

6
2ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



TRIANGULACION TOPOGRAFICA PARA DESLINDE DE UN LOTE DE CIA. MINERA AUTLAN

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA
P R E S E N T A
PORFIRIO MENDEZ GONZALEZ

MEXICO, D. F.

1992

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

CAPITULO	Pág.
I INTRODUCCION	1
II GENERALIDADES	3
II.1 Sistemas de Triangulación	5
II.2 Reconocimiento	7
II.3 Proyecto	9
II.4 Rigidez de Figuras	12
III MEDICION DE LA BASE Y DE LOS ANGULOS	19
III.1 Medida de la Base	20
III.2 Medida de los Angulos	35
IV ORIENTACION ASTRONOMICIA	41
IV.1 Método de Distancias Zenitales del Sol	41
IV.2 Correcciones que deben aplicarse a las Observaciones Astronómicas	45
IV.2.1 Corrección por Refracción	45
IV.2.2 Corrección por Paralaje	47
IV.3 Procedimiento de Observaciones al Sol para Determinar el Azimut de una Línea	47
V COMPENSACION DE LA FIGURA	54



CAPITULO	Pág.
V.1	Método de Aproximaciones Sucesivas 55
V.1.1	Condiciones de Angulos 55
V.1.2	Condiciones de Lados 57
V.2	Compensación de la Figura por el Método de --- Aproximaciones Sucesivas 63
VI	CALCULO DE COORDENADAS 65
VI.1	Cálculo de la Longitud de los Lados 65
VI.2	Cálculo de Rumbos 66
VI.3	Cálculo de Coordenadas 67
VI.4	Cálculo de Superficie 69
VI.5	Dibujo 69
VII	CONCLUSIONES 71
	BIBLIOGRAFIA 73



CAPITULO I.

INTRODUCCION

La triangulación topográfica es un procedimiento de la planimetría que consiste en cubrir la zona por levantar, utilizando figuras geométricas que pueden ser cadenas o redes de triángulos en los cuáles se hace la medición de uno de sus lados (llamado base), así como la de los ángulos de los triángulos.

Utilizando los ángulos y la longitud de la base, los triángulos se resuelven trigonométricamente, éste procedimiento está sujeto a ciertas ecuaciones de condición que ayudan a detectar errores en los datos de campo y a aumentar la posibilidad de obtener una buena precisión.

En el desempeño de mi trabajo normalmente la he utili-



zado para efectuar deslindes y subdivisiones de terrenos de cultivo de granos, sembradíos de árboles frutales, potreros y terrenos boscosos, en su mayoría de grandes dimensiones, - en los cuáles es difícil aplicar los métodos tradicionales.

Este método difiere del de poligonales, pues no se miden todos los lados, sino que se hace el levantamiento por medio de triángulos ligados entre sí. Sin embargo es posible levantar poligonales con una precisión comparable a la de una triangulación, pero casi siempre son menos económicas que éstas, ya que llevan mayor tiempo en realizarse.

Mi preocupación principal desde un principio fué la de simplificar el trabajo y a la vez obtener una alta precisión. La triangulación topográfica llenaba los requisitos para -- efectuar este tipo de trabajo, por ello escogí este trabajo como tema de tesis.

El campo de aplicación de mi carrera, ha sido principalmente en la zona serrano costera de la parte central del estado de Veracruz y parte del estado de Puebla, en donde ocasionalmente es difícil el acceso para vehículos automotores y solo es posible llegar a lomo de mula o a pie.

Cabe hacer mención que el tipo de personas con las que me he encontrado son sencillas y francas, lo cuál facilita y hace agradable en buena medida el desempeño del trabajo - en ésta rama de la ingeniería, además de propiciar la convivencia que en muchas ocasiones genera amistades perdurables.



CAPITULO II.

GENERALIDADES

La triangulación puede ser de dos clases: Geodésica y Topográfica.

TRIANGULACION GEODESICA.- Es en la que se toma en -- cuenta la forma real de la tierra; se hacen observaciones astronómicas y se determinan las posiciones geográficas -- de los vértices. La longitud de sus lados puede ser entre los 15 y 200 Km. si es de primer orden y de 10 a 40 Km si es de segundo orden; y la longitud de la base no debe ser menor de 5 Km.

TRIANGULACION TOPOGRAFICA.- En ésta se considera a la tierra plana, ya que las longitudes de sus lados no -- exceden los 10 Km. y la base es menor de 2 Km.



Categoría	Longitud máxima de lados	Error medio angular en el cierre de los triángulos	Error lineal	Presición en la medida de la base
1er orden	15 a 200 Km	1"	$\frac{1}{25\ 000}$	$\frac{1}{1\ 000\ 000}$
2a. orden	10 a 40 Km	3"	$\frac{1}{10\ 000}$	$\frac{1}{500\ 000}$
3a. orden	1.5 a 10 Km	5"	$\frac{1}{5\ 000}$	$\frac{1}{200\ 000}$

En las triangulaciones se debe procurar que la formación de triángulos se acerque lo más posible a un triángulo equilátero; ésto es, debido a que en los cálculos se emplea la función trigonométrica del Seno, cuyos valores cambian notablemente cuando los ángulos se acercan a 0° ó a 180°. Un error pequeño de observación en un ángulo próximo a éstos valores produce una diferencia relativamente grande en el cálculo de una posición.

Recíprocamente el Seno de ángulos cercanos a 90° cambia muy lentamente, por lo tanto un pequeño error de observación causa poco cambio en la posición calculada. En general, los ángulos próximos a 90° son ideales si no se incluyen en los cálculos de ángulos menores de 30° o mayores de 150°.



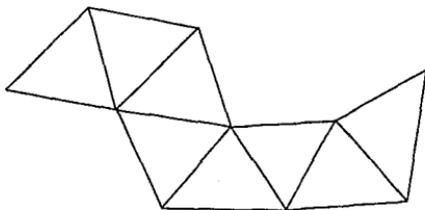
En los trabajos de precisión se debe de considerar la rigidez de las figuras para compararlas entre sí y seleccionar las que más se ajusten al propósito que se sigue.

II.1 SISTEMAS DE TRIANGULACION.

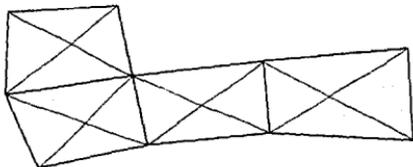
Existen tres sistemas de triangulación de acuerdo a las características del terreno y la precisión requerida en el trabajo: Cadena de Triángulos, Cadena de Cuadriláteros y Cadena de Polígonos.

a).- Cadena de Triángulos; es el sistema más sencillo y se puede emplear en aquellos casos en que no se requiera gran precisión. En una cadena de triángulos solo hay la -- condición de que la suma de los tres ángulos de cada triángulo debe ser igual a 180° . Los ángulos deben ajustarse antes de calcular las longitudes de los lados.

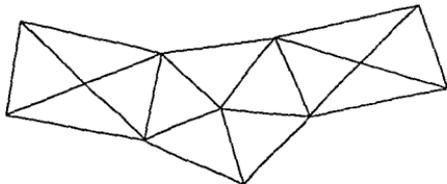
En éste sistema solo hay un camino para calcular las longitudes de los lados de toda la cadena, (ver fig.)



b).- Cadena de Cuadriláteros: son los más comunes, se emplean en el trazo de países o estados y en levantamientos a lo largo de los ríos. Los ángulos medidos dan valores para cuatro triángulos en cada uno de los cuáles la suma de los ángulos debe ser igual a 180° . Además tiene la alternativa de poder calcular la longitud de sus lados por diferentes métodos (ver fig.)



c).- Cadena de Polígonos: son las más complicadas y se emplean generalmente en zonas metropolitanas. Un polígono con punto central se compone de un grupo de triángulos, estando la figura limitada por tres o más lados y teniendo en su interior una estación de triangulación con vértice común a todos los triángulos (ver fig.)



La suma de los ángulos medidos en cada triángulo del polígono debe ser igual a 180° , la suma de los ángulos al rededor del punto central deberá ser igual a 360° . Además la longitud de cada lado se puede calcular siguiendo dos caminos y los ángulos observados en cada polígono se ajustan de tal manera que se satisfagan las tres condiciones geométricas indicadas.

Las triangulaciones se dividen en tres clases: Primero, Segundo y Tercer Orden.

De acuerdo a la clasificación de triangulaciones, se puede considerar el trabajo empleado en nuestra triangulación como Topográfica de Tercer Orden.

Para el trabajo del tema de tesis y de acuerdo a la clasificación de triangulación, consideraremos la Topográfica o de Tercer Orden.

II.2 RECONOCIMIENTO

La etapa preliminar de cualquier triangulación es el reconocimiento del terreno, así como determinar los límites del predio que se va a levantar; para lo cual se requiere de la información de los propietarios y personas conocedoras de la región, así como la ubicación de los vértices.

Es muy importante planear cuidadosamente la ubicación de los vértices, ya que de las figuras adoptadas depende



la facilidad y rapidéz de las observaciones posteriores, - así como de la presición de los resultados.

Si se dispone de planos o mapas de la región es más - fácil escoger algunos puntos que sirvan para establecer -- los vértices. Preferentemente la ubicación de los vértices se fija en terreno firme y accesible; los lugares más adecuados son normalmente las cimas claras sin obstrucción o las azoteas de los edificios cuando la triangulación se -- efectúa dentro de la ciudad.

Para determinar los puntos mas convenientes es necesario visitar cada uno de los posibles vértices para poder desechar los que no reúnan ciertas condiciones. Nunca debe conformarse con la certidumbre vaga de que un punto es visible de otro, debemos ver con el Teodolito la señal del - vértice buscado con absoluta nitidéz.

Ya con los vértices definidos se hace la elección más conveniente para formar la cadena. Unos días empleados para llegar a un buen resultado puede economizar algunas semanas de trabajo efectivo.

Los visuales a los vértices que después resulten irrealizables acarrear graves consecuencias, sobre todo si éstos datos se descubren durante el desarrollo de las observaciones . Esto puede obligar al replanteo de todos ó algunos -- vértices con pérdida de tiempo y dinero.



II.3 PROYECTO

Una vez elaborado el anteproyecto y solucionados los problemas surgidos hasta ese momento, se procede al desarrollo del proyecto definitivo siguiendo los pasos siguientes:

a).- Elección de Vértices.

El proyecto se determina en gabinete y consiste en la elección de vértices que se designaron con anterioridad, - pasando a ser vértices definitivos de la triangulación.

b).- Monumentación de Vértices.

Se contrata una brigada destinada a la monumentación de los vértices, formada por un albañil y tres peones, llevando cada uno de ellos equipo y material necesario para la construcción de mojeneras en cada uno de los vértices.

Los monumentos que se utilizan en triangulaciones son de tres tipos:

1.- Subterráneo.

Mediante un pozo de un metro de profundidad y de 0.30 metros de diámetro, se vacía concreto y se le pone una varilla de 0.60 m. al centro. Este debe llevar a su vez un monumento superior a flor de tierra para poder localizarlo con el transcurso de los años.

2.- Externo.

Generalmente se utiliza cuando el terreno es rocoso, - consiste en hacer un barreno sobre una roca firme. El barre



no debe ser de una profundidad mínima de 0.50 m., en el --
cuál se incrusta una varilla para después rellenar de con-
creto y ésta quede bién ajustada. De ésta manera se deter-
mina el centro de la estación.

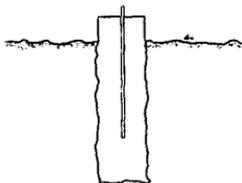
3.- Pilar de Concreto.

Consiste en un poste de mampostería con dimensiones -
de 1.20 m. de altura por 0.40 m. de ancho y en el centro -
de cada mojonera una placa con los datos necesarios para -
su identificación.

Cada mojonera o monumento, ya sea subterráneo o exter
no siempre lleva una mojonera testigo que sirve para iden-
tificar a la primera, ésta se construye a una distancia --
aproximada de 5.00 m., respecto a la mojonera del vértice.

Las medidas de la mojonera testigo son de 0.60 X 0.30
X 0.30 m. de ancho; ambas llevan los datos que le corres-
ponden en la triangulación.

Para nuestro trabajo en particular y dadas las caracte-
rísticas del terreno se realizaron monumentos en forma sub
terránea. (ver fig.)

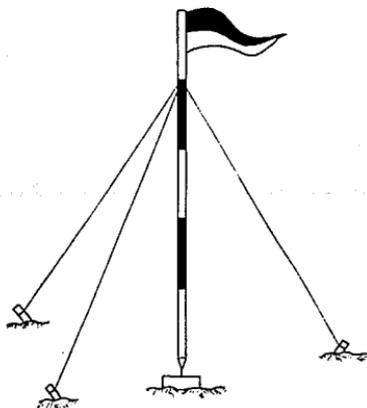


SEÑALES.

El tipo de señales más conveniente depende de la clase de trabajo, visibilidad y distancia.

Las señales pueden ser opacas y/o luminosas. En nuestra triangulación se usaron señales opacas, éstas fueron balizas de 3.00 m. de altura y dos pulgadas de diámetro y con una bandera en la parte superior.

Las balizas se sujetaron firmemente con tirantes de cable, perfectamente centradas sobre cada uno de los vértices (ver fig.)



II.4 RIGIDEZ DE FIGURAS

En un proyecto de triangulación el enlace de los puntos puede hacerse de varias maneras, la más acertada será la que corresponda a la estructuración más fuerte de figuras.

La mayor o menor rigidez de una figura se calcula por la fórmula:

$$R = \frac{Nd - Nc}{Nd} (dA^2 + dAdB + dB^2)$$

El valor menor que designamos por R1, corresponderá a la cadena de triángulos mejor configurados, y como R2 el resultado que se obtenga con la cadena menos bien configurada.

De la fórmula tenemos:

$$\frac{Nd - Nc}{Nd}$$

Factor figura

$$dA^2 + dAdB + dB^2$$

Factor forma

Para calcular la resistencia o rigidez de la figura se calcula independientemente el factor figura y el factor forma, para después efectuar el producto.



Factor Figura $\frac{Nd - Nc}{Nd}$ donde: $Nd = 2L - 2$

Nd es el número de direcciones calculables. Siendo L el número de líneas observadas; cada una de éstas se observa en dos sentidos, por lo que el número total de direcciones es $2L$.

Sin embargo por ser la base de la triangulación un elemento fijo, se descuentan sus direcciones recíprocas.

$$Nc = (n' - S' + 1) + (n - 2S' + 3)$$

donde:

Nc es el número de ecuaciones de condición

n' es el número de lados observados

S' es el número de vértices ocupados

n es el número total de lados

Factor Forma $(dA^2 + dAdB^2 + dB^2)$

donde:

dA son las diferencias logarítmicas por $1''$, expresadas en la sexta cifra decimal de los senos de los ángulos opuestos a los lados de partida de los triángulos.

dB son las diferencias logarítmicas por $1''$, expresadas en la sexta cifra decimal de los senos de los ángulos opuestos a los lados de llegada.

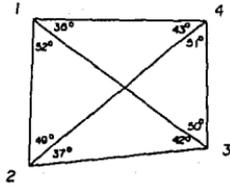


Tabla del factor ($dA^2 + dAdB + dB^2$) para el cálculo de R.

	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°	24°	26°	28°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°		
10	420	359																							
12	359	295	253																						
14	295	253	214	187																					
16	253	214	187	162	143																				
18	214	187	162	143	113																				
20	187	162	143	113	100	91																			
22	162	143	113	100	91	81	74																		
24	143	113	100	91	81	74	67	61																	
26	113	100	91	81	74	67	61	56	51																
28	100	91	81	74	67	61	56	51	47	43															
30	91	81	74	67	61	56	51	47	43	40	33														
35	81	74	67	61	56	51	47	43	40	33	27	23													
40	74	67	61	56	51	47	43	40	33	27	23	19	16												
45	67	61	56	51	47	43	40	33	27	23	19	16	13	11											
50	61	56	51	47	43	40	33	27	23	19	16	13	11	9	8										
55	56	51	47	43	40	33	27	23	19	16	13	11	9	8	7	6									
60	51	47	43	40	33	27	23	19	16	13	11	9	8	7	6	5	4								
65	47	43	40	33	27	23	19	16	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2							
70	43	40	33	27	23	19	16	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1						
75	40	33	27	23	19	16	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1					
80	33	27	23	19	16	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0				
85	27	23	19	16	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0			
90	23	19	16	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0		
95	19	16	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0		
100	16	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
105	13	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
110	11	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
115	9	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
120	8	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
125	7	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
130	6	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
135	5	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
140	4	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
145	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
150	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
155	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
160	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
165	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
170	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		



Ejemplo de Rigidez de Figura :



TRIANGULO	ANGULOS		$(dA^2 + dAdB + dB^2)$	$\frac{Nd - Nc}{Nd}$	R_1	R_2
	ENTRADA	SALIDA				
123	42°	86°	5.53	0.6		8.04
134	94°	36°	7.87			
			<u>13.40</u>			

124	43°	88°	5.29	0.6	7.72	
243	92°	37°	7.57			
			<u>12.86</u>			



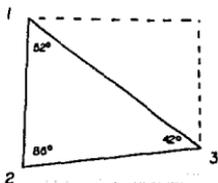
Operaciones para determinar el Factor Figura.

$$N_d = 2 (6) - 2 = 10$$

$$N_c = (6 - 4 + 1) + (6 - 2 (4) + 3) = 4$$

$$\frac{N_d - N_c}{N_d} = \frac{10 - 4}{10} = \frac{6}{10} = 0.6$$

Operaciones para determinar el Factor Forma.



$$\text{Log Sen } 42^\circ 00' 01'' = 9.8255132$$

$$\text{log sen } 42^\circ 00' 00'' = 9.8255109$$

$$dA' = \underline{\quad 2.3 \quad}$$

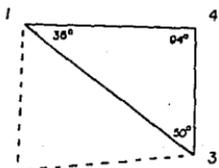
$$\text{Log Sen } 86^\circ 00' 01'' = 0.9989409$$

$$\text{log sen } 86^\circ 00' 00'' = 9.9989408$$

$$dB = \underline{\quad 0.1 \quad}$$

$$2.3^2 + (2.3)(0.1) + (0.1)^2 = 5.53$$





$$\text{Log Sen } 94^{\circ} 00' 01'' = 9.9989406$$

$$\text{log sen } 94^{\circ} 00' 00'' = 9.9989408$$

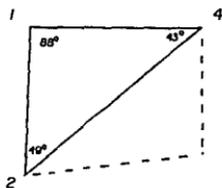
$$dA = \underline{\quad -0.2 \quad}$$

$$\text{Log Sen } 36^{\circ} 00' 01'' = 9.7692216$$

$$\text{log sen } 36^{\circ} 00' 00'' = 9.7692187$$

$$dB = \underline{\quad 2.9 \quad}$$

$$(-0.2)^2 + (-0.2)(2.9) + (2.9)^2 = 7.87$$



$$\text{Log Sen } 43^{\circ} 00' 01'' = 9.8337856$$

$$\text{log sen } 43^{\circ} 00' 00'' = 9.8337833$$

$$dA = \underline{\quad 2.3 \quad}$$

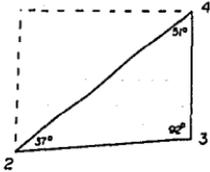
$$\text{Log Sen } 88^{\circ} 00' 01'' = 9.9997354$$

$$\text{log sen } 88^{\circ} 00' 00'' = 9.9997354$$

$$dB = \underline{\quad 0.0 \quad}$$

$$(2.3)^2 + (2.3)(0) + (0)^2 = 5.29$$





$$\text{Log Sen } 92^{\circ} 00' 01'' = 9.9997353$$

$$\text{log sen } 92^{\circ} 00' 00'' = \underline{9.9997354}$$

$$dA = \quad -0.1$$

$$\text{Log Sen } 37^{\circ} 00' 01'' = 9.7794658$$

$$\text{log sen } 37^{\circ} 00' 00'' = \underline{9.7794630}$$

$$dB = \quad 2.8$$

$$(-0.1)^2 + (-0.1)(2.8) + (2.8)^2 = 7.57$$



CAPITULO III.

MEDICION DE LA BASE Y DE LOS ANGULOS

La medida de la base se realiza con el fin de obtener la distancia de uno de los lados de la figura. A partir de ésta y con los ángulos medidos, mediante fórmulas trigonométricas, se encuentran las demás distancias de los lados de la figura.

En el siglo pasado, para la medida de la base se utilizaban reglas de madera colocadas sobre trípodes especiales que se alternaban sucesivamente para ponerlas en contacto. Este procedimiento era muy lento y el instrumental utilizado muy voluminoso, no obstante era el único método por el cuál podía obtenerse la longitud de la base.

A principios del presente siglo se empezó a utilizar



la cinta metálica para la medida de la base, obteniendo mejores resultados que con las reglas de madera.

III.1 MEDIDA DE LA BASE.

En la actualidad la medida de la base se puede realizar de dos maneras:

a).- Directamente.

En las medidas directas de la base de una triangulación se utiliza el longímetro (cinta), éste se debe comparar con un patrón para conocer su longitud a una determinada temperatura y tensión.

Generalmente se utilizan cintas de acero invar, cuyo coeficiente de dilatación es menor que el acero. El coeficiente de dilatación del longímetro invar es de 0.000 0008 a 0.000 0006 según las proporciones de liga del acero, el níquel y el carbono.

En la actualidad estos longímetros vienen graduados - en toda su extensión para poderse leer con mayor precisión.

El equipo empleado para la medida de la base de manera directa es: Tránsito, Nivel fijo, Longímetro invar, Dinamómetro, estacas de 1m. de altura y 0.12 X 0.12m. de sección, tarjetas de latón y clavos.

En operaciones de campo se alinean las estacas con el



Tránsito, procurando siempre que la distancia entre ellas sea menor a la longitud de la cinta empleada. Las estacas deben tener una altura de 0.50m. del piso para arriba, para evitar que influya el calor del suelo sobre el termómetro que va sujeto a la cinta.

Con el Nivel fijo se nivela la base con la finalidad de conocer las elevaciones de cada una de las cabezas de las estacas y así poder calcular el desnivel de cada una con respecto a la otra y corregir por reducción al horizonte.

Una vez medida y nivelada la base, se le hacen a cada tramo medido las siguientes correcciones:

- Corrección por Temperatura
- " " Tensión
- " " Catenaria
- " " Desnivel
- " " Reducción al nivel del mar
- " " Alineamiento

b).- Indirectamente.

En el desarrollo de éste trabajo, la obtención de la distancia para la base de la triangulación se realizó de manera indirecta.

Actualmente se han desarrollado aparatos electrónicos con el propósito de medir distancias por procedimientos in



directos, fundados en principios ópticos y electrónicos. Estos instrumentos nos han aportado gran economía de tiempo y trabajo ya que, se pueden operar en cualquier tipo de terreno.

Los aparatos electrónicos determinan distancias con base en el tiempo que requiere la energía radiante electromagnética para viajar de un extremo al otro de una línea y regresar al primero.

El procedimiento para medir distancias electrónicamente consiste en instalar el instrumento emisor de la señal en uno de los extremos de la línea cuya longitud se desea conocer y un reflector en el otro extremo. El emisor transmite al reflector una señal portadora de energía electromagnética que regresa desde el reflector, por lo que su recorrido es igual al doble de la distancia.

La aproximación de éstos aparatos es muy buena, pudiendo ser de: $\frac{1}{10\ 000}$ a $\frac{1}{500\ 000}$. En grandes distancias tiene mayor aplicación y mejor precisión.

El geodímetro es el primer aparato de éste tipo en inventarse; utiliza ondas luminosas y su principio está basado en la determinación indirecta del tiempo necesario para que un haz luminoso recorra la distancia entre dos estaciones. Necesariamente la visual entre dos estaciones deberá estar libre de obstáculos, y no se pueden hacer observaciones si las condiciones climatológicas no permiten la inter



visibilidad entre dos estaciones.

El Telurómetro, instrumento que transmite ondas de radio ultracortas (microondas), consta de dos instrumentos - idénticos y cada uno de ellos se instala en los extremos - de la base que se va a medir.

Dependiendo de su alcance, los telémetros empleados - para medidas de distancias por métodos electrónicos se cla sifican en tres grupos que son: a).- de Alcance Corto, -- b).- Alcance Mediano y c).- Alcance Largo.

a).- Los instrumentos EDM de Corto Alcance son gene-- ralmente los que usan luz infrarroja y llegan a tener has-- ta 5 km. de alcance. Los modelos más recientes son de lec-- tura digital, poco consumo de energía y portátiles. Algunos tienen adaptado un goniómetro para la medición de ángulos.

El manejo de éste tipo de instrumentos facilita el -- procedimiento de medición y puede ser aprendido en un tiem-- po muy corto.

b).- Los instrumentos de Alcance Medio son aquéllos - que miden distancias hasta de 16 km. Estos instrumentos -- usan varios tipos de ondas de transmisión como: Luz Lasser, Luz de Tungsteno, Luz de Mercurio y Microondas. La mayor - parte de los instrumentos de éste tipo usan luz Lasser como onda de transmisión.



c).- Los de Largo Alcance son aquéllos que miden distancias mayores de 16 km. Algunos utilizan luz como onda - transmisora y pueden medir distancias hasta de 60 km, como el Geodímetro y los nuevos instrumentos lasser. El Telurómetro y el Electrotape utilizan microondas y llegan a tener un alcance mayor.

A continuación se menciona el principio de medición - de los instrumentos EDM que usan ondas de luz. Los instrumentos EDM miden distancias por comparación de una línea - de longitud desconocida con la longitud de onda conocida - de la energía electromagnética modulada con la que trabajan

La energía electromagnética se propaga a través de la atmósfera de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V = f\lambda \rightarrow \lambda = \frac{V}{f}$$

Donde:

V= velocidad electromagnética en metros por - segundo.

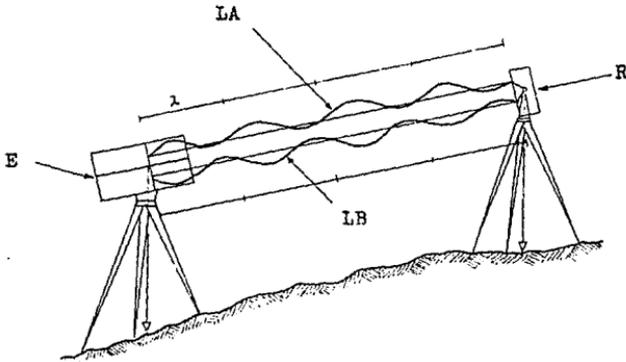
f= frecuencia de modulación de la energía en Hertz.

λ = longitud de onda en metros.

La frecuencia la podemos controlar con precisión, pero la velocidad varía con la presión, temperatura y humedad atmosféricas. Por lo tanto, para lograr medidas exactas con el EDM es necesario conocer los factores atmosféricos para hacer las correcciones correspondientes.



A continuación se ilustra un procedimiento para medir distancias electrónicamente.



E = emisor

R = reflector

LA = energía electromagnética modulada

LB = energía regresada



El equipo EDM se centra sobre la estación A, y el reflector sobre la estación B. El emisor transmite la señal portadora de energía electromagnética a la cuál se ha superpuesto una frecuencia de referencia (modulación). La señal regresa desde el reflector que se localiza en la estación B hasta el emisor, por lo que el recorrido es igual al doble de la distancia inclinada AB.

Por ejemplo, si las estaciones A y B están separadas por doce semilongitudes de onda más una fracción de onda - que puede convertirse en la distancia inclinada AB, el instrumento indica la parte fraccionaria y no cuentan los ciclos por los que ha pasado la energía que regresa después de su doble recorrido. Sin embargo ésta ambigüedad se elimina transmitiendo energía de menor frecuencia y mayor -- longitud de onda.

El alcance de éstos aparatos depende de la fuente de radiación; ésta puede ser radiación Infrarroja o de rayos laser. El principio de medición de los instrumentos EDM - que utilizan microondas se basa en que generan ondas electromagnéticas de frecuencia extremadamente alta.

La longitud de onda modulada está dada por :

$$\lambda = \frac{V_m}{f}$$

Donde :

λ = longitud de onda de modulación en metros



V_m = velocidad de la microonda a través de la atmósfera en metros por segundo

f = frecuencia de modulación en Hertz

El valor de V_m depende de la temperatura, presión atmosférica y la presión parcial del vapor de agua en la atmósfera. En la medición con instrumentos de microondas se necesitan dos instrumentos idénticos, cada uno de ellos se instala en uno de los extremos de la línea que se va a medir, éstos son conocidos como: Instrumento Maestro e Instrumento Remoto, éste funcionará como reflector de la onda generada por la estación maestra.

Es necesario que la visual entre los dos instrumentos esté libre de obstáculos, pero no es necesaria la intervisibilidad entre ellos. Por lo tanto pueden hacerse observaciones en la obscuridad, en la niebla o bajo lluvia ligera.

Cualquiera de los dos instrumentos puede ser operado como Maestro o como Remoto, cambiando simplemente la posición del interruptor; por lo tanto se pueden alternar para poder tomar dos lecturas dándonos medidas independientes para su comprobación.

El operador de la estación maestra selecciona una frecuencia de modulación y transmite microondas hacia el instrumento Remoto (los operadores se coordinan por medio del radio teléfono integrado en los mismos aparatos). El operador remoto coloca su aparato en la frecuencia dada por el



operador de la estación maestra.

El medidor de fase en la estación maestra da la diferencia de fase entre las ondas emitida y recibida en forma digital. Esto nos da la fracción de longitud de onda, por lo cuál la doble trayectoria de la estación maestra a la remota se desvía un número entero de longitud de onda. Así encontramos la distancia deseada.

RELACION DE ALGUNOS INSTRUMENTOS EDM.

Fabric.	Instrumento	Onda	Alcance(m)	Peso(Kg)
1	Geodímetro 700	Lasser	500	14
1	Geodímetro 12(a)	Infrarrojo	1 600	3
1	Geodímetro 76	Lasser	3 000	8
1	Geodímetro 6NL	Lasser	25 000	15
1	Geodímetro 8	Lasser	60 000	23
2	Distomat DI3 (a,c)	Infrarrojo	900	7
2	Distomat DI35(a,c)	Infrarrojo	1 500	7
2	Distomat DI10(a)	Infrarrojo	2 000	18
2	Distomat DI50	Microondas	150 000	19
3	Eldi 3	Infrarrojo	1 500	4
3	Eldi 2	Infrarrojo	3 000	4
3	Eldi 1	Infrarrojo	5 000	8
4	HP-3810(b,c)	Infrarrojo	1 600	12
4	HP-3805	Infrarrojo	1 600	8
4	HP-3800	Infrarrojo	3 000	8
5	Micro Ranger(a)	Infrarrojo	1 600	6
5	Ranger I	Lasser	4 000	16
5	Ranger II	Lasser	12 000	16



Fabric.	Instrumento	Onda	Alcance(m)	Peso(Kg)
5	Ranger III	Lasser	12 000	16
5	Ranger IV	Lasser	12 800	16
5	Rangemaster	Lasser	60 000	30
6	DM Cubitape	Infrarrojo	2 000	7
6	DM Electrotape	Microondas	50 000	12
7	MA-100	Infrarrojo	2 000	14
7	CD6 (a)	Infrarrojo	2 000	4
7	CA-1000	Microondas	30 000	2
7	MRA-3	Microondas	80 000	2
8	Beetle 500(a)	Infrarrojo	500	3
9	SDM	Infrarrojo	1 600	17
9	SDMIC	Infrarrojo	1 600	6

- (a): EDM unidad montada sobre un teodolito
(b): Círculo horizontal y vertical integrados en el instrumento EDM
(c): Integrado al instrumento el reductor automático de distancia horizontal y diferencia de elevación.
(d): Instrumento para perforar cinta por computadora

FABRICANTES :

- 1.- AGA, Suecia
- 2.- Wild, Heerbrug Suiza
- 3.- Zeiss, Oberkochen, Alemania
- 4.- Hewlett Packard, U.S.A
- 5.- Keuffel & Esser, U.S.A
- 6.- Cubic Corporation, U.S.A
- 7.- Tellurometer (plessey) Corp. U.S.A
- 8.- Presicion International, U.S.A
- 9.- Sokkisha, Tokio, Japon



La medida de la base en la realización de éste trabajo se hizo en forma indirecta. El instrumento utilizado -- fué el Distomat DI10, que va montado sobre un Teodolito -- T-2, ámbos marca Wild.

La medida de la base se efectuó de la manera siguiente: el teodolito con el distanciómetro se instaló en uno de los vértices de la base por medir, en el otro vértice se instalaron los prismas que nos sirvieron como receptores de los rayos emitidos para que a su vez lo retransmitieran al vértice de origen.

Los datos obtenidos durante la medición fueron los siguientes :

Temperatura	$t = 18^{\circ} \text{ C}$
Presión atmosférica	$p = 610 \text{ mmHg}$
Altura sobre el nivel del mar del reflector.	$H_r = 1\ 850 \text{ m.}$
Lectura del círculo vertical en posición inversa del anteojo.	$A_{II} = 279^{\circ} 35' 19''$
Lectura de la distancia (sin corrección atmosférica)	$D = 910.32$
Distancia inclinada corregida	\bar{D}
Distancia horizontal a la altura del reflector.	D_H
Distancia horizontal al nivel del mar	D_0



TABLA I Corrección atmosférica AD_1 en milímetros en 100 metros de distancia medida, con argumentos t y p ó (H) .

TABLA II Reducción de la distancia oblicua AD_2 en metros por 100 m. de distancia oblicua, con argumento A_{II}

TABLA III Reducción al nivel del mar AD_3 en centímetros con los argumentos H_T y D_H .

OPERACIONES.

$$D = 910.320 \text{ m}$$

$$\text{De la tabla I (pág. 32)} \quad \frac{6 \text{ mm}}{100 \text{ m}} = \frac{AD_1}{910.320 \text{ m}} \quad AD_1 = + 0.055 \text{ m}$$
$$D = 910.375 \text{ m}$$

$$\text{De la tabla II (pág. 33)} \quad \frac{1.397 \text{ m}}{100 \text{ m}} = \frac{AD_2}{910.375 \text{ m}} \quad AD_2 = -12.718 \text{ m}$$
$$D_H = 897.657 \text{ m}$$

$$\text{De la tabla III (pág. 34)} \quad AD_3 = - 0.026 \text{ m}$$
$$D_0 = 897.631 \text{ m}$$

Finalmente la distancia obtenida del vértice la Limonaria al vértice el Olmo, fué de 897.631 m.



Cabe mencionar que el distanci6metro electr6nico utilizado tiene un alcance de 2 000 m, un peso de 18 kg, y es transmisor de rayos de luz infrarroja.

T A B L A I

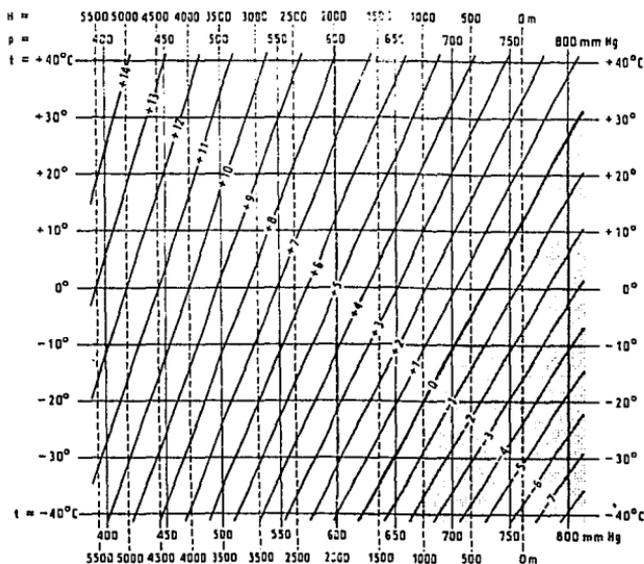
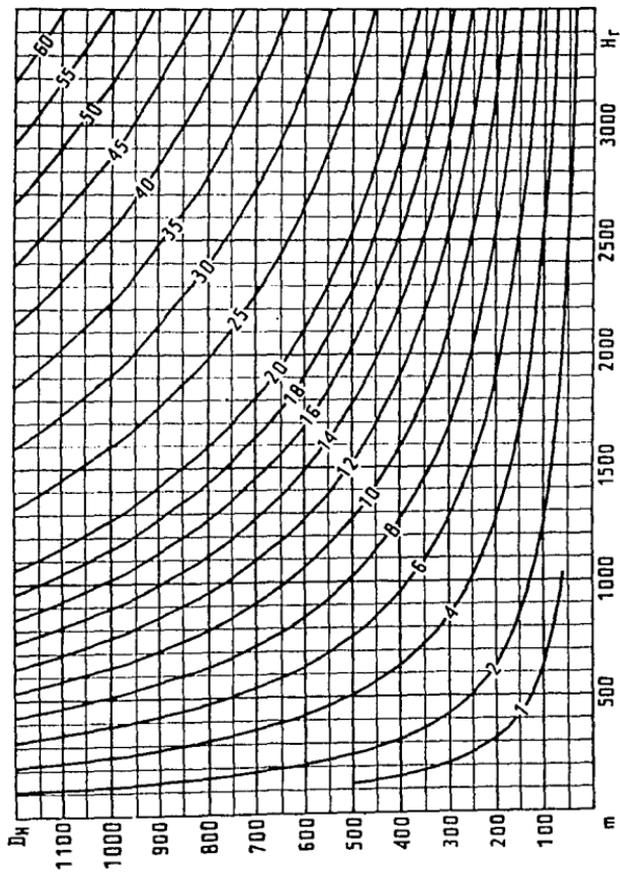


TABLA II

A11	0'	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'
277 a	0,745	0,749	0,752	0,756	0,760	0,763	0,767	0,770	0,774	0,778	0,781
277 b	0,281	0,285	0,289	0,292	0,296	0,300	0,303	0,307	0,311	0,314	0,318
277 c	0,818	0,822	0,825	0,829	0,833	0,837	0,840	0,844	0,848	0,852	0,856
277 d	0,856	0,859	0,863	0,867	0,871	0,875	0,878	0,882	0,886	0,890	0,894
277 e	0,894	0,898	0,902	0,906	0,909	0,913	0,917	0,921	0,925	0,929	0,933
277 f	0,933	0,937	0,941	0,945	0,949	0,953	0,957	0,961	0,965	0,969	0,973
278 a	0,973	0,977	0,981	0,985	0,989	0,994	0,998	1,002	1,006	1,010	1,014
278 b	1,014	1,018	1,022	1,027	1,031	1,035	1,039	1,043	1,047	1,052	1,056
278 c	1,056	1,060	1,064	1,069	1,073	1,077	1,081	1,086	1,090	1,094	1,099
278 d	1,099	1,103	1,107	1,111	1,116	1,120	1,124	1,129	1,133	1,137	1,142
278 e	1,142	1,146	1,151	1,155	1,159	1,164	1,168	1,173	1,177	1,182	1,186
278 f	1,186	1,191	1,195	1,200	1,204	1,209	1,213	1,218	1,222	1,227	1,231
279 a	1,231	1,236	1,240	1,245	1,249	1,254	1,259	1,263	1,268	1,273	1,277
279 b	1,277	1,282	1,286	1,291	1,296	1,300	1,305	1,310	1,314	1,319	1,324
279 c	1,324	1,329	1,333	1,338	1,343	1,348	1,352	1,357	1,362	1,367	1,371
279 d	1,371	1,376	1,381	1,386	1,391	1,396	1,400	1,405	1,410	1,415	1,420
279 e	1,420	1,425	1,430	1,435	1,439	1,444	1,449	1,454	1,459	1,464	1,469
279 f	1,469	1,474	1,479	1,484	1,489	1,494	1,499	1,504	1,509	1,514	1,519
280 a	1,519	1,524	1,529	1,534	1,539	1,545	1,550	1,555	1,560	1,565	1,570
280 b	1,570	1,575	1,580	1,586	1,591	1,596	1,601	1,606	1,611	1,617	1,622
280 c	1,622	1,627	1,632	1,638	1,643	1,648	1,653	1,659	1,664	1,669	1,675
280 d	1,675	1,680	1,685	1,690	1,696	1,701	1,706	1,712	1,717	1,723	1,728
280 e	1,728	1,733	1,739	1,744	1,750	1,755	1,760	1,766	1,771	1,777	1,782
280 f	1,782	1,788	1,793	1,799	1,804	1,810	1,815	1,821	1,826	1,832	1,837
281 a	1,837	1,843	1,848	1,854	1,860	1,865	1,871	1,876	1,882	1,888	1,893
281 b	1,893	1,899	1,904	1,910	1,916	1,921	1,927	1,933	1,939	1,944	1,950
281 c	1,950	1,956	1,961	1,967	1,973	1,979	1,984	1,990	1,996	2,002	2,008
281 d	2,008	2,013	2,019	2,025	2,031	2,037	2,042	2,048	2,054	2,060	2,066
281 e	2,066	2,072	2,078	2,084	2,090	2,095	2,101	2,107	2,113	2,119	2,125
281 f	2,125	2,131	2,137	2,143	2,149	2,155	2,161	2,167	2,173	2,179	2,185
282 a	2,185	2,191	2,197	2,203	2,209	2,216	2,222	2,228	2,234	2,240	2,246
282 b	2,246	2,252	2,258	2,264	2,271	2,277	2,283	2,289	2,295	2,302	2,308
282 c	2,308	2,314	2,320	2,327	2,333	2,339	2,345	2,352	2,358	2,364	2,370
282 d	2,370	2,377	2,383	2,389	2,396	2,402	2,408	2,415	2,421	2,427	2,434
282 e	2,434	2,440	2,447	2,453	2,459	2,466	2,472	2,479	2,485	2,492	2,498
282 f	2,498	2,504	2,511	2,517	2,524	2,530	2,537	2,543	2,550	2,556	2,563
283 a	2,563	2,570	2,576	2,583	2,589	2,596	2,602	2,609	2,616	2,622	2,629
283 b	2,629	2,635	2,642	2,649	2,655	2,662	2,669	2,675	2,682	2,689	2,696
283 c	2,696	2,702	2,709	2,716	2,722	2,729	2,736	2,743	2,749	2,756	2,763
283 d	2,763	2,770	2,777	2,783	2,790	2,797	2,804	2,811	2,818	2,824	2,831
283 e	2,831	2,838	2,845	2,852	2,859	2,866	2,873	2,880	2,887	2,894	2,900
283 f	2,900	2,907	2,914	2,921	2,928	2,935	2,942	2,949	2,956	2,963	2,970
	10'	9'	8'	7'	6'	5'	4'	3'	2'	1'	0'



TABLA III



III.2 MEDIDA DE LOS ANGULOS.

Para observar las señales opacas, los mejores días son los nublados o por la tarde en días soleados. Deben evitarse los días airosos y con neblina.

Es conveniente que el operador tenga a la mano el croquis o proyecto de triangulación para una mejor identificación de los vértices por observar.

La medida de los ángulos de una triangulación puede hacerse por alguno de los siguientes métodos :

- a).- Repeticiones
- b).- Direcciones o Reiteraciones

El primer método se emplea cuando se usan instrumentos de poca aproximación como los tránsitos de 20", 30" ó 1'. El segundo método se emplea cuando se usan instrumentos más precisos como los teodolitos de 10", 1" ó 0'1 de aproximación.

a).- Método de Repeticiones

Si se trata de medir un ángulo entre las estaciones A y B, (ver fig.) las observaciones se hacen de la siguiente manera :

1.- Se hace coincidir el índice del vernier con el centro del limbo, por medio del movimiento general se visa el punto A; ahí se fija dicho movimiento.

2.- Se afloja el movimiento particular y se visa el -



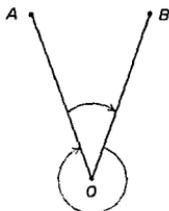
punto B. Se hace la lectura en el vernier para conocer el valor del ángulo A ó B.

3.- Luego con el movimiento general se vuelve a visar el punto A: se fija dicho movimiento y por medio del movimiento particular se visa el punto B (se toma la lectura), prosigue hasta completar una serie de cuatro a seis observaciones.

4.- Segunda serie; con el anteojo en posición inversa se opera como en la primera serie, pero en lugar de medir el ángulo de A hacia B, se mide el explemento; es decir, - el ángulo de B hacia A. El ángulo se repite el mismo número de veces que en la primera serie.

Al terminar cada serie se hace la lectura del vernier para obtener el ángulo A o B, se divide el número total de grados y minutos por el de repeticiones.

Al ángulo obtenido en la segunda serie se le restan -360° para obtener el ángulo buscado. El promedio obtenido en ambas series se adopta como definitivo.



b).- Método de Direcciones

Los ángulos obtenidos en la realización de éste trabajo se midieron con éste método; y se utilizó un Teodolito K&E de 10" de aproximación.

Se emplea éste método cuando hay varios vértices alrededor de una estación. Se parte de una dirección base y se leen los ángulos entre ésta y las otras direcciones y se regresa a la dirección base. Si no se obtienen 360° al completar la vuelta se reparte el error equitativamente entre los ángulos sin tomar en cuenta sus dimensiones. Este método economiza tiempo en la medida de los ángulos, pero puede haber errores en la lectura del micrómetro en cada dirección. (ver fig. pág. 39)

PRIMERA SERIE

I - EN POSICION DIRECTA

a)- Girando a la Derecha.

1.- Se hace coincidir el micrómetro en 0°, por medio del movimiento general se visa el punto A; ahí se fija dicho movimiento.

2.- Se afloja el movimiento particular, se visa el -- punto B y se toma la lectura.

3.- Se afloja el movimiento particular, se visa el -- punto C y se toma la lectura.



4.- Se afloja el movimiento particular, se visa el -- punto D y se toma la lectura.

5.- Se vuelve a visar A y se toma la lectura.

b)- Girando a la Izquierda

Se repiten las mismas operaciones que en el caso anterior y únicamente se cambia el sentido.

II - EN POSICION INVERSA

c)- Se repiten las mismas operaciones del inciso a.

d)- Se repiten las mismas operaciones del inciso b.

SEGUNDA SERIE

Se inicia con una graduación igual a $\frac{360^\circ}{n}$ donde n es el número de series de observación

I - EN POSICION DIRECTA

a)- Girando a la Derecha

Se repiten las mismas operaciones que en el inciso a. de la primera serie.

b)- Girando a la izquierda

Se repiten las mismas operaciones que en el inciso a. de la primera serie, únicamente cambiando los sentidos.



II - EN POSICION INVERSA

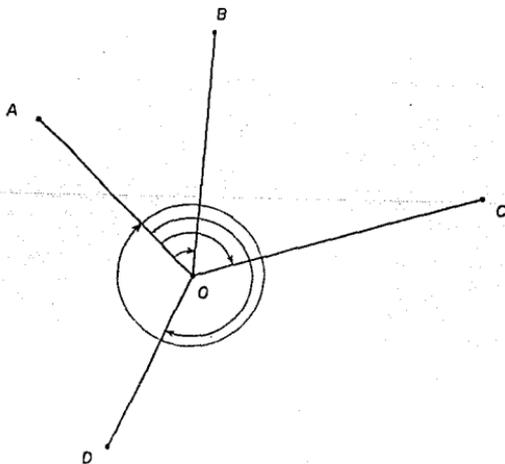
c)- Girando a la Derecha

Se repiten las mismas operaciones del inciso a, de la primera serie.

d)- Girando a la Izquierda

Se repiten las mismas operaciones del inciso a, de la primera serie, cambiando únicamente el sentido.

Así sucesivamente hasta completar el número de series requerido, cuando se quiere abreviar tiempo suficiente ejecutar las operaciones de los incisos a y d.



Los valores obtenidos en la medida de los ángulos de la triangulación fueron los siguientes:

1 - $51^{\circ} 36' 23''$

2 - $56^{\circ} 23' 31''$

3 - $40^{\circ} 32' 40''$

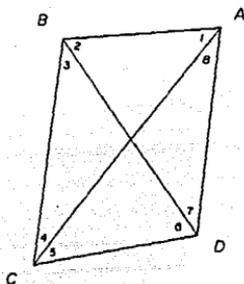
4 - $31^{\circ} 27' 40''$

5 - $36^{\circ} 29' 56''$

6 - $71^{\circ} 29' 30''$

7 - $42^{\circ} 20' 30''$

8 - $29^{\circ} 40' 11''$



CAPITULO IV.

ORIENTACION ASTRONOMICA

Esta se efectúa con el fin de orientar los linderos - del predio objeto del levantamiento, mediante la determinación astronómica del azimut de uno de los lados de nuestra triangulación, pudiendo ser cualquiera de ellos.

Recordando que se entiende por azimut de una línea, - el ángulo medido sobre un plano horizontal, a partir del - norte, en el sentido de las manecillas del reloj y que va desde 0° hasta 360° .

IV.1 METODO DE DISTANCIAS ZENITALES DEL SOL

Este método es generalmente empleado para trabajos de



topografía. Con las observaciones de los ángulos horizontales y vertical del sol y con la resolución del triángulo astronómico formado por el polo, el zenit y el astro se puede determinar el azimut del astro y consecuentemente de una línea.

P = Polo

Z = Zenit

S = Astro

h = Angulo horario del astro

A_z = Azimut del astro

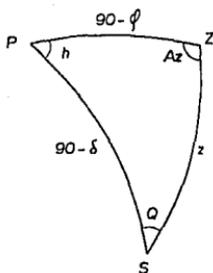
Q = Angulo paraláctico

ϕ = Latitud del lugar

δ = Declinación del astro

z = Distancia zenital del astro
(corregida por refracción)

Triángulo Astronomico



Sus lados y ángulos son:

Lado PZ.- se llama "colatitud" del lugar de observación. - Su valor es $90-\phi$, y es un elemento fijo para cada punto de la tierra.

Lado PS.- es el ángulo complementario de la declinación, - se le llama Declinación o Distancia Polar del Astro, y su valor es $90-\delta$, también es un elemento fijo para cada astro.



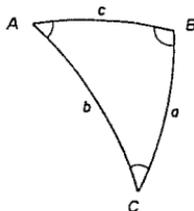
Lado ZS.- es el complemento de la altura y se llama Distancia Zenital, es la distancia angular del zenit - al astro y se representa con la letra Z.

El ángulo diedro ZPS está formado por el círculo horario que pasa por el astro y el plano meridiano del lugar, se llama ángulo horario y se representa con la letra H.

El ángulo diedro PZS está formado por el plano vertical que pasa por el astro y el plano meridiano del lugar, - su valor es $180^\circ - Az$. Siendo Az el azimut del astro.

El ángulo diedro PSZ está formado por el círculo horario y el círculo vertical que pasa por el astro, se le llama Angulo Paraláctico y se representa por la letra Q.

Llamamos triángulo esférico a la región de la superficie de una esfera limitada por los arcos de tres circunferencias máximas. En los puntos donde se intersectan los tres arcos se forman los tres ángulos esféricos. Generalmente los ángulos se denominan A,B,C y los respectivos arcos (lados) opuestos a,b,c.



Triángulo Esferico



La ley del Coseno dice: "En un triángulo esférico al coseno de cualquier lado es igual al producto de los cosenos de los otros dos lados, más el producto de los senos - de esos mismos lados, por el coseno del ángulo comprendido.

Por lo tanto:

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \dots\dots\dots 1$$

$$\cos b = \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B \dots\dots\dots 2$$

$$\cos c = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C \dots\dots\dots 3$$

De la ecuación dos y despejando

$$\cos b - \cos a \cos c = \sin a \sin c \cos B$$

$$\cos B = \frac{\cos b - \cos a \cos c}{\sin a \sin c} \dots\dots\dots 4$$

Del triángulo esférico pasamos a considerar el triángulo astronómico.

Sustituyendo en la ecuación (4).

$$\cos B = \cos Az$$

$$a = 90 - h$$

$$b = 90 - \xi$$

$$c = 90 - \phi$$



$$\text{Cos Az} = \frac{\text{Cos}(90 - \delta) - \text{cos}(90 - h) \text{cos}(90 - \phi)}{\text{sen}(90 - h) \text{sen}(90 - \phi)}$$

$$\text{cos}(90 - \delta) = \text{sen } \delta$$

$$\text{cos}(90 - h) = \text{sen } z$$

$$\text{cos}(90 - \phi) = \text{sen } \phi$$

$$\text{sen}(90 - h) = \text{sen } z$$

$$\text{sen}(90 - \phi) = \text{cos } \phi$$

Por lo tanto

$$\text{Cos Az} = \frac{\text{sen } \delta - \text{sen } \phi \text{cos } z}{\text{cos } \phi \text{sen } z}$$

Esta es la fórmula para obtener el azimut de un astro en función de su declinación, distancia zenital y de la -- longitud del lugar.

IV.2 CORRECCIONES QUE DEBEN APLICARSE A LAS OBSERVACIONES ASTRONOMICAS.

Dados los valores tan pequeños en los errores producidos por defectos de observación, para fines prácticos se -- pueden despreciar las correcciones por depresión al horizonte y por semidiámetro exceptuando el producido por el de refracción y el de paralaje.

IV.2.1 CORRECCION POR REFRACCION



Debido a las diferentes densidades de las capas atmosféricas que atraviesan los rayos de luz emanados por un astro, son refractados, por lo cuál es necesario que los ángulos verticales (distancias zenitales o alturas aparentes) sean corregidos por refracción antes de emplearlos en los cálculos.

La refracción se aplica con signo negativo a las alturas o positivo a las distancias zenitales por ser ángulos complementarios.

Fórmula para calcular la refracción

$$r = 60''.6 \tan z' \frac{P'}{762} \frac{1}{1+0.004 t'}$$

Donde

z' = distancia zenital aparente

P' = presión barométrica

t' = temperatura ambiental

De la ecuación anterior

$60''.6 \tan z$ se le llama refracción media

$\frac{P'}{762}$ es el factor barométrico. P' está en mm de Hg

$\frac{1}{1+0.004 t'}$ es el factor termométrico. t' está en °C



IV.2.2 CORRECCION POR PARALAJE

Esta corrección tiene por objeto reducir al centro de la tierra las observaciones hechas en la superficie de ella. Este ángulo es muy pequeño, cuando el astro considerado es una estrella y, en cambio, es relativamente grande para astros cercanos como la luna y el sol.

El paralaje se aplica con signo negativo a las distancias zenitales o positivo a las alturas.

Fórmula para calcular el paralaje

$$p = 8''.80 \text{ sen } z'$$

donde: z' es la distancia zenital

IV.3 PROCEDIMIENTO DE OBSERVACIONES AL SOL PARA DETERMINAR EL AZIMUT DE UNA LINEA.

Las observaciones al sol, solo las usaremos para encontrar el azimut del lado escogido de la triangulación en cuestión. La hora apropiada para hacer las observaciones - debe ser entre las 8:30 y las 10:30 por la mañana o por la tarde de las 15:30 a las 17:30, por las siguientes razones.

Si el sol está cerca del meridiano, su azimut está -- cerca de 0° y el triángulo esférico no queda bien conformado, por lo que los valores de sus ángulos resultan imprecisos.



Si la altura del sol es mínima nos arrastra incertidumbre en la refracción, y si la altura es grande la posición del anteojo dificulta la observación. Por lo tanto, - la posición más conveniente es que la altura del sol esté dentro de 25° y 35° .

Manera de hacer las Observaciones:

Se centra y nivela perfectamente el instrumento en uno de los extremos de la línea por orientar, se pone en coincidencia el índice y el cero de la graduación del limbo. Se aprieta el movimiento particular, se libera el movimiento general y mediante el mismo se visa el punto del extremo contrario de la mencionada línea.

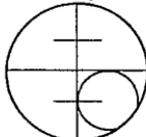
Fijo el movimiento general y liberando el particular, se observa el astro haciendo tangencia con los hilos de la retícula, en cuadrantes diagonalmente opuestos para que al promediar se obtengan los valores como si se hubiera medido al centro.

Los cuadrantes pueden ser cualesquiera, sin embargo, por comodidad se aconseja que por la mañana las tangencias se hagan, la primera en el segundo cuadrante y la segunda en el cuarto cuadrante como las figuras siguientes:



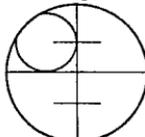
FOR LA MAÑANA

1ra. Tangencia



Posición Directa

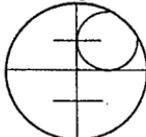
2da. Tangencia



Posición Inversa

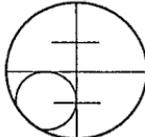
FOR LA TARDE

1ra. Tangencia



Posición Directa

2da. Tangencia



Posición Inversa

Al momento de cada tangencia, se deben anotar en el registro las lecturas de: la Hora y los Círculos Horizontal y Vertical. Es conveniente que los ángulos horizontales, se tomen siempre en el sentido de las manecillas del reloj para evitar equivocaciones en el cálculo del azimut de la línea.

La primera tangencia se hace con el anteojo en posición directa y la segunda en posición inversa, en cada caso se anotan los datos mencionados anteriormente. Cada par de tangencias constituye una observación y ambas deben hacerse en un lapso no mayor de 5 min.

Conviene hacer una serie de tres observaciones y a ca



da una por separado calcularle el azimut de la línea, para finalmente promediarlos y obtener el azimut buscado.

Si alguno de los azimutes de la línea calculados difiere más de 2' con respecto a los otros, éste debe desecharse para el cálculo del promedio.

Otra forma de proceder es hacer series de tres observaciones en un cuadrante en posición directa del anteojo y -- tres en el opuesto en posición inversa, de ésta forma se -- ahorra trabajo y se pueden comprobar dichas observaciones -- antes de calcularlas, de la manera siguiente:

Combinamos 1 con 6, 2 con 5 y 3 con 4, de tal forma -- que la discrepancia en los promedios de ángulos horizontales y verticales de las tres series no deberá ser mayor de 1' y los promedios de los tiempos no deben diferir mas de -- 10".

En el cuadro anexo se muestra un modelo de registro -- así como los datos obtenidos de las observaciones para --- orientar el lado de nuestra triangulación. En el mismo aprecen los promedios.



IV.3 REGISTRO Y CALCULO DE LA OBSERVACION ASTRONOMICA

ORIENTACION ASTRONOMICA					
LUGAR : Mpio. de Teziutlán Pue.			LATITUD : 19°49'30"		
FECHA : 3 Marzo 1989			OBS. Porfirio Méndez Glez.		
APARATO : Teodolito K&E 10"			ANOTO Felix Arias		
LADO : Limonario-Olmo (A-B)			R.M.O. N 87°00'W		
SERIE	P	P. V.	HORA	-θ-	φ
1	D	SEÑAL		0° 00' 00"	
		SOL	8 ^H 33 ^M 22 ^S	201° 08' 50"	68° 19' 20"
	I	SOL	8 ^H 35 ^M 08 ^S	21° 30' 40"	292° 36' 20"
		SEÑAL		180° 00' 00"	
PROMEDIOS			8 ^H 34 ^M 15 ^S	201° 19' 45"	67° 51' 30"
2	D	SEÑAL		0° 00' 00"	
		SOL	8 ^H 38 ^M 26 ^S	201° 44' 30"	67° 04' 40"
	I	SOL	8 ^H 39 ^M 39 ^S	22° 06' 30"	293° 41' 40"
		SEÑAL		180° 00' 00"	
PROMEDIOS			8 ^H 39 ^M 02 ^S	201° 55' 30"	66° 41' 30"
3	D	SEÑAL		0° 00' 00"	
		SOL	8 ^H 44 ^M 07 ^S	202° 20' 00"	65° 53' 30"
	I	SOL	8 ^H 45 ^M 23 ^S	22° 45' 10"	294° 57' 30"
		SEÑAL		180° 00' 00"	
PROMEDIOS			8 ^H 44 ^M 45 ^S	202° 32' 35"	65° 28' 00"

PROMEDIO GENERAL 8^H 39^M 21^S 201° 55' 57" 66° 40' 20"



$$\begin{aligned} Z &= 66^{\circ} 40' 20'' \\ \text{Corrección por refracción} &= + 1' 46'' \\ \text{Corrección por paralaje} &= - 8'' \\ \hline Z &= 66^{\circ} 41' 58'' \end{aligned}$$

Cálculo de la Declinación (δ)

$$\begin{aligned} \text{Hora de observación} &= 8^{\text{h}} 39^{\text{m}} 21^{\text{s}} \\ \text{Hora de paso del sol} &12^{\text{h}} 11^{\text{m}} 53^{\text{s}} \\ \text{Diferencia de hora sexagesimal} &\underline{-3^{\text{h}} 32^{\text{m}} 32^{\text{s}}} \\ \text{Diferencia de hora decimal} &-3.5422222 \\ \text{Variación horaria de la } \delta &58^{\text{u}}5 \\ \text{Variación de la } \delta \text{ en el intervalo} &- 3' 27'' \\ \delta \text{ del sol a la hora del paso} &\underline{-6^{\circ} 37' 24''} \\ \delta &= -6^{\circ} 40' 51'' \\ q &= 19^{\circ} 49' 30'' \\ z &= 66^{\circ} 41' 58'' \end{aligned}$$

$$\text{Cos Az} = \frac{\text{Sen} - \text{sen} \cos z}{\text{Cos} \text{ sen } z}$$

$$\text{Cos Az} = \frac{\text{Sen}(-6^{\circ} 40' 51'') - \text{Sen}(19^{\circ} 49' 30'') \text{Cos}(66^{\circ} 41' 58'')}{\text{cos}(19^{\circ} 49' 30'') \text{sen}(66^{\circ} 41' 58'')}$$

$$\text{Cos Az} = \frac{(-0.1163385) - (0.1341517)}{0.8640091} = -0.2899162$$



Az (azimut del sol)	=	106° 51' 11"
Angulo sol-senal	=	<u>158° 04' 03"</u>
Azimut limonaria-olmo (lado A-B)	=	264° 55' 14"
Rumbo A-B	S	84° 55' 14" W



CAPITULO V.

COMPENSACION DE LA FIGURA

La figura utilizada en la realización de éste trabajo es un cuadrilátero con diagonales, donde el número de ángulos observados es igual a ocho, y el de vértices es cuatro. Así que el número de condiciones será cuatro, de las cuáles tres son de ángulos y una de lados. Las condiciones angulares se pueden establecer de varias maneras: igualando a 180° la suma de los tres ángulos de tres de los triángulos en los cuáles está descompuesto el cuadrilátero, (el cuarto triángulo no sería independiente pues podría deducirse de los otros); ya sea considerando el cuadrilátero entero; o igualando las sumas de los ángulos opuestos.

La condición de lados se encuentra calculando un lado en función del otro por dos caminos diferentes e igua--



lando resultados. El método que resuelve simultáneamente - éstas condiciones se llama método Riguroso y se emplea para triangulaciones de primer orden.

En triangulaciones topográficas puede hacerse la compensación por el método de aproximaciones sucesivas, éste resuelve primero las condiciones de ángulos, después la de lados.

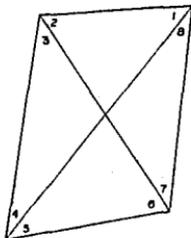
V.1 METODO DE APROXIMACIONES SUCESIVAS

V.1.1 CONDICIONES DE ANGULOS

$$1 + 2 = 5 + 6$$

$$3 + 4 = 7 + 8$$

$$1+2+3+4+5+6+7+8= 360^\circ$$



Estas ecuaciones se verificarían si los ángulos no es tuviesen afectados de errores, pero esto no es así. Habrá que agregar a cada ángulo una corrección V . Designando por $V_1, V_2, V_3, \dots, V_8$ las correcciones a los ángulos para tener los compensados.

$$1 + V_1 + 2 + V_2 = 5 + V_5 + 6 + V_6$$



$$3 + v_3 + 4 + v_4 = 7 + v_7 + 8 + v_8$$

$$1 + v_1 + 2 + v_2 + 3 + v_3 + \dots + 8 + v_8 = 360^\circ$$

Hagamos :

$$5 + 6 - 1 - 2 = w_1$$

$$7 + 8 - 3 - 4 = w_2$$

$$360^\circ - 1 - 2 - 3 - \dots - 8 = w_3$$

Resultan las ecuaciones :

$$v_1 + v_2 - v_5 - v_6 = w_1$$

$$v_3 + v_4 - v_7 - v_8 = w_2$$

$$v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_8 = w_3$$

Como las observaciones a los ángulos están hechas con la misma precisión e idénticas condiciones, se reparten -- iguales los errores.

$$v_1 = v_2 = \frac{w_1}{4} \quad ; \quad v_5 = v_6 = -\frac{w_1}{4}$$

$$v_3 = v_4 = \frac{w_2}{4} \quad ; \quad v_7 = v_8 = -\frac{w_2}{4}$$



Aplicando éstas correcciones a los ángulos no cambia el valor de W_3 de la tercera condición.

$$V_1' + V_2' + V_3' + \dots + V_8' = W_3$$

Para que satisfaga ésta condición

$$V_1' = V_2' = V_3' = \dots = V_8' = \frac{W_3}{8}$$

La aplicación de éstas condiciones a los ángulos ya - corregidos con V_1 , V_2 , V_3 , V_4 no altera las dos primeras condiciones, entonces las condiciones totales serán:

$$\begin{aligned} V_1 = V_2 = \frac{W_1}{4} + \frac{W_3}{8} & \quad ; \quad V_5 = V_6 = -\frac{W_1}{4} + \frac{W_3}{8} \\ V_3 = V_4 = \frac{W_2}{4} + \frac{W_3}{8} & \quad ; \quad V_7 = V_8 = -\frac{W_2}{4} + \frac{W_3}{8} \dots (1) \end{aligned}$$

Los ángulos corregidos de ésta manera verifican las - tres condiciones de ángulos.

V.1.2 CONDICIONES DE LADOS

Ya con los ángulos corregidos, los lados se calculan



por dos caminos diferentes. Por ej, en la figura se puede calcular el lado DA en función del AB.

$$\frac{DA}{\text{sen } 5} = \frac{CD}{\text{sen } 8} \quad DA = CD \frac{\text{sen } 5}{\text{sen } 8}$$

$$\frac{CD}{\text{sen } 3} = \frac{BC}{\text{sen } 6} \quad CD = BC \frac{\text{sen } 3}{\text{sen } 6}$$

$$\frac{BC}{\text{sen } 1} = \frac{AB}{\text{sen } 4} \quad BC = AB \frac{\text{sen } 1}{\text{sen } 4}$$

Por lo tanto

$$DA = AB \frac{\text{sen } 1}{\text{sen } 4} \frac{\text{sen } 3}{\text{sen } 6} \frac{\text{sen } 5}{\text{sen } 8} \dots\dots\dots (a)$$

del triángulo DAB

$$\frac{DA}{\text{sen } 2} = \frac{AB}{\text{sen } 7} \quad DA = AB \frac{\text{sen } 2}{\text{sen } 7} \dots\dots\dots (b)$$

igualando valores (a) y (b) resulta la condición

$$\frac{\text{sen } 1'}{\text{sen } 2'} \frac{\text{sen } 3'}{\text{sen } 4'} \frac{\text{sen } 5'}{\text{sen } 6'} \frac{\text{sen } 7'}{\text{sen } 8'} = 1 \dots\dots\dots(2)$$

Esta es la ecuación de lados.



Después de compensar todos los ángulos, por supuesto - aún no se satisface la ecuación de lados. Unas veces resulta mayor y otras menor que uno, por lo tanto se requiere - de la siguiente condición:

$$\log \operatorname{sen} 1' + \log \operatorname{sen} 3' + \log \operatorname{sen} 5' + \log \operatorname{sen} 7' - \log \operatorname{sen} 2' - \log \operatorname{sen} 4' - \log \operatorname{sen} 6' - \log \operatorname{sen} 8' = W_4 \dots\dots (3)$$

Donde W_4 es el residuo logarítmico debido a los errores angulares. Este error residual W_4 se debe repartir entre los logaritmos senos, calculando por las diferencias - logarítmicas por un segundo los ángulos $1'$, $2'$, $3'$, $4'$, $5'$, $6'$, $7'$, $8'$.

Agregando a cada ángulo la corrección V' se satisface la condición de (3).

$$\log \operatorname{sen} (1'+V_1') + \log \operatorname{sen} (3'+V_3') + \log \operatorname{sen} (5'+V_5') + \log \operatorname{sen} (7'+V_7') - \log \operatorname{sen} (2'+V_2') - \log \operatorname{sen} (4'+V_4') - \log \operatorname{sen} (6'+V_6') - \log \operatorname{sen} (8'+V_8') = 0$$

Considerando d_1 , d_2 , d_3 , d_8 , las diferencias logarítmicas por un segundo de ángulos $1'$, $2'$, $3'$, $8'$, se tienen:

$$\log \operatorname{sen} (1' + V_1') = \log \operatorname{sen} 1' + d_1 V_1'$$

$$\log \operatorname{sen} (2' + V_2') = \log \operatorname{sen} 2' + d_2 V_2'$$

$$\log \operatorname{sen} (3' + V_3') = \log \operatorname{sen} 3' + d_3 V_3'$$



.....
 $\log \operatorname{sen} (8' + V_8') = \log \operatorname{sen} 8' + d_3 V_8'$

La suma de los productos de las correcciones angulares V' y las diferencias tabulares deben ser igual W_4 .

$$d_1 V_1' - d_2 V_2' + d_3 V_3' - d_4 V_4' + d_5 V_5' - d_6 V_6' + d_7 V_7' - d_8 V_8' = W_4 \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{suma } \log \operatorname{sen}(\text{ang. pares}) - \text{suma } \log \operatorname{sen}(\text{ang. impares}) = W_4$$

Los errores angulares que influyen en W_4 , cuando sus valores son pequeños, son proporcionales a las diferencias logarítmicas de sus senos; por lo tanto las correcciones - también deben ser proporcionales a sus diferencias tabulares:

$$\frac{V_1'}{d_1} = \frac{V_2'}{d_2} = \frac{V_3'}{d_3} = \frac{V_4'}{d_4} = \frac{V_5'}{d_5} = \frac{V_6'}{d_6} = \frac{V_7'}{d_7} = \frac{V_8'}{d_8}$$

Considerando positivos los términos de índice con número impar y negativos los de índice con número par.

$$\frac{V_1'}{d_1} = \frac{V_3'}{d_3} = \frac{V_5'}{d_5} = \frac{V_7'}{d_7} = K$$

$$\frac{V_2'}{d_2} = \frac{V_4'}{d_4} = \frac{V_6'}{d_6} = \frac{V_8'}{d_8} = -K \dots\dots\dots (5)$$



Las correcciones de índice con número par significan signo contrario a las de índice con número impar.

De la ecuación (3)

$$\log \operatorname{sen} 2' + \log \operatorname{sen} 4' + \log \operatorname{sen} 6' + \log \operatorname{sen} 8' - \log \operatorname{sen} 1' - \log \operatorname{sen} 3' - \log \operatorname{sen} 5' - \log \operatorname{sen} 7' = W_4$$

Pero

$$\begin{aligned} V_1^i &= Kd_1 & V_2^i &= -Kd_2 \\ V_3^i &= Kd_3 & V_4^i &= -Kd_4 \\ V_5^i &= Kd_5 & V_6^i &= -Kd_6 \\ V_7^i &= Kd_7 & V_8^i &= -Kd_8 \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

Introduciendo éstos valores en la ecuación (4)

$$Kd_2^2 + Kd_4^2 + Kd_6^2 + Kd_8^2 + Kd_1^2 + Kd_3^2 + Kd_5^2 + Kd_7^2 = W_4$$

$$K (d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + d_5^2 + d_6^2 + d_7^2 + d_8^2) = W_4$$

$$K (\sum d^2) = W_4 \quad K = \frac{W_4}{\sum d^2} \dots\dots\dots (7)$$

Con los valores de K se pueden calcular las correcciones V_1^i , V_2^i , V_3^i , V_8^i



Las correcciones $V_1, V_2, V_3, \dots, V_8$ de las ecuaciones de ángulos y las $V'_1, V'_2, V'_3, \dots, V'_8$ de las ecuaciones de lados están determinadas independientemente.

Después de aplicar éstas correcciones a los ángulos, - podrá suceder que no se verifiquen ya las tres primeras condiciones, entonces habrá de repetir la compensación de éstas; y así se proseguirá por aproximaciones sucesivas hasta que se consiga que los ángulos corregidos satisfagan las -- cuatro condiciones, hasta los segundos.

Por lo general bastan tres aproximaciones.



V.2 COMPENSACION DE LA FIGURA POR EL METODO DE APROXIMACIONES SUCESIVAS

	ANGULOS = A	V	A+V	LOG SEN IMPARES	LOG SEN PARES	d	d ²	V'	A' = A + V + V'	V''	A'+V''	LOG SEN IMPARES	LOG SEN PARES	d	d ²	V'''	ANGULOS
1	51° 36' 23"	-10"	43°	9.89417		0.17	0.03	-7"	51° 36' 00"	-2"	04"	9.89415		0.17	0.03	+1"	51° 36' 03"
2	50° 25' 31"	-10"	25°		9.82055	0.14	0.02	+6"	50° 25' 27"	-2"	25"		9.82055	0.14	0.02	-1"	50° 25' 24"
3	40° 32' 40"	+3"	43°	9.81293		0.25	0.08	-10"	40° 32' 33"	+2"	35"	9.81293		0.25	0.08	+1"	40° 32' 36"
4	31° 27' 40"	+3"	43°		9.71761	0.34	—	+14"	31° 27' 57"	+2"	59"		9.71767	0.34	—	-1"	31° 27' 58"
5	30° 20' 56"	+4"	00°	9.77439		0.28	0.06	-11"	30° 20' 49"	0"	40"	9.77436		0.28	0.06	+1"	30° 20' 50"
6	71° 20' 30"	+4"	34°		9.97894	0.07	0.12	+3"	71° 20' 37"	0"	37"		9.97894	0.07	0.12	0"	71° 20' 37"
7	42° 20' 33"	-0"	24°	9.82836		0.23	0.05	-9"	42° 20' 15"	-1"	14"	9.82833		0.23	0.05	+1"	42° 20' 15"
8	20° 40' 11"	-0"	02°		9.99457	0.37	0.14	+15"	20° 40' 17"	0"	17"		9.99463	0.37	0.14	-1"	20° 40' 16"
	300° 00' 24"	24"		39.30987	39.30967	1.85	0.05		300° 00' 04"	-1"		39.30977	39.30979	1.85	0.50		300° 00' 01"
	W ₃ = -24"			W ₄ = -20"	K = 40"	± d	± d ²		W ₃ = -1"			W ₄ = +2"	K = 4"	± d	± d ²		

$$5 + 8 = 107^{\circ} 56' 26'' \quad K = \frac{W_4}{\sum d^2} = \frac{20}{0.5} = 40''$$

$$1 + 2 = 107^{\circ} 50' 34''$$

$$W_1 = -20''$$

$$\frac{W_1}{4} = -5'' \quad V' = dK$$

$$7 + 8 = 72^{\circ} 00' 44''$$

$$3 + 4 = 72^{\circ} 00' 20''$$

$$W_2 = +24''$$

$$\frac{W_2}{4} = +6''$$

$$V_1 = V_2 = \frac{W_3}{8} + \frac{W_1}{4} = -5'' - 7'' = -10''$$

$$V_3 = V_6 = \frac{W_3}{8} - \frac{W_1}{4} = -3'' + 7'' = +4''$$

$$V_3 = V_6 = \frac{W_3}{8} + \frac{W_2}{4} = -3'' + 6'' = +3''$$

$$V_7 = V_8 = \frac{W_3}{8} - \frac{W_2}{4} = -3'' - 6'' = -9''$$

$$5 + 8 = 107^{\circ} 50' 26'' \quad K = \frac{W_4}{\sum d^2} = \frac{2}{0.5} = 4''$$

$$1 + 2 = 107^{\circ} 50' 33''$$

$$W_1 = -7''$$

$$\frac{W_1}{4} = -1.8'' \quad V' = dK$$

$$7 + 8 = 72^{\circ} 00' 32''$$

$$3 + 4 = 72^{\circ} 00' 30''$$

$$W_2 = +2''$$

$$\frac{W_2}{4} = +0.5''$$

$$V_1 = V_2 = -\frac{1}{8} - 1.8 = -1.9''$$

$$V_3 = V_6 = -\frac{1}{8} + 1.8 = +1.7''$$

$$V_7 = V_8 = -\frac{1}{8} + 0.5 = +0.4''$$

$$V_7 = V_8 = -\frac{1}{8} - 0.5 = -0.6''$$



De los valores aceptados por aproximaciones sucesivas comprobamos el cierre angular de cada uno de los triángulos.

$$\begin{aligned} 1 &= 51^{\circ} 36' 05'' \\ 2 + 3 &= 96^{\circ} 56' 00'' \\ 4 &= \underline{31^{\circ} 27' 58''} \\ &180^{\circ} 00' 03'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 &= 40^{\circ} 32' 36'' \\ 4 + 5 &= 67^{\circ} 57' 48'' \\ 6 &= \underline{71^{\circ} 29' 37''} \\ &180^{\circ} 00' 01'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5 &= 36^{\circ} 29' 50'' \\ 6 + 7 &= 113^{\circ} 49' 52'' \\ 8 &= \underline{29^{\circ} 40' 16''} \\ &179^{\circ} 59' 58'' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 &= 56^{\circ} 23' 24'' \\ 1 + 8 &= 81^{\circ} 16' 21'' \\ 7 &= \underline{42^{\circ} 20' 15''} \\ &180^{\circ} 00' 00'' \end{aligned}$$

Puede hacerse nuevamente otra compensación para que nos de valores más precisos en el cierre angular de los triángulos. Sin embargo los valores obtenidos pueden considerarse aceptables.



CAPITULO VI .

CALCULO DE COORDENADAS

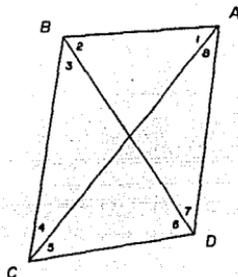
VI.1 CALCULO DE LA LONGITUD DE LOS LADOS

Después de haber encontrado los valores más probables de los ángulos de la triangulación, se procede al cálculo de la longitud de los lados.

Partimos de la base medida cuya longitud fué 897.631 mts. A partir de éste dato y con la ley del seno encontramos las longitudes de la figura.



1	51° 36' 05"
2	56° 23' 24"
3	40° 32' 36"
4	31° 27' 58"
5	36° 29' 50"
6	71° 29' 37"
7	42° 20' 15"
8	29° 40' 16"
<hr/>	
	360° 00' 01"



Cálculo del lado BC

$$BC = AB \frac{\text{sen } 1}{\text{sen } 4} = 897.631 \frac{\text{sen } (51^\circ 36' 05'')}{\text{sen } (31^\circ 27' 58'')} = 1347.680$$

Cálculo del lado CD

$$CD = BC \frac{\text{sen } 3}{\text{sen } 6} = 1347.680 \frac{\text{sen } (40^\circ 32' 36'')}{\text{sen } (71^\circ 29' 37'')} = 923.794$$

Cálculo del lado DA

$$DA = AB \frac{\text{sen } 2}{\text{sen } 7} = 897.631 \frac{\text{sen } (56^\circ 23' 24'')}{\text{sen } (42^\circ 20' 15'')} = 1109.882$$

VI.2 CALCULO DE RUMBOS

El cálculo de los rumbos de los lados se hicieron en



función del inicial y sus ángulos medidos a la derecha.

Angulo en A = 81° 16' 21"
B = 96° 56' 00"
C = 67° 57' 48"
D = 113° 49' 52"

Rumbo inicial AB S 84° 55' 14" W
ángulo en B 96° 56' 00"
181° 51' 14"

Rumbo BC S 1° 51' 14" W
ángulo en C 67° 57' 48"

Rumbo CD N 69° 49' 02" E
ángulo en D 113° 49' 52"
183° 38' 54"

Rumbo DA N 3° 38' 54" E
ángulo en A 81° 16' 21"
Rumbo AB S 84° 55' 15" W

VI.3 CALCULO DE COORDENADAS

Con los valores de los ángulos y la longitud de los lados se procede al cálculo de las coordenadas de los vértices (de la triangulación), que sirvieron de apoyo para localizar los vértices de la poligonal por levantar.



CIA. MINERA AUTLAN

Planilla de Cálculo del Predio " El Chócolo ", ubicado en el Municipio de Teziutlán Pue.
 Levantó y Calculó Porfirio Méndez González Aparato: Keuffel & Esser aprox. 10" Fecha: 25 Marzo 1989

LADO	DISTANCIA HORIZONTAL	RUMBO ASTRONÓMICO	PROYECCIONES SIN CORREGIR				CORRECCION		PROYECCIONES CORREGIDAS				VERT.	COORDENADAS		
			N	S	E	W	K _y	K _x	N	S	E	W		Y	X	
A - B	897.631	S 84°55'14" W		79.474		894.106	-0.003	-0.005			79.477		894.101	B	1546.93	243.80
R ₁	159.35	N 50°46'46" W	100.78			123.45								R ₁	1727.16	1014.25
B - C	1547.880	S 1°31'14" W		1546.975		43.590	-0.043	—			1546.932		43.599	C	200.00	200.00
R ₂	158.02	N 80°58'16" W	9.70			157.68								R ₂	1556.63	105.92
C - D	923.704	N 60°49'02" E	318.724		867.070		-0.000	-0.005	318.734				867.075	D	518.73	1047.08
R ₃	97.40	N 70°46'56" W	22.27			94.82								R ₃	227.27	105.18
D - A	1109.882	N 3°38'54" E	1107.633		70.624		10.036	10.001	1107.669				70.625	A	1026.40	1137.70
R ₄	165.73	S 55°41'48" E		93.40	106.90									R ₄	425.33	1203.98

SUMA 4278.987 1426.357 1426.440 937.094 937.705 0.092 0.011 1426.403 1426.403 937.700 937.700

$$E_y = -0.092 \quad E_x = -0.011$$

$$E_T = \sqrt{E_y^2 + E_x^2} = 0.0926333$$

$$P = \frac{1}{\text{perímetro}} = \frac{1}{46000}$$



1
C
B

VI. 4 CALCULO DE SUPERFICIE

La superficie se obtuvo por el método de coordenadas conocido como diferencia de abcisas y diferencia de ordenadas.

V	COORDENADAS		factor y	PRODUCTOS		factor x	PRODUCTOS	
	y	x		positivos	negativos		positivos	negativos
R ₁	1727.16	1014.25						
R ₂	1556.63	105.92	-1499.89		158 868	-909.07		1'415 086
R ₃	227.27	105.18	-1131.30		118 990	1098.06	249 556	
R ₄	425.33	1203.98	1499.89	1'805 838		909.07	386 655	
R ₁	1727.16	1014.25	1131.30	1'147 421		-1098.06		1'896 525
Suma				2'953 259	277 858		636 211	3'311 611
				2S = 2'675 401		2S = 2'675 400		
				S = 1'337 700 M ²		S = 1'337 700 M ²		

VI. 5 DIBUJO



Y = 2000

S I M B O L O G I A	
Límites del lote levantado	
Vertices de la triangulación	

Y = 1500

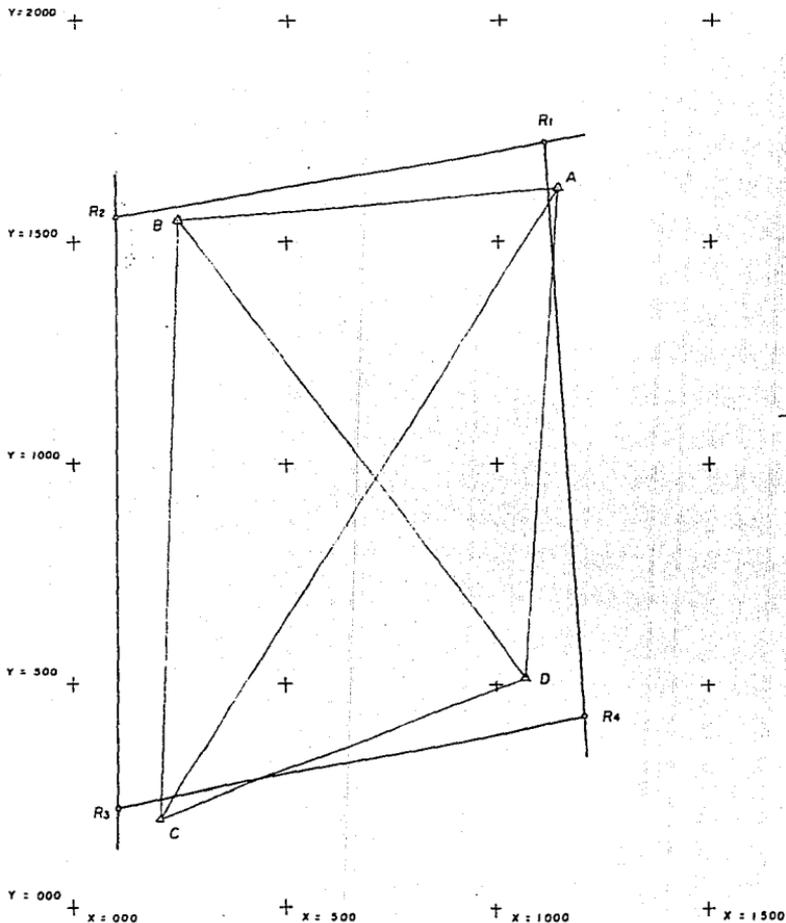
CUADRO DE CONSTRUCCION						
Lote	Dist. Hz.	Rumbo Astronómico	V	COORDENADAS		
				y	x	
1.- Rz	924.20	S 79° 22' 01" W	R1	1727.16	1014.25	
2.- R3	1329.36	S 0° 01' 55" W	R2	1556.63	105.92	
3.- R4	1116.51	N 79° 46' 56" E	R3	227.27	105.16	
4.- R1	1315.58	N 8° 17' 31" W	R4	425.33	1203.98	
			R1	1727.16	1014.25	

Y = 1000

Y = 500

TRIANGULACION TOPOGRAFICA	
CIA. MINERA AUTLAN 	
UBICACION Municipio de Teziutlán Pue.	N. DEL LOTE Chócolo
SUPERFICIE 133 ^m 77 ^A 00 ^C	ESCALA 1:10000
levantó: Porfirio Méndez González Fecha: 14 de Mayo 1989	

Y = 000



SIMBOLOGIA	
Límites del lote levantado	
Vertices de la triangulación	

CUADRO DE CONSTRUCCION					
Lado	Dist. Hz.	Rumbo Astronómico	V	COORDENADAS	
				y	x
R1- R2	924.20	S 79° 22' 01" W	R1	1727.16	1014.25
R2- R3	1329.36	S 0° 01' 55" W	R2	1556.63	105.92
R3- R4	1116.51	N 79° 46' 56" E	R3	227.27	105.18
R4- R1	1315.58	N 8° 17' 31" W	R4	425.33	1203.98
			R1	1727.16	1014.25

TRIANGULACION TOPOGRAFICA	
CIA. MINERA AUTLAN	
UBICACION Municipio de Teziutlán Pue.	N. DEL LOTE Chócolo
SUPERFICIE 133 ^m 77 ^a 00 ^c	ESCALA 1:10000
Levantó: Porfirio Méndez González Fecha: 14 de Mayo 1989	

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado como tema de tesis, se realizó utilizando el método de triangulación, también pudo hacerse por medio de trilateración. Se optó por la triangulación por no contar con el equipo el tiempo suficiente para efectuar la medición de todos los lados del polígono en cuestión.

Este tipo de trabajo se debe llevar a cabo con aparatos en buen estado, así como el cálculo se debe realizar con mucho cuidado para que los resultados sean satisfactorios.

El cálculo puede efectuarse auxiliándose con una calculadora electrónica o con una computadora personal, con -



la cuál se logra un ahorro considerable en el tiempo de --
desarrollo de dichos cálculos.

El Ingeniero Topógrafo y Geodesta, es la persona más
capacitada para llevar a cabo éste tipo de trabajos, ya --
que cuenta con una preparación completa en ésta área, ade-
más de tener suficientes elementos de juicio y técnicos pa
ra resolver cualquier planteamiento.



"TOPOGRAFIA"

Ing. Miguel Montes de Oca

Edit. Representaciones y Servicios de Ingeniería

"TOPOGRAFIA GENERAL"

Ing. Sabro Higashida Miyabara

Av. Repúblicas No. 69, Col. Portales

"METODOS TOPOGRAFICOS"

Ing. Ricardo Toscano

Edit. Porrúa S.A

"TOPOGRAFIA PARA INGENIEROS"

Philip Kissam, C.E

Libros McGraw - Hill

"TOPOGRAFIA MODERNA"

Russell C. Brinker / Paul R. Wolf

Libros McGraw - Hill

"ELEMENTOS DE ASTRONOMIA DE POSICION"

Ing. Manuel Medina Peralta

Edit. Limusa

"INTRODUCCION A LA GEODESIA GEOMETRICA"

Ing. Manuel Medina Peralta

Edit. Limusa

"ANUARIO DEL OBSERVATORIO ASTRONOMICICO NACIONAL PARA EL AÑO
DE 1989"

Instituto de Astronomía de la UNAM

