráfica. Las escalas indicadas en forma numérica están sujetas a muchos errores, porque el papel es afectado por los cambios de temperatura, humedad y los diversos procedimientos de copiado a que es sometido el plano. En el caso de la escala gráfica, ésta queda afectada por las mismas variaciones que sufre el papel y por lo tanto la relación de magnitudes se conserva.

En un plano topográfico es conveniente indicar la escala en las dos formas.

Escala Numérica

Es la representada por la relación  $E = \frac{1}{M}$  en la que el numerador como el denominador pueden tener unidades diferentes o estar expresadas en las mismas unidades.

Ejemplos:

$$E = \frac{1}{2500} ; E = 1:2500$$

$$E = \frac{1}{100} ; E = 1:100$$

Escala s :

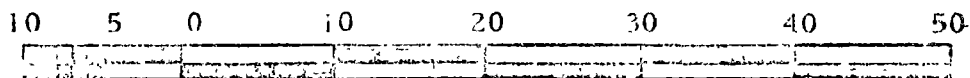
- 1 cm = 250 m; E = 1:25000
- 1 dm = 100 m; E = 1:1000
- 2 cm = 150 m; E = 1:7500
- 5 cm = 100 m; E = 1:2000

Escala Gráfica

La escala gráfica consiste en una o varias líneas subdivididas en distancias que corresponden a determinado número de unidades en el terreno. Son módulos comparativos a la misma escala que el plano. Se representa en dos formas:

1. Escala simple
2. Escala de ticónico o de vernier

La escala simple consiste en una línea subdividida en distancias sombreadas cada cierto número de unidades. Ejemplo:



ESCALA 1 : 500

\* Contra Escala

### Escala de Vernier

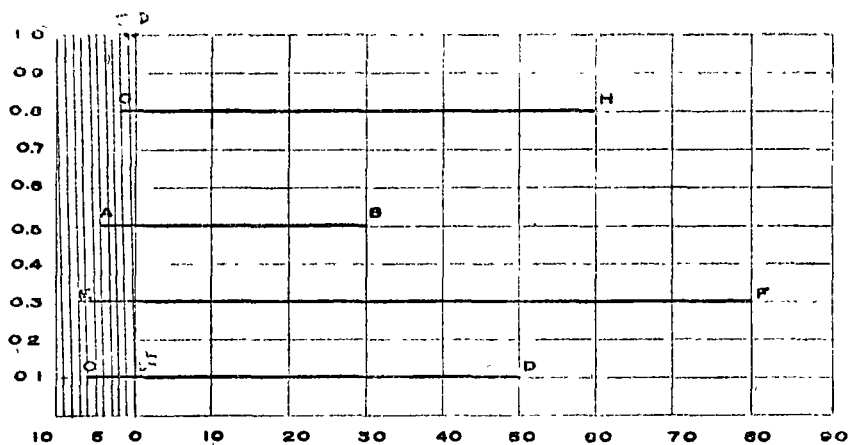
Esta escala tiene la propiedad de poder leerse la última cifra de una magnitud que en una escala simple podría ser solo estimada.

Para su construcción se siguen los pasos que se anotan:

1. Se trazan once líneas paralelas a igual distancia.
2. Se dividen estas líneas en tramos según la escala que se trate.
3. Se divide el segmento de la contraescala en "n" partes iguales y se enumeran en orden creciente a partir del extremo derecho (de la contraescala).
4. Se procede a marcar las mismas divisiones en el segmento superior de la trama de la contraescala, en orden ascendente a partir del extremo izquierdo.

Ejemplo 1.

ESCALA 1:1000



$$A B = 10$$

Distancias:  $A B = 34.5$

$$ED = \frac{10}{10}$$

$$C D = 56.1$$

$$t = \frac{10}{10 \times 10}$$

$$E F = 87.3$$

$$t = \frac{1}{10}$$

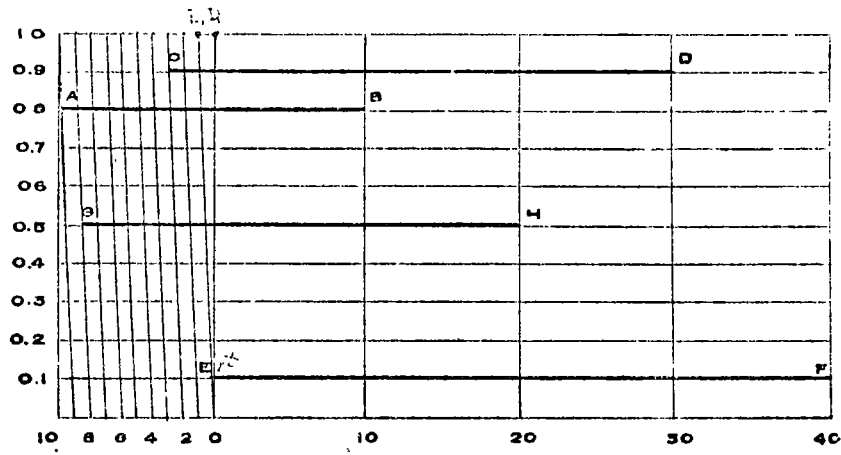
$$G H = 61.8$$

$$t = 0.1$$



Ejemplo 2

ESCALA 1:500



En este caso:

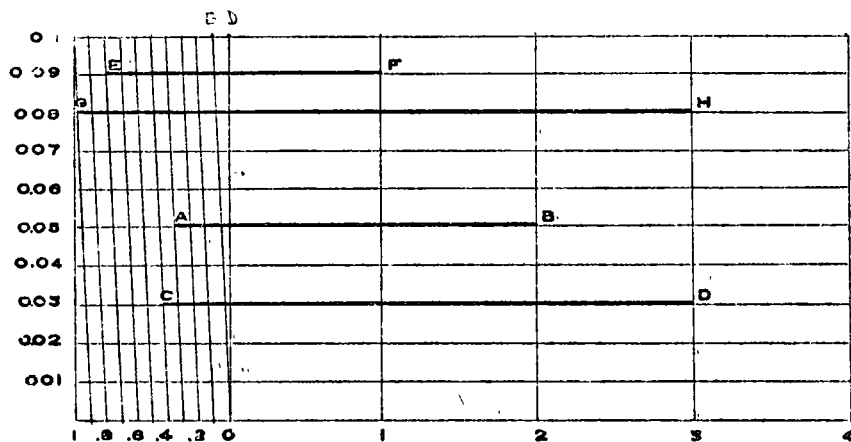
Distancias:

$$ED \frac{AB}{n}$$

$$AB = 19.8$$

Ejemplo 3

ESCALA 1:50



## 2. PROYECCION

Para referir los diversos puntos de la superficie terrestre y que son importantes para definir el detalle topográfico, se emplea un sistema de proyección ortogonal derecho, cuyos ejes verticales - "Y" se denominan meridianos y cuyos ejes horizontales "X" se denominan paralelas.

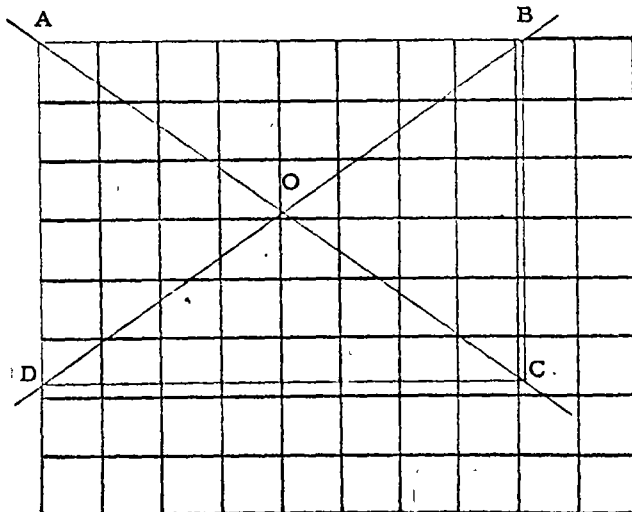
En el caso de la Topografía, estos ejes son rectos y en el caso de la Cartografía el sistema de proyección se elige de acuerdo a la finalidad de la Carta Geográfica.

El sistema de proyección topográfica, constituido por las cuadrículas de meridianos y paralelos se puede dibujar mediante los siguientes elementos:

1. Escala y regla
2. Coordinatógrafo de placa
3. Copia fotográfica
4. Coordinatógrafo de escalas

### 1. Escala y Regla

El procedimiento consiste en trazar dos diagonales que pasan respectivamente por las esquinas del papel. A partir de la intersección O se marcan distancias d iguales procurando dejar un espacio adecuado para el margen; de esta manera quedan establecidos los puntos A, B, C, D, que forman un rectángulo de apoyo rigurosamente recto. A partir del punto A y sobre la línea A B y A D se marcan puntos a distancias iguales cuyo tamaño depende de la cuadrícula a trazar, esta puede tener cinco o diez centímetros de longitud de cuadro. Se hace lo mismo a partir del punto D hacia C, y del punto B hacia C. Por lo tanto bastará unir los puntos homólogos para obtener los meridianos y paralelos que dibujados en la misma hoja constituyen una cuadrícula de precisión muy aceptable.



## 2. Coordinatógrafo de placa

En este caso los puntos de cuadrícula se marcan mediante una lámina que tiene perforaciones cada cinco centímetros, mediante un punzón llamado picómetro.

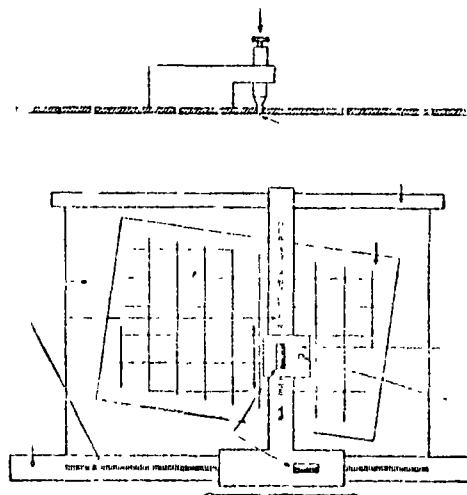
Esta lámina es de metal invar y sus perforaciones son rigurosamente precisas, de tal manera que los puntos marcados sobre el papel mediante las picaduras son también rigurosamente precisos, por lo tanto es un procedimiento muy recomendable. Este coordinatógrafo a pesar de su sencillez es muy costoso, razón por la que a veces su uso no es muy común.

## 3. Copia fotográfica

Este procedimiento consiste en obtener las cuadrículas mediante una copia fotográfica o heliográfica de una matriz hecha por los procedimientos anteriores. El procedimiento no es muy recomendable por las variaciones que sufren los materiales cuando se les somete a los procedimientos de copiado.

## 4. Coordinatógrafo de escalas

Este instrumento es muy elaborado y sus funciones están constituidas por la solución prácticamente completa del dibujo topográfico porque además de permitir trazar la cuadrícula de apoyo, puede leer o establecer coordenadas. Actualmente existen coordinatógrafos completamente automáticos que mediante los datos del levantamiento dibujan automáticamente el plano topográfico. Este instrumento es muy costoso y solo lo pueden tener las instituciones profesionales de la Cartografía.



### 3. REPRESENTACION PLANIMETRICA

La representación planimétrica de los detalles topográficos, como por ejemplo: las poblaciones, iglesias, panteones, linderos, vasos de almacenamiento, líneas de comunicación, etc., se representan por medio de signos que en cierto modo son una generalización de dichos detalles. En nuestro país no existe una estandarización de signos o símbolos topográficos, por lo que cada institución o dependencia oficial acostumbra a definir su simbología de un modo convencional y solo llega a conservar algunas características generales.

Al final se presentan algunos signos de los muchos que existen para indicar la gran variedad de detalles topográficos que se suelen dibujar en los planos. Para los dibujantes profesionales o compañías, se puede recomendar que tengan en existencia algunos listados de signos convencionales de las empresas del ramo topográfico.

### 4. REPRESENTACION ALTIMETRICA

Los detalles isométricos en Topografía también se pueden representar por signos o símbolos cuando se trata de indicar características geomorfológicas de un terreno, sin embargo en la Topografía para usos de la ingeniería civil, la isometría queda resuelta mediante las curvas de nivel, es decir, que la curva indica el nivel correspondiente y su forma dibujada en el plano, indica la posición relativa en la planimetría.

#### CURVA DE NIVEL

Es la intersección de un plano horizontal con la superficie natural del terreno. Si se consideran varios planos horizontales equidistantes, las intersecciones resultantes serán un conjunto de curvas que definen la configuración del terreno. A la distancia vertical que existe entre los planos horizontales, se denomina Equidistancia y que, según la escala del plano y los objetivos del mismo, pueden ser de 10 cms., 25 cms., 50 cms., 1 metro, 5 metros, 10 metros ó 50 metros.

Las curvas de nivel representan por lo tanto, líneas de igual altura, por lo tanto, para su solución se requerirá determinar los puntos llamados de cota redonda, mismos que mediante una interpolación adecuada, quedan definidos en el plano.

Para hacer la interpolación se pueden considerar las reglas siguientes:

1. Se pueden interpolar entre los puntos contenidos sobre una radiación o entre los extremos de dos radiaciones -

- de una misma estación.
2. Se puede interpolar entre extremos de radiaciones pertenecientes a distinta estación.
  3. Se puede interpolar entre extremos de poligonal.
  4. No se puede interpolar entre extremos de radiaciones no contiguas.

Para interpolar existen tres procedimientos que son:

1. Método aritmético
2. Método gráfico
3. Método mecánico

1. Método Aritmético

Este método queda debidamente aclarado resolviendo el ejemplo que a continuación se indica:

D = 55.15	Cota R = 69.00	Cota Q = 70.00
Cota A = 68.57 m	Cota A = 68.57	Cota A = 68.57
<u>Cota B = 73.25 m</u>	<u>Cota A = 68.57</u>	<u>Cota A = 68.57</u>
H = 4.68	$h_1 = 0.43$	$h_2 = 1.43$

$$d_1 = \frac{55.15 \times 0.43}{4.68}$$

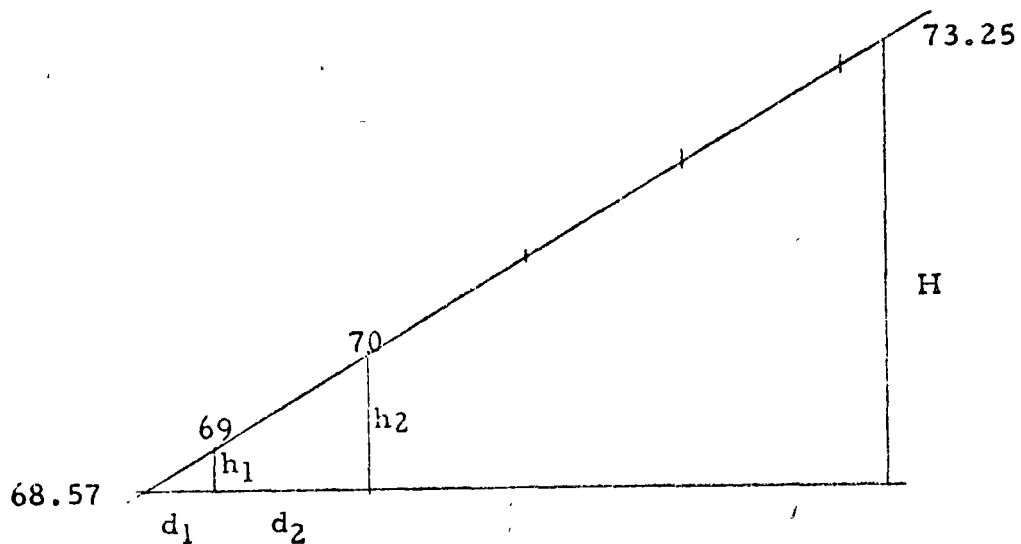
$$d_2 = \frac{55.15 \times 1.43}{4.68}$$

$$d_1 = 5.10$$

$$d_2 = 16.80$$

$$m = 11.70$$

$$d_2 = d_1 = 11.70$$



Con el valor de  $m$  y con el compás de puntas, se marcan los siguientes puntos de cota redonda a partir de la distancia  $d/2$ .

Este procedimiento no es recomendable por la gran cantidad de operaciones que se tendrían que hacer para resolver todas las líneas.

## 2. Método Gráfico

Este método se basa fundamentalmente en el método de la secante para dividir un segmento en  $n$  partes iguales.

Considerando el problema anterior se tiene:

DATOS:

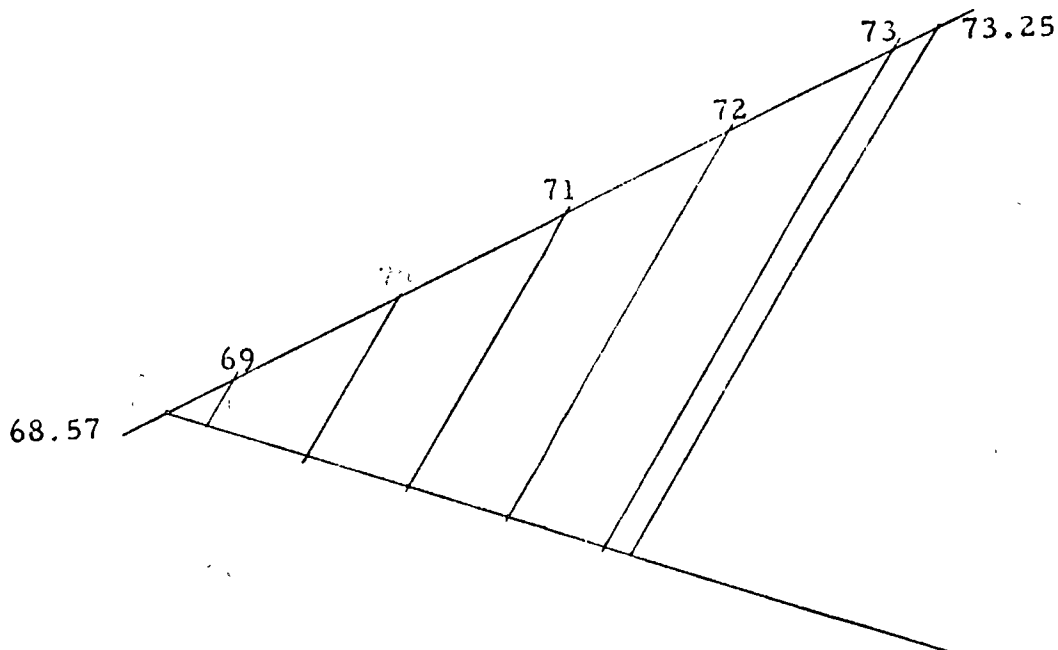
Cota A = 68.57 mts.

Cota B = 73.25 mts.

D = 55.15 mts.

Solución:

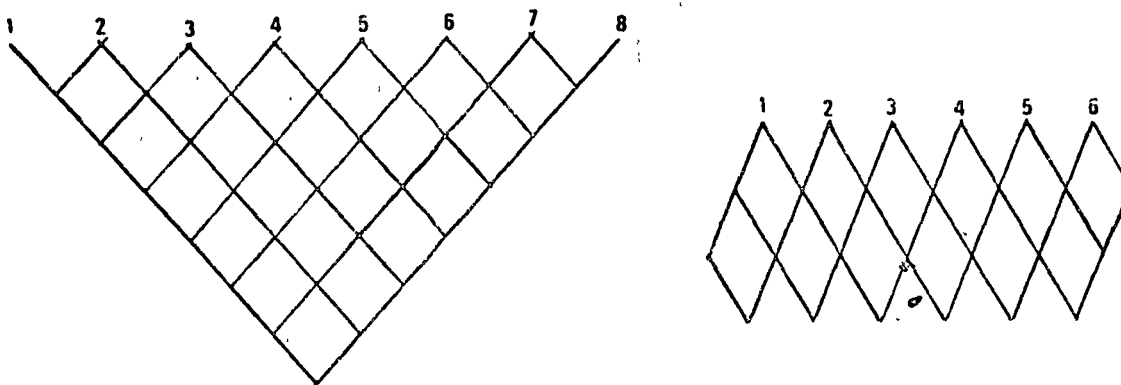
1. Se traza una línea auxiliar muy tenue
2. Sobre la línea auxiliar se marcan los puntos de cota redonda aprovechando una escala apropiada, teniendo en cuenta la parte proporcional del extremo inicial.
3. Se trazan paralelas a la línea que une los extremos homólogos y donde estas líneas cortan a la radiación original, se trazan los puntos de cota redonda buscados.



Este procedimiento es muy conveniente por su rapidez y precisión geométrica, por lo tanto, es altamente recomendable.

### 3. Método Mecánico

Este procedimiento se lleva a cabo mediante un instrumento llamado isógrafo, diseñado exclusivamente para la interpolación topográfica. Las soluciones mecánicas son muy variadas, se indican a continuación dos de ellas:



#### LEYES DE LAS CURVAS DE NIVEL

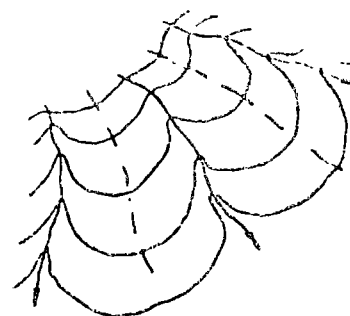
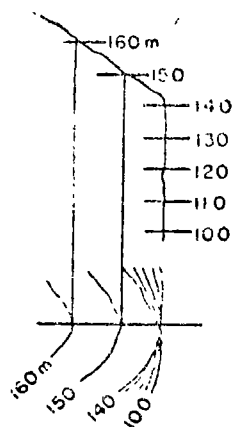
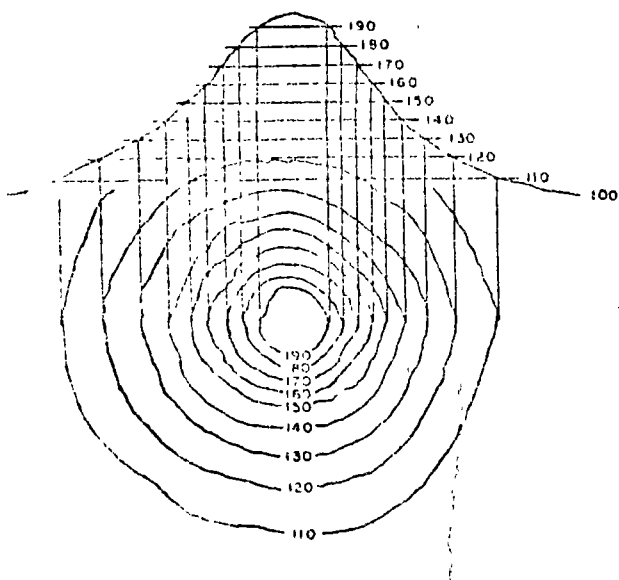
Las curvas de nivel cumplen ciertas leyes que hay que tener en cuenta para el trazo correcto en el plano topográfico, no está por demás indicar que el trazo elemental se obtiene con la unión de los puntos de cota redonda que corresponden a un mismo nivel.

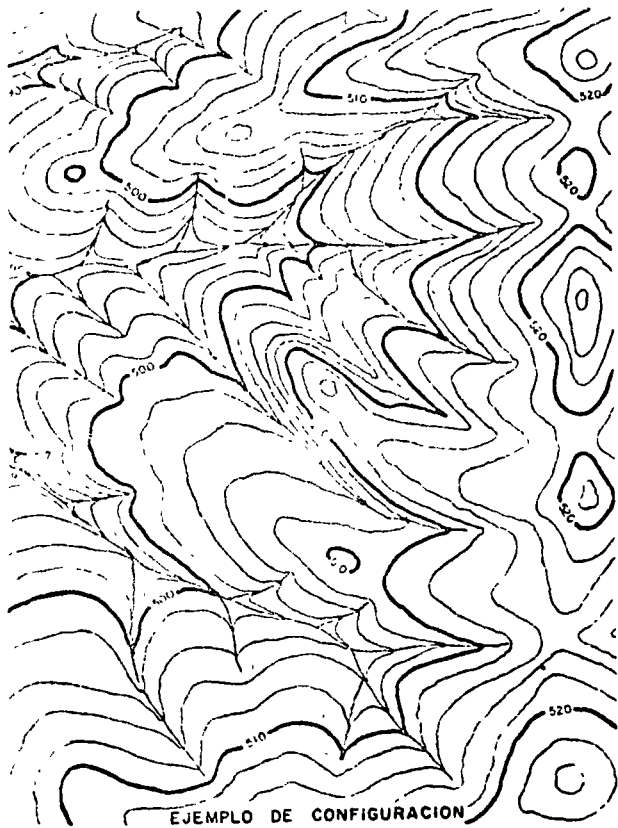
1. Las isohipsas de forma concéntrica indican cimas u hoyos. Si las cotas van aumentando hacia el punto concéntrico, son cimas, y si van disminuyendo, son hoyos.
2. En terreno de pendiente uniforme, la separación horizontal de las isohipsas es uniforme.
3. En las divisorias de aguas tienden a rodear la cima y en las vaguadas, a alejarse de ella.
4. Tienden a acercarse mutuamente en el punto de inflexión.
5. Todas cierran.
6. Tienden a separarse en las cimas.
7. Tienden a separarse en las faldas de menor pendiente de los cerros.

8. Tienden a acercarse en los terrenos de mayor pendiente.
9. Se enciman en los cantiles.
10. En las lomas, las isohipsas son generalmente más suaves (menor grado de curvatura que en las vaguadas).
11. Entre dos parteaguas debe haber forzosamente una vaguada.
12. Entre dos vaguadas debe haber forzosamente un parteaguas.
13. En ambos lados de las vaguadas y los parteaguas existen siempre isohipsas de las mismas cotas.
14. Los ejes de los parteaguas y de las vaguadas son normales a las isohipsas.
15. En las vaguadas generalmente las separaciones de las isohipsas se van acortando hacia aguas arriba.
16. Los perfiles de los ríos maduros, generalmente son parabólicos; por lo tanto la separación de sus isohipsas no es uniforme sino que se van separando cada vez más a medida que se acercan al mar.
17. En las vaguadas en donde el fenómeno de erosión es intenso, su sección transversal tiene la forma de V; por lo tanto las isohipsas en sus ejes toman la forma de V-invertida.
18. En las zonas de los ríos en donde es menor la erosión del fondo éste es redondo, y las isohipsas en sus ejes están redondeadas.
19. En las zonas de islas, las isohipsas tienen dos vértices hacia aguas arriba.
20. En los canales, ríos, etc., que tienen bordos, existen las isohipsas de las mismas cotas en cada lado de los ejes de los bordos.
21. En el borde del cráter existen las isohipsas de las mismas cotas en los lados interior y exterior.
22. En el lado exterior de los meandros, las isohipsas se acercan más que en su lado interior.



23. El eje de las profundidades máximas de una corriente en su tramo recto se encuentra generalmente en la parte central del cauce; por lo tanto el vértice de la isohipsa se encuentra en el centro del cauce.
24. El eje de las máximas profundidades en el meandro no se encuentra en el centro del cauce, sino un poco hacia el exterior del meandro, y así, el vértice de la isohipsa.
25. En los puertos existen dos ejes que se cortan más o menos perpendicularmente: el eje del parteaguas que sube hacia uno y otro lado del puerto por los cerros y el de vaguadas que desciende en uno y en otro lado del parteaguas. Existen isohipsas de las mismas cotas hacia cada lado del puerto: en parteaguas y en vaguadas. Las primeras van aumentando sus cotas y las segundas, disminuyéndolas. El puerto tiene la forma aproximadamente de una silla de montar.
26. La vaguada no corta la divisoria de aguas.
27. Las isohipsas son normales a las líneas de máxima pendiente.
28. Las isohipsas no se cortan sino únicamente en donde pasa por una vertical dos o más veces la superficie del terreno, como sucede en las cuevas.
29. No se bifurcan.
30. Pueden encimarse, pero nunca desaparecen.



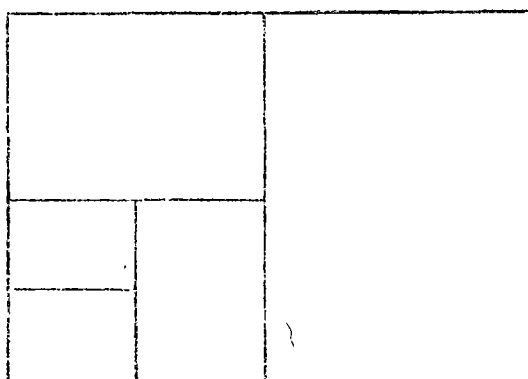


## 5. NORMAS DE ELABORACION

### 1.- Formato

El formato normalizado DIN tiene una definición satisfactoria por su espíritu geométrico.

El formato D.I.N. , es un rectángulo cuyas longitudes de sus lados es tal, que si se divide en dos partes iguales en sus lados mayores, los rectángulos resultantes son proporcionales al primero.



Para área unitaria,  $A = 1 \text{ m}^2$

Para lado  $b = 1000 \text{ mm}$

Designación	lado a	lado b
A0	1189 mm	841 mm
A1	841 mm	595 mm
A2	595 mm	420 mm
A3	420 mm	297 mm
A4	297 mm	210 mm
A5	210 mm	148 mm

Designación	lado a	lado b
B0	1414mm	1000mm
B1	1000mm	707mm
B2	707mm	500mm
B3	500mm	353mm
B4	353mm	250mm
B5	250mm	177mm

Para lado  $b = 916 \text{ mm}$

Designación	lado a	lado b
C0	1295 mm	916 mm
C1	916 mm	647 mm
C2	647 mm	458 mm
C3	458 mm	324 mm
C4	324 mm	229 mm
C5	229 mm	162 mm

Nota: el formato A4 es muy cercano al tamaño carta conocido.

### 2. Líneas principales

En todo plano topográfico existe un grado de importancia de los elementos representados según la finalidad, por lo tanto, -

se deberán elegir los grosores necesarios y contrastados que permitan apreciar en forma rápida los caracteres o detalles y que estén de acuerdo a la precisión y escala del plano. Es recomendable utilizar para las líneas, instrumentos reglados que permitan en forma sistemática obtener los mismos espesores en las líneas, por otra parte, es muy conveniente disponer de un buen número de plantillas para curvas.

### 3. Relleno. Detalles

De preferencia se realiza cuadro por cuadro si se trata de un plano con cuadrícula de referencia o manzana por manzana, si se trata de un plano porcelario o urbano, o de tramo en tramo si se trata de un levantamiento a lo largo de un alineamiento. Es conveniente que se comience por el detalle más importante y que se aborden caracteres de la misma especie.

### 4. Uniones

Cuando se trata de un levantamiento representado en varias hojas (planos) es conveniente, además de tener en cuenta las referencias, establecer convencionalmente la banda de sobreposición o banda común entre hojas.

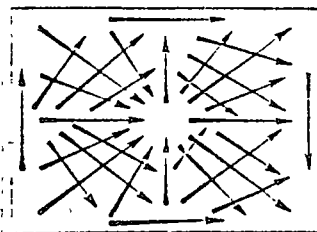
### 5. Letrado y signos convencionales

La elección, valor relativo y la identificación de los nombres a utilizar son obra del ingeniero, por lo que el dibujante solo tiene como función tomar los signos convencionales de una tabla y darles claridad y carácter estético.

Se puede decir que el letrado del plano es de primera importancia, aunque desde el punto de vista topográfico es secundario.

#### Disposición de nombres

Todas las escrituras deberán tener la posibilidad de poder ser leídas sin contorsión excesiva de la cabeza del observador y sin tener que girar el documento, estando situado éste, delante del observador.



La disposición de nombres varía según se trate de indicar - un detalle puntual, una línea o una superficie; en el primer caso se llama "En posición" y en los otros dos casos se llama "A disposición".

La disposición "en posición" es un escrito cercano al detalle de carácter puntual, como un punto de poligonal, de triangulación, arbolante, registro, etc.

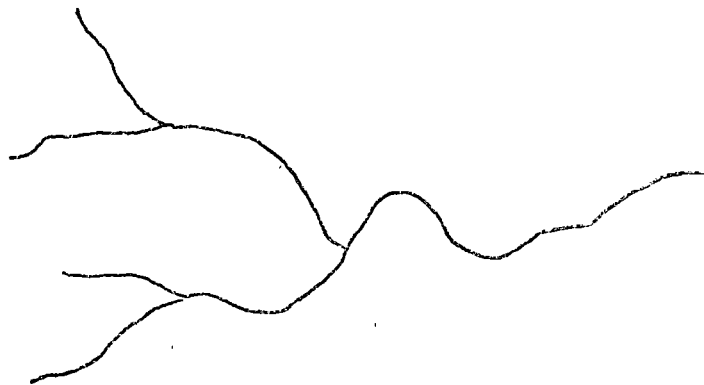
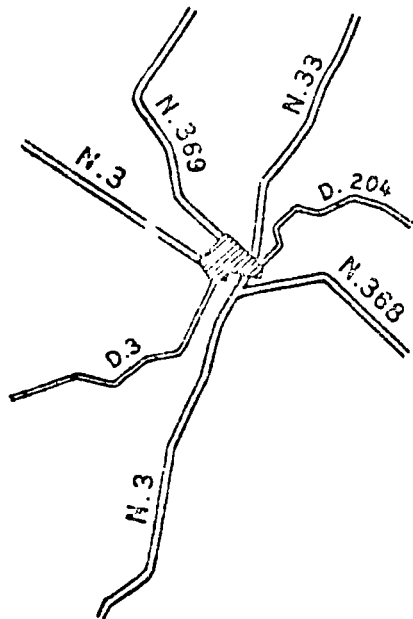
Su localización e inscripción deben responder a las reglas - siguientes:

- a) Deben estar muy cerca del objeto indicado
- b) Debe evitar la sobreposición con detalles planimétricos
- c) Los nombres de lugares habitados que sean compuestos - de varias palabras pueden ser colocados en dos líneas.
- d) Utilización, dado el caso, de abreviaturas correctas.

#### Escrituras "a disposición"

Los siguientes dibujos dan una idea de este tipo de localización en las que se siguen las normas siguientes:

- a) Las escrituras "abrazan" el trazo de la línea
- b) Los nombres son situados de preferencia arriba de la línea
- c) Los nombres son repartidos y espaciados en la longitud de la línea
- d) Si conviene, se puede repetir a lo largo de la línea
- e) Los nombres correspondientes a ríos, arroyos y en general a líneas que indiquen algún sentido, son escritos sin tener en cuenta el sentido del movimiento.



A B C D E F G H I J

K L M N O P Q R S

T U V W X Y Z A

B C D E F G H I J K

a b c d e f g h i j  
k l m n o p q r s t u  
v w x y z g y æ œ

## 6. MATERIALES

### 1. Papel

#### Historia

El antecesor del papel, el papiro egipcio fue utilizado desde 3,000 años A.C. Esta planta comporta una larga tira triangular de tal modo que se puede descascarar en bandas finas, en general se presenta en rollos de tiras muy delgadas.

La invención del papel es atribuida a los chinos, en particular a Tsai-Lun (2o. siglo D.C.). La pasta que obtuvo por trituración en el agua, del bambú y la caña, la coló y la secó en un comal ligeramente caliente.

El procedimiento fue transmitido a los árabes por los persas y desde el siglo VIII existieron fábricas de papel en Bagdad. Damasco llegó a ser un centro importante de producción.

Las cruzadas jugaron probablemente un papel importante en la introducción de las técnicas papeleras en Francia. En el comienzo del siglo XIV, las primeras fábricas de papel se instalaron en la Región de Ambert que contó con 200 molinos para la producción bajo el reinado de Luis XIV.

En 1798, Louis Nicolas Robert, pone en marcha la primera máquina para fabricación continua, movida por una manivela; esta máquina produjo en 2.60 m. de largo.

Las gigantescas instalaciones modernas para la fabricación cada día se superan, de tal modo que en la actualidad se alcanzan velocidades extraordinarias en la producción (6pp metros por minuto y un ancho de 6 a 7 metros), o sea una producción del orden de 4,000m<sup>2</sup> por minuto.

#### Constitución

El papel está constituido por una aglomeración de fibras de celulosa, entreteljadas. Las fibras vegetales estan compuestas por: - Celulosa (CG H<sub>10</sub> O<sub>5</sub>) n, Hemicelulosa y de Lignina.

Las fibras tienen aspectos diferentes según su origen, su longitud varía de 1.5 milímetros o varios centímetros y su diámetros de 6 a 40 micrones.

La longitud de las fibras confiere al papel cualidades de resistencia y solidez características. Es la fibra de algodón lo que tiene la celulosa más pura.

## Características del Papel

### a. Resistencia a tensión

Se expresa generalmente en "longitud de ruptura". Una banda de papel de 15 mm., de largo sujeta entre los extremos de un dinamómetro si se designa fuerza en kilogramos necesarios para su ruptura, la longitud ruptura esta dada por la fórmula:

$$\text{Longitud de ruptura en metros} = \frac{200\,000 \times G}{3G} \quad G: \text{gramado}$$

Representa la longitud de la misma banda tal que el peso será igual a X que se romperá bajo la acción de su propio peso.

### b. Resistencia a la presión

Se determina que la ayuda de un aparato neumático que permite ejercer una presión variable sobre una pequeña porción circular de papel. Esta caracterizada por un indicio de presión.

### c. Resistencia a la ruptura

Se determina por métodos dinámicos (Puntual de Elmendorff)

### d. Resistencia al dobléz

La incineración de una muestra de papel, permite obtener los registros cuantitativos y cualitativos de las cargas contenidas en el papel.

### f. Resistencia al tiempo

Un tratamiento artificial con rayos ultravioleta acompañado de mediciones fotogramétricas, dan una idea de este factor.

## BASES PLASTICAS

El plástico es una substancia compleja que contiene una substancia orgánica o semiorgánica y que puede ser moldeada bajo la acción del calor y la presión en la mayoría de los casos. La mayor parte del plástico ha sido descubierto en tiempo reciente. En 1870 un rico americano convocó a un concurso para hallar una substancia que sustituyera al marfil de las bolas de billar, fue así como los hermanos Hyatt descubrieron, la termoplasticidad de la mezcla nitro-celulosa-canfrey, creó así el celuloide; este material conserva de modo permanente y reversible su termoplasticidad inicial. En 1907, Baekeland inventa a partir de la aldehida de formica o formol y de fenol, la baquelita, que obtenida por calor y por una reacción irreversible, guarda su forma y duración

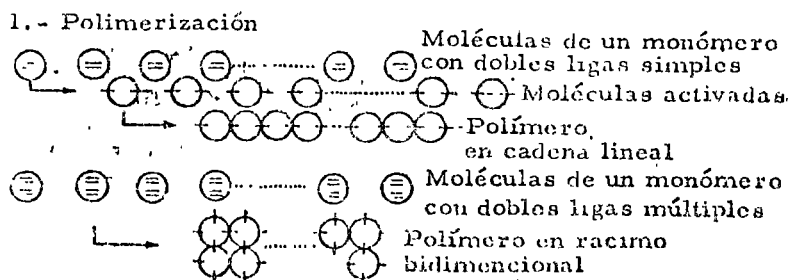


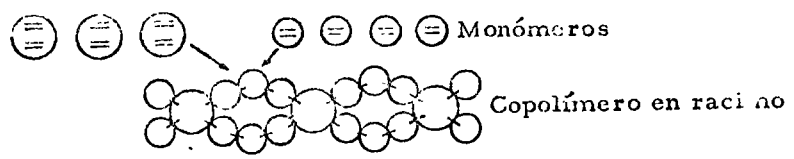
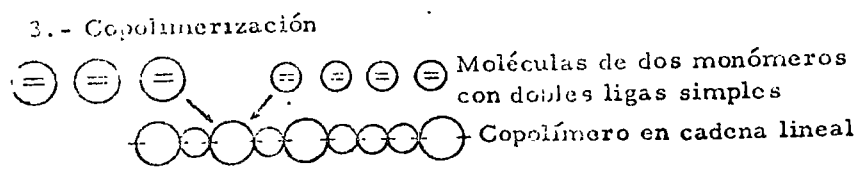
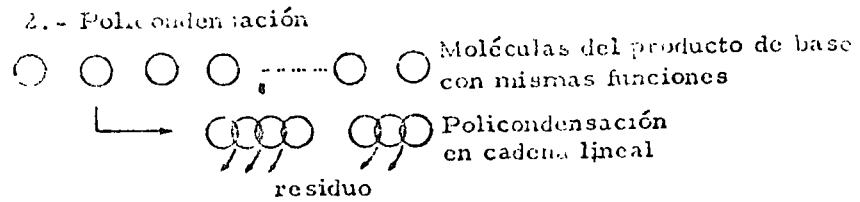
de modo definitivo, constituye por lo tanto un plástico termodurable. - Muchos plásticos han sido descubiertos desde las primeras invenciones, sin embargo, para los fines cartográficos solo interesa los termoplásticos.

Toda materia plástica está hecha a base de resinas; al principio este término estuvo reservado solo a la secreción de vegetales - (substancias vidriosas susceptibles de ablandarse o fundirse por medio del calor), pero se ha conservado ese término para definir los productos sintéticos formados por moléculas gigantes o macromoléculas resultantes de una reacción de polimerización o de policondensación.

Hay polimerización cuando por la acción de catalizador, se obtiene a partir de una molécula de base llamada "monómero" a micromoléculas o polimeros según una cadena o conjunto (bi o tridimensional, sin ninguna eliminación de producto. Hay policondensación cuando el producto obtenido resulta de la reacción de los métodos iniciales con eliminación de un tercer producto o cuerpo, la reacción exotérmica es progresiva y si las moléculas al momento poseen cada una más de dos funciones químicas reactivas, la macromolécula constituye un edificio tridimensional, rígido e indeformable consecuentemente "termodurable".

Si los "monómeros" en presencia son diferentes pero compatibles y portadores cada uno de una doble liga, las moléculas se pueden polimerizar simultáneamente y forman una cadena o un conjunto -- que comporta una sucesión regular, se tiene entonces una copolimerización.





Los plásticos utilizados en cartografía como bases de redacción, de impresión o como películas fotográficas se presentan en la forma de rollos o de hojas de formatos variables, su espesor va de -- 0.02 a 0.5 mm. Otras propiedades son su ligereza (masa específica comprendida entre 1 y 1.6), flexibilidad aliada a una cierta rigidez, solidez, resistencia a los productos químicos y al tiempo.

En resumen, se tiene que desde el punto de vista químico, se pueden clasificar en tres grupos:

- a. Eteres celulósicos: Nitrato de celulosa o celuloide  
Acetato secundario de celulosa o diacetato  
Triacetato de celulosa  
Acetabutinato y acetopropianato de celulosa
- b. Poliésteres: Politereftalate de etileno glical (no comercial: cronar)  
Policarbonatos
- c. Polímeros y viniles: Polistireno  
Copolímeros a base de polivinilo (astrofoil y astralón)

Nota: Los acetatos de celulosa son obtenidos por la acción del -- anhídrido acético y del ácido acético, celulosa de madera o de algodón.

Los plásticos vinílicos comprenden un cierto número de --

polímeros. Son mezclas de cloruro de vinilo obtenido por la acción -- del ácido clorhídrico o acetileno (agua y carburo de calcio) y de acetato de vinilo (ácido acético y carburo de calcio).

## Tintas

### Composición de la tinta

En general la tinta se compone de la mezcla de los siguientes productos:

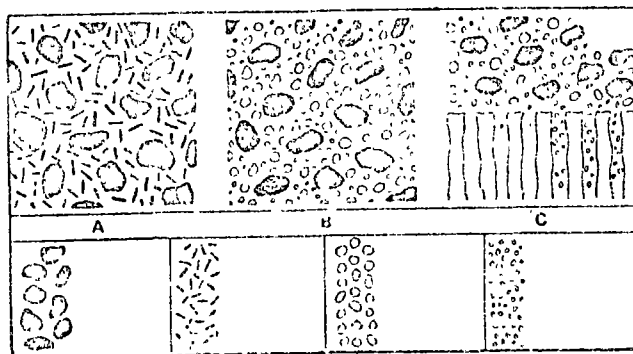
1o. Varias materias colorantes que le dan su color y que pueden ser: pigmentos o colorantes.

Los pigmentos son productos químicos naturales o artificiales, sólidos, insolubles en el agua y muy poco solubles en otros solventes, tales como: el alcohol.

Las lacas resultan de la fijación de un colorante sobre alúmina o sobre otra base como el sulfato de bario.

Los colorantes son productos químicos naturales o artificiales, solubles en el agua, alcohol o en otros solventes.

2o. Barniz, que según los fabricantes constituye el vehículo de la tinta. El barniz puede ser a base de aceite de lino o de resinas sintéticas combinadas. Las fórmulas actuales de las tintas están elaboradas teniendo en cuenta el uso a que se va a destinar; se tienen en cuenta por lo tanto, la rapidez del secado, las propiedades de adherencia, la plasticidad, etc.



Caso A Tinta de concepción antigua, del tipo monodispersa: pigmentos + aceite de lino (tinta para periódico)

Caso B Tinta moderna, del tipo polidispersa: pigmentos + resina sintética + aceite (tinta de secado rápido: rotativos)

Caso C Tinta polidispersa sobre papel micro poroso. A la derecha el aceite se separa y penetra en los poros muy finos del papel. La parte filmogénica queda en la superficie, reteniendo los pigmentos que envuelve y que quedan brillantes.

3o. Productos diversos que se destinan a asegurar la estabilidad de la mezcla - colorantes y barnices y para dar ciertas características suplementarias. Son principalmente los sicativos y las cargas.

Los sicativos sirven para activar el secado de la tinta, que según su naturaleza pueden ser por mayor absorción, oxidación, evaporación, fabricación, o por polimerización. Se utilizan:

- El cobalto, que acelera el secado de la superficie de película de la tinta
- El manganeso, que facilita el secado interno
- El plomo y el cerio que aumenta el poder sicativo de otros metales.

### ESTACIONES HIDROMETRICAS

- A  Escala simple
- B  Escala y limnígrafo
- C  Escala y molinete
- D  Escala y flotadores
- E  Escala, molinete y limnígrafo
- F  Escala, molinete y muestreo de sedimentos
- G  Escala, molinete, limnígrafo y muestreo
- H  Escala y vertedor
- I  Escala y Parshall
- J  Escala, vertedor y limnígrafo
- K  Escala, Parshall y limnígrafo
- L  Escala, Parshall, Limnígrafo y sedimentos
- M  Escala y compuerta
- N  Escala, compuerta y limnígrafo
- O  En tuberías
- P  Para aguas subterráneas
- Q  En tuberías con registro

### ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

- 1  Pluviómetro
- 2  Termómetro
- 3  Evaporómetro
- 4  Pluviógrafo
- 5  Termógrafo
- 6  Evaporógrafo
- 7  Higrógrafo
- 8  Higrómetro

<input checked="" type="radio"/> Termómetro y Pluviómetro	<input type="radio"/> Pluviómetro y Evaporógrafo	<input checked="" type="radio"/> Termógrafo Pluviógrafo	<input checked="" type="radio"/> Los 4 aparatos de registro y los 4 de observación directa
<input type="radio"/> Pluviómetro y Evaporómetro	<input type="radio"/> Pluviómetro Higrógrafo y Evaporómetro	Evaporómetro Higrógrafo Higrómetro y Pluviómetro	
<input type="radio"/> Higrómetro Pluviómetro y Evaporógrafo	<input checked="" type="radio"/> Termómetro y Pluviógrafo	<input checked="" type="radio"/> Termógrafo y Pluviógrafo	
<input checked="" type="radio"/> Termógrafo y Pluviómetro	Termógrafo Pluviógrafo y Evaporómetro	Termógrafo Pluviógrafo y Evaporógrafo	

NOTA: En cada plano de estaciones hidrométricas y climatológicas deberá figurar la relación de los signos usados, o indicarse que se interpretan según este dibujo

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS  
IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS  
DIRECCION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS-DEPTO. DE INGENIERIA ESTRUCTURAL

**SIGNOS PARA ESTACIONES  
HIDROMETRICAS Y  
CLIMATOLOGICAS**

Conforme: *[Firma]* *[Firma]*

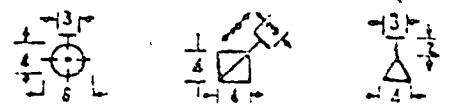
Aprobado: *[Firma]*

Signos convencionales

MANANTIALES .....	No mineralizados.....	Artesianos fríos.....		
		Artesianos termales.....		
		De gravedad.....		
	Mineralizados.....	Artesianos fríos.....		
		Artesianos termales.....		
		De gravedad.....		
NORIAS.....	No mineralizadas.....	Frías.....		
		Termales.....		
	Mineralizadas.....	Frías.....		
		Termales.....		
POZOS..... (Perforaciones)	No mineralizados	Fríos.....	Brotantes.....	
			Ascendentes.....	
			No ascendentes.....	
		Termales.....	Brotantes.....	
			Ascendentes.....	
			No ascendentes.....	
	Mineralizados.....	Fríos.....	Brotantes.....	
			Ascendentes.....	
			No ascendentes.....	
		Termales.....	Brotantes.....	
			Ascendentes.....	
			No ascendentes.....	

Notas: Los pozos agotados se indicarán con el signo respectivo y la letra "A" v. gc. A.  
 Los pozos infructuosos, con el círculo .  
 Los acuíferos sucesivos, se indicarán con números progresivos.

Dimensiones (mm)





**SIGNOS CONVENCIONALES  
 PARA LAS ESTACIONES:**

— 1.-HIDROMETRICAS. —

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> Escala simple       | <input type="checkbox"/> Escala y compuerta             | <input type="checkbox"/> Escala, vertedor y limnógrafo. |
| <input type="checkbox"/> Escala y flotadores | <input type="checkbox"/> En tuberías                    | <input type="checkbox"/> Escala, Parshall y limnógrafo. |
| <input type="checkbox"/> Escala y molinete   | <input type="checkbox"/> Para aguas subterráneas        | <input type="checkbox"/> Escala, compuerta y limnógrafo |
| <input type="checkbox"/> Escala y vertedor   | <input type="checkbox"/> Escala y limnógrafo            | <input type="checkbox"/> En tuberías con registro.      |
| <input type="checkbox"/> Escala y Parshall   | <input type="checkbox"/> Escala, molinete y limnógrafo. |   |

— 2.-DE SEDIMENTOS. —

Se agregará el signo / al de la estación que corresponda, en la forma siguiente:  (Escala, molinete y muestreo de sedimentos),  (Escala, molinete, limnógrafo y muestreo).

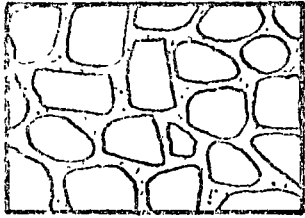
— 3.-CLIMATOLOGICAS —

- |  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Termómetro.                           | <input type="checkbox"/> Termógrafo                            |  |  |
| <input type="checkbox"/> Pluviómetro.                          | <input type="checkbox"/> Pluviógrafo.                          |  |  |
| <input type="checkbox"/> Evaporómetro.                         | <input type="checkbox"/> Evaporógrafo.                         |  |  |
| <input type="checkbox"/> Higrómetro                            | <input type="checkbox"/> Higrógrafo.                           |  |  |
| <input type="checkbox"/> Termómetro y Pluviómetro.             | <input type="checkbox"/> Termógrafo y Pluviómetro.             | <input type="checkbox"/> Termómetro y Pluviógrafo.   | <input type="checkbox"/> Termógrafo y Pluviógrafo.                                 |
| <input type="checkbox"/> Pluviómetro y Evaporómetro.           | <input type="checkbox"/> Pluviómetro y Evaporógrafo            | <input type="checkbox"/> Termógrafo Pluviógrafo y Evaporómetro.                                    | <input type="checkbox"/> Termógrafo Pluviógrafo y Evaporógrafo.                    |
| <input type="checkbox"/> Higrómetro Pluviómetro y Evaporómetro | <input type="checkbox"/> Pluviómetro Higrógrafo y Evaporómetro | <input type="checkbox"/> Termógrafo. Pluviógrafo. Evaporómetro Higrógrafo Higrómetro y Pluviómetro | <input type="checkbox"/> Los 4 aparatos de registro y los 4 de observación directa |

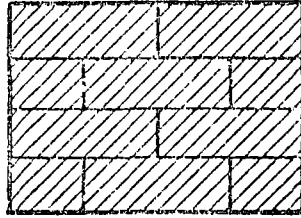




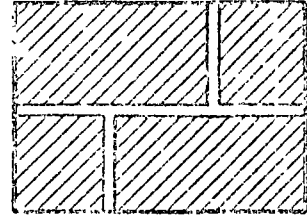
# SIMBOLOS PARA LOS CORTES



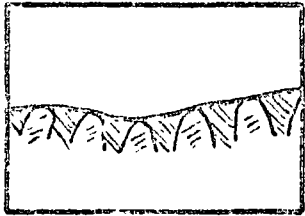
MAMPOSTERIA



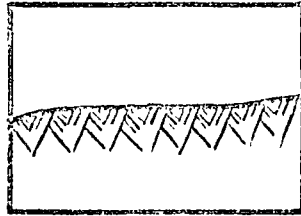
TABIQUE



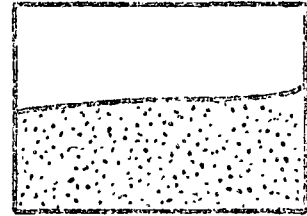
SILLARES DE PIEDRA



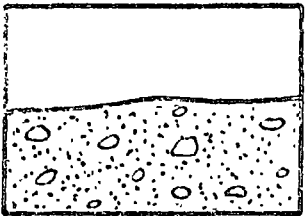
ROCA



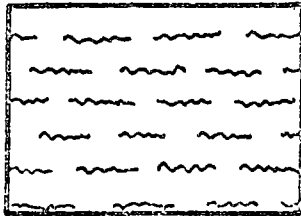
TIERRA



ARENA



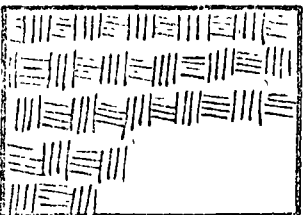
GRAVA Y ARENA



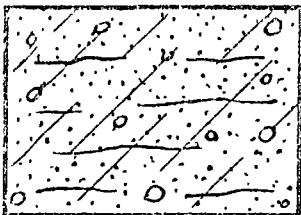
ARCILLA



SUPERFICIE DE MATERIAL  
NO ESPECIFICADO



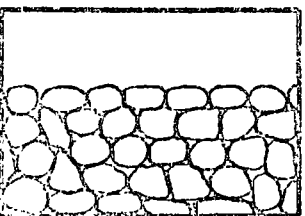
RELLENO DE MATERIAL  
NO ESPECIFICADO



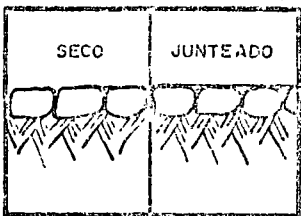
RELLENO DE MATERIAL  
IMPERMEABLE



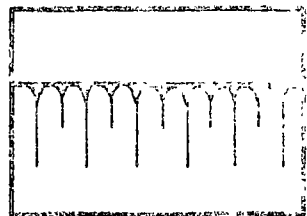
RELLENO DE MATERIAL  
PERMEABLE



ENROCAMIENTO

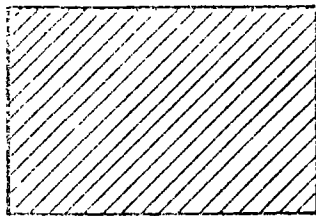


ZAMPEADO

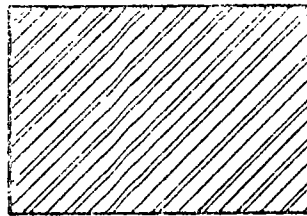


TALUD DE TIERRA EN  
PLANTA Y ELEVACION

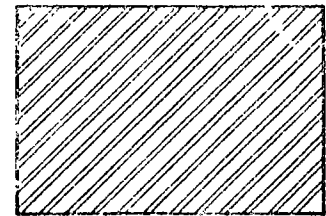
# SIMBOLOS PARA CORTES



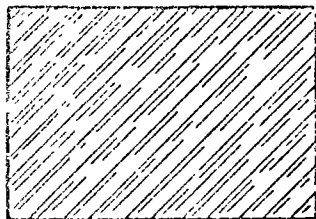
FIERRO FUNDIDO



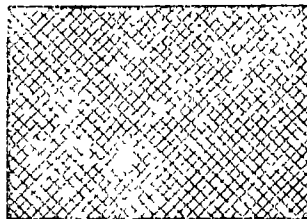
ACERO FORJADO



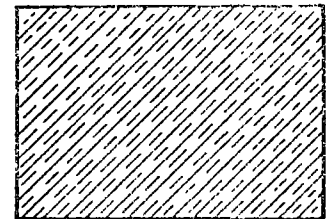
ACERO FUNDIDO



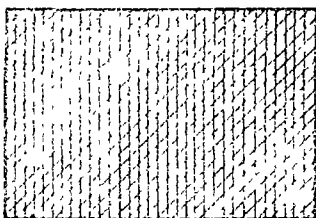
FIERRO FORJADO



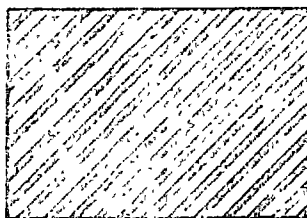
METAL BABBITT



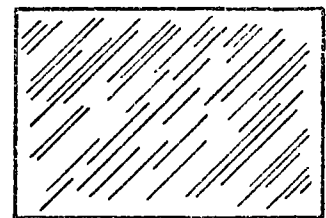
COBRE, BRONCE



ALUMINIO

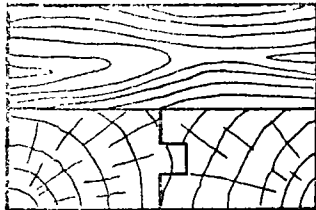


HULE

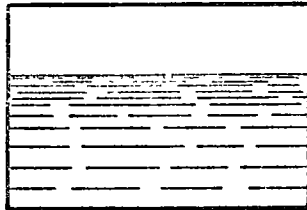


VIDRIO

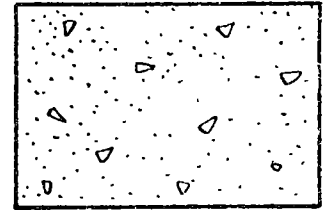
A lo largo de la fibra



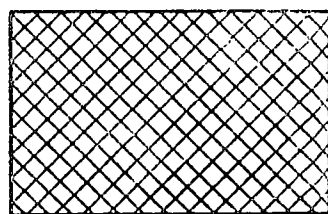
Normal a la fibra  
MADERA



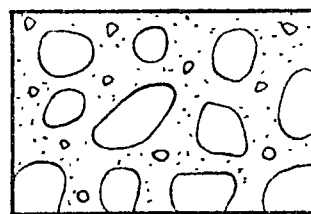
AGUA



CONCRETO

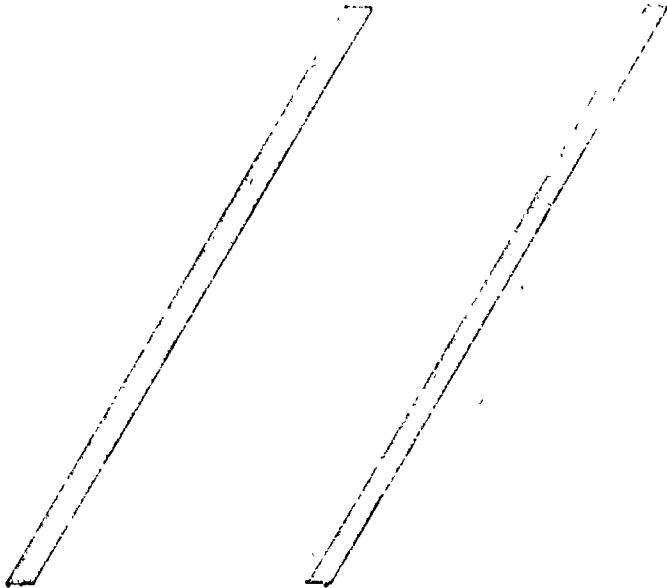


ASBESTO



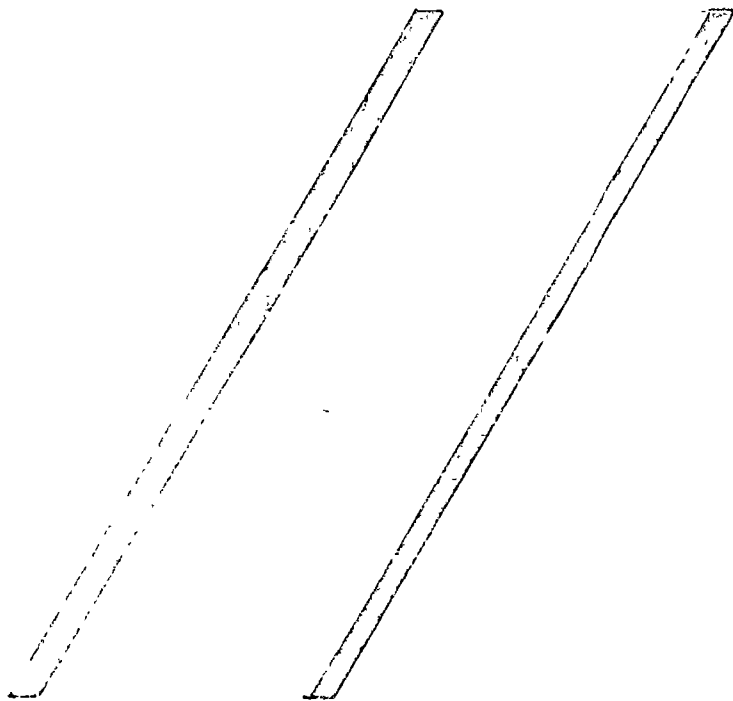
CONCRETO CICLOPEO

PARA MAYOR CLARIDAD EN LA INTERPRETACION DE ESTOS SIGNOS ,  
ESPECIFIQUESE CON LETRA CADA MATERIAL QUE APAREZCA -  
EN LOS PLANOS.



# fotogrametría

M.C. Gualterio Luthe García



Tema 13

## CONTENIDO

- 13.1 INTRODUCCION
- 13.2 FOTOGRAMETRIA DE IMAGEN UNITARIA
- 13.3 ESTEREOFOTOGRAMETRIA
- 13.4 FOTOGRAMETRIA MULTI - IMAGEN
- 13.5 ORTOFOTOGRAMETRIA
- 13.6 EJERCICIOS

## 13.1 INTRODUCCION

### 13.1.1 DEFINICION Y CLASIFICACION

La palabra Fotogrametría tuvo su origen en Europa y se deriva de tres palabras griegas que son:

Photos	-	que significa "Luz"
Gramma	-	que significa "Aquello que es dibujado o escrito"
Metron	-	que significa "Medir"

El significado de la palabra Fotogrametría de acuerdo a las raíces de las tres palabras griegas que la forman es: "Medición gráfica mediante la luz". Sin embargo, este significado de la palabra Fotogrametría no se puede considerar como una definición de lo que la Fotogrametría es actualmente. Desde sus inicios y principalmente durante las dos guerras mundiales, la Fotogrametría ha experimentado un sinnúmero de contribuciones en instrumentos, técnicas y aplicaciones que han obligado a ampliar y modificar las definiciones en más de una ocasión. En la actualidad la Fotogrametría se puede definir como la ciencia arte y tecnología para obtener información a partir de fotografías.

La Fotogrametría se puede dividir o clasificar según el aspecto que se considere. Por ejemplo en la definición de Fotogrametría se habla de obtener información; si la información que se obtiene es cualitativa, entonces estamos en el campo de la Fotogrametría Interpretativa, que implica el reconocimiento e identificación de objetos. Si la información que se obtiene es cuantitativa entonces corresponde al campo de la Fotogrametría Métrica, que es donde se determinan con precisión los tamaños y formas de los objetos. La Percepción Remota es una rama relativamente nueva de la Fotogrametría Interpretativa.

Si consideramos la posición de la cámara se puede clasificar a la Fotogrametría en: aérea, terrestre y espacial. Es aérea, cuando las fotografías se toman desde un vehículo aéreo como por ejemplo un avión; mientras que recibe el nombre de terrestre, cuando las fotografías se toman con la cámara apoyada en el terreno. Se considera espacial cuando las fotografías se toman desde un vehículo espacial como son los satélites.

De acuerdo a la técnica que se emplee para tratar y resolver los problemas fotogramétricos, la Fotogrametría se clasifica en: Gráfica, analógica y analítica. La Fotogrametría Gráfica es la menos precisa y es en donde se emplean dibujos y gráficas para encontrar las soluciones a los problemas. La Fotogrametría Analógica es la de uso más generalizado y resuelve los problemas fotogramétricos mediante los múltiples instrumentos analógicos que existen en el mercado. En la Fotogrametría Analítica todos los problemas se resuelven numéricamente. Anteriormente la Fotogrametría Analítica tenía muy poco uso por lo tardado y complicado de las operaciones numéricas que implicaba; pero actualmente, con el desarrollo de las computadoras modernas, el uso de la Fotogrametría Analítica se está extendiendo rápidamente y día con día adquiere mayor importancia.

Según el sistema que se emplee, la Fotogrametría también se puede clasificar como Convencional y No-Convencional. Se habla de Fotogrametría Convencional -- cuando el equipo y sistema que se usa es convencional como por ejemplo: Una cámara normal de proyección central en la cual se emplea película que registra la intensidad de los rayos luminosos. La Fotogrametría No-Convencional es aquella en donde -- se usa otro tipo de cámaras que hacen uso de otro tipo de película que no registra la intensidad de los rayos luminosos, sino otro tipo de rayos, como por ejemplo: La película térmica que registra la temperatura de los cuerpos y objetos fotografiados.

### 13.1.2 APLICACIONES

La Fotogrametría experimentó un fuerte impulso durante las dos guerras mundiales debido a su uso en la inteligencia militar. A partir de entonces ha habido un -- sin número de contribuciones en instrumentos y técnicas que han hecho a la Fotogrametría tan precisa y eficiente, que actualmente se emplea en el trabajo cartográfico de -- casi todos los países del mundo.

Algunas de sus aplicaciones son: La elaboración de mapas topográficos, planeación y diseño de carreteras, puentes, líneas de transmisión, acueductos, presas, etc. -- Estas aplicaciones nos dan una idea de la importancia que tiene la Fotogrametría dentro de la Ingeniería.

Otras áreas en las que se emplea la Fotogrametría: Astronomía, Arquitectura, -- Arqueología, Oceanografía, Hidrología, Mineralogía, Genética, Geología, Agricultura, Criminología, Medicina, Odontología, así como en la investigación de accidentes de tránsito. Se le ha llegado a emplear hasta para hacer trajes a la medida.

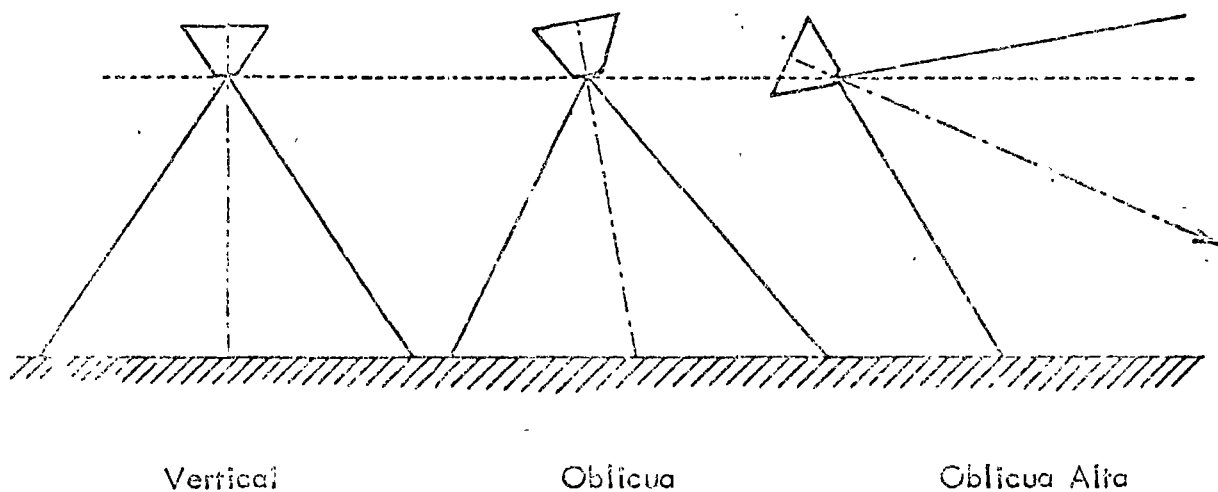
Debido a sus múltiples aplicaciones, la Fotogrametría tiene un prometedor futuro. En Estados Unidos, Canadá, Holanda, Francia, Alemania y Suiza, se imparten -- maestrías y doctorados en dicha área.

### 13.1.3 CAMARA

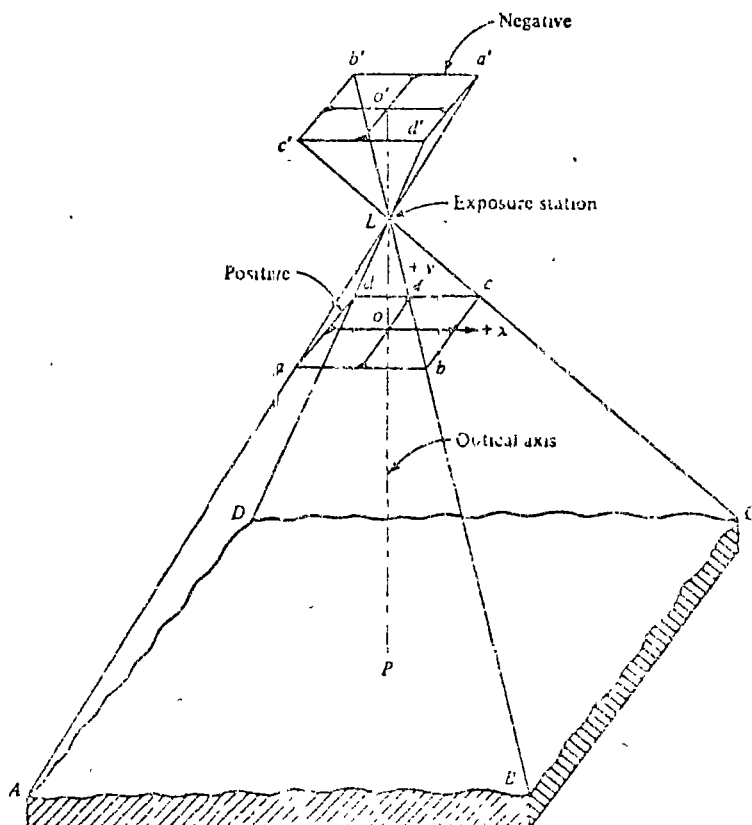
Existen muchos instrumentos importantes en fotogrametría y sería difícil decir -- cuál de ellos es el más importante. Sin embargo podemos afirmar que la cámara es uno de los más importantes ya que es el instrumento usado para tomar las fotografías que -- son de las cuales depende la fotogrametría.

Los requerimientos para una cámara con fines fotogramétricos son muy diferentes a los de una cámara comercial ordinaria. El principal requerimiento es poseer un -- lente de altas cualidades geométricas, con alto poder de resolución y que ocasione un mínimo de distorsiones. Las cámaras fotogramétricas deben tener capacidad para efectuar un gran número de exposiciones en rápida sucesión para lo cual deben contar con diaframas y obturadores eficientes con capacidad para funcionar en las condiciones climáticas más extremas.

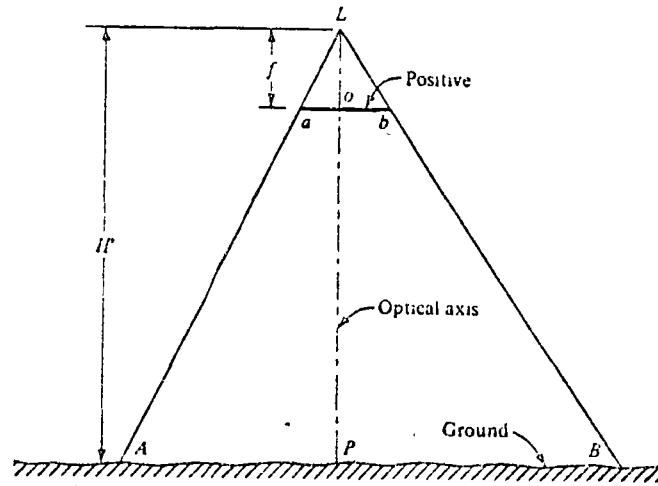
13.2 Fotogrametría de Imágen Unitaria  
 13.2.1 Clasificación de fotografías aéreas



13.2.2 Geometría de una fotografía aérea vertical



13.2.3 Escala

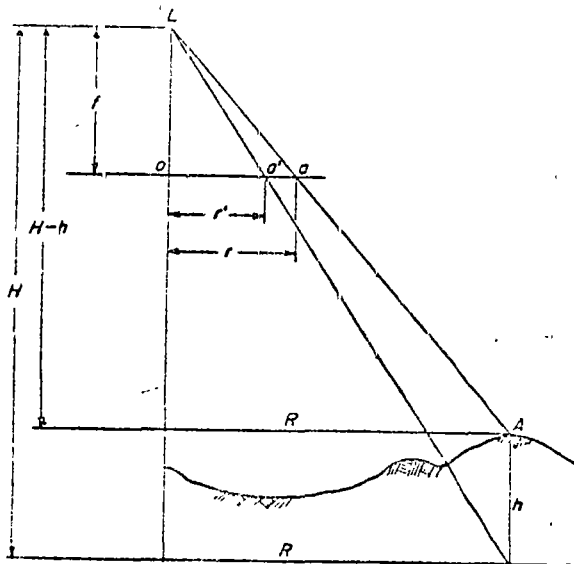


Vista en dos dimensiones de una fotografía vertical tomada sobre terreno plano.

La escala puede expresarse en función de la distancia focal de la cámara ( $f$ ) y la altura de vuelo sobre el terreno ( $H'$ ), igualando los triángulos semejantes  $Lab$  y  $LAB$  como sigue:

$$S = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H'}$$

13.2.4 Desplazamiento por Relieve



$$d = r - r'$$

$$\frac{f}{H-h} = \frac{r}{R} \quad ; \quad \frac{f}{H} = \frac{r'}{R}$$

$$r = \frac{Rf}{H-h} \quad ; \quad r' = \frac{Rf}{H}$$

$$d = \frac{Rf}{H-h} - \frac{Rf}{H} = \frac{Rfh}{H(H-h)}$$

$$d = \frac{rh}{H}$$

desplazamiento por relieve de un punto



13.0 Estereofotogrametría

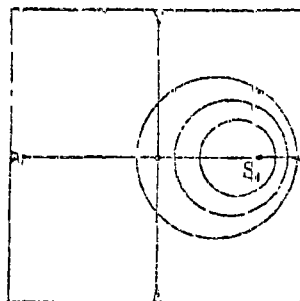
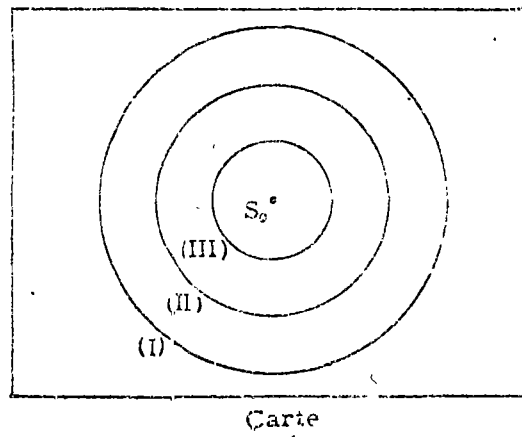
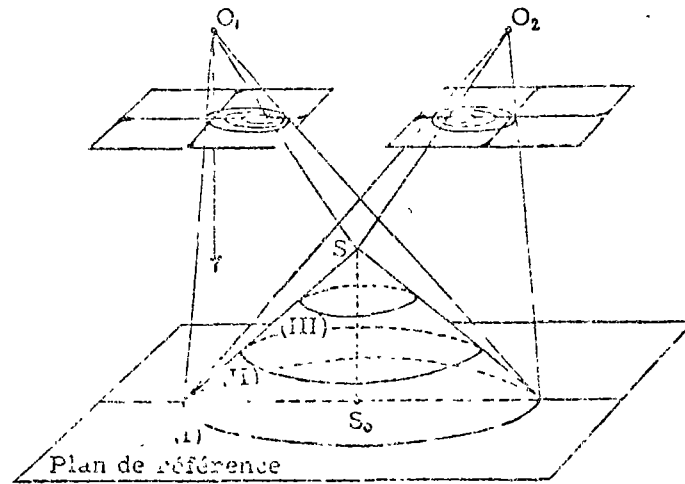


Photo 1

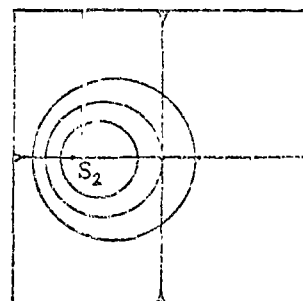


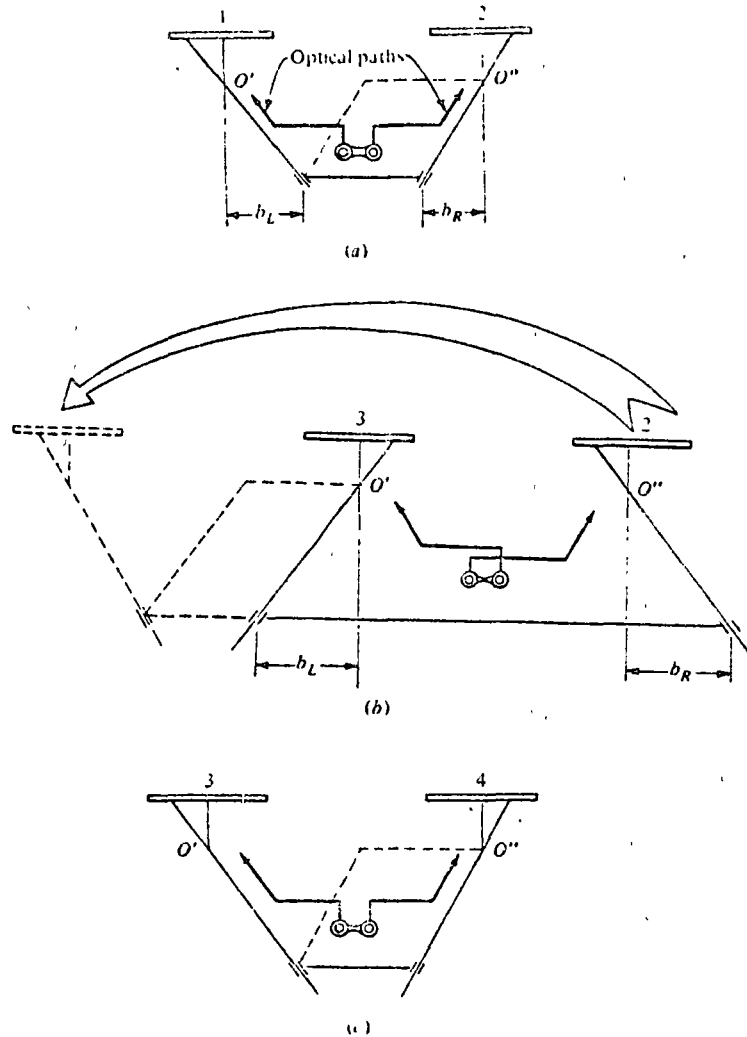
Photo 2

Representación de un cono con curvas de nivel

### 13.4 Fotogrametría Multi - imagen.

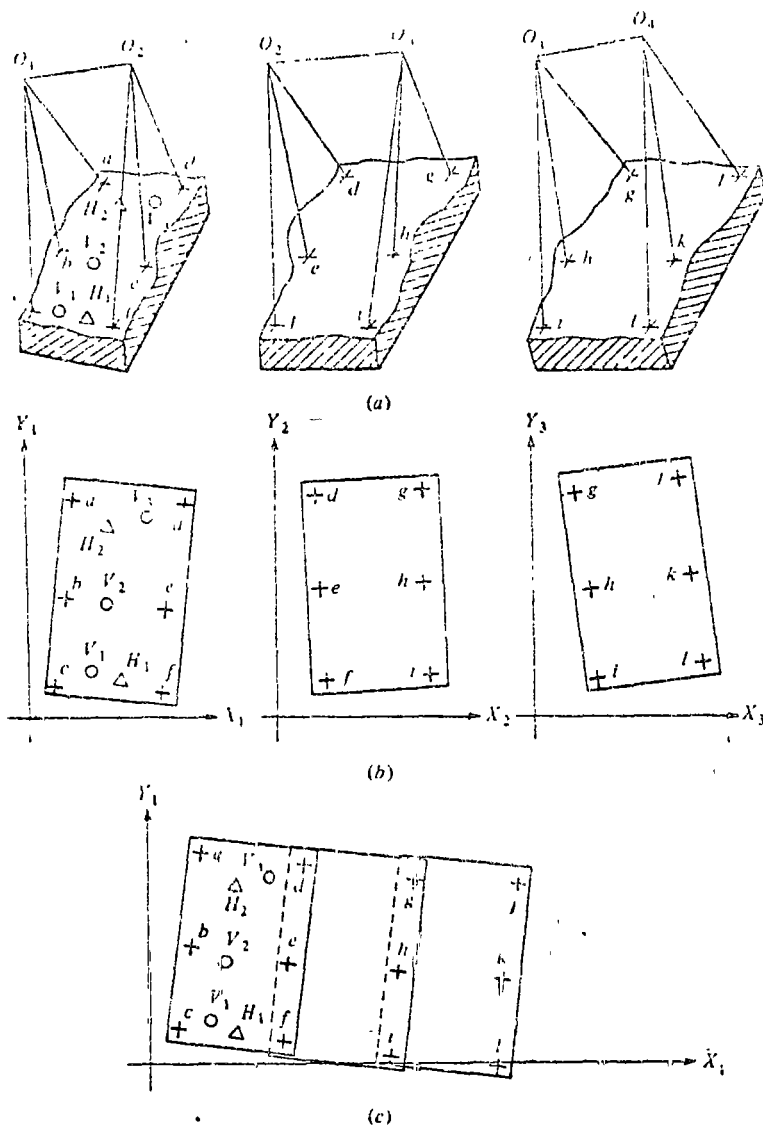
#### 13.4.1 Extensión de Control

Muchos proyectos fotogramétricos requieren de una gran cantidad de control horizontal y vertical. Por ejemplo para elaborar una carta topográfica con un graficador estereo, se necesita un mínimo de 2 puntos de control horizontal y 3 puntos de control vertical para cada modelo estereo. Para grandes proyectos el número de puntos de control también es grande y el costo para establecerlos es muy alto si solamente se usan métodos de campo directamente. En años recientes, con el desarrollo de las computadoras y el perfeccionamiento de los instrumentos fotogramétricos, gran parte de los puntos de control se pueden establecer por medios fotogramétricos a partir de algunos puntos de control terrestres.



Principio de la formación de franja con un estereotriangulador universal. -  
(a) El modelo 1-2 orientado con base dentro; (b) el modelo 2-3 orientado con base fuera; (c) el modelo 3-4 orientado con base dentro.  
Notese que en (b) se obtiene el equivalente de base dentro (mostrado con líneas --punteadas).

Los métodos fotogramétricos para establecer control se pueden clasificar -- en dos categorías que son: analógicos y analíticos. Los procedimientos analógicos implican una orientación relativa manual y medición de coordenadas del modelo -- usando graficadores estereoscópicos, mientras que los métodos analíticos consisten -- en mediciones de fotocoordenadas seguidas de una orientación relativa numérica y cálculo de las coordenadas del modelo usando computadoras electrónicas.

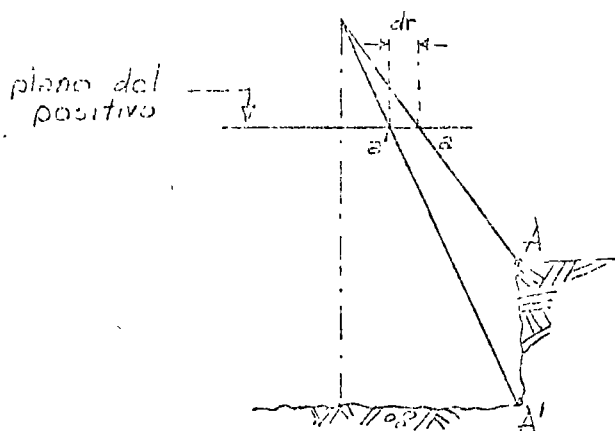


Esteriotriangulación por modelos independientes. (a) Tres modelos estereos -- adyacentes orientados relativamente. (b) Sistemas coordenados individuales y arbi -- trarios de tres modelos estereos adyacentes. (c) Una franja continua de modelos -- estereos formada al unir numericamente los 3 sistemas coordenados individuales -- arbitrarios en un solo sistema.

### 13.5 Ortofotogrametría

La cada vez mayor difusión que experimentan las ortofotografías, así como -- su creciente uso, hace indispensable que todas las personas que elaboran o trabajan -- con mapas estén familiarizadas con las ventajas y limitaciones de las ortofotografías.

En una fotografía vertical proyectiva no se pueden tomar medidas planimé -- tricas precisas y las mediciones que se hagan serán meras aproximaciones, ya que al -- ser la fotografía una proyección cónica, casi la totalidad de los puntos que forman -- las imágenes experimentan desplazamientos y la escala no es uniforme a lo largo de -- toda la fotografía, debido a la configuración irregular del terreno fotografiado.



desplazamiento por relieve ( $dr$ ) -- originado por la configuración del terreno.

Para pasar de la proyección cónica de una fotografía a la proyección orto -- gonal de las cartas o mapas se siguen, desde hace muchos años, procedimientos de -- restitución analógicos, que con el tiempo se han ido perfeccionando.

Recientemente y gracias al desarrollo y evolución de las computadoras, -- también se usan procedimientos de restitución analíticos que en ciertos casos son -- más ventajosos que los analógicos.

En una carta en proyección ortogonal, sí podemos tomar medidas planimétri -- cas precisas, como son ángulos, distancias y áreas, porque los objetos representados -- mediante líneas y símbolos se muestran en su verdadera posición ortográfica. Sin -- embargo, en una carta no se puede vaciar toda la riqueza informativa de las fotogra -- fías, ya que la simbología empleada en las cartas es, hasta cierto punto y por razo -- nes de claridad, legibilidad y percepción, muy limitada.

Desde principios de este siglo ya algunos investigadores y científicos como -- Scheimpflug contemplaban la idea de producir ortofotografías a partir de fotografías -- perspectivas.

En Francia, se dió a conocer en 1930 la máquina Gallus-Ferber que, ade -- más de ser un instrumento restituidor, podía producir ortofotografías; pero no fue sino -- hasta 1950 que resurgió la idea de las ortofotografías debido a las investigaciones he -- chas en E.U. por Russel Bean y cuyos experimentos y trabajo fueron fundamentales -- para el desarrollo del instrumento actualmente conocido como ortofotoscopio, que se -- dió a conocer por primera vez en 1953.

Una ortofografía u ortofoto es una fotografía rectificadas que tiene las características geométricas de una carta, o sea, es un documento en donde se reúne la exactitud métrica de una carta y la riqueza informativa de una fotografía.

La diferencia principal que existe entre una ortofoto y una carta es que la ortofoto está compuesta por las imágenes de los detalles mientras que en la carta se emplean líneas y símbolos para representar los detalles.

Si una ortofoto se complementa con líneas, símbolos y colores para hacer resaltar los detalles importantes, se obtendrá lo que se conoce con el nombre de ortofotomapa.

Una ortofoto no ofrece información de elevación por sí misma, pero se puede complementar con curvos de nivel, siendo el producto final un ortofotomapa topográfico.

Una ortofoto se produce a partir de una fotografía vertical, mediante un proceso de rectificación diferencial que elimina los desplazamientos por relieve. Al eliminar dichos desplazamientos se pasa de una proyección cónica a una proyección ortogonal y, por consiguiente se obtiene una escala común uniforme.

Una ortofoto también se puede producir a partir de una fotografía inclinada pero entonces, además de tener que eliminar los desplazamientos por relieve, hay que eliminar primero los desplazamientos por inclinación.

El principio de rectificación diferencial usando en un ortofotoscopio es el que a continuación se explica: primero se forma un modelo tridimensional a partir de dos fotografías aéreas verticales que tengan una zona común de traslape. En vez de mesa trazadora el instrumento cuenta con un soporte para película. En dicho soporte se coloca una hoja de película virgen la cual se cubre con una cortina opaca. La cortina está provista con una pequeña ranura de aproximadamente 5 mm. de ancho. Esta pequeña ranura se hace coincidir con el punto flotante o, mejor dicho, se convierte en el punto flotante.

El operador barre el modelo estéreo en la dirección X manteniendo la ranura siempre en contacto con el terreno, para lo cual tiene que subir y bajar continuamente el plano de la película de acuerdo a la topografía del terreno.

Cuando la ranura alcanza la orilla del modelo, se le dá un incremento  $\Delta Y$  y cuyo valor es igual al del ancho de la ranura. Después de darle el incremento, se barre el modelo en dirección opuesta y al llegar a la orilla se le vuelve a dar un incremento  $\Delta Y$ .

Este proceso se continúa hasta haber barrido totalmente el modelo, o sea, se empieza en una esquina del modelo y se continúa el proceso sin interrupción hasta haber recorrido todo el modelo. Durante todo este proceso de barrido, la película se expone simultáneamente a la luz proyectada a través de una sola de las diapositivas y que pasa por la ranura en movimiento.

A este proceso de rectificación se le llama diferencial porque se hace, pedacito por pedacito, conforme va avanzando la pequeña ranura. No se puede obtener una -- rectificación diferencial perfecta, porque para ello la ranura debería ser un punto sin -- dimensiones, lo cual sólo, puede considerarse en teoría pero no en la práctica.

Los instrumentos que son capaces de producir ortofotografías y que actualmente -- existen en el mercado se pueden clasificar en dos grandes grupos. En un primer grupo -- están aquellos instrumentos que producen imágenes por proyección, óptica directa y, en -- el segundo grupo, los instrumentos que producen las imágenes electrónicamente.

Los del segundo grupo son automáticos y requieren de una mínima intervención -- del ser humano. Son capaces de generar automáticamente la información para dibujar -- curvas de nivel a la vez que producir, la ortofotografía. La única limitante de estos -- equipos es que son sumamente costosos y debido a ello son contados los que existen en uso.

Los del primer grupo no son más que versiones modificadas de los estereografica- -- dores de proyección óptica directa. Para su funcionamiento requieren de un operador y -- pueden subdividirse en dos grupos: los llamados en- línea (on-line) y los denominados- -- fuera de- línea (off-line).

Los instrumentos en-línea son aquéllos en los que, al recorrer el modelo con la -- marca flotante, simultáneamente se expone al ortonegativo. Las desventajas de estos -- instrumentos son que el operador no puede suspender el trabajo sino hasta que termina -- de recorrer todo el modelo y que, si no mantiene el punto flotante sobre el terreno -- constantemente, las imágenes en la ortofoto aparecerán borrosas y no estarán en su posi- -- ción ortográfica correcta.

Los instrumentos fuera de-línea son aquéllos en los que el recorrido del modelo -- no es simultáneo con la exposición del ortonegativo, sino que constituyen dos operacio- -- nes separadas. Primero, se recorre el modelo y las coordenadas XYZ del punto flotante -- se van almacenando digitalmente en cinta magnética o disco, a lo largo del recorrido. -- Esto permite volver a recorrer las zonas abruptas y difíciles del modelo, tantas veces -- como sea necesario. En una segunda etapa, se usan las coordenadas almacenadas para -- subir o bajar el plano del ortonegativo y hacer la exposición automáticamente. Algunos -- instrumentos pueden trabajar en-línea y fuera de-línea.

Como ejemplo de instrumentos en-línea actualmente existentes se puede mencio- -- nar el Ortofotoscopio T-64, el Ortoscan Kelsh K- 320, el Ortofoto Wild PPO-8 y el -- Orto-3 Projector. Entre los instrumentos fuera de-línea igualmente -- existentes en la actualidad está el Ortoscan Kelsh K- 320, el Ortofotomat U.S.G.S. y -- el Ortoprojector Gigas-Zeiss GZ-1.

Los ortofotomapas han demostrado que ofrecen más ventajas que las fotografías -- aéreas y que los mapas tradicionales, y esto no es de sorprender, puesto que aquéllos -- poseen las cualidades de las fotos y las cualidades de los mapas.

Dentro de las muchas ventajas de los ortofotomapas destaca el hecho de que representan una reducción en el costo y tiempo de realización respecto a la restitución normal. Según A. Florence, en su artículo "La Ortofotografía y sus Aplicaciones", dicha reducción en costo y tiempo es de un 30 por ciento.

Los ortofotomapas son un medio de comunicación muy efectivo entre personas con diferentes niveles de educación (ej. ingenieros y campesinos), ya que como en el se pueden relacionar las imágenes que allí aparecen con lo que se observa en el terreno, cualquiera persona entiende en general un ortofotomapa, mientras que la simbología empleada en las cartas puede confundir a más de un ejidatario.

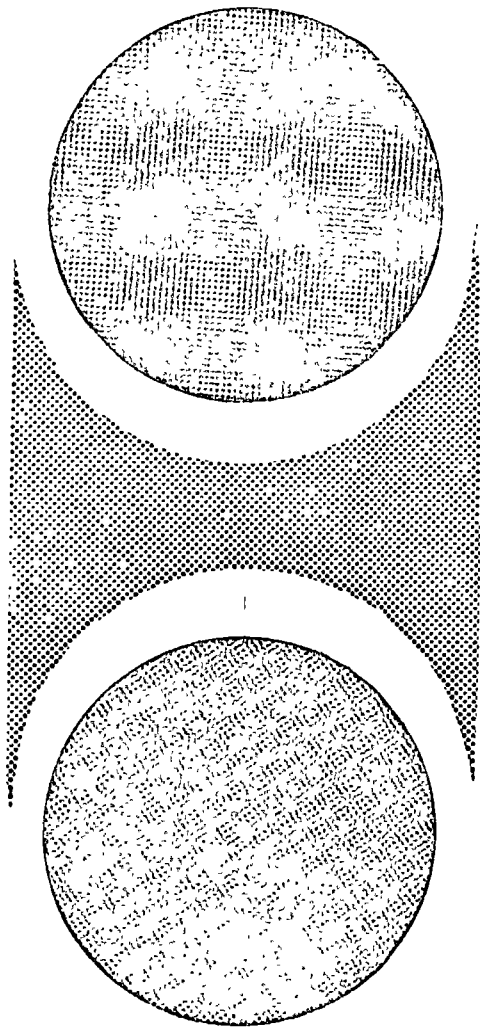
Los ortofotomapas pueden emplearse ventajosamente para identificar y medir propiedades y permiten hacer revisiones y reediciones más frecuentemente y a un menor costo.

En España se han venido usando exitosamente los ortofotomapas para planeamiento urbano, proyectos de autopistas y catastro rústico. En catastro rústico, los resultados comparativos de los métodos fotogramétricos y ortofotográficos, siempre han sido favorables a la ortofotografía.





# cálculo electrónico



M. C. Gualterio Luthe García

Tema 14

## CONTENIDO

- 14.1 Introducción a las computadoras
- 14.2 Sistema Integrado de Ingeniería Civil
- 14.3 Subsistema ICES-COGO
- 14.4 Ejemplos de Aplicación
- 14.5 Introducción a las minicalculadoras
- 14.6 La calculadora HP-25 y sus aplicaciones

## 14 CÁLCULO ELECTRONICO

### 14.1 INTRODUCCION A LAS COMPUTADORAS

#### 14.1.1 Antecedentes Históricos

La computadora es la culminación de dispositivos de cálculo como el ábaco, regla de cálculo, tablas, nomogramas, calculadoras de escritorio, etc. Estas últimas también se modernizan y las hay que no trabajan con engranes sino con circuitos electrónicos, aumentando notablemente su velocidad. Estas calculadoras son semi-automáticas en el sentido de que están bajo el control del operador.

La computadora corresponde al grupo de dispositivos automáticos y requiere un enfoque completamente diferente para la solución de problemas. Antes de efectuar cualquier cálculo, se tiene que especificar en su totalidad el proceso de solución del problema.

Los desarrollos más importantes en el campo de las computadoras han tenido lugar en los últimos 25 años.

Las primeras computadoras mecánicas fueron inventadas por Pascal y Leibnitz, aunque se ha aceptado que el principio de las computadoras modernas se inició con la Máquina Analítica de Babbage en 1833. Hollerith patentó en 1889 las tarjetas perforadas que se usan en la mayoría de los sistemas. La primera computadora digital moderna totalmente electrónica fue la desarrollada por Eckart y Mauchly en la Universidad de Pensilvania en

1946 y se denominó *Computadora Automática e Integrador Numérico Eléctrico*, utilizando bulbos en su mayor parte, lo que representó un adelanto con respecto a la computadora Mark I de Aiken construida en la Universidad de Harvard en 1944 y que hacía uso de relevadores electromecánicos en lugar de bulbos.

Las computadoras actuales fueron posibles gracias al desarrollo de dispositivos de memoria y de que las instrucciones también se pudieran almacenar, de manera que controlaran automáticamente la operación de la máquina, basándose la idea del programa almacenado en las investigaciones del Dr. J. Neumann. El sistema numérico binario, conocido en la antigüedad, se refinó para utilizarlo en la operación interna de las computadoras.

## 4.1.2 Computadoras Digitales y Analógicas

Las computadoras electrónicas modernas son de dos tipos básicamente - digitales y analógicas.

Las digitales implican que dentro de la computadora la información se representa por una serie de caracteres como sucede en una calculadora de escritorio o sumadora, donde los números se representan por dígitos. En las analógicas los números se representan por cantidades físicas de variación continua, que es el caso de la regla de cálculo.

La computadora digital tiene la ventaja de que su operación es completamente automática y a alta velocidad. Algunas máquinas grandes tienen la capacidad para

sumar varios cientos de miles de números de 16 dígitos en menos de un segundo de tiempo. Este tipo de computadora tiene gran capacidad de memoria para almacenar información, programación sencilla para la recuperación de información en memoria, resolución numérica de variables y posibilidad de obtener la precisión deseada.

La computadora analógica tiene la ventaja de alta velocidad de operación, facilidad de cambio de parámetros y observación instantánea de los efectos de estos cambios. Los resultados se presentan en forma gráfica.

La computadora analógica tiene la característica de poder cambiar la escala de tiempo y hacer lentas las soluciones rápidas o acelerar las soluciones lentas, lo que resulta en un mayor análisis y un costo menor. Estos casos se presentan por ejemplo para analizar explosiones que ocurren en una fracción de segundo y que tienen que hacerse más lentas en la computadora para estudiarlas. Otros procesos como la fatiga en metales que puede durar varios años tienen que acelerarse en la computadora para poder estudiarlos.

En algunos sistemas físicos es imposible o muy peligroso estudiar las condiciones críticas de operación del sistema, como en el caso de un reactor nuclear o de una red eléctrica. Sin embargo, el modelo de computadora puede llevarse al límite de destrucción y proporcionar de hecho la única manera segura de analizar con detalle el comportamiento del sistema en situaciones críticas.

Por estas razones, la computadora analógica es básicamente una herramienta para la investigación y enseñanza.

El contenido de estos apuntes está enfocado a la programación de computadoras digitales.

### 14.1.3 Método Para Solucionar Problemas

En la solución de un problema por medio de una computadora se requieren los siguientes pasos:

#### 1. Especificación del problema

Con esto se indica que se debe identificar perfectamente el problema y sus limitaciones, conocer el método general de solución, las variables del problema y los resultados deseados. Para esto se necesita conocer los campos de matemáticas relacionados con el problema.

#### 2. Análisis

Es la formulación matemática detallada del problema, de manera que se tenga una serie de pasos aritméticos accesibles al lenguaje de la computadora. Es decir, que las funciones trigonométricas, integrales, ecuaciones diferenciales, etc., se deben expresar en términos de operaciones aritméticas adecuadas para la computadora.

#### 3. Programación

Consiste en establecer el procedimiento numérico como una serie detallada de operaciones. Se considera dividida en dos partes: en la primera la sucesión de operaciones se presenta en forma gráfica en un diagrama de bloques o diagrama de flujo. Esto permite dar una idea precisa de lo que se desea hacer. La

segunda parte es la presentación de este diagrama en un lenguaje accesible a la máquina. Esta parte se denomina codificación.

#### 4. Verificación

Es la prueba exhaustiva del programa para eliminar todos los errores que tenga, de manera que efectúe lo que se desea. Los resultados de prueba se comparan con resultados conocidos de problemas ya resueltos.

#### 5. Documentación

Consiste en preparar un instructivo del programa, de manera que cualquier otra persona pueda conocer y utilizar el programa.

#### 6. Producción

Es la última etapa y se consideran datos de entrada del problema obteniéndose las soluciones correspondientes. En general pueden introducirse varios grupos de datos referentes a distintas condiciones del problema o problemas, obteniéndose las respuestas correspondientes sin que sea necesaria la intervención del operador entre los distintos grupos de datos.

La selección del método de análisis es muy importante. Por ejemplo, la resolución de un sistema de seis ecuaciones con seis incógnitas puede implicar treinta mil operaciones utilizando el método de determinantes con la regla de Cramer. Un método de eliminaciones sucesivas puede necesitar solo doscientas operaciones. Sin embargo, hay que tener presente los problemas de la programación que pudieran ser mayores para métodos que requieran un menor número de operaciones.

#### 4.1.4 Lenguajes de Programación

Los lenguajes de programación han experimentado también un gran progreso. El lenguaje más elemental es el llamado Lenguaje de Máquina o Lenguaje Absoluto. En el lenguaje absoluto la operación se indica según un código numérico que se asigna al diseñar la computadora. Es necesario tener presente tanto los códigos de operación como las posiciones en memoria de los operandos. Los lenguajes absolutos son diferentes para distintos modelos de computadoras y esta es una razón por la cual no es frecuente su uso.

Después se desarrollaron los Lenguajes Simbólicos o de Ensamble. En este lenguaje, las operaciones se indican en forma abreviada, por ejemplo: ADD para suma y DIV para división. Un programa escrito en lenguaje simbólico no es aceptado directamente por la máquina, pero existe un programa de ensamble que traduce el lenguaje simbólico al lenguaje de máquina. Estos lenguajes tienen la desventaja de que son específicos para cada máquina.

El siguiente paso fueron los lenguajes de Procedimiento que permiten las especificaciones de operación en unidades de procedimiento denominadas proposiciones. Han aparecido varios de ellos, cada uno de los cuales está diseñado para satisfacer las necesidades en diferentes áreas. Los lenguajes de procedimiento más notables son:

COBOL: Es un lenguaje especialmente diseñado para satisfacer las necesidades de los usuarios en la rama de los negocios.

FORTRAN: Es un lenguaje usado primordialmente en el área científica pero en general puede ser aplicable en cualquier área.

ALGOL: Es un lenguaje similar al FORTRAN. Algol tiene más aceptación en Europa que en Estados Unidos.

PL-1: Es un lenguaje que combina las características de FORTRAN y COBOL. También se le conoce como Lenguaje de Programación 1.

BASIC: Es el lenguaje más adecuado para los usuarios del sistema de tiempo compartido. Además es el lenguaje más sencillo de aprender y usar.

El cambio de cada uno de estos lenguajes al lenguaje de máquina se efectúa por medio de un programa llamado Compilador.

Finalmente y gracias al Sistema Integrado de Ingeniería Civil (1967), denominado ICES, existen los lenguajes orientados a problemas o superlenguajes que utilizan en la programación la terminología establecida en ese tema. De esta manera el problema se describe a la computadora básicamente en los mismos términos en que se le describiría a una persona conocedora del tema, haciendo más eficiente y sencilla la relación entre el hombre y la máquina.

Dos lenguajes orientados a problemas que han tenido un gran impacto en ingeniería son COGO y STRESS; el primero se aplica a topografía y problemas geométricos, y el segundo al análisis estructural.

## CAPITULO 4

### 14.2 SISTEMA INTEGRADO DE INGENIERIA CIVIL (ICES)

#### 14.2.1 Generalidades

El avance en equipo y lenguajes ha permitido la elaboración del Sistema Integrado de Ingeniería Civil, denominado ICES (Integrated Civil Engineering System), y que consiste en una serie de subsistemas aplicable cada uno de ellos a una disciplina particular, con la característica de poder combinarlos.

Originalmente al construirse las computadoras, había cierta separación entre las personas que desarrollaban los lenguajes y las que los utilizaban; se generaban lenguajes donde se tenían en cuenta las necesidades de los usuarios, pero no se satisfacían completamente, ya que no se apreciaban esas necesidades en su totalidad. Para remediar esta situación, en el caso del sistema ICES, se tiene un sistema que utilizan ingenieros y que está desarrollado por ingenieros.

El ICES fue desarrollado en el Massachusetts Institute of Technology (MIT) por más de 50 personas, con un costo superior a los dos millones de dólares. Fue financiado principalmente por nueve compañías:

Fundación Ford

Corporación IBM

Departamento de Obras Públicas de Massachusetts

U.S. Bureau of Public Roads

Massachusetts Bay Transportation Authority

National Science Foundation

McDonnell Automation Company

Wisconsin State Highway Commission

Union Pacific Railroad Foundation

ICES funciona desde fines de 1965 y desde entonces se ha venido mejorando, pudiendo hacer uso de graficadoras, pantallas, osciloscopios, etc., para hacer más flexible y útil el sistema. Para el desarrollo del sistema se ha tenido en cuenta que se usa bastante tiempo de máquina, pero se ha preferido minimizarlo permitiendo resolver totalmente el problema y proporcionar todas las alternativas para la solución de un problema. Está diseñado como un sistema dinámico de módulos, en donde los subsistemas se pueden modificar, ampliar, añadir o subsistir por versiones mejoradas.

Otra ventaja de los nuevos subsistemas es que pueden ser accesibles a personas y lugares que no disponen de equipo suficiente, bastando una terminal para ello, conectada con un equipo poderoso instalado en otro lugar. Este es el concepto de tiempo compartido.

Algunas desventajas son el no tener acceso en general a una explicación detallada del método de análisis y la dificultad de detectar errores al introducir datos en la terminal, proceso que además puede ser bastante laborioso según la complejidad del problema.

## 4.2.2 Subsistemas

Los subsistemas disponibles son:

- STRUDL (STRuctural Design Language) para el análisis y diseño de estructuras en dos y tres dimensiones.
- TABLE para el manejo y almacenamiento de información tabulada. Se diseñó para dar flexibilidad y especificar datos que puedan utilizarse en cualquier otro subsistema ICES.
- COGO (Coordinated Geometry) para problemas geométricos y de topografía.
- SEPOL (Settlement Problem Oriented Language) para analizar los esfuerzos y deformaciones en suelos y los asentamientos de estructuras.
- ROADS (Roadway Analysis and Design System) para problemas que implican la localización y diseño de casi cualquier tipo de camino, aunque fundamentalmente se pretendía utilizarlo para carreteras.
- TRANSET (TRANsportation NETwork Analysis) para predicción y análisis de flujos en redes de transporte, aplicable también a redes eléctricas.
- BRIDGE (BRIDGE Design System) es aplicable al diseño de puentes, intersecciones de carreteras, pasos a desnivel y problemas similares.
- PROJECT (PROject Engineering Control) para ayudar en la planeación y control de proyectos de construcción.
- OPTTECH (OPTimization TECHniques System) para resolver problemas de optimización que ocurren en el diseño y análisis ingenieril y para resolver proble-

mas de programación matemática.

- LEASE o SLOPE (SLOPE Estability System) para estimar el factor de seguridad en la estabilidad de taludes y muros de contención.
- TRAVOL (TRaffic VOLUME Data Subsystem) para el procesamiento, almacenamiento y aplicación de datos de volumen de tráfico de transporte en áreas urbanas o regionales.
- HYDRO para problemas de hidráulica.
- DYNAL para el análisis dinámico de estructuras complejas tridimensionales como edificios, tuberías, plataformas de perforación y varias estructuras aeroespaciales.

## 14.3 SUBSISTEMA ICES-COGO

### 14.3.1 Generalidades

El lenguaje es independiente de la máquina. El ingeniero no necesita estar enterado de la computadora para usar el lenguaje COGO. Tampoco necesita saber programar en lenguajes de niveles más bajos para poder utilizar este subsistema.

Para usar COGO, el ingeniero debe entender el problema y el método de solución del mismo. No hay nada automático en el sistema para la formulación del problema y la descripción de la solución. Al escribir un discurso, no es suficiente con conocer el idioma, ya que hay que saber combinar las palabras para que el discurso lleve el mensaje deseado. Con COGO el ingeniero es enteramente responsable para combinar las declaraciones de tal forma que obtenga la solución deseada al problema que él formuló. Escribir COGO es un arte que se puede perfeccionar con práctica, pero para lograrlo es indispensable que uno conozca el tema.

Un problema geométrico individual en Ingeniería Civil se puede expresar como una combinación de objetos geométricos simples con una combinación particular de valores conocidos y desconocidos. Son ejemplos de objetos geométricos los puntos, rectas, sentidos, curvas.

Son ejemplos de valores las distancias, ángulos, coordenadas.

Los objetos geométricos individuales son identificados, definidos y almacenados en tablas de datos apropiadas al través de declaraciones. Una vez almacenado un objeto geométrico, puede ser utilizado en declaraciones subsecuentes para definir otros objetos geométricos. Son ejemplos de objetos geométricos identificados los siguientes:

POINT 24	COURSE 'B14'
LINE 15	PARCEL 'P23-AB'
CURVE 78	TRAVERSE 'T4'

Los valores también pueden ser identificados, definidos y almacenados para definir a otros valores. Son ejemplos de valores identificados los siguientes:

DISTANCE 'X2'
AZIMUTH 'AB'
ANGLE 'JACK'

Una declaración es un conjunto ordenado de palabras, objetos geométricos y datos que definen un nuevo objeto geométrico, o especifican alguna acción requerida por el ingeniero. Son ejemplos de declaraciones las siguientes:

```
STORE POINT 17 N 1000. E 2000. STA 5+00 Z 150.15
LOCATE POINT 2 FROM POINT 4, DISTANCE 19.8, AZIMUTH 34 15 25.
LOCATE POINT B, INTERSECT CURVE 24 WITH LINE 15
PRINT ANGLE AT POINT 4 FROM POINT 2 TO POINT 4792
```

La primera palabra (STORE, LOCATE, PRINT) es el nombre de la declaración.

El lenguaje está diseñado para que el ingeniero exprese el problema y su solución en forma natural.



una serie de frases técnicas legibles Sin embargo cuando se tiene mucha experiencia, se pueden escribir las declaraciones en forma abreviada. A continuación se presentan los dos extremos de una misma declaración:

```
LOCATE POINT 4 FROM POINT 8, DISTANCE FROM POINT 7 -  
TO POINT 3, AZIMUTH 'A5' PLUS 90  
LOC 4,8;7 TO 3, 'A5' P 90
```

### 14.3.2 Tablas de Datos

En este sistema se dispone de las siguientes tablas de datos:

#### Tabla de Puntos.

A cada punto que se va a almacenar se le identifica con un número que puede ser cualquier entero, positivo de 0 a 9 999. Los datos de un punto que se almacenan son sus coordenadas horizontales, estación, elevación o cualquier subconjunto de estos datos. La tabla de puntos tiene capacidad para almacenar 10 000 puntos.

#### Tabla de Rectas.

A toda recta que se va a almacenar se le asigna un número que puede ser cualquier entero, positivo de 0 a 999. Una recta queda definida por un punto almacenado y su dirección. Los datos almacenados para cada recta son el número del punto y la magnitud de la dirección. En la tabla de rectas se pueden almacenar 1000 rectas.

#### Tabla de Cursos.

Para almacenar un curso, se le asigna un nombre

que puede estar formado con uno a cuatro caracteres en cerrados entre apóstrofes. Un curso se define como un segmento de recta entre dos puntos almacenados. Los datos que se almacenan de un curso son los números de los puntos inicial y final.

#### Tabla de Curvas.

Toda curva horizontal que se va a almacenar debe estar identificada con cualquier número natural (entero y positivo) de 0 a 999. Los datos que de cada curva se almacenan incluyen las coordenadas horizontales y estación de cada punto de curva (PI, PC, PT, TS, etc.) y los elementos de la curva (radio, longitud, etc.). Existe la posibilidad de almacenar un total de 1000 curvas.

#### Tabla de Cadenas.

Los objetos geométricos que se almacenan en esta tabla son los alineamientos horizontales, poligonales, parcelas y objetos geométricos horizontales similares. Cada cadena que se va a almacenar, debe tener un nombre que puede estar formado de uno a ocho caracteres entre apóstrofes. Los datos que de cada cadena se almacenan son los objetos geométricos que la forman.

#### Tabla de Perfiles.

En esta tabla se almacenan los alineamientos verticales (curvas verticales). A cada alineamiento vertical que se va a almacenar se le asigna un nombre que puede contener de uno a ocho caracteres entre apóstrofes. Los datos que se almacenan son los números de los puntos y las longitudes de las curvas verticales.

### Tablas de Escalares.

Las distancias, ángulos y direcciones se almacenan en tablas separadas; existiendo una tabla de distancias, otra de ángulos y una tercera de direcciones. A cada escalar que se va a almacenar se le asigna un nombre que puede estar formado de uno a cuatro caracteres entre apostrofos. El dato que se almacena de cada escalar es su valor numérico absoluto.

### Tabla de Textos.

La información aclaratoria relacionada con alguna cadena se puede almacenar en esta tabla, utilizando el mismo nombre que identifica a la cadena. Se pueden almacenar datos como el nombre del dueño, valor o uso del terreno de una parcela almacenada

Objetos geométricos almacenados en tablas diferentes, pueden tener el mismo nombre o número. Por ejemplo: POINT 4, LINE 4, CURVE 4; DISTANCE 'A', ANGLE 'A', AZIMUTH 'A', teniendo valores diferentes cada uno de ellos.

## 14.3.3 Geometría de los Objetos y Nomenclatura

### Punto

Un punto está geoméricamente definido por sus coordenadas horizontales, estación, y elevación o cualquier subconjunto con estos datos, como lo serían las coordenadas horizontales unicamente, o solamente la estación y elevación, o las coordenadas horizontales y estación, etc..

Los puntos almacenados en esta tabla son denominado puntos enteros (integer) cuando es necesario distinguirlos de los puntos de curvas.

El sistema de coordenadas usadas puede ser X, Y ó N, E según se especifique en el SET SYSTEM. Si se revaloran datos de puntos ya almacenados, los nuevos valores reemplazan a los anteriores, permaneciendo inalterados los valores de los datos no revalorados como se ilustra en el siguiente ejemplo:

### Declaraciones

STORE POINT 2 X 100. Y 200.  
STORE POINT 2 S 5+00.  
STORE POINT 2 X 600. Y 300. Z 400.

Tablas de Datos			
X	Y	Z	S
100.	200.		
100.	200		500.
600.	300.	400	500

Con la primera declaración se definen X y Y. Con la segunda declaración se define S, permaneciendo inalteradas X y Y. La tercera declaración redefine el punto, porque cambian los valores para X y Y.

### Puntos de Curvas.

Los puntos de curvas almacenadas pueden usar se como datos en muchas declaraciones. Para referirse al punto de una curva hay que especificar que punto de la curva y el número de la curva, como se ilustra en los siguientes ejemplos:

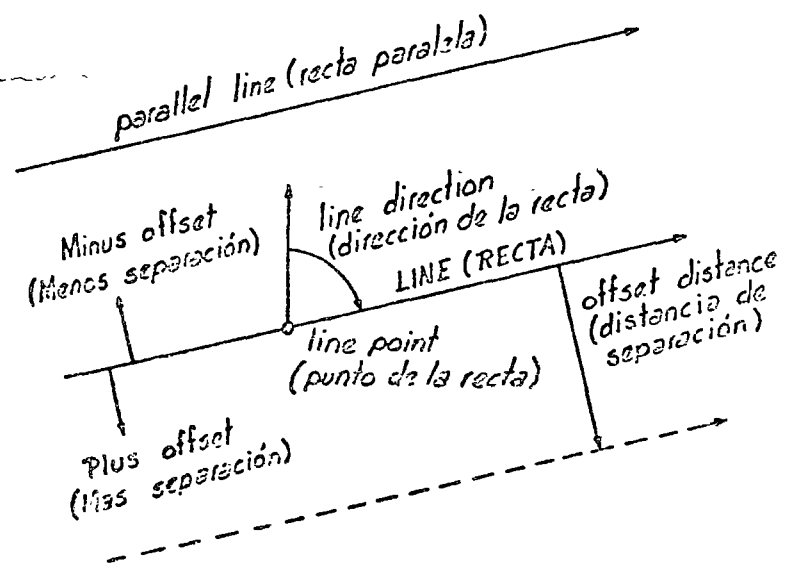
PC 4 indica el PC de la curva 4  
PI 8 indica el PI de la curva 8  
DISTANCE PT 3 TO TS 5 en esta declaración se indica la distancia del PT de la curva 3 al TS de la curva 5.

### Direcciones.

Las direcciones pueden estar dadas por rumbos o azimuts. Los azimuts pueden estar medidos a partir del Norte o del Sur, según se especifique en el SET SYSTEM. El valor numérico de los ángulos puede darse en:

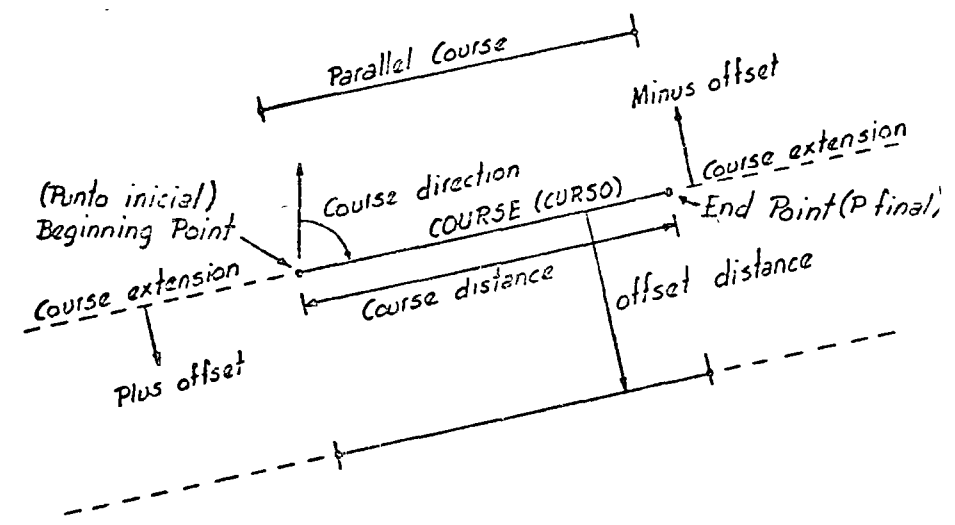
- grados, minutos, segundos y décimas de segundo.
- grados, minutos, y segundos.
- grados, minutos y décimas de minuto.
- grados, y minutos.
- grados y décimas de grado.
- grados.

### Recta.



Una recta está geoméricamente definida por las coordenadas horizontales de un punto almacenado de la recta y la dirección de la recta. Una recta tiene posición

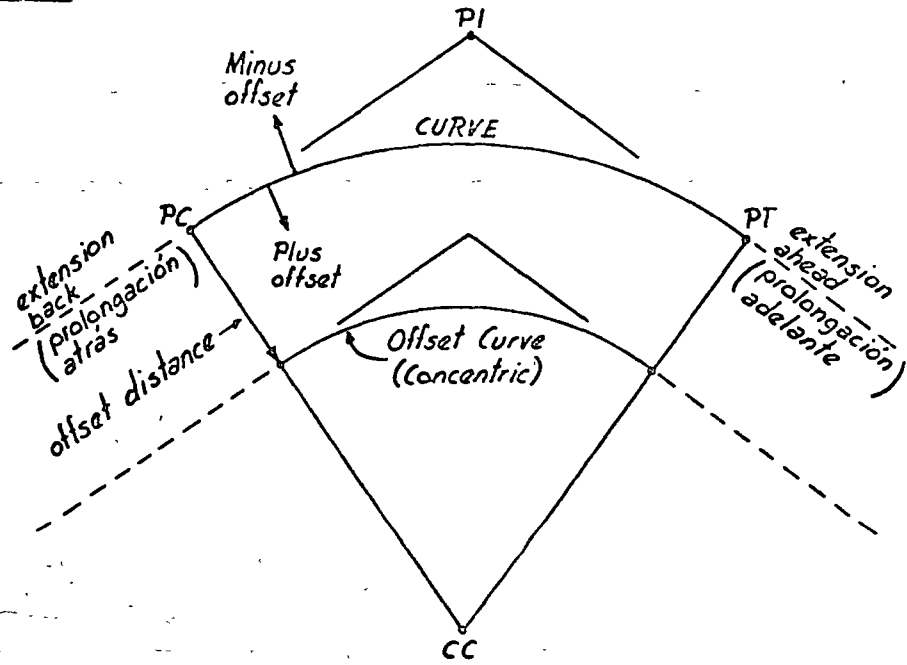
en el espacio y una dirección hacia adelante pero es de longitud infinita, ya que se prolonga a ambos lados de punto de la recta. Si el punto de la recta es redefinido (cambiando sus coordenadas), la recta se desplaza paralelamente, ya que su dirección no se modificó. Curso.



Un curso está geoméricamente definido como un segmento de recta entre dos puntos almacenados. Un curso tiene longitud y dirección, un punto inicial y un punto final. Su longitud es la distancia entre los puntos extremos. Si se redefine uno o ambos puntos de un curso almacenado, el curso es desplazado, cambiando su posición, longitud y dirección. En operaciones tales como intersecciones entre dos objetos, si uno o ambos objetos son cursos y la intersección no sucede dentro del curso, e

curso es prolongado y tratado como si fuera una recta, notificandosele al usuario en un mensaje.

Curva.



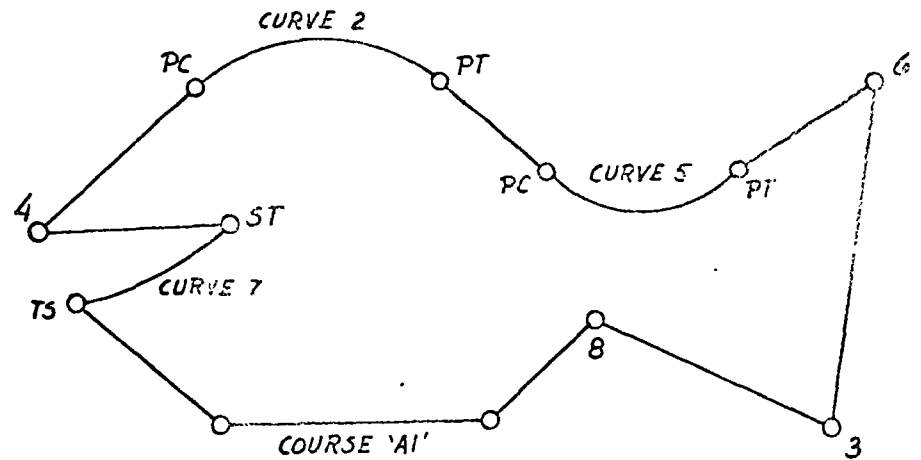
Una curva se define geométricamente como un segmento circular en el plano horizontal, con o sin espirales de transición de igual o desigual longitud.

Una curva con espirales de transición, es almacenada como una sola curva e identificada con un solo número.

En un problema de intersecciones, cuando la intersección no se efectúa en la curva, la curva es prolongada, prolongando las tangentes de la curva en los puntos inicial y final.

Cadena.

Una cadena se define geométricamente como una sucesión de objetos rectos o curvos en el plano horizontal. Las cadenas son abiertas, pero se pueden obtener cadenas cerradas haciendo que el punto final de la cadena coincida con el punto inicial de la misma. Cuando dos objetos que no están unidos se quieren encadenar, el sistema une el punto final del primero con el punto inicial del segundo por medio de un curso.



Elementos (objetos) de la cadena:

4, CURVE 2, CURVE 5, 6, 3, 8, COURSE 'A1', CURVE 7, 4.

### 14.3.4 Errores

Los errores que el sistema detecta le son notificados al usuario por medio de mensajes que aparecen en los datos de salida. Se pueden presentar los siguientes casos:

#### Errores en las declaraciones.

Las declaraciones ilegales, mal construidas, incompletas o que de alguna manera no llenan los requisitos estipulados, son detectados y reportados. Cuando se presenta un caso de estos el sistema no ejecuta la declaración, o la ejecuta parcialmente, pasando a la declaración siguiente. Como el sistema nada más notifica de un error por declaración, o sea el primero, pueda haber otros errores en la misma declaración.

#### Objetos indefinidos.

Cuando en una declaración se hace referencia a un objeto que no está totalmente definido por falta de datos, el sistema detecta este error y lo reporta.

#### Errores geométricos.

Si en una declaración se especifica una operación que geoméricamente no es posible, el sistema detecta y reporta este error. Un ejemplo de esto es querer intersectar dos objetos que no se intersectan ni aunque se prolongaran como es el caso de dos curvas concéntricas.

#### Referencias geométricas.

Las declaraciones en las que se plantean operaciones que si son posibles, pero que requieren de suposiciones, son detectadas y reportadas. Un ejemplo es

buscar la intersección de dos objetos que no se intersectan, pero que si se intersectarían si uno o ambos son prolongados. Cuando suposiciones razonables resuelven el problema, el sistema las ejecuta notificándole al usuario la acción tomada por medio de un mensaje.

### 14.3.5 Control de Entrada y Salida

#### Establecimiento del sistema.

Se tiene facilidad para modificar el sistema mediante la declaración SET que se utiliza para controlar la forma de entrada y salida de datos como los siguientes:

- a) Sistema coordinado N, E ó X, Y.
- b) Azimutes o rumbos como direcciones.
- c) Azimutes medidos a partir del Norte o del Sur.
- d) Dos o tres decimales en datos de salida de distancias y coordenadas.
- e) Segundos de arco con o sin decimales en los datos de salida.

La declaración SET también se usa para controlar el Modo de Operación y para almacenar constantes.

Existe una fijación standard del sistema, que se inicia cada vez que se ejecuta la declaración COGO. El ingeniero puede modificar la Fijación Standard para su corrida individual usando una declaración SET. Una vez fijado el sistema, permanezca inalterado hasta que se introduce otra declaración SET que modifique a la anterior. La declaración SET puede introducirse en cualquier parte

de un problema en COGO. Son ejemplos de declaraciones SET las siguientes:

```
SET SYSTEM NE, BEARINGS, NAZIMUTH, DEC3, ASEC
SET SYSTEM XY, AZIMUTHS, SAZIMUTH, DEC2, ADEC
```

Modo CHECK

El sistema opera en dos modos, el modo COMPUTE que es el normalmente usado y el modo CHECK que es un modo especial. En el modo COMPUTE los resultados que se obtienen después de ejecutar las declaraciones son almacenados en las tablas de datos. En el modo CHECK los resultados que se obtienen después de ejecutar las declaraciones no son almacenados, pero son comparados con los valores ya almacenados. Si al compararse no son iguales con una tolerancia especificada, aparecerá el mensaje NO CHECK junto con los valores calculados y los almacenados. Los valores almacenados permanecen inalterados y el sistema continúa con la declaración siguiente.

El sistema puede cambiarse al modo CHECK y sacarse de el por medio de la declaración SET. El valor de la tolerancia también se especifica por medio de la declaración SET. Como cada problema se puede resolver de varias formas, utilizando diferentes caminos, el modo CHECK proporciona un método flexible y práctico para verificar uno mismo sus resultados o los de otro ingeniero.

Forma de datos

Las variables geométricas tales como distancias,

direcciones, y ángulos que son usados como datos de entrada en muchas declaraciones, pueden expresarse en las siguientes formas básicas:

a) Valor de Datos Numéricos

```
Ejemplos: DISTANCE 125.16
           BEARING N 27 15 24.39 W
           ANGLE 83 45
```

b) Valores de Datos Almacenados

```
Ejemplos: DISTANCE 'X4'
           AZIMUTH 'A'
           ANGLE 'B3'
```

c) Valores de Datos Calculados

```
Ejemplos: DISTANCE POINT 4 TO POINT 8
           BEARING 'PI 3 TO PC 5'
           ANGLE AT 4 FROM 6 TO 8
```

La forma de datos calculados nos permite efectuar varias operaciones en la misma declaración, haciendo que las declaraciones simples tengan un mayor campo de aplicación. La forma computada (calculada) puede ser también utilizada para estaciones, separaciones, rectas y curso

Control de datos de salida

La impresión de datos de salida está bajo el control de las declaraciones; esto quiere decir que el ingeniero especifica la salida de datos que él quiere por medio de declaraciones. Las declaraciones PRINT y DESCRIB. son usadas para imprimir valores numéricos o valores calculables con objetos almacenados como en los siguientes ejemplos:

PRINT POINTS 4, 8, 20 TO 60, 15, 400 TO 600  
 PRINT DISTANCES 4 TO 8, 5 TO 10  
 PRINT ANGLE AT POINT 4 FROM 12 TO 16  
 DESCRIBE ALIGNMENT 'B3', PARCEL 'LOT/4', TRAVERSE 'T48'  
 PRINT ALL DISTANCES

### 14.3.6 Convencionalismos

#### Descripción de una declaración

Para poder describir en forma concisa las especificaciones para una declaración, se ha establecido una serie de convencionalismos, reglas y símbolos. En el siguiente ejemplo se especifica una declaración típica:

LOCATE n INTERSECT object with object (NEAR pa) print

En esta declaración, los convencionalismos permiten la siguiente interpretación:

- 1.- La palabra LOCATE, es el nombre de la declaración. La mínima abreviación es LOC que es la parte subrayada.
- 2.- El símbolo n está en lugar del número de identificación de un punto entero (integer) que se va a almacenar.
- 3.- La palabra INTERSECT es un modificador de declaración, que indica que método se va a usar para localizar un punto. La mínima abreviación posible es INT.
- 4.- Las palabras con minúsculas object son unidades de datos que pueden tener cualquiera de las formas standard aceptables; como están subrayadas son indispensables. Si fuera una declaración en la que una o ambas no fueran necesarios, no estarían subrayadas.

5.- La palabra with puede incluirse para hacer más legible la declaración. Es una de una serie de palabras, que si aparecen con minúsculas, son ignoradas en el procesamiento de la declaración. Estas palabras "ignoradas" deben escribirse completas y no se pueden abreviar.

6.- La unidad de dato (NEAR pa) es opcional, porque está encerrada entre paréntesis. Si se incluye, la palabra NEAR y el símbolo pa deben darse. El símbolo pa presente el número de identificación de cualquier punto almacenado (o punto de curva de cualquier curva almacenada).

7.- La palabra "print" es un modificador de declaración opcional (porque no está subrayado).

Las siguientes son declaraciones que siguen la forma general anterior:

LOCATE 4 INTERSECT LINE 1 WITH CURVE 5 NEAR PC 5 PRINT  
 LOC 5 INT LINE THRU 4 AT AZI 45 LINE THRU 2 TO  
 LOC 10 INT CUR 7 CUR 3 N PI 3 PRI

Aunque se ha hablado de palabras mayúsculas y minúsculas en las declaraciones, esto es solamente para diferenciar entre unidades de datos standard, objetos, modificadores de declaraciones y nombres de declaraciones. Cuando una declaración se va a perforar en las tarjetas todos los caracteres deben ser mayúsculos y debe haber un espacio en blanco o una coma separando todas las palabras, unidades y valores.

#### Declaración Ditto

Si la declaración anterior se va a repetir, el no

de la declaración puede ser reemplazado por una D (de ditto) seguida de uno o mas espacios en blanco. Ejemplos:

```
STORE POINT 4 100 200
D   DISTANCE 'X' 525.16
D   ANGLE 'A1' AT 4 FROM 6 TO 8
```

### Continuación de una declaración

Si la declaración requiere mas de un renglón (tarjeta), puede continuarse en el siguiente renglón (tarjeta) usando un signo menos (precedido y seguido de uno o mas espacios en blanco). Puede haber un total de cinco renglones continuados, con un máximo de 400 caracteres, para cada declaración, incluyendo espacios en blanco y comentarios.

### Comentarios

Se pueden insertar comentarios usando el simbolo \$ (seguido por uno o mas espacios en blanco) como el primer caracter en el renglón (tarjeta). Si un comentario requiere mas de un renglón, cada renglón de comentarios debe empezar con el simbolo \$.

Si una declaración no requiere todo un renglón, la parte inutilizada del renglón puede ser usada para comentarios, debiendo estar separada con el simbolo \$ la declaración del comentario.

Los comentarios no son procesados, pero se imprimen en los datos de salida. Se recomienda un uso amplio de comentarios.

### Palabras ignoradas

En las declaraciones se usan palabras simples que las hacen mas entendibles, pero dichas palabras son opcionales y son ignoradas por el procesador. A continuación se enlistan estas palabras:

on	from	of	with	rule
to	at	thru	by	

Cuando aparecen en una declaración con minusculas, son opcionales. Si el ingeniero las usa, deben escribirse completas y sin abreviaciones. En algunos casos estas palabras son indispensables; cuando esto sucede la palabra estará subrayada.

### Datos numéricos

Cuando se hace referencia a datos numéricos en una declaración, se usan los simbolos v, va, vb, .... Se pueden omitir los puntos decimales para valores numéricos enteros, siendo igualmente aceptados los siguientes:

200.0      200      200.

No deben usarse decimales para números enteros como lo son los números de los puntos.

En unidades de datos que estén precedidos por el operador PLUS/MINUS, un valor numérico negativo debe indicarse por el modificador MINUS y no por un signo negativo. Con excepción de los valores de coordenadas y elevaciones y otras excepciones indicadas, el sistema considera a todos los valores numéricos como positivos.

Cuando se utiliza un valor numérico para una estación, se puede incluir el signo +, pero debe estar entre .



el valor numérico, es decir que no haya espacios en blanco ni antes ni después del signo. Son ejemplos aceptables los siguientes:

5+00. 500 25+3516 2535.16

Operaciones algebraicas

Se permite un número limitado de operaciones algebraicas en algunas declaraciones. Están indicados por la presencia de:

- plm - Debe darse la palabra PLUS o la palabra MINUS. Si plm es opcional y no se da, se asume PLUS.
- operator - Debe darse una de las siguientes palabras para indicar una operación algebraica: PLUS, MINUS, MULTIPLY (BY), DIVIDED (BY).

Simbolos standard para identificar objetos

- |                 |   |
|-----------------|---|
| <u>Simbolos</u> | <u>Significados</u>   |
| n, na, nb, ...  | Número de identificación de un punto entero que se va a almacenar en la Tabla de Puntos. La palabra opcional ( <u>POINT</u> ) puede preceder al número del punto.         |
| pi, pj, pk, ... | Número de identificación de un punto ya almacenado en la Tabla de Puntos. La palabra opcional ( <u>POINT</u> ) puede preceder al número del punto entero.                 |
| pa, pb, pc, ... | Número de identificación de un punto entero almacenado o de un punto de curva almacenado. La palabra opcional ( <u>POINT</u> ) puede preceder al número del punto entero. |

- i, j, k, ... Número de identificación de una recta o curva, según lo preceda la palabra LINE o CURVE.
- a, b, c, ... Nombre de una distancia, ángulo, dirección, curso, cadena, perfil, o texto; precedido por la respectiva palabra que puede ser necesaria u opcional. El nombre siempre debe estar entre apostrofos.

Formas standard aceptables para unidades de datos escalares

<u>Escalar</u>	<u>Forma aceptable</u>
distancia	valor numérico : ( <u>DISTANCE</u> ) v valor almacenado: ( <u>DISTANCE</u> ) a valor calculado : ( <u>DISTANCE</u> ) from pa TO pb ejemplos: 125.175 DISTANCE 1000 DIST 'A' 4 TO 8 DIST FROM POINT 12 TO PC 5
ángulo	v. numérico : ( <u>ANGLE</u> ) v v. almacenado: ( <u>ANGLE</u> ) a v. calculado : ( <u>ANGLE</u> ) AT pa from pb to pc (se calcula el ángulo de pb a pc en el sentido de las manecillas del reloj.) ejemplos: 90 42 15 55.93 ANGLE 'A25' 'A25' AT 4,8,3 ANGLE AT POINT 12 FROM 4 TO PC 5

dirección v. numérico : (AZIMUTH) v, (P/M angle)  
 v. almacenado : (AZIMUTH) a, (P/M angle)  
 v. calculado : (AZIMUTH) pa TO pb, (P/M angle)  
 dirección de una línea : (AZIMUTH) of LINE i, (P/M angle)  
 La palabra opcional (AZIMUTH) puede ser reemplazada por la palabra opcional (BEARING).

ejemplos: 90  
 N 25 15 30.6 E  
 AZIMUTH 'A24' PLUS ANGLE AT 5, 7, 2  
 14 TO 8 PLUS 90  
 AZ PC 5 TO PI 5 MINUS ANGLE 'A25'  
 PC 5 TO PI 5 M 'A25'  
 AZ OF LINE 28 M 90

estación v. numérico : (STATION) v (P/M distance)  
 v. almacenado : (STATION) OF pa (P/M distance)  
 ejemplos: 2+00  
 STA 8+00.  
 STA 125+00 PLUS DIST FROM 4 TO 7  
 STA OF PC 5 MINUS 10  
 STA OF POINT 4 PLUS PC 3 TO PI 3  
 STA OF 2

separación forma standard: OFFSET P/M distance  
 PLUS significa a la derecha y MINUS a la izquierda  
 ejemplos:  
 OFFSET PLUS 125 12  
 OFF M 100  
 OFFSET PLUS DIST FROM POINT 15 TO POINT 4  
 OFF M 3 TO 8

Formas standard aceptables para unidades de datos de objeto

Objeto	Forma aceptable
recta	LINE <u>i</u> , offset LINE THRU <u>pa</u> at <u>direction</u> , offset LINE THRU <u>pa</u> TOWARD <u>pb</u> , offset

ejemplos:  
 LINE 4  
 LINE 4, OFFSET PLUS 100  
 LINE THRU 2 AT N 35 15 20 W, OFFSET MINUS PC 3 TO  
 LINE THRU 5 AT AZ 2 TO 7 PLUS ANGLE 'A4', OFF -  
 P DIST 'X'  
 LINE THRU 2 AT 270  
 LINE THRU 8 TOWARD 20  
 LINE THRU 7 AT 3 TO 5 PLUS 90, OFFSET PLUS 100

curso COURSE a, offset  
COURSE from pa TO pb, offset  
 ejemplos:  
 COURSE 'M'  
 COU 'C25', OFFSET PLUS 50  
 COURSE 'JACK', OFFSET MINUS DISTANCE FROM -  
 PC 3 TO PT 8  
 COURSE FROM POINT 4 TO POINT 7  
 COU 4 TO 7, OFF P 25

curva CURVE i, offset  
 ejemplos:  
 CURVE 2  
 CUR 4, OFF PLUS DIST 6 TO 3765

cadena CHAIN a, offset  
 La palabra CHAIN puede substituirse por:  
TRAVERSE, ALIGNMENT, BASELINE ó PARCEL  
 ejemplos:  
 CHAIN 'F'  
 TRAVERSE 'J-W'  
 ALIGN 'ROUTE-3', OFFSET MINUS DIST 20 TO 30  
 PARCEL 'JONES'  
 BASELINE 'B', OFFSET PLUS 125

4.3.7 Declaraciones SET

Declaración SET SYSTEM

SET (SYSTEM) especificaciones

en donde especificaciones es una o mas de las siguientes (de cada par nada mas se puede dar una):

- NE ó XY
- NAZIMUTH ó SAZIMUTH
- AZIMUTHS ó BEARINGS
- DEC3 ó DEC2
- ASEC ó ADEC
- COMPUTE MODE ó CHECK MODE
- PRINT MODE ó NOPRINT MODE
- REDEFINE MODE ó NORDEFINE MODE

el significado es el siguiente:

- NE, XY en entrada y salida, coordenadas horizontales
- NAZ, SAZ en entrada y salida, azimutes medidos a partir del Norte o del Sur.

- AZ, BEA en salida, direcciones impresas como azimuts o como rumbos
- DEC3, DEC2 en salida, distancias y coordenadas con 3 o 2 decimales.
- ASEC, ADEC en salida ángulos y direcciones hasta segundos ó con dos decimales
- COM, CHE los datos y resultados se almacenan en las Tablas de Datos ó se comparan con datos ya almacenados.
- PRI, NOP se imprimen o no resultados intermedios después de cada declaración
- RED, NOR si se permite o no la redefinición de objetos

Declaración SET CONSTANT

SET (CONSTANT) valores

en donde valores es uno o mas de los siguientes:

- DTOLERANCE v
- ATOLERANCE v
- MAXIMUM (ERRORS) v

el significado es el siguiente:

- DTO El valor de v es la tolerancia que se utiliza cuando el sistema esta operando en el modo CHECK y se estan haciendo comparaciones con valores almacenados de distancias y coordenadas.
- ATO Cuando se estan haciendo comparaciones con valores almacenados de angulos y direcciones. El valor de v es la tolerancia en segundos.
- MAX Número máximo de declaraciones con error y a partir del cual no se ejecutan más declaraciones.

### 14.3.E Declaraciones Para Puntos

#### Almacenar un punto

STORE (POINT) n X<sub>v</sub>, Y<sub>v</sub>, STA<sub>v</sub>, Z<sub>v</sub>

STORE (POINT) n: H<sub>v</sub>, E<sub>v</sub>, STA<sub>v</sub>, Z<sub>v</sub>

Las coordenadas y elevaciones pueden tener signo negativo.

#### Imprimir puntos almacenados

PRINT POINTS p<sub>i</sub>, p<sub>j</sub>, p<sub>k</sub>, .....

PRINT POINTS p<sub>i</sub> TO p<sub>j</sub>, (p<sub>k</sub> TO p<sub>l</sub>), .....

PRINT ALL POINTS

Las dos primeras formas se pueden mezclar.

#### Borrar puntos almacenados

Las mismas formas que para imprimir puntos almacenados, solo que cambiando la palabra PRINT por la palabra DELETE.

#### Igualar puntos

EQUATE n to p<sub>a</sub>, print

donde n es el número de identificación de un punto nuevo que se va a almacenar en la Tabla de Puntos con los mismos valores que se encuentran almacenados en la Tabla de Puntos para el punto almacenado p<sub>a</sub>.

MULTIPLY ó DIVIDE, el modificador debe ser un valor numérico v.

#### Calcular el radio y almacenar la distancia

STORE DISTANCE a RADIUS of CURVE i at station, print

El valor del radio en la estación es calculado y almacenado. Si station se omite e i es una curva circular ó una curva circular con espirales de transición, se almacena el valor del radio de la curva circular.

#### Calcular la diferencia de estaciones y almacenar la distancia

STORE DISTANCE a STATION OF p<sub>a</sub> MINUS STATION OF p<sub>b</sub>, print

La estación del punto almacenado p<sub>b</sub> es restada de la estación del punto almacenado p<sub>a</sub> y la diferencia es almacenada para a. Un valor numérico para estación puede ser insertado en lugar de OF p<sub>a</sub> y OF p<sub>b</sub>.

#### Imprimir distancias almacenadas

PRINT DISTANCES a, b, c, .....

PRINT ALL DISTANCES

#### Calcular e imprimir distancias

PRINT DISTANCES p<sub>a</sub> TO p<sub>b</sub>, (p<sub>c</sub> TO p<sub>d</sub>), .....

PRINT DISTANCES p<sub>a</sub> TO p<sub>b</sub> (TO p<sub>c</sub> TO p<sub>d</sub>), .....

Las dos formas se pueden combinar; por ejemplo.

PRINT DISTANCES 2 TO 4, 6 TO 8 TO 7, 3 TO 5

#### Borrar distancias almacenadas

DELETE DISTANCES a, b, c, .....

DELETE ALL DISTANCES

#### Ejemplos

STORE DISTANCE 'A' POINT 8 TO POINT 5

STORE DISTANCE 'B35' PC 3 TO CC 3 DIVIDED BY 2.0

S DIS 'M' RAD CUR 4 5+25.17

### 14.3.F Declaraciones Para Distancias

#### Almacenar una distancia

STORE DISTANCE a distance, (operador, modificador), print

Si el operador es PLUS, el modificador toma cualquiera de las formas standard para distance. Si el operador es

### 14.3.10 Declaraciones Para Angulos

#### Almacenar angulos

STORE ANGLE *a* angle (operador, modificador), print  
Si el operador es PIA, el modificador toma cualquiera de las formas standard aceptables para angle, o sea que se tiene la facilidad de sumar o restar dos angulos. Si el operador es MULTIPLY o DIVIDE el modificador debe ser un valor numerico y el cual es tratado como un escalar.

#### Imprimir angulos almacenados

PRINT ANGLES *a*, *b*, *c*, .....  
PRINT ALL ANGLES

#### Calcular e imprimir angulos

PRINT ANGLE AT *pa* from *pb* to *pc*, (AT *pd* from *pe* to *pf*), ...

#### Borrar angulos almacenados

DELETE ANGLES *a*, *b*, *c*, .....  
DELETE ALL ANGLES

### 14.3.11 Declaraciones Para Direcciones

En las siguientes declaraciones se puede substituir la palabra AZIMUTH por la palabra BEARING

#### Almacenar un azimut

STORE AZIMUTH *a* direction, round, print

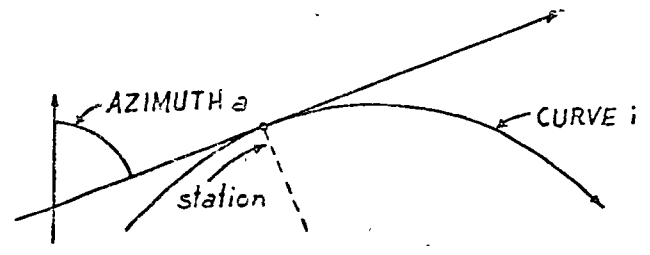
Si se incluye la palabra opcional round, toma una de las siguientes formas.

ROUND to *y* MINUTES  
ROUND to *y* SECONDS

El valor de direction es redondeado a los mas cercanos y minutos o segundos antes de ser almacenado.

#### Calcular la tangente y almacenar la direccion

STORE AZIMUTH o TANGENT to CURVE *i* at station, print  
Se calcula y almacena la direccion de la tangente en la estacion indicada de la curva *i*.



#### Imprimir direcciones almacenadas

PRINT AZIMUTHS *a*, *b*, *c*, .....  
PRINT ALL AZIMUTHS

#### Calcular e imprimir direcciones

PRINT AZIMUTHS *pa* TO *pb*, round  
PRINT AZIMUTHS *pa* TO *pb*, (*pc* TO *pd*), .....  
PRINT AZIMUTHS *pa* TO *pb* (TO *pc* TO *pd*), .....

La segunda y tercera forma se pueden mezclar. Si en la primera se incluye round, el valor se redondea antes de imprimirse.

#### Borrar direcciones almacenadas

DELETE AZIMUTHS *a*, *b*, *c*, .....  
DELETE ALL AZIMUTHS

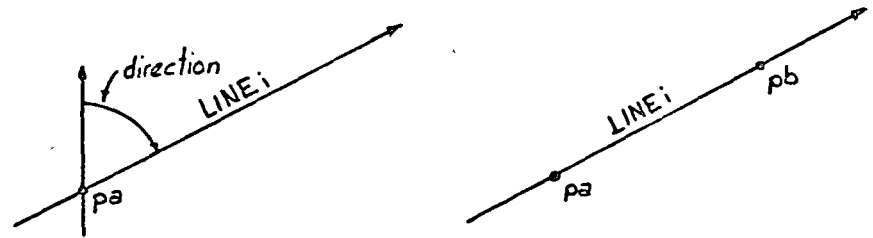
#### Imprimir la direccion de una recta almacenada

PRINT AZIMUTH of LINE *i*

### 14.3.12 Declaraciones Para Rectas

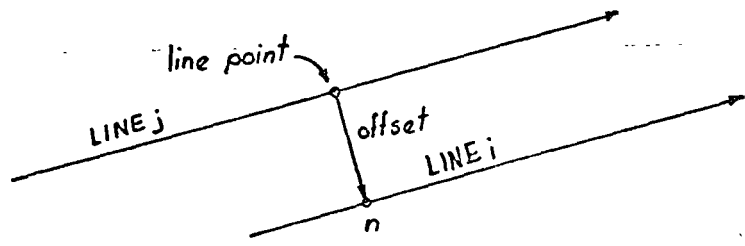
#### Almacenar una recta

STORE LINE i thru pa at direction, print  
STORE LINE i thru pa TOWARD pb, print



#### Calcular y almacenar una recta paralela

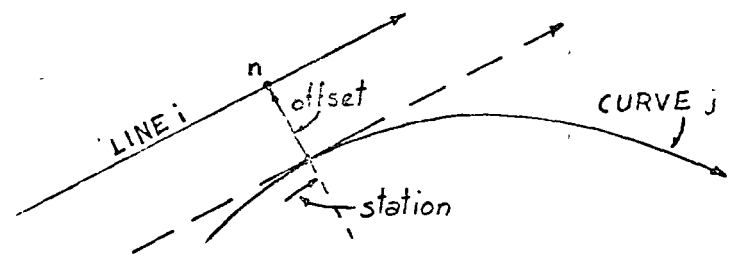
STORE LINE i thru n PARALLEL to LINE j, offset, print  
STORE LINE i thru n PARALLEL to line, offset, print



Primero se localiza el punto n a la separación indicada, del punto de la recta almacenada j, y las coordenadas de n se almacenan en la TABLA DE PUNTOS. La recta i tendrá la misma dirección que la recta j. Si se omite la unidad de dato offset las dos rectas coincidirán, ya que se usaría una separación de cero. Esta declaración almacena la recta i y el punto n.

#### Calcular y almacenar una recta tangente

STORE LINE i thru n TANGENT to CURVE j at station, offset, print



El punto n se localiza primero sobre la curva j en el valor de estación (si se especifica offset, entonces n se caliza a la separación especificada) y las coordenadas de n se almacenan en la TABLA DE PUNTOS. La recta tendrá la dirección hacia adelante de la tangente a la curva en el valor de estación. Esta declaración almacena la recta i y el punto n.

#### imprimir rectas almacenadas

PRINT LINES i, j, k, ...  
PRINT LINES i TO j, (k TO l), .....  
PRINT ALL LINES

Las dos primeras formas se pueden mezclar como en el siguiente ejemplo:

PRINT LINES 14, 8, 50 TO 60, 35, 100 TO 200, 3, 5  
 Lo que se imprime de cada recta es el número del punto y la dirección.

#### Borrar rectas

Se usan las mismas formas que para imprimir rectas, pero se substituye la palabra PRINT por la palabra DELETE.

### 14.3.13 Declaraciones Para Curvas

#### Almacenar una curva circular

STORE CURVE i, referencia, elemento, al tangent, c/station, print

donde i es el número de identificación de la curva que se va a almacenar en la TABLA DE CURVAS y las otras unidades de dato son como se describen a continuación:

referencia: una de las siguientes

- PB at pa, DB direction, TL distance
- PB at pa, DB direction, TTL distance
- PC at pa, DB direction
- PI at pa, DB direction
- PB at pa, PI at pb

elemento: uno de los siguientes

- RADIUS distance
- DEGREE angle
- LENGTH distance
- TANGENT distance
- LCHORD distance
- EXTERNAL distance

CC at pa

al tangent: una de las siguientes

- DA direction
- plm DEFLECTION angle
- plm DELTA angle

PA at pa (únicamente con la 2a., 4a., y 5a., forma de referencia)

plm elemento (sólo que elemento sea R ó D)

donde elemento es uno de los siguientes:

- LENGTH distance
- TANGENT distance
- LCHORD distance
- EXTERNAL distance

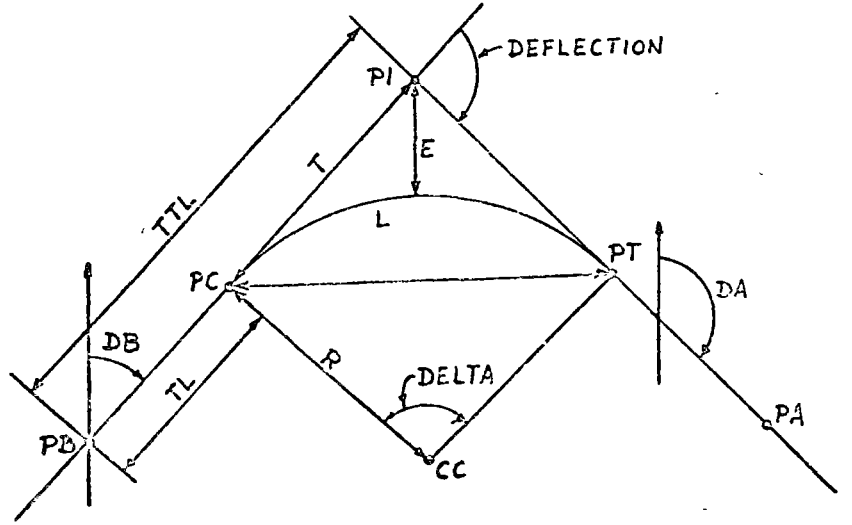
c/station: opcional

STATION of label station

donde label es cualquier punto de curva excepte CC. label también puede ser PB.

Si c/station se omite, se asume que al PC tiene un valor de estación de 0+00

Si referencia es la segunda ó quinta forma, entonces elemento puede ser TL distance.



### 14.3.14 Declaración LOCATE

La declaración LOCATE nos proporciona varias formas para localizar, calcular y almacenar las coordenadas de un punto con respecto a uno o mas objetos almacenados. Los casos y formas básicas de la declaración son los siguientes:

LOCATE n from pa distance, direction, offset, print  
Sirve para localizar un punto a partir de otro punto almacenado, conociendo la distancia y dirección. La distancia y dirección se pueden dar de diferentes formas.

LOCATE n ON object plm distance from pa, offset, print  
Sirve para localizar un punto en un objeto definido o almacenado. El objeto puede ser una recta, un curso o una curva.

LOCATE n, INTERSECT object (WITH) object, (NEAR pa), print  
Sirve para localizar un punto en la intersección de dos objetos definidos o almacenados. Los objetos pueden ser cualquier combinación de rectas, cursos y curvas con o sin separaciones (offsets).

LOCATE n, PROJECT pa on object, print  
Sirve para localizar un punto que es el resultado de proyectar un punto almacenado en un objeto almacenado o definido. El objeto puede ser una recta, curso o curva con o sin separaciones.

### 14.3.15 Declaración TRAVERSE

La declaración TRAVERSE y las subdeclaraciones asociadas, pueden usarse para resolver una gran variedad de problemas de poligonales, variando desde el mas sencillo hasta el mas complicado. La poligonal puede ser abierta o cerrada. Si es cerrada, puede ser completa o incompleta. Si es incompleta, pueden faltarle una o dos partes. Si es cerrada con una o ninguna parte faltante, la poligonal será compensada, pudiendose escoger la regla de ajuste. Puede ser una poligonal de ángulos, de direcciones o una combinación de ambos. Cursos particulares pueden permanecer inalterados en el ajuste. La poligonal se almacena automáticamente en la TABLA DE CADENAS, y cada punto de la poligonal en la TABLA DE PUNTOS.

La forma general de la declaración y el orden de las subdeclaraciones es como sigue:

- TRAVERSE a (requerida)
- subdeclaración ADJUST (opcional)
- subdeclaración CLOSURE (opcional)
- subdeclaración BACK (opcional)
- subdeclaraciones COURSE (se requieren 2 o más)
- subdeclaración AHEAD (opcional)
- END of TRAVERSE, (REPORT), (PRINT), (SKETCH) (requerida)

Donde a es el nombre de la poligonal que se va a almacenar en la TABLA DE CADENAS. El conjunto de subdeclaraciones COURSE deben estar en el orden de los cursos, pero las otras subdeclaraciones pueden estar en



cualquier orden siempre y cuando esten despues de TRAVERSE y antes de END. Las subdeclaraciones opcionales no son requeridas en muchos tipos de problemas, y en otros, se usan valores standard si no se dan.

Si se incluye REPORT, se imprime un reporte completo de la poligonal, o sea imprime los valores sin corregir, las correcciones y los valores corregidos de las distancias, direcciones, ángulos y coordenadas de los puntos. Si se da PRINT, se imprimen los valores de los cursos ya compensados. Si se da SKETCH, se imprime un croquis de la poligonal; esto es útil para localizar grandes errores en la poligonal.

Subdeclaración ADJUST

ADJUST by rule

donde rule es uno de los siguientes:

- LINEAR rule
- TRANSIT rule
- COMPASS rule
- CRANDALL rule
- LEAST SQUARES, weight

donde weight es uno de los siguientes:

- TAPE (WEIGHT) v
- DISTANCE (WEIGHT) v

siendo v el valor numérico del peso que se le asignará a cada 100 pies de cinta (si TAPE es dado) o a cada longitud de curso (si DISTANCE es dado) en relación al peso del ángulo unitario. Si no se especifica weight, la máquina asume DISTANCE WEIGHT 1

(se le da el mismo peso a las distancias y ángulos).

Si la poligonal necesita ajuste pero no se da la subdeclaración ADJUST, la máquina asume la siguiente regla standard:

ADJUST BY LEAST SQUARES, DISTANCE WEIGHT 1

Subdeclaración CLOSURE

CLOSURE plan, angular

donde plan toma la forma: ONE (PART IN) v

donde angular toma la forma: PER (ANGLE) v (SECONDS)

Los valores de cierre son usados como especificación contra la cual es comparado el valor real de cierre de la poligonal. Si el cierre de la poligonal excede el doble de la especificación, el procesamiento de la poligonal continúa, pero no se hacen entradas en las Tablas de Datos.

La especificación 'angular' se usa en el ajuste angular preliminar y la especificación 'plan' se usa en el ajuste general.

Si la poligonal requiere ajuste pero no se da la subdeclaración CLOSURE, la máquina asume la siguiente especificación standard de cierre:

CLOSURE ONE PART IN 2000, PER ANGLE 60 SECONDS

El significado de la declaración es que el ajuste angular preliminar por ángulo no debe exceder 60 segundos y la poligonal debe cerrar dentro de una tolerancia de 1 parte en 2000 para que la poligonal esté dentro de la especificación. Si no cierra dentro del doble de estos valores (1 parte en 1000 y 120 segundos por

ángulo), se supone que hay un error en la poligonal y que no deben hacerse entradas en las Tablas de Datos.

### Subdeclaración BACK

#### BACK direction

Esta subdeclaración se usa para dar la dirección hacia atrás en el punto inicial de la poligonal para calcular las direcciones de los cursos a partir de los ángulos de entrada y/o para proporcionar las bases para hacer un ajuste preliminar de ángulos. La subdeclaración puede omitirse si no se necesita para continuar el cálculo de direcciones de cursos, o si no se va a hacer ningún ajuste angular preliminar. Si la subdeclaración no se da, se supone la dirección Norte como la dirección hacia atrás.

### Subdeclaración COURSE

#### COURSE a (j TO)n (FIXED) cldistance, cldirection

Si se da la unidad de dato opcional *a*, o sea el nombre del curso, éste será almacenado en la Tabla de Cursos. Si se da la palabra opcional *FIXED*, la longitud y dirección del curso permanecerá fija y no sufrirá cambios en el ajuste general. La unidad de dato *cldistance* toma una de las siguientes formas:

#### distance

(DISTANCE) ? (APPROXIMATE distance)

(DISTANCE) SAME

La segunda forma es usada cuando se desconoce la longitud del curso y debe tratarse como una parte

faltante. La palabra opcional APPROXIMATE es usada para proveer un valor aproximado para la distancia desconocida, en el caso de que existan dos soluciones posibles. La palabra SAME es usada cuando la longitud del curso debe tener el mismo valor que la distancia desconocida anterior, contando las dos como un solo dato desconocido en una poligonal con partes faltantes. La unidad de dato *cldirection* toma una de las siguientes formas:

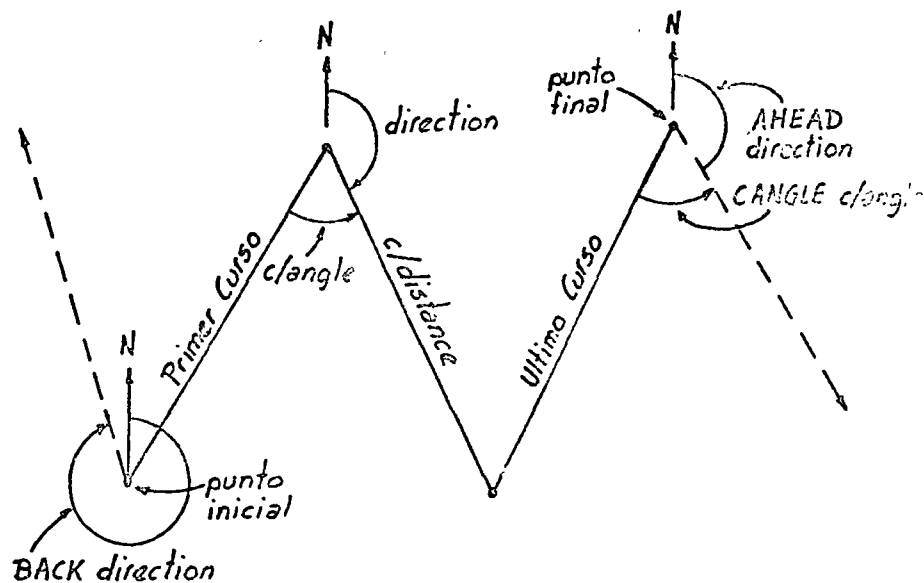
#### direction

(AZIMUTH) ? (APPROXIMATE direction)

#### cangle

(ANGLE) ? (APPROXIMATE P/M angle)

La primera forma es usada cuando la dirección del curso se da como dato de entrada y la segunda cuando se



desconoce la dirección del curso. La tercera forma es usada cuando el ángulo interior entre el primer curso y el segundo curso se da como dato de entrada. La cuarta forma se usa cuando el clangle no se conoce. La palabra opcional APPROXIMATE se usa para dar un valor aproximado del dato desconocido en el caso de que dos soluciones sean posibles.

Puede usarse la palabra UNKNOWN en lugar del símbolo ? en las unidades de dato cldistance y cldirection.

desconocido.

### Poligonal Cerrada

Una poligonal es procesada como poligonal cerrada si el punto inicial y final están definidos (almacenados en la Tabla de Puntos). Pueden ser el mismo punto (poligonal cerrada en si misma): Si son el mismo punto, pero el punto no está definido, se le asignan coordenadas 0, 0 y es procesado como una poligonal cerrada. Una poligonal cerrada puede ser una poligonal angular o de direcciones, puede no tener, o tener una o dos partes faltantes. Si no tiene o tiene una parte faltante, siempre es compensada.

### Subdeclaración AHEAD

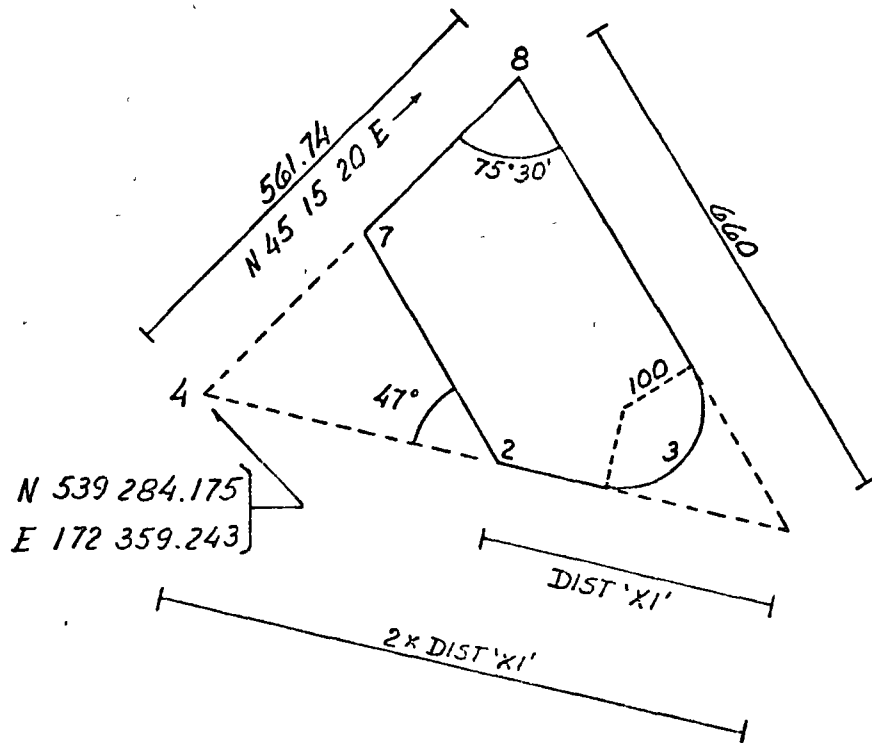
#### AHEAD direction, CANGLE clangle

Esta declaración se usa para dar la dirección hacia adelante y el ángulo de cierre en el punto final de la poligonal para calcular las direcciones de los cursos a partir de los ángulos de entrada y lo para proporcionar las bases para un ajuste angular preliminar. La dirección hacia adelante permanece fija al hacer el ajuste. La unidad de dato clangle es para dar el ángulo de cierre en el punto final y que está comprendido entre la dirección hacia atrás (junto al último punto) y la dirección hacia adelante.

Puede tomar cualquiera de las formas angle para la unidad de dato cldirection, incluyendo la forma de ángulo desconocido. Esta subdeclaración se puede omitir si no se va a hacer el ajuste angular preliminar. Si no se da la declaración, se supone el Norte como la dirección hacia adelante, y el ángulo de cierre se trata como

## 14.4 EJEMPLOS DE APLICACION USANDO COGO

### 14.4.1 Area lote/18



### Solución

- (1) COGO
- (2) \$ EJEMPLO 1
- (3) \$
- (4) \$ AREA LOTE/18 FRACCIONAMIENTO LOS JARDINES
- (5) \$
- (6) SET SYSTEM NE, BEARINGS
- (7) STORE POINT 4 N 539284.175 E 172359.243
- (8) LOCATE POINT 8 FROM POINT 4 DISTANCE 561.74 BEARING -  
N 45 15 20 E
- (9) STORE CURVE 3, PB AT 8, DB 8 TO 4 M 75 30, -  
TTL 660, R 100. PA AT 4
- (10) STORE DISTANCE 'X1', PI 3 TO 4 DIVIDED BY 2.0, PRINT
- (11) LOCATE 2 FROM PI 3, DIST 'X1' AZ PI 3 TO 4
- (12) LOCATE 7 INTERSECT COURSE 4 TO 8 WITH LINE THRU 2 -  
AT AZ 2 TO 4 P 47
- (13) STORE PARCEL 'LOT/18' 7, 8, CURVE 3, 2, 7
- (14) PRINT DISTANCE 4 TO 7, 4 TO 2
- (15) PRINT ANGLE AT 4 FROM 8 TO PT 3
- (16) DESCRIBE PARCEL 'LOT/18'
- (17) FINISH

### Explicación

- 1 Se especifica el procesador de información COGO
- 2-5 Se dan comentarios
- 6 Se establecen los convencionalismos particulares para la forma de entrada y salida de datos.
- 7 Se almacenan en la Tabla de Puntos las coordenadas conocidas del punto 4.

- 8 Se calculan las coordenadas del punto 8, usando una distancia y una dirección, y son almacenadas en la Tabla de Puntos.
- 9 Se define la curva 3 y se almacena en la Tabla de Curvas. Se usó una de las muchas formas posibles para definir y almacenar una curva.
- 10 Se le asigna el nombre 'XI' a la distancia del PI de la curva 3 al punto 2, calculándose como la mitad de la distancia entre el punto 4 y el PI de la curva 3, y se almacena en la Tabla de Distancias. El valor de la distancia debe imprimirse.
- 11 Se calculan las coordenadas del punto 2, usando la distancia 'XI' y la dirección calculada entre dos puntos almacenados, y se almacenan en la Tabla de Puntos.
- 12 Se calculan las coordenadas del punto 7, intersectando una recta y un curso, y se almacenan en la Tabla de Puntos.
- 13 Se define la Parcela 'LOT/18' como una serie de objetos almacenados y se almacena en la Tabla de Cadenas.
- 14 Se piden las distancias entre puntos almacenados.
- 15 Se pide el valor de un ángulo, definido por puntos almacenados.
- 16 Se pide un reporte completo, describiendo todos los valores asociados con los objetos almacenados que definen el LOT/18. Se deben imprimir las coordenadas de los puntos enteros y puntos de curva, elementos de la curva, longitud y dirección de todos los lados, área, etc.
- 17 Se especifica el final de la corrida.

COGO  
 WARNING. NO INSTALLATION SETTING FILE SUPPLIED.  
 RELEASED SETTINGS WILL BE USED.

ICES COGO I - GEOMETRIC PROCESSOR  
 CIVIL ENGINEERING SYSTEMS LABORATORY  
 DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
 MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
 CAMBRIDGE MASSACHUSETTS  
 JUNE 1968 MOD 1

```

$ FJEMPLD 1
$
$ AREA LOTF/18 FRACCIONAMIENTO LOS JARDINES
$
SET SYSTEM NE, BEARINGS
STORE POINT 4 N 539284.175 E 172359.243
LOCATE POINT 8 FROM POINT 4 DISTANCE 561.74 BEARING N 45 15 20 E
STORE CURVE 3, PB AT 8, DB 8 TO 4 M 75 30, TTL 660., R 100. PA AT 4
STORE DISTANCE 'XI', PI 3 TO 4 DIVIDED BY 2.0, PRINT
DISTANCE XI 175.997
LOCATE 2 FROM PI 3, DIST 'XI' AT PI 3 TO 4
LOCATE 7 INTERSECT COURSE 4 TO 8 WITH LINE THRU 2 AT AZ 2 TO 4 P 47
STORE PARCEL 'LOT/18', 7,8,CURVE 3, 2, 7
PRINT DISTANCE 4 TO 7, 4 TO 2
DISTANCE FROM 4 TO 2 284.929
DISTANCE FROM 4 TO 2 375.997
PRINT ANGLE AT 4 FROM 8 TO PT 3
ANGLE AT 4 FROM 8 TO PT 3 58 10 48.57
DESCRIBE PARCEL 'LOT/18'
  
```

COGO  
 WARNING. NO INSTALLATION SETTING FILE SUPPLIED.  
 RELEASED SETTINGS WILL BE USED.

ICES COGO I - GEOMETRIC PROCESSOR  
 CIVIL ENGINEERING SYSTEMS LABORATORY  
 DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
 MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
 CAMBRIDGE MASSACHUSETTS  
 JUNE 1968 MOD 1

\$ EJFMPL0 2  
 \$  
 \$ AREA PARCELA A  
 \$  
 \$ PROGRAMA ING. GUALTERIO LUTHE GARCIA  
 \$  
 STORE POINT 4 N 1961.4 E -951.7  
 D AZIMUTH 'AZ1' 33 40 30  
 D AZIMUTH 'AZ2' 'AZ1' PLUS 62 28 49  
 D LINE 4 THRU 4 AT 'AZ1'  
 D LINE 5 THRU 4 AT 'AZ2'  
 LOCATE 5, INTERSECT LINE 4, OFFSET PLUS 6 WITH LINE 5, OFFSET PLUS 6  
 STORE CURVE 3 PI AT 5, DB 'AZ1', RADIUS 23, DA 'AZ2'  
 LOCATE 6 FROM PC 3, MINUS 10 'AZ1'  
 D 6 PT 3, 3 'AZ2'  
 D 7 INTERSECT LINE THRU 2 AT 'AZ1' PLUS 90 WITH LINE THRU 6 AT 'AZ2'  
 PLUS 90  
 STORE PARCEL 'A' 7,2,CURVE 3,6,7  
 DESCRIBE PARCEL 'A'

DESCRIPTION OF CHAIN A

COURSE		FROM		TO		PC	LENGTH	BEARING
COURSE	FROM	7	2	3	2	3	31.593	N 56 19 30.00 W
COURSE	FROM	2	2	3	2	3	10.000	N 33 40 30.00 E
CURVE	3	TYPE C		CURVE ELEMENTS				
RADIUS		23.000	DEGREE	249	6	43.51		
LENGTH		25.081	DELTA	62	28	49.00		
TANGENT		13.951	BACK	N 33 40 30.00	E			
EXTERNAL		3.901	AHEAD	S 83 50 41.00	E			
LONG CHORD		23.857						
MID. ORD.		3.335						

COURSE		FROM		TO		LENGTH	BEARING
COURSE	FROM	3	6	7	6	7	3.000
COURSE	FROM	6	6	7	6	7	35.839
							S 83 50 41.00 E
							S 6 9 19.00 W

CHAIN POINTS

POINT	7	N	1917.593	E	-935.714	S *****	Z *****
POINT	2	N	1935.112	E	-962.005	S *****	Z *****

CURVE 3 TYPE C CURVE POINTS

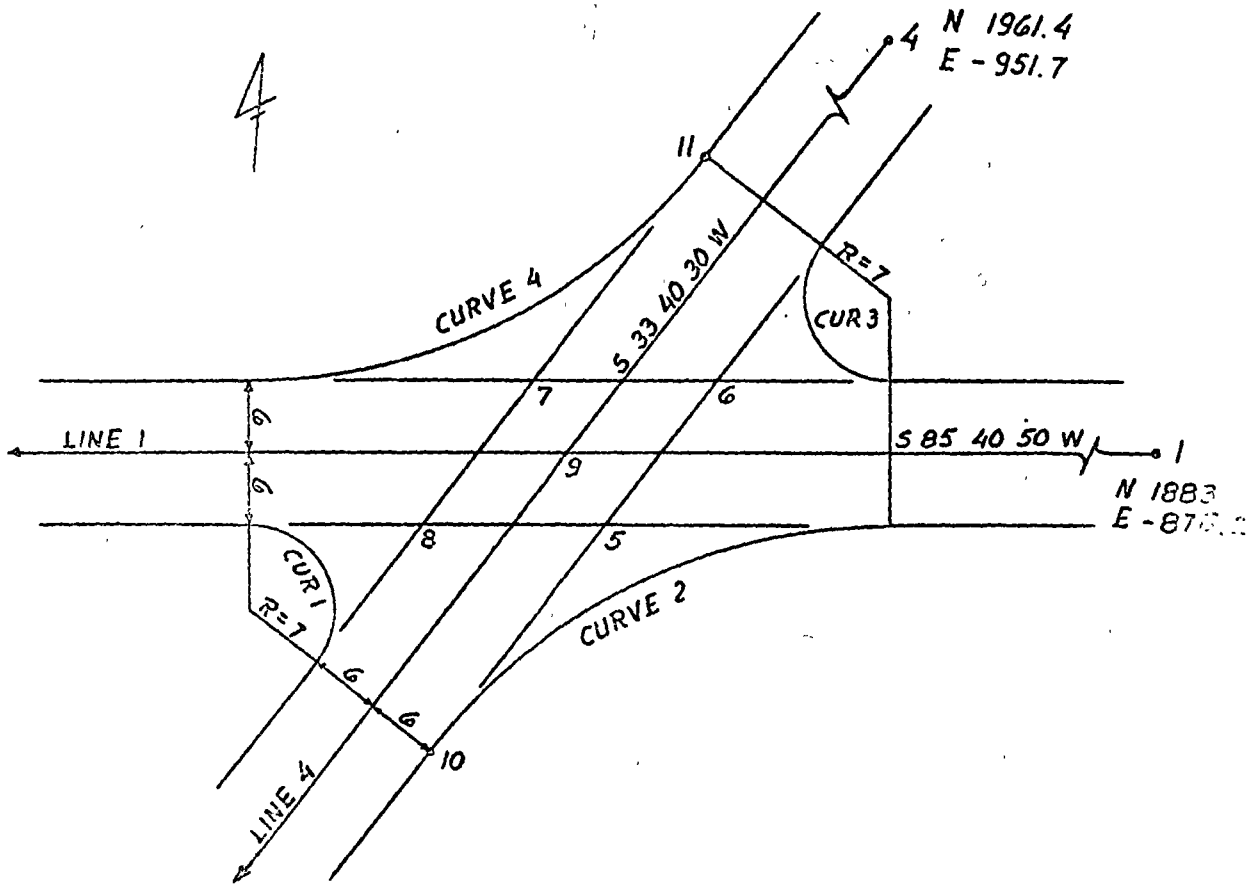
POINT	CC	3	N	1930.681	E	-937.320	S *****	Z *****
POINT	PC	3	N	1943.434	E	-956.461	S 0+ 0.0	Z *****
POINT	PT	3	N	1953.548	E	-934.854	S 0+25.081	Z *****
POINT	PI	3	N	1955.044	E	-948.725	S 0+13.951	Z *****
POINT		6	N	-1953.227	E	-931.871	S *****	Z *****
POINT		7	N	1917.595	E	-935.714	S *****	Z *****

AREA SEGMENT FROM PC TO PT ON CURVE 3 53.861 SQUARE FEET

TOTAL AREA OF LIST 649.656 SQUARE FEET 0.015 ACRES

FINISH THE ABOVE COGO PROBLEM INCLUDED 0 ERRORS WHICH REQUIRED COMMAND ABORT.  
 OF THESE COMMANDS 0 INVOLVED ATTEMPTS TO RECOVER UNSTORED OBJECTS.

Fig. 4.3 Intersección de Calles



CGO  
 WARNING. NO INSTALLATION SETTING FILE SUPPLIED.  
 RELEASED SETTINGS WILL BE USED.

ICES CGO 1 - GEOMETRIC PROCESSOR  
 CIVIL ENGINEERING SYSTEMS LABORATORY  
 DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
 MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
 CAMBRIDGE MASSACHUSETTS  
 JUNE 1968 MOD 1

```

$ EJEMPLO 3
$
$ INTERSECCION DE CALLES
$
$ PROGRAMO ING. GUALTERIO LUTHE GARCIA
$
STORE POINT 4 N 1961.4 E -951.7
D POINT 1 N 1883 E -878.2
D LINE 1 THRU 1 AT S 85 40 50 W
D LINE 4 THRU 4 AT S 33 40 30 W
LOCATE POINT 9 INTERSECT LINE 1 WITH LINE 4
D 8 INT LINE 1 OFFSET MINUS 6 WITH LINE 4 OFFSET PLUS 6
D 5 INT LINE 1 OFF M 6 LINE 4 OFF M 6
D 6 INT LINE 1 OFF P 6 LINE 4 OFF M 6
D 7 INT LINE 1 OFF P 6 LINE 4 OFF P 6
STORE CURVE 1 PI AT 8, DB N 85 40 50 F, RADIUS 7, DA S 33 40 30 W
D CURVE 3 PI AT 6, DB S 85 40 50 W, RADIUS 7, DA N 33 40 30 E
LOCATE 10 PROJECT PT 1 ON LINE 4 OFFSET MINUS 6
D 11 PROJECT PT 3 ON LINE 4 OFFSET P 6
STORE CURVE 2 PI AT 5 DB N 33 40 30 E, IAN 10 TO 5, DA N 85 40 50 W
D CURVE 4 PI AT 7 DB S 33 40 30 W, TAN 11 TO 7, DA S 85 40 50 W
D ALIGN '68' CURVE 1, CURVE 2, CURVE 3, CURVE 4
PRINT CURVS 1 TO 4
  
```

RESURVEYED LOT 10

CHAIN ELEMENTS

COURSE	FROM	7	TO	8	LENGTH	276.811	BEARING	N 45 15 20.00 E
COURSE	FROM	8	TO	3	LENGTH	426.231	BEARING	S 70 14 40.00 E

CURVE 3 TYPE C CURVE ELEMENTS

RADIUS	100.000	DEGREE	57 17 44.81
LENGTH	233.316	DELTA	133 40 48.57
TANGENT	233.769	BACK S	30 14 40.00 F
EXTERNAL	154.26	AHFAD N	76 33 51.43 W
LONG CHORD	183.882		
MID. ORD.	60.670		

COURSE	FROM PT	3	TO	2	LENGTH	142.228	BEARING	N 76 33 51.43 W
COURSE	FROM	2	TO	7	LENGTH	331.04	BEARING	N 29 33 51.43 W

CHAIN POINTS

POINT	7	N	539484.750	E	172561.615	S	*****	Z	*****
POINT	8	N	539679.610	E	172758.221	S	*****	Z	*****

CURVE 3 TYPE C CURVE POINTS

POINT CC	3	N	539261.026	E	172806.521	S	*****	Z	*****
----------	---	---	------------	---	------------	---	-------	---	-------

POINT PC	3	N	539311.395	E	172972.909	S	0+ 0.0	Z	*****
POINT PT	3	N	539163.763	E	172863.285	S	2+33.316	Z	*****
POINT PI	3	N	539109.446	E	173090.656	S	2+33.769	Z	*****

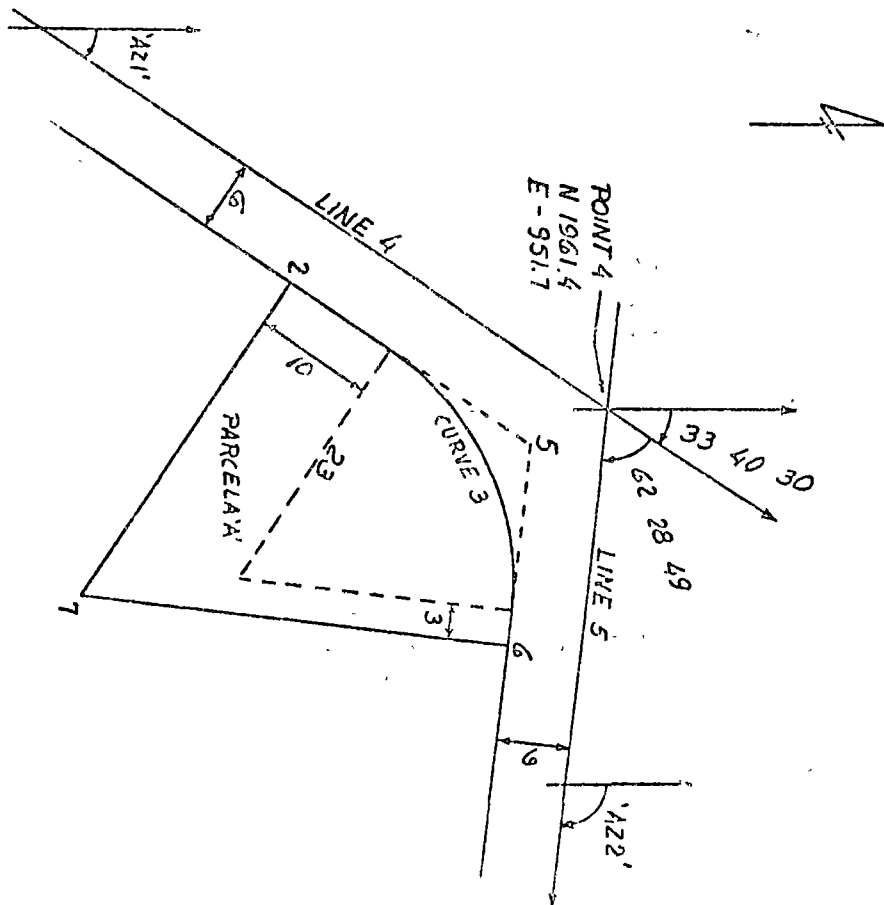
POINT	2	N	539196.810	E	172776.950	S	*****	Z	*****
POINT	7	N	539484.750	E	172561.615	S	*****	Z	*****

AREA SEGMENT FROM PC TO PI ON CURVE 3 8049.763 SQUARE FEET

TOTAL AREA OF LIST 122242.695 SQUARE FEET 2.806 ACRES

FINISH

THE ABOVE COGO PROBLEM INCLUDED 0 ERRORS WHICH REQUIRED COMMAND ABORT.  
OF THESE COMMANDS 0 INVOLVED ATTEMPTS TO RETRIEVE UNSTORED OBJECTS.

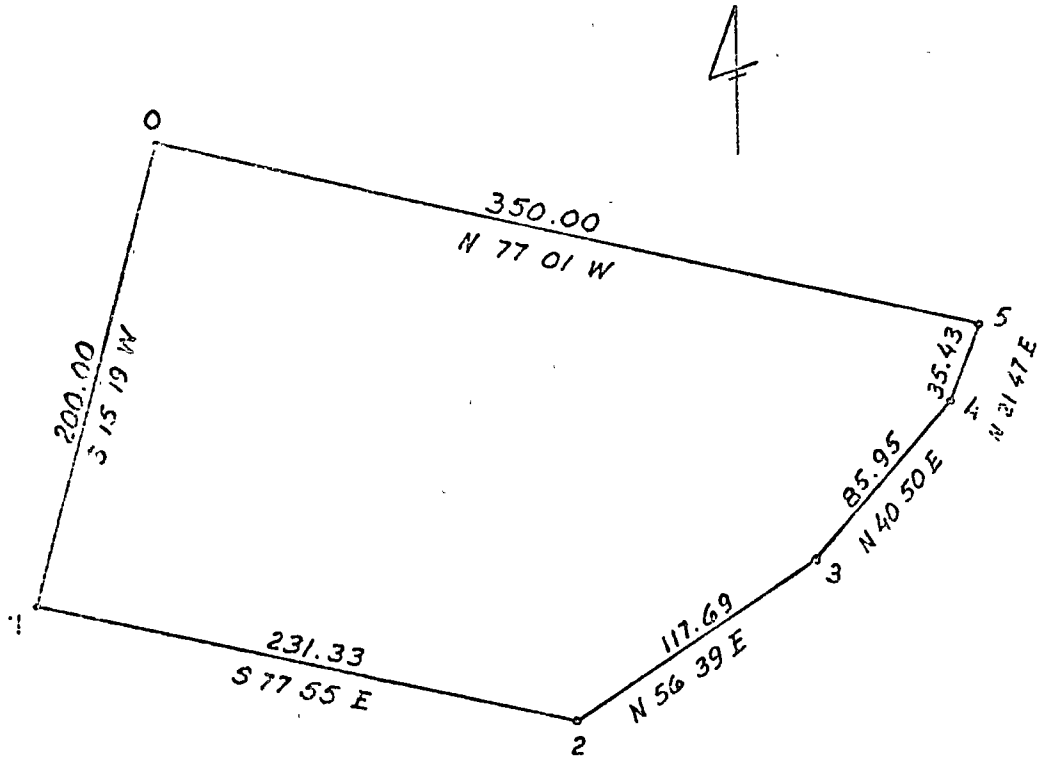


1942 Area Parcel A



Poligonal Cerrada

Nota: datos no computados



COGO  
WARNING. NO INSTALLATION SETTING FILE SUPPLIED.  
RELEASED SETTINGS WILL BE USED.

ICES COGO I - GEOMETRIC PROCESSOR  
CIVIL ENGINEERING SYSTEMS LABORATORY  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
CAMBRIDGE MASSACHUSETTS  
JUNE 1968 MOD I

\$ EJEMPLO 4

\$

\$ POLIGONAL CERRADA (CLOSED TRAVERSE)

\$

\$ PROGRAMD ING. GUALTERIO LUTHE GARCIA

\$

SET SYSTEM XY, BEA

STORE 0 0 0

TRAVERSE 'T1'

ADJUST BY TRANSIT

CLOSURE ONE PART IN 2000, PER ANGLE 60 SECONDS

COURSE 0 TO 1 200.00 S 15 19 W

D 1 TO 2 231.33 S 77 55 E

D 2 TO 3 117.69 N 56 39 E

D 3 TO 4 85.95 N 40 50 E

D 4 TO 5 35.43 N 21 47 E

D 5 TO 0 350.00 N 77 01 W

END OF TRAVERSE, REPORT, SKETCH

```

CURVE 1 TYPE C CURVE ELEMENTS
RADIUS 7.000 DEGREE 818 30 40.09
LENGTH 15.637 DELTA 127 59 40.00
TANGENT 14.350 BACK N 85 40 50.00 F
EXTERNAL 8.967 AHEAD S 33 40 30.00 W
LONG CHORD 12.583
MID. ORD. 3.931

```

```

CURVE 1 TYPE C CURVE POINTS
POINT CC 1 N 1858.029 F -1036.196 S *****
POINT PC 1 N 1865.009 E -1036.723 S 0+ 0.0 Z *****
POINT PT 1 N 1854.148 E -1030.371 S 0+15.637 Z *****
POINT PI 1 N 1866.090 E -1022.413 S 0+14.350 Z *****

```

```

CURVE 2 TYPE C CURVE ELEMENTS
RADIUS 48.635 DEGREE 117 48 25.58
LENGTH 44.145 DELTA 52 0 20.00
TANGENT 23.724 BACK N 33 40 30.00 E
EXTERNAL 5.478 AHEAD N 85 40 50.00 E
LONG CHORD 42.645
MID. ORD. 4.923

```

```

CURVE 2 TYPE C CURVE POINTS
POINT CC 2 N 1820.527 E -979.910 S *****
POINT PC 2 N 1847.494 EE -1020.384 S 0+ 0.0 Z *****
POINT PT 2 N 1869.024 EE -983.573 S 0+44.145 Z *****
POINT PI 2 N 1867.237 F -1007.230 S 0+23.724 Z *****

```

```

CURVE 3 TYPE C CURVE ELEMENTS
RADIUS 7.000 DEGREE 818 30 40.09
LENGTH 15.637 DELTA 127 59 40.00
TANGENT 14.350 BACK S 85 40 50.00 W
EXTERNAL 8.967 AHEAD N 33 40 30.00 F
LONG CHORD 12.583
MID. ORD. 3.931

```

```

CURVE 3 TYPE C CURVE POINTS
POINT CC 3 N 1887.970 E -985.004 S *****
POINT PC 3 N 1880.990 EE -984.477 S 0+ 0.0 Z *****
POINT PT 3 N 1891.851 EE -990.830 S 0+15.637 Z *****
POINT PI 3 N 1879.909 E -998.787 S 0+14.350 Z *****

```

```

CURVE 4 TYPE C CURVE ELEMENTS
RADIUS 48.635 DEGREE 117 48 25.58
LENGTH 44.145 DELTA 52 0 20.00
TANGENT 23.724 BACK S 33 40 30.00 W
EXTERNAL 5.478 AHEAD S 85 40 50.00 W
LONG CHORD 42.645
MID. ORD. 4.923

```

```

CURVE 4 TYPE C CURVE POINTS
POINT CC 4 N 1925.472 E -1041.290 S *****
POINT PC 4 N 1908.505 EE -1000.816 S 0+ 0.0 Z *****
POINT PT 4 N 1876.975 E -1037.627 S 0+44.145 Z *****
POINT PI 4 N 1878.762 E -1013.970 S 0+23.724 Z *****

```

FINISH THE ABOVE COGO PROBLEM INCLUDED 0 ERRORS WHICH REQUIRED COMMAND ABORT.  
OF THESE COMMANDS 0 INVOLVED ATTEMPTS TO REtrieve UNSTORED OBJECTS.

\*\*\*\*\*  
 \* CLOSED TRAVERSE  
 \* CLOSURE REPORT - PLANIMETRIC  
 \*\*\*\*\*

ERROR IN X 0.021 TOTAL ERROR 0.060 PERIMETER 1020.40  
 ERROR IN Y 0.056 CLOSURE RATIO 16947.50 FIXED PERIM 0.0  
 DIRECTION OF CLOSING LINK S 20 46 48.43 W TOTAL PERIM 1020.40  
 \*\*\*\*\*  
 TRANSIT RULE ADJUSTMENT

CORRECTION TABLES

UNADJUSTED CORRECTION ADJUSTED VALUE

DISTANCE TABLE

DISTANCE	0 TO	1	200.000	-0.020	199.98
DISTANCE	1 TO	2	231.33	-0.004	231.334
DISTANCE	2 TO	3	117.69	0.006	117.696
DISTANCE	3 TO	4	85.95	0.006	85.956
DISTANCE	4 TO	5	35.43	-0.003	35.433
DISTANCE	5 TO	0	350.000	-0.005	349.995

BEARING TABLE

BEARING	BACK	N	0	0	0.00	E				
BEARING	0 TO	1	S	15	19	0.00	W	0	4.52	S 15 19 4.52
BEARING	1 TO	2	S	77	55	0.00	W	0	5.44	S 77 55 5.44
BEARING	2 TO	3	N	56	39	0.00	F	0	8.14	N 56 38 51.86
BEARING	3 TO	4	N	40	50	0.00	E	0	8.77	N 40 49 51.23
BEARING	4 TO	5	N	21	47	0.00	E	0	6.11	N 21 46 53.89
BEARING	5 TO	0	N	77	1	0.00	W	0	5.81	N 77 0 54.19
BEARING	AHEAD	N	0	0	0.00	E				

ANGLE TABLE (CLOCKWISE ANGLES)

ANGLE AT	0 TO	1	195 19	0.00	0	4.52	195 19	4.52
ANGLE AT	1 TO	2	86 46	0.00	0	9.95	86 45	50.05
ANGLE AT	2 TO	3	134 34	0.00	0	2.70	134 33	57.2
ANGLE AT	3 TO	4	164 11	0.00	0	0.63	164 10	59.37
ANGLE AT	4 TO	5	160 57	0.00	0	2.66	160 57	2.66
ANGLE AT	5 TO	0	81 12	0.00	0	11.92	81 12	11.92
ANGLE AHEAD			257 1	0.00	0	5.81	257 0	54.19

LATITUDE AND DEPARTURE TABLE

POINT	0 TO	1	LAT	-192.896	0.021	-192.875
			DEP	-52.831	-0.001	-52.83
POINT	1 TO	2	LAT	-48.425	0.005	-48.420
			DEP	226.205	0.005	226.21
POINT	2 TO	3	LAT	64.700	0.007	64.707
			DEP	98.31	-0.002	98.312
POINT	3 TO	4	LAT	65.031	0.007	65.038
			DEP	56.199	-0.001	56.201
POINT	4 TO	5	LAT	32.900	-0.004	32.904
			DEP	13.148	-0.000	13.148
POINT	5 TO	0	LAT	78.634	0.013	78.647
			DEP	-341.052	0.012	-341.041

POINT TABLE

POINT	0	X	COORD.	0.0	0.0	0.0
		Y	COORD.	0.0	0.0	0.0
POINT	1	X	COORD.	-52.831	-0.001	-52.83
		Y	COORD.	-192.896	0.021	-192.875
POINT	2	X	COORD.	173.374	0.006	173.38
		Y	COORD.	-241.321	0.026	-241.295
POINT	3	X	COORD.	271.684	0.008	271.692
		Y	COORD.	-176.621	0.033	-176.588
POINT	4	X	COORD.	327.883	0.009	327.892
		Y	COORD.	-111.590	0.04	-111.550
POINT	5	X	COORD.	341.031	0.01	341.041
		Y	COORD.	-78.69	0.043	-78.647
POINT	0	X	COORD.	-0.021	0.021	0.0
		Y	COORD.	-0.056	0.056	0.0



# TOPOGRAFIA APLICADA A LA CONSTRUCCION

## 14.- CALCULO ELECTRONICO

### 14.5 Introducción a las minicalculadoras

Teniendo una idea sobre las grandes computadoras, sus posibilidades, costos y aplicaciones, daremos una breve vista sobre las minicalculadoras o calculadoras de bolsillo.

Haremos de antemano una somera comparación de estas pequeñas máquinas con las grandes computadoras:

¿por qué, una vez que hemos visto todas las ventajas que representa el uso de una computadora, "regresamos" a las minicalculadoras?

¿qué ventajas tienen unas sobre otras?

Esto, y muchas otras cosas es lo que pretendemos mostrar a continuación.

Las ventajas que ofrece una minicalculadora sobre una computadora, son:

- tamaño
- precio
- facilidad de operación
- facilidad de transporte
- etc.

Las desventajas que ofrece son:

- limitación de operación
- su reducida capacidad de almacenaje
- reducida capacidad de programación
- etc.

Desde luego todas estas ventajas y desventajas van en relación directa al tipo de trabajo que se desarrolla, así como al área profesional de cada persona. De cualquier manera, al hacer uso de una computadora se requiere conocimiento de lenguaje, su capacidad

y otros parámetros propios de cada máquina, que, para una persona que no este dedicada a este campo es harto difícil. En cambio, con una minicalculadora, y una rutina de trabajo es relativamente fácil - abordar cualquier problema que se presente dentro de un área de trabajo determinado, e incluso con la ventaja de poder realizar ésto en el mismo lugar de trabajo.

Vale la pena mencionar, que a pesar de la facilidad de operación, no siempre es conveniente realizar trabajos muy extensos con una minicalculadora, debido a que el operador siempre tendrá que tomar los resultados directamente de la máquina, lo cual induce muchas veces a errores, sobre todo de escritura.

Teniendo en cuenta todas las ventajas y desventajas antes - - mencionadas, el usuario siempre tendrá la necesidad de implementar una rutina para operar su minicalculadora con la mayor eficiencia posible, dando por bien empleado el tiempo que ocupe para realizar esta tarea.

Vayamos ahora directamente al estudio de las minicalculadoras que son objeto de nuestro tema:

Con los adelantos e investigación que ha habido últimamente en el área de la minicomputación, podríamos citar de menos 100 modelos de calculadoras de bolsillo, yendo desde las que solo tienen las cuatro operaciones fundamentales a las que son capaces de realizar programas complicados con todo tipo de operaciones, funciones y hasta rutas críticas de operación.

Podríamos catalogar las calculadoras por sus precios y operaciones de la siguiente manera:

DE 10 A 25 DLLS.

CARACTERÍSTICAS	COMENTARIOS
Memoria	Se puede utilizar a antojo
Por ciento	
Cambio de signo	de (-) a (+) y viceversa
Selección de lugares decimales	ya sea punto flotante o a 2 y 4 decimales
Constante	multiplicativa o en división -- oprimiendo tecla
Redondeo de decimales	ej. $2/3 = 0.67$

Entre estas calculadoras podemos mencionar:

- Texas instruments datamath
- Lloyd's accumatic 500
- Bowmar MX 35-I
- Dataking LG 800
- Casio - mini
- Rockwell unicom 201
- Rockwell 20 R

DE 25 A 50 DLLS.

CARACTERISTICAS	COMENTARIOS
Raíz cuadrada	saca la raíz cuadrada con solo oprimir una tecla
Cuadrado	saca el cuadrado de un número con solo oprimir una tecla
Recíproco	1/x
Notación científica	de $10^{-99}$ a $10^{99}$ , oprimiendo <u>EEX</u> se pueden "meter" números muy grandes o muy chicos

Entre estas calculadoras podemos mencionar las:

- Melcor 400
- Texas instruments SR 11
- Summit international S 180

## DE 50 A 100 DLLS.

CARACTERISTICAS	COMENTARIOS
Funciones trigonométricas	sen, cos, tan e inversos
Función potencial	$X^Y$ eleva el número en la pantalla a la potencia y, que puede ser fraccionaria o muy grandes
Logaritmo natural y decimal	log, Ln. e inversos $10^x$ , y $e^x$
Notación científica	$10^{-99}$ a $10^{99}$
Memorias seleccionables	puede tener 1, 2, 4, hasta 9 memorias
Paréntesis a 2 niveles	$(x-y) - (x+y)$
Memorias operativas	son "lugares" en los que la máquina "guarda" valores que se utilizan para operación 2 mínimo, y 4 máximo (HP 45 y - - HP 21, y HP 35)
Intercambio de memorias operativas	x-y cambia lo que hay en la memoria operativa x con la y
Funciones constantes	Pi (común), en algunas hay m a pulg. lb a kg, etc.
Redondeo de decimales y selección del No. de lugares de los mismos	de 0 a 9 decimales (HP 21, Texas inst. SR 51, etc.
Funciones hiperbólicas	no es común pero fácil de obtener



DE 80 A 150 DLLS.

CARACTERISTICAS	COMENTARIOS
Conversión de polares a <u>rec</u> <u>tangulares</u> y viceversa	requiere la utilización de 2 memorias operativas
Media estadística y desvia-- ción estandar	Requiere la utilización de 2 memorias, que son origina <u>da</u> das por la suma y multipli <u>ca</u> ción de una serie de nú-- meros
Sumatorias	útil para la determinación de la media y la desviación es-- tandar
Memorias seleccionables	de 9 a 16 memorias
Factorial de un número	$1 \times 2 \times 3 \times 4 \times \dots \times n$
Funciones hiperbólicas	
Memoria secundaria	llama la última cifra que es-- tuvo en la pantalla
Operación con grados, ra-- dianes, o grados centesima <u>l</u> es	puede hacer cálculos trigono <u>m</u> étricos en cualquiera de -- las 3 maneras
Constantes métricas	3 ó más por lo general
Teclas para examinar las memorias operativas	ya sea en un sentido o en -- otro
Redondeo y selección de - decimales	permite al operador redonde <u>a</u> r hasta el "n" decimal
Conversión de grados a ra <u>di</u> anones o a grados centesi <u>ma</u> les	

Daremos ahora una lista de las calculadoras más significativas de este grupo, desde la SINCLAIR SCIENTIFIC a la HEWLETT PACKARD 45.

- BOUMAR MX-140
- CASIO FX-10
- COMMODORE SR-1400
- HEWLETT PACKARD 35
- HEWLETT PACKARD 45
- KINGS POINT SC - 44
- LLOYD'S ACCUMATIC 999
- ROCKWELL 615R
- SINCLAIR SCIENTIFIC
- SPECTRUM SR 70
- SUMMIT INT'L SI 90
- TEXAS INSTRUMENTS SR 50
- TEXAS INSTRUMENTS SR 51
- HANIMEX SR 100
- HEWLETT PACKARD 21

CARACTERISTICAS

Tipo de pantalla

No. de teclas	25	29	36	35	35	38	20	20	18	39	36	40		33	32
Memorias	1	0	1	1	9	1	1	1	0	1	1	1	3	1	1
Not. científica	si	no	si	si	si	si	no	no	si	si	si	si	si	no	si
grados-radianes	si	si	si	no	si	si	si	si	no	si	si	si	si	si	si
Paréntesis	si	no	si	si	si	si	no	no	si	si	si	no	si	no	si
Mems. operativas	no	no	no	si	si	si	no	no	no	si	si	si	si	si	si

FUNCIONES

Trigonométricas

sen cos tan	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
Trig. inversas	si	no	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si	si
Logaritmos e, 10	si	si	si	si	si	si	si	si	10	si	si	si	si	si	si
Antilogaritmos e, 10	si	e	e	e	si	e	si	e	10	e	e	e	si	e	si
Potencias X <sup>Y</sup>	si	(4)	si	si	si	si	si	si	no	si	si	si	si	si	si
Raíz cuadrada	si	si	si	si	si	si	si	si	no	si	si	si	si	si	si
Cuadrado	si	no	si	no	si	si	(3)	(3)	no	si	no	si	si	no	no
Inverso	si	si	si	si	si	si	si	si	no	si	si	si	si	si	si

Pi	si	si	si	si	si	si	si	si	si	no	si	si	si	si	si	si
Radianes-grad	si	no	no	no	si	no	si	si	no	no	si	si	si	no	no	
Grad. Min. Seg-grad. dec.	no	si	no	no	si	no	no	no	no	no	no	no	no	si	no	no
Polar a rectangular	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	no	no	no	si	no	si
Funciones hiperbólicas	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	no	no	no	si	no	no
Factorial	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	no	si	si	no	no
Sumatoria	si	no	no	no	si	no	si	si	no	no	no	no	si	si	no	si
Media y desv. estandard	no	no	no	no	si	no	no	no	no	no	no	no	no	si	no	no

Es bueno recalcar el hecho de que el usuario es en última instancia el indicado para escoger el tipo de máquina, su costo, etc. y para utilizar ésta a su máxima capacidad.

La manera más adecuada para agotar todas las posibilidades de una calculadora es el uso de rutinas de operación que el usuario puede construir. Es decir, si nosotros tenemos un problema a resolver, y este es repetitivo, o es probable que podamos topar con uno semejante en alguna otra ocasión, solo necesitamos saber la secuencia de teclas a oprimir sin tener en cuenta los resultados secundarios, pues de antemano sabemos de que orden son; por lo que solo es necesario resolver un problema tipo y registrarlo para un posterior. Como dijimos con anterioridad, el tiempo empleado para "programar" una rutina de operación, es hartamente provechoso y no debemos pensar que es perdido.

Para ilustrar lo anterior, daremos este ejemplo con su respectiva rutina:

Suponiendo que solo contamos con una calculadora cuya capacidad de operación solo llega hasta las cuatro operaciones fundamentales y quizá una memoria, calculemos el seno de 30°:

$$\text{La fórmula usada es } \text{seno } x = x \left( 1 - \frac{x^2}{6} \right)$$

SECUENCIA DE OPERACION	RESULTADOS	COMENTARIOS
1 teclear 30°	30	Angulo dado
2 dividir entre 57.29578	0.5235987	Valor del ángulo en radianes

SECUENCIA DE OPERACION	RESULTADOS	COMENTARIOS
3 escribir el resultado para usarlo en paso 11		
4 elevar este resultado al cuadrado	0.2741555	
5 escribir este número para su uso posterior		
6 dividir entre -20	-0.0137077	Nótese el signo negativo
7 sumar 1	0.9862923	
8 multiplicar por -0.2741555 (anotado con anterioridad)	-0.2703974	
9 dividir entre 6	-0.0450662	
10 sumar 1	0.9549338	
11 multiplicar por 0.5235987	0.5000021	anotado en el paso 3

El valor correcto de seno de 30° es 0.50000000, por lo que -- el error es del orden de  $2 \times 10^{-6}$ , lo que equivale a 0.5 de segundo de arco de error.

Hay sin embargo otras fórmulas que nos permiten obtener este resultado con mayor exactitud:

$$\text{seno } x = x \left( 1 - \frac{x^2}{6} \left( 1 - \frac{x^2}{20} \right) \right), \text{ y}$$

$$\text{seno } x = x \left( 1 - \frac{x^2}{6} \left( 1 - \frac{x^2}{20} \left( 1 - \frac{x^2}{42} \right) \right) \right)$$

Así como este interesante ejemplo hay muchos más, y cada uno de acuerdo con la capacidad de la máquina en particular. Así, -- por ejemplo, con la calculadora HEWLETTPACKARD45 podemos hacer el cálculo de una poligonal introduciendo a la máquina solo la distancia entre vértices y el rumbo de esa línea para poder obtener las proyecciones olvidándonos de los resultados secundarios; posteriormente, introduciendo solo las proyecciones obtenidas con anterioridad podemos calcular las coordenadas de los vértices, ya con las proyecciones corregidas.

Podríamos mencionar muchos más ejemplos, pero demos un paso más dentro de este campo tan amplio, hacia las calculadoras programables.

#### Calculadoras de bolsillo programables

Una calculadora programable es aquella que tiene la capacidad de "recordar" una secuencia de teclado determinada. La principal ventaja de una calculadora de este tipo es según se verá la rapidez de ejecución que posee.

Podemos clasificar este tipo de calculadoras de la siguiente manera:

- a) las que almacenan el programa mediante el teclado de la secuencia a seguir
- b) las que aceptan una tarjeta magnética

Las del primer grupo son las más económicas (entre 100 y 200 dls.), aunque tiene menor capacidad de programa, entre estas están la HP 55, la HP 25 y la Texas Instruments SR 56. Las del segundo grupo, como la HP 65, HP 67, la Texas Instruments SR 52, la Monroc 324 y la 326, tienen una capacidad considerable de programación.

Veamos ahora algunas calculadoras en especial

la HEWLETT PACKARD 55

La HEWLETT PACKARD 65 tiene 100 pasos de programación y acepta tarjetas magnéticas para almacenar el programa. La tarjeta magnética es una tarjetita de material ferromagnético que a semejanza de las cintas de grabadora "guarda" caracteres, es del mismo largo que el ancho de la máquina y como de un centímetro de ancho; el programa se graba en la tarjeta, una vez que este ha sido teclado previamente en tablero de la máquina, mediante un botón para tal objeto. El programa queda impreso en la tarjeta para su uso posterior, lo cual nos evita el teclado del programa cada vez que este se va a utilizar. En general la HP 65 tiene la misma capacidad que la HP 45, claro, con las ventajas que ofrece la programación.

La HEWLETT PACKARD 25 hizo su aparición después de las dos anteriores, es del mismo tamaño y peso que la HP 21 y tiene la misma capacidad de programación que la HP 55, con el inconveniente que carece del cronómetro con el que está provista la HP 55. Acepta el programa por medio de teclado.

La HEWLETT PACKARD 25c es de aparición posterior a la HP 25, y tiene la propiedad de guardar el programa aún estando apagada la máquina. Esto es una ventaja si se toma en cuenta que es un poco bromoso estar "tecleando" el programa cada vez que tenemos necesidad de utilizarlo.

La HEWLETT PACKARD 67 y la HEWLETT PACKARD 97 son posteriores a la HP 65 y con mayor capacidad de programación así como de almacenaje. La HP 97 tiene las mismas características que la HP 67 con la ventaja de un impresor integrado a la misma calculadora. Ambas operan con tarjetas magnéticas y su capacidad de programa es de 224 pasos de programación, tiene 20 memorias, etc.

Estas dos máquinas representan el último peldaño antes de pasar a las calculadoras de mesa o minicomputadoras, que como es lógico tienen mucho mayor capacidad.

Vemos ahora 2 calculadoras que elabora la Texas Instruments que son programables y posteriores a las antes mencionadas. Es conveniente recalcar que la manera de operación es diferentes para cada fabricantes, por lo que, en especial, al mencionar el número de pasos de programación no debe de ninguna manera ser un índice comparativo entre estas máquinas y las que fabrica la HEWLETT PACKARD. La diferencia entre estas dos marcas es la capacidad de programación por paso de programa, mientras que las Texas Instruments ejecutan por paso de programación lo que ejecuta una tecla, las Hewlett Packard aceptan en un paso de programación la ejecución de la operación completa; para ilustrar lo anterior pongamos un ejemplo:

Para efectuar una transferencia de ejecución dentro del mismo programa se tiene que oprimir tres teclas (en --

las HP 67 y Texas Instruments SR 52 que veremos posteriormente se utilizan cuatro). En las Hewlett Packard esto se realiza en un solo paso de programación, mientras que en las Texas Instruments cada tecla representa un paso de programación, así para efectuar esta transferencia de control se utilizarían tres pasos de programación.

Veamos ahora estas dos máquinas:

Son la Texas Instruments SR 56 y SR 52, la primera tiene 100 pasos de programación, equiparable a las HP 55 y 25. Como operaciones diferentes a la HP 25 y 55 mencionaremos su capacidad de efectuar subrutinas y 9 niveles de paréntesis, como desventajas con respecto a las Hewlett Packard es la carencia de una función que convierte GRADOS MINUTOS SEGUNDOS a GRADOS. DECIMALES, que especialmente en nuestra área es esencial. El precio de esta máquina es de 100 dls.

La SR 52 es quizá equiparable a la HP 65, tiene 224 pasos de programación, 20 memorias, 8 transferencias condicionales, 10 funciones preprogramadas, 9 niveles de paréntesis, y lo que es todavía más importante, es capaz de aceptar una impresora periférica (la SR 56 también acepta una impresora periférica).

Es bueno mencionar otras dos calculadoras que, aunque no son tan pequeñas como las anteriores (tamaño de bolsillo), son bastante ligeras y fáciles de transportar; son estas la Monroe 324 y 326, que junto con una grabadora de cassette implementan un sistema de computación bastante completo.

## LA CALCULADORA DE MANO HP - 25

Primero enumeraremos las características principales de esta máquina y la razón por la que la hemos escogido como la más práctica y conveniente para trabajos de Topografía. Sus características son: como una regla de cálculo electrónica.

- 4 funciones básicas
- inverso
- cuadrado
- raíz cuadrada
- un número a la
- logaritmos y antilogaritmos de base e ( naturales )
- funciones trigonométricas (sin, cos, tan ) y sus inversos
- porcentaje
- cambios de signo
- $\pi$  PI
- 8 memorias y una memoria momentánea que guarda la última cifra que estuvo en la notación exponencial
- sumatoria y sumatoria negativa

Esta tecla almacena en una memoria el número de orden, ya sea de una serie de números y una serie de parejas (m3), en otra la suma de los números que quedan en la pantalla (m4), en otra memoria la suma del número pareja que queda en la memoria operativa "Y" (m6), en otra memoria la suma de los productos de la memoria operativa "Y" y del número que aparece en la pantalla ("X"). La sumatoria negativa en vez de almacenar y multiplicar, resta y divide un número o una pareja de números.

- valor absoluto
- valor entero
- valor fraccionario
- cambio de coord. polares a rectangulares y viceversa
- cambio de GRADOS-MINUTOS-SEGUNDOS a GRADOS-DECIMALES
- 3 modos de operación para ángulos: grados sexagesimales, grados centesimales y radianes.

A manera de comentarios especiales con respecto a la - - -



HP-25 diremos que:

Su manera de operación es mediante la notación polaca inversa (NPI). Para explicar esto haremos un esquema

<u>T</u>	0.00	Pantalla
<u>Z</u>	0.00	
<u>Y</u>	0.00	
<u>X</u>	0.00	

Este sistema lo llamaremos memorias operativas X, Y, Z, T.

Para operar con las 4 operaciones fundamentales se utilizan las memorias "X" y "Y", para lo cual se utiliza la tecla ENTER que sitúa la cantidad en la pantalla ("X"), en "Y", se tecléa la otra cantidad, que queda en "X" y se opera de la siguiente manera

- Con (-) opera "Y" - "X"
- Con (+) opera "Y" + "X"
- Con (x) opera "Y" x "X"
- Con (÷) opera "Y" ÷ "X"
- Con Y<sup>x</sup> opera "Y" elevado a la potencia que está en la pantalla "X"

de la misma manera para convertir de coordenadas rectangulares a polares y viceversa se utilizan las memorias operativas "X" y "Y"

**RECTANGULAR A POLAR** Se tecléa primero la cantidad que corresponde a la coord. "Y", se oprime ENTER para situar esta cantidad en la memoria-operativa "Y" se tecléa la cantidad que corresponde a la coordenada "X" y se oprime la tecla azul g y la tecla 9 que en su base y en azul efectúa la conversión p (a polar). Aparecerá en la memoria operativa "Y" el ángulo  $\theta$  y en la pantalla (X) el argumento con respecto al eje X en GRADOS DECIMALES.

**POLAR A RECTANGULAR** Esta operación se efectúa en forma inversa a la anterior con la tecla amarilla F y la tecla 9 (nueve) que en su parte superior tiene en amarillo la notación R (a rectangular) Para que esto se efectúe se sitúa el ángulo  $\Theta$  en GRADOS DECIMALES en la memoria operativa "Y" y el argumento en la pantalla ("X").

Cabe aclarar el ángulo  $\Theta$  para hacer el cambio de polar a rectangular puede aceptarlo la máquina inclusive mayor que  $360^\circ$  con la condición que ella misma resta  $360^\circ$  del ángulo las veces necesarias hasta dejarlo menor de  $360^\circ$ . Acepta ángulos negativos considerando los negativos a partir del sentido positivo sobre el eje X.

Una consideración importante es la aplicación de esta característica a la topografía. En esta área como sabemos los ángulos se cuentan a partir del eje "Y" y no del eje "X", tanto rumbos como azimut. En el caso de los azimut simplemente se invierte el orden de las memorias operativas; es decir para convertir distancia y azimut a coordenadas X y Y se sitúa el azimut en la memoria "Y" y la distancia en la pantalla, se oprime f R y tenemos a la coordenada y en la memoria operativa "Y". Para encontrar distancia y azimut a partir de coordenadas se sitúan estas inversamente "Y" en la pantalla, y "X" en la memoria "Y", aparecerá en la memoria "Y" y el argumento en la pantalla.

Otra operación que utiliza las memorias operativas "X" y "Y" es la sumatoria como ya explicamos con anterioridad esta operación con una serie de números o una serie de parejas por series es decir una serie será la serie Y y la otra la serie X, y siempre se situará en la memoria operativa "Y" las cantidades correspondientes a esta serie, y a la pantalla las de la serie X. Los resultados se almacenarán como se informó con anterioridad. Cada vez que se oprime la tecla + (sumatoria), en la pantalla aparece el número de orden de la cantidad o de la pareja. En combinación con la sumatoria tenemos otras dos funciones:

La media aritmética y la desviación standard

La media aritmética ( $\bar{X}$ ) utiliza las memorias 3 y 7 en las que una vez utilizada la sumatoria se almacenan, en la memoria 3 el número de cantidades o de parejas que se utilizaron y en la memoria 7 la suma de los números de la serie X (pantalla) según la fórmula

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

La desviación standar (S. Dev.) (una medida de la dispersión alrededor de la media) utiliza las memorias 3, 6 y 7 para utilizar los datos: n,  $\sum x^2$  y  $\sum x$  respectivamente según la fórmula

$$S_x = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}$$

Su operación interna

Yendo un poco más a fondo encontramos que la calculadora tiene la capacidad de almacenar momentáneamente, es decir, mientras ninguna operación se efectúe 4 diferentes cantidades dentro de este Sistema de Memorias operativas. La tecla X ↔ Y invierte el lugar de las cantidades en las memorias operativas "X" e "Y", lo que está en "X" pasa a "Y" y viceversa.

La tecla R↓ (roll down) rota todas las cantidades en las 4 memorias operativas; al oprimir esta tecla, la cantidad en la pantalla "X" queda en la última memoria operativa ("t") la de "T" en "Z" y la de "Z" en "Y" y la "Y" en "X"; al oprimir de nuevo la tecla sucede lo mismo. Veamos el siguiente esquema

T	4.00
Z	3.00
Y	2.00
X	1.00

Suponiendo que previamente hemos introducido las cantidades 4.00, 3.00, 2.00 y 1.00 en las memorias operativas mediante la tecla ENTER.

Al oprimir R↓ queda

T	1.00
Z	4.00
Y	3.00
X	2.00

al oprimir de nuevo esta tecla queda

T	2.00
Z	1.00
Y	4.00
X	3.00

y así sucesivamente.

Una característica interesante es la capacidad de modificar la manera en que el valor en la pantalla aparezca. Con la tecla -- f fix n nos muestra el valor con n lugares decimales desde 0 a 9. - Con la tecla f SCI n en la pantalla aparece el valor con n lugares decimales (hasta 7 como máximo) y con notación exponencial. En la tecla f ENG n no aparece la notación exponencial siempre en potencias de 3 en 3 y el número de decimales siempre es de 2 en adelante.

Entremos ahora más a fondo con el sistema de programa-- ción que esta máquina tiene:

La máquina tiene 49 pasos de programa, es decir "recuerdo" 49 operaciones de las que ya hemos visto y de otras propias de -- programación.

Para introducir un programa en calculadora HP-25 tiene un switch que opera en RUN, o sea como calculadora normal o cuando ya tiene el programa registrado o PRGM (PROGRAM) cuando intentamos introducir el programa. Al poner el switch en PRGM veremos aparecer en la pantalla 00 en el lado izquierdo; este es el paso 00 del programa, en este paso no acepta instrucción. En adelante se oprimen todas las teclas necesarias como si fuera a operar manualmente; es - bueno tomar en cuenta el funcionamiento de las memorias operativas.

Esto lo podemos hacer escribiendo primero el programa. - Para este propósito veremos más adelante unas hojas de programa-- ción que nos son útiles a este respecto.

Para poder entrar de lleno a un problema específico veamos ahora las operaciones y teclas que se utilizan a este respecto.

La tecla F PRGM se utiliza, cuando estamos programando para borrar todas las memorias del programa y pone a estos en el --

paso 00. Cuando tenemos el switch en RUN sirve para regresar el programa al paso 00 sin borrarlo, únicamente para facilitar el comienzo de la ejecución de un programa.

La tecla SST (Subsequent Step), operada cuando estamos programando (con el switch en PRGM), nos lleva al siguiente paso de programación sin alterar en nada el contenido operativo de este. Cuando la oprimimos con el switch en RUN (ejecución de programa) solamente ejecuta la operación del paso subsecuente, apareciendo al estar oprimida el número de orden del paso y el código de lo que ejecuta (como veremos más adelante) y al soltarla el resultado de esa operación.

La tecla BST (Back Step), operada cuando estamos programando retrocede un paso, apareciendo el número del paso anterior y su código.

Esta tecla es útil en caso de equivocación pues al retroceder un paso el programa nos permite volver a teclear lo que descabamos, quedando borrado el equívoco, pues cada vez que tecleamos una operación con el switch en PRGM queda esta guardada en la memoria de programa así este ocupada por alguna otra operación o no. Al oprimir esta tecla en el switch en RUN el programa retrocede un paso, más no la operación que ya ha sido realizada; al "correr" el programa nuevamente el contenido de la pantalla (que es ya un resultado del paso que retrocedemos) se verá nuevamente afectado por la misma operación, por lo que es conveniente tener cuidado con esta tecla en las circunstancias descritas pues puede ocasionar resultados inesperados.

Una característica muy útil en esta calculadora esta tecla R/S (RUN/STOP) que utilizada mientras programamos ocasionará durante la ejecución del programa que el programa se detenga una vez que ha realizado la operación anterior a R/S. Esta característica es muy útil cuando en un mismo programa esperamos varios resultados. Para continuar la ejecución del programa se oprime esta misma tecla R/S (entendiéndose que ahora el switch está en RUN). Con esta misma tecla utilizando el prefijo amarillo f tenemos f PAUSE (PAUSA). Operando ésta dentro del programa (con el switch en PRGM) nos muestra el resultado de la operación anterior por 0.7 seg. Se puede oprimir varias veces con el objeto de visualizar mejor este resultado. Esta tecla tiene la ventaja de mostrarnos algún resultado secundario durante corto tiempo sin tener nosotros que utilizar la tecla R/S dentro del programa. Con esta misma tecla y el prefijo azul g tenemos otra operación de programa útil sobre todo cuando se está implementando el programa definitivo, es la operación g NOP (NO OPERATING), la cual ocupa un lugar de memoria de programa sin ninguna operación, es decir ese paso queda nulo.

La característica quizá más importante de la capacidad de

programación de la calculadora HP-25 es poder que tiene para ejecutar transferencias condicionales e incondicionales.

La transferencia condicional primero "pregunta" y después transfiere.

Las "preguntas" son las siguientes:

f  $X < Y$  ¿es 'x' menor que 'y'?

Esta operación compara la cantidad existente en la memoria operativa "X" (pantalla) con la "Y". Si la comparación resulta verdadera el programa sigue su orden normal, si resulta falsa el programa salta la operación del paso inmediato subsecuente. Esta característica por lo general se utiliza combinada, pues el paso subsecuente se antoja que sea una transferencia incondicional así pues si la comparación resulta verdadera la ejecución del programa seguirá su curso normal, si no, la ejecución se transfiere a otra parte del programa.

Para facilitar al máximo esta manera de operación la máquina tiene 3 "preguntas", comparables a las transferencias de las computadoras mayores del lenguaje FORTRAN (IF) que son, la anterior y:

f  $X \geq Y$  ¿es "X" mayor o igual a "Y"?

f  $X \neq Y$  ¿es "X" diferente de "Y"?

f  $X = Y$  ¿es "X" igual a "Y"?

9  $X < 0$  ¿es "X" menor que cero? o sea negativa

9  $X \geq 0$  ¿es "X" mayor o igual a cero? positiva

9  $X \neq 0$  ¿es "X" diferente de cero?

9  $X = 0$  ¿es "X" igual a cero?

NOTA: "X" se refiere siempre a la cantidad en la memoria operativa X o sea en la pantalla y

"Y" se refiere siempre a la cantidad en la memoria operativa "Y".

Con ésto, hemos dado una breve hojeda a todas las mini-computadoras o calculadoras de mano y a una de ellas en especial, la HEWLETT PACKARD 25; ahora se antoja llevar todo esto a la práctica. Para esto veremos 3 casos típicos de la TOPOGRAFIA y sus resoluciones por medio de la HP 25. Es interesante además comparar los tiempos de resolución de dichos problemas así como las precisiones deseables.

Veamos primero el caso más típico de la Topografía

Cálculo de una poligonal

El programa implementado necesitará como datos la orientación de cada uno de los lados de la poligonal así como sus longitudes como resultados tendremos las proyecciones de los lados sobre los ejes de referencia sucesivamente, y la máquina ira almacenando la suma algebraica de todas las proyecciones de los lados sobre estos ejes así como la suma de las longitudes de los lados. Esto es con el objeto de obtener así el error existente en las proyecciones para proseguir con el cálculo de la precisión y de las correcciones pertinentes. Cabe aclarar que el operador tendrá una tabla en la que anotará las proyecciones correspondientes a cada lado de la poligonal. Posteriormente introducirá a la máquina estas proyecciones así como la longitud del lado para que la máquina calcule las coordenadas en las proyecciones corregidas.

Cálculo de las coordenadas de las radiaciones

Este es un programa muy útil pues nos permite conocer las coordenadas de todos los puntos radiados con fines de cálculo posterior, como veremos más adelante.

El operador solo introducirá el rumbo o el azimuth (según el programa) y la distancia de dicha radiación, tendrá que almacenar anteriormente a esto las coordenadas del punto de origen de las radiaciones.

#### Calculo de azimuths de los lados de una poligonal

Este programa es muy práctico por el considerable ahorro de tiempo que representa. Solo introducimos el azimuth anterior y el ángulo a la derecha, ya sea interno o externo y tendremos el nuevo azimuth, nuevamente solo introducimos el ángulo a la derecha y tenemos el nuevo azimuth y así sucesivamente.

#### Cálculo del área por medio de coordenadas

En este programa solo se almacena primero el número de parejas de coordenadas en una memoria. Se van introduciendo las coordenadas de 2 en dos y la máquina se encarga de efectuar los productos cruzados para obtener el área.

#### Cálculo de distancia y azimuth entre 2 puntos de coordenadas conocidas

Este programa, muy útil sobre todo para cálculo de fraccionamientos nos permite conocer por medio de coordenadas las distancias y orientación entre 2 puntos, con solo introducir las 4 coordenadas en la calculadora tenemos uno por azimuths y otro por rumbos.

#### Cálculo de una curva circular simple

Estos son una serie de programas que nos permite conocer los parámetros de una curva teniendo diferentes datos.

Así podemos tener  $\Delta$ , ST y Ci e ignorar las demás, o tener  $\Delta$ , R y Ci e ignorar el resto, etc.

#### Cálculo del azimuth astronómico

Con este programa y una serie de observaciones, así como el ANUARIO y un reloj se puede conocer el azimuth de una línea.



DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE TOPOGRAFIA APLICADA A LA  
CONSTRUCCION ( DEL 18 AL 23 DE ABRIL DE 1977 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
1. ING. ISAIAS AGUILAR MARTINEZ Lago Caneguin No. 101 Col. Argentina México 17, D. F. Tel: 5-27-65-59	CIA. DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A. Tlaloc No. 90-1er. Piso México, D. F.
2. ING. GUSTAVO JOEL BENCOMO GOMEZ Calz. l. Zaragoza 1046 Edif. "A" Departamento 201 Patitlan, D. F. Tel: 5-58-64-53	INDECO México, D. F.
3. JOSE MANUEL CORREA GONZALEZ Sur 122 No. 2707-2 Col. V. de Cortes México 13, D. F.	SECRETARIA DE ASENTAMIENTO HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS Av. Universidad y Xola México, D. F.
4. ING. MARIO JORGE CHAVEZ FIGUEROA Av. del Taller Retorno 26 No. 21 Col. Jardín Balbuena México 9, D. F. Tel: 5-52-61-82	BUFETE INDUSTRIAL DISEÑOS Y PROYEC- TOS, S. A. Tolstoi No. 22 México, D. F.
5. ING. J. DONATO GARCIA VIRUES Aguascalientes No. 34-401 Col. Roma Sur México 7, D. F. Tel: 5-64-70-85	COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD Río Atoyac No. 11 P. B. México, D. F.
6. FRANCISCO NICOLAS JIMENEZ CASTRO México, D. F.	SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS México, D. F.
7. BENJAMIN LANDEROS OLGUIN Josefa Ortiz de Domínguez No. 605 Sur Toluca, México Tel: 5-71-59	UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MEXICO Unidad Coatepec Toluca, México

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE TOPOGRAFIA APLICADA A LA  
CONSTRUCCION ( DEL 18 AL 23 DE ABRIL DE 1977 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
8. OSCAR LIMA MORALES Camino Sta. Teresa 277-6 Villa Olimpica México 22, D. F. Tel: 5-73-60-10	INDECO Niños Héroe No. 139 México 1, D. F.
9. SALVADOR LUPEZ DE AVILA Plan de Ayala No. 166 P. E. Calles México 17, D. F. Tel: 5-47-23-34	
10. ING. ALFONSO LOPEZ ORDOÑEZ Azores No. 201-4 Col. Portales México 13, D. F. Tel: 6-72-44-84	SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANA- NOS Y OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México, D. F.
11. ING. JOSE ROBERTO LUGO SANTANA Morelos No. 25 Flores Magon Oax.	SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANA- NOS Y OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad
12. JOSE LUIS MARTINEZ BARRERA Moctezuma No. 188 Ocotlán, Jal. Tel: 2-04-18	SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANA- NOS Y OBRAS PUBLICAS Xola y Av. Universidad México, D. F.
13. ING. MANUEL ALFONSO MEDINA FLORES I. Allende 85 Navolato, Sinaloa	
14. ING. FELIPE MENDOZA CASTILLO Bocanegra No. 55 San Alvaro México 17, D. F. Tel: 5-71-24-28	OBRAS HIDRAULICAS DEPARTAMENTO CENTRAL Yungue No. 33 México, D. F.
15. ING. AGUSTIN MORALES RAMIREZ Cd. Tlatelolco Edif. Leandro Valle "B" 206 Col. Guerrero México 3, D. F. Tel: 5-83-97-83	OBRAS HIDRAULICAS DEPARTAMENTO CENTRAL México, D. F.

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO DE TOPOGRAFIA APLICADA A LA  
CONSTRUCCION ( DEL 18 AL 23 DE ABRIL DE 1977 )

<u>NOMBRE Y DIRECCION</u>	<u>EMPRESA Y DIRECCION</u>
16. ING. MANUEL ORTIZ ESPEJEL Auriga No. 21 Col. Prado Churubusco México 13, D. F. Tel: 5-81-06-93	CONSTRUCTORA EDISON, S. A. Paseo de la Reforma No. 444-503 México, D. F.
17. ING. HONORIO RIVERA MOCTEZUMA Lago Tana No. 66 Col. Torre Blanca México, D. F.	CENTRO DE EDUCACION CONTINUA Tacuba No. 5-1er. Piso México, D. F.
18. ING. BERNARDINO SILVA DE LA CRUZ Canton No. 5 Col. Romero Rubio México 9, D. F. Tel: 7-89-25-15	CUAUTITLAN-IZCALLI O.D.E.M. Cd. Cuautitlán Izcalli Estado de México
19. ARMANDO SOTO MORALES Calle 20 No. 5002 Col. Dale Chihuahua, Chih.	INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR Calle Mina No. 1000 Chihuahua, Chih.
20. MARIANO TIRADO NAVARRO Mar del Japon 26 Bis Col. Popotla México 17, D. F. Tel: 5-27-04-38	GRUPO CONSULTOR Y CONSTRUCTOR, S.A. Bahía de Sta. Barbara 158-103 México, D. F.
21. ING. CARLOS HUMBERTO TUNGUI T. Av. Río Mayo No. 25 Col. Real del Moral México 13, D. F.	I.P.E.S. A. CONSULTORES San Lorenzo 153-6o. Piso México, D. F.
22. EDUARDO VALLEJO CONTRERAS Ret. A. Echanove No. 3 Unidad C.T.M. México 14, D. F. Tel: 7-81-45-58	CONSTRUCCIONES SAGO, S. A. Berlin 31-3er. Piso México, D. F.
23. HELIODORO VENCES V. Norte 87-B No. 86 Col. Clavería México 16, D. F. Tel: 5-27-23-84	CENTRO DE EDUCACION CONTINUA Tacuba No. 5-1er. Piso México 1, D. F.