

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"TEXTO PARA EL CURSO DE TOPOGRAFIA I"

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

P O R

ROBERTO ENRIQUE MORALES MORALES

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

DL
01
T. K. K. K.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

DR. JAFETH ERNESTO CABRERA FRANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Juan José Castillo Mont
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. William Roberto Escobar López
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Carlos Roberto Motta de Paz
VOCAL CUARTO	P. A. Henry España Morales
VOCAL QUINTO	Br. Mynor Barrios Ochaeta
SECRETARIO	Ing. Agr. Guillermo Méndez Beteta

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Dr. Antonio Sandoval S.
EXAMINADOR	Ing. Agr. Rolando Aguilera
EXAMINADOR	Ing. Agr. Luis Ortíz
EXAMINADOR	Ing. Agr. Carlos Alonzo
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos R. Fernández

Guatemala, 23 de julio de 1996

Ingeniero Agrónomo
Rolando Lara Alecio
Decano Facultad de Agronomía
Presente

Señor Decano:

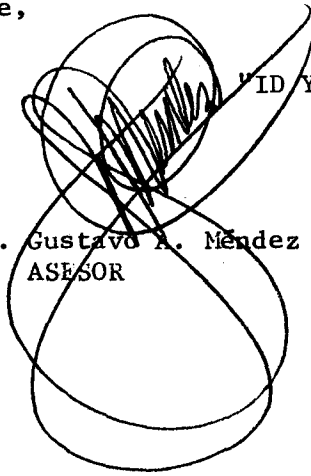
Tenemos el honor de dirigirnos a usted, para hacer de su conocimiento que, atendiendo a la designación que se nos hiciera, hemos procedido a asesorar y revisar el trabajo de tesis del estudiante ROBERTO ENRIQUE MORALES MORALES, carnet No. 57076, titulado:

"TEXTO PARA EL CURSO DE TOPOGRAFIA I"

Consideramos que el presente documento reúne todos los requisitos exigidos para su aprobación como trabajo de tesis.

Atentamente,

"DID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Agr. Gustavo A. Méndez G.
ASESOR



Ing. Agr. César E. Cisneros A.
ASESOR

/Tania de V.

TESIS QUE DEDICO

A:

MI PATRIA GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA NACIONAL AGRICULTURA

COLEGIO SALECIANO DON BOSCO

COLEGIO ITALIANO DE GUATEMALA

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

POR HABERME PERMITIDO NACER EN
GUATEMALA.

MIS PADRES

ENRIQUE MORALES PEÑA
VILMA DINA MORALES DE MORALES

POR HABER GUIADO MIS PASOS PARA
SER UN HOMBRE DE BIEN.

MI ESPOSA

IVETT MARIA ARGUEDAS DE MORALES
POR SU COMPRESION Y AMOR

MIS HIJOS

FRANCISCO ROBERTO Y EMMA IVETT
POR DARME LA DICHA DE SER PADRE.

MIS HERMANOS

CESAR EDUARDO, WERNER HARONDO Y
FELIX

MI FAMILIA

AMOR Y CARINO ESPECIAL

MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

A: Ing. Agrónomo GUSTAVO ADOLFO MENDEZ GOMEZ e
Ing. Agrónomo MSc. CESAR E. CISNEROS A.

POR SU VALIOSA Y ACERTADA ASESORIA EN LA ELABORACION
DEL PRESENTE TRABAJO DE TESIS.

MIS MAESTROS QUE SUPIERON ORIENTARME CON SUS
CONOCIMIENTOS Y SABIDURIA DURANTE LOS AÑOS DE
ESTUDIANTE.

P.F. JOSE ALBERTO MORALES GOMEZ

POR SU VALIOSA COLABORACION Y AMISTAD BRINDADA.

RECONOCIMIENTO A:

PANTALEON S. A.

POR DARMER LA OPORTUNIDAD DE DIRIGIR A UN GRAN EQUIPO.

	Página
4.2 Trazo de perpendiculares	48
4.2.1 Trazo de perpendicular a una línea desde un punto dado	48
4.2.2 Trazo de perpendiculares a un alineamiento que pase por un punto obligado	55
4.3 Trazo de paralelas	56
4.3.1 Trazo de una paralela a un alineamiento dado	56
4.3.2 Trazo de una paralela a un alineamiento que pase por un punto fijo	57
4.4 Trazo de un ángulo cualquiera	68
4.5 Medición de un ángulo cualquiera	68
4.6 Salvar obstáculos con cinta	76
4.6.1 Definición	76
4.6.2 Diferentes tipos de obstáculos	76
- Obstáculos que obstruyen la visual únicamente	77
- Obstáculos que obstruyen la mensura únicamente	77
- Obstáculos que obstruyen las mensuras y la visual	90
4.7 Medición de terrenos con cinta	101
4.7.1 Introducción	101
4.7.2 Método de levantamiento con cinta	102
- Método de triángulos ligados entre sí	102
- Método de radiaciones desde una sola estación	111
4.8 Tolerancias permitidas en mediciones de distancias	117
4.9 Errores cometidos al medir con cinta	118
4.9.1 Errores instrumentales	118
4.9.2 Errores personales	120
4.9.3 Errores naturales	121

CAPITULO 5

ANGULOS Y DIRECCIONES	125
5.1 Angulos Horizontales	125
5.1.1 Angulo de dirección	125
5.1.2 Diferentes tipos de meridianas	126
5.1.3 Declinación e inclinación Magnética	127
5.1.4 Sistemas de dirección angular	131
5.1.5 Conversión de sistemas de dirección	134

INDICE GENERAL

Contenido	Página
INTRODUCCION	i
OBJETIVOS	iii
CAPITULO 1	
INTRODUCCION	1
1.1 Introducci3n e Importancia de la Topografía	1
1.2 Pequeña historia de la Topografía	2
1.2.1 Historia Universal	2
1.2.2 Historia de la Topografía en Guatemala	5
1.3 Divisi3n de la Topografía	5
1.4 Relaci3n de la Topografía con otras ciencias	7
1.5 Divisi3n de los trabajos en Topografía	7
1.6 Clases de levantamiento	8
1.6.1 Defini3n de levantamiento	8
1.6.2 Levantamiento de acuerdo a su naturaleza	8
1.6.3 Levantamiento de acuerdo a su finalidad	9
1.7 Errores	9
1.7.1 Defini3n	9
1.7.2 Fuentes de error	9
1.7.3 Tipos de error	10
CAPITULO 2	
DEFINICIONES VARIAS	15
CAPITULO 3	
DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS	25
3.1 Defini3n	25
3.2 Procedimiento para medir distancias entre dos puntos	25
3.2.1 Procedimientos directos	26
3.2.2 Procedimientos indirectos	28
3.3 Longímetros	30
3.4 Alineamientos	38
CAPITULO 4	
USO DE LA CINTA METRICA	45
4.1 Medici3n de distancias entre dos puntos	45
4.1.1 Medici3n en terrenos planos	45
4.1.2 Medici3n en terrenos inclinados	45

	Página	
5.1.6	Angulo de Deflexión	135
5.1.7	Sistemas de medición de ángulos	136
5.2	Angulos Verticales	138
5.2.1	Definición de Angulo Vertical	138
5.2.2	Inclinación	139
5.2.3	Pendiente	139
5.2.4	Angulo Zenital	140
5.2.5	Talud	140
CAPITULO 6		
EL TEODOLITO Y SUS USOS EN TOPOGRAFIA		
6.1	Generalidades	145
6.2	Partes del Teodolito y su descripción	147
6.2.1	Instrumento	148
	1. La base nivelante	148
	2. Parte inferior	150
	3. Alidada	151
	4. Anteojo y telescopio	156
6.2.2	Trípode	159
6.3	Puesta del instrumento en estación	162
6.4	Cuidado y trato del instrumento	172
6.4.1	Introducción	172
6.4.2	Conservación y almacenaje	172
6.4.3	Transporte	173
6.4.4	Desembalaje	173
CAPITULO 7		
TAQUIMETRIA		
7.1	Definición y fundamentos	175
7.2	Medición óptica de distancias	176
7.2.1	Taquimetría tangencial	178
7.2.2	Estadimetría	189
	1. Estadia con mira vertical e hilos estadimétricos fijos	190
	2. Estadia con mira vertical e hilos estadimétricos móviles	201
	3. Estadia con mira horizontal e hilos estadimétricos fijos	207
7.3	Distanciometría electrónica	215

	Página
CAPITULO 8	
AGRIMENSURA	222
8.1 Generalidades	222
8.2 Definiciones varias	222
8.3 Objetivo de la medición de terrenos	224
8.4 Personal de campo y equipo indispensable en la medición de terrenos	224
8.5 Tipos de caminamiento	226
8.6 Métodos de levantamiento planimétrico	227
8.6.1 Método de radiaciones	229
8.6.2 Método de conservación de azimut a 180°	232
8.6.3 Método de conservación de azimut	238
8.6.4 Método de ángulos internos	242
8.6.5 Método de ángulos externos	246
8.6.6 Método de deflexiones	250
8.7 Registros de campo	254
8.7.1 Generalidades	254
8.7.2 Requisitos de un buen registro	255
8.7.3 Clases de anotaciones	256
8.7.4 Disposición de las notas	256
8.7.5 Recomendaciones prácticas	257
 CAPITULO 9	
CALCULO DE GABINETE	259
9.1 Introducción	259
9.2 Definición de coordenadas	259
9.3 Definición y cálculo de las coordenadas parciales y totales	260
9.4 Cálculo del área de un terreno	269
9.4.1 Generalidades	269
9.4.2 Métodos para el cálculo de la superficie de un terreno	269
- Métodos mecánicos	270
- Métodos geométricos	285
9.5 Ajuste y cálculo de las coordenadas de un polígono cerrado levantado sobre los linderos del terreno.	302
9.5.1 Introducción	302
9.5.2 Determinación del error de cierre unitario en distancia	303

	Página
9.5.3 Criterios técnico - legales para aceptar los datos de campo en función del error unitario en distancia cometido.	309
9.5.4 Ajuste de las coordenadas parciales para lograr un cierre perfecto del polígono	311
- Método de la regla de tránsito	312
- Método de la regla de brújula o Bowditch	316
9.5.5 Determinación de las coordenadas totales	319
9.6 Cálculo de las coordenadas totales de un polígono cerrado medido desde una sola estación y su regreso de poligonal	324
9.6.1 Introducción	324
9.6.2 Procedimiento de cálculo para la determinación de las coordenadas totales del polígono real	324
9.6.3 Regreso de la poligonal	327
9.7 Cálculo de las coordenadas totales de un polígono cerrado medido por medio de radiaciones desde un polígono base y su regreso de poligonal	331
9.7.1 Introducción	331
9.7.2 Cálculo de gabinete	333
9.8 Planos topográficos	347
9.8.1 Introducción	347
9.8.2 Presentación de planos topográficos	347
 CAPITULO 10	
RUMBO PERDIDO	358
10.1 Introducción	358
10.2 Preliminares	359
10.3 Ejemplo de casos generales	360
 CAPITULO 11	
AGRODESIA	368
11.1 Introducción y Definición	368
11.2 Aspectos legales de las particiones rurales	369
11.3 Diferentes casos de división de terrenos	371
11.4 Desarrollo analítico y numérico de los diferentes casos de agrodesia	372
- Caso 1	371
- Caso 2	379
- Caso 3	388
- Caso 4	405

INTRODUCCION

En Guatemala, como en todos los países de Centroamérica, carreras de carácter técnico tales como Agronomía, presentan con mucha frecuencia el problema de carecer de información completa sobre materias específicas orientadas a la Ingeniería Agrícola. Para poder obtener una información confiable tiene que disponerse de mucho tiempo en su recolección y en los casos más frecuentes, la información así obtenida es el resultado de la extrapolación subjetiva realizada de libros o textos orientados a otras ciencias.

La situación anteriormente señalada tiene sus raíces en los siguientes aspectos:

- 1o. La poca orientación de nuestros profesionales para crear libros o textos en materias específicas.
- 2o. El poco apoyo de carácter logístico y financiero al que se ven limitadas las personas que pueden crear dichas obras.
- 3o. El poco interés que las casas editoras le dan a estas publicaciones, quizá por la poca rentabilidad que a ellos les representan tales obras, debido al número relativamente pequeño de personas que se dedican al campo de la Ingenería Agrícola.

La falta de estos textos o libros de orientaciones específicas, se refleja muy constantemente de la siguiente manera:

- 1o. Un estudiante de Ciencias Agronómicas para poder tener un marco conceptual amplio en la disciplina de la Topografía, se ve en la necesidad de consultar varios libros, casi todos orientados a la Ingeniería de Construcción, en los cuales por su misma naturaleza contemplan de una manera incompleta y muy superficial los temas de su interés.

- 2o. Los profesionales egresados de nuestra Casa de Estudio, así como los egresados de otros centros de educación agrícola, cuando se ven obligados a utilizar la Topografía para resolver un problema en su quehacer de trabajo, buscan una guía de fácil entendimiento que pueda orientarlos a resolver de una manera científica su problema, la situación se complica cuando no encuentran dicha guía dándole respuestas empíricas y muchas veces falsas a dicho problema.
- 3o. Los catedráticos encargados del curso de Topografía, en cualquiera de los niveles de enseñanza agrícola en Guatemala, se ven en la necesidad de dedicar mucho de su tiempo en la búsqueda del material que utilizará en su curso, debido a la falta de un texto que enmarque en forma completa y ordenada los temas que va a desarrollar.

El presente trabajo consiste en una revisión bibliográfica sobre aspectos de Topografía orientados a la Ciencia Agronómica, está organizado por once capítulos orientados en su contenido el programa de estudios de la Facultad de Agronomía.

OBJETIVOS

- 1o. Elaborar un libro de texto para el curso de Topografía I de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 2o. Dar un nuevo aporte a la bibliografía disponible sobre el tema a los distintos centros de documentación, que tales como el CEDIA funcionan en los centros de educación agrícola de Guatemala.

CAPITULO 1
INTRODUCCION

1.1 Definición e importancia de la Topografía

Para poder dar una definición de Topografía es necesario conocer la etimología de dicha palabra. así se tiene que se deriva de dos vocablos Griegos TOPOS y GRAPHOS, que significan LUGAR O SITIO Y DIBUJO O DESCRIPCION respectivamente (10). Haciendo referencia a la superficie de la tierra diferentes autores la definen como:

- . La ciencia que se ocupa de la representación geométrica de una parte de la superficie terrestre (10)
- . La rama de la ciencia matemática que tiene por objeto el estudio y la representación con todos los detalles posibles de una extensión limitada de terreno (17)
- . Ciencia y arte de efectuar las mediciones necesarias para determinar las posiciones relativas de puntos situados arriba, en o debajo de la superficie terrestre (5)

Haciendo una conjugación de las definiciones anteriores, se puede indicar que topografía es:

- . Ciencia que estudia el conjunto de procedimientos encargados de la determinación de la posición relativa de puntos sobre, en o debajo de la superficie terrestre, utilizando la medida de los tres elementos del espacio que son, la distancia, la elevación y la dirección.

La topografía en su conocimiento y aplicación es indispensable en en la mayoría de las labores de Ingeniería Agrícola, su utilidad es muy variada y entre otras se emplea para los siguientes fines:

Medición de poligonales cerradas para:

- Conocer su forma y proporción de linderos
- Conocer su superficie
- rectificación y compensación de linderos
- Fraccionamiento de terreno

Medición de poligonales abiertas para:

- Trazo de canales para riego ó drenaje
- Trazo de acueductos
- Trazo de líneas de electrificación rural
- Trazo de secciones transversales con finalidad de establecer la configuración topográfica del terreno medido.

1.2 Pequeña historia de la Topografía

1.2.1. Historia Universal

Los registros históricos más antiguos que se conocen hasta la fecha directamente relacionados con el tema de Topografía, aseguran que esta ciencia comenzó en Egipto. Heródoto dice que Sesostris (alrededor del año 1400 a.c.) dividió las tierras de Egipto en parcelas para fines de recaudación fiscal. Las avenidas anuales del Nilo arrasaban porciones de parcelas, y se comisionaban topógrafos para volver a marcar los linderos, a estos antiguos topógrafos se les llamó ESTIRADORES DE CUERDAS, porque sus medidas las realizaban con sogas que tenían marcas a determinadas distancias correspondientes a las unidades de medida. (5,7)

En el año 120 a.c. Herón fué una figura prominente en la aplicación de la ciencia a la Topografía, fué autor de varios tratados de interés para los Ingenieros de aquella época, entre estas publicaciones aparece una intitulado "La Dioptra", que se trataba sobre los métodos para levantar un campo, el trazo de un plano y los cálculos respectivos.

También se describe en esta obra uno de los primeros instrumentos topográficos de que se tiene noticia, el llamado precisamente DIOPTRA (ver fig. 1). Durante muchos años la obra de Herón fue la más autorizada entre los topógrafos Griegos y Egipcios (7).

El real desarrollo del arte de la topografía vino por la mente práctica de los romanos, cuya más conocida obra tubo por autor a Frontinus. Aunque desapareció el manuscrito original, se han conservado porciones copiadas del mismo.

Este connotado ingeniero y topógrafo romano, que vivió en el siglo primero, fue un pionero en el campo y su tratado fue la norma durante mucho tiempo (6)

La habilidad técnica de los romanos la demuestran las grandes obras de construcción que realizaron en todo el Imperio. La topografía necesaria para estas construcciones originó la organización del primer gremio o asociación de agrimensores. Usaron y desarrollaron ingeniosos instrumentos. Entre éstos se encuentran los llamados: Groma, que se uso para alinear puntos; LIBELLA ó PERPENDULO y EL CHOROBATES, empleados como niveles. (ver figs. 2,3, y 4)

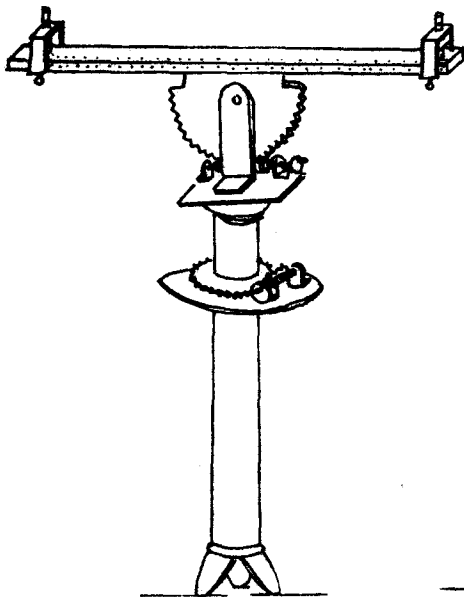


Fig. 1
Dioptra

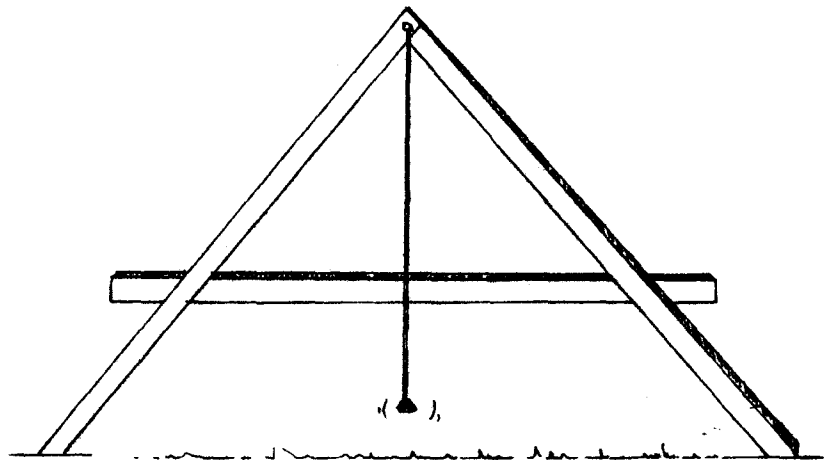


Fig. 3
Perpendulo

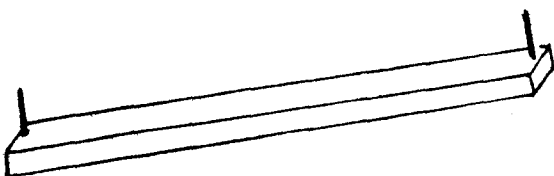


Fig. 2
Groma

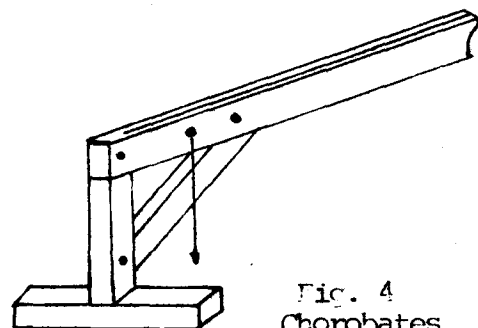


Fig. 4
Chorobates

Uno de los manuscritos latinos que se conocen es el CODEX ACERIANUS, escrito aproximadamente en el siglo VI, contiene un relato de la topografía como la practicaban los Romanos e incluye varias páginas del tratado de Frontinus.

Durante la edad media, la ciencia de Griegos y Romanos fue mantenida viva por los Arabes, a pesar de su poco progreso resultaron algunos escritos, a los cuales se les llamó "Geometría Práctica"

En el siglo XVIII, Von Piso, escribió "Práctica Geométrica" y "Liber Quadratorum", obras que trataban sobre la aplicación de la topografía y los instrumentos existentes en aquella época.

En el siglo XIX, la ciencia de la topografía avanzó más rápidamente. La necesidad de mapas y la fijación de los linderos nacionales hicieron que Inglaterra y Francia realizaran extensos levantamientos que requirieron de triangulaciones de precisión. Así comenzaron los levantamientos geodésicos (6).

En noviembre de 1897 nace Heinrich Wild, gran inventor y creador de modernos instrumentos topográficos y geodésicos. Wild desarrollo durante la primera mitad de este siglo una actividad que realmente revolucionó la construcción de instrumentos de alta precisión, sus diseños fueron realizados primero por la casa Zeiss Jena, más tarde por Wild Herrbrugg, y desde 1935 hasta su fallecimiento por la casa Kern (2).

La actitud de los científicos en cuanto a la aplicación de la electrónica a instrumentos de medición se acentuó durante la segunda guerra mundial, pues la mayor parte de los equipos electrónicos fueron diseñados primordialmente para facilitar la navegación y bombardeo nocturno. Estos instrumentos diseñados para detectar la presencia de objetos por medio de ondas de radio reflejadas fueron conocidos por el nombre de RADAR (Radio Detection and Rading).

En 1944, el científico suizo Doctor Erik Bergstrond, inventó el geodímetro, dicho instrumento mide distancias arriba de 1.5 km, bajo buenas condiciones atmosféricas. Su medición se basa en el envío de un rayo de luz polarizada a un reflector, la cual es retransmitida al punto de emisión, registrando electrónicamente el tiempo que tarda el rayo de luz en recorrer la distancia que separa el reflector del emisor, establece el valor de dicha longitud.

En 1979 aparece en el mercado el teodolito electrónico, el cual fue presentado por primera vez por la casa Kern en el congreso Internacional de Geómetras en Estocolmo. (2)

1.2.2. Historia de la topografía en Guatemala

Posiblemente los primeros guatemaltecos que usaron instrumentos topográficos fueron los ingenieros Jorge Vélez y Claudio Urrutia, - este último merced a sus observaciones y estudios fue inventor de una mira de tipo horizontal la cual se conoce actualmente como " mira Urrutia". (2)

A principio del coloniaje, los ejidos (campo común de los vecinos de un pueblo) que se iban formando eran medidos por individuos que - sin conocimientos adecuados y con mediciones hechas al ojo, daban por determinada el área de una legua cuadrada. Poco después se crearon - los peritos en aritmética y los Geómetras, que ya definían a la caballería de tierra por un rectángulo de 22 cuerdas y 36 1/2 varas de largo por 11 cuerdas y 18 1/4 varas de ancho.

En 1829 cuando era jefe del estado mayor de Guatemala el Doctor - Don Mariano Cálvez, se estableció la academia de estudios en donde se enseñaron aritmética, algebra, geometría, trigonometría y agrimensura.

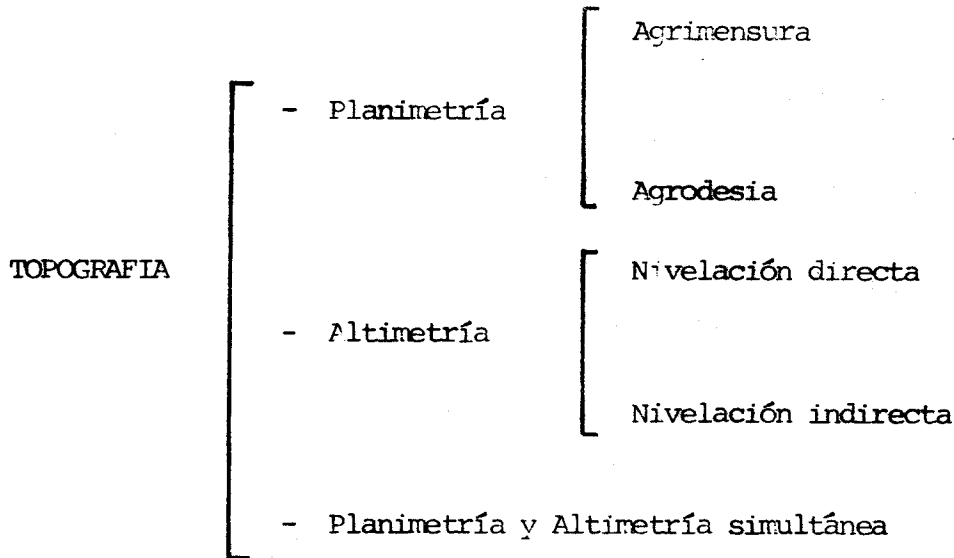
En 1873, bajo la administración de Don Miguel García Granados se fundó la escuela militar en donde se establecieron las carreras de Oficial e Ingeniero Topógrafo.

En 1882, bajo el gobierno de Don Justo Rufino Barrios, se creó la escuela de ingeniería con la carrera de topógrafos. (2).

En la actualidad el conocimiento teórico y práctico de topografía es impartido en diferentes centros de enseñanza, siendo La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, la principal rectora del conocimiento topográfico orientado a la Ingeniería Agrícola

1.3. División de la topografía

Para un mejor estudio y entendimiento de la topografía, esta ha quedado dividida en las siguientes ramas:



- Planimetría

Rama de la topografía que abarca todos los trabajos efectuados para obtener la representación gráfica de una superficie medida, proyectando - todos sus puntos a un mismo plano horizontal (14). La proyección de todos los puntos de un terreno a un mismo plano horizontal, forma lo que se conoce como BASE PRODUCTIVA (11, 25).

Agrimensura

Rama de la planimetría encargada del estudio y aplicación del conjunto de procedimientos utilizados en la medición y cálculo de áreas de terrenos. La palabra agrimensura deriva de 2 vocablos latinos, AGER que significa campo y MENSURA que significa medida. (11)

Agrodesia

Rama de la planimetría encargada del estudio y aplicación del conjunto de procedimientos utilizados para fraccionar o dividir terrenos (28)

- Altimetría

Rama de la topografía que se preocupa por la determinación de las diferencias de altura entre puntos ubicados dentro de un terreno (10), a los trabajos de altimetría generalmente se les conoce por el nombre de Nivelación (4)

Nivelación directa

Rama de la altimetría que se preocupa por la determinación de la diferencia de altura entre puntos ubicados sobre la superficie del terreno, empleando para el efecto los instrumentos denominados niveles.

Nivelación indirecta

Al igual que la anterior, se preocupa por la determinación de las diferencias de alturas entre puntos ubicados sobre la superficie del terreno, con la diferencia de que para el efecto se basa en la medición de elementos auxiliares tales como: Presión atmosférica, valores de ángulos de inclinación y distancias horizontales.

- Planimetría y altimetría simultanea

Rama de la topografía que pretende dar las técnicas suficientes y exactas para llegar a determinar la configuración de un terreno, construyendo el plano topográfico que es la representación planimétrica y altimétrica de una superficie medida.

1.4. Relación de la topografía con otras ciencias

La topografía como toda ciencia en el contexto universal no actúa aislada del desarrollo general de otras ciencias, es así como la topografía es auxiliada por éstas de alguna forma

En terminos generales se puede indicar que la topografía tiene relación con:

- . La Matemática (aritmética, algebra, trigonometría y geometría)
- . La Física (óptica, lumínica, eléctrica, acústica y mecánica)
- . La Agronomía
- . La Ingeniería
- . La Arquitectura

Si se analizan otras ciencias podrá establecerse que se encuentran puntos de vinculación con la topografía.

1.5. División de los trabajos en topografía

La serie de trabajos realizados en topografía siguen una secuencia lógica, que partiendo desde la simple idea de " Que se va hacer ", finaliza con la realización material de dicha idea.

Atendiendo lo anterior, puede indicarse que dicha secuencia lógica contempla la ejecución de las siguientes etapas:

- Trabajo de campo

Lo constituyen todas aquellas operaciones que se ejecutan directamente

en el campo, teniendo por objeto tomar y registrar la información necesaria que será utilizada en un trabajo de gabinete, dicha información deberá ser precisa, clara y exacta (3).

Antes de ir al campo hay que saber qué es lo que se va hacer, para que en él se ejecuten todas las operaciones sin mucho contratiempo (10).

- Trabajo de gabinete

Comprende la realización de cálculos en base a los datos registrados en el trabajo anterior, con los cuales se podrá determinar la posición relativa de sus vértices o puntos importantes, la orientación de linderos, áreas etc.

- Trabajo de localización

Se denomina así, a la serie de operaciones que se realizan en el campo, haciendo realidad todos los proyectos calculados en el trabajo de gabinete. (3)

1.6 Clases de Levantamiento

1.6.1. Definición de levantamiento

Conjunto de operaciones que tienen por objeto la determinación de la posición relativa de puntos en la superficie terrestre ó a poca altura sobre la misma; estas operaciones consisten esencialmente en medir distancias verticales y horizontales entre diversos objetos terrestres, determinar ángulos entre alineamientos y situan puntos sobre el terreno valiendose de mediciones previas tanto angulares como lineales. (10)

1.6.2. Levantamiento de acuerdo a su naturaleza

Levantamiento Topográfico

Llamado también LEVANTAMIENTO PLANO. Se denomina así a todo levantamiento en el que se considera la superficie terrestre como plano, es decir en la que se despreja la forma realmente curva de la tierra (10).

En todo levantamiento topográfico se toman como valederas las siguientes premisas.

1. La línea que une a 2 puntos, sobre la superficie de la tierra es una línea recta.

2. Las direcciones de la plomada, en 2 puntos diferentes cualesquiera, son paralelas.
3. La superficie imaginaria de referencia, respecto a la cual se tomarán las alturas, es una superficie plana.
4. El ángulo formado por la intersección de 2 líneas sobre la superficie terrestre es un ángulo plano y no esférico.

Levantamiento Geodésico

Levantamiento en el cual se toma en cuenta la curvatura terrestre (3), son de gran precisión y se realizan en grandes extensiones de tierra (áreas mayores de 111,450 Km²), empleados para obtener mapas. En Guatemala los levantamientos de esta naturaleza están a cargo de instituciones estatales, tal el caso del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) antes Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.) (3 , 10 , 12)

1.6.3 Levantamiento de acuerdo a su finalidad

Levantamiento Original

Es aquel en el cual se miden las distancias y direcciones desconocidas de los linderos identificados sobre el terreno. Así por ejemplo, una persona compra una finca y únicamente conoce por referencia sus linderos, para que en la escritura de registro aparezca el plano de la finca, es necesario efectuar un levantamiento original (10 , 21)

Levantamiento de Replanteo

Consiste en la operación topográfica de situar sobre el terreno linderos desaparecidos o que no están bien limitados. El topógrafo se guía por la descripción de la parcela que figura en el registro de la propiedad. (21)

Levantamientos de particiones

Consiste en la operación de dividir una parcela en subparcelas más ó menos regulares, tomando como base ciertas condiciones previas tales como: áreas determinadas, formas específicas, valor determinado, etc. (21)

1.7 Errores

1.7.1 Definición

Se entiende por error, a las pequeñas inexactitudes inevitables, que tienen por causa la imperfección de nuestros instrumentos y de nuestros sentidos ó la variación de las condiciones físicas bajo - las cuales se realizan las medidas (18). Ninguna medida topográfica es exacta, la naturaleza y magnitud de los errores en el trabajo del topógrafo deben ser bien comprendidos si se quiere asegurar buenos resultados (8)

A diferencia de los errores existen las llamadas faltas, las cuales son inexactitudes groseras que alcanzan a menudo una magnitud notable en comparación con los pequeños errores instrumentales y métodos empleados. Una falta tiene casi siempre por causa un descuido - del operador ó de su ayudante. Las faltas traen consigo una inexactitud en el trabajo del topógrafo. (18)

En topografía pueden establecerse los siguientes axiomas:

- Ninguna medida es exacta, todas las medidas contienen errores.
- El verdadero valor de una medida nunca se conoce

Las anteriores proposiciones se comprenden si se meditan las siguientes aseveraciones:

- Sea cual fuere la magnitud del número que una persona elija, siempre existirá una ligerísima cantidad menor ó mayor.
- La finura con que una medida pueda hacerse, dependerá en terminos generales del instrumento con que se haga. (1)

1.7.2. Fuentes de error

Los errores por su fuente pueden clasificarse en naturales, instrumentales y personales. (1, 6, 8, 10, 18,)

Errores Naturales

Son aquellos que tienen su origen en las variaciones de los fenómenos naturales, tales como cambios de temperatura, efecto del viento, refracción atmosférica, curvatura terrestre, declinación magnética, - efecto de verberancia, etc. (1, 8, 10)

Errores instrumentales

Se derivan de las imperfecciones o desajustes de los instrumentos - utilizados en las mediciones (1, 6, 8).

Ejemplo de ellos lo constituyen las escalas mal graduadas, desajustes por excentricidad de ejes en los instrumentos, desajustes de niveles, Etc.

Errores Personales

Se derivan de deficiencias del operador, muchas veces producida - por la limitación de los sentidos de la vista y el tacto, ó por la falta de atención del operador al efectuar la medida. (1,10)

1.7.3. Tipos de error

En medidas topográficas pueden clasificarse los errores por su tipo en 2 grandes grupos, siendo estos: Errores sistemáticos y Errores accidentales. (1, 8,)

Errores Sistemáticos

Es todo aquel error resultado de una causa permanente conocida ó - desconocida que se repite. Si el error obra siempre en el mismo sentido y conserva un mismo valor se denomina SISTEMATICO CONSTANTE, ejemplo: El error cometido por una cinta mal graduada. ó el error cometido al efectuar mediciones a diferentes temperaturas que la de calibración de fábrica para una cinta.

Llamamos igualmente error SISTEMATICO VARIABLE a aquel cuyo signo o valor no permanece igual, ejemplo: La medición angular por medio de un circulo cuyo centro de rotación no coincide con el centro de divisiones del limbo. (10)

El carácter principal de los errores sistemáticos es la permanencia de la causa, lo que determina necesariamente la permanencia del efecto (18). Todo error sistemático obedece siempre a una ley matemática o física, por lo cual puede aplicarse y determinarse su oportuna corrección (10)

Errores accidentales

Llamados también Fortuitos o Compensables, son debidos a una combinación de causas ajenas muchas veces a la pericia del operador. En cada observación, la magnitud y el signo del error son cosas casuales pudiendo ser positivos o negativos indistintamente. Los errores accidentales suelen en conjunto obedecer a la ley de las probabilidades (10)

Los errores compensables o accidentales tienden a anularse entre si en una serie de mediciones, razón por la cual no existe sistema alguno que permita calcular en forma absoluta este tipo de error y compensarlo. (5)

Como ejemplo de estos pueden mencionarse los siguientes:

- Un observador que aprecia en una cinta graduada en cm; en algunas lecturas leerá más y en otras menos.
- Sacudidas del instrumento producidas por el viento
- Cambios inevitables en parte del instrumento por cambios o variaciones de la temperatura ambiental.

BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR ARRIVILLAGA, R. 1971. Errores y precisión en las operaciones topográficas usuales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 212 p.
2. ALMENGOR CHOY, J.R. 1977. Instrumentos electrónicos para la medición en topografía. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 37 p.
3. BILLEV VELA, F. s.f. Curso de topografía I; levantamiento con cinta. Guatemala, Piedra Santa. 41 p.
6. BRINKER, R.C.; WOLF, P.R. 1969. Topografía elemental. México D.F., Editorial PAX. 868 p.
7. _____. 1982. Topografía moderna. Trad. de la 6 ed. Inglesa por Dolores García Díaz y Rafael García Díaz. 6 ed. México D.F., HARLA. 542 p.
8. CALVILLO RAMIREZ, C.A. 1970. Estudio de las especificaciones usadas en Guatemala para topografía y geodesia. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 137 p.
10. DAVIS, R.; FOOTE, F. 1964. Tratado de topografía. Trad. de la 2 ed. Inglesa por José María Montero. 4 ed. Madrid, Ediciones Aguilar. 880 p.
11. GIOL Y SOLDEVILLA, D.J. 1889. Tratado de agrimensura. 3 ed. Madrid, Librería de la Vda de Hernando. 373 p.
12. GUATEMALA. LEYES, DECRETOS, etc. 1936. Ley reglamentaria para trabajos de agrimensura; decreto no. 1786. Guatemala, Editorial del Ejército. 20 p.

14. IRVINE, W. 1975. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés por Eduardo Caro Cayzedo. Cali, Mc Graw Hill. 259 p.
17. MORALES CHINCHILLA, E G. 1967 Manual de topografía para trabajadores sociales rurales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 110 p.
18. QUINTANA, A. 1958. Topografía. Santiago de Chile, Editorial Universitaria. 422 p.
21. SANTIZO LATORRE, O.A. 1977. Topografía aplicada en ingeniería. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. p. 71-77.
25. TORRES NIETO, A.; VILLATE BONILLA, E. 1968. Topografía. 2 ed. Bogotá, Colombia, Editorial Norma. 307 p.
28. VALDEZ RUIZ, P.O. 1977. Particiones, transformaciones y rectificaciones de linderos. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 63 p.

CAPITULO 2

DEFINICIONES VARIAS

A continuación se presentan una serie de términos que serán de común aplicación en los capítulos siguientes, ayudando de esta manera a una mejor comprensión de los mismos.

MEDIR:

Consiste en determinar la magnitud y dimensión de las distancias y ángulos en el campo para llevarlas a un plano.

La determinación de dichos valores es mediante un proceso de comparación entre cantidades continuas (1). ejem. La comparación de una línea con un patrón establecido.

TRAZAR:

Operación inversa a la anterior, consiste en tomar valores de distancias y ángulos de un plano, para luego llevarlas al campo y con los cuales se ubicarán puntos sobre el.

REPLANTEO:

Serie de operaciones que se efectúan para localizar puntos perdidos de una línea.

APRECIACION:

Es el valor de la mínima graduación de un instrumento de medición
Ver Figs. 5 y 6

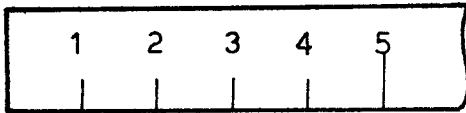


Fig. 5
Apreciación de 1 cm
en cinta métrica

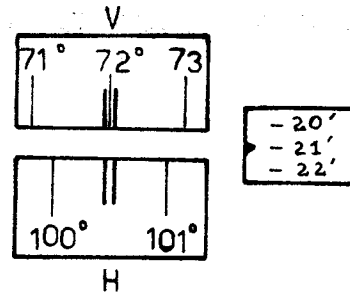


Fig. 6
Apreciación de 1'
en Teodolito

APROXIMACION:

Es la fracción estimada al ojo entre dos graduaciones de apreciación
Ver Fig. 7

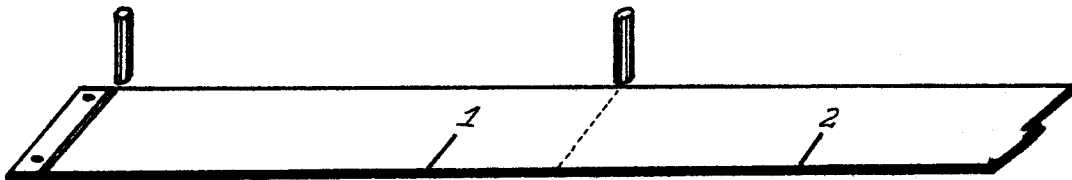


Fig. 7
Lectura aproximada 1.35 unidades

PRECISION:

Es el grado de afinación en las lecturas de una observación ó el número de cifras con que se efectue un cálculo. En otras palabras es el grado de perfección con que se realiza una operación ó se establece un resultado (8)

DISCREPANCIA:

Denota la diferencia entre 2 o más observaciones (1)

CONCORDANCIA:

Denominada exactitud aparente, denota la igualdad entre 2 o más observaciones (1)

MONUMENTOS:

Referencias permanentes generalmente de concreto, sus dimensiones comunes son de 60 cm. de largo X 10 cm. de ancho y grueso, al centro de la base poseen una saliente de varilla de hierro con el objeto de indicar correctamente el centro de la referencia. Ver Fig. 8

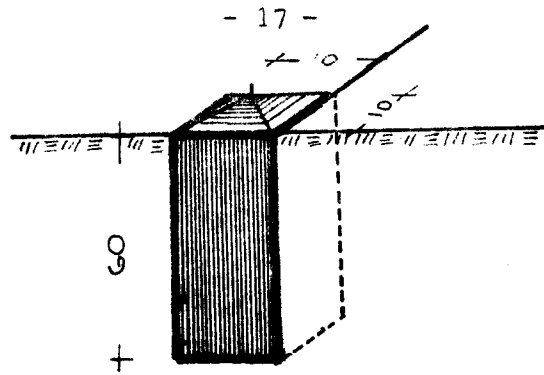


Fig. 8
Monumento

MONUMENTAR:

Colocación de referencias de carácter permanente en el terreno.

REFERENCIAR:

Colocación de marcas momentaneas o temporales en el terreno, pudiendo ser entre otras: trompos, estacas o testigos.

VERTICE:

Es un punto determinado por la intersección de 2 o más alineaciones. (10 , 21)

ESQUINERO:

Es el punto vértice que define el final de una colindancia y el principio de otra.

MOJON:

Llamado también hito ó simplemente señal, es un objeto dispuesto en el terreno que indica la posición de un esquinero. Dichas señales pueden ser naturales (piedras, árboles, etc.) ó artificiales (estacas ó monumentos) (10).

TESTIGO:

Son señales dispuestas sobre los linderos concurrentes a un vértice cuando por una y otra razón es imposible colocar los mojones en su lugar verdadero. Ej: Cuando el vértice cae sobre una calle transitada, una carretera, un rio, una laguna, un terreno pantanoso, un edificio, etc.
(21)

AMOJONAMIENTO:

Operación complementaria a todo trabajo de agrimensura. Tiene por ob-

jeto la fijación legal de mojones esquineros, de una manera clara, estable y precisa. (12)

TROMPOS:

Pequeñas piezas de madera que se fijan firmemente en puntos importantes del terreno denominados estaciones, su diámetro es de 7 a 10 cm., y su altura de 25 a 30 cm. Ver Fig. 9

ESTACAS:

Pequeñas tablas de madera con un largo aproximado de 50 cm, poseen una cara achaflanada en la cual se anotan observaciones importantes de su ubicación. Se colocan a unos 30 cm. de los trompos y son de mucha ayuda para poder ubicar estos en trabajos de localización.

Ver Fig. 10

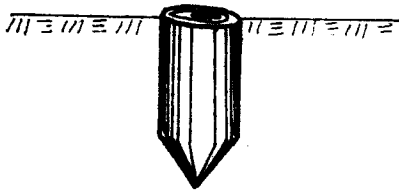


Fig. 9
Trompos

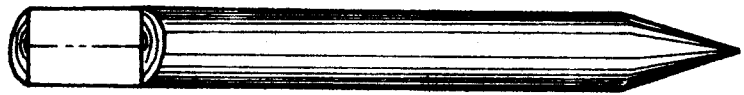


Fig. 10
Estacas

ESTADIA:

Llamada también estadal, consiste en una regla graduada en décimos o centésimos de metro en una de sus caras, con longitudes que varían de 3 a 5 mts., son utilizadas para efectuar lecturas taquimétricas. (8)

Ver Fig. 11



Fig. 11
Estadia

PIQUETES O AGUJAS DE AGRIMENSOR:

Son varillas de acero de 25 a 35 cm. de longitud, provistas en uno de sus extremos de punta y en el otro de una argolla que le sirve de cabeza (25). Se emplean para dejar marcas temporales en alineamientos de puntos o localización de los mismos (6). Ver Fig. 12



Fig. 12
Piquetes o agujas de agrimensor

JALONES O MIRAS DE ALINEACION:

Son varas de metal ó madera pintadas de franjas alternas de color blanco y rojo, cuya longitud varia de 2 a 3 m. y de sección circular u octogonal de aproximadamente 2.5 cm. posee una punta de acero en uno de sus extremos la cual le sirve para clavarse en el terreno, su utilidad es para localizar puntos rapidamente y alinear puntos sobre una línea dada (25). Ver Fig. 13



Fig. 13
Jalones ó miras de alineación

PLOMADAS:

Es un peso metálico terminado en punta y suspendida de una cuerda. Preferentemente sirve para localizar las referencias de puntos sobre el terreno de manera exacta (10). Ver Fig. 14 . Como minimo deberá tener un peso de 250 gramos (8 oz) . (6).

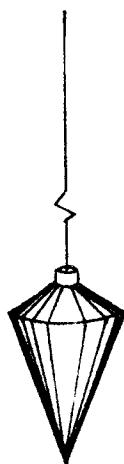


Fig. 14
Plomada

ESCUADRA DE AGRIMENSOR

Es una vara de metal de 1.5 m. de altura (pudiendo ser extensible), en uno de sus extremos posee una punta de acero que le sirve para clavarse sobre el terreno, en el otro posee una mira que sirve para lanzar visuales a 90° y 45° . Es un instrumento muy utilizado para trabajos de replanteo y alineación de puntos (25). Ver Fig. 15



Fig. 15
Escuadra de Agrimensor

EJE DE LA TIERRA O EJE DE ROTACION:

Es el diámetro de la tierra al rededor del cual se verifica el movimiento de rotación, a sus extremos se les denomina NORTE Y SUR (11) Ver Fig. 16.

PLANO MERIDIANO O PLANO SECANTE:

Es aquel que contiene al eje de rotación de la tierra. (N-M-S-Q-N de la Fig. 16). (11).

MERIDIANA O SECCION MERIDIANA:

Es la línea de intersección que se forma entre la superficie terrestre y un plano meridiano cualquiera (N-M-S. de la Fig. 16). (11)

ECUADOR:

Es el circuito máximo terrestre perpendicular al eje de rotación (W-M-E-Q-W de la Fig. 16). (11)

PARALELO:

Plano secante perpendicular al eje de rotación de la tierra (P-A-R-T-P de la Fig. 16). (11)

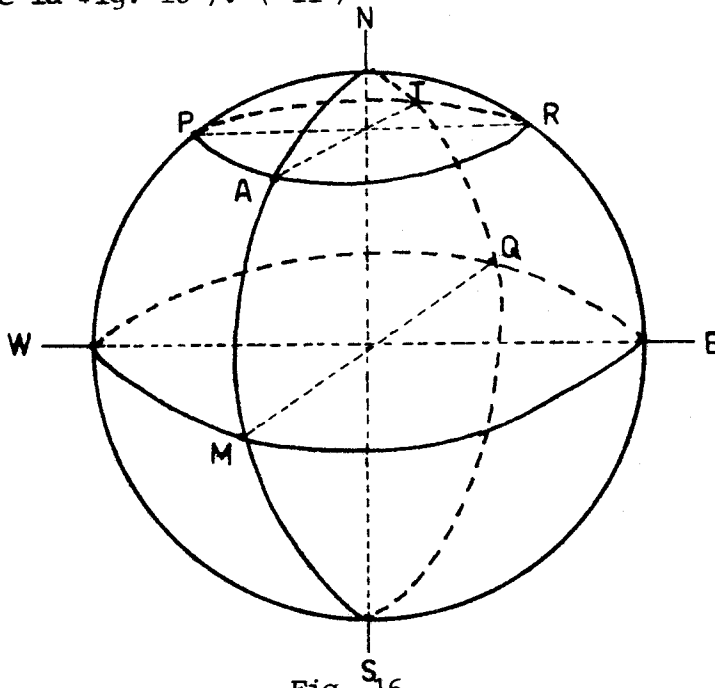


Fig. 16

Elementos de la esfera terrestre.

HORIZONTE SENSIBLE O APARENTE:

Horizonte aparente de un punto M de la superficie terrestre, es el plano tangente en él a la misma superficie (a-d-b-c de la Fig. 17) . (11)

LINEA VERTICAL:

La línea vertical de un punto M es la recta MC indefinidamente prolongada que pasa por el centro de la tierra. El extremo Z de la línea vertical se denomina ZENIT y el extremo N', NADIR. Ver Fig. 17 (10,11)

ANGULO VERTICAL

Es el formado por 2 rectas que se intersectan, estando ambas situadas en el mismo plano vertical (10).

BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR ARRIVILLAGA, R. 1971. Errores y precisión en las operaciones topográficas usuales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 212 p.
6. BRINKER, R.C.; WOLF, P.R. 1969. Topografía elemental México D.F., Editorial PAX. 868 p
8. CALVILLO RAMIREZ, C.A. 1970. Estudio de las especificaciones usadas en Guatemala para la topografía y geodesia. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 137 p.
10. DAVIS, R.; FOOTE, F. 1964. Tratado de topografía. Trad. de la 2 ed. Inglesa por José María Montero. 4 ed. Madrid, Ediciones Aguilar. 880 p.
11. GIOL Y SOLDEVILLA, D.J. 1889. Tratado de agrimensura. 3 ed. Madrid, Librería de la Vda de Hernando. 373 p.
12. GUATEMALA. Decretos. 1936. Ley reglamentaria para trabajos de agrimensura; Decreto Gubernativo 1786 del Congreso de la República de Guatemala. Guatemala.
21. SANTIZO LATORRE, O.A. 1977. Topografía aplicada en ingeniería. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. p. 71-77
25. TORRES NIETO, A.; VILLATE BONILLA, E. 1968. Topografía. 2 ed. Bogotá, Colombia, Editorial Norma. 307 p.

CAPITULO 3

DISTANCIA ENTRE DOS PUNTOS

3.1 Definición

La distancia entre dos puntos es la longitud de una línea recta y horizontal que hay entre dos plomadas localizadas en esos puntos (6 , 10), Ver Fig. 18

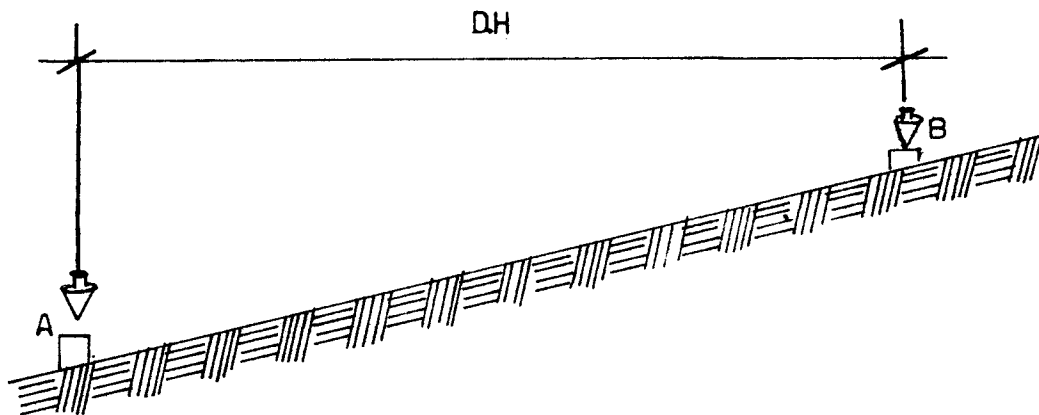


Fig. 18

Representación Gráfica de la distancia entre dos puntos

3.2 Procedimiento para medir distancias entre dos puntos

En topografía las medidas lineales se pueden obtener por medio de la aplicación de dos procedimientos, pudiendo ser estos:

- 3.2.1. Procedimientos Directos
- 3.2.2. Procedimientos Indirectos

3.2.1. Procedimientos Directos:

Como su nombre lo indica determina la distancia entre dos puntos de manera directa, es decir comparando un patrón establecido con la magnitud de la distancia que separa a dos puntos. Los métodos más importantes de este tipo de procedimientos son: Medición con Odómetro, Medición a pasos y Medición con longímetros ó longimetría.

Medición con Odómetro:

El odómetro es un pequeño contador que mide la longitud recorrida en base al perímetro de una rueda contadora.

La distancia medida con odómetro montada en un vehículo son adecuados para algunos levantamientos, tal el caso de trabajos cuyo objetivo es simplemente de localización. Existen algunos odómetros adaptados especialmente a unos tipos de rueda, siendo muy útiles para determinar distancias cortas, especialmente en líneas curvas (6).

Medición a pasos:

Las distancias que se miden a pasos son suficientemente precisas para muchas de las aplicaciones de la topografía, pueden dar una idea de las equivocaciones de consideración que pueda ocurrir en mediciones hechas con cinta o con estadia

Medir a pasos consiste en contar el número de pasos que cubren una distancia requerida. Para determinar la longitud del paso de una persona se realiza la siguiente mecánica:

- + Medir una distancia Horizontal (Ej. 100 mts.)
- + Recorrer a paso natural la distancia de ida y vuelta, llevando un registro del número de pasos caminados.
- + Promediar el número de pasos que se dieron en cada recorrido
- + Determinar la longitud de cada paso, dividiendo la distancia recorrida entre el promedio de pasos

Para medir distancias cortas es conveniente que cada persona conozca su número de pasos equivalente para longitudes de 10 y 30 m.

Ej: Determinación de La Longitud del paso de una persona.

1. Determinar una distancia Horizontal a recorrer. (120 m.)
2. Caminar a paso normal dicha distancia
3. Determinar el promedio del número de pasos dados

Distancia medida (m.)	Número de pasos	
	ida	vuelta
120	154	155
120	155	153
120	154	155
	463	463

$$\text{Promedio de pasos} = \frac{\sum \text{Del número de pasos de ida y vuelta}}{\text{No. de recorridos}}$$

$$\text{Promedio de pasos} = \frac{(463 + 463)}{6} = 154.33 \text{ pasos}$$

4. Determinar la longitud de cada paso

$$\text{Longitud de P.} = \frac{\text{Distancia medida (120 m.)}}{\text{Promedio de pasos (154.33)}} = 0.77 \text{ m /P}$$

Medición con Longímetros ó Longimetría

La medición de una línea horizontal por longimetría consiste en comparar la longitud conocida de un elemento lineal (longímetro), directamente con la línea. (6)

La medición con longímetros se efectúan siguiendo los siguientes pasos: Alineamiento, Tensado del longímetro, Aplome, Marcaje, Lectura y Anotación. (6)

3.2.2. Procedimientos Indirectos

Se basan en la medición de elementos auxiliares tal el caso de valores angulares, diferencias de hilos Estadimétricos velocidad de energía radiante, etc. (5)

Dentro de los métodos más utilizados en procedimientos indirectos para medir distancias horizontales se tienen: Métodos de la Estadia, Método de la barra subtensa y Métodos Electrónicos. (7)

- Método de la Estadia

Llamado también método Estadimétrico. La Estadimetría es - una técnica topográfica que se emplea para determinar rápidamente la distancia horizontal y vertical de un punto a otro, por medio de una sola observación hecha desde un punto denominado estación.

El método estadimétrico de mayor empleo es el de la estadia.

La medición con estadia de distancias horizontales ó inclinadas, se realiza visando a través de un taquímetro ó anteojo telescópico dotado de hilos horizontales equidistantes entre si una estadia o estadal.

La distancia del taquímetro al estadal se determina por relación de proporciones en triángulos semejantes. Con un cuidado razonable se logra llegar a tener una precisión de 1/500 (7, 17).

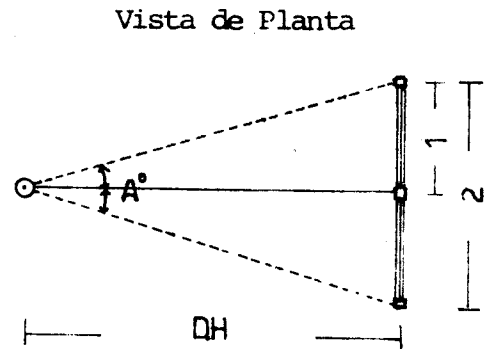
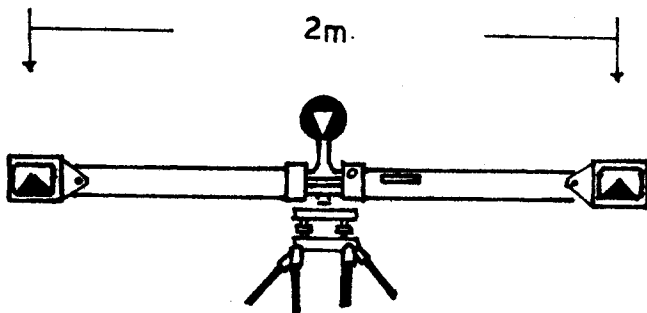
- Método de la Barra subtensa ó Mira Horizontal

Se han desarrollado otros métodos ópticos para la determinación indirecta de distancias horizontales, uno de dichos métodos es el - de la barra subtensa o mira horizontal, desarrollado por el Ingeniero Guatemalteco Claudio Urrutia, el cual se basa en la medición de un ángulo subtenido por la distancia conocida entre dos marcas localizadas en los extremos de una mira o barra horizontal.

La barra subtensa de hilo impar se encuentra montada sobre un trípode (o tripie), que se sitúa perpendicularmente a la línea que se desea medir. Los puntos de mira o señales que se encuentran en los -

extremos de la barra están separados a una distancia de 2 m. ver Fig. 19.

Si se mide el ángulo subtenido entre los puntos de señal con un teodolito de apreciación de 1", la distancia horizontal se determina de la manera siguiente:



$$\text{Tang. } \frac{A^\circ}{2} = \frac{1}{\text{D.H.}}$$

$$\text{D H} = \frac{1}{\text{Tang. } \frac{A^\circ}{2}} \therefore \text{D H} = \text{Cot } \frac{A^\circ}{2}$$

Fig. 19

Estadia Invar o mira Horizontal.

Una ventaja de importancia en este método consiste en que siempre se obtiene la distancia horizontal, no importando que la visual sea inclinada, pues el ángulo A° (subtenido) se mide en un plano horizontal. (7)

Ej. 2. Determinar la distancia horizontal entre los puntos B y C utilizando la mira horizontal, los datos con que se cuentan son los siguientes:

- + Distancia entre señales de la barra horizontal 2 m.
- + Ángulo subtenido $3^\circ 15'00$ \therefore DH = 17.61 m

- Distanciametría Electrónica

La medición electrónica de distancias (EDM). se realiza mediante instrumentos especiales que determinan distancias o longi-

tudes en base al tiempo que requiere la energía radiante electromagnética, para viajar de un extremo a otro de una línea donde se encuentran localizados un proyector o emisor y un reflector respectivamente. (7)

Las principales ventajas de la distanciometría electrónica, son la rapidez y la exactitud con que se pueden medir las distancias. (19). En el capítulo 7 se presentan algunas características del funcionamiento de instrumentos que emplean distanciómetros.

3.3. Longímetros

Anteriormente se ha señalado que los longímetros son instrumentos de longitudes conocidas que permiten medir directamente distancias, los longímetros mas comunes son: cadenas, reglas y Cintas. (6 , 17 , 25)

- Cadenas

Son longímetros formados por eslabones de alambre grueso de acero ó latón unidas entre sí por medio de pequeñas argollas. En el mercado pueden encontrarse de varios tipos dependiendo de su longitud, así se tienen de 10, 20, 30 y 50 m. Cada metro se encuentra señalado por medio de una pequeña placa que cuelga de una cadena pequeña sujeta a una argolla que une dos eslabones. (25) Ver Fig.20.

Las cadenas presentan entre otros los siguientes inconvenientes:

- + Pérdida de graduación debido al alargamiento que sufren los eslabones por el desgaste
- + Peso excesivo implicando problemas en su transporte
- + Fácilmente se enreda
- + Problemático al efectuar las lecturas cuando se pierde alguna placa de graduación. (3 , 25)



Fig. 20
Cadenas

- Reglas

Son piezas de madera, pudiendo encontrarse de diferentes colores y longitudes. Su uso se limita a terrenos planos y poco sinuosos. (17) (Ver Fig. 21)



Fig. 21

Reglas

- Cintas

Son los longímetros más comunes y útiles, pudiendo encontrarse de diferentes materiales, siendo los más usados: Cintas de tela, Cintas de acero, Cintas de hilo sintético con recubrimiento plástico, Cintas de bronce y fósforo, Cinta de invar y Cinta de lovar (6, 25)

Cinta de Tela

Estan hechas de material impermeable, poseen un refuerzo de hilos delgados de acero ó bronce (4,6, ú 8) que limitan su alargamiento con su uso. Es común encontrar en el mercado de longitudes que varian de 10, 20 y 30 m. debe tenerse mucho cuidado al guardarla, tratando que no se encuentre mojada ni retorcida ya que ello puede implicar menor tiempo de uso útil. (25)

Cintas de Acero

Son cintas empleadas en trabajos topográficos de precisión, en el mercado se encuentran de varias longitudes siendo las más comunes de 25, 30, 50 y 100 m. Su desventaja con respecto a la anterior es que pueden partirse fácilmente si no se saben usar. (25)

Cinta de Bronce y Fósforo

Cintas de material inoxidable, recomendadas cuando se trabajan en lugares vecinos de agua salada. (25)

Cinta de Invar

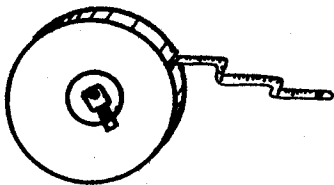
Se emplea en trabajos de alta precisión, el invar es una aleación de níquel y acero (35% - 65% respectivamente), posee una expansión térmica aproximadamente de 1/30 de la del acero.

Es de muy poco uso por su alto costo y su manejo delicado. (25)

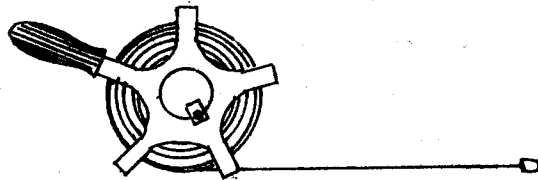
Cinta Lovar

Tiene propiedades y costos intermedios entre la cinta de acero y la cinta invar. (6).

De las cintas anteriores las más ampliamente usadas en Guatemala son las de acero, tela y fibra sintética, las cuales pueden encontrarse en el mercado como cintas de bolsillo y de carrete (Ver Fig. 22a y 22b)



Cinta de bolsillo



Cinta de Carrete

Fig. 22

Cintas de Bolsillo y de Carrete

- Algunas características de las cintas de bolsillo y de carrete:

a. Cintas de bolsillo

Pueden clasificarse por el origen de su graduación de la siguiente manera:

- + Las que principian desde el extremo de la argolla (Fig. 23a).
- + Las que principian desde el centro de la argolla (Fig. 23b).
- + Las que principian a cierta distancia dentro de la cinta (Fig.23c)

(16)

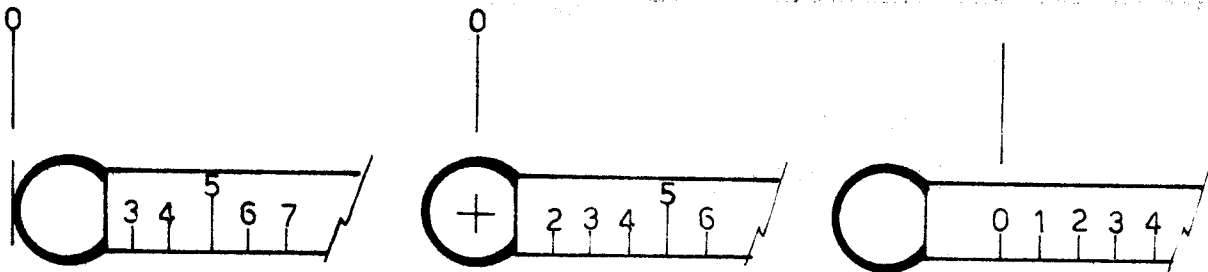


Fig. 23 a

Fig. 23b

Fig. 23c

Fig. 23

Origen de la graduación de las cintas de bolsillo.

b. Cintas de Carrete

Pueden clasificarse por la disposición del talón:

TALON: Constituye el primer metro graduado en centímetros o decímetros en cintas con apreciación de 1 m. (29)

+ Cintas sin talón: Cuando la apreciación total de la cinta es en centímetros.

+ Cinta con talón Directo: Generalmente forma parte de la longitud total de la cinta, la numeración de la graduación del talón esta dispuesta de Izquierda a Derecha. Ver Fig. 24

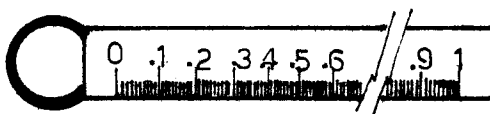


Fig. 24

Talón Directo

- + **Cinta con talón Indirecto:** La numeración de la graduación del talón esta dispuesta de Derecha a Izquierda. Pueden encontrarse talones que forman parte de la longitud total de cinta y talones separados de la misma. Ver Fig. 25

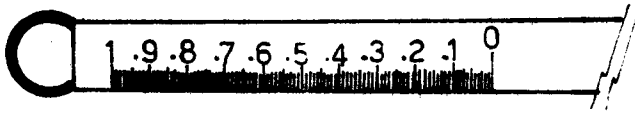


Fig. 25
Talón Indirecto

FORMAS DE USAR LAS CINTAS CON TALON

- Cintas con talón Directo

1. El cadenero de atrás (A) y el de adelante (B) colocan la cinta alineada, tensa y horizontal entre los puntos a medir. Ver Fig. 26a

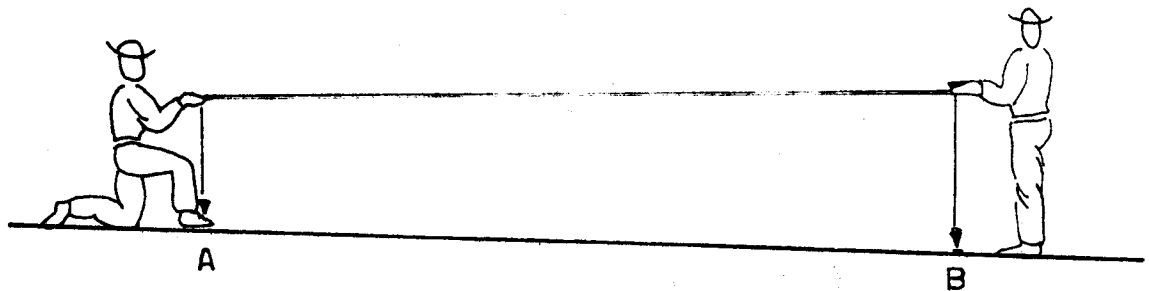


Fig. 26a

2. Si la marca de graduación de la cinta en el punto B no coincide con una marca de apreciación, será necesario utilizar el talón para evitar realizar una operación de aproximación. Ver Fig. 26b

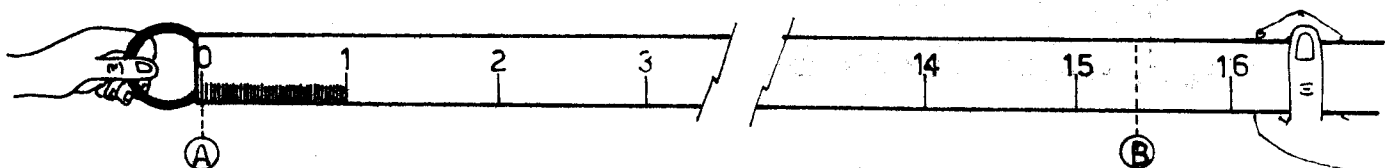


Fig. 26b

3. El cadenero de atrás (A) tira de la cinta hasta que el cadenero de adelante (B) coloca sobre la marca del terreno la graduación inmediata superior de la cinta. Ver Fig. 26c.

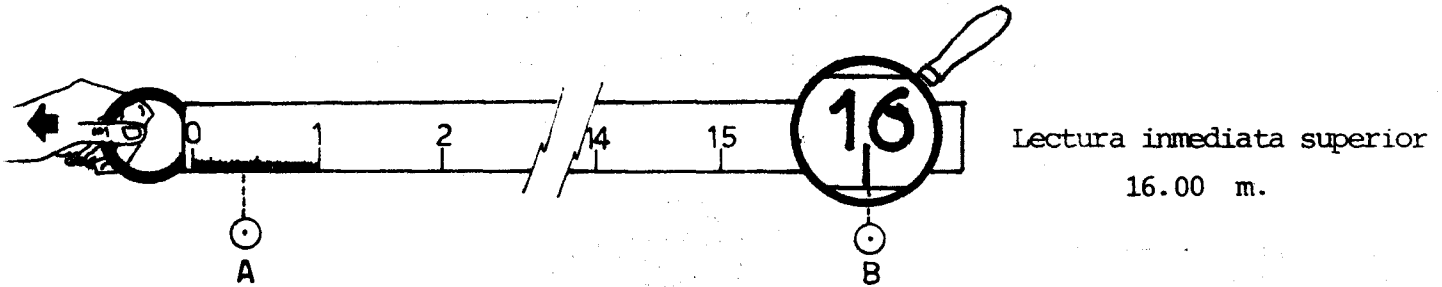


Fig. 26c

4. El cadenero de atrás lee sobre el talón la fracción que sobresale y la anota en su libreta de campo. Ver Fig. 26d.

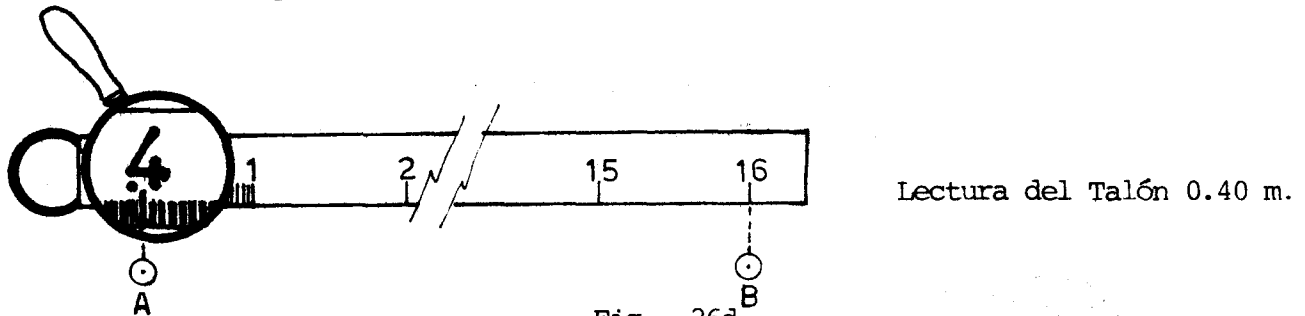


Fig. 26d

5. El valor de la lectura de medición correcta se obtiene de la resta del valor de graduación inmediato superior (punto B), de la lectura que sobresale del talón.

$$\text{Distancia Horizontal correcta} = \text{Lectura inmediata superior} - \text{Lectura del talón}$$

Según lo representado en los esquemas anteriores:

$$\text{Distancia Horizontal correcta} = 16.00 \text{ m.} - 0.40 \text{ m.}$$

$$\text{Distancia Horizontal correcta} = 15.60 \text{ m.}$$

- Cinta con talón Indirecto incorporado a la Longitud Total

1. El cadenero de atrás (A) y el de adelante (B) colocan la cinta en posición de medir entre los puntos A y B.

2. Si la marca en el punto (B) no coincide con una de las graduaciones de la cinta, ello implicará la utilización del talón.
3. El cadenero de atrás (A) tira de la cinta hasta que el cadenero de adelante (B) coloca la marca de graduación inmediata superior sobre la señal que identifica el punto final. Ver Fig.27a.

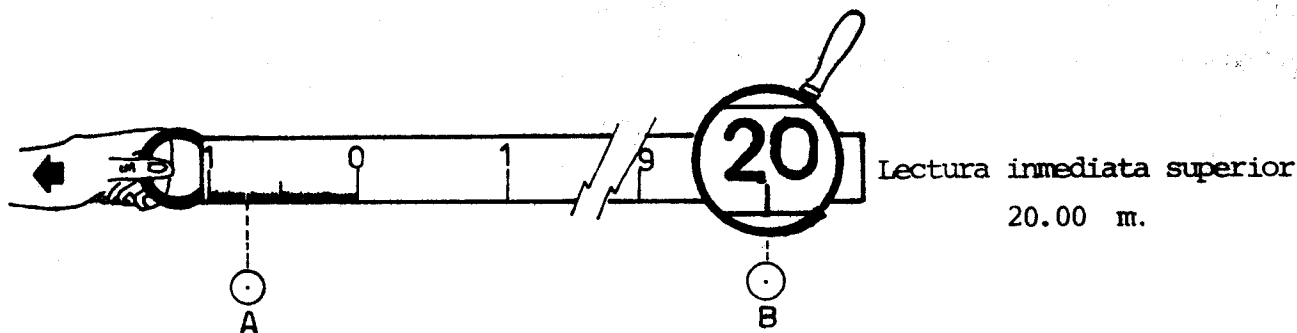


Fig. 27a.

4. El cadenero de atrás lee sobre el talón la fracción que sobresale y la anota en su libreta de campo. Ver Fig. 27b

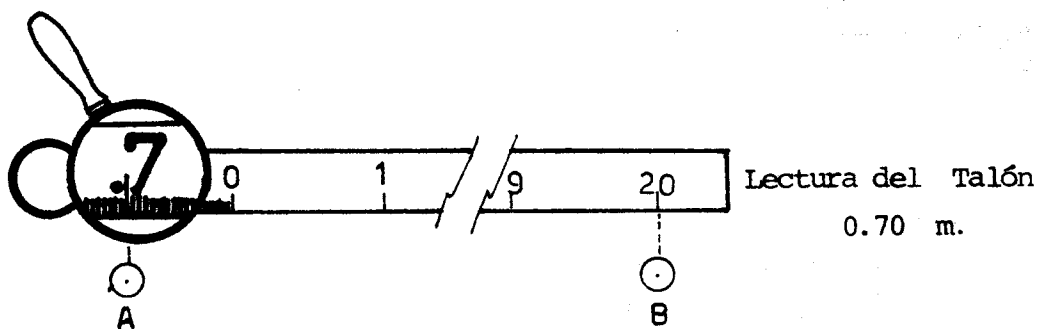


Fig. 27b.

5. El valor verdadero de la distancia se obtiene sumando la fracción que sobresale del talón a la marca inmediata superior hecha en (B), a dicho resultado se le resta 1.

Ejemplificado los resultados de los esquemas anteriores se tiene:

$$\text{Lectura correcta} = (\text{Lec. hecha en B} + \text{Frac. del talón}) - 1$$

$$\text{Lectura correcta} = (20.00 \text{ m.} + 0.70 \text{ m.}) - 1$$

$$\text{Lectura correcta} = (20.70 \text{ m.}) - 1$$

$$\text{Lectura correcta} = (19.70 \text{ m.})$$

- Cinta con talón Indirecto y separado de la Longitud Total.

1. Tanto el cadenero de atrás como el de adelante colocan la cinta en posición de medir entre los puntos considerados (A y B).
2. Si la marca en el punto final (B) no coincide con una de las marcas de graduación de la cinta, ello implicará la utilización del talón. Ver Fig. 28a.

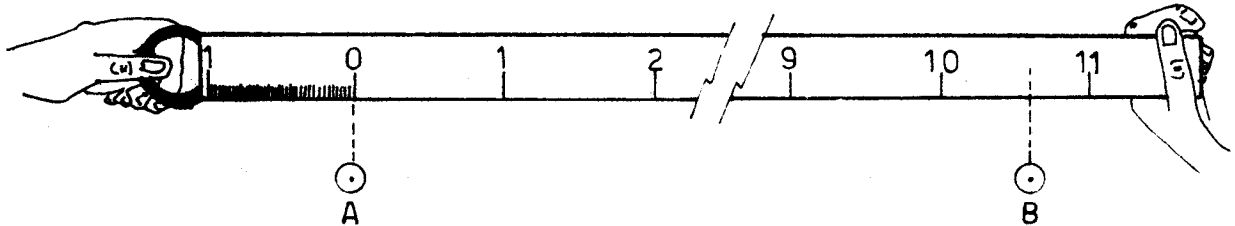
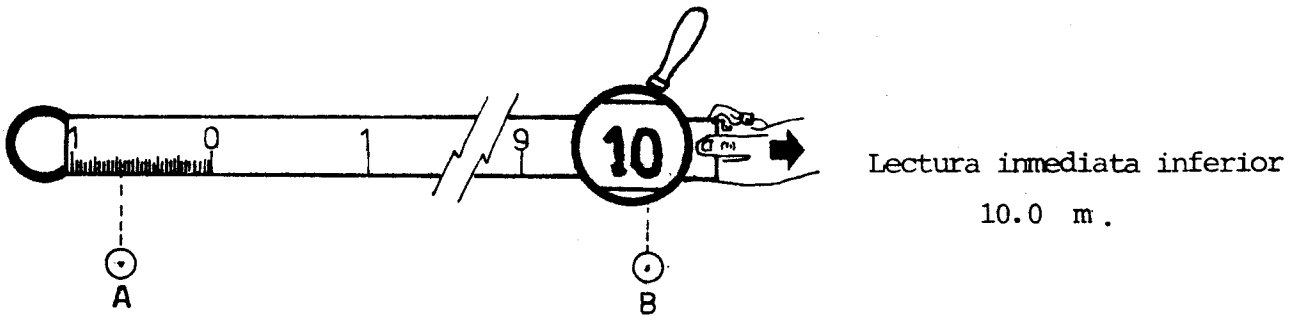


Fig. 28a.

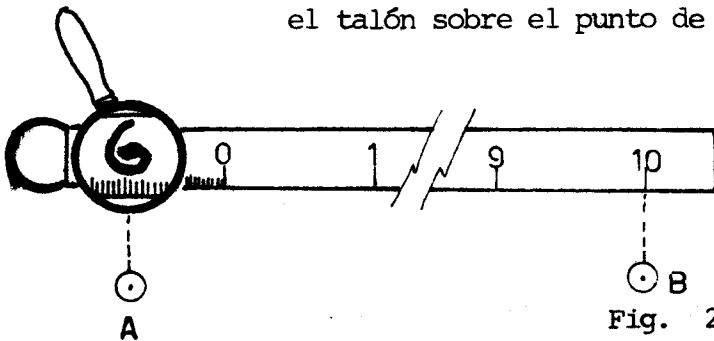
3. El cadenero de adelante (B) jalará la cinta hasta que haga coincidir la marca inmediata inferior de graduación con la señal que marca el punto sobre el terreno. Ver Fig. 28b.



Lectura inmediata inferior
10.0 m.

Fig. 28b.

4. El cadenero de atrás (A) leerá y anotará la fracción que señale el talón sobre el punto de referencia A. Ver Fig. 28c



Lectura del talón 0.60 m.

Fig. 28c.

5. El valor verdadero de la distancia se obtiene sumando el valor del talón a la lectura hecha por el observador en B.

Atendiendo los Esquemas anteriores se obtendrá:

Lectura verdadera = Lectura hecha en B + lectura del talón

Lectura verdadera = 10.00 m + 0.60m

Lectura verdadera = 10.60 m

3.4. Alineamientos

Alineamiento es la operación que consiste en situar puntos sobre el terreno, de tal manera que queden ubicados sobre una misma línea recta. Toda medida directa viene acompañada de alineamientos previos (18), los cuales tienen como objetivo ubicar puntos a distancias que puedan ser medidas directamente.

Se reconocen dos tipos de alineamientos siendo estos:

Alineamiento Intermedio

Alineamiento Final o Extremo.

- Alineamiento Intermedio

Siendo dos puntos A y B, localizados sobre el terreno a una distancia dada. Si se desea trazar una línea recta entre ambos ó bien establecer el valor de la distancia horizontal entre estos, cuando la distancia de separación entre los mismos resulta ser mayor que la longitud máxima del longímetro disponible, es entonces necesario alinear puntos intermedios para poder lograr el objetivo deseado, para lo cual es imperativo el siguiente equipo y personal:

- 3 Jalones
- 1 Juego de agujas de agrimensor
- 3 Operadores

PROCEDIMIENTO

1. Ubicar los puntos extremos A y B
2. En los puntos extremos un operador sostendrá verticalmente un jalón.
Ver Fig. 29

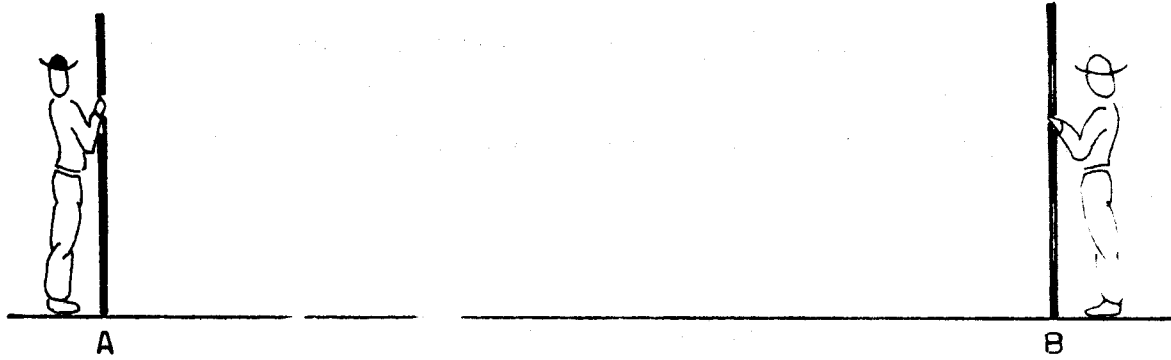


Fig. 29
Forma de sostener Jalones

3. El operador ubicado en A, se colocará por detras del jalón respectivo y lanzará una visual a rostro del jalón hacia el rostro similar del jalón ubicado en el punto B.
4. Un tercer operador (C), provisto de otro jalón se coloca intermedio a A-B, haciendo mover su jalón de un lado a otro en sentido perpendicular a la dirección A-B, cuidando siempre de mantener la verticalidad del mismo y de no obstaculizar con su cuerpo la visual del operador ubicado en A.
5. El movimiento realizado por el operador en C es dirigido por el observador ubicado en A, deteniendolo cuando el tercer jalón coincida con la visual A-B. Ver Fig. 30
6. Habiendo conseguido lo anterior, el operador (C) colocará una aguja de agrimensor en el punto alineado, dicha operación se repite el número de veces necesarias hasta lograr el objetivo deseado (18)

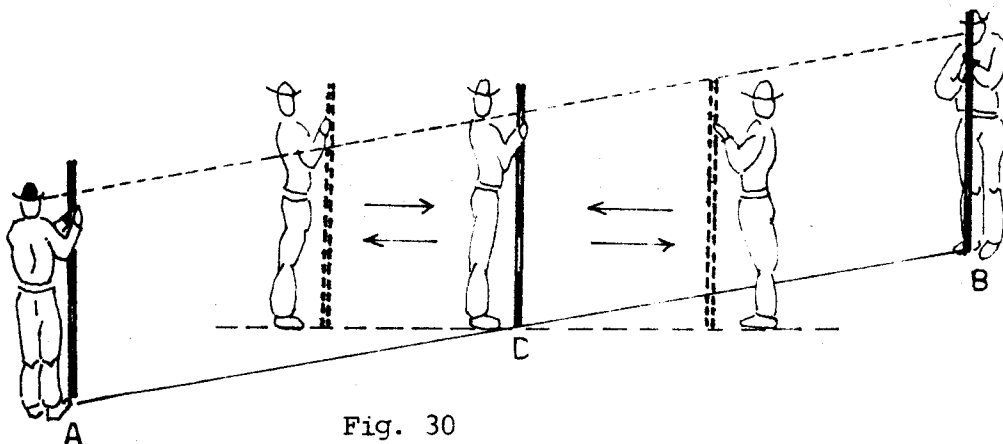


Fig. 30
Forma de alinear puntos intermedios

Existe otro tipo de alineamiento intermedio utilizado cuando los dos extremos no son visibles entre sí. Ver Fig. 31

En estos casos el equipo y personal necesario queda constituido por:

- 4 Jalones
- 1 Juego de agujas de Agrimensor
- 4 Operarios

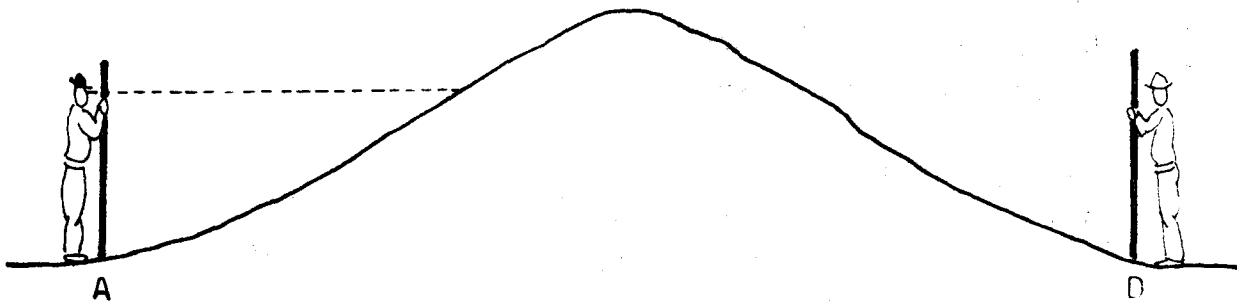


Fig. 31

Estaciones topográficas A-D no son visibles entre sí.

Para poder alinear puntos intermedios entre dichos extremos, el procedimiento lógico es el siguiente:

1. Se colocan sendos jalones en las puntas A y D, dos jalones intermedios B-C se colocan entre A-D, sin mayor intento de alinearlos con A y D pero con la condición de que ambos sean visibles desde estos dos puntos. Ver Fig. 32.

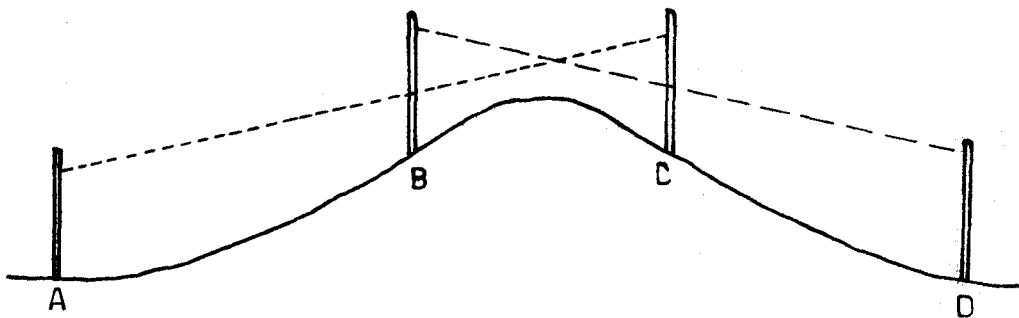


Fig. 32

Distribución de Jalones intermedios

2. El observador en A trata de alinear el jalón en B tomando ^{como} referencia final el jalón en C
3. El observador localizado en D trata de alinear el jalón C, tomando como extremo final el jalón B.
4. Estos dos procedimientos se repiten hasta que los operadores en A y D se encuentren conformes con el alineamiento de los puntos B y C. Es en este momento cuando se logra alinear puntos intermedios entre los extremos no visibles entre sí. (14 , 26) Ver Fig. 33

Vista de Planta

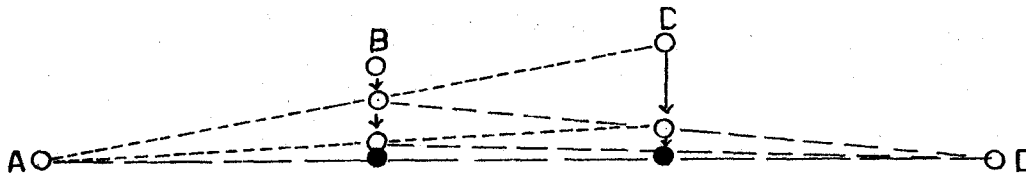


Fig. 33

Alineamiento de dos puntos intermedios desde extremos no visibles entre sí.

- Alineamiento Final o Extremo

Siendo dos puntos A y B. localizados sobre el terreno a una distancia dada. El alineamiento de puntos auxiliares sobre la orientación A-B a una distancia mayor que la separación A-B, es lo que se conoce como alineación final o extrema. para poder ejecutar dicha alineación es necesario contar con un equipo y personal mínimo, el cual deberá ser el siguiente:

- 3 Jalones
- 1 Juego de agujas de agrimensor
- 3 personas

PROCEDIMIENTO

1. Ubicar los puntos extremos A y B
2. Se colocan sendos jalones en A y en B respectivamente.
3. El operador ubicado en A se colocará por detras del jalón respectivo y lanzará una visual a rostro del jalón hacia el rostro similar del jalón ubicado en el punto B.
4. Un tercer operador (C) provisto de otro jalón se colocará en un punto ubicado posterior al punto B, haciendo mover su jalón de un lado a otro en sentido perpendicular a la dirección \overline{AB} , cuidando siempre de mantener la verticalidad del mismo.
5. El movimiento realizado por el operador en C es dirigido por el operador ubicado en A, deteniendolo cuando el tercer jalón (C) - quede sobre la proyección de la visual \overline{AB} . Ver Fig. 34

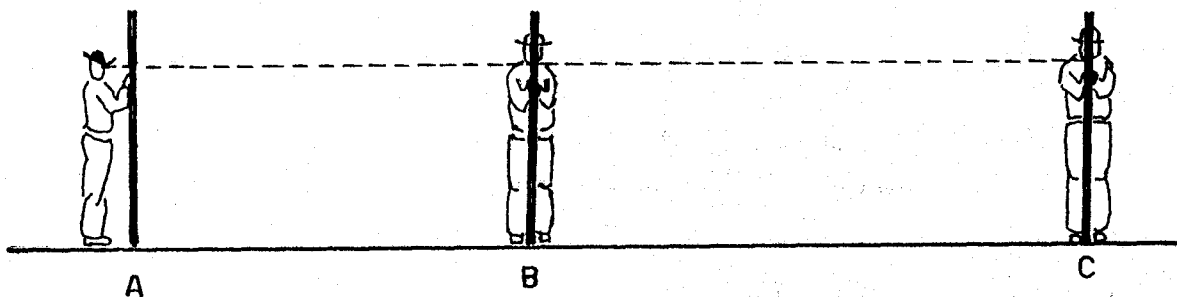


Fig. 34

Forma de alinear puntos extremos

6. Habiendo conseguido lo anterior, el operador en (C) colocará una aguja de agrimensor en el punto alineado, dicha operación se repite el número de veces necesarias, pudiendo cambiarse el operador de A a otro punto ya alineado para lograr mayor proyección del alineamiento.

BIBLIOGRAFIA

3. BILLEV VELA, F. s.f. Curso de topografía I; levantamiento con cinta. Guatemala, Piedra Santa. 41 p.
6. BRINKER, R.C.; WOLF, P.R. 1969. Topografía elemental. México D.F., Editorial PAX. 868 p.
7. _____ . 1982. Topografía moderna. Trad. de la 6 ed. inglesa por Dolores García Díaz y Rafael García Díaz. 6 ed. México D.F., HARLA. 542 p.
10. DAVIS, R.; FOOTE, F. 1964. Tratado de topografía. Trad. de la 2 ed. Inglesa por José María Montero. 4 ed. Madrid. Ediciones Aguilar. 880 p.
14. IRVINE, W. 1975. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés por Eduardo Caso Cayzedo. Cali, Mc Graw Hill. 259 p.
16. MONTES DE OCA, M. 1970. Topografía. 4 ed. México D.F., Representaciones y Servicios de Ingeniería. 344 p.
17. MORALES CHINCHILLA, E.G. 1967. Manual de topografía para trabajadores sociales rurales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 110 p.
18. QUINTANA, A. 1958. Topografía. Santiago de Chile, Editorial Universitaria. 422 p.

19. ROSALES ESTRADA, J.R. 1973. Procedimientos para realizar medidas de terrenos con propósitos legales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 143 p.
25. TORRES NIETO, A.; VILLATE BONILLA, E. 1968. Topografía 2 ed. Bogotá, Colombia, Editorial Norma. 307 p.
26. TOSCANO, R. 1977. Métodos topográficos. 14 ed. México D.F., Editorial Porrúa. p. 118,119.
29. WILD HEERBRUGG. (Suiza). 1982. Catálogo de equipo. Herbrugg, Suiza. 36 p.

CAPITULO 4

USOS DE LA CINTA METRICA

4.1. Medición de Distancias entre dos puntos

La determinación de la distancia horizontal entre dos puntos por medio de la cinta métrica, varía en su procedimiento dependiendo de la configuración del terreno, así se encuentran:

4.1.1. Medición en terrenos planos

4.1.2. Medición en terrenos inclinados

4.1.1. Medición en terrenos planos (menor de 5.25% de pendiente)

Si la longitud de la distancia entre los puntos a medir es menor que la longitud de la cinta métrica, el procedimiento es el siguiente:

1. Localizar los puntos de partida y final de la línea a medir por medio de referencias (trompos).
2. Colocar el origen de la cinta en el punto de partida.
3. Localizar por medio de una plomada el punto final del caminamiento, tensar y mantener la cinta horizontal al momento de efectuar la medición.
4. Con la ayuda de la plomada en el punto final, señalar exactamente la marca sobre la cinta.
5. Utilizar el talón en caso necesario.
6. Anotar la lectura.

Si la longitud de la distancia entre los puntos considerados es mayor que la longitud de la cinta métrica, el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Por medio de unos tramos señalar exactamente el punto de partida y finalización del caminamiento a medir. Para mayor precisión se recomienda colocar sobre los tramos tachuelas que indiquen dichos puntos.
2. Alinear puntos auxiliares a lo largo de la línea establecida
3. Medir los tramos localizados por los puntos alineados anteriormente.
4. Anotar las medidas de dichos tramos en la libreta de campo.
5. Determinar la distancia horizontal entre los puntos extremos, para lo cual bastará con sumar el valor de las distancias de los tramos correspondientes.

4.1.2. Medición en terrenos inclinados ($>5.25\%$ y $<50\%$ de pendiente)

Quando la pendiente no es muy fuerte y las condiciones topográficas del terreno son bastante irregulares, se recomienda utilizar el método de Quiebre de cinta. (17) Dicho método consiste en - realizar medidas cortas con la cinta, manteniendo ésta siempre horizontal sobre el terreno. Ver Fig. 35

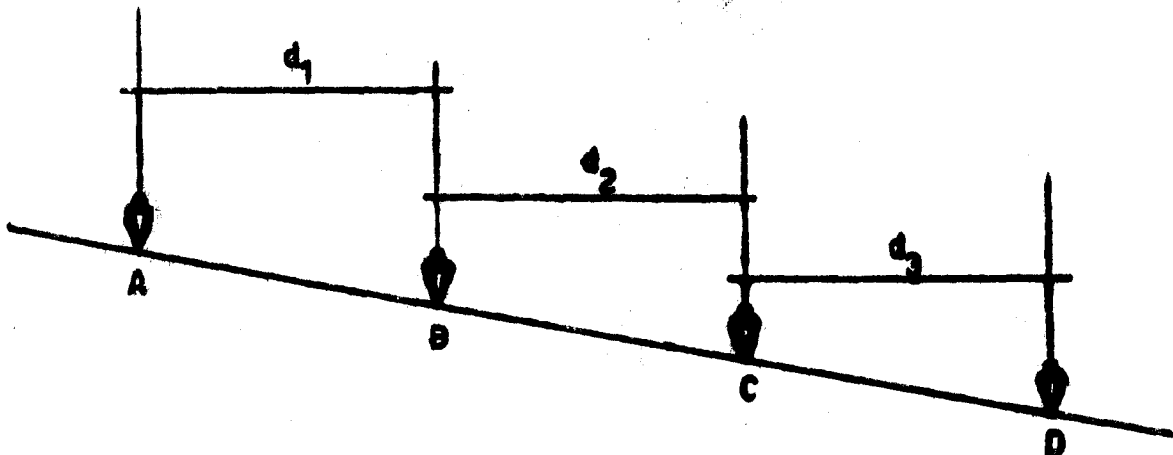


Fig. 35
Quebrar Cinta

Para tal efecto el procedimiento recomendado es el siguiente:

1. Referenciar los puntos de inicio y finalización del tramo a medir.
2. Un operador colocará el origen de la cinta sobre el punto de partida, un segundo operador caminará en sentido de la línea a medir llevando consigo el resto de la cinta, teniendo el cuidado de mantenerla horizontal.
3. El tramo máximo a medir lo definirá aquel punto en donde la cinta mantenida horizontal y tensa se encuentre a la altura del pecho - del segundo operador, Ver Fig. 36

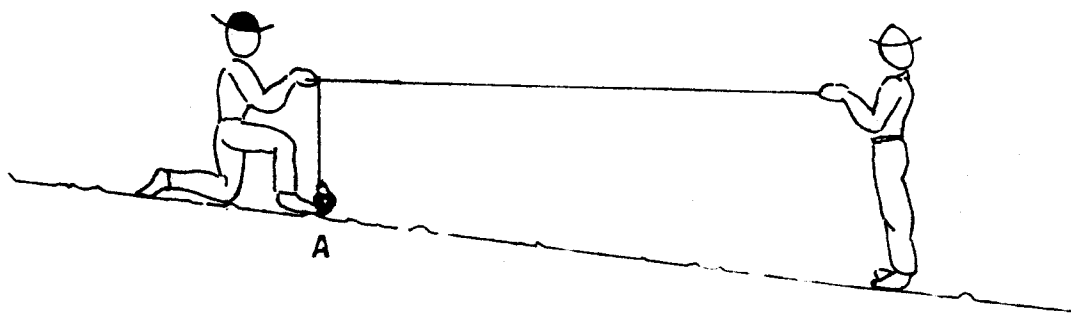


Fig. 36

Distancia máxima a medir quebrando
Cinta

4. Habiendo establecido dicha distancia se alinea el punto correspondiente y se referencia con un trompo.
Posteriormente se efectúa la medición del tramo, manteniendo los principios indicados anteriormente
5. Anotar la magnitud medida en la libreta de campo.
6. La secuencia anterior se repetirá el número de veces necesarias hasta lograr cubrir la totalidad de la distancia requerida.
7. La determinación de la distancia total se realiza sumando los valores de las distancias parciales conseguidas por los tramos comprendidos. (3 , 6 , 16 , 17)

4.2 Trazo de Perpendiculares

4.2.1. Trazo de Perpendicular a una línea desde un punto dado

Para trazar una perpendicular a una línea partiendo desde un punto dado, existen distintos métodos, encontrándose algunos de aproximación y otros analíticos, dentro de los cuales se reconocen como los de mayor utilidad los que a continuación se detallan:

- Método rústico o de aproximación
 - Método del Triángulo Isósceles
 - Método de la cuerda Bisecada
 - Método del Triángulo Pitagórico
 - Método de la escuadra de agrimensor
- Método Rústico o de Aproximación

Es un método utilizado cuando no se dispone de ninguna clase de equipo, el procedimiento lógico es el siguiente:

1. Determinar el alineamiento al cual se le ha de levantar una perpendicular, dejando referenciado sobre éste dos puntos extremos visibles entre sí; A y B respectivamente. Ver Fig. 37



Fig. 37

Referenciar dos puntos del alineamiento

2. Determinar y referenciar el punto por donde se levantará la perpendicular (C)
3. Un operador se colocará en el punto (C) con los brazos abiertos en cruz, de modo que el brazo izquierdo apunte hacia B y el derecho hacia A. Ver Fig. 38.

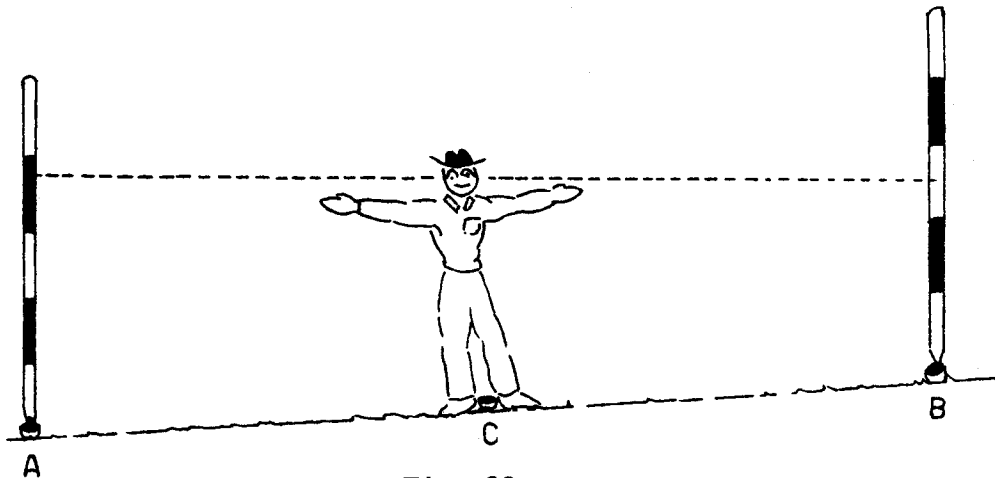


Fig. 38

Colocación del operador en el punto de partida de la Perpendicular.

4. Habiendo conseguido lo anterior, se cierran los ojos y se procede a juntar las manos hacia adelante palma con palma, la dirección señalada con los brazos juntos es aproximadamente perpendicular a la línea \overline{AB} . Ver Fig. 39 (25)

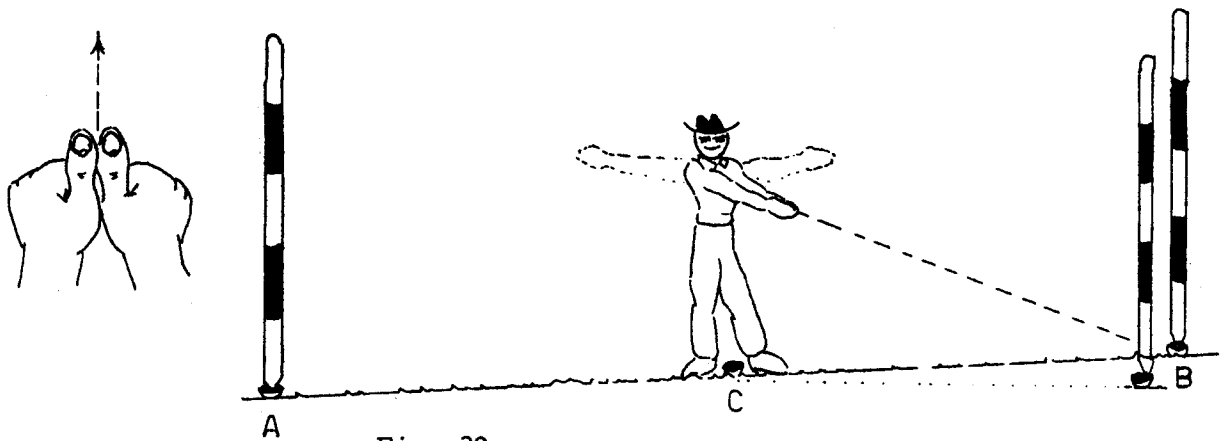


Fig. 39

Proyecciones de la Perpendicular

- Método del Triángulo Isósceles

Teniendo un alineamiento definido por los puntos \overline{AB} , se desea levantar una perpendicular que parta de un punto Q.

Procedimiento Lógico a seguir

1. Sobre la línea \overline{AB} se localizan dos puntos (Q y R), a una distancia cualquiera. Ver Fig. 40.



Fig. 40

Localización de los puntos Q y R
Sobre la línea AB

2. Colocando un jalón en Q y otro en R, con la ayuda de una cinta métrica y haciendo fijo el jalón en Q, se traza un arco en dirección de la perpendicular a trazar. Ver Fig. 41.
3. Haciendo fijo el jalón en R y con radio \overline{QR} se traza un arco en el mismo sentido que el anterior, Ver Fig. 41.
4. La intersección de los dos arcos localizará un punto (C), el cual deberá ser referenciado por medio de una aguja de agrimensor. Ver Fig. 41.
5. Se prolonga el alineamiento \overline{RC} y se mide a partir de C una distancia igual a \overline{RC} , con ello se ubicará alineadamente un punto (P) - Ver Fig. 41.
6. Uniendo Q y P se obtiene la proyección de la perpendicular deseada.

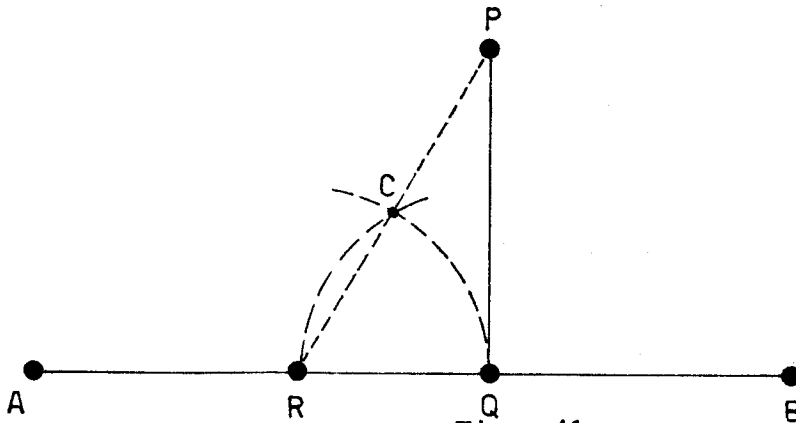


Fig. 41

Método del Triángulo Isósceles

- Método de la cuerda Bisecada

Se desea levantar en un punto determinado una perpendicular a la línea \overline{AB} , el procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Se alinea un punto (C) sobre el alineamiento \overline{AB} . Ver Fig. 42
2. Haciendo centro en C y con la ayuda de la cinta métrica se miden dos radios iguales \overline{CD} y \overline{CE} en dirección de A y B respectivamente. Con dichos radios se trazan sendos arcos con las cuales se podrán alinear los puntos D y E sobre el alineamiento básico. Ver Fig.42

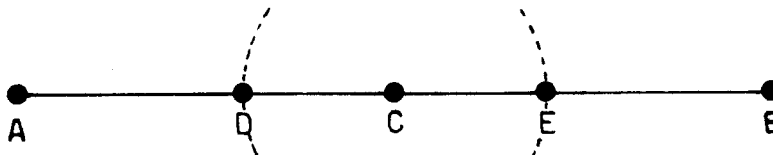


Fig. 42
Linear los puntos D y E.

3. Haciendo centro en D y con la ayuda de la cinta métrica y dos jalones se traza un arco con radio de \overline{DE} u otro cualquiera mayor que el radio \overline{DC} , en dirección de la perpendicular deseada. Ver Fig. 43.
4. Haciendo centro en E se traza un arco de igual radio que el anterior y en dirección de la perpendicular a trazar, la intersección de los dos arcos ubicará al punto (F) el cual deberá quedar referenciado por medio de una aguja de agrimensor. Ver Fig. 43.
5. Uniendo C con F se obtiene la perpendicular deseada. Ver Fig. 43.

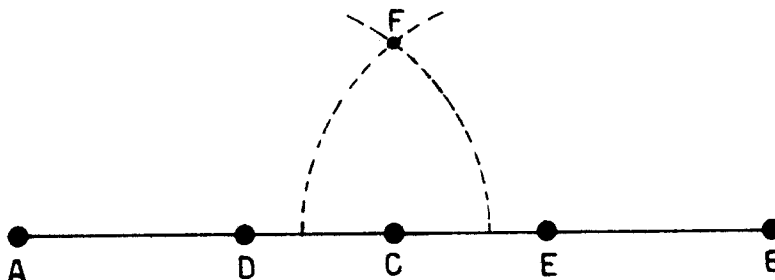


Fig. 43
Método de la Cuerda Bisecada

- Método del Triángulo Pitagórico

1. Referenciar los puntos A y B que determinan el alineamiento base, así mismo ubicar el punto C que establece el inicio de la perpendicular. Ver Fig. 44

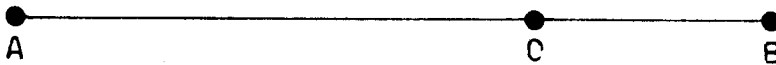


Fig. 44

Referenciar los Puntos A, B y C.

2. Partiendo del punto C en dirección del punto A, se mide un radio \bar{CE} de 4 m. con el cual se alineará un punto E sobre la alineación \bar{AB} . Ver Fig. 45.

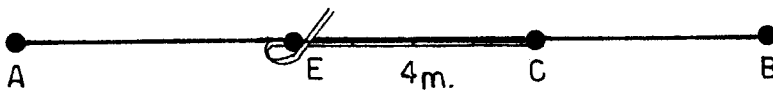


Fig. 45

Alineamiento del Punto E.

3. En el punto E la cinta experimenta una vuelta de coca de 0.5 ó 1.0 metro (La vuelta de coca evita que la cinta pueda quebrarse si es de metal) Ver Fig. 46.

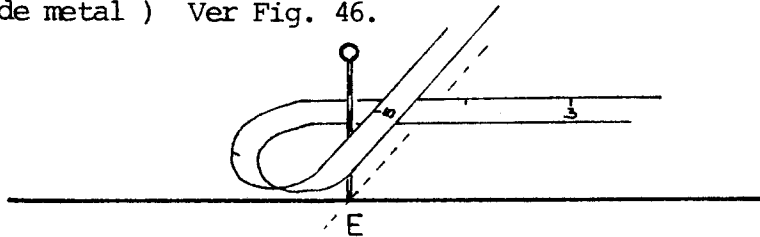


Fig. 46

Vuelta de Coca

4. Habiendo realizado la vuelta de coca a la cinta, se mide un radio \overline{ED} de 5 m. con lo cual se pretende ubicar sobre el terreno un punto D que alineado con C representen una perpendicular al alineamiento base. Ver Fig. 47.

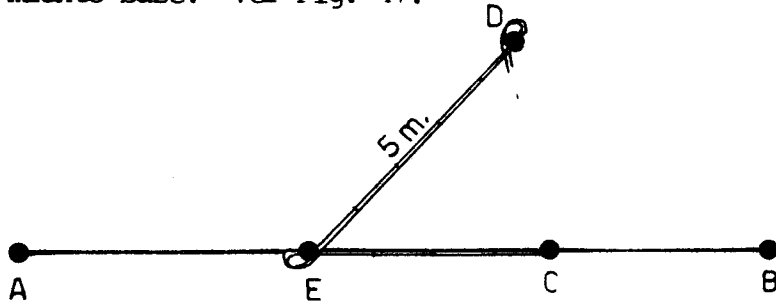


Fig. 47

Ubicación del Punto D Transitorio

5. En el punto D la cinta experimenta nuevamente una vuelta de coca (de la misma magnitud que la anterior), luego de ello se mide un radio \overline{DC} de 3 m. Ver Fig. 48.

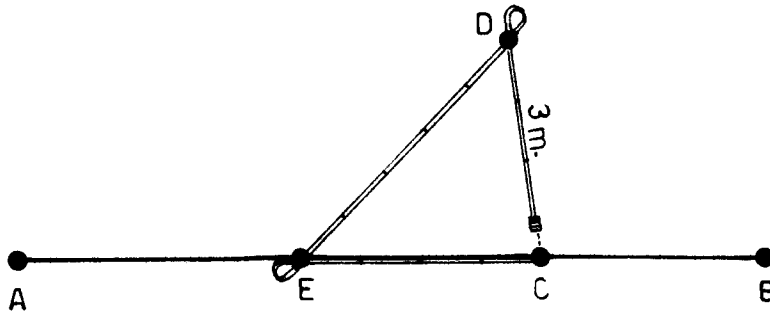


Fig. 48

Formación de los Radios $\overline{CE-ED}$ y \overline{DC}

6. Para formar el triángulo rectángulo, el jalón ubicado en el punto D, es movido por su operador hasta encontrar la posición donde los radios \overline{ED} y \overline{DC} queden perfectamente tensados, es en este momento donde la proyección \overline{DC} constituye un alineamiento perpendicular a la línea \overline{AB} . Ver Fig. 49

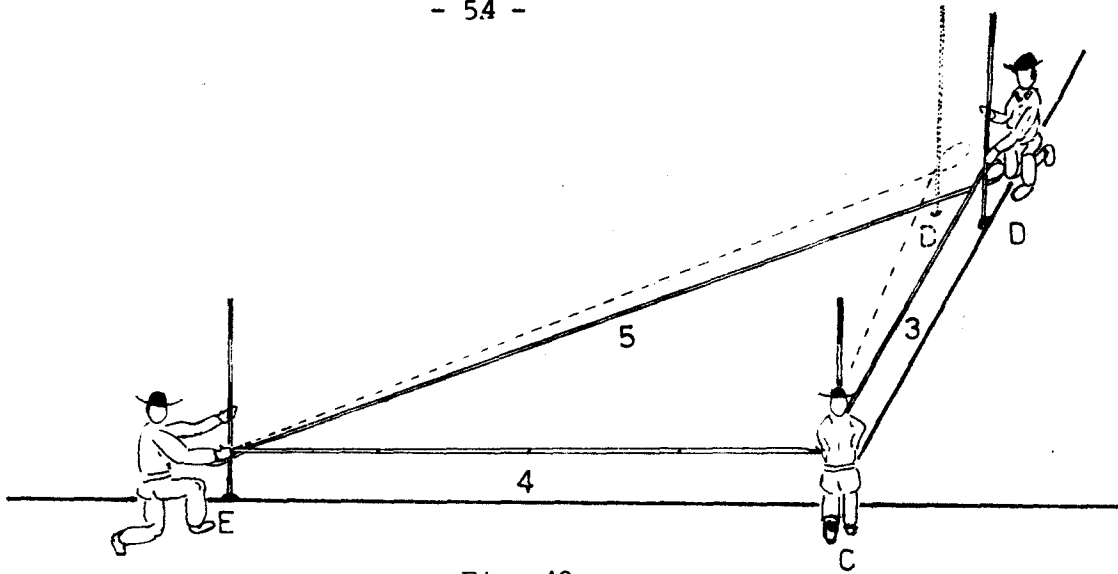


Fig. 49
Formación del Triángulo Rectángulo

- Método de la Escuadra de Agrimensor

Es un método que se basa en el empleo del instrumento del mismo nombre. La escuadra de agrimensor es colocada en el punto de partida de la perpendicular (Dicho punto se encontrará previamente alineado sobre el alineamiento base). Para efectuar el trazo de la visual perpendicular, el operador lanzará una visual a un punto ubicado sobre el alineamiento base, con la ayuda de una de las miras de la escuadra, luego de ello y con el auxilio de la mira normal a la anterior, se lanzará una nueva visual en dirección del sentido deseado, la cual representa la proyección de la perpendicular. (14) Ver Fig. 50.

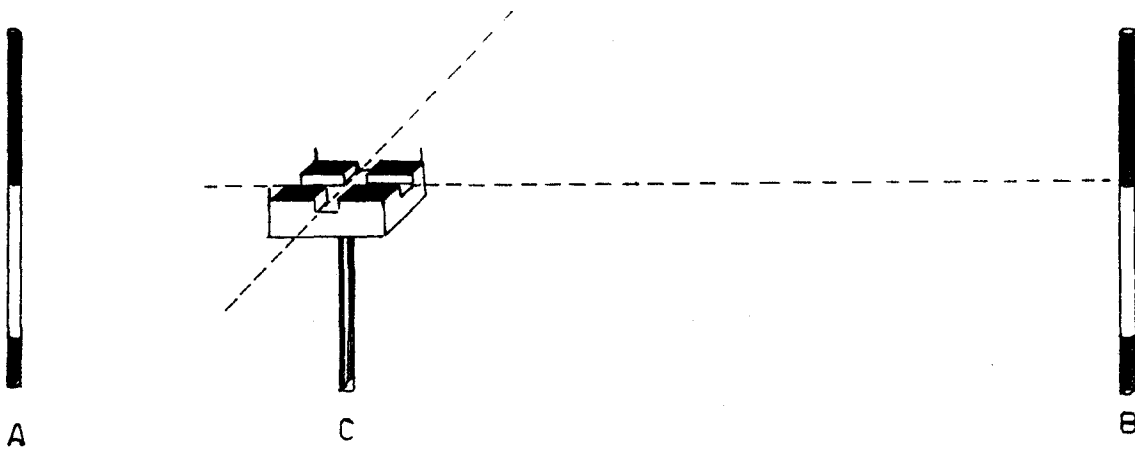


Fig. 50
Empleo de la escuadra de Agrimensor

4.2.2 Trazo de perpendiculares a un alineamiento que pase por un punto obligado.

Procedimiento Lógico

1. Ubicar dos puntos (A y B) que referencian el alineamiento base. Ver Fig. 51.
2. Se busca al ojo un punto ubicado sobre el alineamiento \overline{AB} (Punto D), que más o menos corresponda al origen de la perpendicular que pase por el punto obligado Q. Ver Fig. 51.

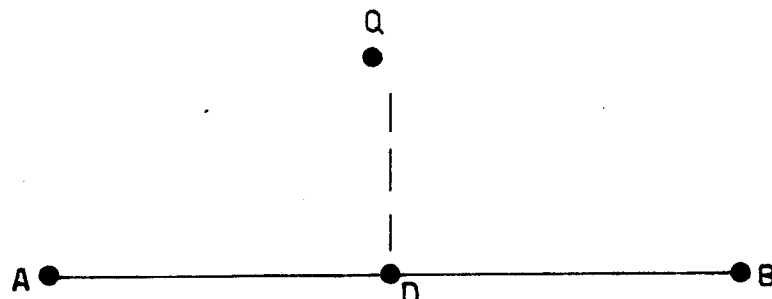


Fig. 51

Determinación de un Punto D sobre alineamiento \overline{AB}

3. Levantar en el punto D una perpendicular (Utilizando cualquiera de los métodos anteriormente estudiados), en dirección del punto fijo obligado (Q). Ver Fig. 52a
4. Si la perpendicular trazada no pasa por el punto obligado Q, se determina sobre la perpendicular un punto Q' que quede en posición paralela al punto obligado. Q. Ver Fig. 52b.

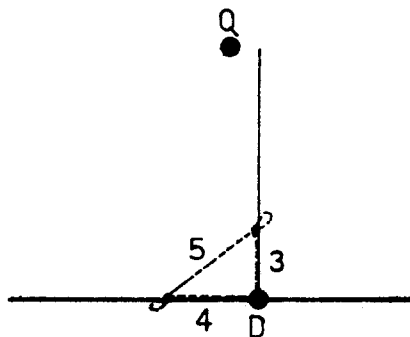


Fig. 52a

Trazo de la Perpendicular a partir del punto D

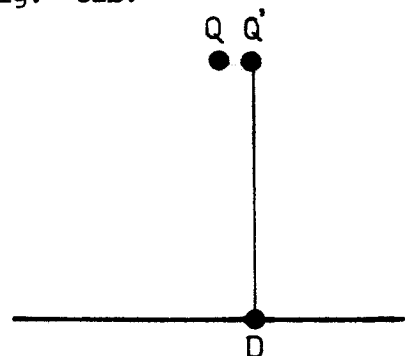


Fig. 52b

Ubicación del Punto Q'

5. El valor de la distancia entre los puntos Q y Q' corresponderá a la distancia que hay que correr el punto D sobre la alineación \overline{AB} , con lo cual se ubicará en punto D' . Ver Fig. 53a.
6. En el punto D' se procede a levantar una perpendicular al alineamiento \overline{AB} la cual deberá pasar por el punto fijo Q . Ver Fig. 53b. (17).

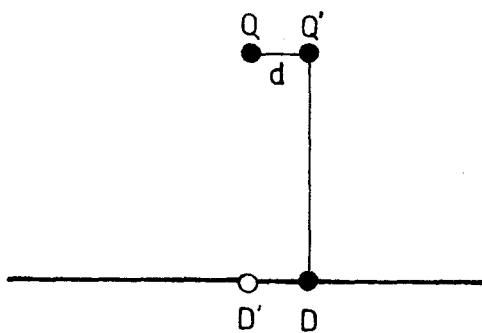


Fig. 53a.

Determinación del error de Aproximación (d).

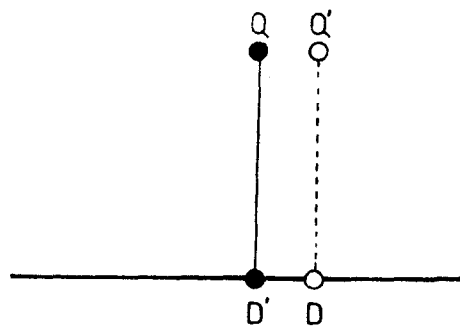


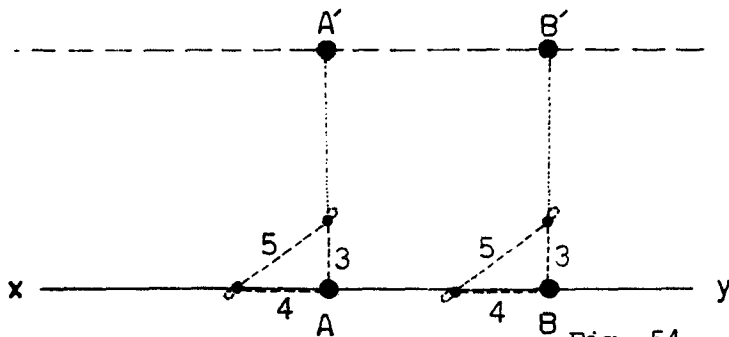
Fig. 53b

Trazo de la Perpendicular Definitiva

4.3 Trazo de Paralelas

4.3.1. Trazo de una Paralela a un alineamiento dado, constituye la aplicación repetitiva de los métodos empleados en el trazo de perpendiculares, de tal manera que en este punto solamente se presentará de manera gráfica los distintos métodos existentes para conseguir dicho objetivo.

- Método del triángulo Pitagórico

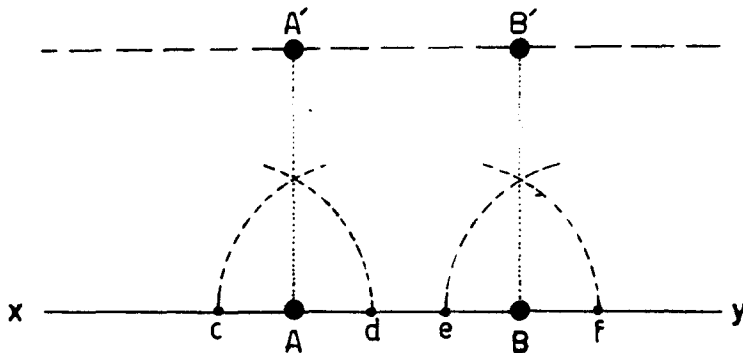


La Distancia $\overline{AA'} = \overline{BB'}$

Fig. 54

Método del Triángulo Pitagórico

- Método del triángulo equilátero ó de la cuerda Bisecada

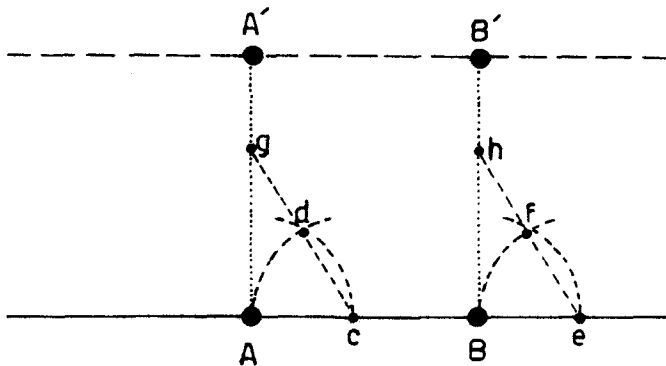


La distancia $\overline{AA'} = \overline{BB'}$

Fig. 55

Método de la cuerda Bisecada

- Método del triángulo Isósceles



La distancia $\overline{AA'} = \overline{BB'}$

Fig. 56

Método del Triángulo Isósceles

(3,14)

4.3.2. Trazo de una Paralela a un alineamiento que pase por un punto fijo

- Método del Paralelogramo

Procedimiento Lógico

1. Determinar los puntos A y B que determinen el alineamiento base. Ver Fig. 57.
2. Referenciar el punto obligado por donde pasará la perpendicular. Ver Fig. 57.

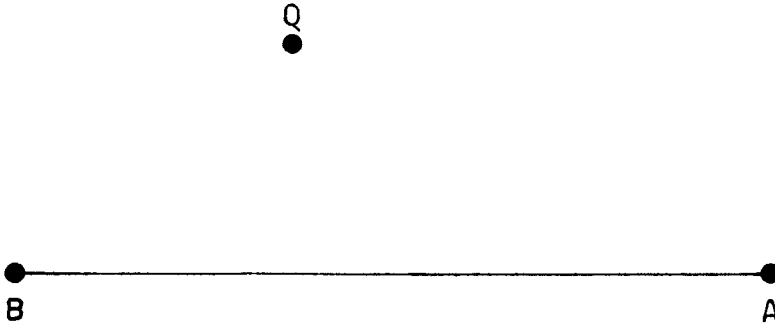


Fig. 57

Referenciar los puntos A, B y Q.

3. Partiendo del punto Q se toma un radio (r_1) y se ubica un punto D alineado sobre \overline{AB} Ver Fig. 58
4. Desde el punto D se traza un nuevo radio (r_2) en dirección del punto A, con lo cual se alineará un punto E. (el radio r_2 podrá ser igual o mayor a r_1). Ver Fig. 58

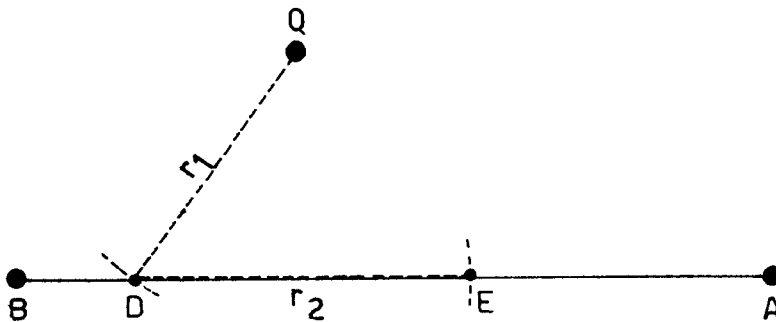


Fig. 58

Ubicación de los Puntos D y E.

5. Situándose en el punto E, el operador de la cinta medirá una magnitud equivalente al radio r_1 + vuelta de coca + r_2 y colocará el extremo de dicha medida sobre el punto Q. Ver Fig. 59a.
6. En el punto donde se encuentra la vuelta de coca (punto C transitorio), un operador con la ayuda de un jalón tensará los radios r_1 y r_2 y en el momento de conseguirlo colocará sobre este punto C definitivo una referencia. Ver Fig. 59b.

7. Alineado C con Q se logra una nueva recta que representa la paralela al lineamiento base \overline{AB} (14)

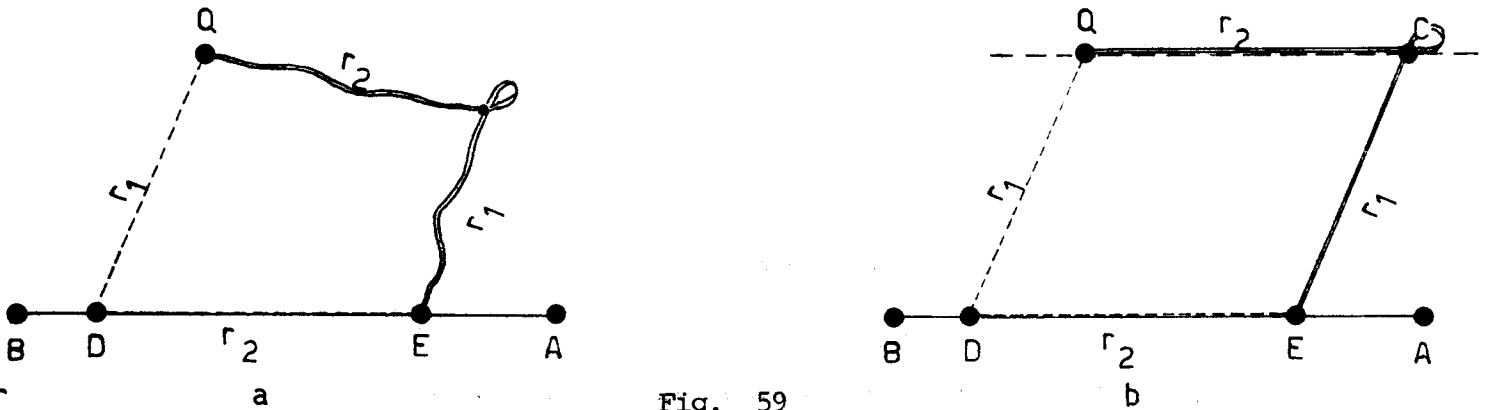


Fig. 59

Formación del Paralelogramo

- Método de Triángulos Semejantes

Procedimiento Lógico

1. Ubicar los puntos A y B que definen el alineamiento base. así como el punto obligado P. por donde deberá pasar la paralela. Ver Fig. 60.
2. Sobre el alineamiento \overline{AB} se determina un punto Q cualquiera. Ver Fig. 60.

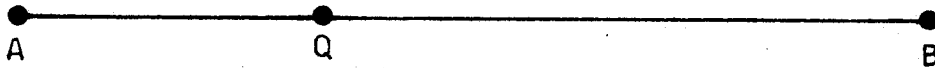


Fig. 60

Determinación de los Puntos A, B, P y Q.

3. Trazar una recta \overline{PQ} y bisectarla en el punto M. Ver Fig. 61
4. Ubicar sobre el alineamiento \overline{AB} un punto R separado a una distancia r_1 del punto Q. Ver Fig. 61

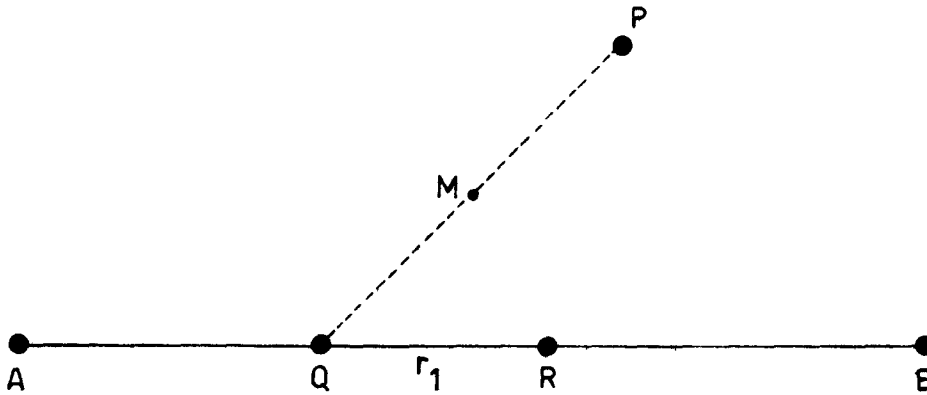


Fig. 61

Trazo de la recta \overline{PQ} y ubicación de los puntos M y R .

5. Desde el punto R se trazará una línea que pase por el punto M . el nuevo alineamiento \overline{RM} es prolongado a partir del punto M y sobre el cual se alinea un punto S , ubicado a una distancia igual que la magnitud \overline{RM} . Ver Fig. 62. (3)

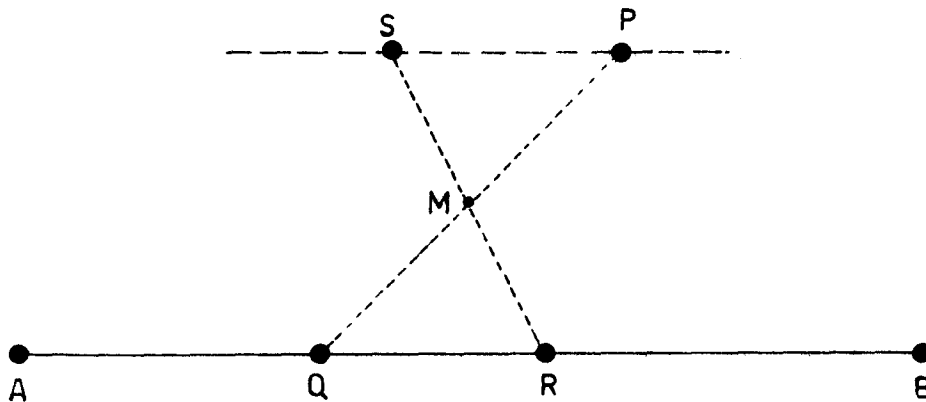


Fig. 62

Método de Triángulos Semejantes

4.4. Trazo de un Angulo Cualquiera

Existen varios métodos que permiten realizar el trazo de un ángulo cualquiera, sin embargo los más prácticos son los siguientes:

- 61 -

teoría del perímetro

- Método de la sumat



Fig. 64

Determinación del punto (P) sobre el alineamiento Base.

3. Estimar el valor de K (arbitrario 10, 15 etc.)
4. Calcular los valores de a, b, y c.
5. Sobre el alineamiento básico \overline{AB} se mide a partir de P un radio b en dirección del ángulo a levantar. Ver Fig. 65.
6. Levantar una perpendicular en el punto b (utilizando cualquier método conocido), y medir sobre ésta un radio a. Ver Fig. 65.
7. Uniendo P y a, se determina un valor c y dicha alineación representa la elevación del ángulo deseado sobre un alineamiento.

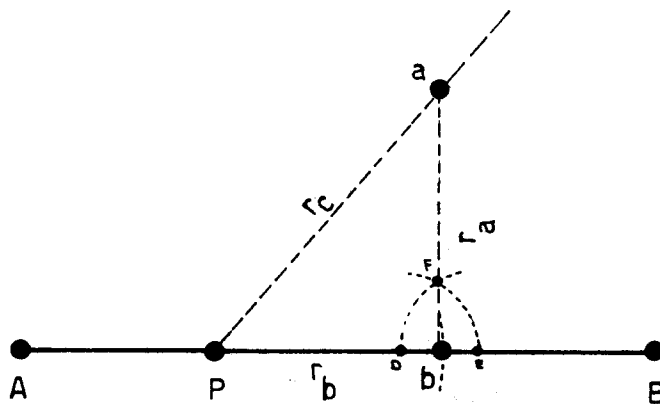


Fig. 65

Determinación de los Puntos b y a.

Ejemplo

Establecer el valor de los radios a,b y c asumiendo un valor K igual a 10 m. para un ángulo de 15°

1. Determinar el valor del radio a

$$a = \frac{K}{1 + \text{Cot } A + \text{Csc } A}$$

$$a = \frac{10.0 \text{ m.}}{1 + \text{Cot } 15^\circ + \text{Csc } 15^\circ}$$

$$a = \frac{10.0 \text{ m}}{1 + 3.73205 + 3.86370}$$

$$a = 1.163 \text{ m.}$$

2. Determinar el valor del radio b.

$$b = \frac{K}{1 + \text{Tan } 15^\circ + \text{Sec } 15^\circ}$$

$$b = \frac{10.0 \text{ m}}{1 + 0.126794 + 1.03527}$$

$$b = 4.342 \text{ m.}$$

3. Determinar el valor de c.

$$c = \frac{K}{1 + \text{Sen } 15^\circ + \text{Cos } 15^\circ}$$

$$c = \frac{10.0 \text{ m}}{1 + 0.258819 + 0.96592}$$

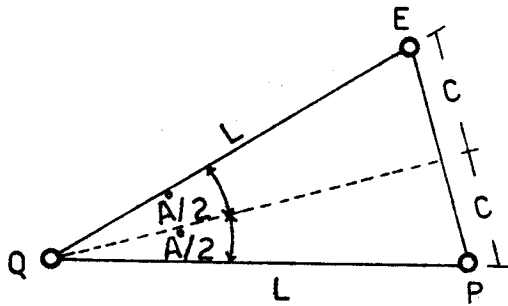
$$c = 4.494 \text{ m.}$$

4. Determinar la comprobación del valor de K

$$\begin{aligned} K &= a + b + c \\ K &= 1.163 + 4.342 + 4.494 \\ K &= 9.999 \text{ m.} \end{aligned}$$

- Método de la Cuerda

La Deducción Análítica puede observarse en la Fig. 66



$$\text{Seno } \frac{A}{2} = \frac{C}{L} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Seno } \frac{A}{2} \cdot L = C \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$2 \text{ Seno } \frac{A}{2} \cdot L = 2C \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\text{Cuerda } \overline{PE} = 2C$$

Fig. 66

Método de la Cuerda

Procedimiento Práctico

1. Determinar los puntos A y B que determinan el alineamiento base, así mismo el punto Q que representa el vértice de partida del nuevo valor angular. Ver Fig. 67
2. Partiendo de Q se mide un radio r_1 en dirección del ángulo a levantar sobre la alineación base, con ello se ubica un punto P. - Ver Fig. 67.

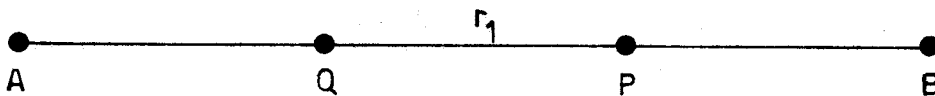


Fig. 67

Determinación de los Puntos Q y P sobre el Alineamiento A-B

3. Partiendo del punto Q y con la ayuda de una cinta y dos jalones se traza un radio \overline{QP} en dirección del ángulo a levantar. Ver Fig. 68a.
4. Calcular el valor de la cuerda

$$\text{Cuerda } \overline{PE} = 2 \text{ Seno } A/2 \cdot \overline{QP}$$
5. Haciendo vértice en P y con radio igual a la cuerda calculada, se traza un arco en dirección del ángulo a levantar. Ver Fig. 68b. El punto de corte entre ambos arcos trazados indicará la posición del punto E, el cual alineado con Q representará el alineamiento que limita la elevación del ángulo trazado.

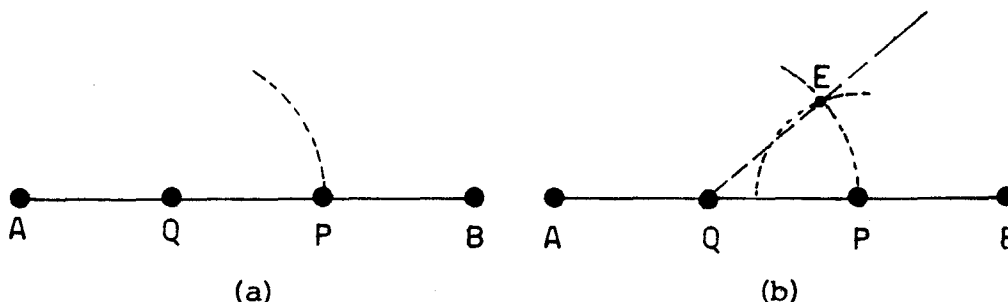


Fig. 68

Trazo de los arcos \overline{QP} y \overline{PE} . Ubicación de E en el método de la Cuerda.

(2 , 3)

EJEMPLO

Calcular el valor de la cuerda \overline{PE} para el trazo de un ángulo de 15°

1. Asumir un radio \overline{QP} de manera arbitraria

$$\overline{QP} = 10.00 \text{ m.}$$

2. Estimar el valor de la cuerda \overline{PE}

$$\text{Cuerda } \overline{PE} = 2 \text{ Seno } 15^\circ / 2 \cdot 10.00 \text{ m.}$$

$$\text{Cuerda } \overline{PE} = 2 \text{ Seno } 7.5^\circ \cdot 10.00 \text{ m.}$$

$$\text{Cuerda } \overline{PE} = 2.61 \text{ m.}$$

3. Trazo de los arcos correspondientes en el campo. Ver Fig. 68c

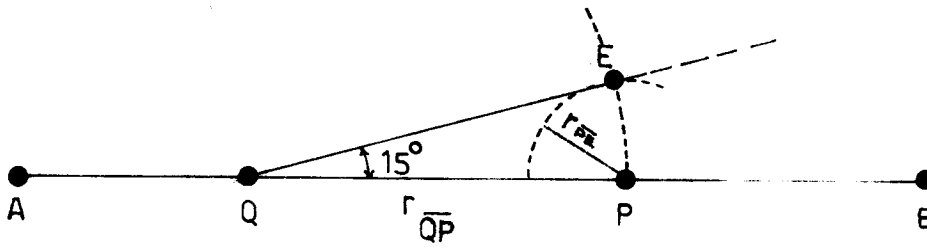
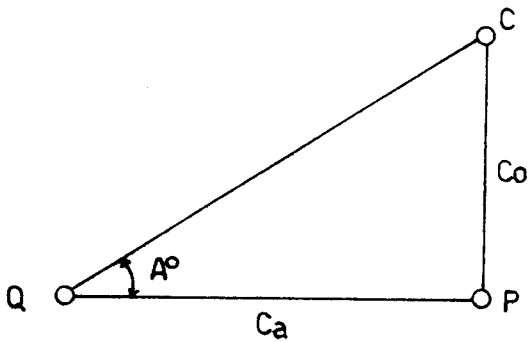


Fig. 68c

- Método de la Tangente

Deducción Analítica (Ver Fig. 69)



$$\text{Tang. } A = \frac{\overline{PC}}{\overline{QP}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Tang. } A \cdot \overline{QP} = \overline{PC} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Fig. 69

Método de la Tangente

Procedimiento Lógico

1. Ubicar los puntos A y B que determinan el alineamiento base a partir del cual se levantará el nuevo ángulo. Sobre el alineamiento \overline{AB} se determina la ubicación del punto Q que representa el vértice del ángulo a trazar. Ver Fig. 70.

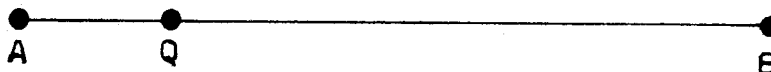


Fig. 70
Ubicación de los Puntos A,B y Q.

2. Partiendo del vértice Q y con la ayuda de dos jalones y una cinta, se mide un radio \overline{QP} sobre el alineamiento \overline{AB} para ubicar un punto P. Ver Fig. 71.
3. Calcular el valor del cateto opuesto Co ó radio \overline{PC}
 $\overline{PC} = \text{Tang } A \cdot \overline{QP}$.
4. En el punto P se levanta una perpendicular al alineamiento \overline{AB} , en dirección del ángulo deseado Ver Fig. 71, sobre dicha perpendicular se mide un radio \overline{PC} para poder ubicar el punto C.
5. Los puntos Q y C determinan el alineamiento limitante de la elevación del ángulo trazado a partir del alineamiento \overline{AB} .

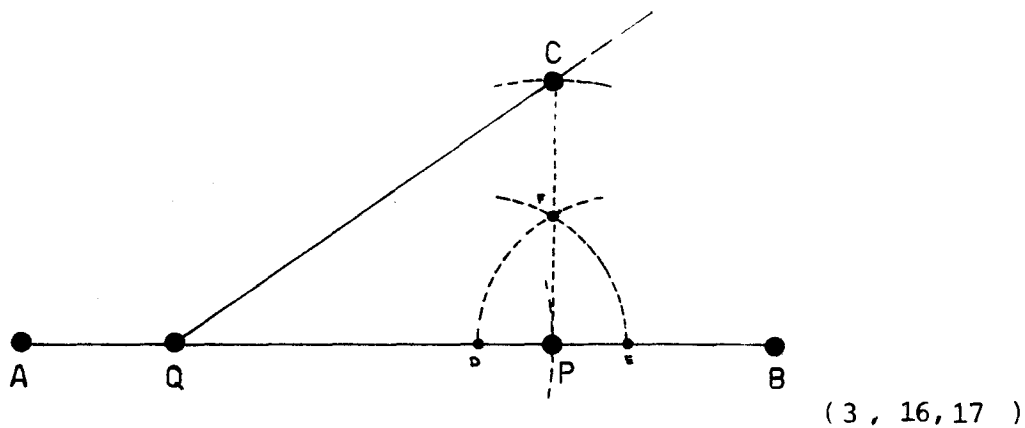


Fig. 71
Ubicación de los Puntos P y C.

Ejemplo:

Determinar el valor del radio \overline{PC} para un ángulo de 30° y un radio \overline{QP} de 10.00 m

$$\overline{PC} = \text{Tang } 30^\circ \cdot 10.00 \text{ m.}$$

$$\overline{PC} = 0.57735 \cdot 10.00 \text{ m.}$$

$$\overline{PC} = 5.77 \text{ m.}$$

4.5 Medición de un Angulo cualquiera

La determinación del valor angular formado por la intersección de dos alineamientos, puede establecerse de manera práctica por medio de los siguientes métodos:

- Método de la Cuerda
 - Método de la Cuerda y el semiperímetro
 - Método de la Tangente
- Método de la Cuerda

Se trata de medir el ángulo BAC formado por la intersección de los alineamientos \overline{AC} y \overline{AB} . Ver Fig. 72.

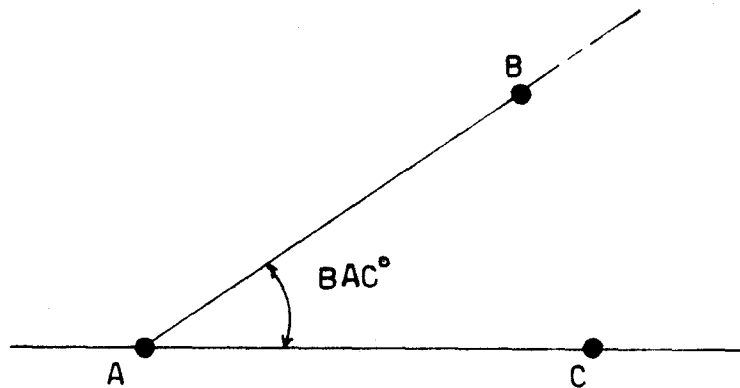


Fig. 72
Medición del Angulo
- BAC -

Procedimiento Lógico

1. Referenciar los puntos A, B y C
2. Haciendo vértice en el punto A y con radio r_1 (valor entero), trazar un arco que intersecte los alineamientos \overline{AB} y \overline{AC} . Ver Fig. 73.
3. Los puntos de intersección del arco trazado con los alineamientos definirán los puntos d y e, los cuales deberán quedar referenciados por medio de agujas de agrimensor. Ver Fig. 73

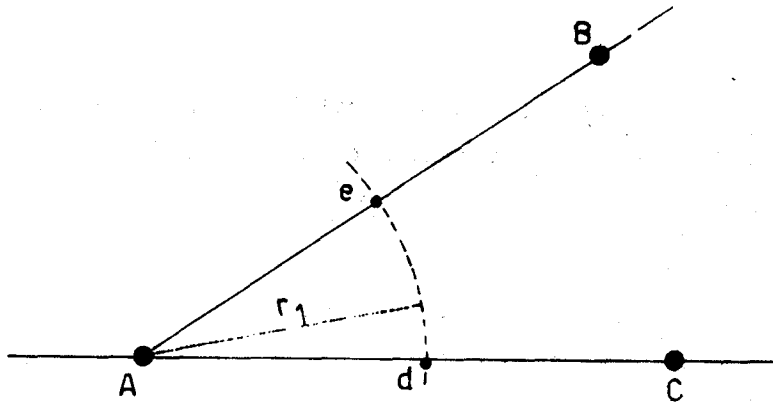


Fig. 73
Trazo con radio r_1

4. Medir la longitud de la cuerda \overline{de} . Ver Fig. 74

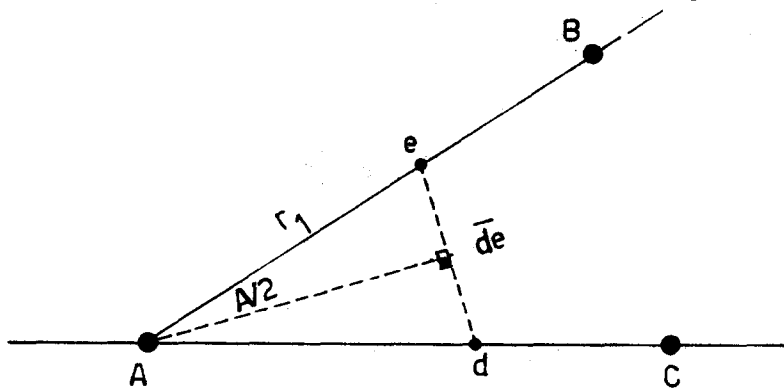


Fig. 74
Medición de la Longitud de la
Cuerda \overline{de}

Observando la figura anterior se puede deducir lo siguiente:

$$\text{Seno } A/2 = \frac{\overline{de} / 2}{r_1} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Seno } A/2 = \frac{\overline{de}}{2 r_1} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$A/2 = \text{Arc. Sen } A/2 \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$A = 2 \cdot A/2 = 2 \cdot \text{Arc Sen } A/2 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Mediante la expresión anterior se podrá calcular el valor del ángulo formado por la intersección de dos alineamientos en un punto.

Ejemplo

Determinar el valor angular ABC teniendo los siguientes datos:

$$r_1 = 15.00 \text{ m.}$$

$$\bar{de} = 8.50 \text{ m.}$$

$$A = ?$$

Procedimiento

1. Determinar el valor del Seno A/2

$$\text{Seno } A/2 = \frac{\bar{de}}{2 r_1} = \frac{8.50 \text{ m.}}{2.(15.00)}$$

$$\text{Seno } A/2 = 0.28333$$

2. Determinar el valor de A

$$A = 2 \cdot \text{Arc Sen } A/2$$

$$A = 2 (16^\circ 27' 40'')$$

$$A = 32^\circ 55' 20''$$

- Método de la Cuerda y el Semiperímetro

Si se conocen los tres lados de un triángulo podrán calcularse sus ángulos.

Deducción Analítica

para determinar el valor del ángulo A° (Fig. 75), se miden dos radios definidos cualesquiera sobre los alineamientos \bar{AB} y \bar{AC} respectivamente, así como la cuerda o distancia que separa a los puntos referenciados por dichos radios. (17)

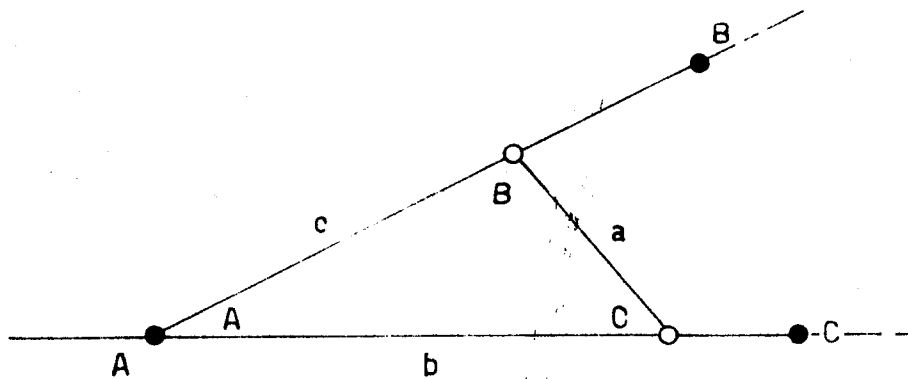


Fig. 75

Medición de un ángulo por el método de la Cuerda y el Semiperímetro.

Siendo a, b y c los lados del triángulo ABC. de la Fig. 75.

$$\text{Semiperímetro } (s) = \frac{a + b + c}{2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Sen } A/2 = \frac{\sqrt{(s-b)(s-c)}}{(bc)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$A = 2 \text{ Arc Sen } A/2 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Procedimiento Lógico

1. Referenciar el punto de intersección de los alineamientos convergentes, así mismo los puntos importantes que definan dichos alineamientos. Ver Fig. 76

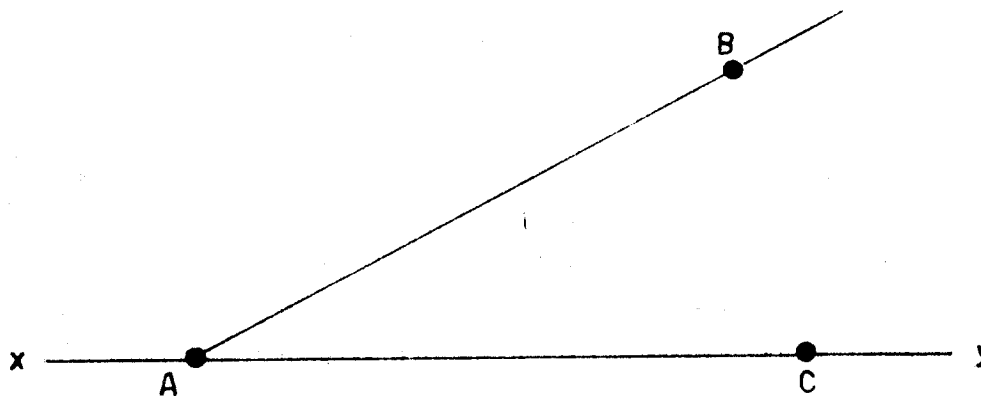
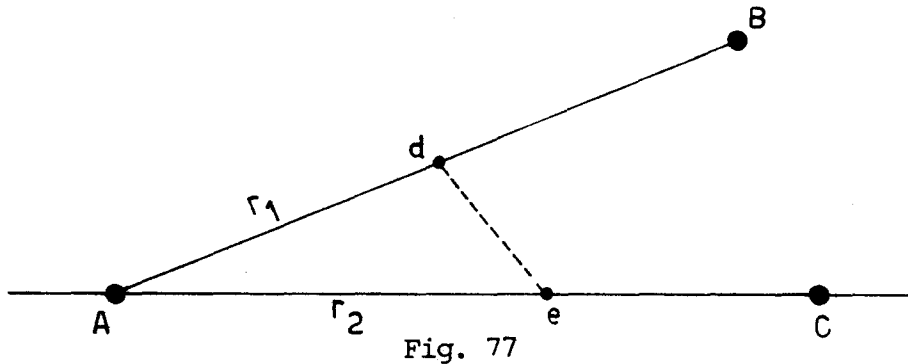


Fig. 76

Referenciar los puntos A, B y C.

2. Desde el punto A se miden dos radios r_1 y r_2 sobre los alineamientos \overline{AB} y \overline{AC} respectivamente, dichos radios pueden tener la misma o diferente magnitud. Ver Fig. 77.
3. Los radios r_1 y r_2 determinarán la posición de los puntos d y e sobre los alineamientos respectivos. Ver Fig. 77



Medición de los radios r_1 y r_2 sobre los alineamientos respectivos.

4. Determinar la distancia que separa a los puntos d y e
5. Calcular el valor del ángulo A.

$$A = 2 (\text{Arc Seno } A/2)$$

$$A = 2 (\text{Arc. Seno } \frac{\sqrt{(S-b) (S-c)}}{(bc)})$$

EJEMPLO

Determinar el valor angular (A) teniendo los siguientes datos:

$$r_1 = 30.00 \text{ m}$$

$$r_2 = 25.00 \text{ m}$$

$$D_{de} = 12.50 \text{ m}$$

1. Determinar el valor del Semiperímetro.

$$S = \frac{a + b + c}{2} = \frac{r_1 + r_2 + D \bar{d}-e}{2}$$

$$S = \frac{30.00 + 25.00 + 12.5}{2}$$

$$S = 33.75 \text{ m}$$

2. Determinar el valor del Seno A/2

$$\text{Seno } A/2 = \frac{\sqrt{(S-b)(S-c)}}{(bc)}$$

$$\text{Seno } A/2 = \frac{\sqrt{(33.75-30.00)(33.75-25.00)}}{30.00 \times 25.00}$$

$$\text{Seno } A/2 = 0.209165.$$

3. Determinar el valor del ángulo A.

$$A = 2 \text{ Arc. Seno } A/2$$

$$A = 2 \text{ Arc. Seno } 0.209165$$

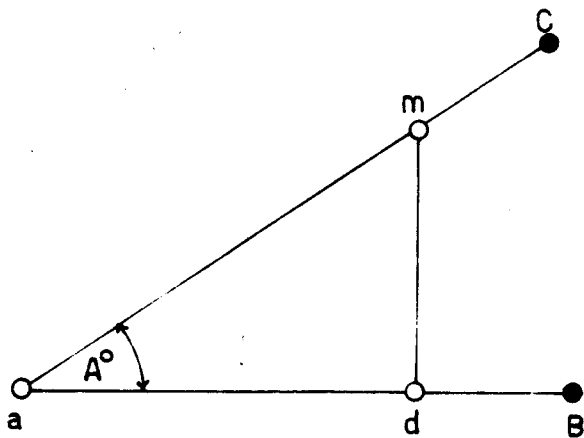
$$A = 2 (12.073424^\circ)$$

$$A = 24.146848^\circ$$

- Método de la Tangente

Se basa en la formación de un triángulo rectángulo, el valor del ángulo buscado se obtiene mediante la aplicación de la función trigonométrica de la tangente.

Deducción Analítica (Ver Fig. 78)



$$\text{Tang. } A = \frac{D \overline{dm}}{D \overline{ad}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$A = \text{Arc. Tang. } A \quad (\text{Ecuación 2})$$

Fig. 78

Método de la Tangente

Procedimiento

1. Referenciar los puntos A,B y C que determinan los alineamientos convergentes y el punto de intersección. Ver Fig. 79.

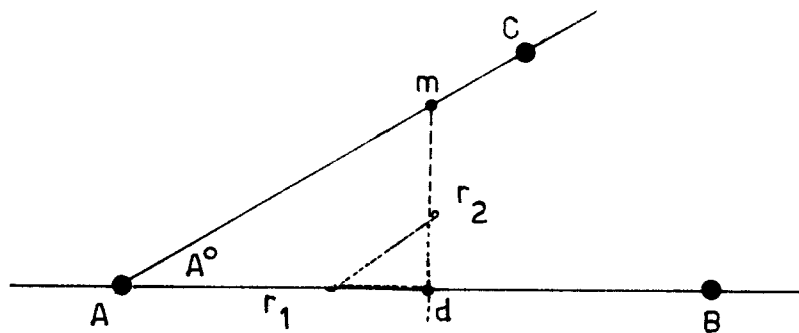


Fig. 79

Referencia de los Puntos A,B,C,d y m.

2. Partiendo del punto de intersección A y con la ayuda de dos jalones y una cinta, se mide un radio r_1 sobre el alineamiento \overline{AB} con lo cual se ubicará el punto d. Ver Fig. 79.
3. Desde el punto d se levanta una perpendicular al alineamiento \overline{AB} (Utilizando cualquiera de los métodos anteriormente estudiados), sobre dicha perpendicular se ubicará un punto m que contituye el intersecto de dicho alineamiento con el alineamiento \overline{AC} . Ver Fig. 79.

4. Medir el valor del radio r_2 . (r_2 = Distancia \overline{dm})

5. Determinación del valor del ángulo A.

$$\text{Tang. A} = \frac{D \overline{dm}}{D \overline{Ad}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$A = \text{ARC. Tang. A} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Ejemplo:

(17)

Determinar el valor del ángulo (A) teniendo los siguientes datos:

$$r_1 = 10.00 \text{ m.}$$

$$r_2 = 4.48 \text{ m.}$$

1. Determinar el valor de la Tangente de A

$$\text{Tang. A} = \frac{4.48 \text{ m.}}{10.00 \text{ m.}}$$

$$\text{Tang. A} = 0.4488$$

2. Determinar el valor del ángulo A

$$A = \text{Arc. Tang. A.}$$

$$A = \text{Arc. Tang. (0.4488)}$$

$$A = 24^\circ 08' .$$

4.6 Salvar Obstáculos con Cinta

4.6.1. Definición

Un obstáculo es cualquier objeto que obstruye la visión y/o la medida directa a lo largo de un alineamiento. (14)

4.6.2. Diferentes tipos de Obstáculos

Dependiendo de su naturaleza los obstáculos pueden ser:

- Obstáculos que obstruyen la visual únicamente

- Obstáculos que obstruyen la mensura únicamente
- Obstáculos que obstruyen la visual y la mensura

Independientemente de cual sea el tipo de obstáculo que se presente la operación de salvar obstáculo con Cinta puede pretender dos objetivos diferentes, siendo estos:

- Poder continuar con un alineamiento
- Poder medir la distancia entre dos puntos inaccesibles

A continuación se presenta algunos ejemplos generales correspondientes a los distintos tipos de obstáculos y su resolución lógica.

- Obstáculos que obstruyen la visual únicamente

Quando los extremos de un alineamiento no son visibles entre sí, deberá establecerse la línea recta entre los dos puntos antes de iniciar la medida (14), un ejemplo típico de este caso puede observarse en la figura 80, cuya resolución lógica y práctica es la aplicación de la alineación intermedia especial.



Fig. 80

Obstáculo que obstruye la visual únicamente

- Obstáculo que obstruye la mensura únicamente

Se clasifica en:

- a. Obstáculos que pueden rodearse
- b. Obstáculos que no pueden rodearse

a. Obstáculos que pueden Rodearse

El problema que presenta este tipo de obstáculos es el impedir la medición directa sobre el alineamiento de la distancia entre un punto ubicado antes y otro después del obstáculo. Ver Fig. 81

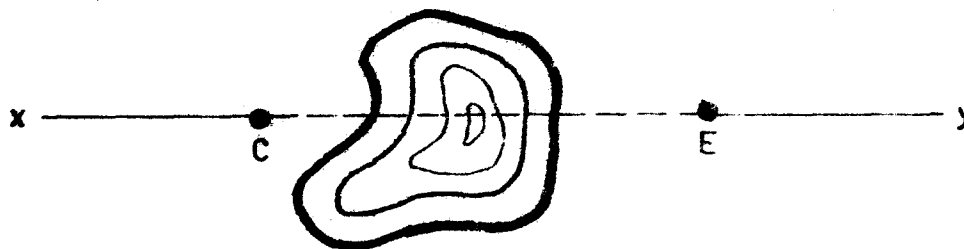


Fig. 81

Impedimento en la medición directa de la Distancia entre A y B.

Como ejemplo de este tipo de obstáculos se pueden mencionar:

Un tanque de almacenamiento, una hortaliza, una cárcava, etc.

Los métodos más utilizados para dar solución lógica al anterior problema son:

- Método del Triángulo Pitagórico.

En la Fig. 82 se muestra un estanque que se interpone a lo largo del alineamiento \overline{AB} , imposibilitando la medida del alineamiento en esa parte, el procedimiento práctico a seguir es el siguiente:

1. Desde un punto C ubicado antes del obstáculo se levanta una perpendicular \overline{CD} al alineamiento base,
2. La ubicación del punto D estará limitada por las siguientes características.
 - Desde dicho punto deberá visualizarse otro que quede sobre el alineamiento \overline{AB} y ubicado después del obstáculo.
 - Poder medir directamente la distancia entre D y el punto ubicado posterior al obstáculo.

1. Determinar el valor de la Distancia \overline{CE}

$$\overline{CE} = \sqrt{(\overline{DE})^2 - (\overline{CD})^2}$$

$$\overline{CE} = \sqrt{(45)^2 - (15)^2}$$

$$\overline{CE} = \sqrt{2025 - 225}$$

$$\overline{CE} = \sqrt{1800}$$

$$\overline{CE} = 42.426 \text{ m.}$$

2. Determinar el valor de la distancia \overline{AB}

$$\text{Dist. } \overline{AB} = \overline{AC} + \overline{CE} + \overline{EB}$$

$$\text{Dist. } \overline{AB} = 25 \text{ m.} + 42.4264 \text{ m.} + 30 \text{ m.}$$

$$\text{Dist. } \overline{AB} = 97.426 \text{ m.}$$

- Método de Doble Perpendicular

Sobre el caminamiento XY (ver Fig. 83) se encuentra un obstáculo que impide la determinación de la distancia horizontal en dicho tramo del caminamiento, el método de la doble perpendicular consiste en la siguiente secuencia lógica:

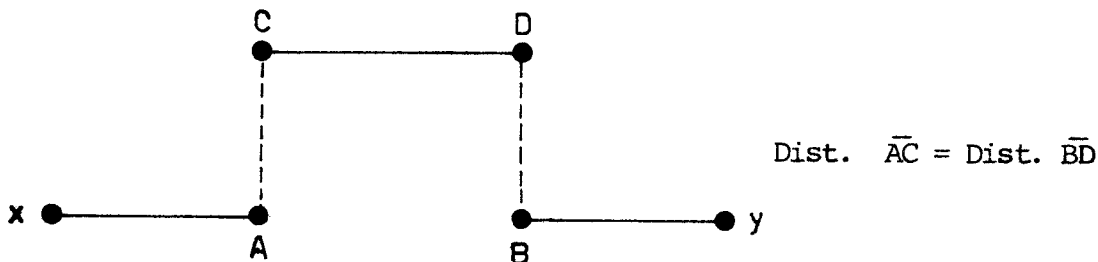


Fig. 83

Método de la doble Perpendicular

1. Referenciar los puntos X y Y del caminamiento básico. Ver Fig. 83

2. Sobre el caminamiento básico alinear los puntos A y B, antes y después del obstáculo respectivamente.
3. En el punto A se levanta una perpendicular por cualquiera de los métodos anteriormente estudiados, sobre dicha perpendicular se alinea un punto C, a una distancia que se considere haber salvado el obstáculo.
4. Se mide la distancia \overline{AC} y se anota en la librería de registro correspondiente.
5. En el punto B se levanta una perpendicular al alineamiento básico; sobre dicha perpendicular se alinea un punto D, a una distancia de B, similar a la distancia de separación entre A y C.
6. Se mide la distancia entre los puntos C y D, la cual corresponde ser igual a la magnitud de la distancia del tramo inaccesible del caminamiento básico. Ver Fig. 83

Las características principales de los puntos C y D deberán ser las siguientes:

- Ser puntos visibles entre sí
 - Permitir la medición de la distancia directa entre ambos puntos. -
- (14)

- Método de los Triángulo Semejantes

Es un método sencillo basado en el fundamento matemático del mismo nombre, siendo también utilizado para el trazo de paralelas a un alineamiento dado. (14)

Procedimiento Lógico

1. Referenciar los puntos X y Y del caminamiento básico Ver Fig. 84.
2. Sobre el caminamiento X-Y alinear los puntos A y B ubicados antes y después del obstáculo respectivamente.
3. Desde el punto A se traza una alineación arbitraria en sentido del lado más fácil para salvar el obstáculo.

4. Sobre dicha alineación se ubica un punto C el cual deberá llenar las siguientes características:

- Poder visualizar el punto B
- Poder medir la distancia \overline{CB}

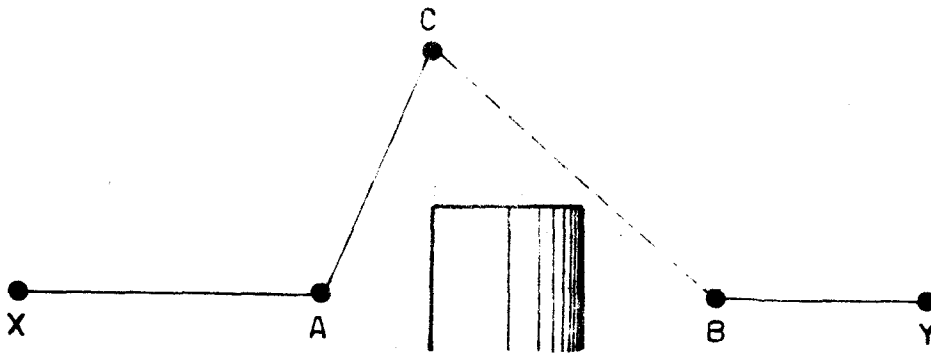


Fig. 84

Ubicación del Punto C sobre el alineamiento Arbitrario.

5. Se mide las distancias \overline{AC} y \overline{CB}
6. Sobre los alineamientos \overline{AC} y \overline{CB} alinear los puntos D y E respectivamente, los cuales representan los puntos medios de dichos alineamientos. Ver Fig. 85.
7. Se mide la distancia \overline{DE} . El alineamiento \overline{DE} resulta ser paralelo al caminamiento \overline{XY} . Ver Fig. 85.
8. Se calcula el valor de la distancia del tramo inaccesible \overline{AB} para lo cual se hace la siguiente deducción matemática:

Los Triángulos ACB y DCE son semejantes

La alineación \overline{DE} es paralela a \overline{AB}

La distancia \overline{CA} es el doble de la distancia \overline{CD}

Por consiguiente:

$$\frac{\overline{DE}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{CD}}{\overline{CA}} = \frac{1}{2} \quad \dots \quad \overline{AB} = \frac{\overline{DE} \cdot \overline{CA}}{\overline{CD}}$$

Pero como: $\overline{CA} = 2 \overline{CD}$

$$\overline{AB} = 2 \overline{DE}$$

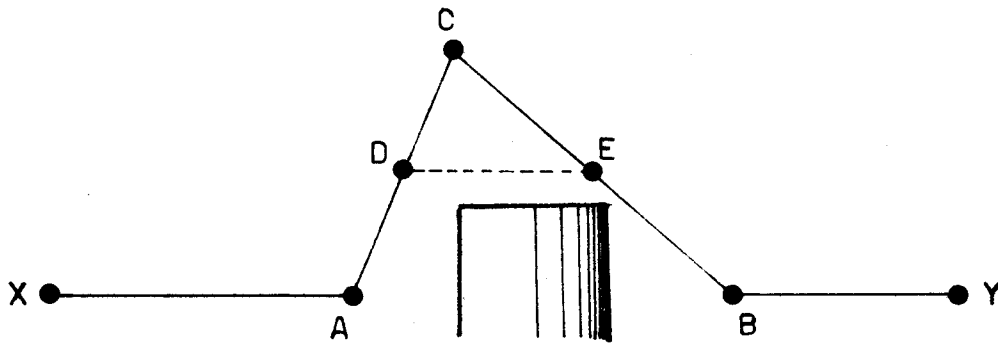


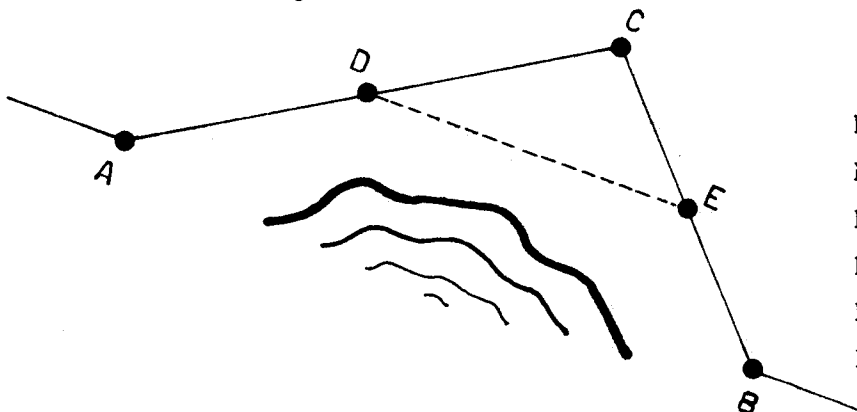
Fig. 85

Ubicación de los puntos D y E respectivamente

(14, 17)

Ejemplo:

Determinar la distancia entre los puntos A y B separados por un terreno inundado. Ver Fig. 86. Los datos con que se cuentan son los siguientes:



- Distancia $\overline{AC} = 67.00$ m.
- Distancia $\overline{CD} = 33.50$ m.
- Distancia $\overline{CB} = 46.00$ m.
- Distancia $\overline{CE} = 23.00$ m.
- Distancia $\overline{DE} = 45.27$ m.
- Distancia $\overline{AB} = ?$

Fig. 86

Los puntos A y B son visibles entre si pero separados por un obstáculo.

1. Determinar el valor de la Distancia \overline{AB}

$$\text{Distancia } \overline{AB} = 2 \overline{DE}$$

$$\text{Distancia } \overline{AB} = 2 (45.27 \text{ m. })$$

$$\text{Distancia } \overline{AB} = 90.54 \text{ m.}$$

- b. Obstáculos que no pueden rodearse

Son considerados como obstáculos que no pueden rodearse a ríos, cortes de carreteras, cortes de ferrocarriles, etc. los cuales por su misma naturaleza y prolongación resultan ser imprácticos bordearlos. Es importante denotar que los obstáculos de este tipo resultan ser en ancho mayor que la longitud máxima de la cinta disponible. (14) Ver Fig. 87a y 87b.

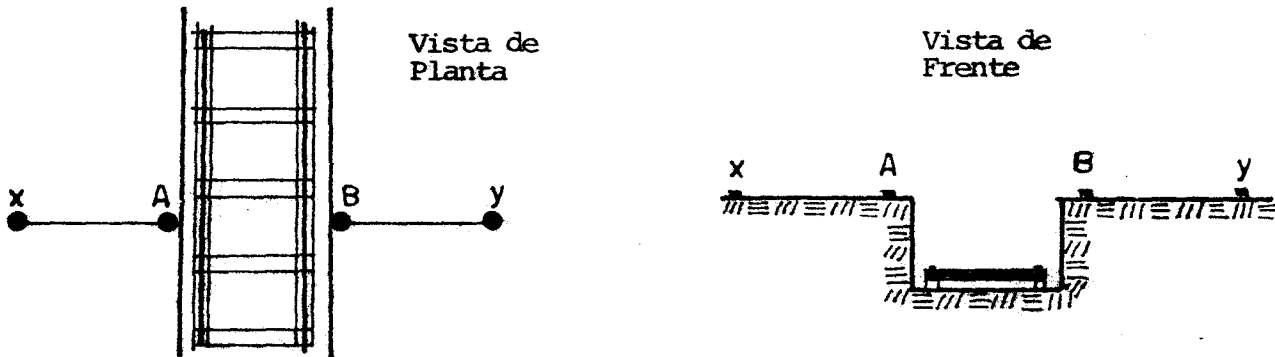


Fig. 87

El tramo \overline{AB} resulta ser mayor que el largo de la Cinta disponible

Los métodos prácticos utilizados en la solución del anterior problema son:

- Método de los Triángulos Congruentes

En la Fig. 88 se observa un alineamiento (X-Y) el cual pasa sobre un río, los puntos A y E se localizan sobre el alineamiento básico, antes y después del obstáculo respectivamente.

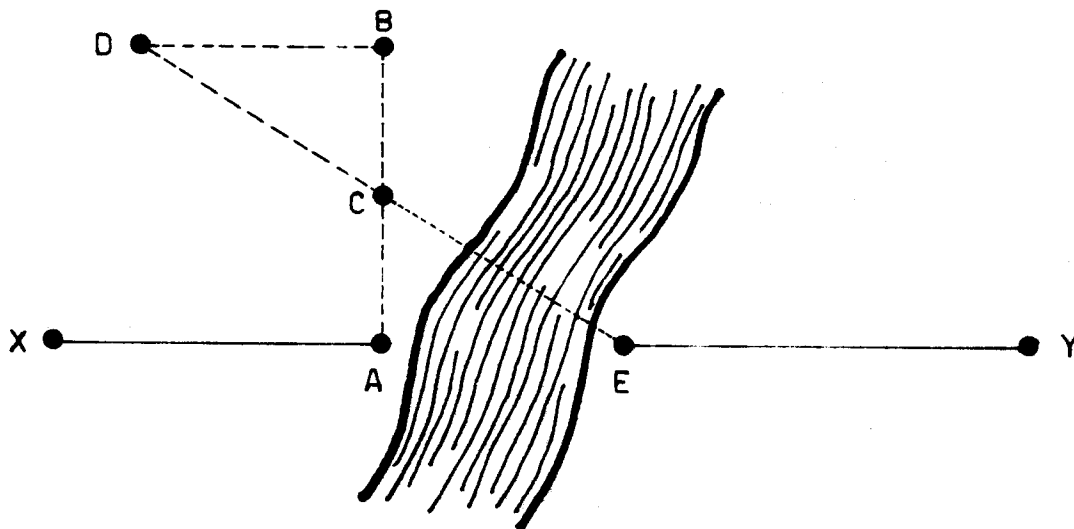


Fig. 88
Método de los Triángulos Congruentes

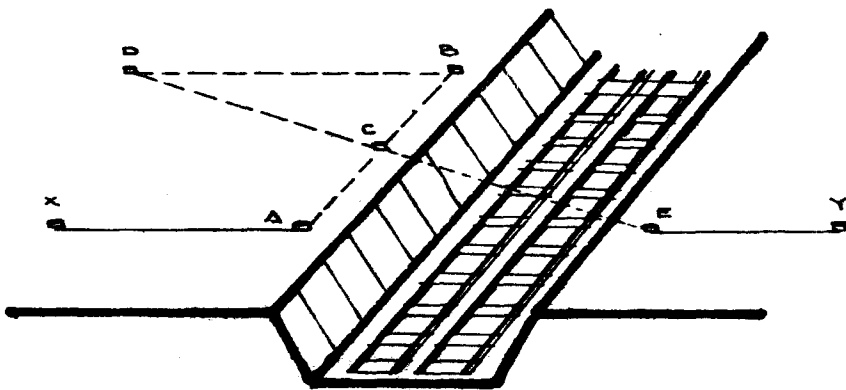
Procedimiento Lógico

1. Referenciar los puntos X y Y que determinan el alineamiento básico
2. Sobre el alineamiento \overline{XY} se ubica un punto A antes del obstáculo, Ver Fig. 88.
3. En el punto A se levanta una perpendicular al alineamiento X - Y (utilizando cualquiera de los métodos anteriormente estudiados), sobre dicha perpendicular se alinea un punto B. Ver Fig. 88.
4. Se mide la distancia \overline{AB} y se bisecta dicha alineación en un punto C. es importante considerar que desde C debe visualizarse un punto cualquiera ubicado sobre el alineamiento X - Y localizado después del obstáculo.
5. En el punto B se levanta una perpendicular al alineamiento \overline{AB} en - dirección contraria a la presencia del obstáculo, sobre dicha alineación se ubica un punto D, el cual deberá llenar las siguientes características.
 - Poder visualizar al punto C
 - La prolongación de la visual \overline{DC} deberá intersectar el alineamiento básico \overline{XY} , en un punto dado.

6. Se mide la Distancia \overline{BD}
7. Se ubica un punto E sobre el alineamiento básico que representa la intersección de los alineamientos \overline{XY} y la prolongación \overline{DC} .
8. Se determina la distancia entre los puntos \overline{AE} , para lo cual se hace el siguiente análisis:
 - Los triángulos ACE y CBD son congruentes
 - Las rectas \overline{BD} y \overline{AE} son paralelas
 - La distancia $\overline{AE} =$ La distancia \overline{BD} (14)

Ejemplo:

Determinar la distancia horizontal entre los puntos A y E separados por el corte de una línea del ferrocarril. Ver Fig. 89



Dist. $\overline{AB} = 15.00$ m.
Dist. $\overline{AC} = 7.50$ m.
Dist. $\overline{BD} = 25.00$ m.

Fig. 89

Determinación de la Distancia \overline{AE}

Determinar la Distancia entre los puntos \overline{AE}

$$\text{Dist. } \overline{BD} = \text{Dist. } \overline{AE}$$

$$\text{Dist. } \overline{BD} = 25.00 \text{ m. } \therefore \text{Dist. } \overline{AE} = 25.00 \text{ m.}$$

- Métodos de los Triángulos Semejantes

Es un método basado en la relación matemática de los triángulos semejantes. Para la determinación de la distancia desconocida \overline{AC} como se observa en la figura 90 el procedimiento lógico es el siguiente:

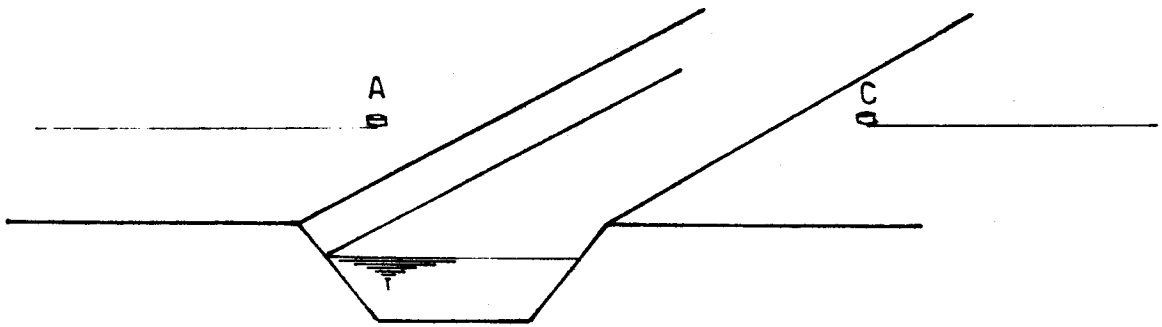


Fig. 90

La Distancia \overline{AC} es mayor que la Longitud máxima de la cinta disponible.

1. Referenciar los puntos \overline{XY} que definen el alineamiento básico Ver. Fig. 91.
2. Se alinean los puntos A y C sobre \overline{XY} , de tal manera que estos puntos se encuentren ubicados antes y después del obstáculo respectivamente.

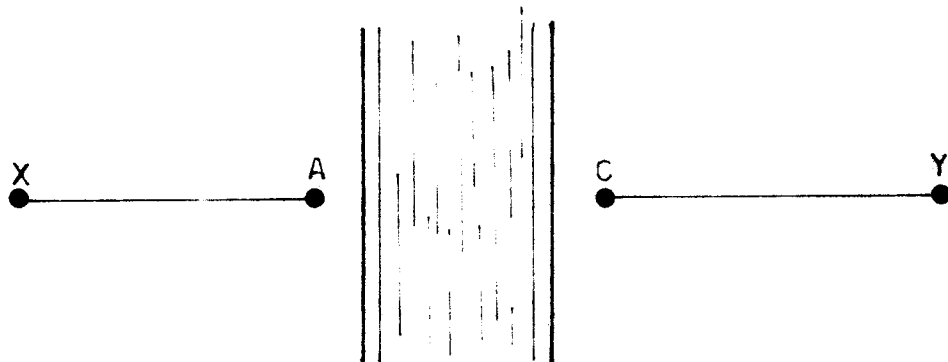


Fig. 91

Referenciar los puntos \overline{XY} y alinear los puntos A y C.

3. Desde el punto A se levanta una perpendicular al alineamiento \overline{XY} , sobre dicha perpendicular se ubica un punto B que tenga como característica el poder visualizar desde su posición el punto C. Ver. Fig. 92.
4. Desde el punto B y con la ayuda de una escuadra de agrimensor se traza una perpendicular a la visual \overline{BC} en dirección del alineamiento \overline{XY} .

sobre dicha perpendicular se ubica el punto de intersección con el alineamiento básico \overline{XY} , ello definirá la posición del punto D. Ver Fig. 92. (En caso de no contar con una escuadra de agrimensur, utilice cualquiera de los métodos de trazo de perpendiculares a un alineamiento anteriormente estudiados).

5. Medir la Distancia \overline{BD}

6. Medir la Distancia \overline{DA}

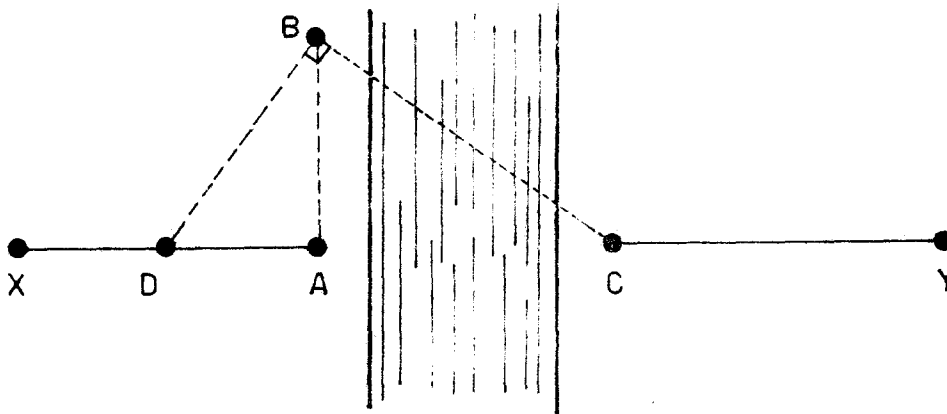


Fig. 92

Lineación de los Puntos B y D.

7. Calcular el valor de la distancia entre los puntos A y C.

Deducción Analítica:

Los triángulos ABD y CBD son semejantes. (son rectángulos y el ángulo en D es común para ambos.) Ver Fig. 93.

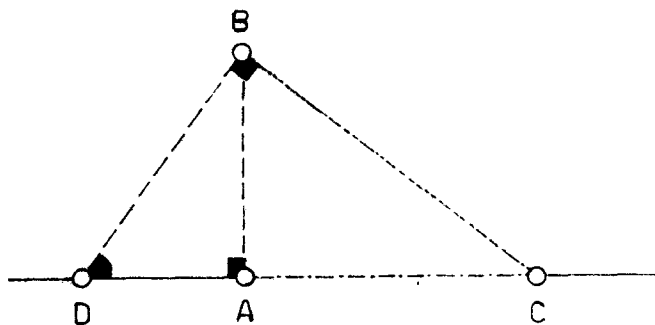


Fig. 93

Triángulos Semejantes

Por tanto:

$$\frac{\overline{CD}}{\overline{BD}} = \frac{\overline{BD}}{\overline{AD}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

De donde:

$$\overline{CD} = \frac{\overline{BD}^2}{\overline{AD}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Pero:

$$\overline{CD} = \overline{CA} + \overline{AD} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Iguando las Ecuaciones (2) y (3)

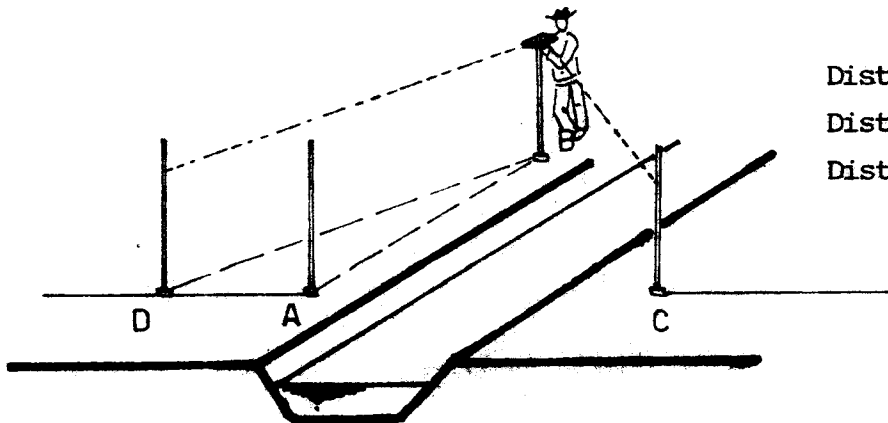
$$\overline{CA} + \overline{AD} = \frac{\overline{BD}^2}{\overline{AD}}$$

Despejando el valor de CA

$$\overline{CA} = \left(\frac{\overline{BD}^2}{\overline{AD}} - \overline{AD} \right) \quad (14)$$

Ejemplo:

Determinar la distancia horizontal entre los puntos A y C separados por el corte de una zanja.



Dist. \overline{BD} = 26.90 m.
Dist. \overline{DA} = 17,989. m.
Dist. \overline{AC} = ?

1. Determinar el valor de \overline{AC}

$$\overline{AC} = \left(\frac{\overline{BD}^2}{\overline{AD}} - \overline{AD} \right)$$

$$\overline{AC} = \left(\frac{(26,90 \text{ m.})^2}{17,989 \text{ m.}} - 17,989 \text{ m.} \right)$$

$$\overline{AC} = 40.224 \text{ m.} - 17.989 \text{ m.}$$

$$\overline{AC} = 22.235 \text{ m.}$$

- Obstáculos que Obstruyen las Mensura y la Visual

En este tipo de obstáculos son considerados todos aquellos que como su nombre lo indica, obstruyen tanto la continuación de un alineamiento como la mensura directa de un cierto tramo del mismo. Los ejemplos más típicos de estos tipos de obstáculos lo constituyen las obras de infraestructura (Edificios, Muros, etc.) y los recursos naturales (árboles, rocas, etc.) ver Fig. 94.

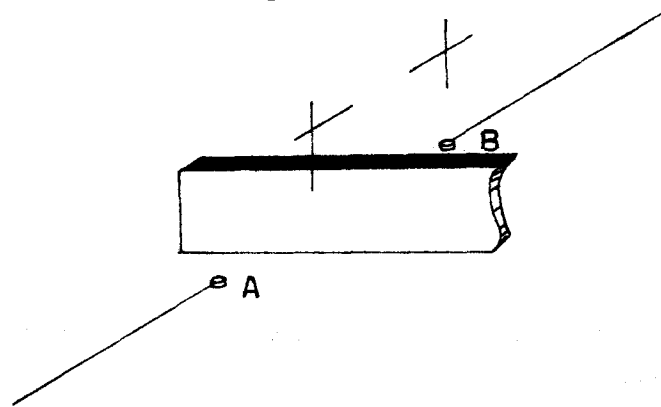


Fig. 94

Obstáculos que Obstruyen la Mensura y la Visual.

Dentro de los métodos más comunes y prácticos para resolver este tipo de problemas se encuentran:

- Método de las perpendiculares (método Pitagórico).
 - Método del triángulo Equilatero (método del ángulo de 60°).
 - Método de la prolongación de visuales.
 - Método de las dobles paralelas.
-
- Método de las Perpendiculares.

Llamado también método del triángulo Pitagórico debido a que en el trazo de las perpendiculares es utilizada dicha base matemática. Ver Fig. 95.

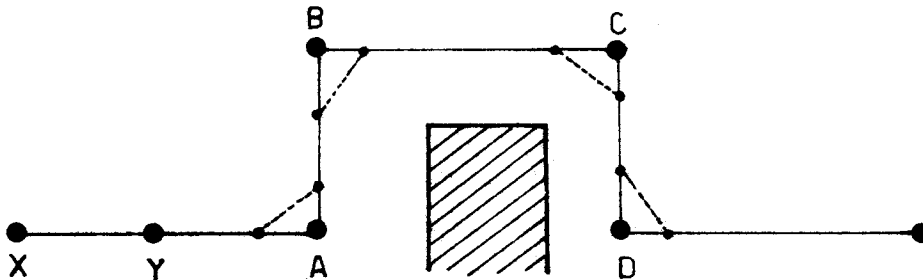


Fig. 95
Método de las Perpendiculares

Procedimiento Lógico:

1. Determinar y referenciar los puntos \overline{XY} que establecen el alineamiento básico. Ver Fig. 96
2. Sobre el alineamiento básico alinear un punto A, ubicado antes del obstáculo. Ver Fig. 96
3. Partiendo de A se levanta una perpendicular al alineamiento básico, utilizando para tal efecto método del triángulo pitagórico. Ver Fig. 96.
4. Sobre dicha perpendicular se alinea un punto B, el cual se debe encontrar distanciado de A, a una magnitud en la que se considere haber salvado el obstáculo. Ver Fig. 96.

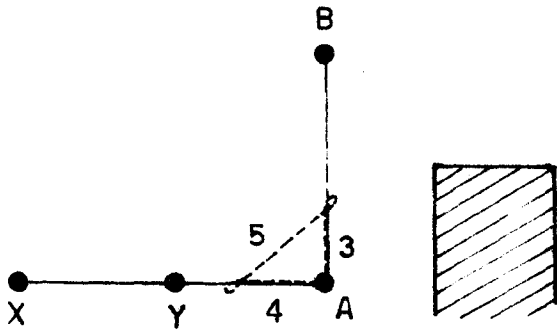


Fig. 96

Trazo de la Perpendicular \overline{AB}
en el método Pitagórico.

5. Partiendo de B se levanta una perpendicular al alineamiento \overline{AB} en dirección de la prolongación del alineamiento básico, utilizando para el efecto el método pitagórico. Ver Fig. 97.
6. Sobre la nueva perpendicular se alinea un punto el cual deberá estar distanciados de B, a una magnitud en donde se considere haber salvado el obstáculo en referencia. Ver Fig. 97.

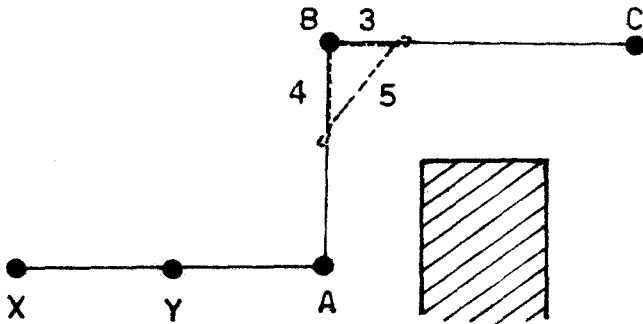


Fig. 97

Trazo de la Perpendicular \overline{BC}
en el método Pitagórico.

7. Partiendo del punto C, se levanta una perpendicular al alineamiento \overline{BC} en dirección de retorno al obtáculo. Ver Fig. 98.
8. Sobre la nueva perpendicular se alinea un punto D. el cual deberá estar distanciado de C. la misma magnitud que el valor de la distancia \overline{AB} , con ello se logrará retornar al alineamiento básico. Ver Fig. 98.

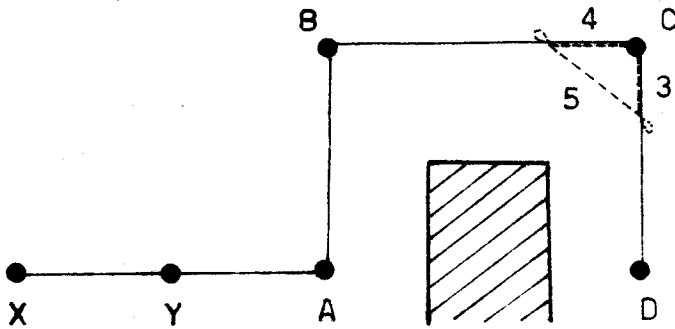


Fig. 98.

Determinación del Punto D. sobre el Alineamiento básico.

9. Partiendo de D, se levanta una perpendicular al alineamiento \overline{CD} en dirección de la prolongación del alineamiento básico, con ello se establece el primer objetivo que es continuar con un alineamiento. Ver Fig. 99.
10. La determinación de la distancia entre el punto ubicado antes y después del obstáculo corresponde al valor de la distancia entre los puntos B y C, debido a que \overline{BC} es paralela y de igual dimensión que \overline{AD} . Ver Fig. 99

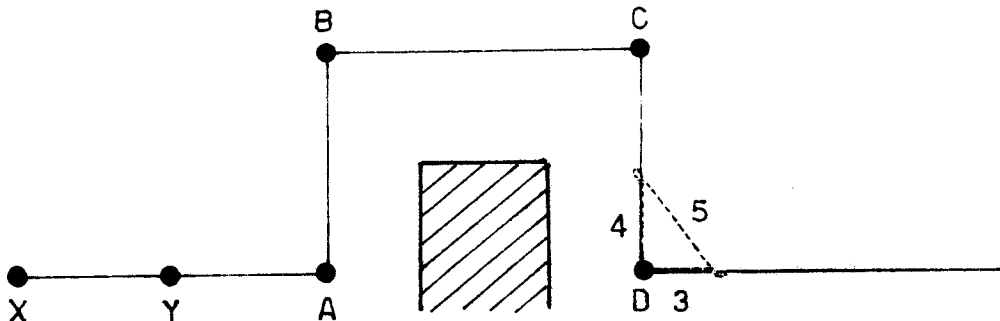


Fig. 99

Proyección del alineamiento básico luego de haber salvado el Obstáculo (3,14,25)

- Método del Triángulo Equilatero:

Es un método sencillo y rápido de ejecutar, consiste en la aplicación repetitiva del trazo de un ángulo de 60° el cual establece la siguiente mecánica:

- a) Alinear dos puntos (A,B) separados a un radio r_1 cualquiera (5 m, 10 m, etc.). Ver Fig. 100a.
- b) Con la ayuda de dos jalones y una cinta métrica se traza un arco, para lo cual el jalón en A es apoyado y el jalón ubicado en B experimentará un giro. Ver. Fig. 100b.
- c) Se repite la operación anterior con la diferencia que será el jalón ubicado en el punto A el que experimentará el giro. Ver Fig. 100c.
- d) El punto de intersección entre ambos arcos constituye un punto C, el cual se encuentra equidistante a los puntos A y B respectivamente, lo que representa que estos a su vez se constituyan en los vértices de un triángulo equilátero. Ver Fig. 100c.
- e) El alineamiento \overline{AC} se encuentra formando un ángulo de 60° con respecto al alineamiento básico \overline{AB} . Ver Fig. 100c.

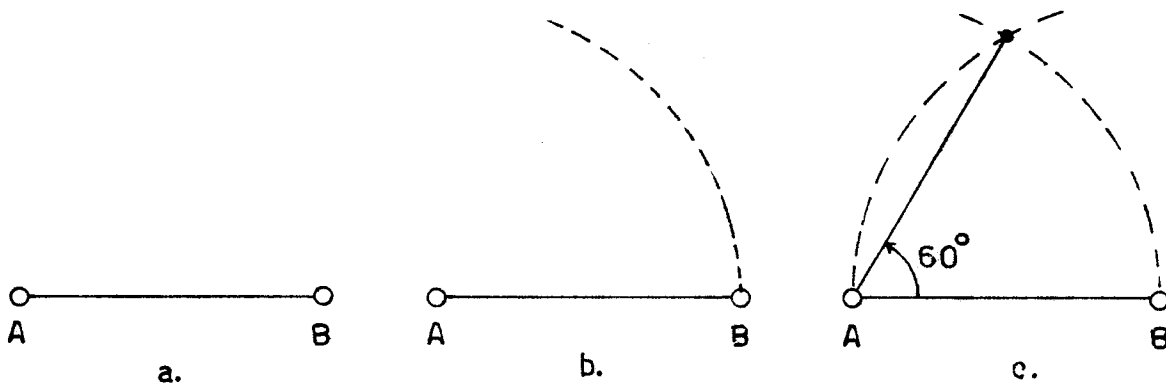


Fig. 100

Etapas en el trazo de un Angulo de 60°

Procedimiento Lógico:

- 1) Se desea continuar con el alineamiento \overline{AC} (Ver Fig. 101); al llegar a un punto 1 ubicado antes del obstáculo se trazará un ángulo de 60° al alineamiento original \overline{AC}

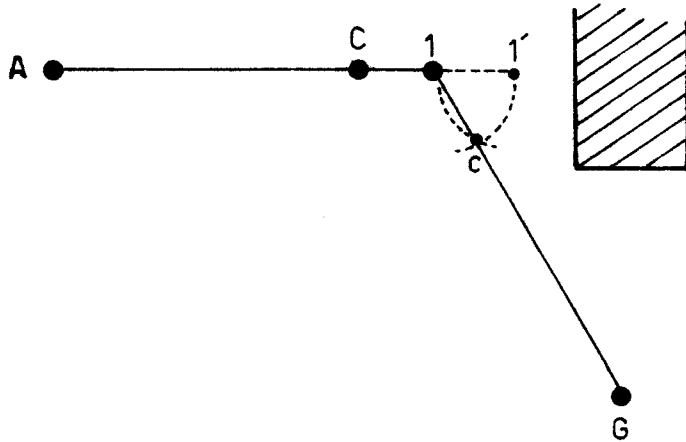


Fig. 101

Proyección del Alineamiento \overline{AG} a 60°
del Alineamiento \overline{AC}

- 2) El nuevo alineamiento a 60° del básico \overline{AC} , se prolonga hasta un punto G, el cual se ubicará estratégicamente de tal manera que permita salvar el obstáculo al trazar un nuevo alineamiento a 60° de éste. Ver Fig. 101
- 3) Desde el punto G se deberá levantar un nuevo alineamiento a 60° del alineamiento \overline{IG} . Ver Fig. 102.
- 4) Sobre la nueva proyección se deberá ubicar un punto 2, el cual debe encontrarse alineado y separado de G, la misma magnitud de la distancia \overline{IG} . Dicho punto representa el haber localizado la proyección del alineamiento original luego de haber salvado el obstáculo. Ver Fig. 102

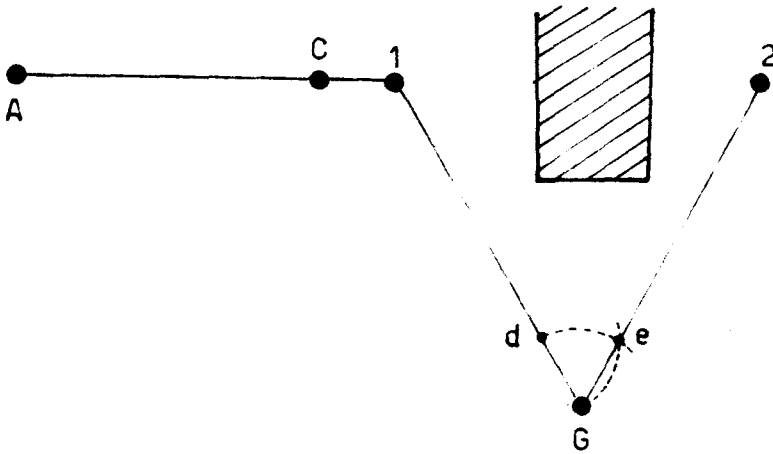


Fig. 102

Trazo del Alineamiento $\bar{G}2$

- 5) Desde el punto 2 se levantará un nuevo alineamiento a 60° en dirección del alineamiento básico \bar{AC} . Sobre dicha proyección se ubicará un punto $2'$, el cual servirá de apoyo para poder proyectar el alineamiento básico luego de haber salvado el obstáculo. Ver Fig. 103.

Con lo anterior se logra salvar el obstáculo y a su vez proyectar el alineamiento básico, así también se puede determinar indirectamente el valor del tramo inaccesible, dado que la distancia $\bar{1G}$ ó $\bar{G}2$ es igual a la magnitud de la distancia $\bar{1}2$. Ver Fig. 103.

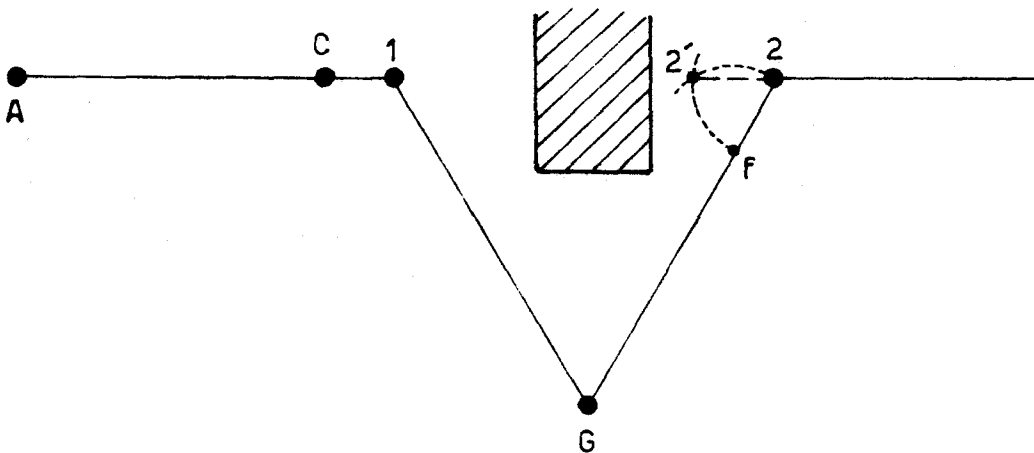


Fig. 103

Proyección del alineamiento básico por medio del método del Triángulo Equilátero.

- Método de la Prolongación de visuales

Es un método empleado para salvar obstáculos pequeños, basado en la determinación de puntos por medio de la intersección de visuales. Ver Fig. 104.

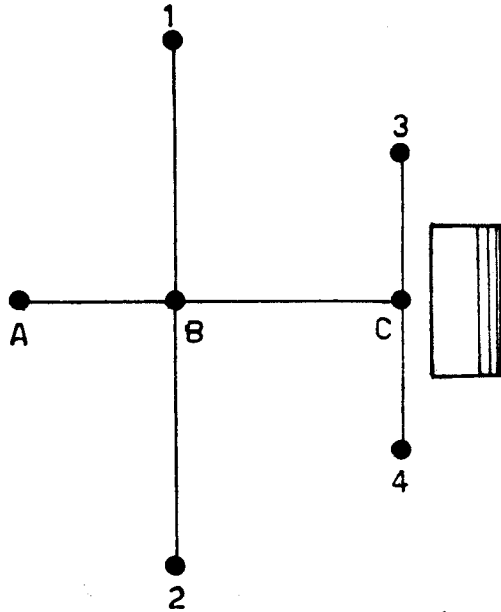


Fig. 104

Método de la prolongación de
Visuales.

- 1) Referenciar los puntos A, B y C, que determina el caminamiento básico. Ver Fig. 104.
- 2) En los puntos B y C se levantan perpendiculares a ambos lados. La magnitud de $\overline{B1}$ y $\overline{B2}$ debe ser mayor que las magnitudes de $\overline{C3}$ y $\overline{C4}$. Las longitudes de las mismas quedarán determinadas por la magnitud y naturaleza del obstáculo a salvar. Ver Fig. 104.
- 3) Desde los puntos 1 y 2 se lanzan simultáneamente dos visuales que pasen por los puntos 3 y 4 respectivamente, hasta localizar el punto de intersección D, ubicado posterior al obstáculo. Ver Fig. 105.

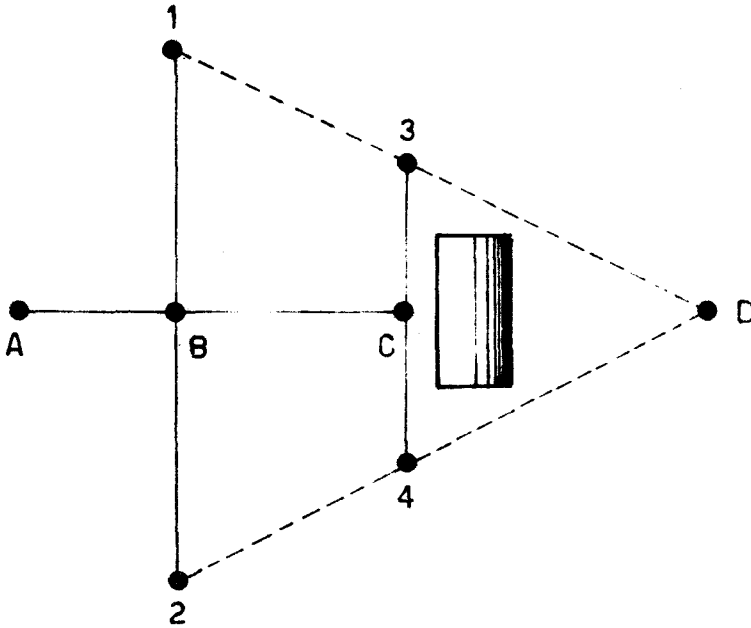


Fig. 105

Localización del Punto de intersección de las Proyecciones de las Visuales $\bar{1}3$ y $\bar{2}4$

- 4) Sobre la perpendicular $\bar{1}2$ se alinea y referencia dos puntos (5,6), los cuales se encontrarán a una distancia de B también mayor que la distancia $\bar{C}3$ y $\bar{C}4$. Ver Fig. 106.
- 5) Desde los puntos 5 y 6 se lanzan visuales simultaneas que pasen por los puntos 3 y 4 respectivamente. El punto de intersección de ambas visuales determinará la posición de un punto E, el cual alineado con el punto D representa el alineamiento prolongado de $\bar{A} \bar{B} \bar{C}$. Ver. Fig. 106.

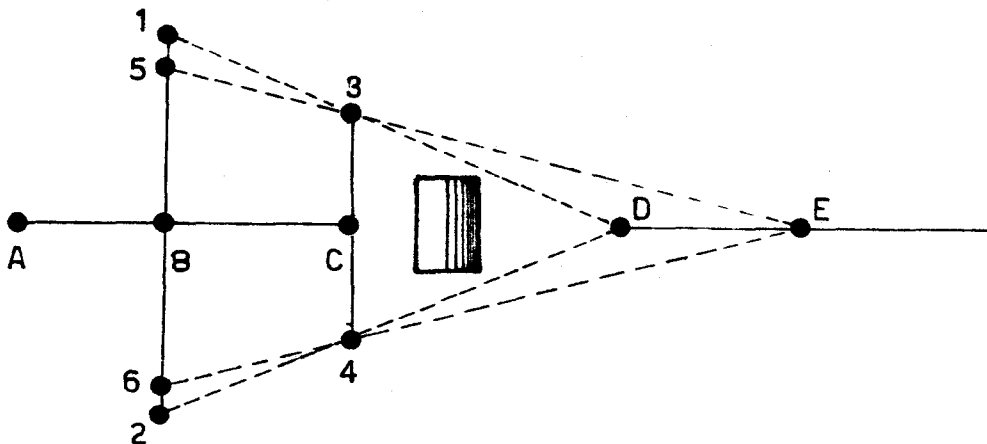


Fig. 106

Localización del punto de intersección de las Proyecciones de las visuales $\bar{6}4$ y $\bar{5}3$.

- 6) Para calcular el valor del tramo inaccesible \overline{CD} es necesario conocer la magnitud de los alineamientos $\overline{4C}$ y $\overline{4D}$

$$\overline{CD} = \sqrt{(\overline{4D})^2 - (\overline{4C})^2}$$

- Método de las dobles Paralelas

A pesar de tomar todas las precauciones posibles, ocasionalmente se presentan casos en los que como un edificio, un árbol, un bosque, etc. Obstruyen un alineamiento e impiden tanto la visibilidad como la medida. En la Fig. 107 se presenta un caso típico de este problema y su resolución total por este método.

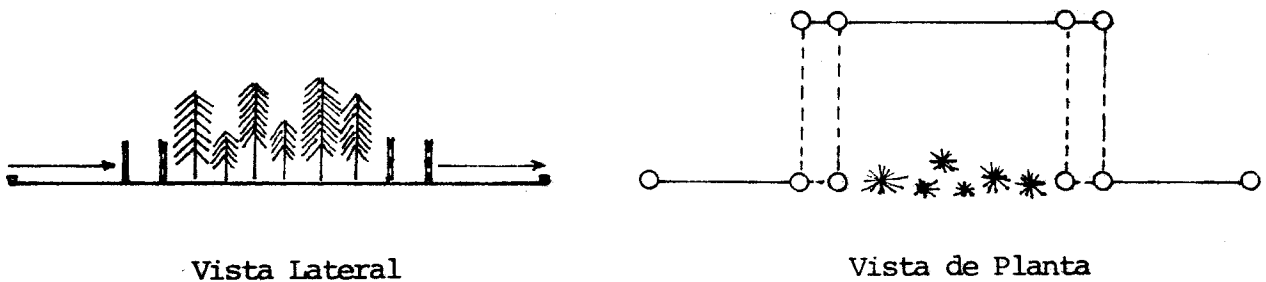


Fig. 107
Aplicación del Método de las dobles
Paralelas.

- 1) Sobre el alineamiento básico se referencian los puntos A y B ubicados estos antes del obstáculo. Ver Fig. 108.
- 2) Partiendo de los puntos A y B se levantan sendas perpendiculares de igual magnitud sobre las cuales se ubicarán los puntos C y D respectivamente. Dichos puntos se encontrarán separados del caminamiento básico en función del criterio del operador al considerar que el obstáculo en mención puede salvarse. Ver Fig. 108.

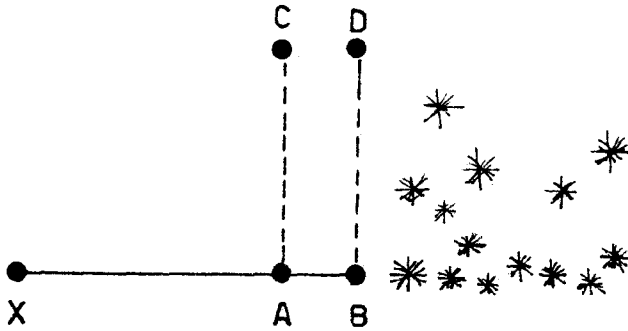


Fig. 108

Determinación de las magnitudes de los alineamientos \overline{AC} y \overline{BD} .

- 3) Se prolonga el alineamiento \overline{CD} y sobre el cual deberán ubicarse los puntos E y F, mismos que deben estar localizados posterior al obstáculo y separados entre sí a una magnitud igual a la separación de los puntos C y D Ver Fig. 109.

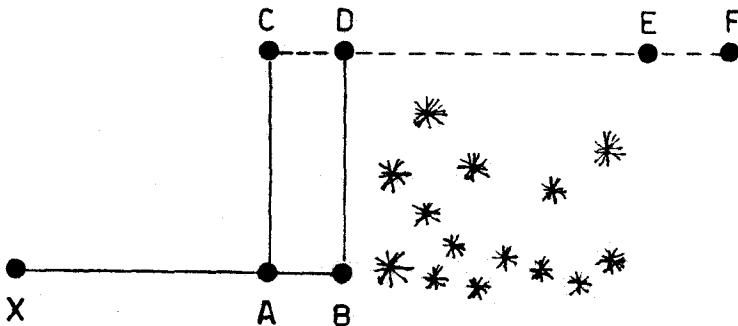


Fig. 109

- 4) Partiendo de los puntos E y F se levantan dos perpendiculares al alineamiento \overline{CF} , en dirección del caminamiento básico, sobre estas se alinean dos puntos G y H respectivamente. Las perpendiculares \overline{EG} y \overline{FH} deberán tener las mismas longitudes de las perpendiculares \overline{AC} y \overline{BD} , con la cual se establecerá que los puntos G y H estarán ubicados sobre la prolongación imaginaria del caminamiento básico. Ver Fig. 110.

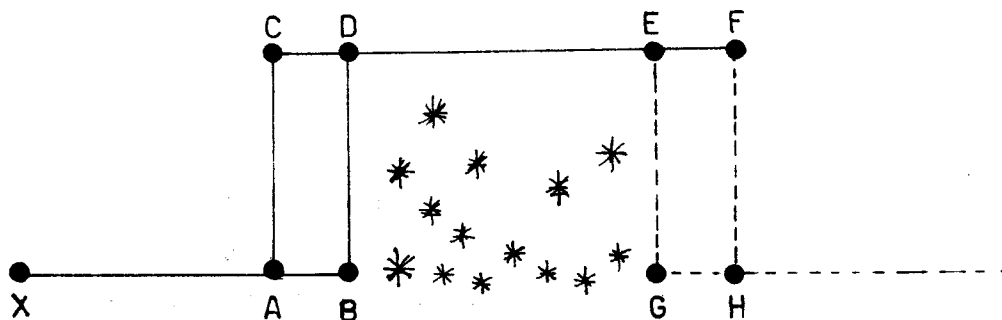


Fig. 110

Localización de los puntos G y H ubicados sobre la prolongación imaginaria del caminamiento básico.

- 5) La magnitud de la distancia inaccesible \overline{BG} es igual a la magnitud del tramo \overline{DE} , ello por la característica de paralaje que guardan tales alineamientos.

(14, 26)

4.7. Medición de Terrenos con Cinta

4.7.1 Introducción.

Un terreno puede medirse completamente con cinta métrica y equipo accesorio de longimetría (plomada, jalones, agujas de agrimensor, etc.), siempre y cuando las condiciones del mismo lo permitan. Este tipo de levantamiento queda limitada a terrenos de poca extensión (aproximadamente $14,000 \text{ m}^2$), de configuración regular y sin muchos obstáculos. Es necesario hacer mención que el registro de la propiedad inmueble de Guatemala, no acepta como legal el cálculo del área de un terreno levantado únicamente con cinta métrica, cuando los linderos del mismo poseen orientaciones arbitrarias.

El método de levantamiento de un terreno por medio de cinta fué el único método disponible antes de que se fabricara los instrumentos goniométricos ó medidores de distancias y valores angulares (6).

4.7.2 Método de Levantamiento con Cinta

Los levantamientos con longímetros pueden realizarse por varios métodos, los cuales tienen como factor común el cálculo de áreas de triángulos formados en el terreno. Dentro de los métodos más utilizados se encuentran:

- Método de Triángulos Ligados entre sí
 - Método de radiaciones desde una sola estación
- Método de Triángulo ligados entre sí

Es un método utilizado en terrenos pequeños, la característica del mismo consiste en encontrar un vértice del terreno desde el cual puedan visualizarse y medirse las distancias hacia los vértices restantes (26), la determinación del área del terreno puede calcularse teniendo los valores de las longitudes de dichas diagonales y los ángulos comprendidos entre estas, los cuales a su vez servirán para la conformación del plano del terreno.

Trabajo de Campo

1. Reconocimiento del terreno

Tienen por objetivo tomar una idea real de las condiciones que presenta el terreno (área, configuración, tipo de vegetación, ubicación de vértices y linderos, etc.), con lo cual el operador podrá decidir que vértice reúne las características deseadas.

2. Referenciar los Vértices del Terreno

Se colocarán marcas de carácter temporal en todos aquellos puntos que se consideren importantes en el polígono del terreno (26). Ver Fig. 111.

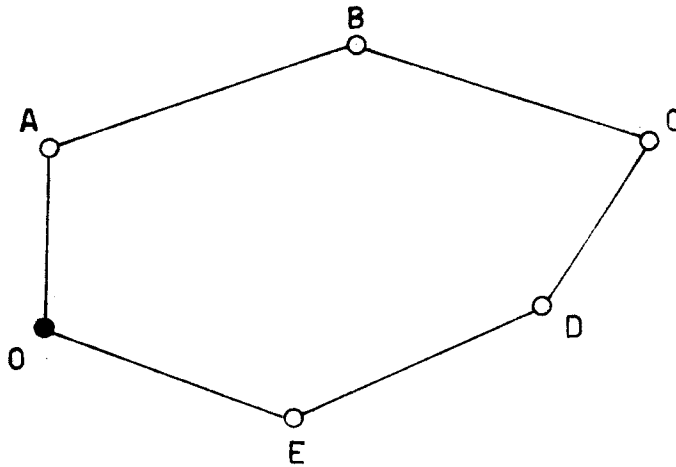


Fig. 111
Elaboración de un Croquis y referencia de los Vértices

3. Elaboración de la Libreta de Campo

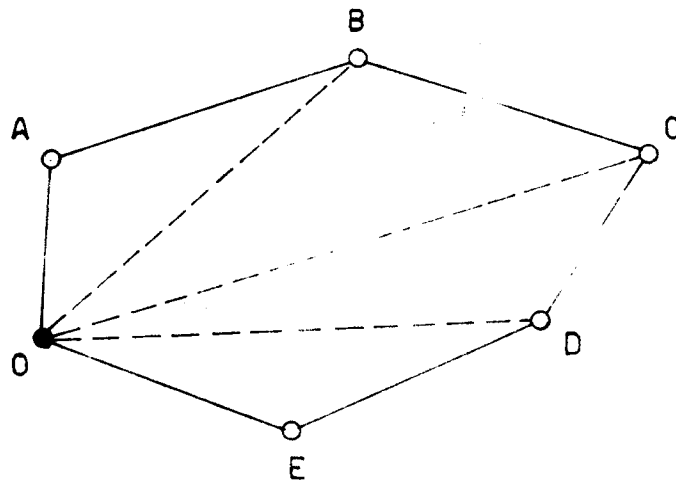
Con ello todos los datos y observaciones que se consideren necesarios quedarán plasmados para su futura utilización.

La Libreta de Campo puede tener las siguientes columnas:

Estación	Punto Observado	Distancia Horizontal	Valor Angular	Observaciones	Croquis

4. Medir las Diagonales.

Se miden las distancias horizontales entre el vértice que se ha considerado como punto de partida y los vértices restantes del terreno (6) Si se considera N el número de vértices, el número de diagonales que tendrá que medirse se estiman como $N-3$. (26). Ver Fig. 112.



$$N = 6$$

$$\text{No. de Diagonales} = N - 3$$

$$\text{No. de Diagonales} = 3$$

Fig. 112

Consideración del número de diagonales a medir

5. Medir las distancias entre los vértices

Consiste en determinar las distancias de cada uno de los linderos que conforman el terreno. (5).

6. Medir el valor de los ángulos adyacentes al vértice de partida.

Para tal efecto pueden utilizarse cualquiera de los métodos anteriormente estudiados.

7. Ordenamiento de la Libreta de Campo

Todos los datos considerados en el trabajo de campo deberán ser ordenados para un mejor entendimiento y facilitar con ello la operación de cálculo en Gabinete. El siguiente ejemplo puede servir de guía para la presentación de una libreta de campo:

Estación	P.O.	D.H.	Valor Angular	Observaciones	Croquis
O	A	\overline{OA}	α° β° γ° δ°	Lindero	
O	B	\overline{OB}		Diagonal	
O	C	\overline{OC}		Diagonal	
O	D	\overline{OD}		Diagonal	
O	E	\overline{OE}		Lindero	
A	B	\overline{AB}	Lindero		
B	C	\overline{BC}	Lindero		
C	D	\overline{CD}	Lindero		
D	E	\overline{DE}	Lindero		

Trabajo de Gabinete

1. Cálculo del área del Terreno

Teniendo los datos ordenados de la libreta de campo se procede al cálculo del área total del terreno, para lo cual se estima el área de cada triángulo formado utilizando para el efecto la fórmula del Semi-perímetro.

$$\text{Area} = \sqrt{P (P-a) (P-b) (P-c)}$$

En donde

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

a, b, c = Magnitud de los Linderos que conforman el triángulo considerado.

El área total del terreno resulta de la sumatoria de las áreas de los triángulos considerados.

Cuando la medición de los linderos del terreno no pueden medirse por diferentes causas (presencia de obstáculos), se puede omitir la medición de los mismos sí se utiliza el siguiente procedimiento:

- a. Reconocimiento del terreno.
- b. Referenciar los vértices del mismo.
- c. Medir las diagonales.

Se mide la longitud de los alineamientos que parten del vértice principal hacia los vértices complementarios, dichos valores se anotarán en la libreta de campo correspondiente. Ver Fig. 113.

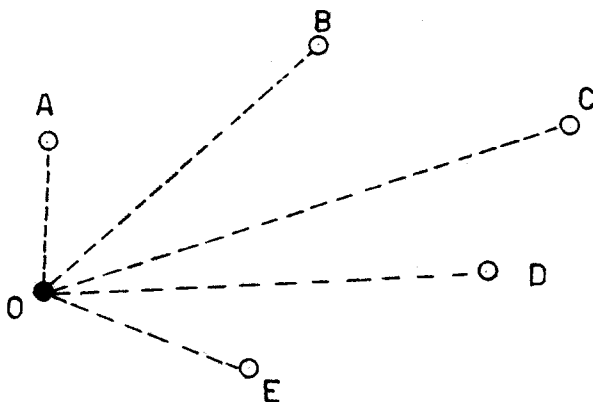


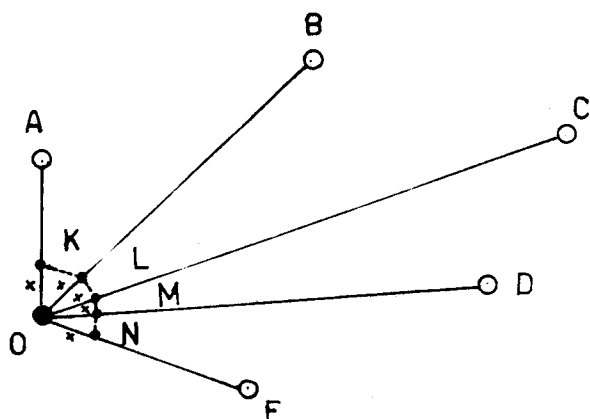
Fig. 113

Medición de las diagonales hacia los vértices del terreno.

- d. Calcular el valor de los ángulos adyacentes ó formados por los alineamientos medidos.

Para dicho cálculo se estimarán en el campo los datos necesarios a considerar para poder medir ángulos utilizando cinta métrica. Ver Fig. 114.

A continuación se presenta un ejemplo de libreta de campo, en donde se utiliza el método de la cuerda para el cálculo de ángulos.



Est.	P.O.	D.H.	Radio	Cuerda	Obser.
O	A	OA	X	K	
O	B	OB	X	L	
O	C	OC	X	M	
O	D	OC	X	N	
O	E	OE	X		

Fig. 114
Determinación de los Angulos
Adyacentes

e. Calcular el área del terreno

Para tal efecto se procederá al cálculo del área de cada uno de los triángulos formados, para los cual se utiliza la fórmula generalizada del área de un triángulo.

$$\text{Area} = \frac{a \cdot b \cdot \text{Seno } \hat{ab}}{2}$$

En donde

a, b = Magnitud de los linderos concurrentes

$\text{Seno } \hat{ab}$ = Seno del ángulo formado

El área total del terreno resulta de la suma de las áreas de los triángulos considerados.

f. Estimación de los valores de los linderos del terreno

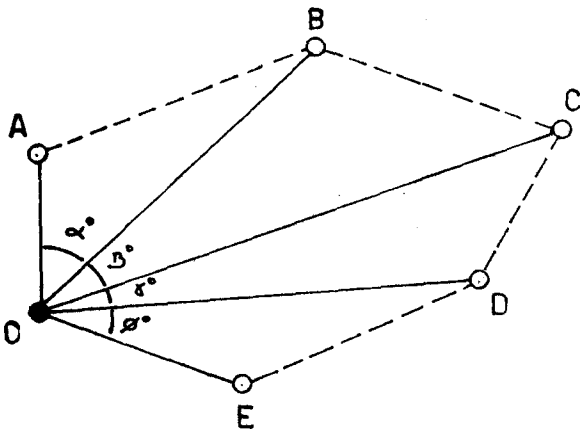
Si se desea determinar el valor de los linderos no medidos directamente en el campo, pueden estimarse mediante la aplicación de la ley de cosenos. Ver Fig. 115.

Ley de Cosenos

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 bc \cos A^\circ$$

En donde

- a = Cateto desconocido en un triángulo
- b,c = Cateto conocido en un triángulo
- Cos. A° = Coseno del ángulo adyacente de los catetos conocidos.



$$\overline{AB} = \overline{OA}^2 + \overline{OB}^2 - 2 \overline{OA} \cdot \overline{OB} \cos \alpha^\circ$$

$$\overline{BC} = \overline{OB}^2 + \overline{OC}^2 - 2 \overline{OB} \cdot \overline{OC} \cos \beta^\circ$$

$$\overline{CD} = \overline{OC}^2 + \overline{OD}^2 - 2 \overline{OC} \cdot \overline{OD} \cos \gamma^\circ$$

$$\overline{DE} = \overline{OD}^2 + \overline{OE}^2 - 2 \overline{OD} \cdot \overline{OE} \cos \delta^\circ$$

Fig. 115

Cálculo de la Magnitud de los Linderos por medio de la ley de Cosenos.

2. Elaborar el plano del Terreno

Para elaborar el plano a escala del terreno medido, es necesario contar con los siguientes datos:

- Distancia horizontal entre el punto principal y los vértices complementarios.
- Valores de los ángulos adyacentes de las diagonales medidas.

- Distancia horizontal de los linderos del terreno. (3,10,26).

Ejemplo:

Establecer el área y magnitud de los linderos de un terreno levantado con cinta métrica, cuya libreta de campo se presenta a continuación:

Est.	P. o	D.h.m	Angulo Comprendido	Observaciones	Croquis
0	A	40.00		Linderos	
0	B	60.00	30° 30'	Diagonal	
0	C	80.00	25° 00'	Diagonal	
0	D	60.00	10° 00'	Diagonal	
0	E	35.00	20° 00'	Lindero	

- Determinar la magnitud de los linderos desconocidos del terreno, mediante el empleo de la Ley de Cosenos. ($a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$)

Triángulo a b c	Cateto desconocido (a)	Angulo Comprendido (a)	Ley de Cosenos $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$	Magnitud del Cateto (a)
\overline{AB} , \overline{OA} , \overline{OB}	\overline{AB}	30°30'	1064.1800	32.62 m
\overline{BC} , \overline{OB} , \overline{OC}	\overline{BC}	25°00'	1299.4452	36.04 m
\overline{CD} , \overline{OC} , \overline{OD}	\overline{CD}	10°00'	545.8455	23.36 m
\overline{DE} , \overline{OD} , \overline{OE}	\overline{DE}	20°00'	878.2910	29.63 m

- Determinar el área de cada triángulo formado, utilizando para el efecto la fórmula del semi perímetro

Triángulo a b c	Semi perímetro $P = \frac{a+b+c}{2}$	Superficie $S = \sqrt{P(P-a)(P-b)(P-c)}$	Superficie Acumulada
\overline{OA} , \overline{AB} , \overline{OB}	66.31	608.9969 m ²	608.9969 m ²
\overline{OB} , \overline{BC} , \overline{OC}	88.02	1013.9816 m ²	1622.9785 m ²
\overline{OC} , \overline{CD} , \overline{OD}	81.68	416.5344 m ²	2039.5129 m ²
\overline{OD} , \overline{DE} , \overline{OE}	62.31	358.4154 m ²	2397.9283 m ²

Area del Terreno = 2397.9283 m²

Ejercicio

Determinar la magnitud de los linderos y el área del terreno levantado con cinta métrica, cuya libreta de campo se detalla a continuación:

Est.	P.o	D.h.m.	Angulo Comprendido	Observaciones	Croquis
O	A	28.5	16°15'52"	Lindero	
O	B	64.0	41°56'18"	Diagonal	
O	C	73.5	24°27'59"	Diagonal	
O	D	45.0	33°58'10"	Diagonal	
O	E	25.0		Lindero	

Respuesta

Magnitud de Linderos

$\overline{AB} = 37.50 \text{ m}$
 $\overline{BC} = 50.00 \text{ m}$
 $\overline{CD} = 37.50 \text{ m}$
 $\overline{DE} = 28.00 \text{ m}$

Superficie de Triángulos

$\overline{OA}, \overline{AB}, \overline{OB} = 255.4285 \text{ m}^2$
 $\overline{OB}, \overline{BC}, \overline{OC} = 1571.9208 \text{ m}^2$
 $\overline{OC}, \overline{CD}, \overline{OD} = 684.9171 \text{ m}^2$
 $\overline{OD}, \overline{DE}, \overline{OE} = 314.2992 \text{ m}^2$

Area del terreno = 2826.5656 m²

- Metodo de Radiaciones desde una sola estación

El método de radiaciones es utilizado en terrenos en donde por situaciones de configuración, presencia de obstáculos, tipo de vegetación u otros, el método anterior resulta ser impráctico.

Este método consiste en determinar un punto dentro de la poligonal del terreno (Llamado estación central), desde el cual puedan visualizarse y medirse todas las diagonales hacia los vértices del mismo. El procedimiento lógico en su ejecución consta de los siguientes pasos:

Trabajo de Campo

1. Reconocimiento del Terreno

Pretende dar una idea del área del Terreno, configuración del mismo, tipo de vegetación, etc. con lo cual el operador pueda contar con los elementos de juicio suficientes para decidir donde es más conveniente la ubicación de la estación central.

2. Referenciar los vértices y la estación central


Consiste en dejar marcas de carácter temporal en todos aquellos puntos importantes a lo largo del perímetro del terreno, y en la estación central.

3. Elaboración de la Libreta de Campo

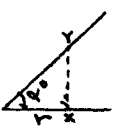
La libreta de campo a utilizar dependerá del método de cálculo utilizado en la estimación de los ángulos formados entre las radiaciones adyacentes de la estación central.

Así se pueden tener las siguientes:

Ejemplo de una libreta de campo utilizada cuando se utiliza el método de la cuerda en el cálculo de valores angulares.

Est.	P.O	D.H	Radio r	Cuerda (c) ó Cateto Opuesto	Observaciones
					$\alpha^{\circ} = 2 \text{ arc Seno } \frac{c}{2r}$ 

Ejemplo de una libreta de campo utilizada cuando se utiliza el método de la tangente en el cálculo de valores angulares.

Est.	P.O	D.H	Radio r	C. Opuesto \overline{XY}	Observaciones Y
					 $\alpha^{\circ} = \text{Arc. Tang. } \frac{\overline{XY}}{r}$

4. Determinación del valor de las radiaciones correspondientes

Se miden las distancias entre la estación central y los vértices del polígono, Ver Fig. 116, dejando las marcas necesarias sobre cada alineamiento, para facilitar el trabajo de cálculo de valores angulares.

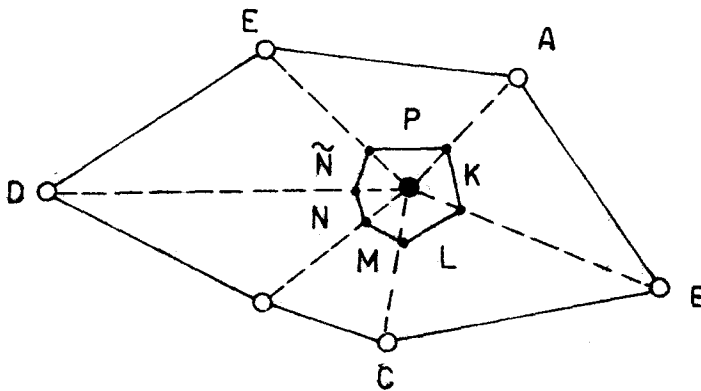


Fig. 116

Determinación de las radiaciones y colocación de marcas sobre las mismas para el cálculo de valores angulares

- Cálculo de Gabinete

1. Para tal efecto, deberá estimarse el área de cada uno de los triángulos formados ya que la sumatoria de estos conformará el área total del terreno.

El cálculo del área de cada triángulo es estimada por medio de la siguiente formula.

$$\text{área} = \frac{a \cdot b \cdot \text{Seno } \hat{ab}}{2}$$

En donde:

a y b constituyen los valores de las radiaciones adyacentes. \hat{ab} constituye el valor del ángulo adyacente o conformado por dos radiaciones.

A continuación se presenta una hoja de cálculo para el área de un terreno medido por medio de este método.

Triángulo	Cateto a.	Cateto b	ángulo formado	Seno del ángulo formado (ab)	$\frac{a \cdot b \cdot \text{Seno } ab}{2}$
AOB	\overline{OA}	\overline{OB}	K	U	Area 1
BOC	\overline{OB}	\overline{OC}	L	V	Area 2
COD	\overline{OC}	\overline{OD}	M	W	Area 3
DOE	\overline{OD}	\overline{OE}	N	X	Area 4
EOF	\overline{OE}	\overline{OF}	Ñ	Y	Area 5
FOA	\overline{OF}	\overline{OA}	P	Z	Area 6
$\Sigma 360^\circ$					$\Sigma = \text{Area Total}$

El área total del terreno la representa la sumatoria de las áreas de los triángulos considerados.

Un sistema fácil de comprobar si los datos son confiables y exactos, es determinar que la sumatoria de los ángulos adyacentes debe ser igual a $360^\circ \pm$, si dicha comprobación no resultara, deberá revisarse la libreta de campo y los datos de gabinete para ver si no existe alguna falla en ellos, si no se encontrara razón para tal error deberá repetirse el trabajo de campo.

2. Presentar el plano del terreno

Deberá contarse con los siguientes datos para la elaboración del mismo:

- Distancias de las Radiaciones
- Valores angulares

(10,25,26)

Ejemplo

Determinar la magnitud de los linderos y el área de terreno levantado con cinta métrica, utilizando para el efecto el método de estación central y radiaciones. La libreta de campo se detalla a continuación:

Est.	P.O	D.H.	Radio	Cuerda	Observaciones
O	A	33.5	10	9.23	
O	B	45.5	10	7.28	
O	C	52.0	10	8.66	
O	D	62.0	10	8.92	
O	E	25.0	10	14.00	
O	F	25.0	10	11,36	
O	A	-	10		

1. Determinar los valores angulares adyacentes a la Estación Central

Triángulo	Cuerda (c)	Radio (r)	$\text{Seno } \alpha/2 = c/2r$	$\text{Arc. Seno } \alpha/2$	Valor Angular $2 \text{ arc. Sen } \alpha/2$
$\overline{OA}, \overline{AB}, \overline{OB}$	9.23	10	0.4615	27.483942°	54.967884°
$\overline{OB}, \overline{BC}, \overline{OC}$	7.28	10	0.364	21.346054°	42.692108°
$\overline{OC}, \overline{CD}, \overline{OD}$	8.66	10	0.433	25.658099°	51.316198°
$\overline{OD}, \overline{DE}, \overline{OE}$	8.92	10	0.446	26.487336°	52.974672°
$\overline{OE}, \overline{EF}, \overline{OF}$	14.00	10	0.70	44.427004°	88.854008°
$\overline{OF}, \overline{FA}, \overline{OA}$	11.358	10	0.56790	34.603916°	69.207832°

$$\Sigma \text{ ángulos adyacentes} = 360^\circ 0' 45''$$

2. Determinar el área de cada triángulo formado y el área total del terreno.

Triángulo a b c	Cateto a	Cateto b	Angulo Adyacente	Seno del Angulo	Area= $\frac{a \cdot b \cdot \text{Seno } \hat{a}b}{2}$
$\overline{OA}, \overline{OB}, \overline{AB}$	35.5	45.5	54.967884°	0.8188304	661.3079 m ²
$\overline{OB}, \overline{OC}, \overline{BC}$	45.5	52.0	42.692108°	0.6780584	882.1430 m ²
$\overline{OC}, \overline{OD}, \overline{CD}$	52.0	62.9	51.316198°	0.7806071	1268.4866 m ²
$\overline{OD}, \overline{OE}, \overline{DE}$	62.5	25.0	52.974672°	0.7983694	623.7260 m ²
$\overline{OE}, \overline{OF}, \overline{EF}$	25.0	25.0	88.854008°	0.999799	312.4374 m ²
$\overline{OF}, \overline{OA}, \overline{FA}$	25.0	33.5	69.207832°	0.934874	391.4785 m ²

$$\text{Area total del Terreno } 4059.5794 \text{ m}^2$$

3. Determinar la magnitud de los linderos del Terreno

Triángulo a b c	Cateto des- conocido (c)	Angulo Adya- cente	Ley de Cosenos $c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$	Magnitud del Cateto (a)
$\overline{OA}, \overline{OB}, \overline{AB}$	\overline{AB}	54.967884°	1442.5527	37.98 m
$\overline{OB}, \overline{OC}, \overline{BC}$	\overline{BC}	42.692108°	1296.1921	36.00 m
$\overline{OC}, \overline{OD}, \overline{CD}$	\overline{CD}	51.316198°	2547.607	50.47 m
$\overline{OD}, \overline{OE}, \overline{DE}$	\overline{DE}	52.974672°	2950.559	54.31 m
$\overline{OE}, \overline{OF}, \overline{EF}$	\overline{EF}	88.854008°	1225.00	35.00 m
$\overline{OF}, \overline{OA}, \overline{FA}$	\overline{FA}	69.207832°	1152.6599	33.95 m

Ejercicio

Determinar la magnitud del área del Terreno levantado con cinta métrica, cuya libreta de campo se presenta a continuación:

Est.	P.O	D.H.	Ángulo	Cuerda	Observaciones
0	A	45.06	10	12.5864	
0	B	53.03	10	12.5864	
0	C	45.06	10	15.5429	
0	D	35.35	10	15.5429	
0	A		10		
0	A		10		

Respuestas:

Magnitud de los Linderos

- $\overline{AB} = 62.03 \text{ m}$
- $\overline{BC} = 62.03 \text{ m}$
- $\overline{CD} = 62.788 \text{ m}$
- $\overline{DA} = 62.788 \text{ m}$

Superficie de Triángulos

- $\overline{OA}, \overline{AB}, \overline{OB} = 1168.6574 \text{ m}^2$
- $\overline{OB}, \overline{BC}, \overline{OC} = 1168.6574 \text{ m}^2$
- $\overline{OC}, \overline{CD}, \overline{OD} = 779.0314 \text{ m}^2$
- $\overline{OD}, \overline{DA}, \overline{OA} = 779.0314 \text{ m}^2$

Area del Terreno = 3895.3776 m²

4.8 Tolerancia permitida en Mediciones de Distancia

Los siguientes cuadros podrán dar una idea de la tolerancia de error en distancias que se puede cometer utilizando cinta métrica.

Según los estándares Americanos reportado por Billeb Vela (3)

Tipo de Levantamiento	Error Tolerable		Fracción de Tolerancia	Error Máx / Km
De primer orden	0.00005	D*	1 m /20,000 m	5 cm/ km
De Segundo orden	0.0001	D	1 m /10,000 m	10 cm/ km
De Tercer orden	0.0002	D	1 m / 5,000 m	20 cm/ Km

* D = Distancia en metros

Según el reglamento de Agrimensura de Guatemala en su artículo 35, capítulo III, decreto 1786 (12)

Levantamiento	Error Tolerable		Fracción de Tolerancia	Error Máx / Km
Terrano Fácil	0.003	D	1 m / 333 m	3 mts / Km
Terrano Difícil	0.004	D	1 m / 250 m	4 mts / Km

Las tolerancias varían entre Países según puede observarse en el siguiente cuadro comparativo de tolerancia en levantamientos comunes.

País	En Terrano Fácil	En Terrano Difícil
Guatemala	3 m / Km	4 m / Km
Alemania	1 m / Km	1.3 m / Km
España	0.5 m / Km	0.5 m / Km
E.E. U.U.	0.2 m / Km	0.2 m / Km

4.9 Errores cometidos al medir con cinta

Todas las mediciones hechas con cinta o cadenas están sujetas a algún tipo de error por más cuidadosa que estas hallan sido tomadas (14), los errores pueden ser atribuidos al observador mismo (descuido ó inexperiencia del topógrafo), clase de instrumento (malas condiciones o desajustes del equipo) o a las condiciones climáticas dominantes bajo las que se efectuen la medición (25, 26).

Considerando las fuentes anteriores de errores, se detallan a continuación las principales causas de los errores más comunes cometidos por un topógrafo a medir con cinta y algunas recomendaciones de carácter práctico para evitarlos ó minimizarlos.

4.9.1 Errores Instrumentales

- Longitud incorrecta de la Cinta

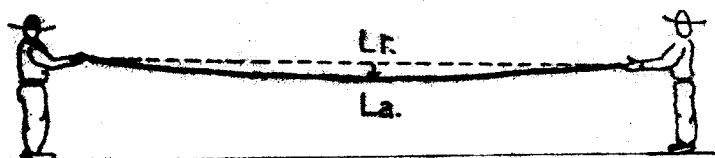
La longitud incorrecta o mala graduación de la cinta, da origen a uno de los errores más importantes (3, 7). por las características de ser acumulativos y por poder estimarse numéricamente, se clasifica como un error sistemático. La única manera de establecer si se incurre en dicho error, es comparar la longitud del longímetro usado con una longitud estable y conocida (26), su corrección es sumando o restando la cantidad del error a la medida realizada, así por ejemplo:

- + Se tiene una cinta métrica que indica una longitud de 30.00 m.
- + Se compara con un patrón y se establece que la longitud máxima de la cinta es de 29.50 m.
- + Lo anterior indica que se comete un error de -50 cm. por cada cintada realizada.
- Si se realizarón dos cintadas de 30.00 m. cada una determinar la distancia real medida.

Error / cintada	- 0.5 m
Total de cintadas	2
Medida realizada	60.00 m
Medida real	59.00 m

- Cinta concava o efecto de catenaria

Quando una cinta no está apoyada en toda la longitud y solamente en sus extremos como es frecuente, experimenta un error sistemático - denominado efecto de catenaria, el cual es formado por el peso mismo de la cinta que actua en el centroide de la longitud. el efecto aumenta conforme aumenta la distancia medida.



Lectura real (L_r) es menor que la lectura anotada (L_a)

Flecha máxima
Producto del peso de la cinta

Fig. 117

Efecto de Catenaria

El efecto de catenaria puede disminuirse aplicando mayor tensión, reduciendo la longitud de la medida o apoyando la cinta en todo su recorrido.

4.9.2 Errores Personales

- Alineación Imperfecta

Es un error accidental de causa personal, consiste en la pérdida de la alineación de puntos sobre una línea recta, es un error que normalmente no puede estimarse pero puede reducirse a valores realmente despreciables si se pone cuidado y atención al momento de efectuar el trabajo de campo. Los errores por falta de alineación tienden a dar una distancia mayor que la real. Ver Fig. 118.

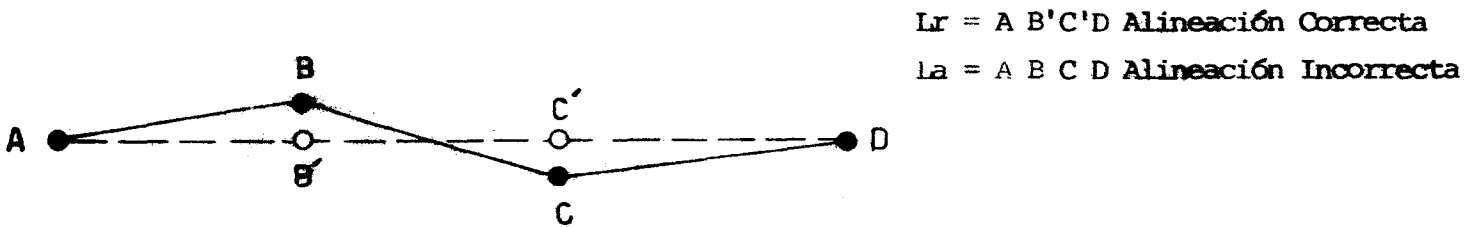


Fig. 118
Falta de Alineación

- Falta de Horizontalidad

El efecto es similar al ocasionado por una alineación defectuosa, es muy difícil estimar al ojo las pendientes o saber con certeza que la cinta está horizontal en un terreno inclinado. Ver Fig. 119.

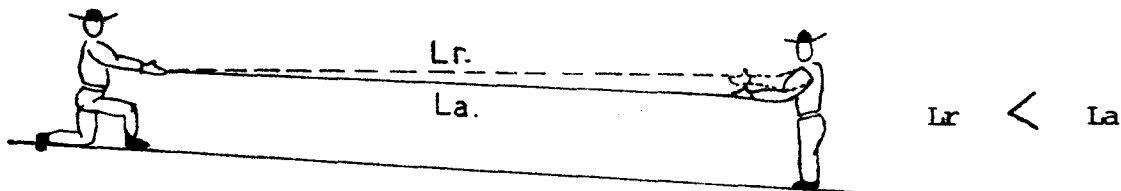


Fig. 119
Falta de Horizontalidad

La tendencia general es bajar demasiado el extremo inferior de la cinta. En las mediciones usuales con cinta, esta es una de las causas frecuentes de error que no se eliminan por repetición de medidas, pero que pueden hacerse despreciables nivelando la cinta por medio de un pequeño nivel de mano. (3, 7,10)

- Cinta floja o retorcida

Al medir con cinta terrenos cubiertos de maleza ó cuando sopla - viento fuerte, es casi imposible mantener la cinta en toda su longitud en perfecta alineación, Este tipo de error puede hacerse despreciable cuando el operador toma el cuidado de efectuar mediciones sobre alineamientos previamente limpiados, o bien manteniendo una adecuada tensión en la cinta para el caso de viento fuerte.

- Marcaje

Las agujas de agrimensor deben clavarse perpendicularmente a la línea que se mide, pero inclinada a 45° con respecto al terreno, con ello se facilitará efectuar el aplome del punto indicado por la aguja sin que exista interferencia de éstas. El marcaje es un error considerado de origen accidental de causa personal.

Los errores personales son equivocaciones y se deben a inexperiencia, descuido o fatiga del operador. La única manera de comprobar que no se ha cometido un error considerable, es medir en ambas direcciones la longitud referida. (14).

4.9.3 Errores Naturales

- Efecto de Temperatura

Todas las cintas han sido calibradas a cierta temperatura, por ejemplo, la cinta de acero se normalizan a 20°C . por lo general una temperatura mayor dilatará el metal, y una temperatura menor lo contraera; para compensar este error sistemático cuando el trabajo es de alta precisión,

puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$CT = K (T - T^1) L$$

- CT = Corrección por temperatura en la longitud medida
- K = Coeficiente de dilatación del material de la cinta
(0.0000117 para el acero)
- T = Temperatura de la cinta al momento de efectuar la medida.
- T¹ = Temperatura de calibración de la cinta
- L = Longitud medida por la cinta

Dicho valor de corrección será sumado o restado al valor de la lectura anotado dependiendo el signo de este.

- Efecto del Viento

La única recomendación que se puede dar para evitar dicho efecto, es no efectuar mediciones cuando el viento ocasiona problemas para el operador al efectuar las mediciones.

BIBLIOGRAFIA

2. ALMENGOR CHOY, J.R. 1977. Instrumentos electrónicos para la medición en topografía. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 37.
3. BILLEV VELA, F. s.f. Curso de topografía I; levantamiento con cinta. Guatemala, Piedra Santa. 41 p.
6. BRINKER, R.C.; WOLF, P.R. 1969. Topografía elemental México D.F., Editorial PAX. 868 p.
9. CHANG LAU. G. 1971. Método de medición indirecta de las distancias. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 60 p.
10. DAVIS, R.; FOOTE, F. 1964. Tratado de topografía. Trad. de la 2 ed. Inglesa por José Marí Montero. 4 ed. Madrid, Ediciones Aguilar. 880 p.
12. GUATEMALA. Decretos. 1936. Ley reglamentaria para trabajos de agrimensura; Decreto Gubernativo 1786 del Congreso de la República de Guatemala. Guatemala.

14. IRVINE, W. 1975. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés por Eduardo Caro Cayzedo. Cali, Mc Graw Hill. 259 p.
16. MONTES DE OCA, M. 1970. Topografía. 4 ed. México D.F., Representaciones y Servicios de Ingeniería. 344 p.
17. MORALES CHINCHILLA, E.G. 1967. Manual de topografía para trabajadores sociales rurales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 110 p.
21. SANTIZO LATORRE, O.A. 1977. Topografía aplicada en ingeniería. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. p. 71-77.
25. TORRES NIETO, A.; VILLATE BONILLA, E. 1968. Topografía. 2 ed. Bogotá, Colombia, Editorial Norma. 307 p.
26. TOSCANO, R. 1977. Métodos topográficos. 14 ed. México, D.F., Editorial Porrúa. p. 118-119.

CAPITULO 5
ANGULOS Y DIRECCIONES

5.1. Angulos Horizontales.

5.1.1. Angulo de Dirección

Recordando la definición proporcionada en el capítulo 2, se entenderá como ángulo horizontal a aquel formado por la intersección de dos líneas rectas que se encuentran ubicadas en un mismo plano horizontal (10). Teniendo claro el concepto anterior podrá entenderse como dirección de un alineamiento, al ángulo horizontal existente entre la línea que representa el alineamiento y alguna otra que se toma como referencia (18,25) Ver Fig. 120. La línea fija tomada como referencia - puede ser una línea materializada ó puramente imaginaria a la cual se le denominará como MERIDIANA. (17).

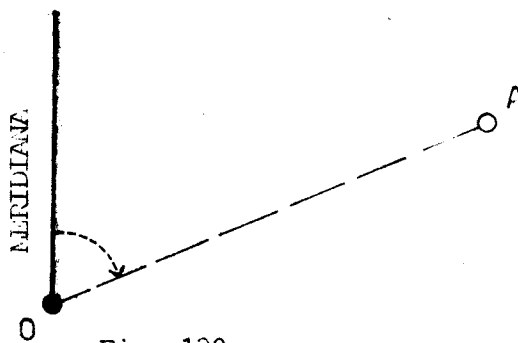


Fig. 120

Angulo de Dirección

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

5.2.1.1 Diferentes Tipos de Meridianas

Se conoce tres tipos de meridianas siendo estas:

1) Meridiana Verdadera.

Es aquella que pasa por los polos Norte y Sur geográficos de la tierra (25), es determinada mediante observaciones astronómicas para cada punto sobre la superficie terrestre. La dirección referida a una meridiana verdadera permanece inalterable con respecto al tiempo (18,25).

La forma de representar gráficamente la meridiana verdadera es por medio de una flecha dirigida hacia una estrella. Ver Fig. 121. Según la ley de agrimensura, decreto 1786, en el capítulo II artículo 29. Literalmente indica que:

La determinación de la meridiana astronómica ó verdadera es obligatoria, pudiendo suprimirse únicamente cuando se trate de mensura de terrenos cuya extensión no exceda de 40 Ha. (12,19).

2) Meridiana Magnética:

Se conoce como meridiana magnética a aquella línea que pasa por los polos magnéticos de la tierra (25). Su dirección es determinada por la posición de una aguja magnética libremente suspendida (18).

La meridiana magnética generalmente no es paralela a la astronómica - pues los polos magnéticos están constantemente cambiando de posición (25), de lo anterior resulta que la dirección de cualquier alineamiento con respecto a la meridiana magnética no es constante (14,18

La forma de representar gráficamente la meridiana magnética es por medio de una flecha de doble cabeza con la letra N en su parte distal. Ver Fig. 121.

La meridiana magnética se emplea como línea de referencia en los levantamientos en los que se usa una u otra forma de brújula para orientar los alineamientos de estas. En la mayor parte de los trabajos agrí se utiliza este tipo de orientación. En trabajos de alta precisión puede ejecutar el levantamiento utilizando la orientación magnética

para luego en cálculo de gabinete corregirlos a orientación astronómica mediante el conocimiento de la declinación magnética del lugar. (ver inciso 5.1.3) (18).

3) Meridiana Arbitraria

Llamada también supuesta, ya que se elige de manera arbitraria por la persona que realiza las mediciones, dicha orientación no tiene ninguna referencia con los extremos de la brújula (18). Solamente se utiliza en los trabajos preliminares donde no se posee brújula alguna. Se representa gráficamente por medio de una flecha de simple cabeza, con la letra N en parte distal. Ver Fig. 121.

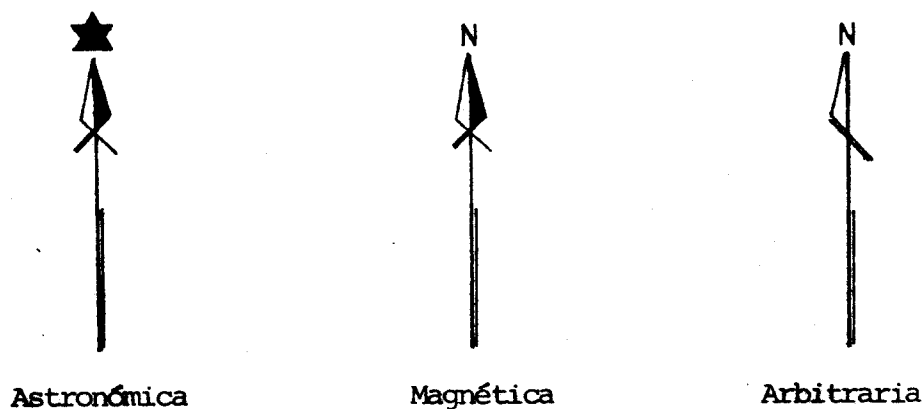


Fig. 121

Diferentes Tipos de Meridianas

5.1.3 Declinación e Inclinación Magnética

- Declinación Magnética.

Los polos magnéticos de la tierra están constantemente variando de posición con respecto de los polos geográficos, provocando una cierta variación angular denominada declinación magnética (18). En otras palabras al ángulo formado por la meridiana magnética con respecto a la meridiana verdadera se le denomina "declinación magnética" (25) Ver Fig. 122

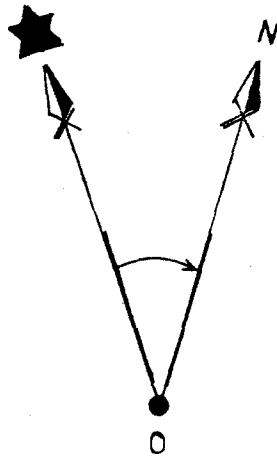


Fig. 122
Declinación Magnética

- Variaciones de la Declinación Magnética.

Existen varias causas por las cuales se experimenta el fenómeno de declinación magnética, algunos autores tal el caso de Richard Pearl atribuyen que el cambio del campo magnético de la tierra es como consecuencia del movimiento del hierro fundente en la parte exterior del núcleo de la tierra (4). Otros atribuyen cierta condición de atracciones locales magnéticas, gobernadas principalmente por la topografía, naturaleza de las rocas del lugar y/o por cercanía de corrientes eléctricas, hasta tal punto que en algunos lugares se hace imposible el empleo de brújulas (25).

Considerando las causas anteriores, se establece que existen varias clases de variación de la declinación magnética, siendo las principales la variación secular y la variación diaria ó divina. (4, 14).

a. Variaciones Anuales o Seculares.

Son de carácter periódico y requieren dos ó tres centurias para completar su ciclo, esta variación se asemeja a un movimiento pendular y su magnitud cambia año con año (4).

Datos tomados en Inglaterra reportan que desde el principio del siglo XVI se han llevado estadísticas que muestran la variación secular, de ello se reporta que:

En 1580 la declinación era de $11^{\circ} 15'$ hacia el Este

En 1657 la declinación fué de 0°

En 1818 la declinación alcanzó un máximo de $24^{\circ} 38'$ hacia el Oeste

Desde esa fecha su valor ha vuelto a disminuir y en 1973 el valor era de $8^{\circ} 15'$ hacia el Oeste. Su valor medio es de unos 11 minutos/año (14).

b. Variación Divina ó Diaria.

A más de esa lenta variación anual, observaciones que abarcan muchos años, muestran que existe una variación diaria regular de su posición media (14). Dicha variación tiene un cambio de magnitud durante el día de un rango de 10 a 12', Es decir de 5 a 6' al Este y al Oeste de su posición media. (4)

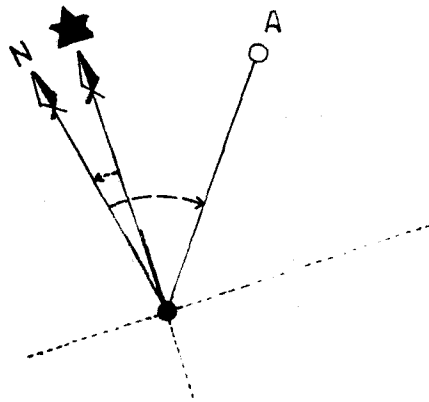
Líneas Isogónicas y Agónicas.

Cada punto sobre la tierra tiene un valor diferente y variable de declinación magnética. Si en un momento dado se unieran todos los puntos que posean el mismo valor de declinación magnética constituirían una línea denominada Isogónica (4,25). La línea que une puntos de declinación 0° se denomina Agónica.

El conocimiento de la declinación magnética en un momento dado para un lugar determinado permite el traslado de orientaciones magnéticas a orientaciones astronómicas con gran facilidad.

Con lo anterior, resulta la importancia de anotar en todo tipo de levantamiento la fecha de trabajo, la hora de orientación y la ubicación del lugar, con estos datos sí el mismo trabajo servirá para reubicación de puntos en un tiempo diferente sobre el terreno, se podrá disponer de direcciones constantes como son las orientaciones al meridiano astronómico.

Así por ejemplo, si se realizó una orientación angular de un punto con respecto de una meridiana magnética de 45° hacia el este, y se tenía una declinación magnética de $3^{\circ} 15'$ hacia el oeste, la dirección astronómica de dicho punto será de $42^{\circ} 45'$. Ver Fig. 123.



45°	(Orientación Magnética)
- 3° 15'	(Declinación Magnética)
42° 45''	(Orientación Astronómica)

Fig. 123

Cálculo Astronómico de una Orientación Magnética.

- Inclínación Magnética.

La aguja imanada de una brújula no se mantiene horizontal debido a la atracción que ejercen los polos magnéticos sobre ella. La aguja trata de inclinar su extremo norte en el hemisferio Norte y su extremo sur en el hemisferio Sur. El ángulo que experimenta la aguja con la horizontal se denomina inclinación magnética y dicho ángulo varía de 0° en el Ecuador a 90° en los polos; para mantener la aguja horizontal se utilizan contra-pesos. Ver Fig. 124.

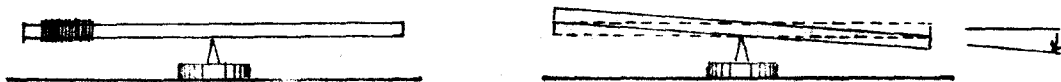


Fig. 124

Efectos de la Inclínación Magnética.

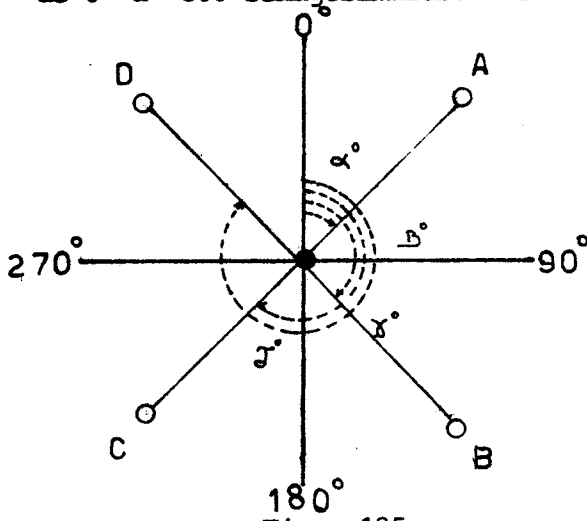
La línea que une puntos de igual inclinación magnética se denomina isoclina.

5.1.4 Sistemas de Dirección Angular

En todo trabajo topográfico es necesario referenciar puntos en el terreno en función de distancias y direcciones con respecto a puntos tomados como referencia. Existen diferentes sistemas de dirección angular, los cuales tienen importancia relevante tanto en trabajos de campo como en gabinete. A continuación se presenta los sistemas básicos de dirección angular.

- Azimut

El Azimut de una línea de la superficie terrestre es la dirección angular que forma el meridiano asumido (Astronómico, magnético ó arbitrario) con respecto a un alineamiento dado. Dicho ángulo de dirección se mide a partir del meridiano Norte en sentido dextrógiro, pudiendo variar de 0° a 360° sexagesimales. Ver Fig. 125



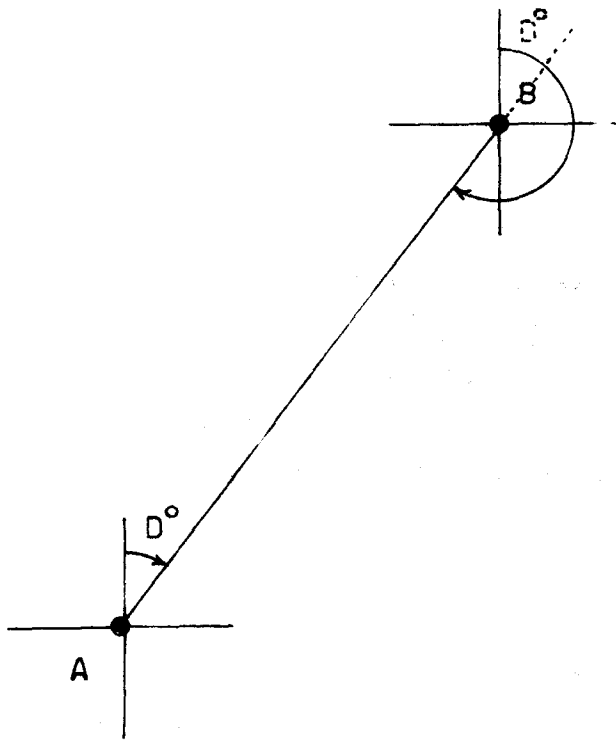
Azimut \overline{OA}	=	α°
Azimut \overline{OB}	=	β°
Azimut \overline{OC}	=	γ°
Azimut \overline{OD}	=	δ°

Fig. 125

Sistema Azimut

- Azimut Inverso

Es aquel ángulo de dirección de un alineamiento cuya magnitud resulta ser igual a la magnitud del azimut directo $\pm 180^\circ$ sexagesimales, para comprender en mejor forma el anterior concepto observese la Fig.126



La línea \overline{AB} puede recorrerse en dos sentidos, uno en el sentido \overline{AB} y otro en el sentido \overline{BA} . Si se recorre en el sentido \overline{AB} puede considerarse que el ángulo de dirección D° es un Azimut directo ó simplemente Azimut, pero si el recorrido se hace en sentido contrario de \overline{BA} , el ángulo de dirección del alineamiento tendrá una magnitud equivalente a $D^\circ + 180$, el cual se denominará Azimut Inverso. (17).

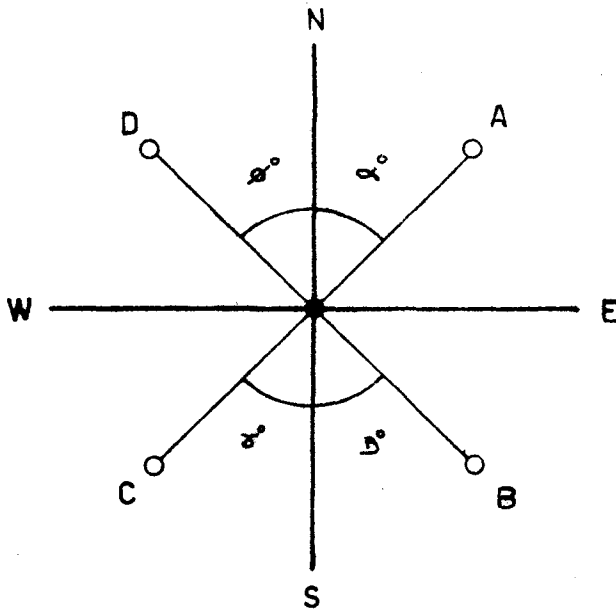
Fig. 126
Azimut Inverso

Una guía fácil para poder ejecutar conversiones de valores azimutales directos a inversos o viceversa, es la siguiente:

	Cuadrante	de Azimut Directo a Azimut Inverso	de Azimut Inverso a Azimut Directo
	I	Azimut Directo + 180°	Azimut Inverso + 180°
IV	Azimut Directo + 180°	Azimut Inverso + 180°	
III	Azimut Directo - 180°	Azimut Directo - 180°	
II	Azimut Directo - 180°	Azimut Inverso - 180°	

- Rumbo

El rumbo de una línea es la dirección de ésta respecto al meridiano Norte-Sur asumido, se indica por el ángulo agudo que el alineamiento forma con la línea del meridiano, midiéndose a partir del meridiano hacia la ubicación del alineamiento. (18) Ver Fig. 127.



Rumbo	\overline{OA}	=	N	α°	E
Rumbo	\overline{OB}	=	S	β°	E
Rumbo	\overline{OC}	=	S	γ°	W
Rumbo	\overline{OD}	=	N	δ°	W

Fig. 127
Sistema Rumbo

En el sistema rumbo el plano cartesiano queda dividido en cuatro cuadrantes, cada uno de los cuales posee orientaciones definidas, Siendo estas:

Cuadrante I	Nor-Este	Cuadrante III	Sur-Oeste
Cuadrante II	Nor-Oeste	Cuadrante IV	Sur-Este

La designación de un ángulo de dirección mediante el sistema rumbo esta dado por los siguientes elementos.

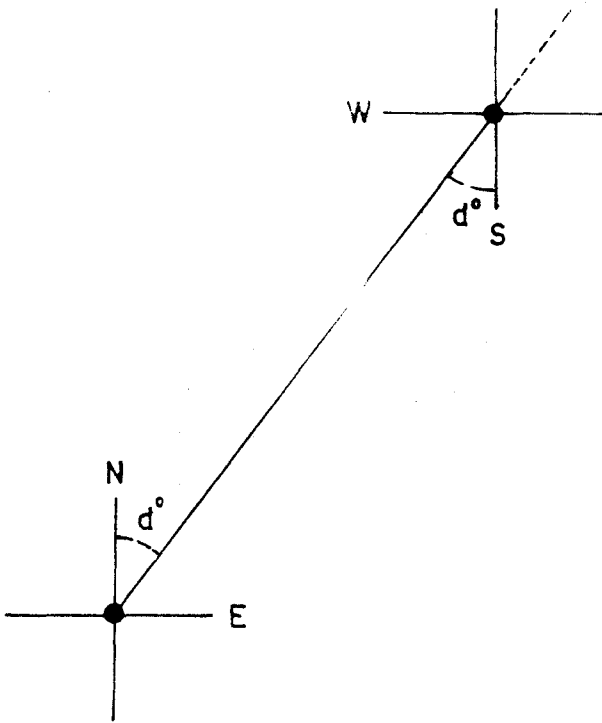
Orientación del meridiano correspondiente. Pudiendo ser Norte o Sur.

Angulo de Dirección bajo el sistema Sexagesimal.

Orientación del Paralelo correspondiente. pudiendo ser Este u Oeste

- Rumbo Inverso.

Es el ángulo de dirección de un alineamiento que teniendo la misma magnitud del rumbo verdadero posee sentidos contrarios (17). Ver Fig. 128.



La línea \overline{AB} puede recorrerse en dos sentidos, uno en el sentido \overline{AB} y otro en el sentido \overline{BA} . Si se recorre de A hacia B, se puede asumir como un alineamiento cuya dirección es $N\ d^\circ\ E$, constituyéndose en un rumbo, pero si el recorrido se hace de \overline{BA} , El ángulo de dirección posee la misma magnitud pero con sentidos opuestos $S\ d^\circ\ W$, llamándose a ello rumbo inverso. (17).

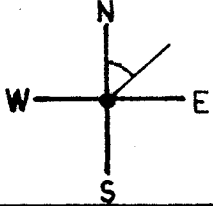
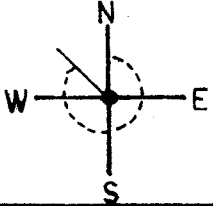
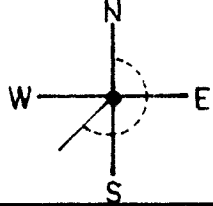
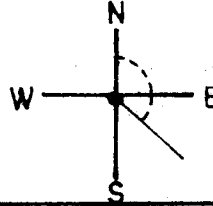
Fig. 128
Rumbo Inverso

5.1.5 Conversión de sistemas de dirección

El poder ejecutar la conversión de valores angulares de un sistema de dirección a otro. resulta importante tanto para el buen manejo de la libreta de campo, como para el adecuado cálculo de los datos en gabinete.

Es importante resaltar que los sistemas azimut resultan ser más claros y sencillos de manejar en el trabajo de campo, mientras que los sistemas rumbo son mayormente utilizados en trabajos de gabinete para el cálculo de coordenadas de ubicación de puntos sobre el terreno, mismas que resultan ser fundamentales para todo trabajo de cálculo planimétrico.

Una guía fácil para poder ejecutar conversiones de sistemas rumbo a azimut y viceversa, es la siguiente:

	Cuadrante I	Cuadrante II	Cuadrante III	Cuadrante IV
				
Conversión				
de Rumbo a Azimut =	Rumbo	$360^\circ - \text{Rumbo}$	$180^\circ + \text{Rumbo}$	$180^\circ - \text{Rumbo}$
de Azimut a Rumbo =	N E Azimut	N W $360^\circ - \text{Azimut}$	S W Azimut- 180°	S E $180^\circ - \text{Azimut}$

Ejemplo

Establecer el Rumbo, Rumbo inverso y Azimut inverso del ángulo - Azimutal de $145^\circ 30' 15''$

- Establecer el cuadrante de ubicación del valor angular
 $145^\circ 30' 15''$ esta ubicado en el IV cuadrante

- Determinar el valor del Rumbo directo

$$\begin{aligned} \text{Rumbo directo} &= S \ 180^\circ - 145^\circ 30' 15'' \ E \\ \text{Rumbo directo} &= S \ 34^\circ 29' 45'' \ E \end{aligned}$$

- Determinar el valor del Rumbo inverso

$$\text{Rumbo inverso} = N \ 34^\circ 29' 45'' \ W$$

- Determinar el valor del Azimut inverso

$$\begin{aligned} \text{Azimut inverso} &= 145^\circ 30' 15'' + 180^\circ \\ \text{Azimut inverso} &= 325^\circ 30' 15'' \end{aligned}$$

5.1.6. Angulo de Deflexión

Se denomina ángulo de deflexión a aquel formado por una línea de una

poligonal con la prolongación de la línea inmediata anterior de la misma poligonal (17 , 18 , 25), la deflexión puede ser positiva o derecha y/o negativa o izquierda, según la rotación del ángulo a partir de la prolongación de la línea anterior (17). Ver Fig. 129.

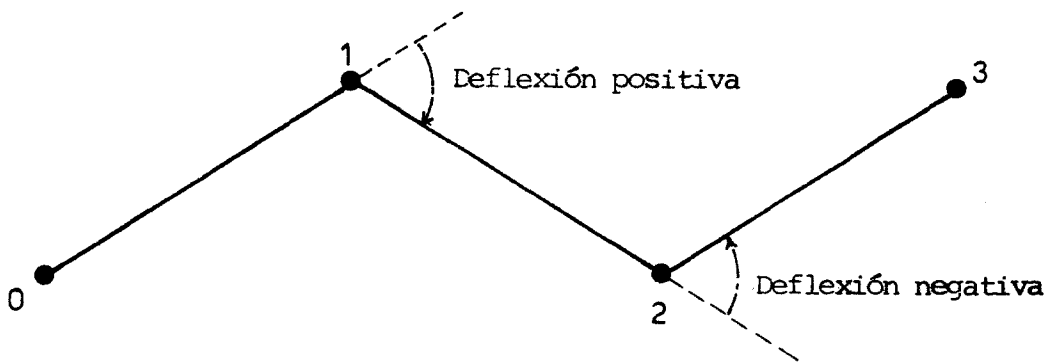


Fig. 129
Ángulo de Deflexión

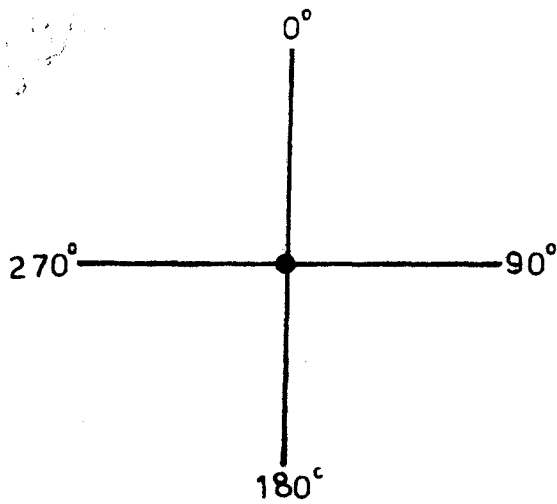
El sistema de deflexión es utilizado en levantamientos de poligonales abiertas (caminos, canales de riego, líneas de electrificación, etc.) con mayor frecuencia que en levantamiento de poligonales cerradas.

5.1.7 Sistemas de Medición de Ángulos

Los diferentes sistemas de medición angular son:

- Sistema Sexagesimal:

Divide al plano cartesiano en 360° sexagesimales, correspondiendo a cada cuadrante 90° sexagesimales. Ver Fig. 130

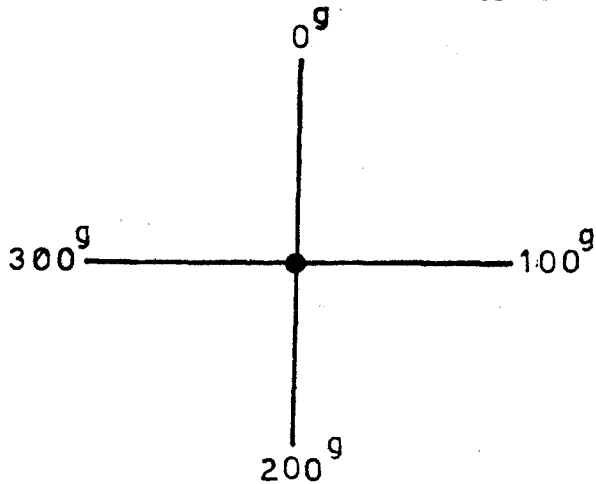


Es un sistema utilizado en la graduación de limbos en mayor parte de instrumentos de medición angular.

Fig. 130
Sistema Sexagesimal

- Sistema Centesimal.

Divide al plano cartesiano en 400^g centesimal, correspondiendo a cada cuadrante 100^g centesimales Ver Fig. 131.



Es un sistema utilizado en la graduación de limbos en algunos instrumentos de medición angular

Fig 131
Sistema Centesimal

- Sistema Decimal

Divide al plano cartesiano en 100 grados decimales, correspondiendo a cada cuadrante 25 grados decimales. Ver Fig. 132.

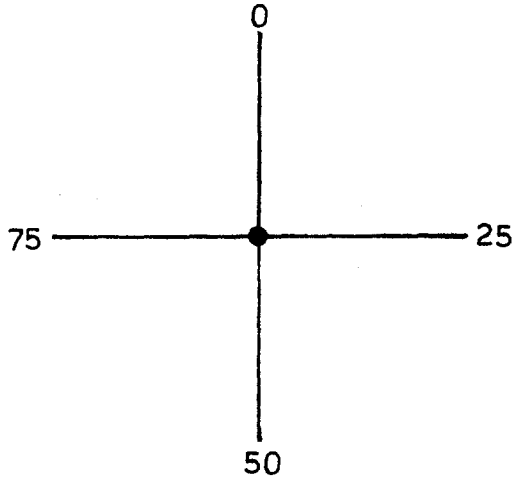


Fig. 132
Sistema Decimal

- Sistema Lineal

Divide al plano cartesiano en 2π radianes, correspondiendo a cada cuadrante $\pi/2$ radianes. Ver Fig. 133

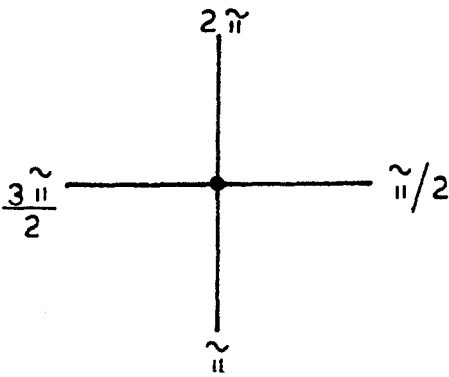


Fig. 133
Sistema Lineal

Es un sistema utilizado en el cálculo de áreas y perímetros de circunferencia.

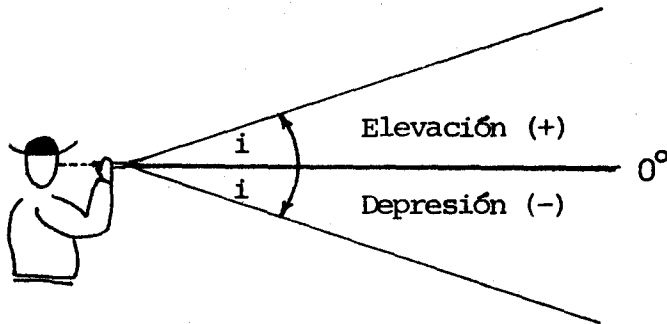
5.2 Angulos Verticales

5.2.1 Definición de Angulo Vertical

Es aquel formado por dos rectas que se intersectan estando ambas situadas en el mismo plano vertical. En topografía se sobrentiende generalmente que una de estas rectas es horizontal y al hablar de ángulo vertical de un punto, se alude al ángulo formado por una recta que pasa por dicho punto y el plano horizontal. (3, 10)

5.2.2 Inclinación.

Es el ángulo vertical que forma una visual cualquiera con respecto a la horizontal (3). El ángulo de inclinación se denomina de elevación o "+", si se encuentra por encima de la horizontal y de depresión ó "-", si se encuentra por debajo de la horizontal (25) Ver Fig. 134.



El ángulo de inclinación es empleado en cálculo indirecto de distancias horizontales y diferencias verticales.

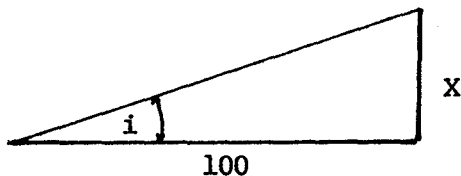
Fig. 134
Ángulos de Inclinación

5.2.3 Pendiente

Es la Tangente del ángulo de inclinación

- % de Pendiente

Es la tangente del ángulo de inclinación multiplicada por 100, en la cual queda relacionada la cantidad de unidades lineales que sube ó baja una visual sobre el plano horizontal en una distancia de 100 unidades lineales (3, 10), Ver Fig. 135



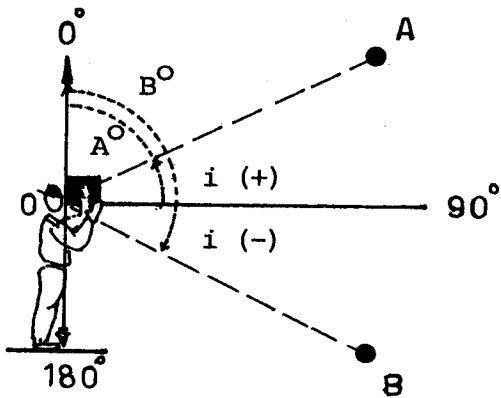
$$\% \text{ Pendiente} = \text{Tang. } i \times 100$$

Fig. 135
% Pendiente de un Alineamiento

5.2.4 Angulo Zenital

Es el ángulo vertical de un alineamiento cualquiera medido a partir del zenit (3) la mayor parte de aparatos de precisión que determinan ángulos verticales de visuales, utilizan los ángulos zenitales.

Si el ángulo zenital es menor de 90° ; la inclinación y el porcentaje de pendiente de la visual es positiva, situación opuesta si el ángulo zenital resulta ser mayor que 90° Ver Fig. 136



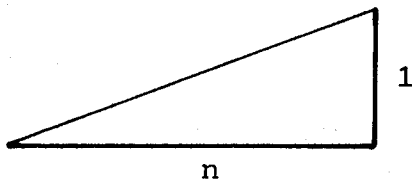
\overline{OA} Angulo Zenital A°
Angulo de Inclinación = $90^\circ - A^\circ = +$
 \overline{OB} Angulo Zenital B°
Angulo de Inclinación = $90^\circ - B^\circ = -$

Fig. 136

Relación entre ángulo zenital y ángulo de inclinación

5.2.5 Talud

Es la relación existente entre cierto número de unidades lineales desplazadas horizontalmente por cada unidad de desplazamiento vertical de un alineamiento dado. Ver Fig. 137



Talud $n : 1$

Fig. 137
Talud.

Ejemplo

Determinar la inclinación, pendiente y % de pendiente de una alineación observada con ángulo Zenital de 95°

- Determinar el grado de inclinación

$$\text{Inclinación} = 90^\circ - \text{Zenital}$$

$$\text{Inclinación} = 90^\circ - 95^\circ$$

$$\text{Inclinación} = -5^\circ$$

- Determinar el grado de pendiente

$$\text{Pendiente} = \text{Tang. de inclinación}$$

$$\text{Pendiente} = \text{Tang.} - 5^\circ$$

$$\text{Pendiente} = -0.087488$$

- Determinar el % de pendiente

$$\% \text{ de pendiente} = \text{Tang. de inclinación} \times 100$$

$$\% \text{ de pendiente} = -0.087488 \times 100$$

$$\% \text{ de pendiente} = -8.7488$$

Ejemplo

Determinar el Talud de un alineamiento con + 5 % de pendiente

- Determinar la pendiente del alineamiento

$$\text{Pendiente} = \% \text{ de pendiente} / 100$$

$$\text{Pendiente} = + 5 / 100$$

$$\text{Pendiente} = 0.05$$

- Determinar las unidades de desplazamiento horizontal por cada unidad de desplazamiento vertical del alineamiento.

- . Pendiente = Tang. i
- . Tang. i = desplazamiento vertical / desplazamiento horizontal
- . Pendiente = desplazamiento vertical / desplazamiento horizontal
- . Pendiente X desplazamiento horizontal = 1
- . Desplazamiento horizontal = 1 / pendiente
- . Desplazamiento horizontal = 1 / 0.05
- . Desplazamiento horizontal = 20

- Establecer el Talud

$$\text{Talud} = 20 : 1$$

BIBLIOGRAFIA

3. BILLEV VELA, F. s.f. Curso de topografía I; levantamiento con cinta. Guatemala, Piedra Santa. 41 p.
4. _____ s.f. Curso de topografía I; levantamiento con brújula. Guatemala, Impresos Industriales. 42 p.
10. DAVIS, R.; FOOTE, F. 1964. Tratado de topografía. Trad. de la 2 ed. Inglesa por José María Montero. 4 ed. Madrid, Ediciones Aguilar. 880 p.
12. GUATEMALA. Decretos. 1936. Ley reglamentaria para trabajos de agrimensura; Decreto Gubernativo 1786 del Congreso de la República de Guatemala. Guatemala.
14. IRVINE, W. 1975. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés por Eduardo Caro Cayzedo. Cali, Mc Graw Hill. 259 p.
17. MORALES CHINCHILLA, E.G. 1967. Manual de topografía para trabajadores sociales rurales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 110 p.

18. QUINTANA, A. 1958. Topografía. Santiago de Chile, Editorial Universitaria. 422 p.

19. ROSALES ESTRADA, J.R. 1973. Procedimientos para realizar medidas de terrenos con propósitos legales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 143 p.

25. TORRES NIETO, A.; VILLATE BONILLA, E. 1968. Topografía. 2 ed. Bogotá, Colombia, Editorial Norma. 307 p.

CAPITULO 6

EL TEODOLITO Y SUS USOS EN TOPOGRAFIA

6.1. Generalidades

El teodolito es un instrumento de alta precisión, diseñado de tal manera que permite ejecutar una serie de trabajos en planimetría y altimetría. Dentro de sus aplicaciones específicas se denotan fundamentalmente el poder efectuar mediciones de valores angulares horizontales y verticales, la determinación de distancias horizontales (D.H), verticales (D.V), e inclinadas (D.I) por medio de la taquimetría y el trazo de alineamientos rectos (25,27,29) Ver Fig. 138 a y b.

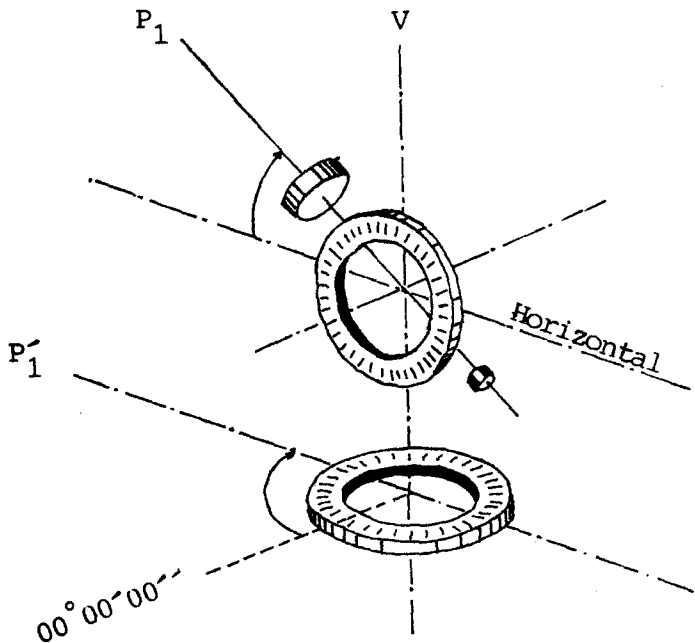


Fig. 138a
Medición de ángulos horizontales y verticales.

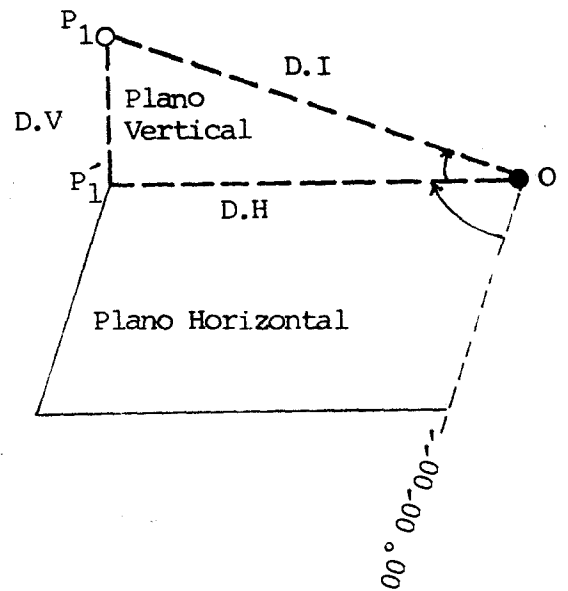


Fig. 138b
Determinación por medio de Taquimetría la DH, DV y DI

Para permitir una medición exacta de los ángulos horizontales y verticales, el teodolito posee 4 sistemas de ejes, Ver Fig. 139, los cuales deben de cumplir con las siguientes condiciones.

- LL \perp WV (El eje del nivel de alidada perpendicular al eje vertical de rotación.)
- ZZ \perp HH (El eje de puntería perpendicular al eje basculante del anteojo.)
- HH \perp WV (El eje basculante del anteojo perpendicular al eje vertical de rotación.)
- MM \parallel ZZ (El eje del nivel del índice vertical debe ser paralelo al eje de puntería. Cuando éste último se encuentre en posición horizontal.)

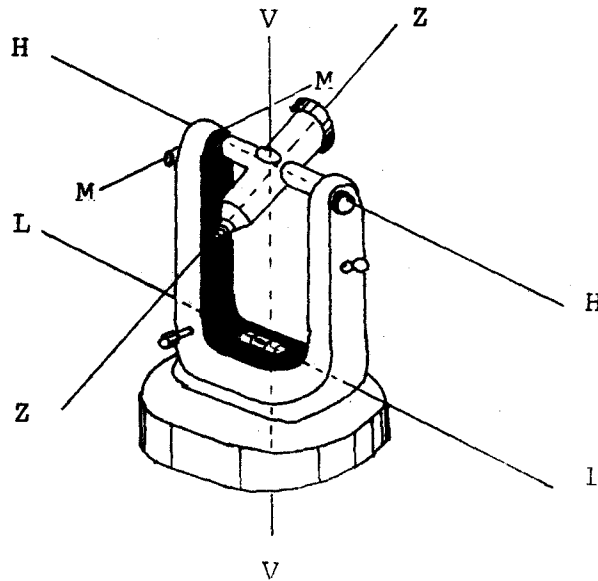


Fig. 139

Disposición de los sistemas de ejes en un Teodolito

6.2. Partes del Teodolito y su descripción

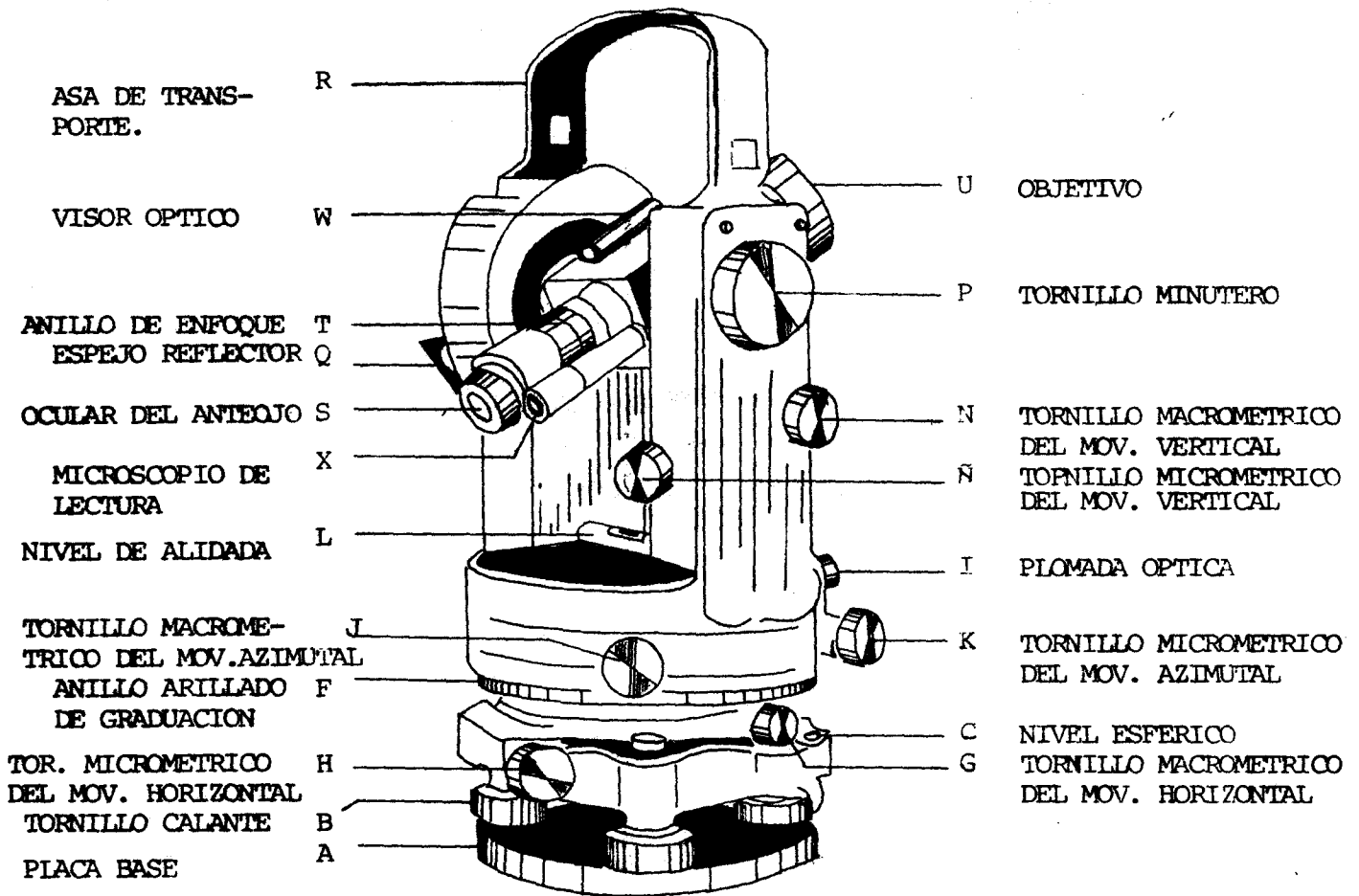


Fig. 140

Partes del Teodolito

6.2.1 Instrumento

El instrumento esta formado por 4 partes siendo estas la BASE NIVELANTE, LA PARTE INFERIOR, LA ALIDADA y EL ENFIEJO. Cada una de ellas conformada por elementos esenciales que le permiten al conjunto desarrollar su función de manera correcta. Ver Fig. 140.

1. La Base Nivelante

La base nivelante es el soporte del instrumento, el cual a su vez se encuentra conformada por: La placa base, los tornillos calantes, el nivel esférico y el botón aliforme. Ver. Fig. 141.

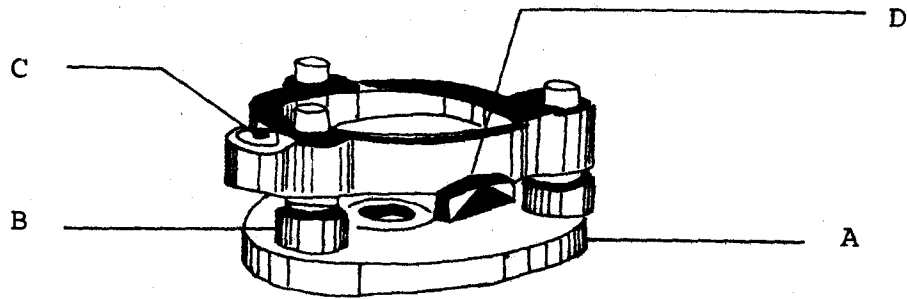


Fig. 141.

Elementos de la base nivelante.

- Placa Base (A). Es la parte de la base nivelante que se encuentra distal al instrumento, la placa base tiene en su centro un orificio roscado que permite fijar al instrumento sobre la base del trípode. Se encuentra unida a los tornillos calantes por medio de una placa elástica. Ver Fig. 141.
- Tornillos calantes o niveladores generales del aparato (B). Son utilizados para poner vertical el eje de rotación regulando el nivel de alidada (L). Dichos tornillos pueden variar de 3 a 4 dependiendo de la marca del instrumento. Ver Fig. 141.

- Nivel Esférico (C). Llamado también ojo de pescado, permite tener un control sobre la horizontalidad de la placa base. Con el nivel esférico se determina si un desplazamiento del instrumento sobre la base del trípode, es realizado sobre un mismo plano horizontal, esto último de vital importancia en la operación de centrado del instrumento sobre un punto determinado. El nivel de ojo de pescado es regulado mediante el alargamiento o acortamiento de las patas extensibles del trípode. Ver Fig. 141.
- Botón aliforme o cerrojo giratorio (D). Es un botón que fija o libera la base nivelante del resto del instrumento. Ver. Fig.141. Bajo condiciones normales de trabajo debe permanecer en posición de fijado, únicamente es liberado cuando la base nivelante es utilizada para la instalación de algún equipo accesorio, por ej. Señales de puntería, reflectores o plomada zenit-Nadir. Ver Fig. 142a y 142b.

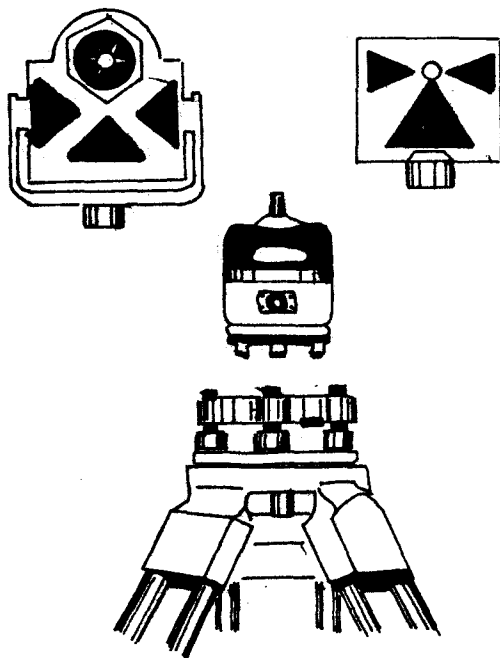


Fig. 142a
Base nivelante utilizada en la
instalación de señales de punte-
ría o reflectores

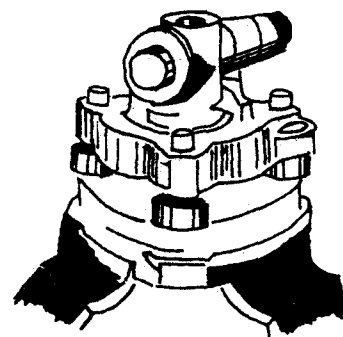


Fig. 142b
Base nivelante utilizada para
acoplamiento de plomada Zenit-
Nadir.

2. Parte inferior

La parte inferior del instrumento esta conformada por la brida de centraje, el anillo arillado, el tornillo macrométrico del movimiento horizontal y el tornillo micrométrico del movimiento horizontal. Ver Fig. 140

- Brida de Centraje (E). Es un conjunto de 3 pernos de sujeción que permiten colocar al instrumento sobre la base nivelante, o bien, sobre un sitio llano. Ver Fig. 143a

- Circulo horizontal o anillo arillado de graduación prefija (F)
exteriormente se presenta como un circulo plástico en el cual se aprecian algunas marcas de graduación angular, en la parte interna lo conforma un circulo de cristal sobre el cual van gravados los ángulos horizontales. Ver Fig. 143b

- Tornillo macrométrico del movimiento horizontal (G). Es un tornillo que mantiene una posición perpendicular al eje de rotación vertical, su función es fijar o liberar el movimiento horizontal del limbo. Ver Fig. 143b.

- Tornillo micrométrico del movimiento horizontal (H). Se encuentra tangencial al eje vertical de rotación, tiene como función permitir el desplazamiento micrométrico o fino del limbo, son empleados conjuntamente con (G) en el proceso de orientación y localización de puntos. Generalmente se encuentra en el mismo piso altitud dentro del instrumento con (G). Ver Fig. 143b

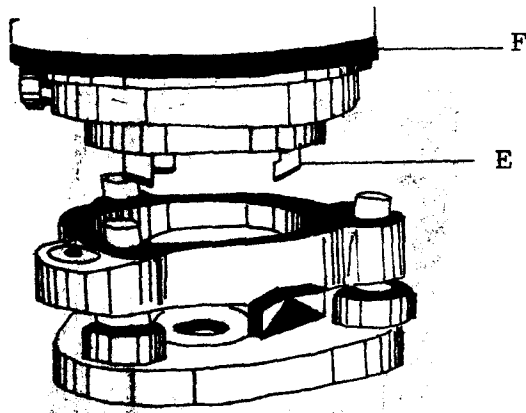


Fig. 143a
Brida de Centraje

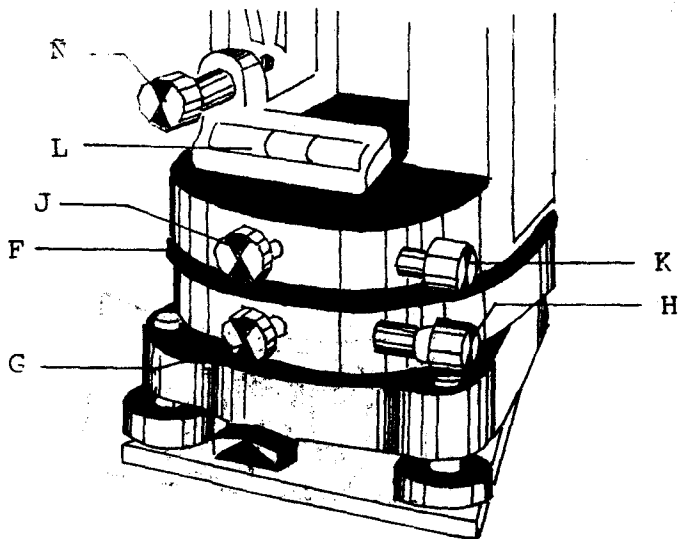


Fig. 143b
Elementos de parte inferior
y alidada del Teodolito.

3. Alidada

La alidada es el elemento superior y giratorio del instrumento, está conformada por la plomada óptica, el tornillo macrométrico del movimiento azimutal, tornillo micrométrico del movimiento azimutal, nivel de la alidada, círculo vertical, tornillo macrométrico del movimiento vertical, tornillo micrométrico del movimiento vertical, índice automático vertical, tornillo minuterero, espejo reflector y asa de transporte. ver Fig. 140.

- Plomada óptica (I). Es un elemento por medio del cual se observa la proyección de una visual del centro del eje vertical de rotación, hacia el punto de estación del aparato. Esta conformado por el ocular de la plomada y una serie de espejos prismáticos que permiten realizar la observación anteriormente señalada. Ver Fig. 144a, 144b, y 147.

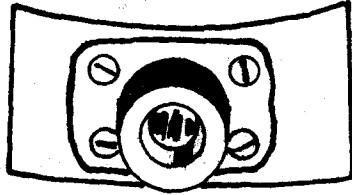


Fig. 144a
Ocular de la Plomada
Optica

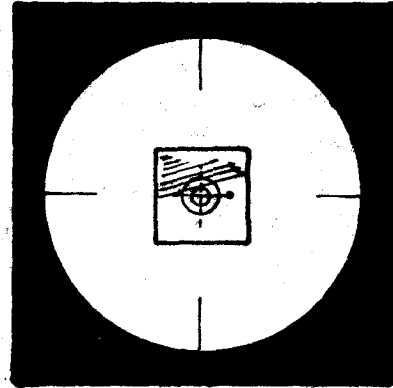


Fig. 144b
Imagen observada a través
del ocular

- Tornillo macrométrico del movimiento azimutal (J). Denominado también como tornillo de sujeción de la rotación de la alidada. Tiene como función fijar o liberar el movimiento horizontal de la alidada del círculo ó anillo arillado. Cuando (J) se encuentra en posición de liberado y (G) se encuentra fijo, el desplazamiento horizontal de la alidada representará un ángulo de variación horizontal correspondiente a la magnitud de tal desplazamiento. La posición de (J) dentro del instrumento es siempre perpendicular al eje vertical de rotación. Ver Fig. 143b.
- Tornillo micrométrico del movimiento azimutal (K). Permite realizar desplazamiento finos ó micrométricos de la alidada sobre el círculo horizontal, con lo cual se puede lograr localizar un punto observado exactamente. Se encuentra en el mismo plano altitudinal dentro del aparato que (J). El tornillo micrométrico del movimiento azimutal al igual que el micrométrico del movimiento horizontal (H) solamente deben ser operados cuando sus respectivos macrométrico se encuentran en posición de fijados.

(K) es siempre tangencial al eje vertical de posición. Ver Fig. 143b.

- Nivel de Alidada (L). Es un nivel tubular localizado en el plano medio del instrumento. Es el encargado de indicar la posición vertical del eje de rotación debido a su posición perpendicular al mismo. El nivel de alidada es manejado mediante el movimiento de los tornillos calantes (B). Ver Fig.143b.
- Circulo vertical (M). Es un limbo de cristal en el cual se encuentran grabados los valores angulares verticales, generalmente está diseñado para indicar la posición de 0° sobre la proyección del zenit y 90° sobre la horizontal. Se encuentra protegida por la caja del circulo vertical, siendo esta una parte de la estructura de la alidada. Ver Fig. 145

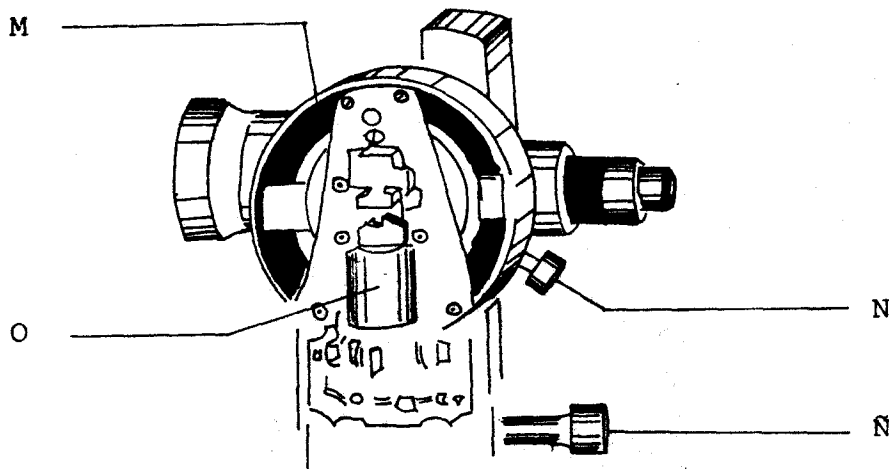


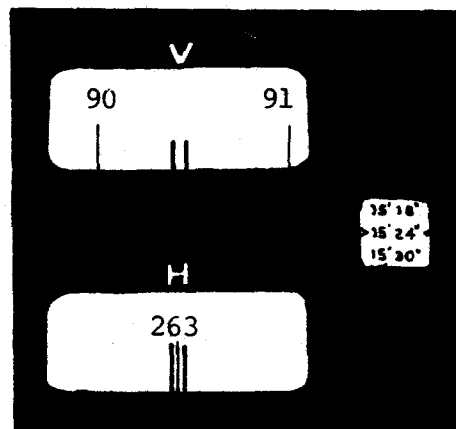
Fig. 145

Caja y Círculo Vertical

- Tornillo macrométrico del movimiento vertical (N). Tiene como función la liberación del eje de basculamiento del telescopio sobre el círculo vertical (M), con lo cual permite la ubicación de un

punto observado sobre el eje vertical de proyección. (M) es siempre perpendicular al eje de basculamiento del telescopio. Ver Fig. 145.

- Tornillo Micrométrico del movimiento vertical (Ñ). Permite la realización de desplazamientos finos del telescopio sobre el eje de basculamiento, al igual que todos los tornillos micrométricos del aparato se encuentran en posición tangencial al eje de rotación correspondiente. Ver Fig. 145.
- Índice vertical automático (O). Los teodolitos modernos se encuentran provistos del índice vertical automático. el cual sustituye al tornillo nivelador del índice superior, teniendo como función el regular automáticamente la verticalidad del eje de rotación, - situación que favorece el proceso de eficiencia del instrumento dentro de la operación de trabajo de estación. Ver Fig. 145.
- Tornillo minuterero (P). Su función es hacer coincidir el valor angular tanto vertical como horizontal registrado por el instrumento, sobre los trazos del índice que aparecen sobre el ocular del microscopio de lectura, logrando con ello utilizar la apreciación del instrumento. Ver Fig. 140 y Fig. 146.



Trazo del Índice sobre la pantalla del ocular del microscopio de lectura.

Fig. 146

Apreciación de los valores angulares a través del microscopio de lecturas

- Espejo reflector o de iluminación de los círculos (Q).

Es un espejo plano que permite proyectar un rayo lumínico hacia el interior del instrumento, el cual es reflejado por una serie de espejos prismáticos hasta llegar a los círculos vertical y horizontal . La imagen de lectura registrada por ambos círculos es proyectada hacia el microscopio de lecturas, con lo cual se logra observar la magnitud del ángulo horizontal y vertical que determina la posición de un punto observado. Ver Fig. 147.

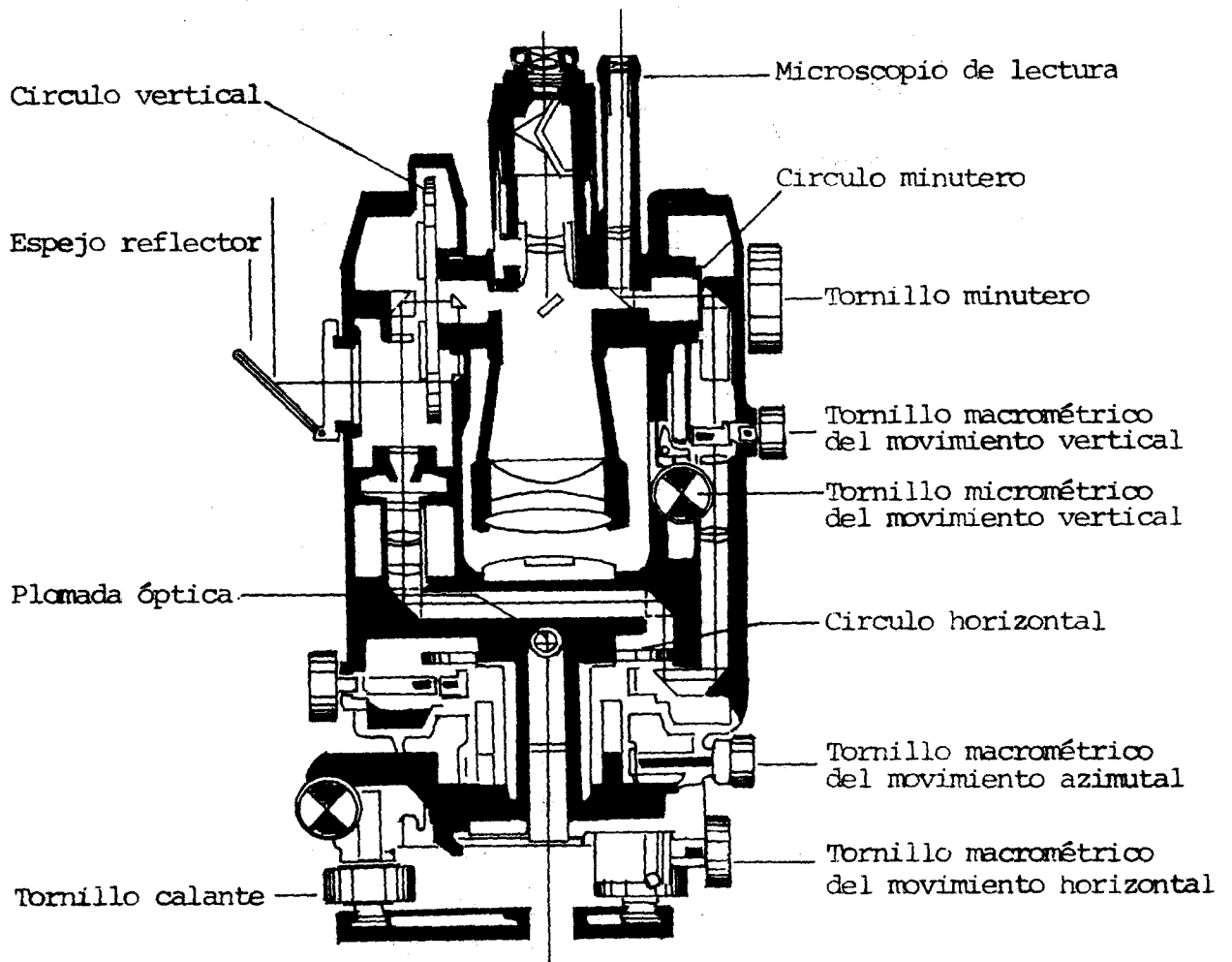


Fig. 147

Proyección interna de los rayos de iluminación

- **Asa de Transporte (R)**. Constituye el apéndice distal del cuerpo del instrumento, permite mayor comodidad y seguridad en el transporte o cambio de estación del aparato. Ver Fig. 148a. El asa del transporte puede ser utilizada para acoplar sobre ella equipo accesorio, tal el caso de un brújula circular. Ver Fig. 148b.

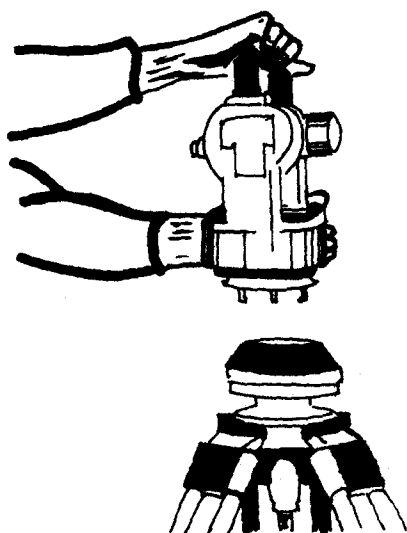


Fig. 148a

Utilización de asa de transporte.

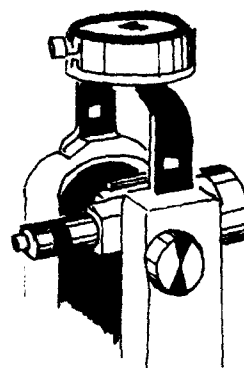


Fig. 148b

Equipo accesorio acoplado al asa de transporte.

4. Anteojo o Telescopio

Es la parte del teodolito por medio de la cual se lanzan las visuales desde la estación hacia los puntos observados. Está conformado por el ocular del anteojo, los lentes oculares, el anillo de enfoque, el objetivo y montura del objetivo, retícula, visor óptico con punta de centraje y microscopio de lectura. Ver Fig. 140.

- **Ocular del anteojo (S)**. Es la parte del telescopio por medio del cual el operario recibe la imagen del punto observado.

Permite mediante un movimiento giratorio realizar la operación de aclarar los hilos de la retícula (V) Ver Fig. 151. El ocular del telescopio puede ser reemplazado por una serie de lentes, los cuales por su graduación de aumento son los responsables de la variación de la escala del objeto observado . Los aumentos de graduación varían desde 19 x hasta 40 x, siendo los más comunes los de 30 x. Ver Fig. 149.

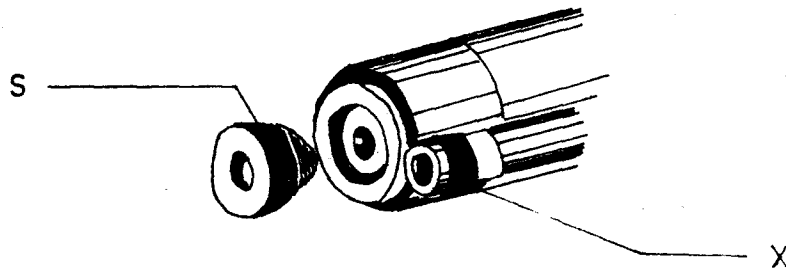


Fig. 149

Ocular del telescopio y
Ocular del microscopio
de lecturas.

- Anillo de enfoque (T). Se encuentra ubicado sobre el cuerpo del telescopio su función es aclarar la imagen del punto observado mediante el acercamiento o alejamiento de la visual. Ver Fig. 150.

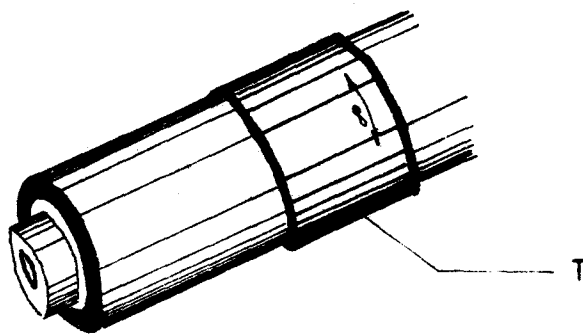


Fig. 150
Anillo de Enfoque

- **Objetivo y montura del objetivo (U).** El objetivo es un lente bi-convexo en el exterior y concavo convexo en su cara interior, su función es formar la imagen invertida del objeto observado. La montura del objetivo es la parte externa y distal del telescopio, sobre ella se puede adaptar equipo accesorio tal el caso de un prisma solar ó lentes auxiliares para mejorar distancias mínimas de enfoque. Ver Fig. 140.
- **Reticula (V).** Es una lamina de cristal ubicada en la parte interna del telescopio, sobre ella se encuentran grabados un trazo vertical y uno horizontal, representando la intesección de ambos en el centro óptico del objetivo o centro de la visual del anteojo. Generalmente la parte inferior del trazo vertical los constituye una doble línea, la cual permite encuadrar con exactitud las señales muy distantes ó bastantes grandes, asi mismo siempre sobre el trazo vertical se observan dos marcas horizontales equidistantes del centro óptico, las cuales son denominadas marcas ó hilos estadimétricos siendo su utilidad en la determinación de D.H. y D.V. por medio de taquimetría. Ver Fig. 151.

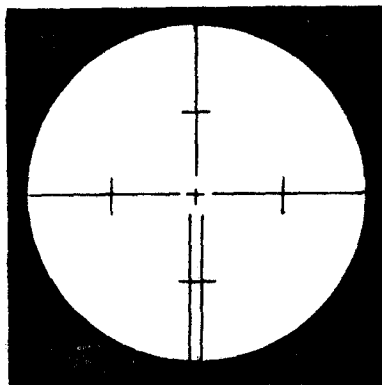


Fig. 151

Trazo de la reticula e hilos estadimétricos.

- Visor óptico (W). Es un lente muy especial que ubicado sobre el cuerpo del telescopio permite una rápida pre-orientación de un punto cualquiera, Ver Fig. 140. En los teodolitos antiguos se disponía de las llamadas miras de rifle, las cuales cumplían la misma finalidad.

- Microscopio de lectura. (X). Es la parte del teodolito por medio de la cual se efectúan las lecturas de los valores angulares medidos. En algunos teodolitos dicho microscopio se encuentra sobre la alidada y no sobre el telescopio como se observa en la Fig. 140, 147 y 149

6.2.2. Trípode

Llamado también " La otra mitad " del instrumento, está conformado por una plataforma porta instrumentos y un juego de 3 pies acoplados a ésta por medio de uniones articuladas (15). Erradamente el trípode es bastante desatendido y sometido a un trabajo duro, se espera que preste un servicio impecable sin recibir el menor cuidado. Debe ofrecer solidez, rigidez, estabilidad, buena amortiguación de las vibraciones y resistencia a la torsión, además debe satisfacer las exigencias del usuario con respecto al peso y la posibilidad del transporte (29).

Los trípodes se pueden clasificar atendiendo las siguientes características:

- Por su material de construcción
 - Por su tipo de base
 - Por sus tipos de pies.
-
- Por su material de construcción: Pueden ser de maderas duras tratadas y de aluminio, siendo las primeras las más utilizadas por su robustez,

mayor resistencia a la dilatación y a las torciones, sin embargo, los trípodes de aluminio son recomendados en trabajos realizados en climas cálidos tropicales, especialmente en zonas pantanosas.

- Por su tipo de base: Pueden ser de tipo corriente o de tipo centrador. Los primeros se constituyen por un plato plano sobre el cual quedará fijado el teodolito por medio de un tornillo fijador. Ver. Fig. 152a. Los de tipo centrador se diferencian de los anteriores en que el plato no lleva directamente el teodolito, sino que una cabeza corrediza cuya parte superior tiene una forma esférica y sobre la cual se asienta la plataforma porta instrumentos. Ver Fig. 152b.

Los trípodes de base corriente permiten la utilización del sistema de plomada óptica o plomada de hilo para efectuar la operación descentrado del aparato sobre una estación, por su parte los trípodes de base centradora utilizan el sistema de bastón centrador para tal fin.

- Por su tipo de pies: Pueden ser de pies fijos o extensibles. Los primeros recomendados en trabajos de nivelación de alta precisión, mientras que los pies extensibles son utilizados en todo trabajo planimétrico y altimétrico. Los trípodes de pies extensibles poseen en la parte distal de estos un juego de estribos Ver Fig. 152c., los cuales son utilizados por el operador para poder fijar los pies a la superficie del terreno, así mismo, cada pié extensible posee un tornillo fijador que le permite mantener la extensión requerida de manera fija. Ver Fig. 152d.

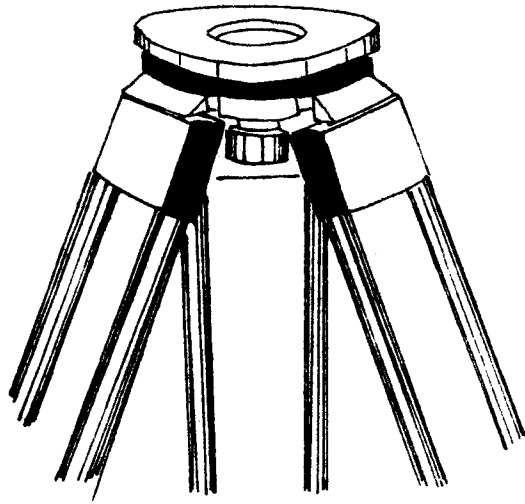


Fig. 152a
Base de tipo corriente

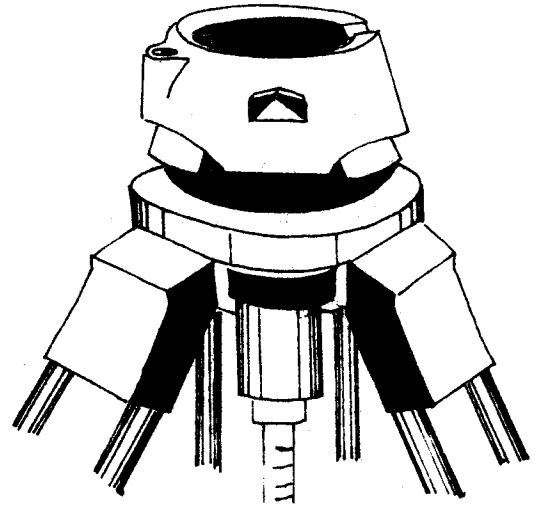


Fig. 152b
Base de tipo centrador

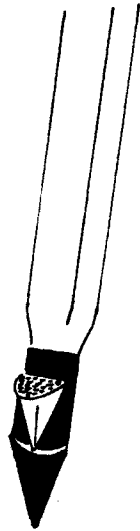


Fig. 152c
Estribos

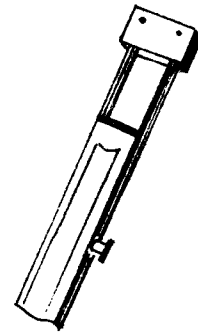


Fig. 152d
Tornillo fijador de la pata
extensible.

6.3 Puesta del instrumento en estación

Poner el instrumento en estación, es ejecutar una serie de operaciones coordinadas y correlativas que llevan como finalidad dejar el instrumento listo para trabajar la estación, es decir, listo para medir valores angulares horizontales, verticales e inclinadas, orientar, ubicar o alinear puntos sobre el terreno. (5, 25).

La serie coordinada y correlativa de operaciones en la puesta de estación del instrumento, implica la ejecución de las siguientes etapas:

- 1 -
Armar el Instrumento



- 2 -
Central el Instrumento
sobre el punto de estación



- 3 -
Nivelado del Instrumento



- 4 -
Acerar las escalas del
Teodolito.



- 5 -
Orientar el Instrumento



Instrumento listo para
trabajar la estación.

- 1 - Armar el Instrumento:

Consiste en fijar el teodolito a la plataforma del trípode, cuando éste último tiene sus patas extensibles instaladas a una altura conveniente para el operador.

- 2 - Centrar el Instrumento:

Es la operación mediante la cual se coloca el centro del eje vertical de rotación directamente sobre el punto de estación, - utilizando para ello la proyección de la plomada óptica, la plomada de hilo o bien el bastón centrador, dependiendo del tipo de trípode utilizado.

- 3 - Nivelar el Instrumento:

Es lograr la perpendicularidad del eje basculante del anteojo y el eje del nivel de alidada a la proyección de la línea de la plomada. Para ello se toma como referencia los niveles tubulares de la alidada y superior respectivamente.

- 4 - Acerar las escalas del teodolito:

Consiste en buscar los valores angulares horizontales y verticales de $00^{\circ} 00' 00''$ respectivamente, sobre los círculos de graduación correspondientes. Tales valores se fijan sobre las escalas del microscopio de lectura.

- 5 - Orientar el Instrumento:

Es dirigir el teodolito por medio de su movimiento general horizontal hacia un meridiano tomado como referencia, el cual puede ser astronómico, magnético o arbitrario.

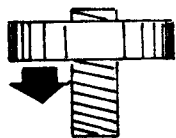
Para poder considerar un patrón generalizado del flujo de actividades a realizar en cada una de las etapas anteriormente indicadas, se presentan a continuación dos metodologías típicas que corresponden a las situaciones más comunes con la que el lector se enfrentará en el campo, siendo estas:

- A. Flujo de actividades a realizar en la puesta de estación de un teodolito de 3 tornillos calantes, instalado en un trípode de base corriente y patas extensibles.
- B. Flujo de actividades a realizar en la puesta de estación de un teodolito de 3 tornillos calantes, instalado en un trípode de base centradora y patas extensibles.

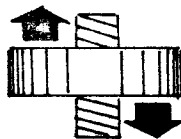
FLUJO DE ACTIVIDADES A REALIZAR EN LA PUESTA DE ESTACION EN UN TEODOLITO DE 3 TORNILLOS CALANTES, INSTALADO SOBRE UN TRIPODE DE BASE CORRIENTE Y PATAS EXTENSIBLES.

1. Armar el Instrumento

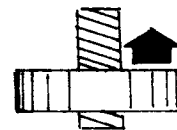
- a. Armar el trípode: Extender las patas del mismo de tal manera que la altura de la plataforma porta instrumentos quede adecuada a la altura del operador. Las extensiones deben ser fijadas para evitar desplazamientos posteriores. El trípode es colocado sobre el punto de estación, con su base lo más horizontalmente posible y su centro dirigido lo más al centro de la estación como sea factible.
- b. Sacar el teodolito de su caja de transporte.
- c. Fijar el teodolito a la plataforma porta instrumentos del trípode, para ello el tornillo fijador sujetará firmemente la placa base del teodolito con la plataforma del trípode.
- d. Constatar que los tornillos calantes (TC), tangencial del movimiento horizontal (TH.), tangencial del movimiento azimutal (TA.), tangencial del movimiento vertical (TV.) y tornillos nivelador del tubular superior (TN.) (Este último si existiera), se encuentren en posición de media carrera, ello permitirá un desplazamiento tanto en giro interno como externo para los referidos tornillos. Ver Fig. 153.



Posición Incorrecta



Posición Correcta



Posición Incorrecta

Fig. 153

Posición de los tornillos a media
carrera.

Asi mismo revisar que los tornillos macrométricos del movimiento horizontal (MH), macrométrico del movimiento azimutal (MA) y macrométrico del movimiento vertical (MV) se encuentren liberados.

2. Centrar el Instrumento:

- e. Fijar una de las patas del trípode al suelo. Para tal efecto el operador proyectará una fuerza paralela a la pata correspondiente, ejerciendo por medio de su pie presión sobre el estribo de dicha pata.
- f. Buscar la horizontalidad de la plataforma del trípode y la perpendicularidad de la plomada óptica sobre el punto de estación. Para ello el operador manejando con sus manos las patas restantes del trípode y dirigiendo una visual sobre el ocular de la plomada, tratará de colocar el centro de la plomada directamente sobre el punto de estación, así tambien buscará el punto donde las patas queden apoyadas a la superficie del terreno y la base del trípode lo más aproximado de la horizontalidad. Ver Fig. 154.

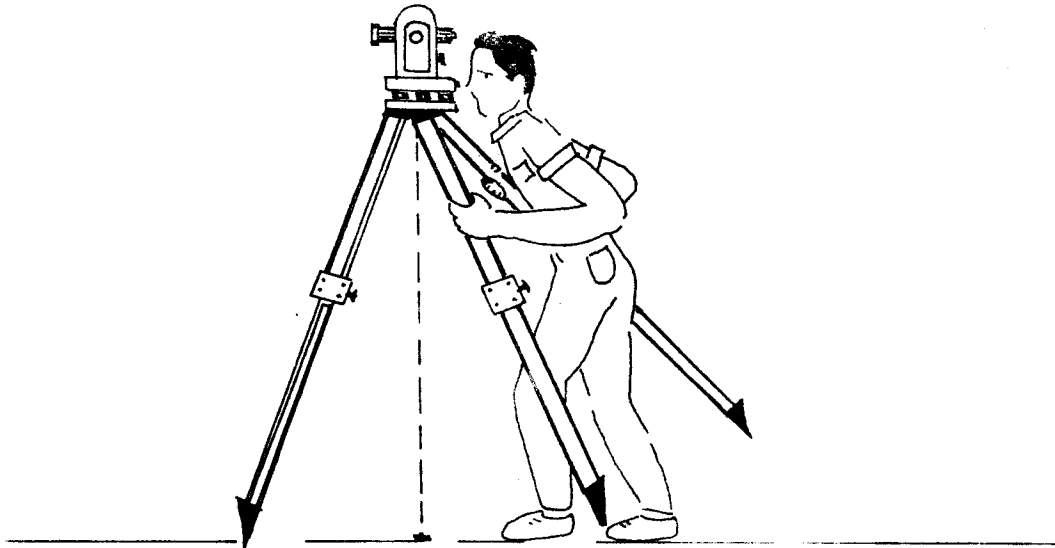


Fig. 154

Forma de buscar el centro de la plomada óptica directamente sobre el centro de la estación.

- g. Fijar los dos pies restantes del trípode.
- h. Definir la horizontalidad de la base del trípode y el centrado de la plomada óptica. Para ello el operador inicialmente controlará el centrado de la burbuja del nivel circular, la cual es realizada mediante la extensión o acortamiento de alguna o todas las patas del trípode, cada vez que una pata es acortada o extendida en su longitud, el operador deberá apoyar el estribo correspondiente para evitar que la misma no levante del suelo. El centrado de la burbuja del nivel circular, indicará que cualquier desplazamiento lateral que experimente el teodolito sobre la plataforma porta instrumentos se realizará sobre un plano horizontal.

Para fijar el centrado de la plomada óptica sobre el punto de estación, el operador liberará el tornillo fijador y desplazando lateralmente el teodolito sobre la base del trípode, lanzará una visual por el ocular de dicha plomada, deteniendo el desplazamiento en el momento que logra el objetivo. Ver Fig. 144b

ya conseguido lo anterior, el teodolito es fijado nuevamente al trípode por medio del tornillo fijador. Como chequeo del buen y correcto centrado del instrumento, la parte inferior del teodolito es girado 180° horizontales para permitir realizar una nueva observación de la plomada desde diferente posición, si el centrado persiste la operación es correcta, en el caso que no fuese así se recomienda repetir nuevamente la etapa anterior.

3. Nivelar el aparato

Centrado de la burbuja del nivel tubular de alidada. Esto permitirá colocar el eje de alidada perpendicular a la proyección de la línea de la plomada. El nivel tubular de alidada es regulado mediante el desplazamiento de los tornillos calantes, movidos siempre en direcciones encontradas. Para dar mayor rapidez a esta etapa se procede de la siguiente manera:

- Colocar el nivel tubular de la alidada paralelo a dos de los tornillos calantes. Ver Fig. 155a.
- Con movimientos encontrados de los dos tornillos calantes se procede a buscar la posición de nivel de la burbuja sobre dicho plano. Ver Fig. 155b.
- Hacer girar la alidada del teodolito 90° horizontales, colocando de esta manera el nivel tubular sobre el tercer tornillo calante Ver Fig. 155c.
- Nivelar la burbuja del nivel tubular mediante el desplazamiento del calante correspondiente.
- Girar nuevamente 90° horizontales la alidada para revisar la posición de la burbuja dentro del nivel tubular, si esta permanece centrada indicará la buena nivelación de ésta parte del instrumento, en caso contrario, volver a repetir la etapa.

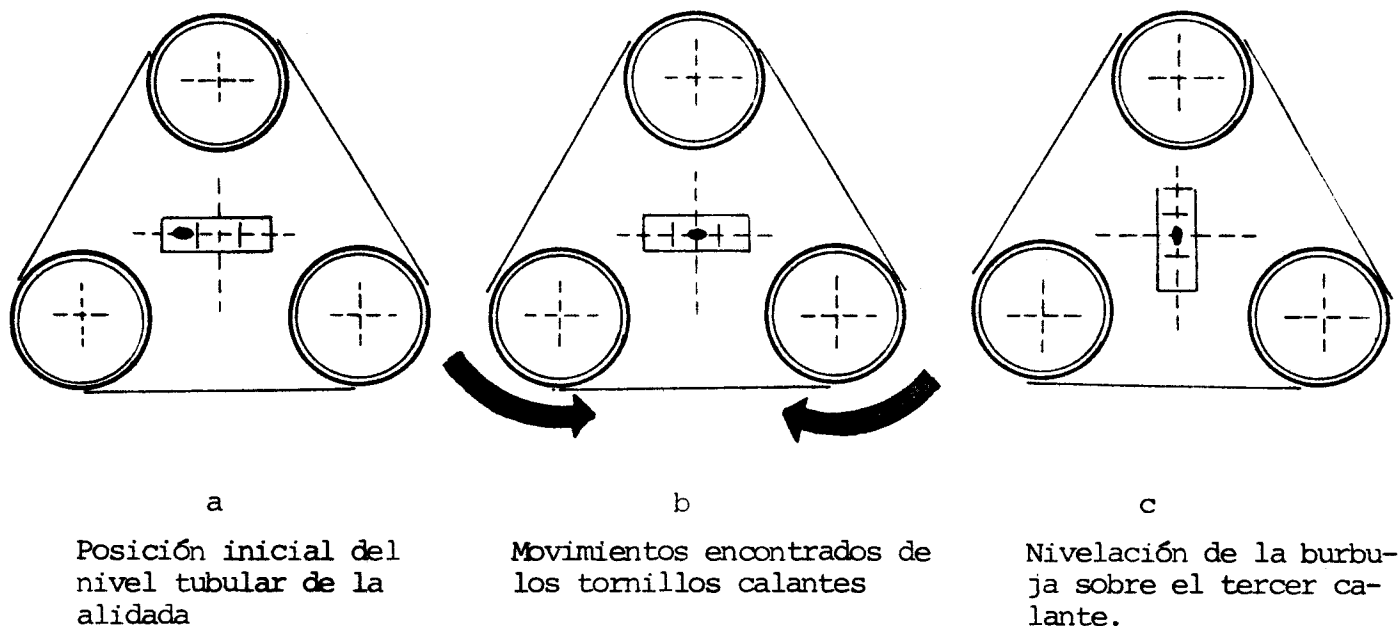


Fig. 155

Posición del nivel tubular en relación a los tornillos calantes en el proceso de nivelación del aparato.

- j. Centrado de la burbuja del nivel tubular superior. Esta operación se efectúa mediante el manejo del tornillo TN. En los instrumentos modernos el nivel tubular superior ha sido sustituido por el índice vertical automático, con el cual se hace impropcedente esta última etapa de la nivelación del instrumento.

4. Acerado del Teodolito

- k. Colocar la escala minuterá en 00', ello se logra manejando el tornillo minuterá y visualizando el ocular del microscopio de lecturas.
- l. Localizar el 00° 00' del anillo de graduación horizontal sobre la escala correspondiente en el microscopio de lectura (ML).

La marca de la lectura deberá quedar por debajo de la retícula izquierda que aparece en el campo visual de la escala horizontal Ver Fig. 156. Para ejecutar lo anterior se procede de la siguiente manera:

- Desplazar el anillo arillado horizontalmente, simultáneamente el operador estará observando a través del ocular del (ML) el desplazamiento de valores angulares por el campo visual horizontal, el movimiento deberá detenerse al momento de localizar el valor de $00^{\circ} 00' 00''$.
 - Fijar el tornillo (MA)
 - Afinar la lectura angular tal como se indica en el inciso l., esto se realiza mediante el movimiento del tornillo (TA).
- m. Localizar los $90^{\circ} 00' 00''$ verticales sobre la escala vertical del (ML). Para realizar lo anterior se procede de la siguiente manera:
- Desplazar el telescopio del teodolito en un movimiento basculante, simultáneamente el operador deberá observar el (ML) y detener el movimiento del telescopio al momento de localizar sobre la escala vertical el valor angular correspondiente.
 - Fijar el tornillo (MV)
 - Afinar la lectura de la marca angular correspondiente sobre la retícula izquierda del campo visual de la escala vertical, ello mediante el manejo del tornillo (TV) Ver Fig. 156.

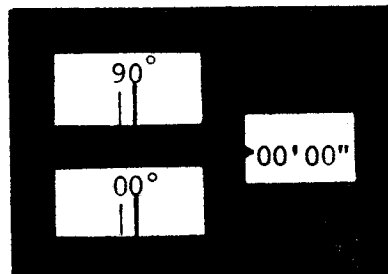


Fig. 156

Escalas Aceradas.

5. Orientar el instrumento

Dependiendo del tipo de meridiana a considerar así se orientará el instrumento. El caso más común con que un agrónomo se enfrentará en el campo es el orientar un instrumento hacia una meridiana magnética. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- n. Liberar la brújula declinatoria.
- ñ. Liberar el tornillo macrométrico del movimiento horizontal y provocar el giro horizontal del teodolito en busca del punto en donde la declinatoria hará coincidir sus dos ejes.
- o. Fijar el tornillo (MH).
- p. Afinar la orientación de la declinatoria mediante el manejo del tornillo (TH).

Al momento de completar esta operación se puede indicar que el instrumento se encuentra en estación.

FLUJO DE ACTIVIDADES A REALIZAR EN LA PUESTA DE ESTACION DE UN TEODOLITO DE 3 TORNILLOS CALANTES, INSTALADO SOBRE UN TRIPODE DE BASE CENTRADORA Y PATAS EXTENSIBLES.

El flujo de actividades a realizar prácticamente es similar al anterior, variando tan solo en el armado y centrado del instrumento ya que en el sistema de trípode centrador ambas operaciones se ejecutan simultáneamente.

- Armado y centrado del instrumento.
- a. Armar el trípode. Consiste extender y fijar las patas del mismo a una altura adecuada al operario.
- b. Colocar el trípode sobre el punto de estación, tratando de colocar la proyección del bastón centrador lo más aproximado al centro de la estación.

- c. Fijar las tres patas del trípode a la superficie del terreno.
- d. Incertar la punta del bastón centrador directamente sobre el centro del trompo que señala el punto de estación. El operador podrá observar que sobre el eje del bastón se pueden leer una serie de valores numéricos, los cuales indican la altura a la que quedará el eje basculante del teodolito sobre el punto de estación, así mismo directamente adherido al eje del bastón se encuentra un nivel circular que indica la proyección vertical del mismo y la perpendicular de la plataforma porta instrumentos.
- e. Colocar el bastón centrador en posición aproximadamente vertical, para ello el operador tratará de colocar la burbuja del nivel circular del bastón en su punto central, tal operación se ejecuta alargando o acortando alguna o todas las patas del trípode. Nunca debe olvidarse del apoyo a los estribos de las patas por parte del operador, al momento de efectuar esta última operación.
- f. Afinar la posición de la burbuja del nivel circular. Para ello el operador hará un desplazamiento de la cabeza del trípode sobre el plato inferior del mismo, con lo cual puede colocar la posición correcta de la burbuja. Lo anterior significará que el bastón centrador ocupa una posición vertical y la plataforma porta instrumentos una posición horizontal. Si lo anterior no puede realizarse es conveniente repetir nuevamente el proceso, hasta lograr colocar la burbuja del nivel circular en su posición correcta.
- g. Fijado de la cabeza del trípode. Para ello se sujeta el tornillo fijador del mismo.
- h. Sacar el teodolito de su caja de transporte
- i. Colocar y fijar el teodolito sobre la plataforma porta instrumentos,

constatando la posición de media carrera de los tornillos calantes, tangenciales y macrométricos.

Las operaciones complementarias de la puesta de estación del instrumento son similiares a las presentadas en flujo anterior.

6.4 Cuidado y trato del Instrumento

6.4.1 Introducción

Todo instrumento no puede cumplir por completo sus funciones si no es tratado y conservado correctamente y si los métodos utilizados no son los adaptados a las propiedades del instrumento. (27).

Cada equipo debe de tener un folleto de instrucciones, el cual es de valiosa colaboración para orientar al operador sobre algunas - características y propiedades del mismo; en la generalidad de los casos tal información es desconocida lo cual implica el mal uso y mantenimiento del equipo. Por lo anteriormente señalado es prudente y aconsejable solicitar a la casa distribuidora del equipo información detallada sobre el mismo.

6.4.2 Conservación y almacenaje

El instrumento se debe conservar, mientras sea posible, en un - lugar seco, sin polvo y sin grandes variaciones de temperatura (27) En condiciones climáticas húmedas y calurosas (Zonas costeras de - Guatemala), las superficies de cristal de instrumentos ópticos son fácilmente afectadas por hongos, este parasitismo que se va extendiendo sobre toda la superficie de cristal en forma de una red muy fina, puede alcanzar tal grado que los elementos de cristal (lentes, prismas, placas planas, escalas y círculos graduados) lleguen a ser parcial o completamente inutilizables. Puesto que las esporas de los - hongos existen en todas partes, basta que el aire alcance con la temperatura correspondiente cierto grado de humedad relativa (60 % y más) y encuentre superficies con ciertos ensuciamientos, como polvo y grasa

que conforma un sustrato nutritivo para que el hongo inicie su crecimiento.

En caso de encontrarse con instrumentos que presenten inicio de ataque fungoso al sistema óptico ó bien para prevenir el mismo, la recomendación indicada es lograr reducir la influencia de la alta humedad relativa en el lugar de almacenaje, ya que los hongos no pueden germinar ni desarrollarse sin suficiente humedad (24), así mismo - mantener el instrumento limpio.

La limpieza puede hacerse con un trapo limpio y suave de algodón, lino ó papel especial que no deshilache con su empleo. Antes de limpiar las partes manchadas es aconsejable retirar las partículas de polvo de las superficies, para ello puede utilizarse un pincel fino (29).

En regiones de clima frío (algunas partes del altiplano Guatemalteco), el instrumento no debe guardarse en áreas con calefacción permanente, sino, que tiene que quedar expuesto a la temperatura exterior en un sitio protegido. De esta manera se evita que se deposite vapor de agua sobre el instrumento y se condense en el interior del mismo al reanudar el trabajo. (27).

6.4.3 Transporte

Para transportes largos en ferrocarril, automóvil ó mulas, se empaquetan los instrumentos en los cajones acolchonados de transporte y se cuida rigurosamente que durante el viaje que los cajones permanescan de pie. En todas las otras clases de transporte es conveniente mantener el instrumento de pie sobre las rodillas, cuidando de esta manera que no reciba golpes fuertes. (27).

6.4.4 Desembalaje

Antes de sacar el instrumento, se pone en estación el trípode y se observa como está dentro de su estuche, de manera que se pueda después empaquetar exactamente sin pérdida de tiempo. (27).

BIBLIOGRAFIA

5. BILLEV VELA, F. s.f. Curso de topografía I; nivelación y levantamiento con teodolito. Guatemala, Impresos Industriales. 83 p.
15. KERN SWISS. (Suiza). 1981. Catálogo de equipos. Suiza, Kern Swiss. 20 p.
24. STRASSER, G. s.f. Reporte no. 8, Suiza, Wild Heerbrugg. 1 p.
27. TRUTMANN, O. 1976. El teodolito y su empleo, medición óptica de distancias. Suiza, Wild Heerbrugg. p. 44-53.
29. WILD HERRBRUGG. (Suiza). 1982. Catálogo de equipo. Herbrugg, Suiza. 36 p.

CAPITULO 7

TAQUIMETRIA

7.1. Diferencias y Fundamentos

La palabra taquimetría se deriva de los vocablos griegos TAQUEOS Y METRON, que significan RAPIDA - MEDIDA respectivamente (14).

Efectivamente, la Taquimetría constituye un procedimiento de medición rápida e indirecta de distancias horizontales y verticales, - entre un punto denominado estación y otros llamados puntos observados.

La taquimetría comprende todos los procedimientos telemétricos de medición de distancias, entre los cuales se mencionan: Taquimetría - tangencial, Estadimetría, Telemetría óptica y distanciometría electrónica (7).

La taquimetría tangencial y estadimetría, se fundamentan en la resolución trigonométrica de un triángulo formado por el segmento que se pretende medir, la proyección óptica de una visual sobre una regla graduada llamada mira o estadal, y la determinación de un ángulo opuesto a dicha proyección denominado paraláctico o de paralaje (9,14,26,27) ver Fig. 157a.

La telemetría óptica, que al igual que los procedimientos anteriores conforman los métodos de medición óptica de distancias, se basa en el principio geométrico de resolución de triángulos, en el cual se conoce la magnitud de una línea base y el valor de dos ángulos adyacentes a ésta, los cuales determinan ángulos de dirección de visuales proyectadas hacia un punto común Ver Fig. 157b; para determinar la distancia AB, es necesario que los ángulos A° y C° no difieran mucho entre si. Cuando C° no difiere $\pm 8^\circ$ de 90° , se puede calcular la distancia mediante la relación trigonométrica del cosecante (24).

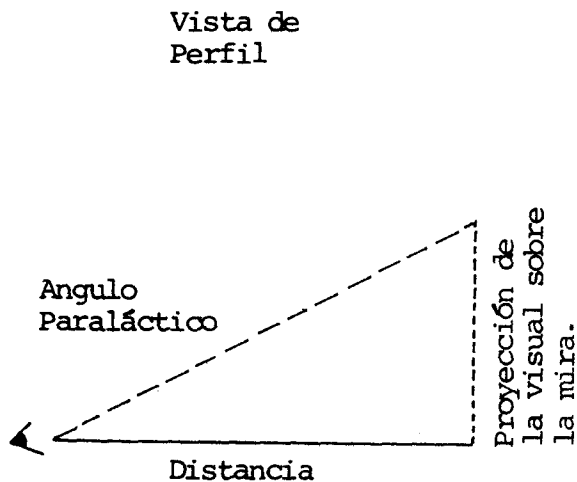


Fig. 157a
Fundamento de Taquimetría Tangencial y Estadimetría

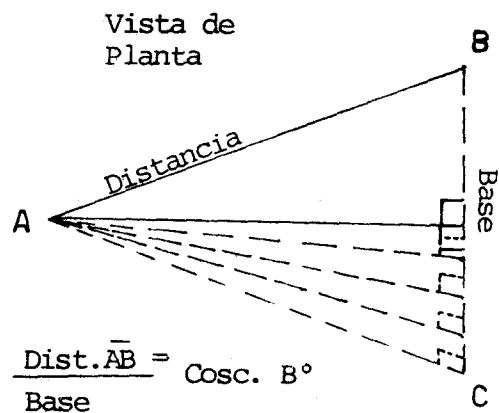


Fig. 157b
Fundamento de Telemetría Óptica

La telemetría óptica por su poca precisión no se utiliza en trabajos de topografía agrícola, adaptándose más a operaciones militares, en tal virtud únicamente se menciona su fundamento para conocimiento general.

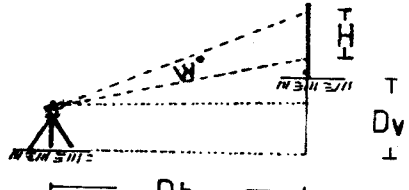
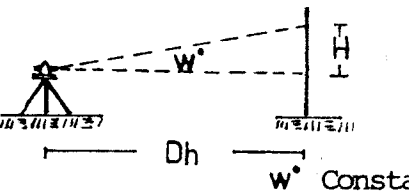
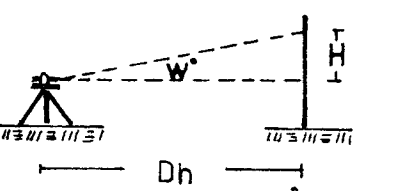
La distanciometría electrónica por su parte, representa uno de los adelantos de la era moderna, se fundamenta en la propagación, reflexión y subsecuente recepción de ondas lumínicas o de radio. Conociendo la velocidad de desplazamiento y longitud de onda de la señal emitida, se estima el tiempo recorrido de la señal y mediante transformaciones digitales se calcula la distancia entre puntos. (8 , 7, 20)

7.2 Medición Óptica de Distancias

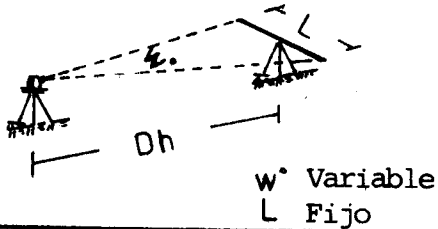
Como quedó referido en el inciso anterior, la medición óptica de distancias constituye una forma taquimétrica de establecer distancia horizontal (Dh) y diferencia vertical (Dv) entre estación y puntos observados, existiendo dos procedimientos básicos empleados en topografía agrícola: Taquimetría tangencial y estadimetría. (14).

Considerando las características del ángulo paraláctico y la proyección de la visual sobre la mira, se distinguen dos sistemas fundamentales, en el primero de ellos, una base de longitud conocida se coloca sobre el punto observado y se determina el valor del ángulo paraláctico desde la estación, y en el segundo, el ángulo paraláctico dado se incorpora al instrumento de medición desde el cual se lee la longitud de la visual sobre la mira.

A continuación se presenta el siguiente cuadro sinóptico comparativo, entre los procedimientos taquimétricos de importancia topográfica.

Fundamento	Hilo Estadimétrico	mira	Método	Procedimiento
 <p>w° Variable H Variable</p>	Fijo	Vertical		Taquimetría Tangencial
 <p>w° Constante H Fijo</p>	Fijo	Vertical	anteojo Reichenbach anteojo analítico	Estadimétrico
 <p>w° Variable H Fijo</p>	Variable	Vertical	Autorreductor Hammer Fennel Reducción Automática RDS	Estadimétrico

Fundamento	Hilo	Mira	Método	Procedimiento
	Estadimétrico		Mira Horizontal	
	Fijo	Horizontal	Urrutia	Estadimétrico
			Estadia Invar	



7.2.1 Taquimetría Tangencial

Es un procedimiento aplicado en algunos casos tales como cuando la visual de hilos estadimétricos del retículo sobrepasa el campo de la mira o los extremos del segmento que se pretende medir son inaccesibles para efectuar una medición directa. (9).

Basado en principios trigonométricos, utiliza dos visuales y sus valores proyectados sobre la mira, así mismo, los ángulos de inclinación correspondientes. Pueden considerarse tres casos generales, los cuales varían en función de los ángulos de inclinación con los que se realizan las visuales proyectadas (14). así se tienen:

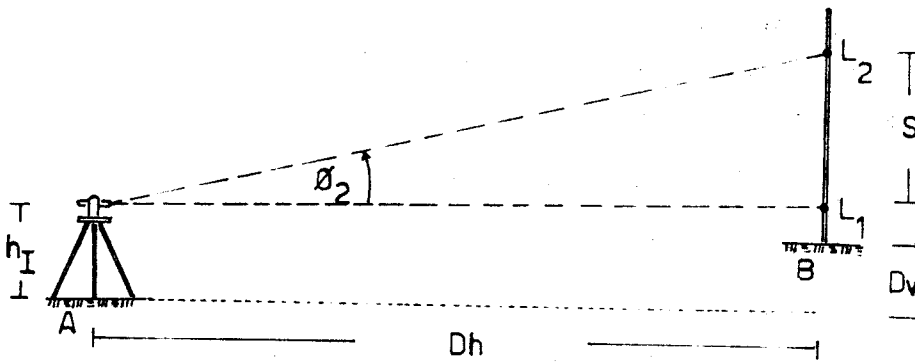
Caso 1 Cuando una de las visuales es horizontal

Caso 2 Cuando las dos visuales se realizan con ángulos de elevación o depresión.

Caso 3 Cuando una visual se realiza con ángulos de elevación y la otra con ángulo de depresión.

- Deducción analítica de fórmulas para determinar D_h y D_v , y Procedimientos lógicos en casos generales.

Caso 1 Cuando una de las visuales es horizontal (Ver Fig. 158)



Diferencia Vertical

$$Dv = h_I - L_1$$

Distancia Horizontal

$$\text{Tang. } \phi_2 = \frac{S}{Dh} \therefore$$

$$Dh = \frac{S}{\text{Tang } \phi_2}$$

en donde $S = L_2 - L_1$

Fig. 158

Caso 1 Taquimetría Tangencial

- Procedimiento de Campo (referirse a la figura 158)

- a. Se pone el instrumento en estación sobre el punto A. Se determina la altura del instrumento (h_I = altura del eje de basculamiento del telescopio sobre el suelo).
- b. Colocar el estadal sobre el punto observado B.
- c. Liberar el tornillo general del azimutal (M.A) y ubicar la posición del estadal. Fijar (M.A) y con el tornillo tangencial del azimutal (T.A) precisar la posición del punto B.
- d. Liberar el tornillo general del vertical (M.V) y colocar el telescopio del instrumento a 90° zenitales. fijar (M.V) afinar dicha posición mediante el manejo del tornillo tangencial del vertical (T.V)
- e. Aclarar la imagen del telescopio y los hilos del retículo para poder efectuar las lecturas sobre el estadal.

- f. Anotar la lectura del hilo central del retículo que recae sobre la mira. (L_1).
- g. Liberar (M.V) y localizar un nuevo punto sobre el estadal. Fijar (M.V) y con el manejo de (T.V) afinar la observación del hilo central del retículo sobre un valor entero del estadal. (L_2).
- h. Anotar el ángulo zenital de la segunda lectura.
- * i. Calcular el ángulo de inclinación de la segunda lectura. Importante el signo + ó - de dicho ángulo.
- * j. Determinar \bar{D}_h y D_v entre la estación y el punto observado.

$$D_h = \frac{L_2 - L_1}{\text{Tang. } \theta_2}$$

$$D_v = h_I - L_1$$

Sí D_v es + = El punto observado se encuentra a mayor altura que la estación.

Sí D_v es - = El punto observado se encuentra por debajo de la altura de la estación

- * Nota: Las etapas i y j forman parte de un trabajo de gabinete.

Caso 2 Cuando las dos visuales se realizan con ángulos de elevación o depresión. Ver Fig. 159a y 159 b.

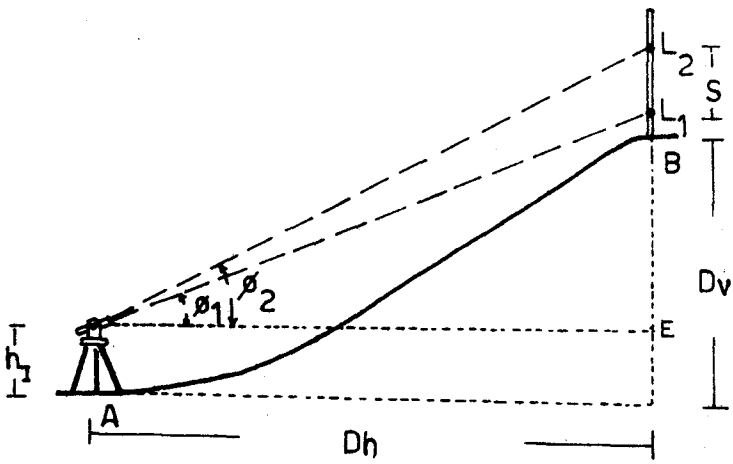


Fig. 159a
Caso 2 de taquimetría Tangencial
con ángulos de elevación

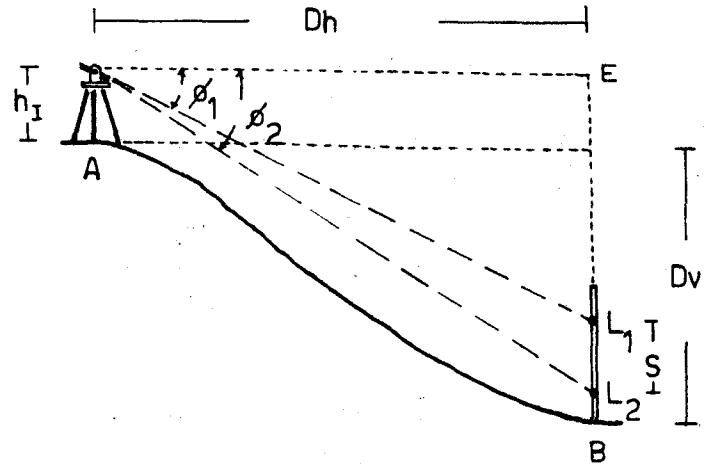


Fig. 159b
Caso 2 de Taquimetría Tangencial
con ángulos de depresión.

Caso 3 Cuando una de las visuales se realiza con ángulo de elevación y la otra con ángulo de depresión Ver Fig. 160.

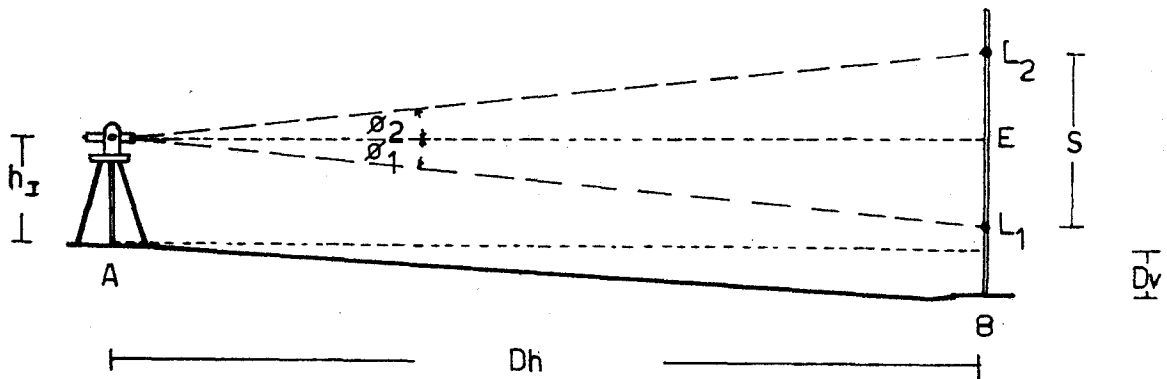


Fig. 160
Caso 3 de Taquimetría Tangencial

- Determinación de Dh. (Referirse a las figuras 159a, 159b y 160)

1. Determinar la relación de Tang θ

$$\text{Tang. } \theta_1 = \frac{\bar{EL}_1}{Dh} \quad (\text{Ecuación 1}) \quad \text{Tang. } \theta_2 = \frac{\bar{EL}_2}{Dh} \quad (\text{Ecuación 2})$$

2. Si \bar{EL}_1 es H_1 y \bar{EL}_2 es H_2 , determinar la diferencia de lecturas sobre el estadal

$$\bar{EL}_2 - \bar{EL}_1 = S \quad (\text{Ecuación 3})$$

3. Despejar \bar{EL}_2 y \bar{EL}_1 de las ecuaciones 1 y 2 y aplicarlos en la ecuación 3

$$\text{Tang. } \theta_2 \cdot Dh - \text{Tang. } \theta_1 \cdot Dh = S \quad (\text{Ecuación 4})$$

4. Encontrar el valor de Dh de la ecuación 4

$$Dh = \frac{S}{\text{Tang. } \theta_2 - \text{Tang. } \theta_1} \quad (\text{final})$$

- Determinación de Dv.

1. Estimar las diferencias de alturas entre la posición del telescopio y la marca del hilo central sobre el estadal. (\bar{EL}_1 y \bar{EL}_2)

$$H_1 = \text{Tang } \theta_1 \cdot Dh \quad \& \quad H_2 = \text{Tang } \theta_2 \cdot Dh$$

2. Determinar Dv.

$$Dv = h_I^* + H_1 - L_1 \quad \therefore \quad Dv = h_I + \text{tang. } \theta_1 \cdot Dh - L_1 \quad (\text{final})$$

$$Dv = h_I^* + H_2 - L_2 \quad \therefore \quad Dv = h_I + \text{tang. } \theta_2 \cdot Dh - L_2 \quad (\text{final})$$

* hI = altura del instrumento.

El signo de los ángulos de inclinación es muy importante para el cálculo correcto de Dh y Dv.

- Procedimiento de campo (Referirse a las Fig. 159a, 159b y 160)
- a. Similares a las etapas a, b y c del caso 1.
- b. Liberar el tornillo (M.V) y por medio del ocular del telescopio colocar el hilo central del retículo sobre una marca entera - (L_1) del estadal. Fijar (M.V) y con el tornillo (T.V) afinar la posición del hilo central sobre la marca referida.
- c. Anotar la lectura L_1 y el valor del ángulo vertical correspondiente.
- d. Liberar nuevamente el tornillo (M.V) y localizar una nueva marca L_2 sobre el estadal. Fijar (M.V) y afinar la posición del hilo central por medio del tornillo (T.V).
- e. Anotar la lectura L_2 y el valor del ángulo vertical.
- * f. Estimar el valor de los ángulos de inclinación con sus respectivos signos.
- * g. Determinar el valor de Dh y Dv.

$$Dh = \frac{L_2 - L_1}{\text{Tang } \beta_2 - \text{Tang } \beta_1}$$

$$Dv = h_I + \text{Tang. } \beta_1 \cdot Dh - L_1 \quad \text{ó} \quad Dv = h_I + \text{Tang } \beta_2 \cdot Dh - L_2$$

* Nota: Las etapas f y g corresponden a un trabajo de gabinete

- Libreta de Campo y Gabinete Recomendadas

- Libreta de campo

Est.	P.O	Lecturas		Angulos Vert.		Altura del Instrumento	Observaciones	Croquis
		L ₁	L ₂	1	2			

- Libreta de gabinete

Est.	P.O	Lecturas		Angulos de Inclinación		Tang. ϕ		Dif. de Lecturas L ₂ - L ₁	Altura del instrumento	DH	DV
		L ₁	L ₂	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_1	ϕ_2				

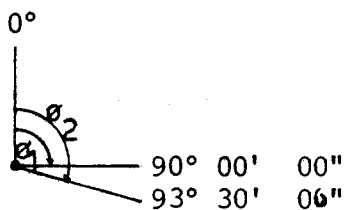
- Ejemplo resuelto de los casos generales

Caso 1

Determinar la Dh y Dv entre los puntos A y B. Se cuentan con los siguientes datos:

Est.	P.O	Lecturas		Angulos Vert.		Altura del Instrumento (h _I)	Observaciones
		L ₁	L ₂	1	2		
A	B	3.05	0.75	90°	93°30'06"	1.50 m	

1. Determinar el valor de los ángulos de inclinación



$$\phi_1 = 00^\circ 00' 00''$$

$$\phi_2 = -03^\circ 30' 06''$$

2. Determinar el valor de las tangentes de los ángulos de inclinación

$$\text{Tang. } \theta_1 = 0.00000$$

$$\text{Tang. } \theta_2 = -0.06119$$

3. Determinar las diferencias de lecturas sobre el estadal

$$S = L_2 - L_1 \quad S = 0.75 - 3.05 \quad \therefore \quad S = -2.30 \text{ m.}$$

4. Determinar el valor de Dh

$$\text{Dh} = \frac{L_2 - L_1}{\text{Tang } \theta_2} \quad \text{Dh} = \frac{-2.30 \text{ m.}}{-0.06119} \quad \therefore \text{Dh} = 37.5878 \text{ m.}$$

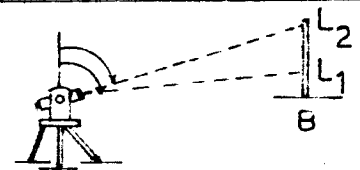
5. Determinar el valor de Dv

$$Dv = h_I - L_1 \quad Dv = 1.50 \text{ m.} - 3.05 \text{ m.} \quad Dv = -1.55 \text{ m.}$$

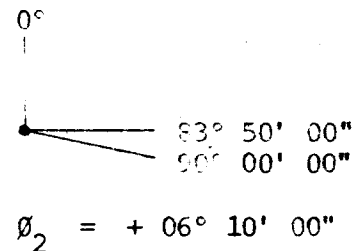
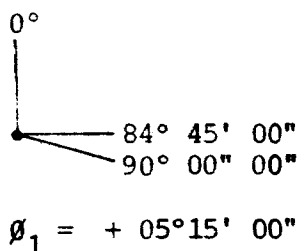
El signo (-) indica que el punto B se encuentra a un nivel más bajo que el punto de estación A.

Caso 2

Determinar la Dh y Dv entre los puntos A y B.

Est.	P.O	Lecturas		Angulos Vert.		Altura del Instrumento	Observaciones
		L ₁	L ₂	1	2		
A	B	2.80	3.60	84°45'00"	83°50'00"	1.50 m	

1. Determinar el valor de los ángulos de inclinación



2. Determinar el valor de las tangentes de los ángulos de inclinación

$$\text{Tang. } \theta_1 = 0.09189$$

$$\text{Tang. } \theta_2 = 0.10805$$

3. Determinar la diferencia de lecturas sobre el estado

$$S = L_2 - L_1 \quad S = 3.60 \text{ m.} - 2.80 \text{ m.} \quad \therefore S = 0.80 \text{ m.}$$

4. Determinar el valor de Dh

$$Dh = \frac{L_2 - L_1}{\text{Tang } \theta_2 - \text{Tang } \theta_1}$$

$$Dh = \frac{0.80 \text{ m.}}{\text{Tang. } 6^\circ 10' 00'' - \text{Tang. } 5^\circ 15' 00''}$$

$$Dh = \frac{0.80 \text{ m.}}{0.10805 - 0.09189}$$

$$Dh = \frac{0.80 \text{ m.}}{0.01616} \quad Dh = 49.5049 \text{ m.}$$

5. Determinar el valor de Dv.

$$Dv = h_I + \text{Tang. } \theta \cdot Dh - L$$

$$Dv = 1.50 \text{ m.} + \text{Tang. } 5^\circ 15' 00'' \cdot (49.5049 \text{ m.}) - 2.80 \text{ m.}$$

$$Dv = 1.50 \text{ m.} + 0.09189 (49.5049 \text{ m.}) - 2.80 \text{ m.}$$

$$Dv = + 3.249 \text{ m.}$$

6

$$Dv = 1.50 \text{ m.} + \text{Tang } 6^\circ 10' 00'' \cdot (49.5049 \text{ m.}) - 2.80 \text{ m.}$$

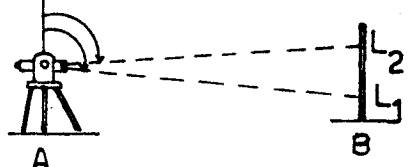
$$Dv = 1.50 \text{ m.} + 0.10805 (49.5049 \text{ m.}) - 2.80 \text{ m.}$$

$$Dv = + 3.249 \text{ m.}$$

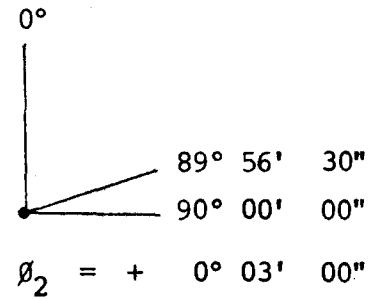
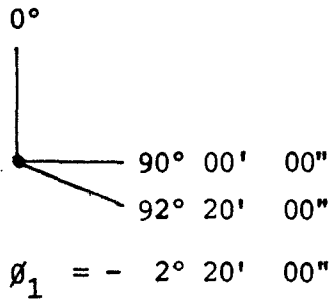
El signo (+) indica que el punto B se encuentra a un nivel más alto que el punto de estación A.

Caso 3

Determinar la Dh y Dv entre los puntos A y B

Est.	P.o	Lecturas		Angulos Vert.		Altura del Instrumento	Observaciones
		L ₁	L ₂				
A	B	0.80	3.90	90°20'00"	89°56'30"	1.50 m	

1. Determinar el valor de los ángulos de inclinación



2. Determinar el valor de las tangentes de los ángulos de inclinación

$$\text{Tang. } \phi_1 = - 0.04075$$

$$\text{Tang. } \phi_2 = + 0.00102$$

3. Determinar la diferencia de lecturas sobre el estadal

$$S = L_2 - L_1 \quad S = 3.90 \text{ m.} - 0.80 \text{ m.} \quad \therefore S = 3.10 \text{ m.}$$

4. Determinar el valor de Dh.

$$Dh = \frac{L_2 - L_1}{\text{Tang } \theta_2 - \text{Tang } \theta_1}$$

$$Dh = \frac{3.90 \text{ m.} - 0.80 \text{ m.}}{\text{Tang. } 0^\circ 03' 00'' - \text{Tang. } - 2^\circ 20' 00''}$$

$$Dh = \frac{3.10 \text{ m.}}{0.001025 + 0.04075} \quad Dh = 74.2070 \text{ m.}$$

5. Determinar el valor de Dv.

$$Dv = h_I + \text{tang } \theta \cdot Dh - L$$

$$Dv = 1.50 \text{ m.} + \text{tang } - 2^\circ 20' 00'' (74.2070 \text{ m.}) - 0.80 \text{ m.}$$

$$Dv = 1.50 \text{ m.} + - 0.04075 (74.2070 \text{ m.}) - 0.80 \text{ m.}$$

$$Dv = - 2.32 \text{ m.}$$

6

$$Dv = 1.50 \text{ m.} + \text{Tang. } 0^\circ 03' 00'' (74.2070 \text{ m.}) - 3.90 \text{ m.}$$

$$Dv = 1.50 \text{ m.} + 0.001025 (74.2070 \text{ m.}) - 3.90 \text{ m.}$$

$$Dv = -2.32 \text{ m.}$$

El signo (-) indica que el punto se encuentra a un nivel más bajo que el punto de estación A.

- Errores cometidos en Taquimetría Tangencial

Las principales causas de los errores son:

- a. Lectura errada en la mira
- b. Lectura errada en los ángulos verticales
- c. Anotaciones equivocadas en la libreta de campo
- d. Falta de verticalidad de la mira o estadal al momento de realizar las lecturas.

- e. Refracción diferencial en las proyecciones de las visuales por efecto de verberancia.
- f. Instrumento mal puesto en estación

(7, 14)

- Recomendaciones prácticas

- a. Poner cuidado y atención en el trabajo
- b. Se recomienda que el observador no actúe como anotador, ya que existen muchas observaciones que realizar. Por lo anterior es conveniente la presencia del auxiliar de observación.
- c. Efectuar lecturas sobre la estadia lo más alto posible para evitar el efecto de verberancia.
- d. No realizar observaciones a más de 200 m. de distancia debido a no ser claramente distinguibles los números sobre el estadal

7.2.2 Estadimetría

Llamada también método de Estadia, está conformada por una serie de procedimientos rápidos y eficientes que permiten determinar D_h y D_v en trabajos de nivelaciones taquimétricas y trazo de poligonales.

La palabra Estadia proviene del vocablo griego STADIA, la cual se aplicaba a la unidad de longitud con la que se medía las distancias en competencias atléticas. En la actualidad, el término se aplica al conjunto formado por el estadímetro o anteojo del telescopio y el estadal o regla graduada sobre la cual se realizan las lecturas (7).

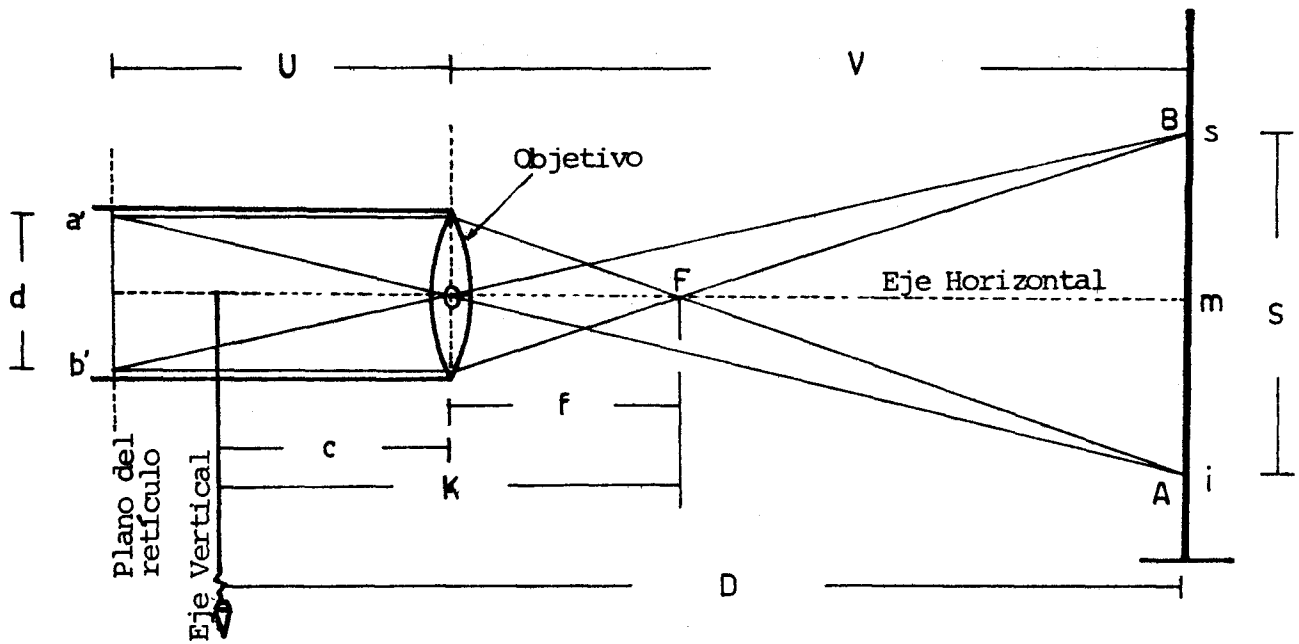
Dependiendo de las características del ángulo paraláctico, el tipo de hilos estadimétricos (fijos o móviles) y la posición que mantiene el estadal al momento de efectuar las lecturas, se establecen los distintos procedimientos utilizados por estadimetría, los cuales se ven detallados en las páginas 175 y 176, de las cuales se extrae la siguiente información:

Procedimiento	Principio
1. Estadia con mira vertical e hilos estadimétricos fijos	- Anteojo de Reichembach - Anteojo Analático - Lente de enfoque interno
2. Estadia con mira vertical e hilos estadimétricos móviles	- Reducción automática
3. Estadia con mira horizontal e hilos estadimétricos fijos	- Mira Urrutia - Estadia invar

1. Estadia con mira vertical e hilos estadimétricos fijos

- Deducción analítica de las fórmulas para determinar D_h y D_v y procedimientos lógicos en casos generales.

Basado en el principio geométrico de los triángulos semejantes (los lados correspondientes de dos triángulos iguales son proporcionales). Se presenta a continuación la deducción de las fórmulas utilizadas para la determinación de D_h y D_v cuando el telescopio se encuentra en posición horizontal. Para mayor comprensión por parte del lector, se analiza un lente de enfoque externo (principio de Reichembach) el cual fue la base del desarrollo del principio utilizado por los telescopios modernos. Ver Fig. 161.



F = Distancia focal de la lente (constante para cualquier objetivo compuesto)

c = Distancia entre el centro del instrumento (eje vertical) y el centro del objetivo del anteojo.

U = Distancia entre el centro del objetivo del telescopio y el plano de los hilos reticulares.

V = Distancia entre el centro del objetivo del telescopio y el punto definido denominado punto observado.

a', b' = Hilo superior e inferior del retículo

d = Separación entre el hilo superior e inferior

A, B = Lectura superior e inferior sobre el estadal

S = Diferencia de lecturas sobre el estadal

$c + f$ = Constante taquimétrica o constante de adición (K)

$f \div d$ = Constante estadimétrica, factor de lectura o constante de multiplicación (M)

D = Distancia entre el eje vertical del instrumento y el punto observado.

Fig. 161

Esquemmatización del Principio de Reichombach

Los triángulos AOB y a'O b' son semejantes, por lo tanto

$$\frac{V}{U} = \frac{S}{d} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Según la ley óptica que señala " El recíproco de la distancia focal de un lente, es igual a la suma de los recíprocos de las distancias focales conjugadas ". (4) se deduce que:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{V} + \frac{1}{U} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Multiplicando los términos de la ecuación anterior por fV

$$V = f + \frac{fV}{U} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Sustituyendo $\frac{V}{U}$ de la ecuación 1 en la ecuación anterior

$$V = f + f \frac{S}{d} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Por lo tanto se puede indicar que la distancia entre el eje vertical del instrumento y el punto definido llamado punto observado es:

$$D = V + c \quad (\text{Ecuación 5})$$

sustituyendo la ecuación 4 en la ecuación anterior

$$D = f \frac{S}{d} + f + c \quad (\text{Ecuación 6})$$

Si $\frac{f}{d}$ es constante estadimétrica M y $f + c$ constante taquimétrica K

$$D = M (S) + K \quad (\text{Ecuación 7})$$

(14,16, 17 , 20 , 25)

Los valores de M y K son definidos para cada modelo y marca de aparato, generalmente M = 100 (ocasionalmente 50), K varía con el aparato dependiendo de la distancia focal del anteojo.

En el año de 1823, el ingeniero italiano Porro inventa el anteojo analítico, el cual consiste en introducir una lente bicóncava entre el objetivo y el ocular, con lo que se logra que el foco del anteojo coincida con el eje vertical del instrumento, así con ello la constante taquimétrica K resulta despreciable.

Los anteojos de enfoque interno que conforman los instrumentos modernos, basan su funcionamiento taquimétrico en el principio del lente analítico, con lo cual se indica que el cálculo de Dh resulta ser:

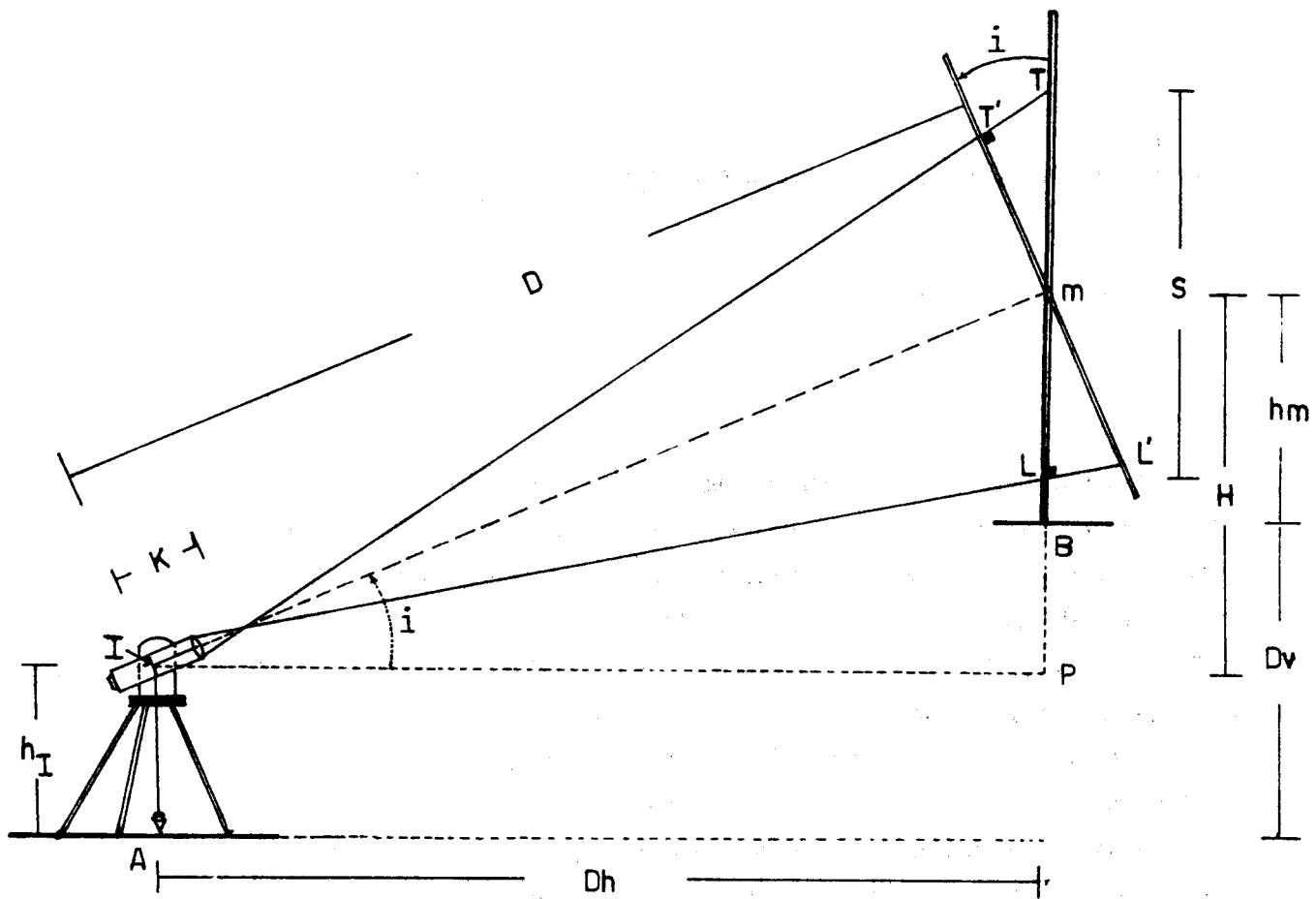
$$Dh = M (S)$$

La distancia vertical entre la estación y el punto observado resulta de la diferencia entre la lectura del hilo central sobre el estandar (hm) y la altura del instrumento sobre la superficie del terreno (h_I).

$$Dv = hm - h_I$$

Debido a la configuración variante de los terrenos, la mayoría de las visuales proyectadas por los lentes de los instrumentos de precisión son inclinadas, en tal circunstancia, las ecuaciones anteriormente indicadas para el cálculo de Dh y Dv varían en función del ángulo de inclinación (i) con que se realicen las lecturas.

- Deducción de las fórmulas de Dh y Dv cuando las visuales se proyectan con ángulos de inclinación. Ver Fig. 162.



i = Angulo de inclinación del telescopio

T, m y L = Lecturas del hilo superior, medio e inferior sobre el estadal

T', m' y L' = Lecturas del hilo superior, medio e inferior si el estadal estuviera en posición normal a la proyección de la visual

S = Diferencia de lecturas entre el hilo superior e inferior

D = Distancia inclinada entre el eje vertical del instrumento y la posición imaginaria del estadal

D_h = Distancia horizontal entre el eje vertical del instrumento y el punto definido llamado punto observado

h_m = Altura del estadal en la posición de lectura del hilo central

h_I = Altura del lente del instrumento sobre el nivel del suelo

H = Diferencia de altura entre el eje basculante del anteojo y la altura del estadal en la posición de lectura del hilo medio

D_v = Diferencia vertical entre la estación y el punto observado

Fig. 162
Esquemmatización del principio Reichenbach
en distancias inclinadas

En la figura anterior, se busca determinar la distancia horizontal y diferencia de nivel entre los puntos A y B.

Suponiendo un momento que la mira ubicada en el punto B se encuentra perpendicular a la visual, la diferencia de lecturas sobre el estadal sería entonces $T' - L'$ y por lo tanto

$$D = M (T' - L') + K \quad (\text{Ecuación 1})$$

Pero la mira se encuentra en posición vertical y la diferencia de lecturas reales son $T - L$, que es equivalente a S .

$$T - L = S \quad (\text{Ecuación 2})$$

Considerando los triángulos mT' y mL' como rectángulos, se obtiene la siguiente relación de Cosenos

$$\cos i = \frac{\overline{T'm}}{\overline{Tm}} \quad \& \quad \cos i = \frac{\overline{L'm}}{\overline{Lm}}$$

$$\cos i \cdot \overline{Tm} = \overline{T'm} \quad \& \quad \cos i \cdot \overline{Lm} = \overline{L'm}$$

(Ecuación 3)

Atendiendo la diferencia de lecturas

$$T' - L' = \overline{T'm} + \overline{L'm} \quad (\text{Ecuación 4})$$

- Posibles causas de error en trabajos con estadia de mira vertical e hilos estadimetricos fijos.

Los errores que ocurren en trabajos con aparatos de precisión son inherentes al trabajo estadimétrico. Entre las fuentes de error se pueden contar los siguientes:

Errores instrumentales

- Error de la constante estadimétrica del aparato debido a un desajuste del mismo.
- Longitud incorrecta de la graduación del estadal
- Deformación de la estadia

Errores personales

- Falta de verticalidad en la mira
- Lecturas de estadal incorrecta a causa de visuales muy largas
- Desconocimiento de M y K del instrumento
- Confundir los ángulos de inclinación + con -
- Mala anotación de datos en la libreta de campo
- Mala puesta de estación

Errores naturales

- Error de refracción por efecto de verberancia

(7, 14, 25)

- Recomendaciones prácticas

- Observar las mismas que para taquimetría tangencial
- Aproximar a la tercera cifra decimal las lecturas efectuadas sobre el estadal

- Evitar efectuar lecturas con ángulos de inclinación mayores de 30° (las lecturas del hilo superior e hilo inferior dejan de ser equidistantes al hilo medio)
- La marca del hilo inferior colocarla sobre un valor entero
- Familiarizarse con la graduación del estadal antes de efectuar lecturas
- Conocer las constantes estadimétricas y taquimétricas del instrumento empleado
- Mantener un programa de servicio preventivo y correctivo para el instrumento de precisión.
- Mantener el estadal siempre en posición vertical

(25)

2.- Estadia con mira vertical e hilos estadimétricos móviles

El taquímetro autorreductor

El cálculo de reducción de la distancia inclinada por medio del ángulo de inclinación utilizado en el procedimiento anterior para obtener la distancia horizontal y diferencia vertical entre Est. y P.O, disminuye considerablemente el progreso de trabajo de gabinete y constituye una probable fuente de error, El taquímetro autorreductor resuelve este problema de una manera eficiente y práctica.

Como se pudo observar en el método presentado anteriormente, la distancia horizontal es función del $\text{Cos}^2 i$. Dicho factor decrece a medida que aumenta el ángulo de inclinación, lo cual equivale a reducir la diferencia de lecturas de hilo superior e inferior (5)

La teoría anterior ha sido puesta en práctica por medio de un retículo exocéntrico que gira dentro de una caja aplicada al ocular, de tal manera que hace que la distancia entre el hilo superior e inferior varíe proporcionalmente al $\text{Cos}^2 i$, es decir, que los hilos estadimétricos van separándose o -

acercándose a medida que sea elevado o deprimido el anteojo, bastando entonces multiplicar mentalmente el valor de la diferencia ($h_s - h_i$) por la constante estadimétrica del instrumento (generalmente 100 para conocer el valor D_h).

Siguiendo un razonamiento similar y haciendo que la variación entre hilos del retículo sea proporcionalmente al Seno $2i / 2$, se logra determinar el valor de H , simplemente multiplicando la diferencia de lecturas entre hilos por un factor anotado sobre el retículo (puede ser 20, 50 ó 100), el cual varía dependiendo del ángulo de inclinación del anteojo (7, 25, 27)

Los taquímetros autorreductores poseen variaciones y detalles inherentes a los modelos y marcas. Para ilustrar lo anterior, se muestran a continuación brevemente algunos de los modelos y marcas más comunes en el mercado Guatemalteco.

- Retículo y lectura del taquímetro K1 - RA de la casa KERN

El dispositivo reductor consta solamente de dos trazos horizontales paralelos que aparecen en el campo visual del anteojo. Ver Fig.163a

La D_h en metros, es calculada mediante la multiplicación de la diferencia de lecturas entre el hilo superior e inferior por el factor estadimétrico 100. Para determinar el valor H , simplemente se gira una arandela de cambio que permite el apareamiento de un hilo horizontal nuevo sobre el campo del ocular. La diferencia de lectura entre el hilo superior y ésta, multiplicada por un factor altimétrico que aparece acompañado a la nueva marca del retículo determina el valor H . Ver Fig. 163b y 163c.

Como se lee en el párrafo anterior, el trazo superior del retículo lo constituye un hilo fijo, siendo el inferior el que varía su posición de acuerdo a la distancia y ubicación del objeto observado. El hilo fijo o base, realiza las funciones del hilo medio de un retículo normal.

Para determinar el valor D_v simplemente se aplica la fórmula general presentada a continuación:

pueden ser 10, 20, 50 y para i mayor de $24^{\circ} 30'$, 100. Para simplificar el cálculo mental, se hace igualmente para estas curvas altimétricas la diferencia de lecturas en cm y se multiplica en seguida por los factores 0.1, 0.2, 1/2 ó 1, inscritos con signos + ó - dependiendo del ángulo de inclinación. En los casos en que se pasa de un factor altimétrico a otro, dos curvas aparecen a la misma vez en el campo del ocular; en este caso se debe efectuar siempre la lectura con la curva más lata. (25, 27) Ver Fig. 164b.

Para determinar el valor de Dv se aplica la siguiente ecuación:

$$Dv = h_I + H - \text{Lectura del hilo inferior}$$

El valor de H debe conservarse con el signo + ó - dado por el factor altimétrico de multiplicación. Esto mismo es valioso para Dv calculada para el autorreductor Kl - RA.

Operaciones básicas

$$Dh = (h_s - h_i) 100$$

$$H = (h_{\text{altimétrica}} - h_i) (\text{factor altimétrico})$$

$$Dv = h_I + H - h_i$$

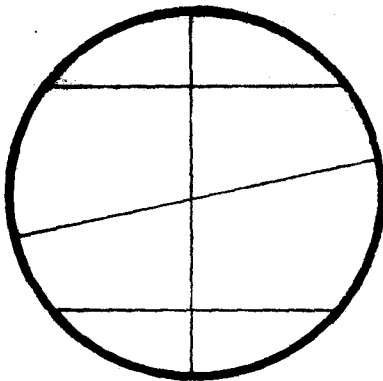


Fig. 164a
Retículo Autorreductor RDS

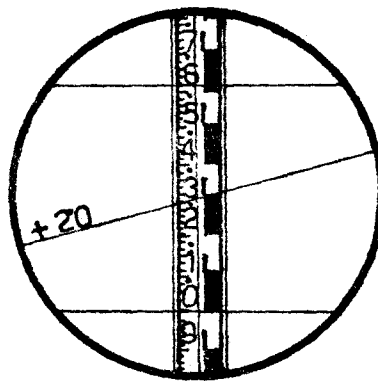


Fig. 164b
Visión por el ocular de los hilos reticulares sobre el estadal.

$$Dh = (1.62 - 1.00) 100$$

$$H = (1.30 - 1.00) + 20$$

$$Dv = h_I + H - \text{Lectura del hilo superior}$$

Operaciones Básicas

$$Dh = (hs - hi) 100$$

$$H = (hs - h_{\text{Altimétrico}}) \cdot (\text{Factor Altimétrico})$$

$$Dv = h_I + H - \text{lectura del hilo superior.}$$

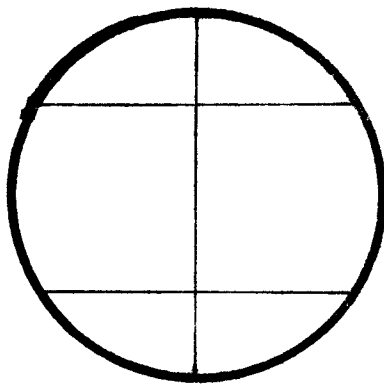
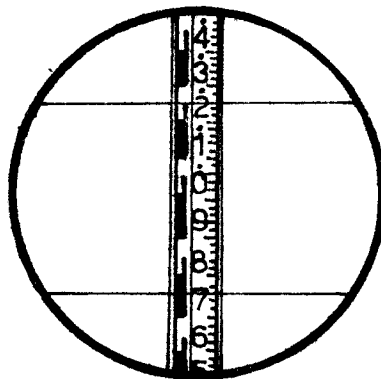


Fig. 163a

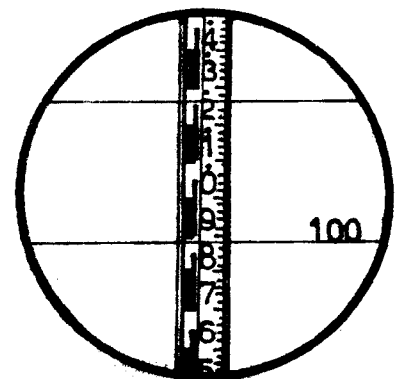
Retículo Autorreductor
K1 - RA de Kern.



$$Dh = (1,26 - 0,76) 100$$

Fig. 163b

Hilos Estadimétricos
para D. h.



$$H = (1,26 - 0,88) 100$$

Fig. 163c

Hilos Estadimétricos
para H.

- Retículo y lectura del Taquímetro RDS de la casa WILD HEERBRUGG.

El retículo presenta un hilo vertical, dos hilos horizontales paralelos localizados en los planos distales de ocular y una línea curva localizada en el plano medio (Ver Fig. 164a). El hilo horizontal inferior corresponde al hilo medio de un retículo normal.

Para determinar el valor de Dh, simplemente se restan las lecturas del hilo superior e inferior y el resultado se multiplica por el factor estadimétrico 100. Para determinar el valor de H, se restan las lecturas de la línea curva e hilo inferior y el resultado se multiplica por el factor que acompaña a la línea curva. Las constantes altimétricas varían con respecto al ángulo de inclinación del anteojo; estas constantes

- Libreta de campo y gabinete recomendadas

Libreta de campo

Est.	P.o	h_I	$(h_s - h_i)$	D_h	$(h \text{ fijo} - h \text{ altimétrico})$	Observaciones

Libreta de gabinete

Est.	P.o	h_I	$h \text{ fijo}$	D_h	H	D_v

- Ejemplos resueltos de casos generales

Determinar la D_h y D_v entre estación y punto observado de los siguientes casos:

- Instrumento: Taquímetro Autorreductor KI - RA

Est.	P.o	h_I	$(h_s - h_i)$	D_h	$(h \text{ fijo} - h \text{ altimétrico})$	Observaciones
0	1	1.60	$(1.20 - 0.90)$		$(1.20 - 1.10)$	Taquímetro autorreductor KI - RA Factor altimétrico + 50

Desarrollar las siguientes operaciones:

1. Determinar D_h

$$D_h = (h_s - h_i) 100$$

$$D_h = (1.20 \text{ m} - 0.90 \text{ m}) 100 \quad D_h = 30.00 \text{ m}$$

2. Determinar el valor de H

$$H = (h_s - h_a) + 50$$

$$H = (1.20 \text{ m} - 1.10 \text{ m}) + 50 \quad H = +5.00 \text{ m}$$

3. Determinar el valor D_v .

$$D_v = h_I + H - h_s$$

$$D_v = 1.60 \text{ m} + 5.0 \text{ m} - 1.20 \text{ m}$$

$$D_v = +5.40 \text{ m}$$

- Instrumento: Taquímetroautorreductor RDS Wild

Est.	P.o	h_I	$(h_s - h_i)$	D_h	$(h \text{ fijo} - h \text{ alimétrico})$	H Observaciones
0	1	1.50	2.80-2.00		2.20 - 2.00	Factor alimétrico. - 20

1. Determinar el valor D_h

$$D_h = (h_s - h_i) 100$$

$$D_h = (2.80 \text{ m} - 2.00 \text{ m}) 100$$

$$D_h = 80.00 \text{ m}$$

2. Determinar el valor H

$$H = (h_a - h_i) \bar{20}$$

$$H = (2.20 \text{ m} - 2.00 \text{ m}) \bar{20}$$

$$H = \bar{4.00} \text{ m}$$

3. Determinar el valor de D_v

$$D_v = h_I + H - h_i$$

$$D_v = 1.50 \text{ m} + (\bar{4.00} \text{ m}) - (2.00 \text{ m})$$

$$= \bar{4.50} \text{ m}$$

El punto observado se encuentra por debajo del punto de estación

- Posibles causas de error

- Las mismas que para estadia de mira vertical e hilos estadimétricos fijos.

- Recomendaciones prácticas

- La marca del hilo fijo colocarla sobre un valor entero
- Familiarizarse con el estadal antes de efectuar lecturas
- Evitar lecturas muy bajas sobre el estadal, para no incurrir en lecturas erróneas por efecto de verberancia.
- Mantener un servicio de mantenimiento preventivo y correctivo del autorreductor.

3. Estadía con mira horizontal e hilos estadimétricos fijos

Uno de los principales y más comunes errores sistemáticos encontrados en estadimetría de mira vertical, se debe a la refracción diferencial de las visuales sobre la mira ocasionadas por el efecto de verberancia.

Esta fuente de error puede eliminarse si la mira es colocada horizontal, de esta manera las visuales atravesarán condiciones atmosféricas uniformes. (14).

El Ingeniero Guatemalteco, Don Claudio Urrutia, basado en observaciones como la anterior y fundamentado en la hipótesis de que en longitudes de radios muy largas, el valor del arco de un sector pequeño, se confunde con la longitud de la cuerda subtenida, inventó una mira horizontal (Mira Urrutia en honor a su apellido), la cual consiste en una regla graduada colocada horizontalmente e insertada en su punto medio a un trípode (3).

Para su utilización, la mira Urrutia es colocada en uno de los extremos de la recta que se pretende medir, manteniendo una posición nivelada y perpendicular a la línea de visión del teodolito instalado en el otro extremo de la recta, con el cual, se determina el ángulo paraláctico formado por las visuales que parten del punto de estación y finalizan en los extremos de la mira (19) Ver Fig. 165.

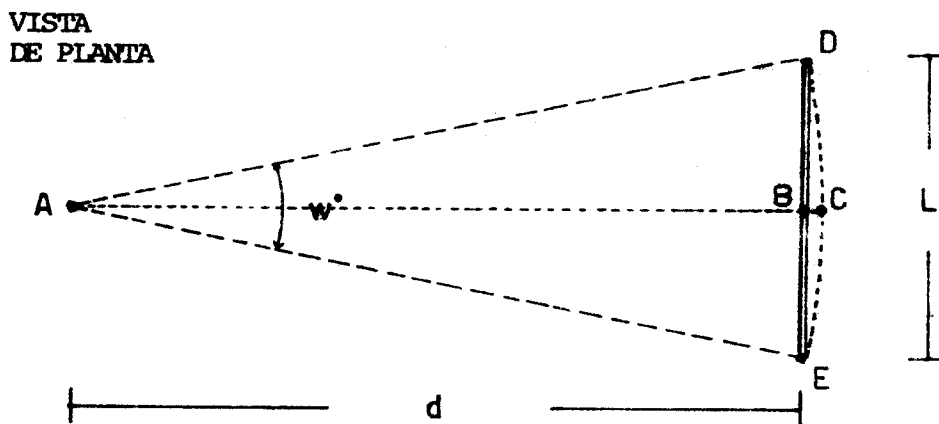


Fig. 165

Principio de utilización de la mira Urrutia.

- Fundamento geométrico empleado en la determinación de Dh por la mira Urrutia.

Basandose en el esquema presentado de la Fig. 165

\overline{AB} = Distancia horizontal entre estación y punto observado = (d)

$\overline{AC} = \overline{AE} = \overline{AD}$ = radio de una circunferencia con centro en A

$\overline{DE} = L$ = Longitud de la mira Urrutia

Hipótesis

Sí el radio \overline{AC} es mayor de 20 veces la magnitud de la cuerda \overline{DE} , se puede estimar que la longitud del arco del sector considerado, es igual a la longitud de la cuerda subtendida endicho sector, por lo tanto, el valor de la flecha resulta despreciable por lo que se puede considerar que $\overline{AB} = \overline{AC}$.

Sabiendo que

$$L = \frac{2 \overline{r} \sin w^\circ}{360^\circ}$$

L = Longitud de la mira Urrutia
W = ángulo paraláctico horizontal
r = distancia entre la estación y el punto observado

Despejando el valor de r (Dh entre estación y punto observado)

$$r = \frac{360^\circ \cdot L}{2 \hat{\pi} W^\circ}$$

Cuando el ángulo paraláctico (W) es dado en minutos, la ecuación anterior queda de la siguiente manera:

$$r = \frac{3437.7468' \cdot L}{W'}$$

Inicialmente la casa Keuffer & Eseer fabricó la mira horizontal de 1 m de longitud. En la actualidad, la casa Wild fabrica una mira horizontal de invar de 2 m de longitud (conocida en el mercado como Estadia Invar).

Sistema de Estadia Invar

Es un sistema basado en el principio trigonométrico del conocimiento de un ángulo paraláctico varibale y el valor del cateto opuesto a dicho - ángulo, con lo cual la incógnita a resolver la constituye la Dh existente entre el vértice del ángulo y el punto central de cateto o base opuesta. Ver Fig. 167b.

El equipo y los métodos han sido diseñados con el objetivo principal de obtener distancias horizontales precisas. Es posible pero no frecuente el hallar diferencias de nivel.

La precisión de las medidas de distancias depende fundamentalmente de cuatro factores:

- a. Longitud de la estadia
- b. Orientación de la estadia

- c. Largo de las visuales
- d. Apreciación del ángulo de paralaje (Depende del tipo de teodolito que se emplee, recomendable aparatos con 1" de apreciación)

La estadia Invar Wild tal y como se observa en la figura 166 consiste en dos brazos de aluminio articulados en su base, dentro de los cuales hay dos varillas de Invar. Al abrir los brazos, las dos varillas forman una barra de 2 m de longitud.

La estadia esta provista de un anteojo colimador colocada en uno de los brazos, con el cual se logra determinar la perpendicularidad de la misma a la proyección de la recta que se pretende medir, así también, posee un nivel de burbuja que garantiza la horizontalidad de los brazos y una señal de puntería colocada al centro de la barra, con la cual se facilita su ubicación en operaciones de medición horizontal de ángulos dentro de una poligonal. La estadia se arma sobre una base nivelante convencional de tres tornillos calantes para montarla sobre un trípode de teodolito o nivel Wild. (14).

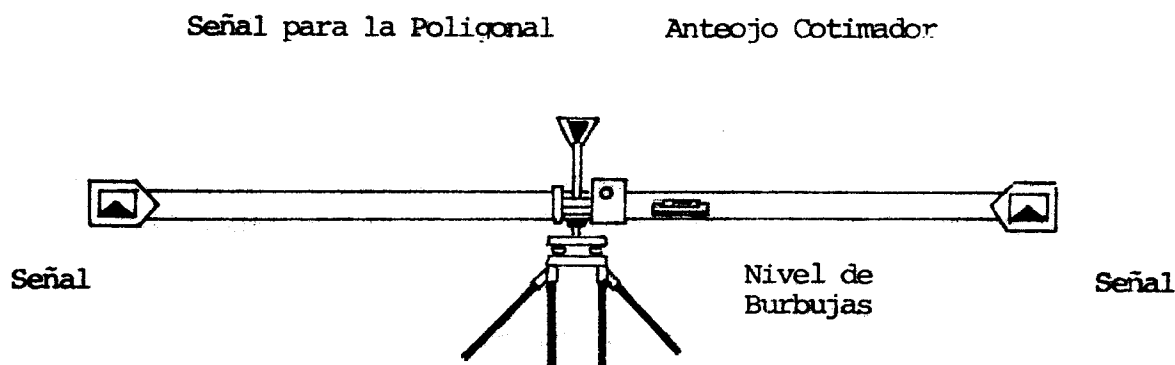


Fig. 166
Estadia Invar Wild.

- Principio trigonométrico utilizado en estadia Invar. Procedimiento de campo.

Para efectuar una deducción analítica de la determinación de D_h y D_v , se presenta a continuación el principio trigonométrico utilizado - acompañado de las figuras 167 a, b, y c

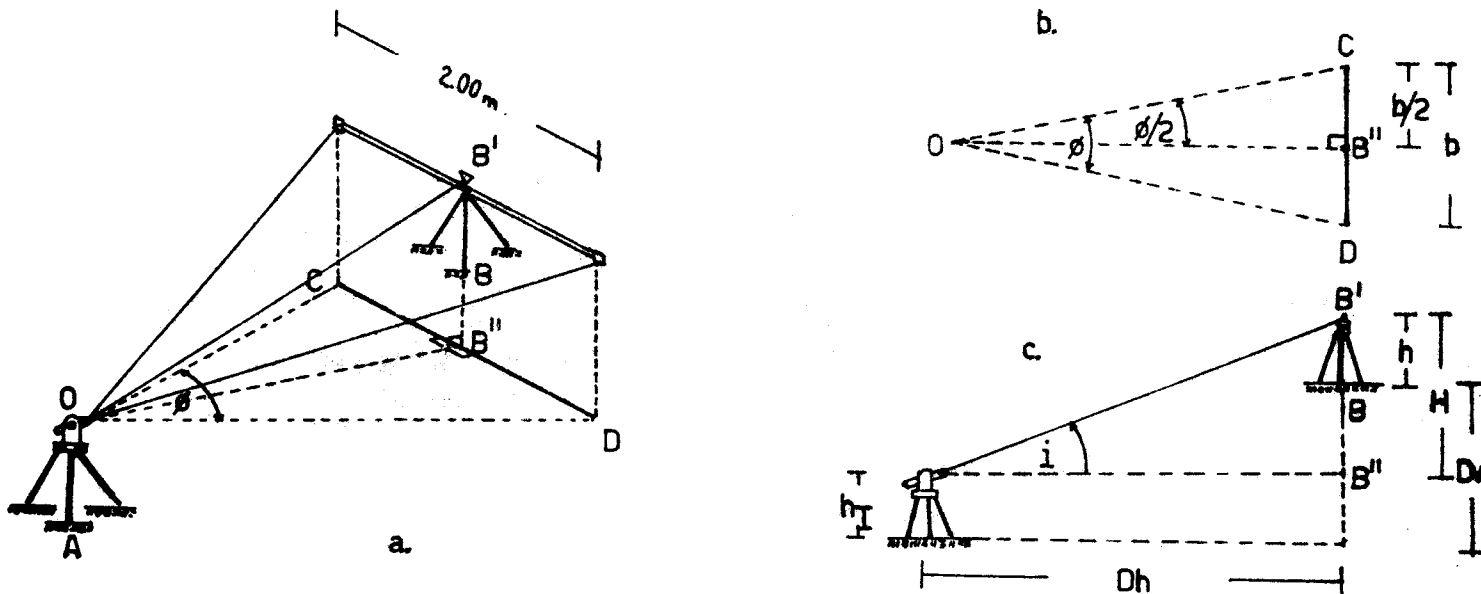


Fig. 167

Principio de utilización de estadia Invar

- En el triángulo O - B'' - C de la Fig. 167b, se establece lo siguiente:

La distancia CB'' = Mitad de la longitud de la estadia Invar.
($b/2 = 1 \text{ m}$)

El ángulo $C-B''-O$ = ángulo recto

La distancia OB'' = La D_h entre la estación y el punto observado

El ángulo $C-O-B''$ = Es la mitad del ángulo paraláctico ϕ

De donde

$$\text{Tang } \phi/2 = \frac{CB''}{OB''}$$

Sabiendo que la distancia \bar{CB} es equivalente a 1m, y que la distancia \bar{CB}'' es el valor de Dh entre estación y punto observado, se determina lo siguiente:

$$Dh = \frac{1 \text{ m}}{\text{Tang. } \theta/2}$$

En la fig 167c, se establece lo siguiente:

h = Altura de la estadia Invar sobre la superficie del terreno

h_I = Altura del instrumento

H = Distancia vertical entre la altura del instrumento y la altura de la estadia Invar ($B' - B''$)

Dv = Diferencia vertical entre el punto de estación y el punto observado.

De donde se deduce lo siguiente:

$$\text{Tang. } i = \frac{B' - B''}{Dh}$$

Sabiendo que $B' - B''$ es equivalente a H

$$H = \text{Tang. } i \cdot Dh$$

Por lo tanto

$$Dv = h_I + H - h$$

$$Dv = h_I + \text{Tang } i \cdot Dh - h$$

El valor del ángulo de inclinación es muy importante que sea acompañado de su signo correspondiente. (9, 14, 24, 27)

- Procedimiento de campo (referirse a la Fig. 167a.)

a. Poner en estación el instrumento sobre el punto A

- b. Armar la estadia Invar sobre el punto B
- c. Por medio del anteojo colimador, ubicar la proyección ortogonal de la barra a la recta que se pretende medir.
- d. Nivelar la estadia Invar y determinar su altura sobre el nivel del terreno.
- e. Con el teodolito, medir varias veces el ángulo paraláctico.

es importante observar que el ángulo medido es horizontal, sin importar que la mira este por encima o debajo del plano colimador del teodolito.

- f. Determinar el valor del ángulo de inclinación del telescopio

(14)

- Libreta de campo y gabinete recomendadas

Libreta de campo

Est.	P.o	h_I	ángulo paraláctico w°	ángulo de inclinación i°	Observaciones

Libreta de Gabinete

Est	P.o	h_I	h	$w/2$	Tang. $w/2$	Dh	i	Tang i°	H	Dv.

- Ejemplos resueltos de casos generales

Caso 1.

Determinar Dh y Dv entre la estación (A) y el punto observado (B).

Se cuentan con los siguientes datos:

Longitud de la estadia Invar	=	2m
h_I altura del instrumento	=	1.50 m
h altura de la estadia	=	1.40 m
w ángulo paraláctico	=	$3^\circ 20' 50''$
i ángulo de inclinación	=	$+ 5^\circ 20' 00''$

1. Determinar las ecuaciones a utilizar

$$Dh = \frac{1 \text{ m}}{\text{Tang } w/2}, \quad H = \text{Tang. } i \cdot Dh, \quad Dv = h_I + H - h$$

2. Completar la libreta de gabinete

Est	P.o	h_I	h	W/2	Tang.w/2	Dh	i	Tang. i	H	Dv
0	1	1.50	1.40	1°40'25"	0.02922	34.22	5°20'00"	0.09335	3.194	+3.29

Caso 2.

- Longitud de la mira = 2 m
- h_I altura del instrumento = 1.50 m
- h altura de la estadia = 1.40 m
- w ángulo paraláctico = 3°20' 50"
- i ángulo de inclinación = -5°20' 50"

Completando la libreta de Gabinete

Est	P.o	h_I	h	w/2	Tang w/2	Dh	i	Tang i	H	Dv
0	1	1.50	1.40	1°40'25"	0.02922	34.22	-5°20'00"	0.09335	3.194	3.09

Nota: En el caso 1. el punto observado se encuentra a mayor altura que el punto de estación

En el caso 2. el punto observado se encuentra a menor altura que el punto de estación.

- Probable fuentes de error

- Estadia Invar mal nivelada
- La perpendicularidad de la estadia con respecto a la línea de visión del teodolito no es la adecuada
- Mal medición del ángulo paraláctico
- Confundir el signo + con - en el ángulo de inclinación

- Mala anotación de datos en la libreta de acompañamiento.

- Recomendaciones Prácticas
 - Para que las condiciones trigonométricas supuestas en el desarrollo teórico se cumplan en el campo práctico, es necesario verificar antes de cada observación que la estadia este horizontal y - y que sea perpendicular a la línea que se pretende medir.

 - El teodolito debe estar perfectamente puesto en estación, para que el ángulo paraláctico medido sea verdaderamente horizontal.

 - Para que el ángulo paraláctico quede perfectamente determinado, se debe procurar no hacer observaciones durante condiciones extremas de temperaturas y evitar que la visual pase muy cerca del suelo o a cualquier otra superficie para eliminar las variaciones debidas a refracción.

 - Poner cuidado y atención el trabajo.

7.3 DISTANCIOMETRIA ELECTRONICA

Dentro de los procedimientos indirectos de medición de distancias, el adelanto más importante para la topografía en los años recientes ha sido el desarrollo de la medición electrónica de distancias (EDM Electronic Distance Measurement), mediante instrumentos especiales que determinan distancias entre puntos, en base al tiempo que requiere la energía radiante electromagnética para viajar de un extremo a otro de la línea que se pretende medir. (7)

Los instrumentos EDM o distanciómetros, se caracterizan por su reducido tamaño y versatilidad, transmiten radiaciones modulares visibles, o bien infrarrojas, con longitudes de onda cercanas a 0.9 micras.

Los distanciómetros son utilizados en trabajos topográficos tales como: Mediciones catastrales, levantamientos planimétricos, levantamientos altimétricos, trabajos de replanteo y trazo de poligonales abier-

tas (canales de riego, caminos, líneas de electrificación). (2)

- Principio de funcionamiento de los instrumentos EDM

En General, el equipo EDM mide distancias por comparación de una línea de longitud desconocida, con la longitud de onda conocida de la energía electromagnética modulada con la que trabajan. Este es semejante a relacionar una distancia por medir con la longitud calibrada de un longímetro. (Ver Fig. 168) (7).

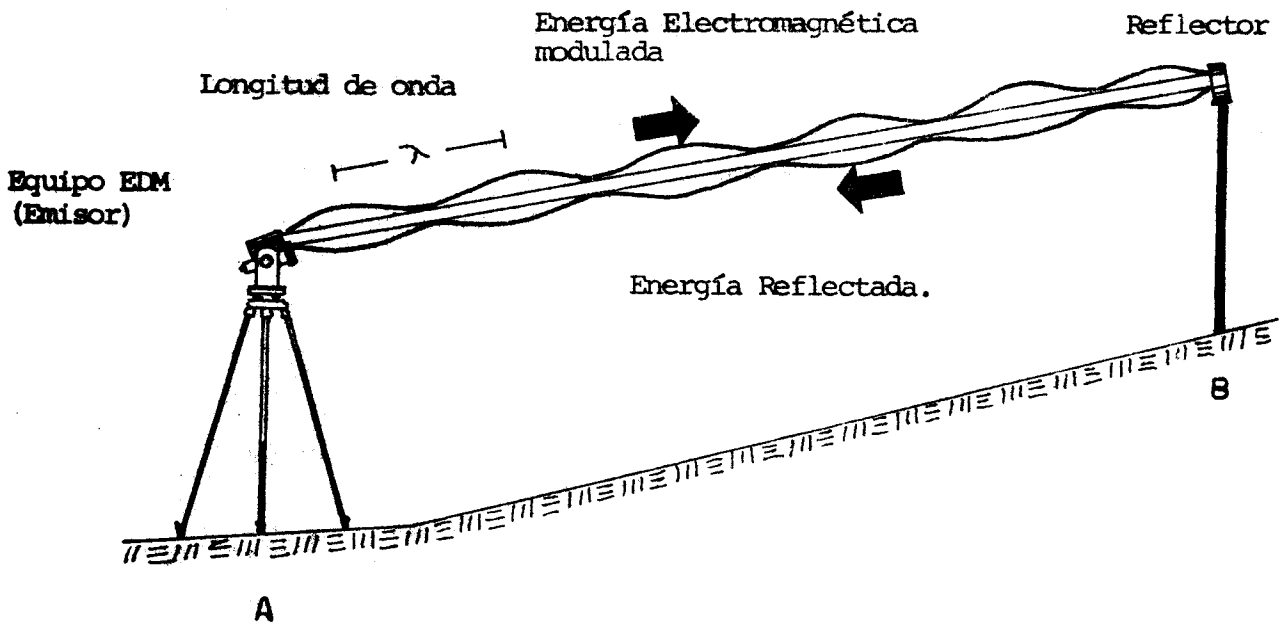


Fig. 168

Distanciometría Electrónica Generalizada

Los distanciómetros están compuestos de:

- Emisor
- Receptor
- Medidor de fase
- Calculador
- Dispositivo indicador
- Fuente de corriente compuesta de cuatro o más elementos de NiDd.

La parte integral del equipo EDM lo constituye uno a varios reflectores prismáticos, los cuales tienen como función provocar el rebote del rayo

luminico desde el punto a medir hacia el instrumento emisor, para que al llegar a éste, la velocidad de desplazamiento, frecuencia y longitud de onda emitida sean analizadas y transformadas por medio de circuitos integrados a valores digitales de longitud (29).

Los prismas pueden ser circulares o rectangulares, contruidos - por cristales ópticos de primera calidad encajados en una envoltura plástica. Los cristales son tratados con una capa protectora anti-reflejante para que la suciedad, polvo o mojado del reflector no influya en la eficiencia del mismo. (Ver Fig. 169).

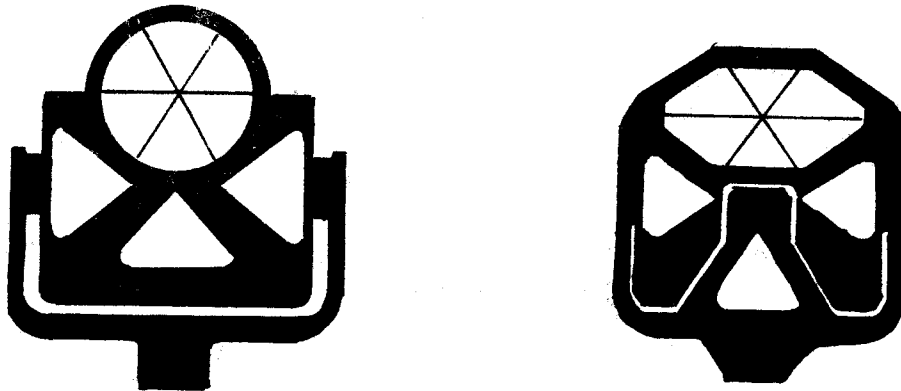


Fig. 169

Reflectores prismáticos circulares y rectangulares

Los distanciómetros infrarrojos representan el equipo EDM de mayor aplicación en trabajos de topografía agrícola. Las marcas y modelos más comunes en el mercado Guatemalteco son:

Casa Constructora	Modelo	Características Técnicas
KERN SWISS	DM 102	Distanciómetro Infrarrojo Que permite unicamente efectuar mediciones de distancias

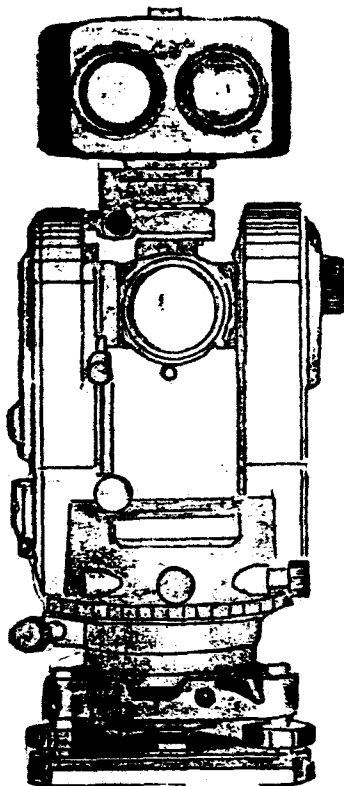


Fig. 170

Distanciómetro Kern DM 102 incorporado a un Teodolito Kern

inclinadas. Pueden utilizar un programa de lecturas repetitivas "TRACKING" adecuado para efectuar operaciones de replanteo. Bajo - buenas condiciones atmosféricas, el alcance de un reflector es superior a los 1000 m. La lectura de distancias inclinadas aparece en el indicador 8 seg. después de inclinada la medición. Ver Fig. 170. (15).

Casa Constructora

SOKKISHA

Modelo

RED mini

Características Técnicas

Es el distanciómetro infrarrojo más liviano en el mercado, puede ser utilizado como alidada de una plancheta, acoplado a un teodolito o utilizado solo.

Posee el programa de lecturas repetitivas para efectuar trabajos de replanteo.

Bajo buenas condiciones atmosféricas con un prisma simple pueden medirse distancias hasta de 250 m.

Permite efectuar lecturas de distancias inclinadas, horizontales y verticales en el sistema métrico o ingles. Ver Fig. 171 (22).

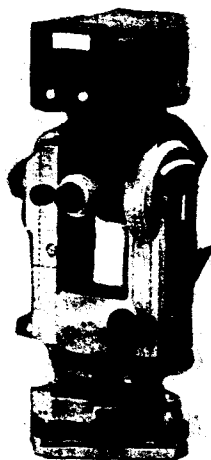


Fig. 171

Distanciómetro RED mini SOKKISHA

Casa Constructora
PRECISION INTERNACIONAL

Modelo
CITATION
C1-410

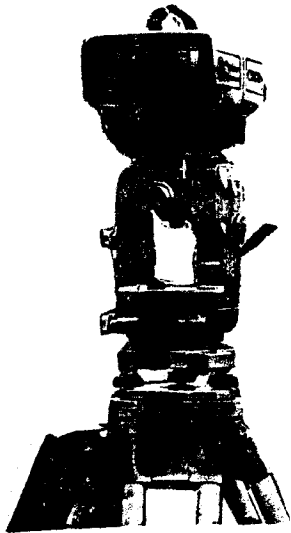


Fig. 172
Citación Cl - 410

Características Técnicas

Es un distanciómetro de fácil manejo y operación. Permite hacer lecturas de distancias inclinadas, horizontales y verticales.

Posee el sistema "TRACKING" y el sistema "SCAN", el cual permite observar automáticamente y en secuencia de cada 2 seg. la distancia horizontal, distancia inclinada, diferencia de alturas y ángulo de inclinación de la visual.

Bajo buenas condiciones atmosféricas el alcance con un prisma reflector - puede llegar a ser hasta de 1000 m. Ver Fig. 172 (29).

Casa Constructora
Wild Heerbrugg

Modelo
DISTOMAT
D 14

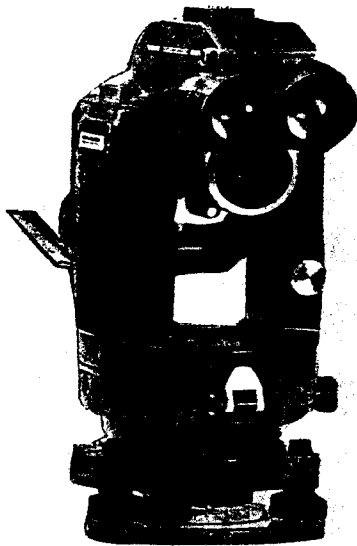


Fig. 173
Distomat D14 infrarrojo Wild

Características Técnicas

Distanciómetro infrarrojo

Medición completamente automática con corrección de la curvatura terrestre y de la refracción atmosférica. Ofrece el sistema "TRACKING" de lecturas repetitivas. Con caja de teclado (accesorio suplementario), pueden efectuarse operaciones de reducción para determinar:

- Distancia horizontal
- Diferencia vertical
- Coordenadas cartesianas parciales del punto observado.

Con la utilización de un prisma simple, pueden efectuarse mediciones - hasta de 1100 m.

Ver Fig. 173 (29)

BIBLIOGRAFIA

2. **ALMENGOR CHOY, J.R.** 1977. Instrumentos electrónicos para la medición en topografía. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 37 p.
3. **BILLEV VELA, F.** s.f. Curso de topografía I; levantamiento con cinta. Guatemala, Piedra Santa. 41 p.
5. _____ s.f. Curso de topografía I; nivelación y levantamiento con teodolito. Guatemala, Impresos Industriales. 83 p.
7. _____ 1982. Topografía moderna. Trad. de la 6 ed. Inglesa por Dolores García Díaz y Rafael García Díaz. 6 ed. México, D.F., HARLA. 542 p.
9. **CHANG LAU, G.** 1971. Método de medición indirecta y distancias. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 60 p.
14. **IRVINE, W.** 1975. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés por Eduardo Caro Cayzedo. Cali, Mc Graw Hill. 259 p.
15. **KERN SWISS (Suiza).** 1981. Catálogo de equipos. Suiza, Kern Swiss. 20 p.
16. **MONTES DE OCA, M.** 1970. Topografía. 4 ed. México, D. F. Representaciones y Servicios de Ingeniería. 344 p.
17. **MORALES CHINCHILLA, E.C.** 1977. Manual de topografía para trabajadores sociales rurales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 110 p.

20. SANDOVER, J.A. 1976. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés por José Luis Lepe. 5 ed. México D.F., CECSA. p. 135-149.
22. SOKKISHA (Japón). 1982. Catálogo de equipo. Tokyo, Japón. 80 p.
24. STRASSER, G. s.f. Reporte no. 8. Suiza, Wild Heerbrugg. 1 p.
25. TORRES NIETO, A.; VILLATE BONILLA, E. 1968. Topografía. 2 ed. Bogotá, Colombia, Editorial Norma. 307 p.
26. TOSCANO, R. 1977. Métodos topográficos. 14 ed. México D.F., Editorial Porrúa. p. 118-119.
27. TRUTMANN, O. 1976. El teodolito y su empleo, medición óptima de distancias. Suiza, Wild Heerbrugg. p. 44-53.
29. WILD HEERBRUGG (Suiza). 1982. Catálogo de equipo. Heerbrugg, Suiza. 36 p.

CAPITULO 8
AGRIMENSURA

8.1 Generalidades

En el presente capítulo se darán a conocer los distintos tipos de caminamientos y métodos de levantamiento planimétrico utilizados en la mensura de terrenos, en los cuales se emplea el teodolito y la cinta métrica como instrumentos complementarios de medición. Así mismo, se presentarán sugerencias prácticas para la buena organización de las brigadas de trabajo, equipo y materiales mínimos indispensables en la medición de tierras y formas adecuadas de llevar las anotaciones de campo.

8.2 Definiciones varias

Las siguientes definiciones son necesarias para un fácil entendimiento de los conceptos que en el desarrollo del capítulo se presentarán.

- Poligonal: Sucesión de líneas rectas adyacentes definidas por su longitud y dirección que en conjunto -- forman el esqueleto del levantamiento. (6,14).
- Poligonal abierta: Consiste en una serie de líneas adyacentes en las que el punto de partida no constituye el punto de llegada del levantamiento. (7)

Dentro de las poligonales abiertas se pueden considerar 2 tipos diferentes, siendo éstas:

- a. Poligonal abierta analíticamente cerrada: Es aquella en la que el punto de partida posee la misma exactitud de posición que el punto de llegada. La estación final está determinada por un punto referenciado anteriormente, lo cual permite que el levantamiento sea autocontrolado por sus ángulos de cie--

rre. (18)

- b. Poligonal abierta simple: Es aquella en la que el punto -- final no posee ninguna definición de posición, no son autocontroladas, implica que pueden poseer errores de cierre -- angular que no son detectados, salvo el repetir la poligonal o volverla a levantar en sentido contrario. (14)
- Poligonal cerrada: Es aquella en la que la continuidad de líneas conforman un polígono geométrica y analíticamente cerrado, es decir, que el punto de partida se constituye en el punto de llegada del levantamiento. Son autocontroladas. Son utilizadas en la delimitación de áreas de terrenos. (7, 14.)
- Polígono real: Formada por sucesión de líneas rectas denominadas linderos, los cuales delimitan el área de una superficie. Ver Fig. 174a
- Polígono base: Polígono auxiliar utilizado en el tipo de caminamientos en el cual por limitación natural o artificial en el terreno, no se puede hacer el recorrido directamente sobre los linderos del mismo. Ver Fig. 174 b. Partiendo de las estaciones del polígono base se localizan los puntos principales del perímetro del polígono real.

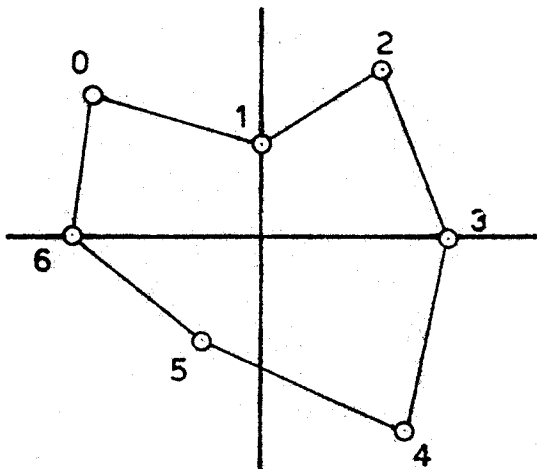


Fig. 174 a
Polígono real.

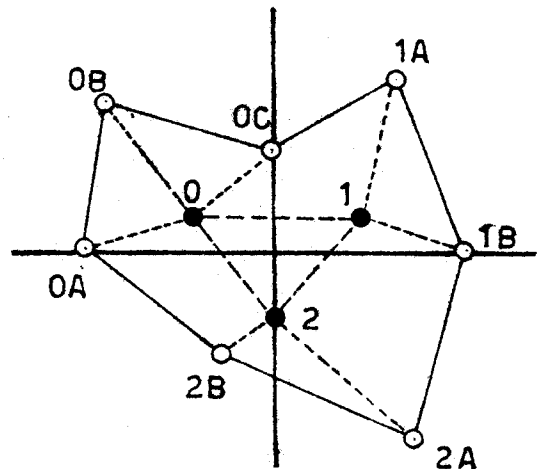


Fig. 174 b
Polígono base y polígono real.

Generalmente los vértices de un polígono base se identifican por medio de números cardinales (1,2,3, etc). Cuando desde un polígono base se radian puntos hacia un polígono real, es tos últimos quedan identificados por un sistema binomial, -- constituido por el cardinal de la estación correspondiente y una letra alfabética correlativa. Ej. 1A, 1B, 2A... etc.

- Estación: Es todo aquel punto sobre el cual se arma, centra, nivela y orienta el instrumento de precisión (teodolito, brújula de agrimensor, plancheta o nivel). En las notas de campo se identifica por el símbolo Δ . (10)
- Eje: Llámese así a las alineaciones que unen cada dos es taciones de teodolito. A la sucesión de ejes se les llama poligonal o itinerario del teodolito. (10)
- Radiar: Es la operación que tiene por objeto determinar des de una estación la ubicación de un punto del terreno o superficie de construcción, por medio de la -- distancia horizontal, distancia vertical y ángulo -- de dirección.
- Trabajar una estación: Es el conjunto de operaciones efectua das desde un punto de estación.

8.3 Objetivo de la medición de terrenos

La mensura de una superficie puede tener como objetivo:

- Determinar con precisión el área del terreno, así como la loca lización y dirección relativa de los linderos del mismo.
- Delimitar el área de trabajo para alguna explotación del terre no.
- Delimitar los derechos correspondientes al propietario del ter reno y a otras personas con las que tiene relación alguna el terreno o parte de él.
- Efectuar trabajos de fraccionamiento o desmembración del terre no.

8.4 Personal de campo y equipo indispensable en la medición de te rrenos

La brigada de campo usualmente está compuesta por un operador

llamado también instrumentista u observador y dos ayudantes o cadeneros a los que suelen distinguirse como "Primero", al que va adelante y "Segundo", al que viene atrás del caminamiento.

El operador dirige todo el trabajo, observa con el teodolito y lleva el registro de todos los datos; el ayudante "Primero" marca las alineaciones siguiendo la dirección dada por el instrumentista y es el responsable de la exactitud y rapidez de las mediciones hechas con cinta. Cuando hay que clavar estacas, es el encargado de señalarlas y numerarlas.

El ayudante "Segundo" señala puntos a observar por medio de una plomada y lleva ordinariamente las estacas; ayuda a quitar los obstáculos que impiden la buena visibilidad desde el teodolito y es el encargado de colocar la plomada sobre las estaciones de vista atrás en todo cambio de estación.

En terrenos con exuberante vegetación, se emplean peones (en número de 2 a 3) para ir desbrozando la ruta del caminamiento, en estos casos es función del ayudante "Primero" el ordenará a los peones el trabajo que tienen que ir haciendo. Cuando el levantamiento está compuesto por muchas estaciones y muchas radiaciones, es recomendable que a la brigada de trabajo se le incorpore un libretista, el cual tendrá como responsabilidad llevar las anotaciones de los datos referidos por el instrumentista.

En cuanto al equipo y material indispensable en la medición de terrenos, en términos generales se puede recomendar el siguiente:

- Un teodolito
- Una cinta métrica de 30 ó 50 m.
- Tres jalones
- Un juego de agujas de agrimensor
- Un estadal
- Dos ó tres plomadas
- Dos ó tres lápices 2 H ó 3 H.
- Libreta de campo
- Un martillo
- Dos machetes

- Estacas y trompos.
- Pintura de aceite y pinceles (empleados para marcar estacas y dejar referencias visuales sobre algún objeto).
- Dos ó tres tarjetas para dar vista.

(10)

8.5 Tipos de caminamiento

Existen básicamente 2 tipos de caminamientos, los cuales se encuentran definidos por la trayectoria de su recorrido a lo largo de la poligonal que conforma el terreno, así de esta manera se reconocen:

- Caminamiento sobre el lindero del terreno

Consiste en situar el teodolito en estación directamente sobre los vértices del polígono real, de tal manera que los ejes estarán conformados por los linderos del terreno. Es un tipo de caminamiento utilizado en aquellos sitios en los que por ausencia de obstáculos los vértices adyacentes del terreno son vistos entre sí, dando oportunidad a que el recorrido del levantamiento se efectúa sobre los linderos del mismo.

- Caminamiento sobre un polígono base

Es un tipo de caminamiento realizado a lo largo de un polígono auxiliar o base, desde el cual se radían puntos que se encuentran ubicados sobre el polígono real del terreno. Es sin lugar a duda el tipo de caminamiento más frecuente en trabajos de agrimensura, ya que por lo general, es difícil encontrar terrenos en los que los vértices del mismo sean visibles entre sí y sobre los cuales se puedan poner en estación los instrumentos. En los levantamientos planimétricos utilizando el caminamiento de polígono base, es frecuente que más de algún punto de estación se encuentre fuera del área considerada, o bien que un vértice del polígono real se constituya en una estación del polígono base. Esto último es comprensible, si se considera que el polígono base simplemente es un auxiliar que permite ubicar exactamente los puntos del polígono

no real, debido a la imposibilidad de efectuar el caminamiento sobre los linderos del terreno. (21)

8.6 Métodos de levantamiento planimétrico

Ricardo Toscano, en su libro "Métodos de Topografía" expresa sobre el levantamiento lo siguiente: "el levantamiento de -- una extensión de terreno, consiste en tomar en el campo los -- datos necesarios para que se pueda hacer una representación -- de ella, en figura semejante, sobre un dibujo". (26)

Las diferentes maneras de como obtener los datos de campo, de terminan los variados métodos de levantamiento planimétrico.- Existen 3 principios generales bajo los cuales se agrupan los distintos métodos de levantamientos, siendo éstos:

- a. Tomar el valor del azimut de los linderos del polígono o de las radiaciones desde una sola estación, a partir de -- la conservación de la referencia dada por el meridiano -- asumido en la primera estación.
Bajo este principio se desarrollan los métodos de conservación de azimut a 180° , método de conservación de azimut y método de radiaciones.
- b. Determinación de los ángulos internos o externos entre -- los linderos de un polígono cerrado.
Bajo este principio se desarrollan los métodos de ángulos internos y ángulos externos.
- c. Determinación de los ángulos de deflexión entre los ali-- neamientos adyacentes de una poligonal.
Bajo este principio se desarrolla el método de deflexiones.

Indistintamente de las particularidades propias de cada método de levantamiento, las etapas secuenciales del trabajo de campo desde el momento de la llegada al terreno hasta el momento de aceptar los datos obtenidos, establecen en términos generales el siguiente cronograma:

1. Reconocimiento del terreno

Tiene por objeto tomar una idea real de las condiciones -- topográficas, ubicación, tipo de vegetación, tipo de cli-- ma, forma y extensión del terreno, localización de los es-

quineros, etc., bajo las cuales se desarrollará el trabajo de campo. Esta etapa es fundamental para poder definir el grado de dificultad que presenta el realizar el levantamiento y establecer acertadamente los requerimientos indispensables, para que el trabajo se realice rápido y eficientemente. En esta etapa es necesario el acompañamiento de una persona que conozca el lugar.

2. Determinar el tipo de caminamiento a utilizar

Consiste en definir la trayectoria más conveniente sobre la cual se desarrollará el levantamiento. La definición del tipo de caminamiento es basado en el criterio obtenido en la etapa anterior.

3. Escoger las estaciones apropiadas

La localización de las estaciones depende de los siguientes factores:

- Facilidad para efectuar mediciones.
- Que la marca de la estación sea visible desde la estación anterior y posterior.
- Preferiblemente que se encuentren cerca de objetos permanentes (postes, árboles, rocas, etc.) para que puedan encontrarse fácilmente por estar referenciadas a estos objetos.

4. Definir el método de levantamiento planimétrico a utilizar.

Estará en función de las particularidades que presenta el terreno y la conveniencia por parte del operador y de sus ayudantes.

5. Desarrollar el método de levantamiento

Generalmente se constituye de las siguientes etapas:

- Poner el aparato en estación sobre el punto de partida (estación 0)
- Trabajar la estación.
- Trasladar el aparato hacia la siguiente estación.
- Colocar el aparato en el nuevo punto de estación y orientarlo hacia el punto de la estación anterior.
- Trabajar la estación.
- Trasladar el aparato hacia la siguiente estación.

Las etapas de colocar el aparato en estación, trabajar la

tación y trasladar el aparato hacia la siguiente estación, se repiten el número de veces igual al número de estaciones con las que se cuentan en el levantamiento.

- Determinar el error de cierre angular cometido y
- Aceptar o rechazar los datos de campo, en base a la comparación del error de cierre angular cometido con el error de cierre permitido. (14)

Los métodos de levantamiento de mayor aplicación en trabajos de topografía agrícola son los que a continuación se detallan:

8.6.1 Método de radiaciones

Es un tipo de levantamiento que no es usado como un método único frecuentemente, ya que es muy raro encontrar un terreno que permita desde un solo punto visar todos sus vértices. Esto puede suceder en parcelas pequeñas y desmontadas, en tales circunstancias es el método más conveniente por su rapidez y eficiencia. En sí, el método de radiaciones es comúnmente utilizado en combinación con los otros métodos, cuando utilizando el caminamiento de polígono base es necesario radiar puntos desde sus estaciones para ubicar los vértices del polígono real.

En el caso de utilizarlo como el método de levantamiento único en terrenos que permitan su ejecución, se presenta a continuación una guía secuencial de las etapas que conforman el trabajo de campo. Para mayor detalle observar la figura 175.

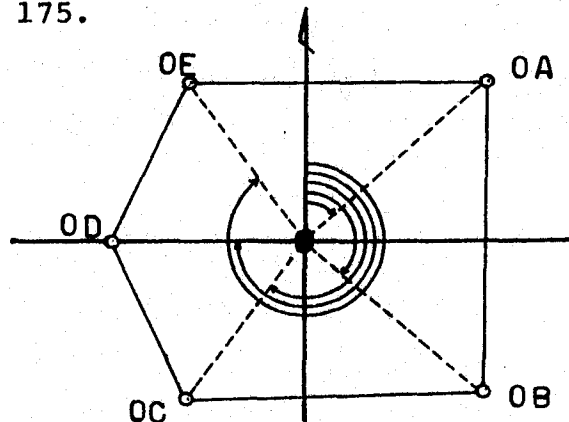


Fig. 175
Método de estación central y radiaciones.

Procedimiento de campo.

1. Reconocimiento del terreno.
2. Seleccionar el punto de estación dentro del área considerada, desde el cual se puedan visar y medir fácilmente los alineamientos hacia los vértices del terreno.
3. Colocar el aparato en estación sobre el punto seleccionado anteriormente.
4. Trabajar la estación. Para radiar los puntos necesarios desde la estación, se recomienda que se inicie -- con el punto más próximo al meridiano asumido y llevar un sentido dextrógiro en el ordenamiento de los puntos a observar.

Para radiar cada punto se sigue la siguiente secuencia:

- a. Liberar el tornillo macrométrico del movimiento vertical (TMV)
- b. Liberar el tornillo macrométrico del azimutal (TMA) y hacer girar la alidada hasta orientar el telescopio hacia el punto observado.
- c. Fijar el TMA y con el tangencial correspondiente -- afinar la posición del hilo vertical del retículo directamente sobre la línea de la plomada que señala el punto observado.
- d. Anotar el valor del ángulo horizontal registrado -- en la escala correspondiente.
- e. Con el movimiento macrométrico del vertical, colocar el hilo estadimétrico inferior aproximadamente sobre un valor entero del estadal ubicado en el -- punto observado. (Ello si la determinación de la D.H se efectuará por el método de estadia).
- f. Fijar el TMV y con el tangencial correspondiente -- afinar la posición anterior.
- g. Efectuar las lecturas correspondientes sobre la mira y anotarlos conjuntamente al valor del ángulo -- vertical en la libreta de campo.

Si la D.h es medida directamente con cinta métrica se obvian las etapas e, f y g.

5. Determinar el error de cierre angular
Luego de haber radiado todos los puntos importantes de

la poligonal real del terreno, se procede nuevamente a determinar el valor del ángulo azimutal hacia el primer punto observado (Punto OA de la figura 175). Se compara con el azimut inicialmente anotado y si hubiese diferencia entre ambos valores, esto corresponderá al error de cierre angular.

$$\text{Error de cierre angular} = \text{Azimut al primer punto observado} - \text{Azimut al primer punto observado por segunda vez.}$$

6. Aceptación o rechazo de los datos de campo

En el método de radiaciones se establece que el error de cierre angular cometido, deberá ser menor que el error de cierre angular permitido (equivalente a la apreciación del instrumento), para aceptar los datos de campo.

$$\text{Error de cierre angular Cometido} < \text{Apreciación del instrumento.}$$

- Formato de campo recomendado

Est.	P.o	Lec. de hilos			Ang.vert.	D.h	Azimut	Observaciones
		hs	hm	hi				

Ejemplo de un formato de campo llevado en la libreta de anotaciones.

Est.	P.o	Lec. de hilos			Ang. vert.	D.h	Azimut	Observaciones
		hs	hm	hi				
0	0a	1.10	1.05	1.00	92°		20°00'00"	
0	0b	1.70	1.60	1.50	91°		45°00'00"	
0	0c	2.30	2.15	2.00	90°		135°00'00"	
0	0d					29.91	270°00'00"	
0	0e					20.00	315°00'00"	
0	0a						20°00'02"	

Apreciación del instrumento 06"

- Error de cierre angular cometido = $20^{\circ}00'00'' - 20^{\circ}00'02'' = -0^{\circ}00'02''$
- Error de cierre angular permitido = 06"

8.6.2 Método de conservación de azimut a 180°

Es sin lugar a dudas uno de los métodos más frecuentemente utilizados en trabajos de mensura de terrenos, es aplicado tanto en caminamiento a lo largo de los linderos como en caminamientos de polígono base. Posee una característica muy particular, la cual consiste en que de todas las estaciones impares del levantamiento (1, 3, 5, 7 ... etc), el valor de los ángulos horizontales registrados lo constituyen azimut inversos, no así en las estaciones pares (0, 2, 4, 6 ... etc), en las cuales los valores angulares horizontales constituyen azimut directos.

Procedimiento de campo

El procedimiento que a continuación se presenta, constituye un caso general de un levantamiento planimétrico realizado con la ayuda de un caminamiento sobre un polígono base.

1. Reconocimiento del terreno.
2. Definir la trayectoria del caminamiento.

3. Seleccionar el punto de partida o estación "0" del levantamiento.
4. Colocar el aparato en estación sobre el punto anteriormente seleccionado.
5. Trabajar la estación. Consiste en radiar todos aquellos puntos que representan vértices del terreno, manteniendo para tal sentido un ordenamiento lógico de los puntos a observar, de tal manera que en el trabajo de gabinete los datos proporcionen la información correcta sobre la disposición y dirección de los linderos.

Ver Fig. 176.

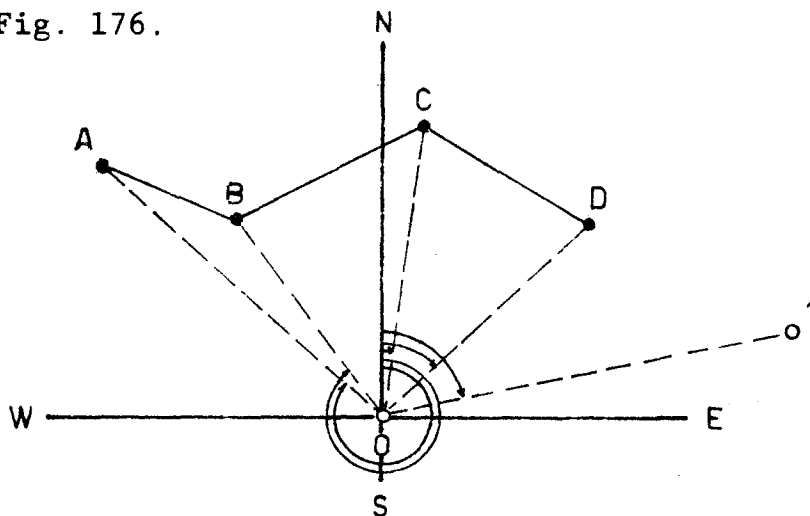


Fig. 176

Ordenamiento lógico de los puntos observados desde la estación.

Para radiar cada punto desde la estación 0, se procede de la misma forma como quedó plasmado en la pág. 9, en el punto correspondiente a trabajar una estación.

El último punto a radiar lo constituirá el punto de la siguiente estación.

6. Traslado del instrumento hacia la siguiente estación. Hay que mantener presente que el método de conservación de azimut a 180° como su nombre lo indica, es un método basado en la conservación del meridiano asumido en la estación de partida, razón por la cual el último valor angular registrado por el teodolito (0 - 1) deberá de conservarse al momento de trasladar la estación. Para efectuar el traslado del aparato a la siguiente estación se procede de la siguiente manera:

- a. Chequear que el tornillo macrométrico del azimutal se encuentre en posición de fijado.
- b. Chequear que el ángulo horizontal registrado en la escala correspondiente, corresponda al azimut anotado entre la estación y el punto de la siguiente estación.
- c. Liberar el tornillo macrométrico del movimiento horizontal.
Esto tiene por objeto que el instrumento no se vea sometido a fuerzas de torque al momento de efectuar el traslado.
- d. Trasladar el instrumento. La manera adecuada de efectuar el traslado de los mismos, en instrumentos acoplados a trípodes sin bastón centrador, resulta tal y como se observa en la Fig. 177.

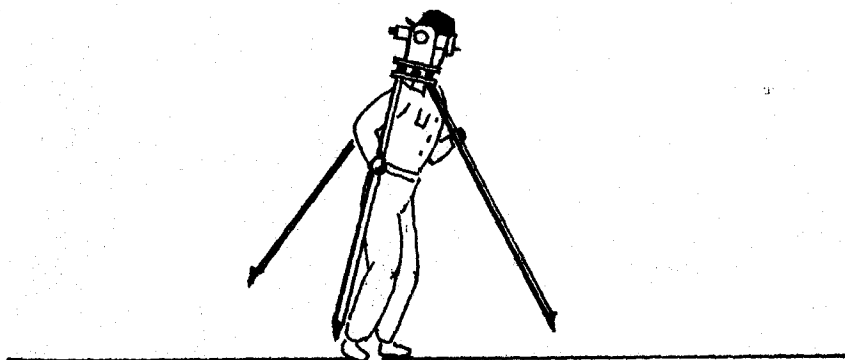


Fig. 177
Transporte del instrumento al momento del traslado de estación.

7. Colocar el instrumento sobre el punto de la nueva estación. Se procede a armar, centrar, nivelar y orientar el instrumento, con la gran particularidad que la orientación se efectúa hacia el punto de la estación anterior con el ángulo conservado. La orientación del instrumento se realiza de la siguiente manera:
 - a. Con el tornillo macrométrico del movimiento horizon--

tal libre, se procede a girar el teodolito desde su parte inferior hasta localizar aproximadamente el punto de la estación anterior.

- b. Fijar el TMH y con el tangencial correspondiente - afinar la posición del hilo vertical del retículo - directamente sobre el hilo de la plomada que señala el punto observado.

Habiendo logrado lo anterior, se considera que el instrumento ha quedado en estación.

Como se podrá observar en las figuras 178a y 178b, la posición relativa de la dirección del meridiano asumido en la estación anterior ha quedado girada en 180° , razón por la cual todo el valor angular registrado en esta estación se constituirá en un azimut inverso.

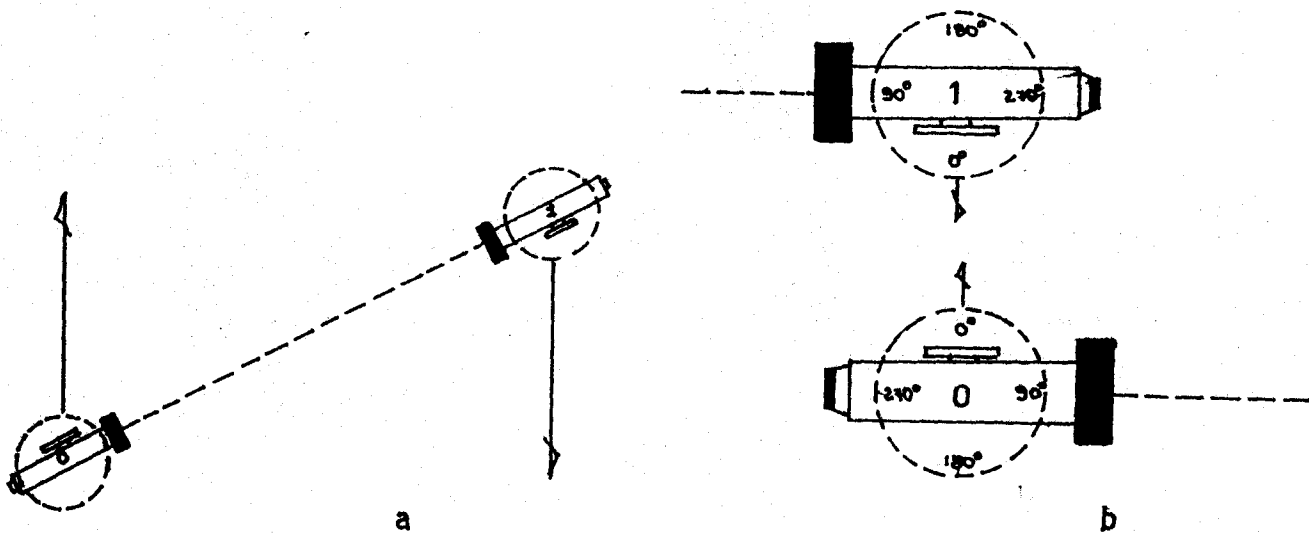


Fig. 178

Cambio relativo de posición del meridiano por efecto de la conservación del azimut al momento de orientar la estación en el nuevo punto.

Las operaciones de trabajar la estación, trasladar el instrumento hacia una nueva estación y colocar el aparato en estación, se repiten un número de veces similar al número de estaciones del levantamiento.

En estaciones pares, la posición relativa del meridiano asumido en el punto de partida, vuelve a colocarse en su orientación normal. Ver Fig. 179

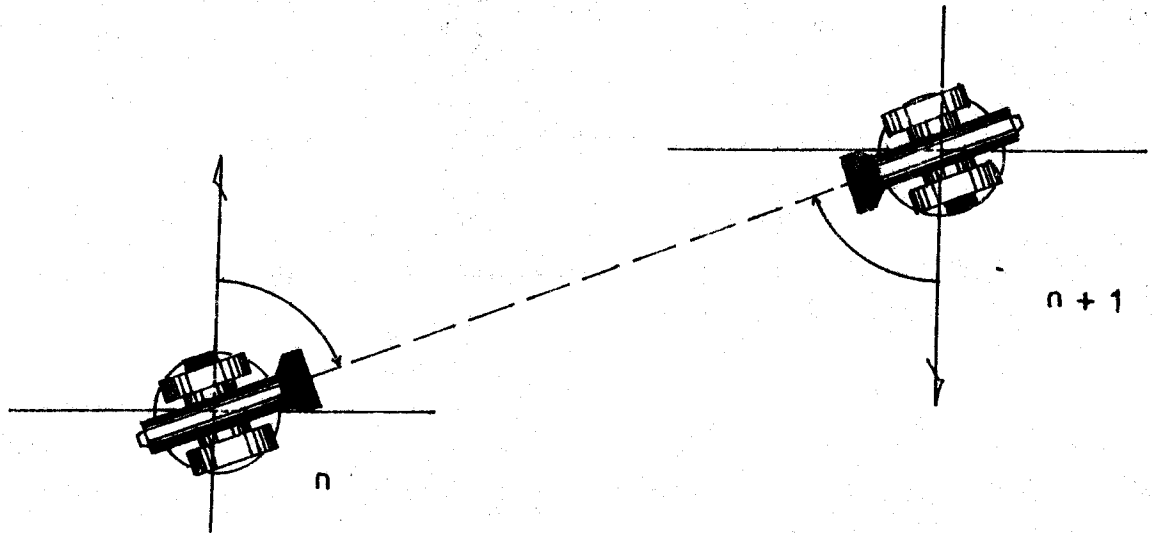


Fig. 179
Posición del meridiano en estaciones
pares.

8. Determinar el error de cierre angular cometido.

Luego de haber trabajado todas las estaciones, el instrumento vuelve a colocarse sobre la estación 0. Ya con el instrumento puesto en estación se procede a determinar nuevamente el ángulo azimutal hacia el punto de la estación 1. Se compara el ángulo azimutal directo, con el registrado al inicio del levantamiento, la diferencia -- entre ambos corresponderá a la magnitud del error de cierre angular cometido a lo largo del caminamiento.

El error de cierre angular en un aparato que funciona -- adecuadamente puede ser producto de:

- a. Posición incorrecta de la plomada sobre los puntos de estación al momento de dar vista.
- b. Mala orientación del instrumento hacia los puntos de

estación, por falta de visualización del hilo de la plomada.

Error de cierre angular cometido. = Azimut $\overline{01}$ - Azimut Directo $\overline{01}$ en el cierre de la poligonal.

9. Aceptación o rechazo de los datos de campo

Para aceptar los datos de campo, el error de cierre angular cometido deberá ser menor que el error de cierre angular permitido.

Según el decreto 1786, Ley de Agrimensura de Guatemala (27), el error angular permitido estará en función del grado de dificultad del terreno levantado, de esta naturaleza se establece lo siguiente:

- El error de cierre angular permitido en terrenos fáciles. = $K/2 \sqrt{n}$
- El error de cierre angular permitido en terrenos difíciles. = $K \sqrt{n}$

K = Apreciación del instrumento utilizado en el levantamiento y

n = Número de estaciones del levantamiento ó número de cambios de estación.

- Formato de campo recomendado:

Est.	P.o	Lect. de hilos			Ang.vert.	D.h	Angulo azimutal		Observaciones.
		hs.	hm.	hi			Directo	Inverso	

(5, 10., 14)

Ejemplo de un formato de campo llevado en la libreta de anotaciones.

Est.	P.o	Lect. de Hilos			Ang.vert	D.h	Angulo azimutal		Observaciones.
		hs	hm.	hi			Directo	Inverso	
0	0A	1.36	1.18	1.00	91° 00' 0"		180° 20'		
0	0B	1.50	1.25	1.00	90° 00' 0"		230° 15'		
0	1	1.32	1.16	1.00	93° 15 0		297° 37'		
1	1A	2.40	2.20	2.00	89° 35' 0"			95° 15'	
1	1B	2.60	2.30	2.00	90° 00' 0"			170° 20'	
1	2					18.00		237° 13'	
2	2A					10.00	90° 00'		
2	0	1.78	1.64	1.50	88° 02' 0"		152° 42'		
0	1							117° 36'	

Apreciación del Instrumento 01'

Error de cierre angular = $297^{\circ} 37' - 297^{\circ} 36' = 0^{\circ} 01'$ cometido.

Error de cierre angular = $1' \sqrt{3} = 1.73'$ permitido.

8.6.3 Método de conservación de azimut

Al igual que el método anterior, se basa en el principio de conservación del meridiano asumido en la primera estación.- Es aplicado tanto en caminamientos seguidos a lo largo de -

los linderos del terreno, como en caminamientos a lo largo de un polígono base.

Se diferencia del método de conservación de azimut a 180° , en que en todas las estaciones el valor de los ángulos horizontales registrados lo constituyen azimut directos.

Procedimiento de campo

Similar al del método de conservación de Azimut a 180° en las primeras 6 etapas.

7. Colocar el aparato en el nuevo punto de estación.

Es en esta etapa en la que radica fundamentalmente la diferencia con el método de conservación de azimut a 180° , y particularmente con lo referido a orientar el instrumento hacia la estación anterior. La secuencia de colocar el instrumento en estación es la siguiente:

- a. Armar, centrar y nivelar el instrumento.
- b. Orientar el instrumento hacia la estación anterior, efectuando para el efecto la siguiente mecánica.
 - . Liberar el tornillo macrométrico del movimiento vertical.
 - . Girar el telescopio 180° sobre su eje de rotación (a esta operación se le reconoce como "vuelta de campana").
 - . Localizar el punto de la estación anterior con la ayuda del movimiento general horizontal.
 - . Fijar el TMH y con el tangencial correspondiente -- afinar la posición del hilo vertical del retículo -- sobre el hilo de la plomada que señala el punto observado.
 - . Girar nuevamente el telescopio sobre su eje, de esta manera se consigue proyectar el azimut conservado de la estación anterior en la presente estación. Ver Fig. 180.

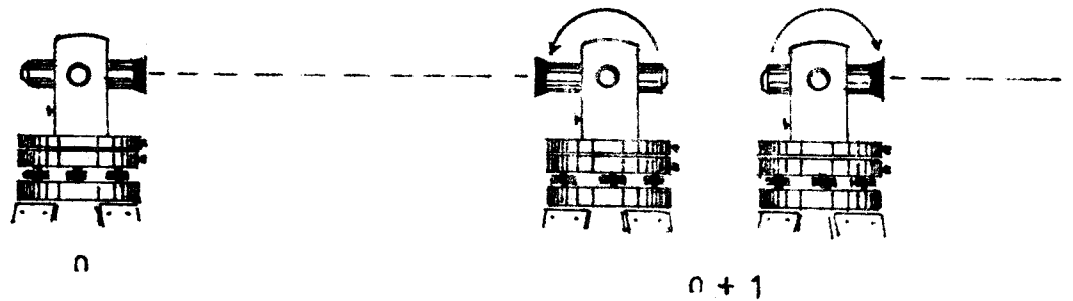


Fig. 180

Posición relativa del lente del telescopio al momento de colocar el aparato en estación en el nuevo punto.

Luego de haber orientado el instrumento con respecto al punto de la estación anterior y manteniendo el ángulo horizontal conservado, se establece claramente que la posición del meridiano asumido sigue manteniendo la misma orientación, - razón por la cual toda radiación realizada desde esta estación mantendrá un ángulo azimutal directo. Ver Fig. 181.

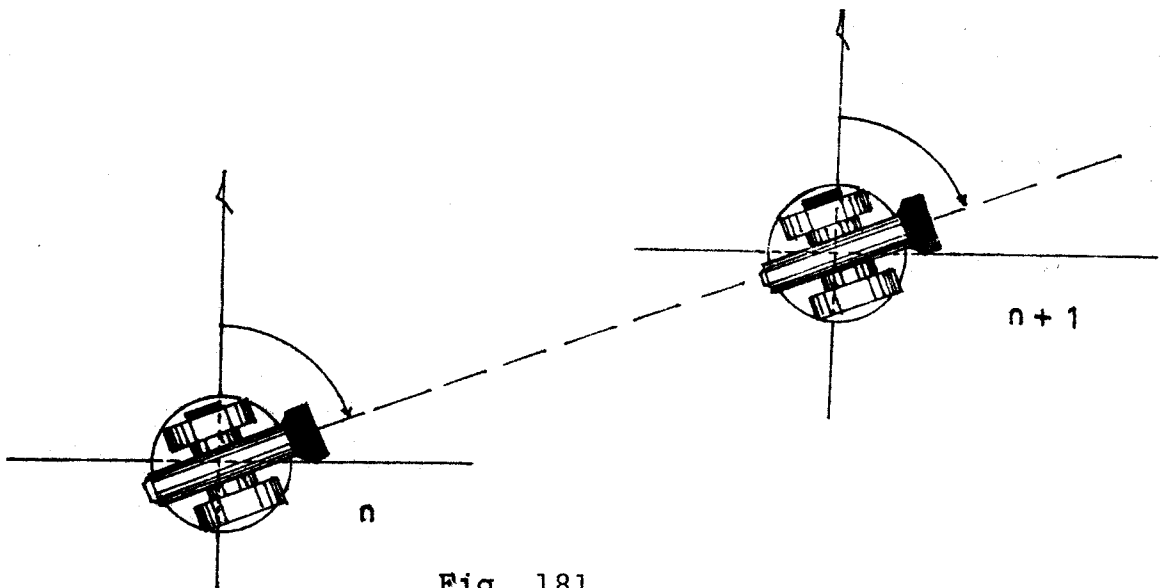


Fig. 181

Posición relativa del meridiano en distintas estaciones del levantamiento por el método de conservación de azimut

Las etapas correspondientes a trabajar, trasladar y colocar el instrumento sobre un nuevo punto de estación, se repiten un número de veces similar al número de estaciones con las que cuenta el caminamiento.

8. Determinar el error de cierre angular

Luego de haber trabajado todas las estaciones, el instrumento se traslada nuevamente al punto de partida del caminamiento o punto de estación 0. Luego de colocar el aparato en estación, se radía el punto de la estación 1 y se compara el valor angular horizontal leído en las escalas, con el ángulo azimutal registrado inicialmente entre estos mismos puntos. La diferencia de ambas lecturas, corresponderá al error de cierre angular cometido.

Error de cierre angular = Azimut $\bar{0}1$ - Azimut $\bar{0}1$ en el cierre cometido de la poligonal.

9. Aceptación o rechazo de los datos de campo

Se establece la misma norma que regula el método anterior.

$$\text{Error de Cierre Angular Cometido} < \text{Error de Cierre Angular Permitido}$$

- Formato de campo recomendado

Est.	P.o	Lect. de hilos			Ang.vert.	Dh	Ang. horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi				

(5, 7, 10, 14)

Ejemplo de un formato de campo llevado en la libreta de anotaciones.

Est.	P.o	Lect.de hilos			Ang.Vert.	D.h	Ang. Azi- mutal	Observa- ciones
		hs	hm	hi				
0	0A	1.36	1.18	1.00	91° 00' 00"		180° 20' 00"	
0	0B					50.00	230° 15' 00"	
0	1	1.32	1.16	1.00	93° 15' 00"		297° 37' 00"	
1	1A	2.40	2.20	2.00	89° 35' 00"		275° 15' 00"	
1	1B	2.60	2.30	2.00	90° 00' 00"		09° 40' 00"	
1	2					18.00	57° 13' 00"	
2	2A	1.78	1.73	1.68	90° 00' 00"		90° 00' 00"	
2	0	1.78	1.64	1.50	88° 02' 00"		152° 42' 00"	
0	1						297° 36' 58"	

El valor de apreciación del instrumento utilizado es de 6 segundos.

$$\text{Error de cierre angular cometido} = 297^{\circ}37'00'' - 297^{\circ}36'58'' = 0^{\circ}00'02''$$

$$\text{Error de cierre angular permitido} = 06'' \sqrt{3} = 10.38''$$

8.6.4 Método de ángulos internos

Es un método usado casi exclusivamente en terrenos de áreas relativamente pequeñas, en las cuales los vértices adyacentes del polígono son visados fácilmente entre sí.

Como características particulares del método se tienen las siguientes:

1. El recorrido del caminamiento se realiza en sentido contrario al usual, es decir, en sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj.
2. La medición de los ángulos internos entre los linderos adyacentes a los vértices o puntos de estación, se realizan siguiendo el sentido dextrógiro.

El método de ángulos internos es también reconocido por los nombres de "Ángulos a la derecha" y "Azimut desde la línea anterior"

Procedimiento de campo

Se presentará a continuación un caso general, en el cual - el terreno a levantar es conformado por una superficie de 4 linderos cuyos vértices constituyen puntos de estación. Ver Fig. 182.

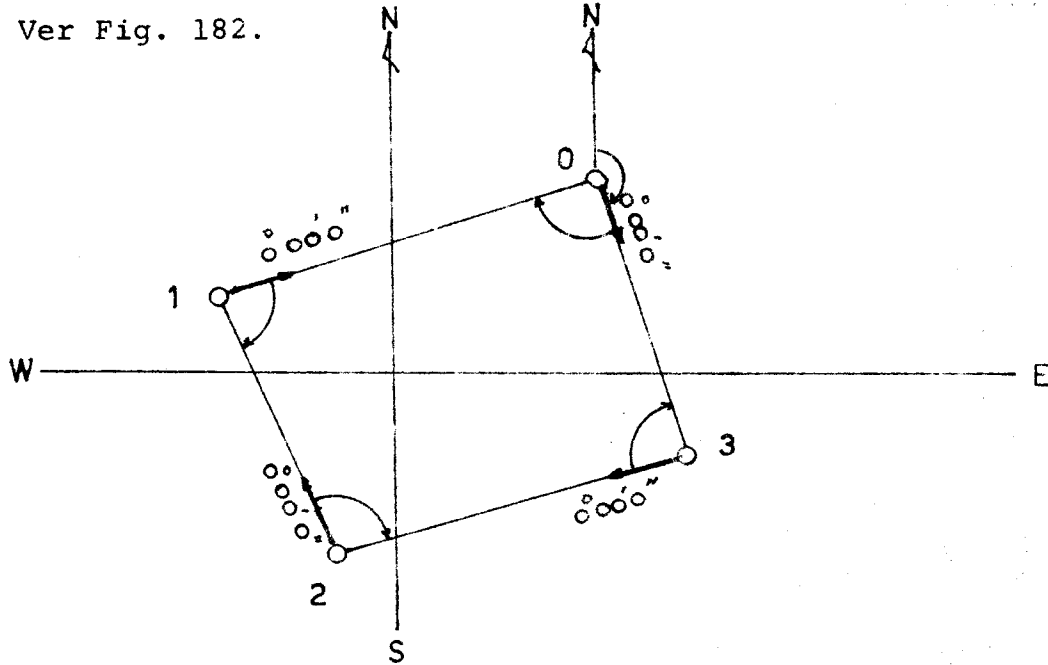


Fig. 182

Caracterización del método de ángulos internos

1. Reconocimiento del terreno.
2. Establecer el punto de estación 0 e identificar claramente los vértices del terreno siguiendo el sentido levógiro. (Sentido contrario a los movimientos de la manecilla del reloj).
3. Colocar el aparato en estación sobre el punto señalado como partida del caminamiento.
4. Radiar el punto de la estación anterior, es decir, el punto de la última estación del caminamiento. (Estación 3 de la Fig. 182).
5. Luego de haber anotado el ángulo azimutal y la distancia horizontal del alineamiento anterior, se procede a acercar nuevamente las escalas. Con las escalas aceradas -- ($00^{\circ}00'00''$) se orienta el instrumento hacia el punto observado con anterioridad. (Estación 3 de la Fig. 182).

6. Se libera el TMA y haciendo girar hacia la derecha la alidada del teodolito, se localiza aproximadamente el punto de la siguiente estación (estación 1 de la Fig. 182), se fija el TMA y con el tangencial correspondiente se afina la localización del punto. El valor angular leído sobre la escala horizontal, corresponderá al ángulo interno formado por los dos linderos adyacentes.
7. Determinar la D.h del alineamiento nuevo (δI)
8. Trasladar el instrumento hacia el punto de la siguiente estación. Mantener presente que al momento de efectuar el traslado del aparato el TMH deberá estar en posición de liberado, ello evitará daños por torque en el eje de rotación del instrumento.
9. Colocar el instrumento en estación.
Se procede a armar, centrar, nivelar, acerar y orientar el aparato hacia el punto de la estación anterior.
10. Trabajar la estación.
Habiendo puesto el aparato en estación, se libera el TMA y girando la alidada hacia la derecha se localiza aproximadamente el punto de la siguiente estación. Se fija el TMA y con el tangencial correspondiente se afina la dirección del nuevo alineamiento y se procede a determinar la Dh entre ambos puntos.
Las operaciones de traslado, colocar el instrumento en estación y trabajar la estación, se repiten el número de veces similar al número de vértices o estaciones del polígono.
11. Determinar el error de cierre angular
Para levantamientos por medio del método de ángulos internos, se establece que el error de cierre angular cometido, equivale a la diferencia entre la suma de los ángulos internos registrados y la relación geométrica $(n-2) 180^\circ$, donde n corresponde al número de estaciones del levantamiento.

$$\text{Error de cierre angular cometido} = \sum \text{ángulos internos registrados} - (n-2) 180^\circ$$

12. Aceptación o rechazo de los datos de campo.

Si el error de cierre angular cometido es mayor que el error de cierre angular permitido, el trabajo de campo es rechazado y por consiguiente obligar a la brigada volverlo a repetir. El error de cierre angular permitido resulta ser el establecido por la Ley de Agrimensura de Guatemala. (27)

$k \sqrt{n}$ en terrenos difíciles:

$k/2 \sqrt{n}$ en terrenos fáciles.

k = apreciación del instrumento.

n = número de estaciones.

- Formato de campo recomendado.

Est.	P.o	Lec.de hilos			Angulo vertical	D.h	Ang.Interno	Observaciones
		hs	hm	hi				

(5, 7, 10, 12, 14, 15)

Ejemplo de un formato de campo llevado en la libreta de anotaciones.

Est.	P.O	Lect.de Hilos			Angulo vertical	D.h	Ang.Interno	Observaciones
		hs	hm	hi				
0	3	2.583	2.291	2.00	90°		149°02'10'' (azimut 0-3)	
	1	1.671	1.335	1.00	91°	94°23'53''		
1	0						71°33'54''	
	2	3.565	3.288	3.00	90°			
2	1						113°11'58''	
	3	2.538	2.269	2.00	89°			
3	2						80°50'17''	
	0	2.583	2.291	2.00	90°			

$$\Sigma 360^{\circ}00'03''$$

Apreciación del instrumento 6"

$$\text{Error de cierre angular cometido} = 360^{\circ}00'03'' - (4-2) \cdot 180^{\circ} = 03''$$

$$\text{Error de cierre angular permitido} = 6'' \sqrt{4} = 12''$$

8.6.5 Métodos de ángulos externos

Es similar al método anterior en su aplicación, con la diferencia de que los ángulos medidos corresponden al valor de los ángulos externos del polígono. En este método el recorrido del caminamiento se hace en sentido dextrógiro, es decir, siguiendo el movimiento de las manecillas del reloj. Se presentará a continuación un caso general en que el terreno a levantar lo constituye un polígono de 4 estaciones.

Ver Fig. 183.

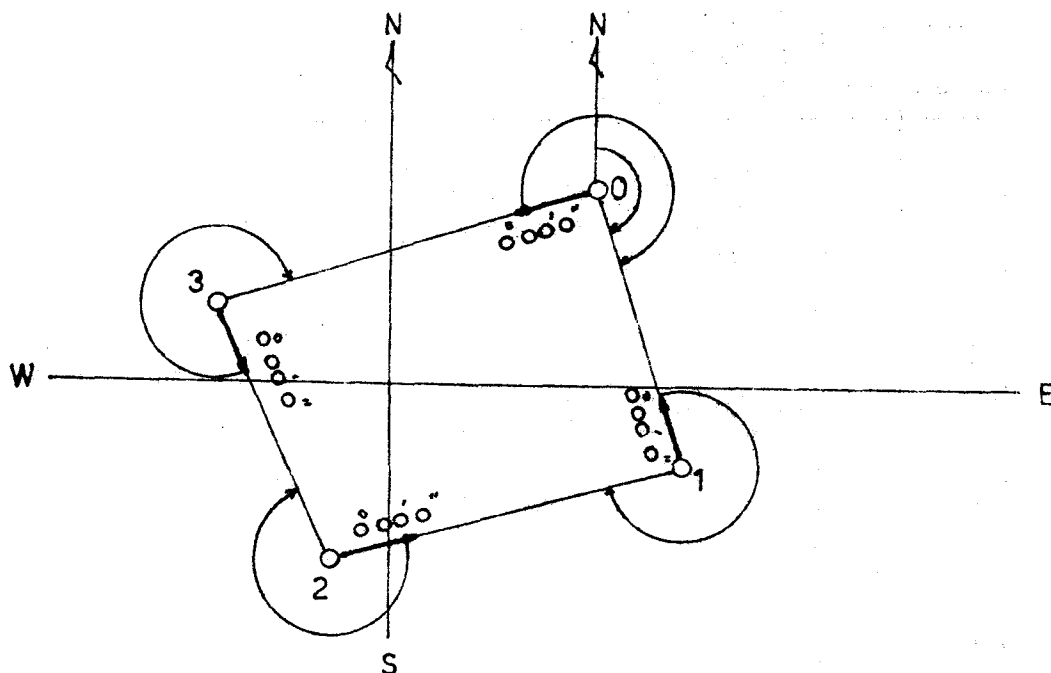


Fig. 183
Caracterización del método de ángulos externos.

Procedimiento de campo.

1. Reconocimiento del terreno.
2. Determinar el punto de partida o estación 0 del caminamiento e identificar claramente los vértices del terreno siguiendo el sentido dextrógiro. (Ver Fig. 183).
3. Colocar el instrumento en estación.
4. Radiar hacia el punto de la siguiente estación, determinando el valor de la distancia horizontal y el ángulo azimutal. (Estación 1 de la Fig. 183).
5. Determinar el valor del ángulo externo correspondiente al vértice de la estación presente. Para tal efecto se realizan las siguientes etapas.
 - a. Acerar nuevamente la escala horizontal.

- b. Liberar el TMH y localizar aproximadamente el punto de la última estación del caminamiento, es decir, el punto de la estación anterior. (Est. 3 de la Fig. - 183)
 - c. Fijar el TMH y con el tangencial correspondiente afinar la orientación del nuevo alineamiento.
 - d. Liberar el TMA y haciendo girar la alidada en sentido dextrógiro localizar aproximadamente el punto de la siguiente estación (Est. 1 de la Fig. 183). Fijar el TMA y con el tangencial correspondiente afinar exactamente la posición del punto observado. -- El ángulo registrado en la escala horizontal corresponde al valor del ángulo externo.
6. Trasladar el instrumento hacia el punto de la siguiente estación. Mantener el cuidado de que el tornillo macro métrico del movimiento horizontal se encuentre en posición libre al momento de efectuar el traslado del instrumento.
7. Colocar el aparato en estación.
Consiste en armar, centrar, nivelar, acerar y orientar el instrumento hacia el punto de la estación anterior.
8. Trabajar la estación.
- a. Se libera el TMA y haciendo girar la alidada en sentido dextrógiro se localiza aproximadamente el punto de la siguiente estación.
 - b. Se fija el TMA y con el tangencial correspondiente se afina la posición del hilo vertical del retículo, directamente sobre el hilo de la plomada que indica el punto observado.
El valor angular registrado en la escala horizontal, corresponderá al ángulo externo del vértice de estación.
 - c. Determinar la distancia horizontal entre la estación y el punto observado.

Las operaciones de traslado del instrumento de estación, colocar el aparato en estación y trabajar la estación se repiten el número de veces igual al número de vértices -

o estaciones del polígono.

9. Determinar el error de cierre angular

Para levantamientos por medio del método de ángulos externos, se establece que el error de cierre angular cometido, equivale a la diferencia entre la suma de los ángulos externos registrados y la relación geométrica - $(n + 2) 180^\circ$, donde n corresponde al número de estaciones del levantamiento.

$$\text{Error de cierre angular cometido} = \text{ángulos externos} - (n + 2) 180^\circ$$

10. Aceptación o rechazo de los datos de campo

Similar al método anterior.

- Formato de campo recomendado

Est.	P.o	Lec.de Hilos			Angulo vertical	D.h	Ang.Externo	Observaciones
		hs	hm	hi				

(5, 7, 10, 12, 14)

Ejemplo de un formato de campo llevado en la libreta de anotaciones.

Est.	P.o	Lec.de Hilos			Angulo vertical	D.h	Ang.Externo	Observaciones
		hs	hm	hi				
0	1	2.583	2.291	2.00	90°		149°23'53'' (azimut 0-1)	
	3					265°36'07''		
1	0							
	2	2.538	2.269	2.00	91°		279°09'43''	
2	1							
	3	3.565	3.288	3.00	90°		246°48'02''	
3	2							
	0	1.671	1.335	1.00	89°		288° 26' 06''	
Σ							1079°59'58''	

Apreciación del instrumento 6"

Error de cierre angular = $1079^{\circ}59'58'' - (4+2) \cdot 180^{\circ} = 02''$ cometido.

Error de cierre angular permitido = $6'' \sqrt{4} = 12''$

8.6.6 Método de deflexiones

Es reconocido también por el nombre de "Levantamiento de ruta" debido a su aplicación en levantamientos de poligonales abiertas.

Los ángulos de deflexión pueden ser a la derecha (D ó +) ó a la izquierda (I ó -) y jamás pasan de 180°.

Cuando el método es empleado en trazo de poligonales abiertas, las estaciones se referencian en función de la distan-

cia horizontal a la que se encuentran del punto de partida, así por ejemplo, una estación ubicada a 500 m. y otra a -- 1720 m del punto de partida, se identifican como Est. 0 + 500 y Est. 1 + 720 respectivamente.

Si el método es empleado en levantamiento de poligonales cerradas, se presenta a continuación un caso general en el cual se exponen las principales características del trabajo de campo. Para mayor ilustración observar el esquema de la figura 184.

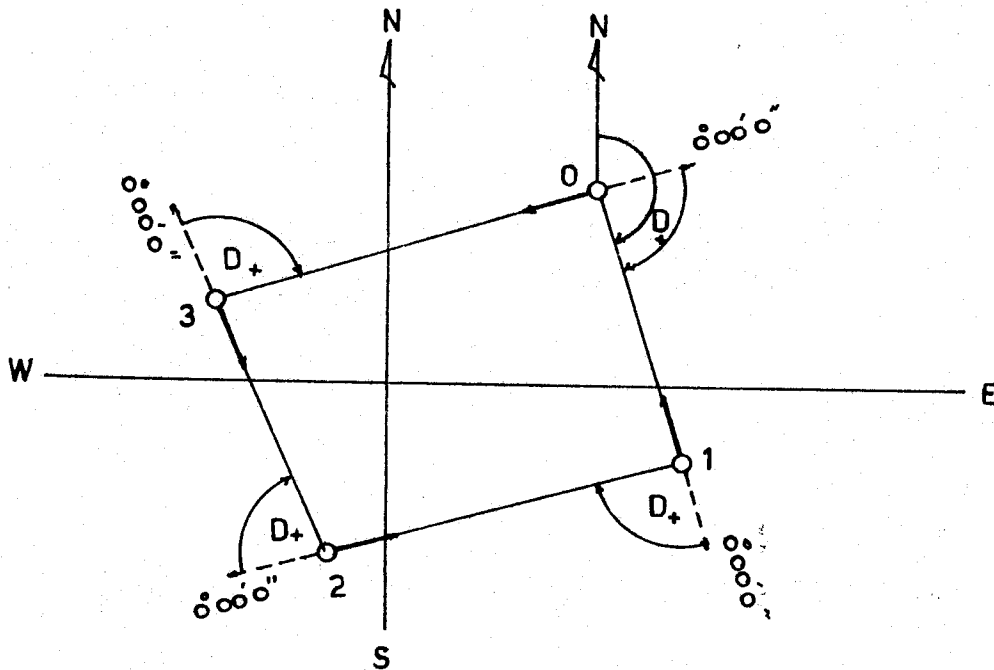


Fig. 184
Caracterización del método de deflexiones en poligonales cerradas.

Procedimiento de campo

1. Reconocimiento del terreno.
2. Seleccionar el punto de partida del caminamiento e identificar claramente los vértices del terreno. El método de deflexiones es utilizado únicamente en caminamientos

sobre los linderos del terreno.

3. Colocar el instrumento sobre el punto de partida o estación 0.

4. Trabajar la estación.

Consistirá en radiar el punto de la siguiente estación, para lo cual se determina el ángulo azimutal y la distancia horizontal del alineamiento correspondiente.

5. Trasladar el instrumento de estación.

Se libera el TMH y se procede a efectuar el desplazamiento del equipo hacia el siguiente punto de estación.

6. Colocar el instrumento en estación.

Se procede a armar, centrar, nivelar, acerar y orientar el instrumento hacia el punto de la estación anterior, - la cual deberá estar referenciada por medio de una plomada. La forma correcta de efectuar la orientación establece las siguientes etapas:

- a. Liberar el tornillo macrométrico del movimiento vertical y hacer girar 180° el telescopio sobre su eje de rotación. (Vuelta de campana)
- b. Con el TMH libre, se procede a localizar aproximadamente el punto de la estación anterior.
- c. Fijado el TMH y con el tangencial correspondiente se afina la posición del hilo vertical del retículo directamente sobre el hilo de la plomada que referencia a la estación anterior.
- d. Girar nuevamente 180° el telescopio sobre su eje para colocarlo en posición original.

Con las secuencias anteriores se logra proyectar el alineamiento anterior a partir del punto de nueva estación. Cualquier valor reportado a partir de este momento, se constituirá en ángulo de deflexión. (Ver Fig. 185)

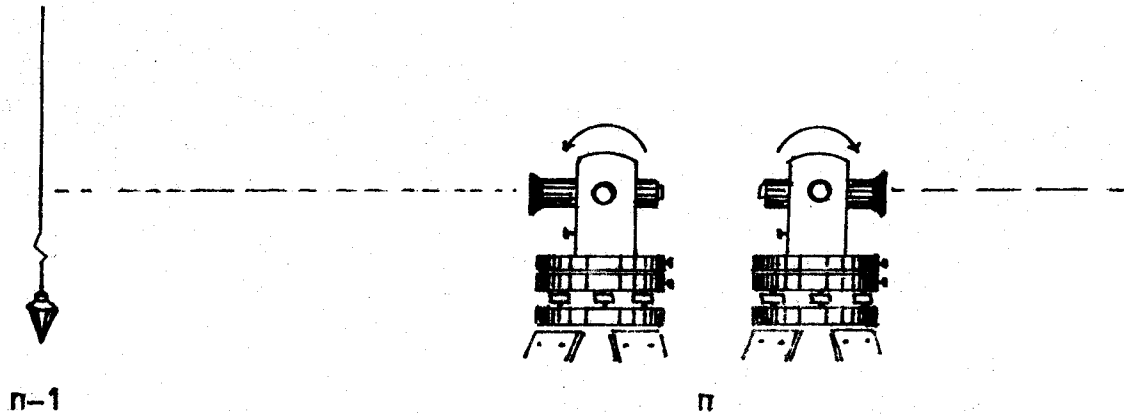


Fig. 185
Instrumento puesto en estación en el método de deflexión.

Las etapas correspondientes a trabajar la estación, trasladar el instrumento y colocarlo en estación sobre un nuevo punto, se repiten un número de veces similar al número de estaciones del caminamiento.

7. Determinación del error de cierre angular

Para establecer el grado de error de cierre angular cometido a lo largo del levantamiento, se compara la suma algebraica de los ángulos de deflexión (Deflexión hacia la derecha + , Deflexión hacia la izquierda -) con la siguiente condición angular "La suma algebraica de los ángulos de deflexión de un polígono cerrado es igual a -360° ". La diferencia entre ambas corresponderá al error de cierre angular cometido.

$$\text{Error de cierre angular cometido} = \sum \text{algebraica de los ángulos de deflexión del polígono} - 360^\circ$$

8. Aceptación o rechazo de los datos de campo

Para aceptar los datos de campo se establece que el error de cierre angular cometido deberá ser menor que el error de cierre angular permitido, siendo el error permitido el establecido por la Ley de Agrimensura de Guate--

mala. (27)

- Formato de campo recomendado

Est.	P.o	Lec.de Hilos			Angulo vertical	D.h	Angulos de deflexión		Observa- ción
		hs	hm	hi			(D)	(I)	

(5, 7, 12, 14)

- Ejemplo de un formato de campo llevado en la libreta de anotaciones.

Est.	P.o	Lect.de Hilos			Angulo vertical	D.h	Angs.de deflexión		Observa- ción
		hs	hm	hi			(D)	(I)	
0	1	2.583	2.291	2.00	90°			149°02'10"	
1	2	2.538	2.269	2.00	91°		99°09'44"	(Azimut 0-1)	
2	3	3.565	3.288	3.00	90°		66°48'02"		
3	0	1.671	1.335	1.00	89°		108°26'06"		
0	1						85°36'05"		
							Σ 359°59'57"		

Nota: El aparato utilizado posee una apreciación de 6"

Error de cierre = $360^\circ - 359^\circ 59' 57'' = 0^\circ 00' 03''$
angular cometido

8.7 Registros de campo

8.7.1 Generalidades

Las notas de campo representan el único registro permanente con que se cuenta del trabajo ejecutado, si son incompletas, incorrectas ó ilegibles, pueden representar tiempo mal in--

vertido que equivale a dinero mal utilizado, por lo tanto, un buen registro de campo es tan importante como el mismo trabajo de campo.

Los datos de campo son utilizados normalmente por las personas encargadas del trabajo de gabinete, de manera que resulta ser esencial que las notas sean inteligibles para -- cualquier enterado, sin tener que mediar explicaciones verbales.

La buena reputación y confianza que dan valor a las actividades de un topógrafo, dependen en gran parte de su archivo de registros y de la claridad de la información que éstas proporcionan.

Generalmente ocurre que algunas personas al efectuar un levantamiento topográfico, anotan sus datos en hojas sueltas de papel para posteriormente pasarlas en limpio en una libreta de registro normal.

Esta práctica nulifica la calidad y seguridad con que se realiza el trabajo de campo.

En una libreta de campo bien llevada, no se permite ninguna borradura de los datos anotados. Si se registra incorrectamente un número, éste se cruzará con una línea y se anotará arriba el valor correcto tal y como se observa en el siguiente ejemplo.

Est.	P.o	Lec.de Hilos			Angulo vertical	Angulo horizontal
		hs	hm	hi		
5	6	1.83	1.415 1.315	1.00	90°	145°15'

En el caso de tener que cancelar toda una página, se trazan líneas diagonales entre las esquinas y se escribe con letra legible la palabra CANCELADA, explicando las razones.

8.7.2 Requisitos de un buen registro

Existen 5 factores que determinan el buen registro de las notas de campo, siendo éstos:

1. Exactitud:

Es la cualidad más importante en todo trabajo de topo---

graffia.

2. Integridad:

La omisión de una sola medida o detalle puede nulificar la utilidad de las notas para el cálculo de gabinete. - Si el sitio de trabajo está lejos de la oficina, resultará tardado y honeroso el tener que regresar para obte-
ner una observación faltante. Debe verificarse cuidadosamente antes de retirarse del sitio de trabajo que las notas se encuentren completas.

3. Adecuación:

Los formatos de registro deben ser adecuados para cada método de levantamiento, con ello se facilitará la exactitud, integridad y legibilidad de las notas.

4. Legibilidad:

Las notas servirán sólo si son legibles.

5. Claridad:

Debe evitarse amontonar datos, ya que notas confusas y ambiguas conducen a costosas equivocaciones. La claridad de las notas depende de los procedimientos de campo co--rrectos y bien planeados, así mismo de la calidad de los croquis y tabulaciones.

8.7.3 Clases de anotaciones

En la práctica se realizan 3 tipos de anotaciones, siendo - éstas, el croquis, los datos numéricos tabulados y las ob--servaciones.

8.7.4 Disposición de las notas.

Los estilos y los formatos utilizados en las notas de campo, están en función de los requisitos particulares de cada uno de los métodos de levantamiento utilizados en el trabajo de campo. En términos generales puede recomendarse que todo - formato lleve la siguiente información:

1. Fecha del levantamiento.
2. Objetivo del levantamiento.
3. Ubicación del lugar.

4. Características del instrumento empleado.
5. Hora de inicio y finalización de las jornadas.

La forma de tabulación de los datos deberá permitir un fácil llenado y por consiguiente fácil interpretación de dicha información.

8.7.5 Recomendaciones prácticas.

1. Identificar con tinta de rapidógrafo el nombre y domicilio del propietario de la libreta de registro, en la -- pasta y primera página interior de ésta.
2. Use lápiz duro 2H ó 3H para que se grabe la escritura en el papel, con ello se garantiza que posibles mojaduras -- que puedan tener las notas ó la misma condición de humedad relativa de campo, no ocasionen manchones indescifra**bles** que puedan darse en aquellos casos cuando las notas han sido llevadas con tinta o lápiz blando.
3. Inmediatamente después de hacer una medición, anótela -- siempre directamente en la libreta de campo y no en una hoja suelta de papel.
4. Nunca haga borrones de los datos anotados, en el caso de cometer alguna equivocación cruce con una pequeña línea el valor incorrecto y anote el valor correcto arriba de áquel.
5. Utilice croquis cuando considere que podría existir duda con los datos simplemente tabulados.
6. A todo croquis elaborado es recomendable hacerle acompañar de algún tipo de observación que facilite su interpretación.
7. Evite el amontonamiento de los datos. Los formatos que -- usted mismo diseño o los ya establecidos por las institu**ciones** en las cuales labore, deberán sobre todo permitir una cómoda anotación de los datos y observaciones.
8. Escribir siempre un cero (0) antes del punto decimal en el caso de valores numéricos menores de 1. Ej. 0.31 y -- no .31
9. Trate que las lecturas sean realizadas con una aprecia--
ción mínima de cm.

5. BILLEV VELA, F. s.f. Curso de topografía I, nivelación y levantamiento con teodolito. Guatemala, Impresos Industriales. 83 p.
6. BRINKER, R.C.; WOLF, P.R. 1969. Topografía elemental. México D.F., Editorial PAX. 868 p.
7. _____. 1982. Topografía moderna. Trad. de la 6 ed. Inglesa por Dolores García Díaz y Rafael García Díaz. 6 ed. México D.F., HARLA. 542 p.
10. DAVIS, R.; FOOTE, F. 1964. Tratado de topografía. Trad. de la 2 ed. Inglesa por José María Montero. 4 ed. Madrid, Ediciones Aguilar. 880 p.
12. GUATEMALA. Decretos. 1936. Ley reglamentaria para trabajos de agrimensura; Decreto Gubernativo 1786 del Congreso de la República de Guatemala. Guatemala.
14. IRVINE, W. 1975. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés por Eduardo Caro Cayzedo. Cali, Mc Graw Hill. 259 p.
16. MONTES DE OCA, M. 1970. Topografía. 4 ed. México D.F., Representaciones y Servicios de Ingeniería. 344 p.
21. SANTIZO LATORRE, O.A. 1977. Topografía aplicada en ingeniería. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. p. 71-77.
25. TORRES NIETO, A.; VILLATE BONILLA, E. 1968. Topografía. 2 ed. Bogotá, Colombia, Editorial Norma. 307 p.
26. TOSCANO, R. 1977. Métodos topográficos. 14 ed. México D.F., Editorial Porrúa. p. 118-119.

CAPITULO 9

CALCULO DE GABINETE

9.1 Introducción

El presente capítulo tiene por objeto orientar al estudiante de topografía, sobre los principales métodos de cálculo, procedimientos y análisis e interpretación de resultados, de toda aquella información planimétrica de campo trabajada en gabinete.

Para poder satisfacer el objetivo anteriormente señalado, se presenta en el desarrollo estructural del presente capítulo, una metodología que introduce al lector paso a paso, partiendo de los conceptos básicos de coordenadas y finalizando con la presentación de un plano topográfico.

9.2 Definición de Coordenadas

Probablemente es cierto que si varias personas dibujaran un mismo plano con transportador y escalímetro, pocos de sus dibujos sería idénticos, lo que se debe principalmete a que no todas las personas lean los instrumentos con la misma exactitud. Lo anterior imposibilita a que la representación exacta de la ubicación de los vértices de un terreno se realicen mediante el empleo de coordenadas polares (rumbo y D.h), por tal situación se utiliza preferiblemente las coordenadas cartesianas (X, Y), lo que constituye una solución completamente matemática al problema.

Si pudiéramos imaginarnos por un momento una hoja gigantesca de papel cuadriculado extendida horizontalmente sobre to

do un terreno, sería posible ubicar planimétricamente la posición de cada uno de sus vértices sobre dicha hoja. Si cada punto referenciado se ubicará en función de un plano de ejes de coordenadas cartesianas, se podría indicar que cada punto po see una única posición cartesiana. (14) ver Fig. 185 a.

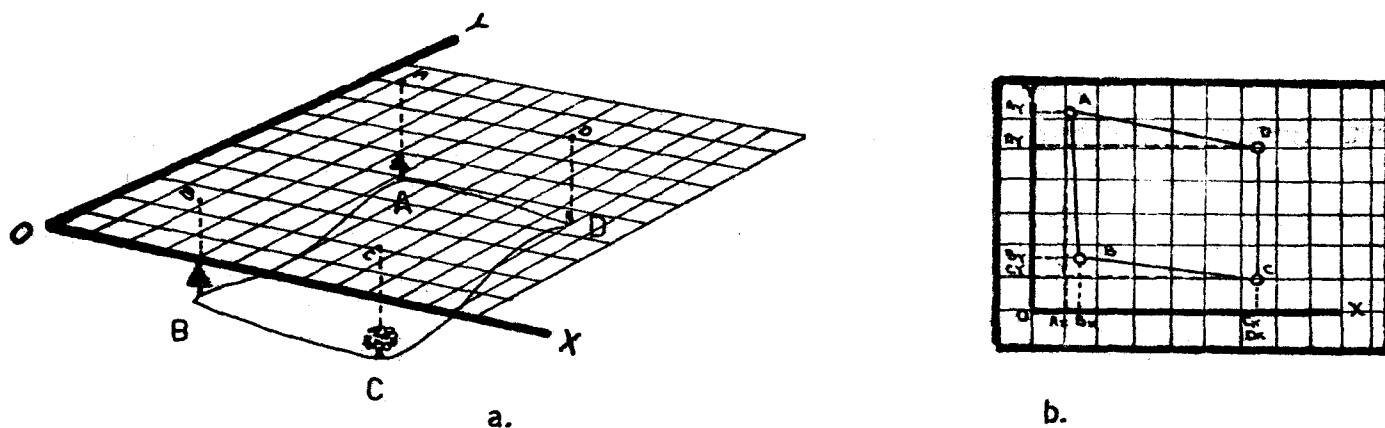


Fig. 185

Proyección planimétrica y ubicación cartesiana de los vértices de un terreno.

En base a lo indicado en los párrafos anteriores, puede concluirse que las coordenadas de un punto cualquiera, representan las proyecciones del mismo sobre los ejes cartesianos del plano de referencia asumido. Ver Fig. 185 b.

9.3 Definición y cálculo de las coordenadas parciales y totales

Las coordenadas o proyecciones "Este - Oeste" medidas a partir del eje "Norte - Sur", se denominan con LONGITUDES, tomándose positivas hacia el Este y negativas hacia el Oeste. Por su parte las coordenadas o proyecciones "Norte - Sur" medidas a partir del eje "Este - Oeste" se denominan como LATITUDES, tomándose positivas hacia el Norte y negativas hacia el Sur.

Las LONGITUDES y LATITUDES de un punto cualquiera pueden ser consideradas como absolutas o totales y/o relativas o parciales, ello dependiendo de la ubicación del plano de referencia asumido.

Así por ejemplo si se observa la Fig. 186, se podrá dar cuenta el lector que el punto B puede quedar instalado en el

plano a partir de las coordenadas AB_x y AB_y , las cuales se encuentran referenciadas con respecto al plano de coordenadas cuyo vértice se encuentra en el punto A. De la misma manera, el punto B puede quedar en idéntica posición planimétrica a partir del conocimiento de las coordenadas B_x y B_y , las cuales se encuentran referenciadas con respecto al eje de coordenadas cuyo vértice está sobre el punto O u origen del sistema.

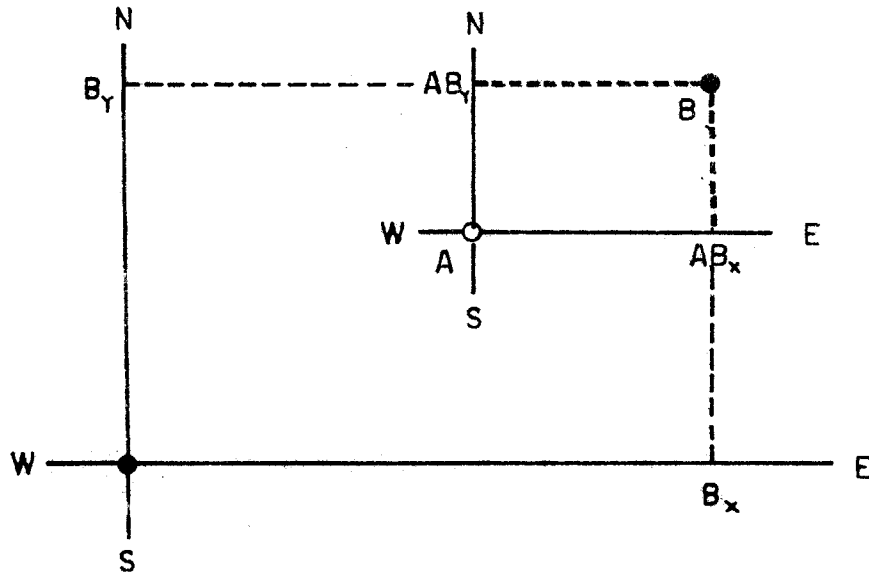


Fig. 186

Coordenadas Parciales y Totales

Como conclusión puede establecerse que las coordenadas parciales de un punto cualquiera, representan sus proyecciones ortogonales con respecto a los ejes de un plano cartesiano cuando éste no tiene su vértice en el origen del sistema. Por su parte las coordenadas totales, son aquellas proyecciones ortogonales que se encuentran referenciadas con respecto a un plano cartesiano cuyo vértice se ubica en el origen del sistema. En la figura anterior AB_x y AB_y representan coordenadas parciales y por su parte B_x y B_y se constituyen en coordenadas totales del punto B. (13, 23, 31).

— Desarrollo Analítico del cálculo de las Coordenadas parciales y Totales.

Las proyecciones parciales (longitud y latitud) de cualquier punto observado, pueden ser calculadas a partir del conocimiento de la D.H y RUMBO de la alineación que le ubica desde un punto llamado estación. Con los datos anteriores y aplicando operaciones trigonométricas básicas, se puede establecer el módulo y sentido de tales proyecciones. Ver Fig. 187.

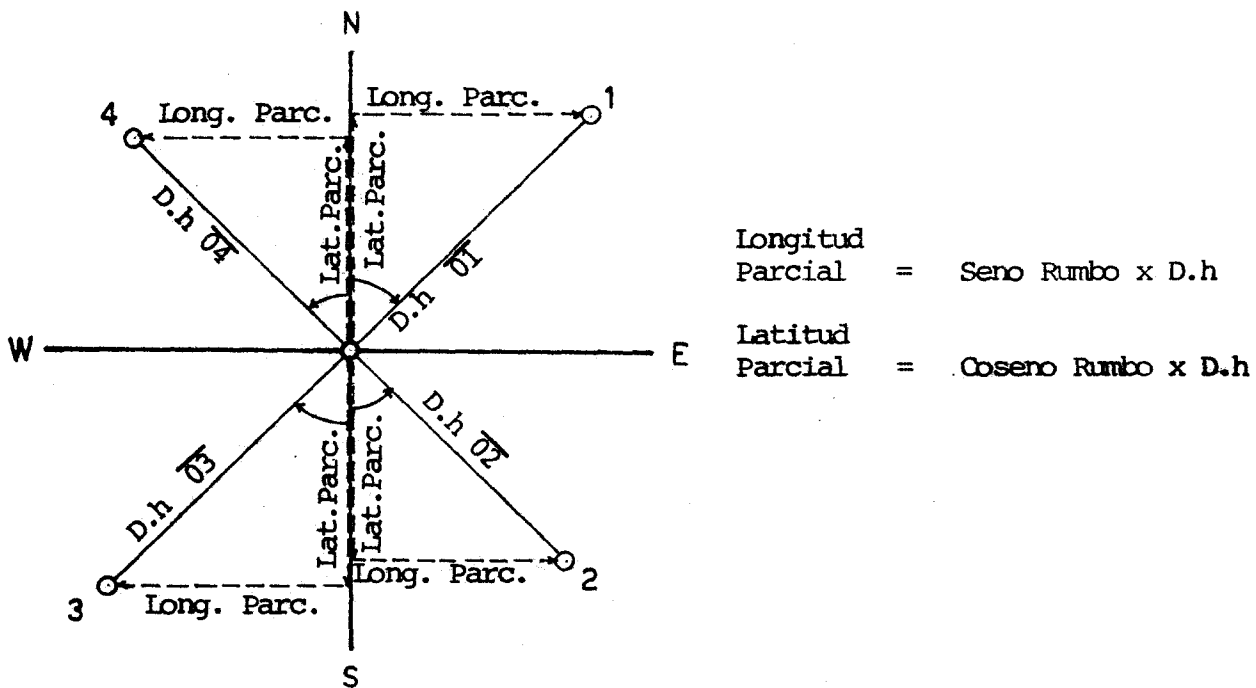


Fig. 187

Cálculo de longitudes y latitudes parciales

Si el punto de estación se encuentra en las coordenadas (0, 0), el mismo valor de las coordenadas parciales equivaldrá al de las coordenadas totales, ello debido a que éstas se encontrarán referenciadas con respecto al origen del sistema.

Las coordenadas totales por su parte, son el resultado de la sumatoria algebraica de las coordenadas totales del punto anterior o estación, más las coordenadas parciales del punto observado. Ver Fig. 188.

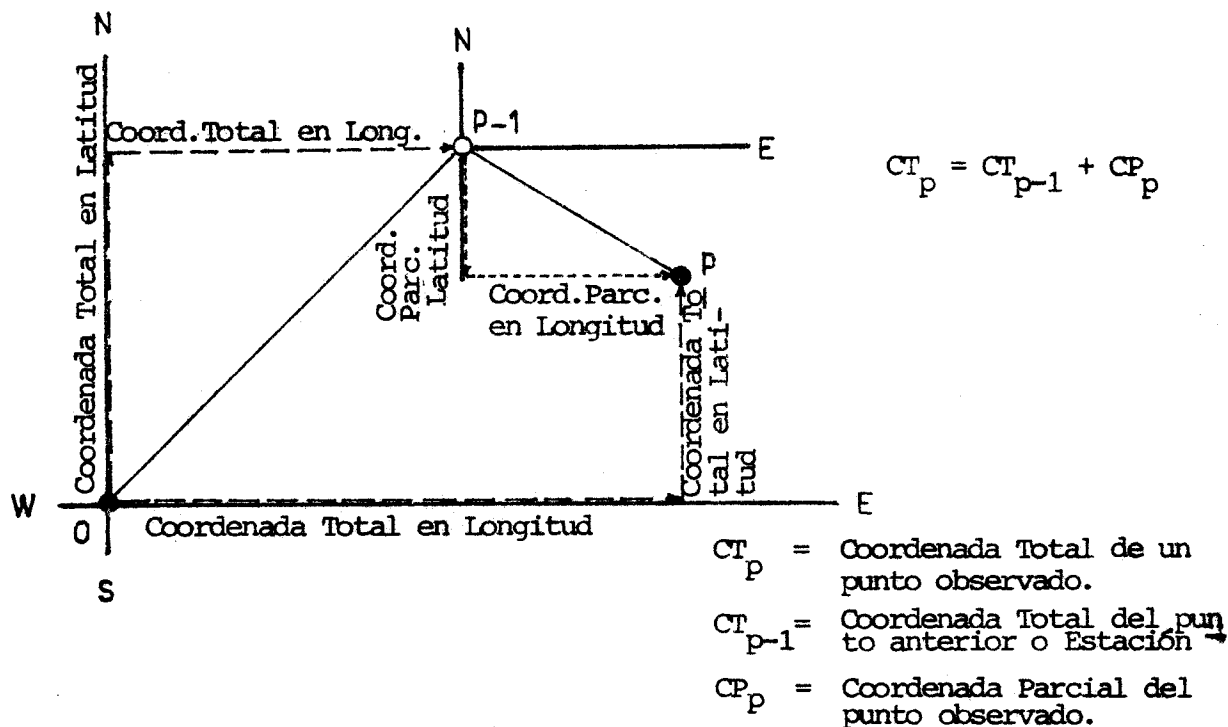


Fig. 188
Cálculo de Longitudes y Latitudes Totales.

De lo indicado en la figura anterior puede concluirse de manera general que:

A. Coordenada Total de un punto observado = Coordenada total del punto anterior o estación. + Coordenada parcial del punto observado

Longitud Total de (P) = Longitud Total de (P-1) + Longitud Parcial de (P)

Latitud Total de (P) = Latitud Total de (P-1) + Latitud Parcial de (P)

B. Coordenada Parcial de un punto observado = Coordenada Total del punto observado - Coordenada Total del punto anterior o estación.

Longitud Parcial de (P) = Longitud Total de (P) - Longitud Total de (P-1)

Latitud Parcial de (P) = Latitud Total de (P) - Latitud Total de (P-1)

- Ejemplos numéricos

1. Determinar las coordenadas parciales de los siguientes puntos observados a partir de la estación O. La estación O es origen del sistema.

Est	P.o	D.h	Rumbo	Observaciones
O	OA	12.505	N 30° 25' 10" E	
O	OB	20.15	S 45° 20' 00" E	
O	OC	50.00	oeste franco	
O	OD	25.00	N 25° 00' 00" W	

- (a) Determinar el valor del seno y coseno de los rumbos reportados
- (b) Aplicar las ecuaciones generales para el cálculo de coordenadas parciales a partir del conocimiento de Rumbo y D.h

$$\text{Long Par.} = \text{Seno rumbo} \times \text{D.h} \quad (+ \text{ al Este y } - \text{ al Oeste})$$

$$\text{Lat. par} = \text{Coseno rumbo} \times \text{D.h} \quad (+ \text{ al Norte y } - \text{ al Sur})$$

- c. Completar el siguiente cuadro

EST.	P.O.	D.h	RUMBO	(a)		(b)	
				SENO	COSENO	LONGITUD PARCIAL	LATITUD PARCIAL
0	OA	12.505	N 30° 25' 10" E	+ 0.50632	+ 0.86234	+ 6.33153	+ 10.78356
0	OB	20.150	S 45° 20' 00" E	+ 0.71120	- 0.70298	+ 14.3306	- 14.16504
0	OC	50.000	W Franco	- 1.0000	0.00000	- 50.0000	00.00000
0	OD	25.000	N 25° 00' 00" W	- 0.42261	+ 0.9063	- 10.5652	+ 22.6575

En el problema anterior el valor de las coordenadas parciales se constituyen en el mismo valor de las coordenadas totales, ello debido a que la estación se encuentra en el origen del sistema.

2. Determinar el valor de las coordenadas totales de los siguientes puntos observados.

Est	P.o	D.h	Rumbo	Observaciones
0	OA	10.00	N 10° 10' 00" E	
0	OB	15.12	S 45° 00' 00" E	
1	1A	20.00	S 40° 18' 00" W	
2	2A	18.00	S 20° 00' 00" W	

- Condiciones

Coordenadas totales de los puntos de estación

Est	Long. Total	Lat. Total
0	00.0000	00.0000
1	+ 20.0000	+ 50.0000
2	+ 40,0000	+ 30,0000

- (a) Determinar las coordenadas parciales de los puntos observados por medio de la aplicación de las ecuaciones generales.

Longitud parcial = Seno Rumbo X D. h

Latitud parcial = Coseno Rumbo X D. h

(a)

EST.	P.O.	D.h	RUMBO	SENO	COSENO	LONGITUD PARCIAL	LATITUD PARCIAL
0	OA	10.00	N 10° 10' 00" E	+ 0.17651	+ 0.98429	+ 1.7651	+ 9.8429
0	OB	15.12	S 45° 00' 00" E	+ 0.70710	+ 0.70710	+ 10.6913	- 10.6913
1	1A	20.00	S 40° 18' 00" W	- 0.64678	- 0.76266	- 12.9356	- 15.2332
2	2A	18.00	S 20° 00' 00" W	- 0.34202	- 0.93969	- 6.1563	- 16.9144

- (b) Determinar el valor de las coordenadas totales de los puntos observados. $CT_{p.o} = CT_{est.} + CP_{p.o}$

Longitud Total = Longitud Total + Longitud Parcial
del P.O de la Est. del P.O

Latitud Total = Latitud Total + Latitud Parcial
del P.O de la Est. del P.O

(b)

EST.	X _t	Y _t	P.O	Longitud Parcial	Latitud Parcial	Longitud Total	Latitud Total
0	00.00	00.00	OA	+ 1.7651	+ 9.8429	+ 1.7651	+ 9.8429
0	00.00	00.00	OB	+ 10.6913	- 10.6913	+ 10.6913	- 10.6913
1	+20.00	+50.00	1A	- 12.9356	- 15.2332	+ 7.0644	+ 34.7468
2	+40.00	+30.00	2A	- 6.1563	- 16.9144	+ 33.8436	+ 13.0855

3. Determinar las coordenadas totales de los puntos OA-1A-2A, del siguiente levantamiento. El punto 0 representa el origen del sistema.

Est.	P.O	D.h	Rumbo	Observaciones
0	OA	10	N 10° 15' 00" E	
0	1	50	S 45° 00' 00" E	
1	1A	15	Norte Franco	
1	2	40	Este Franco	
2	2A	17	N 60° 30' 00" E	

(a) Determinar las coordenadas totales del polígono

EST.	P.O.	D.h	RUMBO	SENO	COSENO	LONGITUD PARCIAL	LATITUD PARCIAL	LONGITUD TOTAL	LATITUD TOTAL
	0							00.00	00.00
0	1	50	S 45° 00' 00" E	+0.70710	-0.70710	+35.355	-35.355	+35.35	-35.35
1	2	40	Este Franco	+1.0000	0.0000	+40.000	00.000	+75.35	-35.35

(b) Determinar las coordenadas totales de las radiaciones hechas desde las estaciones 0--1--2.

$$CT_{p.o} = CT_{est.} + CP_{p.o}$$

(b)

EST.	P.O.	D.h.	RUMBO	SENO	COSENO	LONGITUD PARCIAL	LATITUD PARCIAL	LONGITUD TOTAL	LATITUD TOTAL
0	0A	10	N 10° 15' 00" E	+0.17794	+0.98404	+ 1.779	+ 9.840	+ 1.779	+ 9.840
1	1A	15	Norte Franco	0.0000	+1.0000	0.000	+15.000	+35.355	-20.355
2	2A	17	N 60° 30' 00" E	+0.87035	+0.49242	+14.795	+ 8.371	+90.145	-26.979

Ejercicios:

Determinar el valor de las coordenadas totales de los puntos observados de los siguientes registros de campo.

Ejercicio 1

Est.	P.o	Azimet	D.h	Observaciones
0	OA	88° 10' 20"	101.20	El punto 0 se encuentra en el origen del sistema
0	OB	140° 20' 00'	200.00	
0	OC	200° 30' 15"	150.00	
0	OD	320° 00' 00"	178.00	

Ejercicio 2

Est.	P.o	Lec. de hilos			Ang.Vert.	Azimet	Observ.
		hs	hm	hi			
0	OA	1.800	1.400	1.000	93° 20' 00"	25° 15' 30"	El punto 0 tiene como Coord. Totales: XT= +10.00 YT= +20.00
0	OB	1.950	1.475	1.000	90° 00' 00"	90° 00' 00"	
0	OC	2.700	2.350	2.000	88° 15' 30"	178° 20' 00"	
0	OD	2.980	2.490	2.000	89° 20' 30"	245° 18' 30"	
0	OE	1.785	1.392	1.000	92° 10' 12"	340° 25' 00"	

Ejercicio 3

Est.	P.o	Lec. de hilos			Ang.Vert.	Azimet	Observaciones
		hs	hm	hi			
0	1	1.876	1.438	1.000	90°	45° 00' 00"	Método de levantamiento utilizado: Conservación de azimet a 180°
1	2	2.200	1.850	1.500	91°	280° 00' 00"	
2	3	1.456	1.228	1.000	88°	150° 00' 00"	
3	4	1.580	1.290	1.000	89°	30° 00' 00"	

El punto 0 se encuentra en el origen del sistema.

Ejercicio 4

Est.	P.o	D.h	Azimut	Observaciones
0	OA	15	00° 00' 00"	Los puntos OA, OB, OC, 1A y 2A, forman parte del borde de un canal de riego.
0	OB	18	49° 30' 10"	
0	OC	17	58° 20' 12"	
0	1	100	180° 10' 00"	
1	1A	25	101° 20' 18"	
1	2	78	220° 00' 00"	El método de levantamiento utilizado es el de conservación de azimut. El punto 0 es el origen del sistema.
2	2A	20	135° 25' 30"	

Ejercicio 5

Determinar las coordenadas parciales de los siguientes puntos observados:

Est.	P.o	Long. Parc.	Lat. Parc.	Long. Total	Lat. Total
0	1			+ 32.1525	+ 30.4013
1	2			+ 75.3510	- 15.1210
2	3			+ 55.0000	- 80.2530
3	4			+ 20.0000	- 45.1220
4	0			00.0000	00.0000

RESPUESTAS

Ejercicio 1

Est.	P.o	Long. Total	Lat. Total
0	OA	+101.1485	+ 3.227
0	OB	+127.6640	- 153.954
0	OC	- 52.5413	- 166.723
0	OD	-114.4161	+ 136.355

Ejercicio No. 2

Est.	P.o	Long. Total	Lat. Total
0	OA	+ 44.0206	+ 92.1068
0	OB	+105.0000	+ 20.0000
0	OC	+ 12.0340	- 49.9057
0	OD	- 79.0270	- 20.9925
0	OE	- 16.2736	+ 93.8530

Ejercicio 3

Est.	P.o	Long. Total	Lat. Total
0	1	+ 61.9428	+ 61.9428
1	2	+ 130.8584	+ 49.7912
2	3	+ 153.6306	+ 10.3486
3	4	+ 124.6395	- 39.8655

Ejercicio No. 4

Est.	P.o	Long. Total	Lat. Total
0	OA	00.000	+ 15.0000
0	OB	+ 11.690	+ 13.6867
0	OC	+ 14.469	+ 8.9237
1	1A	+ 24.802	- 104.9145
2	2A	- 36.392	- 173.9975

Ejercicio 5

Est.	P.o	Long. Parcial	Lat. Parcial
0	1	+ 32.1525	+ 30.4013
1	2	+ 43.1985	- 45.5223
2	3	- 20.3510	- 65.1320
3	4	- 36.0000	+ 35.1310
4	0	- 20.0000	+ 45.1220

9.4 Cálculo del área de un terreno

9.4.1 Generalidades

Uno de los principales objetivos de los levantamientos planimétricos sobre todo en agrimensura, es la determinación del área de las zonas o parcelas a las que se refiere el levantamiento, ya que al conocer la magnitud de la superficie es factible calcular su valor y hasta su posible potencialidad, esto siempre y cuando se le acompañe de alguna información complementaria tal como localización, tipo de suelos, tipo de vegetación, existencia de algún otro recurso natural, infraestructura cercana y configuración topográfica del mismo.

(7, 10)

9.4.2. Métodos para el cálculo de la superficie de un terreno.

En términos generales se indica que el área de un polígono cerrado puede calcularse por medio de métodos mecánicos o métodos geométricos.

Los métodos mecánicos son aquellos en los que utilizando un equipo auxiliar y un plano a escala del polígono, calculan el área por medio de proporcionalidad de superficies. Son métodos utilizados en trabajos a nivel de reconocimiento.

Entre los métodos mecánicos se mencionan como los de mayor utilidad: El método de cuadrícula, el método del planímetro y el método de pesada.

Los métodos geométricos por su parte se basan en el conocimiento de las coordenadas cartesianas de los vértices del polígono real, con las cuales utilizando principios vectoriales o matriciales se puede calcular el área del mismo.

Entre los métodos más comunes se cuentan: Método de dobles distancias al ecuador (DDE), dobles distancias al meridiano (DDM) y método de coordenadas totales o matricial.

Los métodos geométricos por su aplicación vectorial, son utilizados en trabajos para fines legales. (7, 10, 14).

- Métodos Mecánicos:

1. Método de Cuadrícula

Es un método gráfico consistente en sobreponer una hoja de papel milimetrado transparente sobre el plano de la figura a medirse. Se fundamenta en determinar el número de cm^2 completos dentro de la poligonal. En aquellos casos en que se encuentren fracciones de la unidad medida por divisiones de los bordes del plano, se considera una sumatoria aproximada de todas ellas.

Con la información total de los cm^2 que contiene la figura a escala, la siguiente etapa consiste en calcular el valor del área que representa dicha magnitud, para lo cual se emplea la siguiente relación de proporcionalidad:

$$\text{Area en cm}^2 \text{ del terreno} = \left(\frac{\text{No. de cm}^2 \text{ determinados por medio del método de cuadrícula}}{\text{Escala del plano}} \right)^2$$

Desarrollando la expresión anterior para calcular el área en m^2 .

$$\text{Area en m}^2 \text{ del terreno} = \frac{\text{No. de cm}^2 \text{ determinados por medio del método de cuadrícula} \times (\text{Escala del plano})^2}{10,000 \text{ cm}^2/\text{m}^2}$$

Ejemplo:

Determinar el valor del área en m^2 del terreno representado por medio de un plano a escala 1:750. Por medio de la aplicación del método de cuadrícula se reporta una superficie equivalente a 600.5 cm^2 .

$$\text{AREA DEL TERRENO en } m^2 = \frac{600.5 \text{ cm}^2 \times (750)^2}{10,000 \frac{\text{cm}^2}{m^2}}$$

$$\text{AREA DEL TERRENO} = 33,778.125 \text{ m}^2$$

2. Método del planímetro:

El planímetro es un integrador mecánico; mide el área de cualquier superficie en función de un dispositivo de tambor rodante conectado a un disco registrador. El tambor rodante o rueda medidora, gira al desplazar una punta guía o rastreador óptico a lo largo del perímetro de la figura cuya área se trata de medir. El resultado de los valores registrados constituyen unidades planimétricas, las cuales al multiplicarlas por un factor de conversión propio de cada planímetro se transforman en unidades cuadráticas (cm^2).

Luego de establecer el área en unidades cuadráticas de la figura del terreno y conociendo el valor de la escala de dicha figura, resulta ser sencillo calcular la superficie real de la misma en función de la ecuación general de proporcionalidad de áreas, similar a la utilizada en el método anterior.

$$\text{Area del terreno (} m^2 \text{)} = \frac{\left(\frac{\text{Unidades cuadráticas X Escala del plano}}{\text{registradas}} \right)^2}{10,000 \text{ cm}^2 / m^2}$$

Atendiendo a su diseño y construcción, los planímetros pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- Planímetros mecánicos
 - a) Polar de brazo trazador fijo.
 - b) Polar de brazo trazador variable.
- Planímetros electrónicos

Por la naturaleza de este trabajo y considerando que en nuestro medio los agrónomos encontrarán mas comúnmente los planímetros mecánicos, se presenta a continuación una descripción general y análisis de utilización de dichos instrumentos, no obstante indicar que los planímetros electrónicos trabajan bajo los mismos principios que los mecánicos, con la excepción de que los resultados aparecen en forma métrica (m^2) en un visualizador o pantalla digital.

Principales Partes de los Planímetros Mecánicos.

Esencialmente los planímetros polares están conformados por las partes que se enumeran a continuación:
(Ver Fig. 189 y 190)

1. Brazo trazador
2. Rastreador óptico
3. Brazo polar
4. Peso del polo o peso polar
5. Sujetador de grapa
6. Carruaje del sistema de registro o caja cargadora
7. Rueda medidora
8. Disco registrador de la rueda medidora
9. Vernier de la rueda medidora
10. Botón ocerador del sistema de medición o barra colocadora del cero.
11. Rueda guía
- *12. Tornillo de fijación del brazo trazador
- *13. Tornillo micrométrico del desplazamiento del brazo trazador

* 14. Vernier del brazo trazador.

* Las partes 12, 13 y 14 solamente las poseen los planímetros polares de brazo trazador variable.

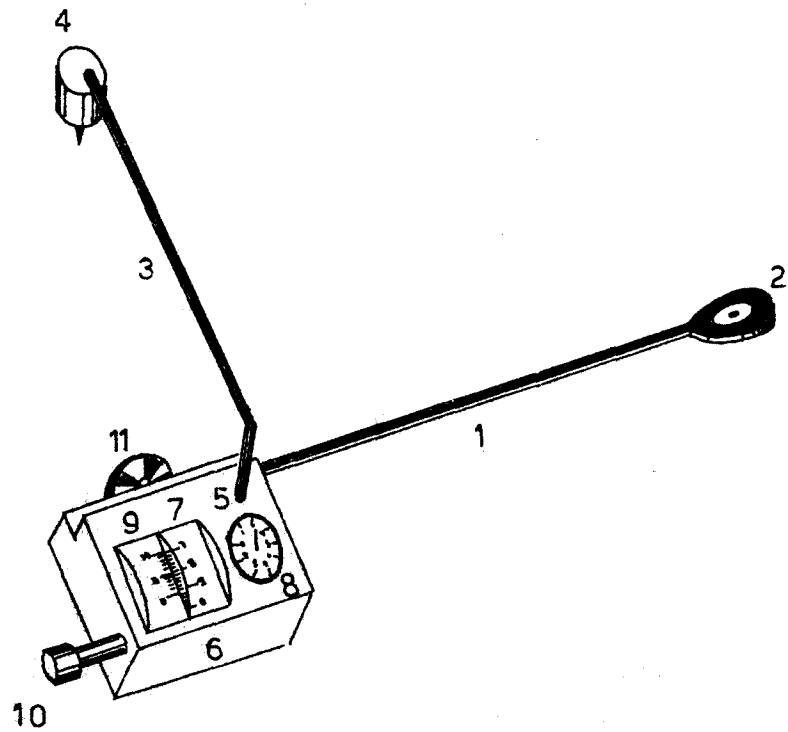


Fig. 189

Planimetro polar de brazo trazador fijo

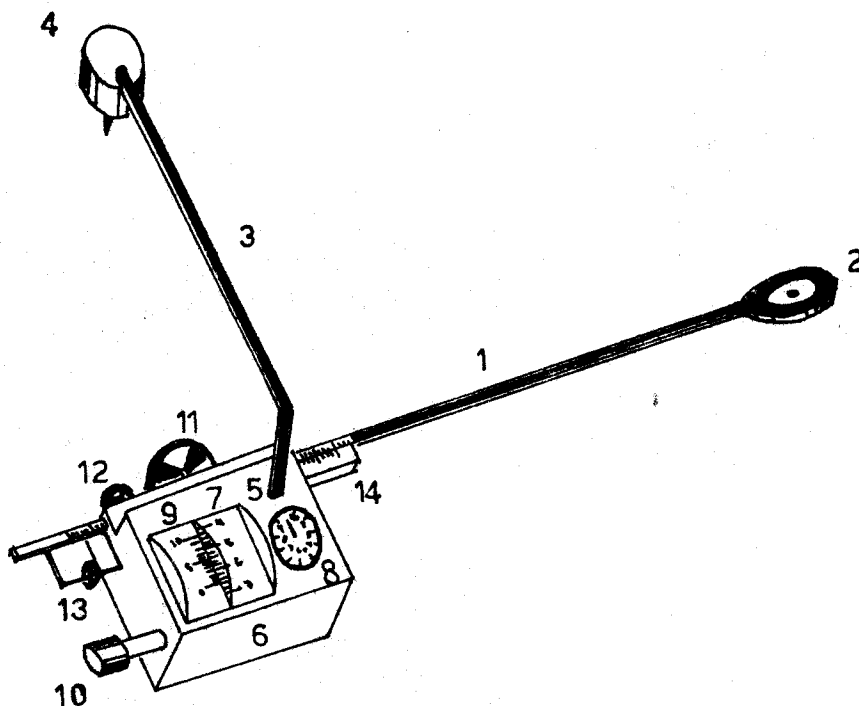


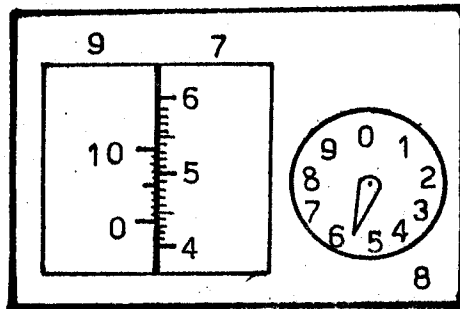
Fig. 190

Planímetro polar de brazo trazador variable.

El planímetro de brazo trazador variable llamado también COMPENSADOR, tiene la ventaja sobre el otro, en que su brazo puede desplazarse a través del carruaje del sistema de registro, lo que facilita enormemente el acoplar convenientemente el instrumenteo a ciertas figuras que así los requieran.

Interpretación de los valores registrado por el sistema de medición.

Los valores registrados por el sistema de registro instalado en la caja cargadora deben ser interpretados de la siguiente manera:



- (7) Rueda medidora (móvil)
- (8) Disco registrador de las revoluciones de la rueda medidora (móvil)
- (9) Vernier de la rueda medidora (Fijo)

Fig. 191

Sistema de registro del planímetro polar.

- . El disco registrador (parte 8 de la Fig. 191), se encuentra numerado de 0 a 10 (0), los que representan apreciaciones de unidades de revolución de la rueda medidora y efectivamente sus valores de lectura deben ser interpretados como tal.
- . La rueda medidora (parte 7 de la Fig. 191), está numerada de 0 a 10 (0), en donde cada número representa $1/10$ de revolución de la misma rueda. Cada número por su parte se encuentra dividido por 10 unidades de apreciación, representando cada una de estas divisiones $1/100$ de revolución.
- . El vernier (parte 9 de la Fig. 191) constituido por medio de una escala numerada de 0 a 10, en donde cada unidad de graduación representa $1/10$ de la mínima graduación de la rueda medidora, lo que equivale a indicar que cada división del vernier representa $1/1000$ de revolución de la rueda medidora.

En la figura anterior, se observa el sistema de registro con ciertos valores medidos, estos representan la siguiente lectura:

PIEZA	LECTURA	EQUIVALENCIA EN REVOLUCIONES DE LA RUEDA MEDIDORA	VALOR PLANIMETRICO ACUMULADO
Disco registrador	Mayor que 5	5 revoluciones completas de la rueda medidora + una fracción	5000
Rueda medidora	Mayor que 4.3	0.43 revoluciones + una fracción	430
Vernier	4**	0.004 revoluciones	4
			5434

** Se obtiene visualizando que la línea de la escala (9) coincide correctamente con una línea de la escala (7).

Instrucciones de operación

- Con el peso polar fuera del área de medición

La utilización del procedimiento que a continuación se presenta, es empleado en aquellos casos en los que el peso polar queda fuera del perímetro de la figura.

1. Sujetar el papel que contiene el plano del terreno perfectamente horizontal sobre el tablero de dibujo.
2. Sacar las piezas del planímetro de su caja y efectuar un chequeo de las mismas.
3. Colocar el visor óptico en las proximidades del centro de la figura a medir.
4. Colocar el brazo polar en una posición en la cual exista un ángulo recto entre éste y el brazo trazador, asegurándose que el pin del peso polar quede sujeto firmemente al papel. Ver figura 192.

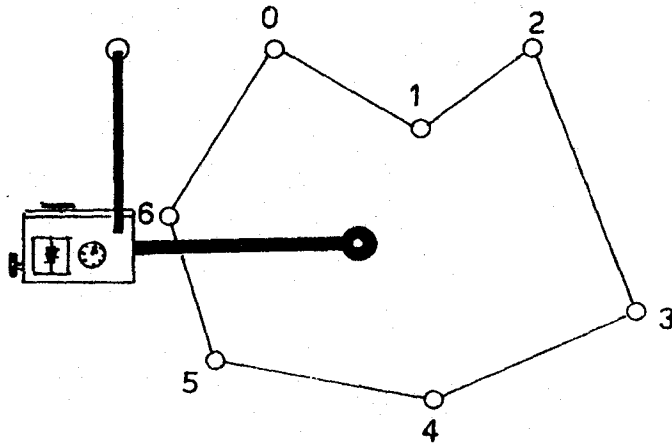


Fig. 192
Planímetro polar con su peso polar fuera del área de medición

5. Asegurarse que el rastreador óptico pueda desplazarse sobre los bordes de la figura sin ningún problema. Si lo anterior no resultara efectivo habrá que mover el brazo polar un tanto desviado del ángulo recto hasta lograr el obtejivo, de lo contrario habrá que dividir la figura en varias partes y trabajar éstas como individuales.
6. Elegir un punto de partida para proceder a efectuar el recorrido del perímetro de la figura, asegurándose que el trazador óptico quede exactamente sobre dicho punto.
7. Acerar el sistema de registro directamente sobre el punto anteriormente señalado. Con lo anterior se garantiza que la lectura inicial corresponderá a 0000 unidades planimétricas.
8. Desplazar el rastreador óptico cuidadosamente sobre los bordes de la figura. El sentido de dicho desplazamiento debe ser siempre en favor del movimiento de las agujas del reloj.
9. Llegar nuevamente al punto de inicio del recorrido y anotar las lecturas registradas por el sistema de medición.

Las unidades planimétricas correspondientes a la figura medida son el resultado entre la diferencia de la lectura final y la lectura de inicio.

10. Repetir de 2 a 4 veces el recorrido del perímetro de la figura y anotar los valores planimétricos correspondientes
11. Establecer el valor planimétrico promedio de la figura medida y multiplicar éste por el factor de conversión propio del planímetro, con lo cual se determinarán las unidades cuadráticas en cm^2 correspondientes.
12. Calcular el área del terreno por medio de la aplica

ción de la ecuación general de proporcionalidad, de la cual se deriva la siguiente expresión.

$$\text{Area en m}^2 \text{ de la figura medida} = \frac{\text{Lectura promedio de las unidades planimétricas (U.P.)} \times \text{Factor de conversión (Escala del plano)}^2}{10,000 \text{ cm}^2 / \text{m}^2}$$

- Con el peso polar dentro del área de medición

En figuras en donde por su magnitud resulta imposible medirlas con el peso polar fuera de la misma, se hace necesario considerar algunas particularidades, tal el caso del conocimiento del valor del "círculo básico o nulo del planímetro". No obstante lo anterior, el procedimiento de operación del planímetro resulta ser idéntico al enumerado anteriormente.

Todo instrumento integrador posee su propio círculo básico o nulo, el cual tal y como se observa en la figura 193, se forma cuando los brazos polar y trazador mantienen posiciones ortogonales a lo largo del recorrido perimetral de 360°. Bajo las condiciones anteriores, la rueda medidora no girará y por consiguiente el área del círculo barrido se registrará como nula.

El círculo básico en unidades planimétricas (U.P) es suministrado por el fabricante, normalmente dicho valor se encuentra en una tabla que acompaña al instrumento y se reconoce como un factor constante.

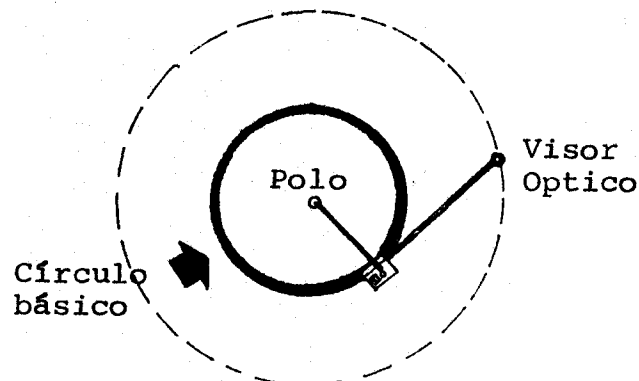
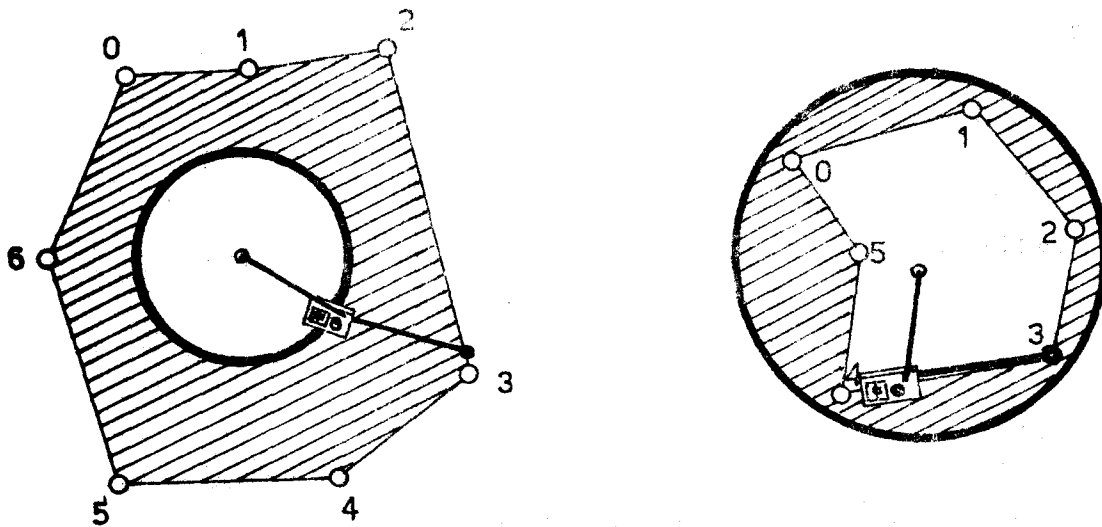


Fig. 193
Esquematación del círculo básico o nulo de un planímetro polar

Con el peso polar dentro de la figura, las unidades planimétricas registradas representan el área ubicada entre el perímetro de la figura medida y los bordes del círculo básico (ver Figs. 194a y 194b), razón por la cual en aquellos planos en los que su área es mayor que el área del círculo básico, la constante será adicionada al valor promedio de las lecturas planimétricas para calcular las unidades planimétricas reales. (Verf. Fig. 194a).



Figs. 194

Representación del área medida por un planímetro polar, cuando su polo se ubica dentro del perímetro de la figura de interés.

Se pueden presentar casos en los que el círculo básico resulta ser mayor en área que la misma superficie que se pretende medir (ver Fig. 194b). En estos casos la rueda medidora girará en sentido contrario al normal, habiendo entonces que considerar que las lecturas de cierre resultan ser de menor magnitud que las lecturas de partida; no obstante lo anterior, ello no modifica el valor absoluto de la diferencia entre ambas lecturas.

Cuando se presenta la condición anteriormente expuesta, el cálculo de las unidades planimétricas reales de la figura

medida, son obtenidas al restar el valor promedio de las lecturas planimétricas de la constante del instrumento.

En términos generales se establece que:

$$\frac{\text{Constante del instrumento} + \text{Unidades planimétricas promedio (U.P.)} \times \text{Factor de conversión (cm}^2/\text{U.P.)} \times \text{Escala del plano}^2}{\text{Área del terreno en m}^2} = 10.000 \text{ cm}^2/\text{m}^2$$

La precisión obtenida con el planímetro polar depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- . Habilidad del operador
- . Exactitud del plano trazado a escala
- . Tipo de papel
- . Ajuste preciso del instrumento

Haciendo un trabajo cuidadoso puede obtenerse resultados correctos dentro de un 0.5 a 1% de error.

(7, 10, 14, 26)

Ejemplos:

1. Calcular el área que representa el plano de un terreno a escala 1:750, si utilizando un planímetro de brazo fijo con su peso fuera de la figura se obtuvieron las siguientes lecturas:

	1	2	3
Lecturas de partida	0000	2593	5190
Lecturas de llegada	2593	5190	7782

Factor de conversión del instrumento = 0.1 cm²/ U.P

- a. Determinar el valor promedio de las unidades planimétricas registradas.

Lectura Inicial	Lectura Final	Intervalo
0000	2593	2593
2593	5190	2597
5190	7782	2592

$$\text{Promedio} = \frac{\sum \text{de intervalos}}{\text{No.de intervalos}}$$

$$\text{Promedio de U.P} = \frac{7782}{3}$$

Valor promedio = 2594

- b. Calcular el área en m^2 por medio de la ecuación general de proporcionalidad.

$$\text{Area en } m^2 = \frac{\text{Valor planimétrico promedio (2594)} \times \text{Factor de conversión (0.1)} \times \text{Escala del plano (750)}^2}{10,000 \text{ cm}^2/m^2}$$

$$\text{Area del terreno en } m^2 = 14,591.25 \text{ m}^2$$

2. Calcular el área que representa un plano a escala 1:1250, si utilizando un planímetro polar de brazo variable con su peso dentro de la figura se obtuvieron las siguientes lecturas:

	1	2	3
Lectura inicial	*0000	8500	7003
Lectura final	8500	7003	5504
Factor de conversión	0.88 $\text{cm}^2/\text{U.P}$		
Constante del instrumento	23586		

- * En este caso, la lectura 0000 equivale a 10000 ya que el giro de la rueda medidora es en sentido contrario al normal.

- a. Determinar el valor promedio de los intervalos registrados:

Lectura Inicial	Lectura Final	Intervalo
10000	8500	-1500
8500	7003	-1497
7003	5504	-1499
		4496

$$\text{Promedio} = \frac{4496}{3}$$

$$\text{Promedio de U.P} = 1498.6$$

- b. Establecer el valor de las unidades planimétricas reales de la figura medida.

Al observar el comportamiento decreciente de las lecturas registradas, se puede establecer que el área del círculo básico es mayor que la superficie del plano medido, por lo tanto:

$$\text{U.P real} = \frac{\text{Constante del instrumento (23586)}}{\text{Valor promedio de los intervalos (1498.6)}}$$

$$\text{U.P real} = 22087.4$$

- c. Calcular el área que representa el plano en m²

$$\text{Area en m}^2 \text{ del terreno} = \frac{\text{U.P. real (22087.4)} \times \text{Factor de conyersion (0.88 cm}^2/\text{U.P)} \times \text{Escala del plano}^2 \text{ (1250)}}{10,000 \text{ cm}^2/\text{m}^2}$$

$$\text{Area en m}^2 \text{ del terreno} = 3037017.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Equivalente a: } 303.7017 \text{ ha.}$$

Ejercicio:

1. Determinar el factor de conversión de un planímetro polar a partir de la siguiente información:

Área de una superficie conocida

$$10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} = 100 \text{ cm}^2$$

Lecturas Iniciales	Lecturas Finales
0000	0880
0880	1763
1763	2640

$$\text{Respuesta: } 0.1136 \text{ cm}^2/\text{U.P}$$

2. Determinar el área que representa un plano a escala 1:125, si utilizando un planímetro polar de brazo fijo con su peso fuera de la figura, se obtuvieron las siguientes lecturas:

	1	2	3
Lectura Inicial	0000	4500	9000
Lectura final	4500	9000	3500

Factor de conversión $0.1 \text{ cm}^2/\text{U.P}$

Respuesta: 703.125 m^2

3. Calcular el área que representa un plano a escala 1: 5000, si utilizando un planímetro polar de brazo fijo con su peso dentro de la figura se obtuvieron las siguientes lecturas:

	1	2	3
Lectura inicial	0000	6220	2440
Lectura final	6220	2440	8660

Factor de conversión $0.11 \text{ cm}^2/\text{U.P}$

Constante del instrumento 14,820

Respuesta: $3,036,000 \text{ m}^2$

4. Calcular el área que representa un plano a escala 1: 500, si utilizando un planímetro polar de brazo fijo con su peso dentro de la figura, se obtuvieron las siguientes lecturas:

	1	2	3
Lectura inicial	0000	0000	0000
Lectura final	12,500	12,499	12,500

Factor de conversión $0.88 \text{ cm}^2/\text{U.P}$

Constante del instrumentos 24295

Respuesta: $809,482.67 \text{ m}^2$

3. Método de Pesada

Es un método mecánico consistente en equiparar el peso de una figura de superficie conocida con el peso de la figura de la superficie que se pretende medir. Para llevar a cabo lo anterior, es necesario contar con lo siguiente:

- a. Área de una superficie conocida a escala determina

da en una hoja de papel.

- b. Plano del terreno a medir a la misma escala y en el mismo tipo de papel que la figura anterior.
- c. Balanza analítica de precisión.

Procedimiento de Trabajo:

1. Cortar una superficie de papel de área plenamente conocida y pesarla en la balanza analítica.
2. Determinar el factor de conversión area/peso (cm^2/area). Para el efecto se divide el área de la figura anterior entre el peso reportado de la misma, con lo cual se estima el factor de conversión de área por unidad de peso.
3. Cortar la superficie de la figura a medir, teniendo cuidado que los bordes de la misma correspondan perfectamente a los linderos de la figura.
4. Pesar la figura del terreno.
5. Establecer el área correspondiente en cm^2 de la figura anterior, para lo cual deberá multiplicarse el factor de conversión anteriormente calculado por el peso de la figura.
6. Establecer el área potencial de la figura medida. Para tal efecto se utiliza la siguiente relación de proporcionalidad:

$$\text{Área del Terreno (cm}^2\text{)} = \left(\frac{\text{Unidades cuadráticas registradas (cm}^2\text{)}}{\text{Escala del plano}} \right)^2$$

$$\text{Área del Terreno (m}^2\text{)} = \frac{\text{Unidades cuadráticas registradas (cm}^2\text{)} \times \text{Escala del plano}}{10,000 \text{ cm}^2/\text{m}^2}$$

Ejemplo:

Determinar el área en m^2 que representa el plano de un terreno a escala 1:750, si su figura tiene un

peso de 1.20 gr. Los datos con que se cuenta, son los siguientes:

Factor de conversión 303.0303 gr/cm^2

1. Determinar el área en cm^2 que representan el peso de la figura.

Unidades Cuadráticas en cm^2	Factor de conversión = $(303.0303 \text{ gr/cm}^2)$	Peso de la figura (1.20 gr)
---------------------------------------	---	--------------------------------

Unidades Cuadráticas en cm^2 = 363.6363 cm^2

2. Determinar el área del terreno en m^2

$$\text{Área del terreno en m}^2 = \frac{363.6363 \text{ cm}^2 \times 750^2}{10,000 \text{ cm}^2/\text{m}^2}$$

$$\text{Área del terreno en m}^2 = 20,454.542 \text{ m}^2$$

- Métodos Geométricos:

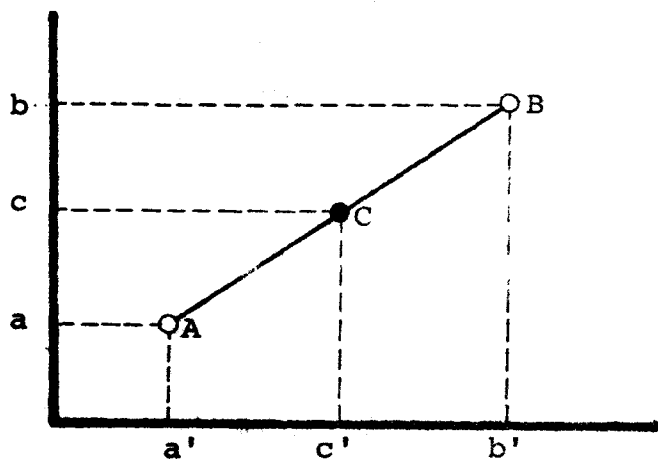
Como fué mencionado anteriormente en el inciso 9.3 del presente capítulo, los métodos geométricos se fundamentan en el conocimiento de las coordenadas cartesianas de los vértices que definen al terreno. Entre los métodos de mayor aplicación se encuentran el Método de Dobles Distancias al Ecuador, Dobles Distancias al Meridiano y Método Matricial o de Coordenadas Totales.

Determinación del área de un polígono por medio de los métodos de Dobles Distancias.

Preliminares:

Asumiendo una recta cualquiera tal como la definida por los puntos A - B de la figura 195.

MERIDIANO



DISTANCIA
AL MERIDIANO
(DM)

DISTANCIA
AL ECUADOR
(DE)

Aa

Aa'

Bb

Bb'

ECUADOR

Fig. 195

Distancias de una línea

- Se denomina "Distancia al Meridiano (D.M.)", a la magnitud de las coordenadas totales en longitud de cada uno de sus puntos. Aa y Bb respectivamente.
- Se denomina "Distancia al Ecuador (D.E.)", a la magnitud de la coordenada total en latitud de cada uno de sus puntos. Aa' y Bb' respectivamente.
- Se denomina "Distancia de una Línea", al valor de las distancias al meridiano (D.M.) o Distancias al Ecuador (D.E.) del punto medio de dicha línea. Cc ó Cc' respectivamente.

$$Cc = \frac{Aa + Bb}{2}$$

$$Cc' = \frac{Aa' + Bb'}{2}$$

Las expresiones Cc y Cc' respectivamente, representan el promedio de las Longitudes Totales y Latitudes Totales de los puntos extremos que definen a la línea.

Se reconoce a 2 Cc y 2 Cc', como las expresiones matemáticas que definen a la Doble Distancia al Meridiano (DDM) y Doble Distancia al Ecuador (DDE) de una línea cualquiera (25)

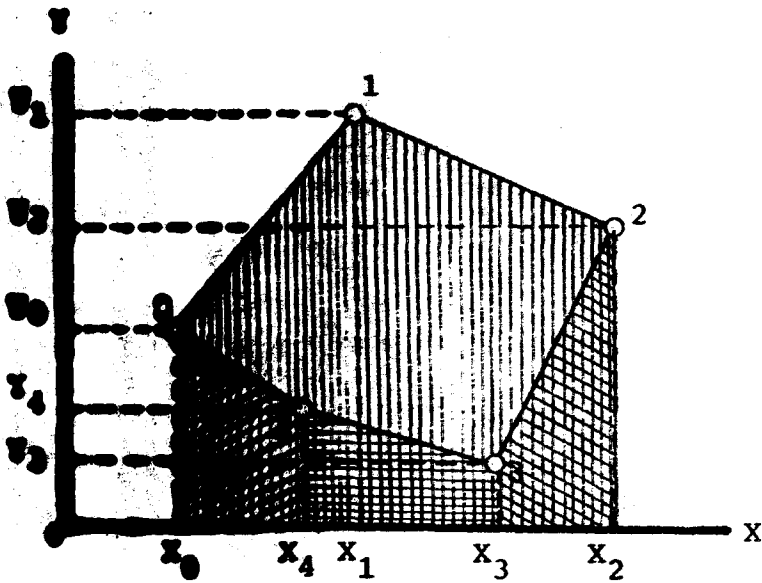
$$2 Cc = Aa + Bb \quad (\text{DDM})$$

$$2 Cc' = Aa' + Bb' \quad (\text{DDE})$$

1. Método de Dobles Distancias al Ecuador:

Es un método basado en el conocimiento de las coordenadas parciales y coordenadas totales de los puntos que constituyen el polígono real de un terreno.

Para poder visualizar el fundamento matemático del presente método, obsérvese la Fig. 196, la cual constituye un polígono que representa de modo general cualquier superficie topográfica.



Est.	P.O.	XT	YT	DDE	
0	1	X_1	Y_1	Y_{0+}	Y_1
1	2	X_2	Y_2	Y_{1+}	Y_2
2	3	X_3	Y_3	Y_{2+}	Y_3
3	4	X_4	Y_4	Y_{3+}	Y_4
4	0	X_0	Y_0	Y_{4+}	Y_0

Fig. 196

Fundamento Matemático del Método DDE

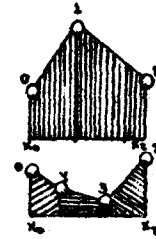
Como se aprecia en la figura anterior, el área limitada por los puntos 0-1-2-3-4-0, puede que dar definida por la diferencia entre las superficies $X_0, 0, 1, 2, X_2, X_0$ y $X_0, 0, 4, 3, 2, X_2, X_0$

Area del polígono = Area de A - Area de B

En donde:

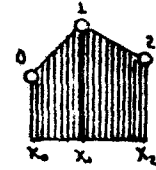
$$\text{Area de A} = X_0, 0, 1, 2, X_2, X_0$$

$$\text{Area de B} = X_0, 0, 4, 3, 2, X_2, X_0$$



a. Desarrollar el área de los trapecios que conforman el Area A

$$\text{Area A} = X_0, 0, 1, X_1, X_0 + X_1, 1, 2, X_2, X_1$$



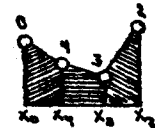
Lo que equivale a indicar:

$$\text{Area A} = \frac{\textcircled{a} Y_0 + Y_1}{2} (X_1 - X_0) + \frac{\textcircled{c} Y_1 + Y_2}{2} (X_2 - X_1) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

En donde los términos \textcircled{a} y \textcircled{c} representan la Distancia al Ecuador de los linderos $0-1$ y $1-2$ respectivamente, mientras que los términos \textcircled{b} y \textcircled{d} constituyen las longitudes parciales de los P.O. de cada linderero.

b. Desarrollar el área de los trapecios que conforman el Area B

$$\text{Area B} = X_2, 2, 3, X_3, X_2 + X_3, 3, 4, X_4, X_3 + X_4, 4, 0, X_0, X_4$$



Lo que equivale a indicar:

$$\text{Area B} = \frac{\textcircled{e} Y_2 + Y_3}{2} (X_3 - X_2) + \frac{\textcircled{g} Y_3 + Y_4}{2} (X_4 - X_3) + \frac{\textcircled{i} Y_4 + Y_0}{2} (X_0 - X_4) \quad \text{(Ecuación 3)}$$

En donde los términos \textcircled{e} , \textcircled{g} e \textcircled{i} constituyen la Distancia al Meridiano de los linderos $2-3$, $3-4$ y $4-0$

respectivamente, mientras que los términos (f) , (h) y (j) representan las longitudes parciales de los P.O de cada lindero.

c. Sustituir las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación (1)

$$\text{Area del Polígono} = \left[\frac{Y_0 + Y_1}{2} (X_1 - X_0) + \frac{Y_1 + Y_2}{2} (X_2 - X_1) \right] - \left[\frac{Y_2 + Y_3}{2} (X_3 - X_2) + \frac{Y_3 + Y_4}{2} (X_4 - X_3) + \frac{Y_4 + Y_0}{2} (X_0 - X_4) \right]$$

Operando la expresión anterior:

$$\text{Area del Polígono} = \frac{\begin{matrix} \text{(k)} & \text{(l)} & \text{(m)} & \text{(n)} & \text{(ñ)} \\ (Y_0 + Y_1) (X_1 - X_0) + (Y_1 + Y_2) (X_2 - X_1) - (Y_2 + Y_3) \\ \\ \text{(o)} & \text{(p)} & \text{(q)} & \text{(r)} & \text{(s)} \\ (X_3 - X_2) - (Y_3 + Y_4) (X_4 - X_3) - (Y_4 + Y_0) (X_0 - X_4) \end{matrix}}{2}$$

En donde los términos (k) , (m) , (ñ) , (p) y (r) , representan las DDE de los linferos 0^{-1} , 1^{-2} , 2^{-3} , 3^{-4} y 4^{-0} respectivamente, mientras que los términos (l) , (n) , (o) , (q) y (s) , constituyen las Longitudes Parciales de los puntos observados de cada lindero.

En conclusión puede indicarse que el área de un polígono cualquiera calculado por medio del método de DDE resulta ser igual a: "El valor absoluto de la semisuma algebraica de los productos de las DDE de cada lindero, multiplicada por la longitud parcial de los puntos observados del correspondiente lindero".

$$\text{Area del Polígono} = \left| \sum \frac{(Y_n + Y_{n+1}) \cdot (X_{n+1} - X_n)}{2} \right|$$

Donde:

Y_n = Latitud Total de la estación

Y_{n+1} = Latitud Total del punto observado

X_{n+1} = Longitud Total del punto observado

X_n = Longitud Total de la estación.

La expresión $(X_{n+1} - X_n)$ es equivalente a la longitud parcial del punto observado. (7, 10, 16, 23, 25).

Ejemplo Analítico:

Asumiendo los datos de coordenadas parciales y totales de un polígono geoméricamente cerrado, desarrollar la mecánica para el cálculo del área por medio del método de Dobles Distancias al Ecuador.

1. Información básica de gabinete

Est.	P.O.	D.H	Rumbo	Long. Parc.	Lat. Parc.	Long. Total	Lat. Total
0	1	A	R ₁	x _{p1}	y _{p1}	x _{T1}	y _{T1}
1	2	B	R ₂	x _{p2}	y _{p2}	x _{T2}	y _{T2}
2	3	C	R ₃	x _{p3}	y _{p3}	x _{T3}	y _{T3}
3	4	D	R ₄	x _{p4}	y _{p4}	x _{T4}	y _{T4}
4	0	E	R ₀	x _{p0}	y _{p0}	x _{T0}	y _{T0}

Observaciones: La estación 0 se encuentra en el origen del sistema.

2. Conociendo las latitudes totales de los puntos del terreno, estimar el valor de DDE de cada lindero.

(n) Est.	(n+1) P.O	Long. Total	Lat. Total	DDE = $(y_{T_n} + y_{T_{n+1}})$
0	1	x _{T1}	y _{T1}	y _{T0} + y _{T1}
1	2	x _{T2}	y _{T2}	y _{T1} + y _{T2}
2	3	x _{T3}	y _{T3}	y _{T2} + y _{T3}
3	4	x _{T4}	y _{T4}	y _{T3} + y _{T4}
4	0	x _{T0}	y _{T0}	y _{T4} + y _{T0}

3. Multiplicar la DDE de cada lindero por la longitud parcial correspondiente del P.O.

Est.	P.O.	Long. Parc.	Lat. Parc.	DDE	DDE . (Long. parc.)
0	1	x_{p_1}	y_{p_1}	$Y_{T_0} + Y_{T_1}$	$(Y_{T_0} + Y_{T_1}) (x_{p_1})$
1	2	x_{p_2}	y_{p_2}	$Y_{T_1} + Y_{T_2}$	$(Y_{T_1} + Y_{T_2}) (x_{p_2})$
2	3	x_{p_3}	y_{p_3}	$Y_{T_2} + Y_{T_3}$	$(Y_{T_2} + Y_{T_3}) (x_{p_3})$
3	4	x_{p_4}	y_{p_4}	$Y_{T_3} + Y_{T_4}$	$(Y_{T_3} + Y_{T_4}) (x_{p_4})$
4	0	x_{p_0}	y_{p_0}	$Y_{T_4} + Y_{T_0}$	$(Y_{T_4} + Y_{T_0}) (x_{p_0})$
					\sum DDE . (Long. parc.)

4. Calcular el área del polígono

$$\text{Area} = \frac{\sum \text{DDE} \cdot (\text{Long. Parc.})}{2}$$

Ejemplo numérico:

Conociendo las Coordenadas Parciales y Totales de los vertices de un terreno. Determinar el área del mismo por medio del sistema de Dobles Distancias al Ecuador.

Información Básica de Gabinete:

(n) Est.	(n+1) P.O.	Coordenadas Parciales		Coordenadas Totales	
		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
0	1	+120.8144	- 2.3497	+120.8144	- 2.3497
1	2	- 5.9049	-223.0045	+114.9095	-225.3542
2	3	-179.3767	+ 6.1058	- 64.4672	-219.2484
3	4	- 0.5592	+110.2486	- 65.0264	-108.9998
4	5	+ 55.0180	- 1.5374	- 10.0084	-110.5372
5	0	+ 10.0084	+110.5372	00.0000	00.0000

- ① Calcular la DDE de cada uno de los linderos. $(Y_{T_n} + Y_{T_{n+1}})$
- ② Multiplicar el valor de la DDE por la longitud parcial de los P.O de cada lindero. $(DDE \times x_{p_{n+1}})$

3 Calcular el área del polígono. ($\sum DDE \times xp_{n+1} / 2$)

Completar el cuadro siguiente:

Est.	P.O.	Coordenadas Parciales		Coordenadas Totales		DDE	DDE X Long. parc.	
		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud			
0	1	+120.8144	- 2.3497	+120.8144	- 2.3497	- 2.3497	- 283.8775	
1	2	- 5.9049	-223.0045	+114.9095	-225.3542	-227.7039	+ 1344.5687	
2	3	-179.3767	+ 6.1058	- 64.4672	-219.2484	-444.6026	+79751.347	
3	4	- 0.5592	+110.2486	- 65.0264	-108.9998	-328.2482	+ 183.5563	
4	5	+ 55.0180	- 1.5374	- 10.0084	-110.5372	-219.5370	-12078.486	
5	0	+ 10.0084	+110.5372	00.0000	00.0000	-110.5372	- 1106.3005	
							\sum	+67810.808

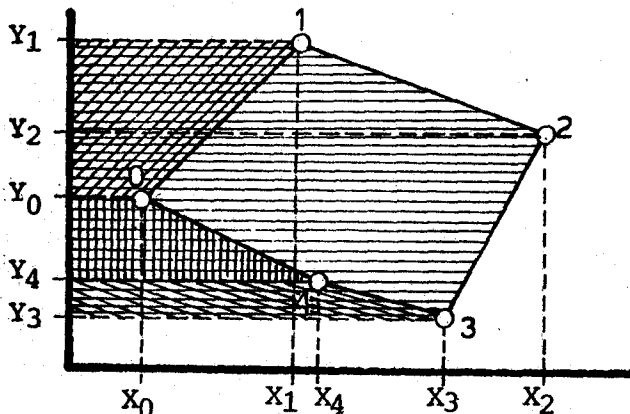
$$3 \text{ Area} = \frac{67810.808 \text{ m}^2}{2}$$

$$\text{Area del polígono } 0,1,2,3,4,5,0 = 33,905.4041 \text{ m}^2$$

2. Método de Dobles Distancias al Meridiano

Al igual que el método anterior se basa en el conocimiento de las coordenadas Parciales y Totales de los vértices del terreno.

Para comprender el fundamento matemático del método de DDM, obsérvese la Fig. 197 y su respectivo análisis el cual representan de modo general cualquier polígono cerrado.



Est.	P.O.	XT	YT	DDM
0	1	X ₁	Y ₁	X ₀ + X ₁
1	2	X ₂	Y ₂	X ₁ + X ₂
2	3	X ₃	Y ₃	X ₂ + X ₃
3	4	X ₄	Y ₄	X ₃ + X ₄
4	0	X ₀	Y ₀	X ₄ + X ₀

Fig. 197

Fundamento matemático del método DDM.

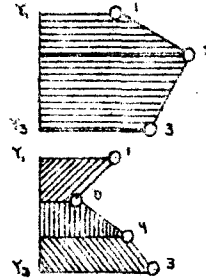
El área del polígono 0,1,2,3,4,0, esta definida por la diferencia entre las superficies $Y_1,1,2,3,Y_3,Y_1$ y $Y_1,1,0,4,3,Y_3,Y_1$.

Area del polígono = Area de A - Area de B (Ecuación 1)

En donde:

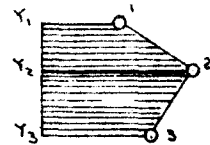
Area de A = $Y_1,1,2,3,Y_3,Y_1$

Area de B = $Y_1,1,0,4,3,Y_3,Y_1$



a. Desarrollando el área de los trapecios que conforman el Area A

Area A = $Y_1,1,2,Y_2,Y_1$ + $Y_2,2,3,Y_3,Y_2$



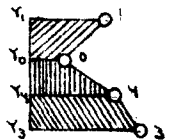
Lo que equivale a indicar:

$$\text{Area A} = \frac{\textcircled{a} X_1 + X_2}{2} (Y_2 - Y_1) + \frac{X_2 + X_3 \textcircled{c}}{2} (Y_3 - Y_2) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

En donde los términos \textcircled{a} y \textcircled{c} representan la Distancia al Meridiano de los linderos $\overline{13}$ y $\overline{23}$ respectivamente, mientras que los términos \textcircled{b} y \textcircled{d} se constituyen en las latitudes parciales de cada uno de los puntos observados de los linderos respectivos.

b. Desarrollar el área de los trapecios que conforman el Area B

Area B = $Y_1,1,0,Y_0,Y_1$ + $Y_0,0,4,Y_4,Y_0$ + $Y_4,4,3,Y_3,Y_4$



Lo que equivale a indicar:

$$\text{Area de B} = \frac{\textcircled{e} X_0 + X_1 \textcircled{f}}{2} (Y_1 - Y_0) + \frac{X_4 + X_0 \textcircled{g}}{2} (Y_0 - Y_4) + \frac{X_3 + X_4 \textcircled{i}}{2} (Y_4 - Y_3) \quad \text{(Ecuación 3)}$$

En donde los términos \textcircled{e} , \textcircled{g} e \textcircled{i} , representan la Distancia al Meridiano de los linderos $\overline{0-1}$, $\overline{4-0}$ y $\overline{3-4}$ respectivamente, mientras que los términos \textcircled{f} , \textcircled{h} y \textcircled{j} , se constituyen en las Latitudes Parciales de los puntos observados de los respectivos linderos.

c. Sustituir las ecuaciones (2) y (3) en la ecuación (1)

$$\text{Area del Polígono} = \left[\frac{X_1+X_2}{2} (Y_2-Y_1) + \frac{X_2+X_3}{2} (Y_3-Y_2) \right] - \left[\frac{X_0+X_1}{2} (Y_1-Y_0) + \frac{X_4+X_0}{2} (Y_0-Y_4) + \frac{X_3+X_4}{2} (Y_4-Y_3) \right]$$

Operando la expresión anterior:

$$\text{Area del Polígono} = \frac{\textcircled{k} \textcircled{l} \textcircled{m} \textcircled{n} \textcircled{\bar{n}} \textcircled{o}}{(X_1+X_2)(Y_2-Y_1) + (X_2+X_3)(Y_3-Y_2) - (X_0+X_1)(Y_1-Y_0) - (X_4+X_0)(Y_0-Y_4) - (X_3+X_4)(Y_4-Y_3)}$$

En donde los términos \textcircled{k} , \textcircled{m} , $\textcircled{\bar{n}}$, \textcircled{p} y \textcircled{r} , representan las DDM de los linderos que conforman el polígono, mientras que los términos \textcircled{l} , \textcircled{n} , \textcircled{o} , \textcircled{q} y \textcircled{s} , constituyen las Latitudes Parciales de los puntos observados de cada lindero.

En conclusión puede indicarse que el valor del área de un polígono cualquiera por medio del método de DDM resulta ser igual a: "El valor absoluto de las semisuma algebraica de los productos de las DDM de cada lindero, multiplicada por la Latitud Parcial de los puntos observados del correspondiente lindero".

$$\text{Area del Polígono} = \left| \frac{\sum (X_n + X_{n+1}) \cdot (Y_{n+1} - Y_n)}{2} \right|$$

Donde:

- X_n = Longitud Total de la estación
 X_{n+1} = Longitud Total del punto observado
 Y_n = Latitud Total de la estación
 Y_{n+1} = Latitud Total del punto observado

La expresión $(Y_{n+1} - Y_n)$, equivale a la Latitud parcial del punto observado. (7,10,12,18,26).

Ejemplo Analítico:

Asumiendo la información básica de gabinete, calcular por medio del método de DDM el área de un terreno.

1. Información básica de gabinete

Est.	P.O	D.h	Rumbo	Long. Parc.	Lat. Parc.	Long. Total	Lat. Total
0	1	A	R_1	x_{p1}	y_{p1}	x_{T1}	y_{T1}
1	2	B	R_2	x_{p2}	y_{p2}	x_{T2}	y_{T2}
2	3	C	R_3	x_{p3}	y_{p3}	x_{T3}	y_{T3}
3	4	D	R_4	x_{p4}	y_{p4}	x_{T4}	y_{T4}
4	0	E	R_0	x_{p0}	y_{p0}	x_{T0}	y_{T0}

Observaciones: La estación 0 se encuentra en el origen del sistema.

2. Conociendo las Longitudes Totales de cada punto, determinar la DDM de cada lindero.

(n) Est.	(n+1) P.O.	Long. Total	Lat. Total	DDM = (X _n + X _{n+1})
0	1	XT ₁	YT ₁	XT ₀ + XT ₁
1	2	XT ₂	YT ₂	XT ₁ + XT ₂
2	3	XT ₃	YT ₃	XT ₂ + XT ₃
3	4	XT ₄	YT ₄	XT ₃ + XT ₄
4	0	XT ₀	YT ₀	XT ₄ + XT ₀

3. Multiplicar la DDM de cada lindero por la latitud parcial correspondiente del P.O

Est.	P.O.	Long. Par.	Lat. Par.	D.D.M	DDM (Lat. Parc.)
0	1	XP ₁	YP ₁	XT ₀ + XT ₁	(XT ₀ + XT ₁) (YP ₁)
1	2	XP ₂	YP ₂	XT ₁ + XT ₂	(XT ₁ + XT ₂) (YP ₂)
2	3	XP ₃	YP ₃	XT ₂ + XT ₃	(XT ₂ + XT ₃) (YP ₃)
3	4	XP ₄	YP ₄	XT ₃ + XT ₄	(XT ₃ + XT ₄) (YP ₄)
4	0	XP ₀	YP ₀	XT ₄ + XT ₀	(XT ₄ + XT ₀) (YP ₀)
					Σ DDM.(Lat. Parc.)

4. Calcular el área del polígono

$$\text{Area} = \left| \frac{\sum \text{DDM} \cdot (\text{Lat. Par.})}{2} \right|$$

Ejemplo Numérico:

Asumiendo los valores de coordenadas Parciales y Totales presentados en el ejemplo numérico de la pag. 33 para poder establecer un comparativo con los resultados obtenidos por medio del método de DDE.

Procedimiento Analítico:

- ① Calcular la DDM de cada uno de los linderos. (XT_n + XT_{n+1})

- ② Multiplicar el valor de DDM por la Latitud Parcial del punto observado del lindero correspondiente.

$$(DDM \times y_{p_{n+1}})$$

- ③ Calcular el área del polígono. $(DDM \times h_{p_{n+1}} / 2)$

Completar el cuadro siguiente:

Est.	P.O	Coordenadas Paricales		Coordenadas Totales		DDM	DDM X Lat. Parc
		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud		
0	1	+120.8144	- 2.3497	+120.8144	- 2.3497	+120.8144	+ 283.8775
1	2	- 5.9049	-223.0045	+114.9095	-225.3542	+235.7239	-52567.490
2	3	-179.3767	+ 6.1058	- 64.4672	-219.2484	+ 50.4423	+ 307.9305
3	4	- 0.5592	+110.2486	- 65.0264	-108.9998	-129.4936	-14276.488
4	5	+ 55.0180	- 1.5374	- 10.0084	-110.5372	- 75.0348	+ 115.3585
5	0	+ 10.0084	+110.5372	00.0000	00.0000	- 10.0084	- 1106.3005
							-67810.807

$$\textcircled{3} \text{ Area} = \left| \frac{-67810.807 \text{ m}^2}{2} \right|$$

$$\text{Area del polígono } 0,1,2,3,4,5,0 = 33,905.404 \text{ m}^2$$

3. Método de Coordenadas Totales o Método Matricial

Es un método basado en el conocimiento de los valores de las proyecciones totales de los vértices del polígono de interés. El fundamento matemático bajo el cual se basa, es similar en su contexto geométrico al presentado por los métodos anteriores, es decir, detallan su análisis en la formación y desarrollo de figuras trapecoides que conforman el polígono real.

El método de Coordenadas Totales o Matricial debe su nombre a que utiliza únicamente los valores de Longitud y Latitud Total, los cuales se ordenan mediante un arreglo para el cálculo del área referida.

Para poder visualizar el fundamento matemático del presente método, obsérvese las figuras 198a y 198b.

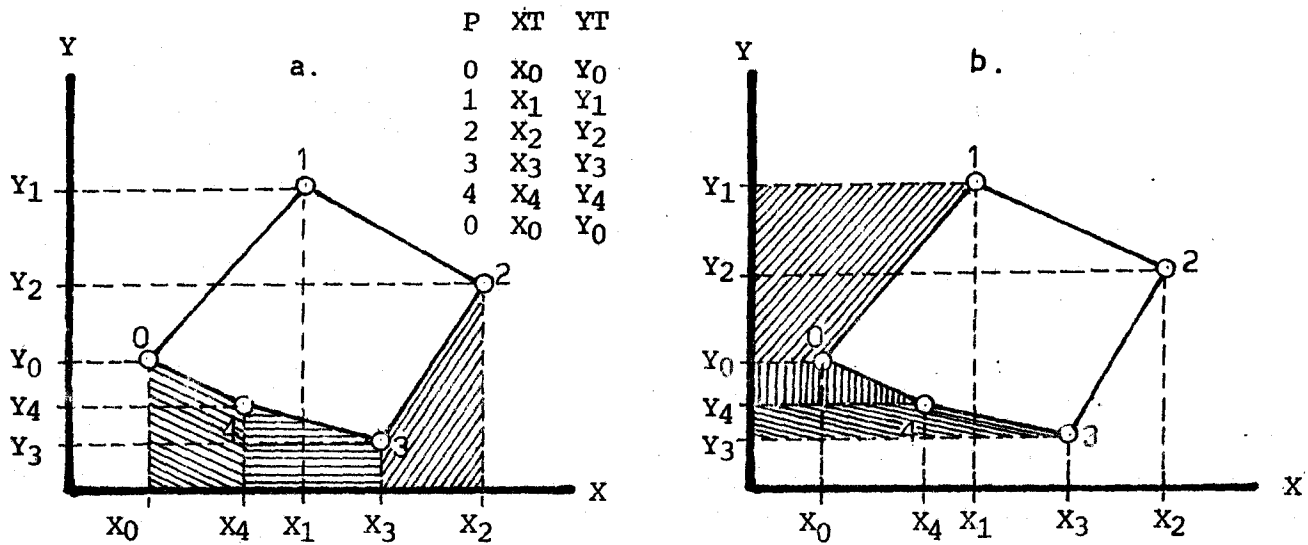


Fig. 198

Fundamentos del Método Matricial

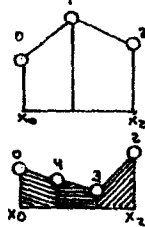
Como se puede observar en las figuras anteriores, no importa la forma de proyección de las figuras trapezoidales sobre el meridiano o ecuador del plano cartesiano, al final de la operatoria diferencial, el área o superficie de interés (sección no pintada) resulta ser la misma.

Demostración matemática. (Basada en la fig. 198a)

Area del polígono = Area A - Area B
 0,1,2,3,4,0

Area A = X₀,0,1,2,X₂,X₀

Area B = X₀,0,4,3,2,X₂,X₀



- Determinar el área diferencial de los trapezios que conforman el polígono 0,1,2,3,4,0.

$$\text{Area del Polígono} = \left[\frac{Y_0+Y_1}{2} (X_1-X_0) + \frac{Y_1+Y_2}{2} (X_2-X_1) \right] - \left[\frac{Y_0+Y_4}{2} (X_4-X_0) + \frac{Y_4+Y_3}{2} (X_3-X_4) + \frac{Y_3+Y_2}{2} (X_2-X_3) \right]$$

2. Desarrollar el área de los trapecios que se consideran en la expresión anterior.

$$\begin{aligned} \text{Area del Polígono} = & \left[\frac{(Y_0X_1 - Y_0X_0 + Y_1X_1 - Y_1X_0)}{2} + \frac{(Y_1X_2 + Y_1X_1 + Y_2X_2 - Y_2X_1)}{2} \right] - \\ & \left[\frac{(Y_0X_4 - Y_0X_0 + Y_4X_4 - Y_4X_0)}{2} + \frac{(Y_4X_3 - Y_4X_4 + Y_3X_3 - Y_3X_4)}{2} + \right. \\ & \left. \frac{(Y_3X_2 - Y_3X_3 + Y_2X_2 - Y_2X_3)}{2} \right] \end{aligned}$$

3. Ejecutar las operaciones indicadas de la etapa anterior:

$$\begin{aligned} \text{Area del} \\ 2 \text{ (Polígono)} = & Y_0X_1 - Y_0X_0 + Y_1X_1 - Y_1X_0 + Y_1X_2 - Y_1X_1 + Y_2X_2 - Y_2X_1 - \\ & Y_0X_4 + Y_0X_0 - Y_4X_4 + Y_4X_0 - Y_4X_3 + Y_4X_4 - Y_3X_3 + Y_3X_4 - \\ & Y_3X_2 + Y_3X_3 - Y_2X_2 + Y_2X_3 \end{aligned}$$

4. Eliminando términos semejantes y ordenando la ecuación en función de signos y variable.

$$\begin{aligned} \text{Area del} \\ 2 \text{ (Polígono)} = & \left[Y_0X_1 + Y_1X_2 + Y_2X_3 + Y_3X_4 + Y_4X_0 \right] - \\ & \left[Y_1X_0 + Y_2X_1 + Y_3X_2 + Y_4X_3 + Y_0X_4 \right] \end{aligned}$$

La expresión anterior es similar a la que se puede encontrar si se agrupan las coordenadas totales en forma matricial y se desarrolla su determinante, tal y como se observa a continuación:

P	YT	XT
0	Y ₀	X ₀
1	Y ₁	X ₁
2	Y ₂	X ₂
3	Y ₃	X ₃
4	Y ₄	X ₄
0	Y ₀	X ₀

Valor absoluto de:

2 área = Sumatoria algebraica del producto YX ↘
 menos
 Sumatoria algebraica del producto YX ↗

$$2 \text{ área} = \left| \sum Y \cdot X \searrow - \sum Y \cdot X \nearrow \right|$$

$$\text{Area del polígono} = \left| \begin{array}{c} [Y_0X_1 + Y_1X_2 + Y_2X_3 + Y_3X_4 + Y_4X_0] \\ - \\ [Y_1X_0 + Y_2X_1 + Y_3X_2 + Y_4X_3 + Y_0X_4] \end{array} \right|$$

Observe que en el desarrollo matricial anterior, las coordenadas del primer vértice (punto 0 en este caso), son colocadas nuevamente al final del ordenamiento, ello es debido a que se habla de un polígono cerrado, razón por la cual al ser utilizado este método en el cálculo del área de un polígono, es necesario volver a copiar las coordenadas totales del primer punto al final del ordenamiento de las mismas.

La posición de las columnas (Longitud - Latitud) o (Latitud - Longitud) no varía el valor absoluto de la determinante, por lo cual no interesa como éstas sean colocadas en el registro de gabinete. (7, 10, 16).

Ejemplo numérico

Asumiendo los datos de gabinete presentados en los ejercicios numéricos de los métodos DDE y DDM. Establecer el área del polígono por medio del método matricial.

Procedimiento analítico

- ① Copiar al final de las últimas coordenadas del polígono real, las coordenadas totales del primer punto observado.
- ② Determinar el valor del área del polígono por medio del desarrollo de la determinante. (2 área = $\left| \sum X \cdot Y \searrow - \sum X \cdot Y \nearrow \right|$)

Est.	P.O	Coordenadas Parciales		Coordenadas Totales			
		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud		
0	1	+120.8144	- 2.3497	+120.8144	- 2.3497	-	- 270.0028
1	2	- 5.9049	-223.0045	+114.9095	-225.3542	-27226.032	+14527.954
2	3	-179.3767	+ 6.1058	- 64.4672	-219.2484	-25193.724	+14256.934
3	4	- 0.5592	+110.2486	- 65.0264	-108.9998	+ 7026.9119	+ 1090.9135
4	5	+ 55.0180	- 1.5374	- 10.0084	-110.5372	+ 7187.8361	000.000
5	0	+ 10.0084	+110.5372	00.0000	00.0000	00.000	00.000
				+120.8144	- 2.3497	1 38209.009	29605.799

$$2 \quad 2 \text{ Area} = \left| \sum X.Y - \sum X.Y \right|$$

$$2 \text{ Area} = (-38205.009) - (+29605.799)$$

$$2 \text{ Area} = -67810.808 \text{ m}^2$$

$$\text{Area} = 33,905.404 \text{ m}^2$$

Ejercicios

Determinar el área de los polígonos que se presentan a continuación, empleando para su efecto los métodos de Dobles Distancias y Matricial.

Ejercicio 1

Est.	P.O	Long. Par.	Lat. Par	Long. Total	Lat. Total
0	1	+ 37.3616	+ 37.1436	+ 37.3616	+ 37.1436
1	2	+ 8.4836	+ 41.9935	+ 45.8452	+ 79.1371
2	3	- 57.2456	- 76.8894	- 11.4004	+ 2.2477
3	0	+ 11.4004	- 2.2477	00.0000	00.0000

Respuesta: 1,129.5368 m²

Ejercicio 2

Est.	P.O	Long. Par.	Lat. Par	Long. Total	Lat. Total
Oa	Ob	+ 30	- 40	+ 60	+ 30
Ob	Oc	- 40	-110	+ 50	- 80
Oc	Od	- 80	+ 20	- 30	- 60
Od	Oe	- 20	+110	- 50	+ 50
Oe	Oa	+ 80	+ 20	+ 30	+ 70

Respuesta: 12,250.00 m²

Ejercicio 3

Est.	P.O	Long. Par.	Lat. Par.	Long. Total	Lat. Total
OA	1A			+ 90.5012	- 50.4315
1A	2A			- 40.3000	-110.2010
2A	2B			- 80.0000	- 50.0000
2B	OA			+ 35.4010	+ 80.1220

Calcular previamente el valor de las coordenadas parciales.

Respuesta: 16,241.4823 m²

9.5 Ajuste y cálculo de las coordenadas de un polígono cerrado levantado sobre los linderos del terreno.

9.5.1 Introducción

Todo polígono cerrado tal y como su nombre lo indica debe ser geométrica y matemáticamente completo, lo cual implica que el punto de origen del levantamiento constituye el final del mismo.

Las condiciones anteriores generalmente nunca se logran obtener con los datos recabados en el campo, ya que estos normalmente poseen pequeños errores angulares o lineales que impiden que se cumpla la condición anterior ideal.

Los errores cometidos en los ángulos direccionales o en los traslados de estación del instrumento, pueden ser comprobados fácilmente antes de dejar el campo. En el capítulo anterior se detalló claramente la forma de estimar el error de cierre angular cometido a lo largo de un levantamiento, y los criterios técnicos-legales para aceptar o rechazar los datos de campo en base a la precisión del cierre angular requerido. Los errores lineales por su parte, únicamente pueden ser verificados por medio de cálculos matemáticos realizados en gabinete, y al igual que el anterior resulta ser determinante para aceptar o rechazar el trabajo de campo.

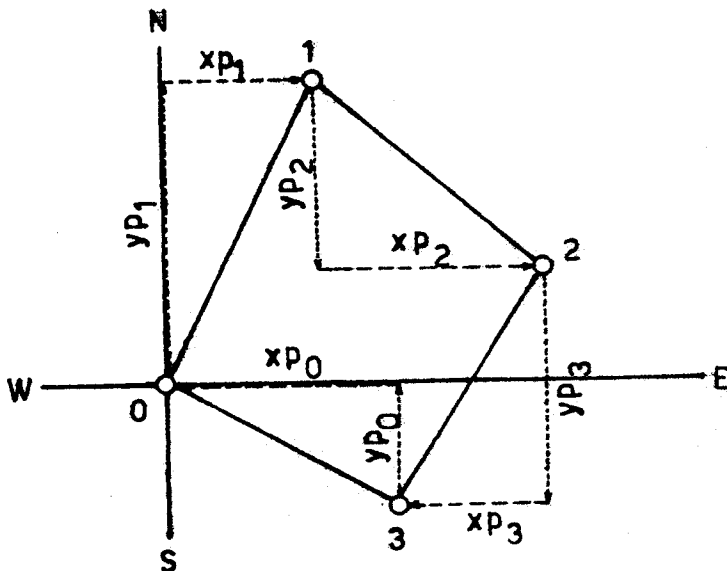
En el presente inciso se hará énfasis en la forma de establecer el error de cierre lineal cometido, los criterios técnico - legales para aceptar o rechazar los datos de campo en base al grado de precisión en el cierre en distancia requerido, la forma de lograr el ajuste del error lineal cometido y la determinación de las coordenadas totales compensadas del polígono cerrado.

9.5.2 Determinación del error de cierre unitario en distancia

El principio de "Un Cierre Perfecto", implica que la sumatoria algebraica de las coordenadas parciales de los linderos de un polígono, tanto en Longitud como en Latitud deben ser igual a cero. Ver Fig. 199

$$\sum \text{Norte} - \sum \text{Sures} = 0$$

$$\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes} = 0$$



Est.	P.O	xp	YP
0	1	xp ₁	YP ₁
1	2	xp ₂	YP ₁
2	3	xp ₃	YP ₃
3	0	xp ₀	YP ₀

$$\sum = 0 \quad 0$$

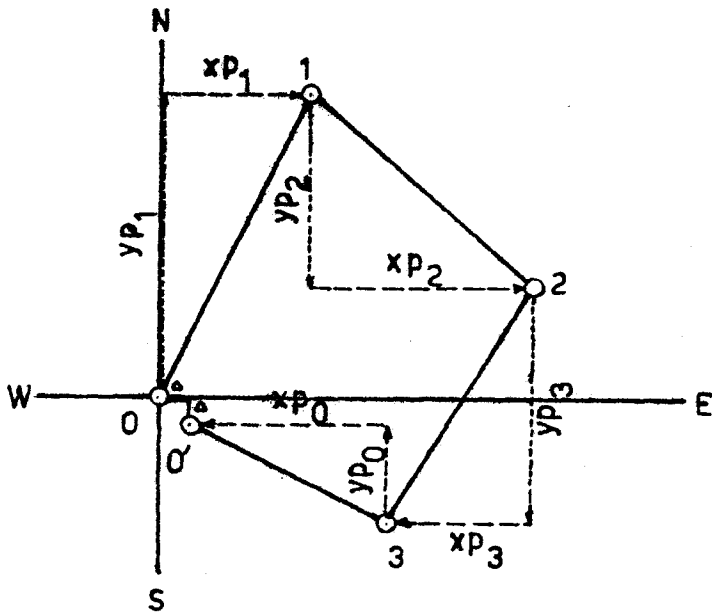
$$\sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures} = 0$$

$$\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes} = 0$$

Fig. 199
Condiciones de un cierre perfecto.

El no cumplimiento de las condiciones anteriores establece la existencia de los Errores de Cierre en Proyección, los cuales representan un pequeño valor diferencial en las Longitudes y/o Latitudes, los cuales impiden el cumplimiento del principio de un polígono cerrado.

Ver Fig. 200



Est.	P.O	x _p	y _p
0	1	x _{p1}	y _{p1}
1	2	x _{p2}	y _{p2}
2	3	x _{p3}	y _{p3}
3	0	x _{p0}	y _{p0}
$\Sigma = \pm \Delta \pm \Delta$			

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Nortes} & - \Sigma \text{ Sures} \neq 0 \\ \Sigma \text{ Estes} & - \Sigma \text{ Oestes} \neq 0 \end{aligned}$$

Fig. 200
Errores de cierre en proyección

La existencia de alguna diferencia entre longitudes y/o latitudes parciales permiten la formación del Error de Cierre en Distancia, el cual es representado por la magnitud de la distancia horizontal existente entre el punto de origen y el punto de finalización del levantamiento. El valor de dicho error es calculado mediante la aplicación del teorema de Pitágoras, en donde la hipotenusa se constituye en la magnitud de dicho error y los catetos representan los valores de los error de cierre en proyección. Ver Fig. 201

$$\text{Error de cierre en Distancia (ECD)} = \sqrt{(\text{Error de cierre en Longitud p.})^2 + (\text{Error de cierre en Latitud p.})^2}$$

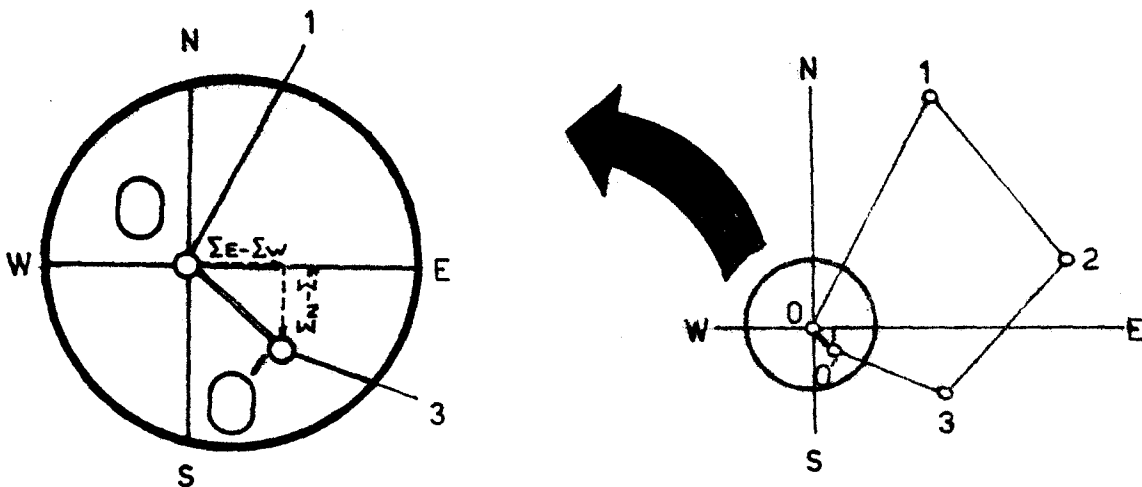


Fig. 201
 Representación gráfica del error de cierre
 en distancia

El valor unitario del Error de Cierre en Distancia cometido a lo largo del recorrido del caminamiento, es denominado "Error Unitario en Distancia (EUD)", el cual es calculado al dividir el valor del ECD entre la sumatoria del perímetro del polígono levantado.

$$\text{Error de Cierre Unitario en Distancia (EUD)} = \frac{\text{Error de Cierre en Distancia (ECD)}}{\text{Perímetro del polígono. (D.h de los linderos del terreno.)}}$$

(7)

Ejemplo Analítico:

Procedimiento lógico para establecer la magnitud del EUD.

1. Obtener los registros de campo y hacer un ordenamiento en gabinete de los mismos.

Est.	P.o	D.h.	Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones

2. Transformar los ángulos direccionales registrados en campo al sistema Rumbo directo. Efectuar el cálculo matemático necesario para la determinación de la Longitud y Latitud parcial de cada uno de los P.O

Est.	P.O	D.h	Rumbo	Seno	Coseno	Coordenadas Parciales			
						Seno X D.h		Coseno X D.h	
						Este	Oeste	Norte	Sur
						$\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes}$		$\sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures}$	
						+ Δ		+ Δ	
						Diferencia		Diferencia	

3. Establecer la sumatoria algebraica de las Longitud y Latitudes parciales respectivamente,

$$\begin{aligned} \sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes} &= \text{diferencia} + \delta - \\ \sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures} &= \text{diferencia} + \delta - \end{aligned}$$

La existencia de alguna diferencia es reconocida como Error de Proyección. El signo de dicho error determina hacia donde fué mayor el desplazamiento del caminamiento.

4. Calcular la magnitud del error de cierre en distancia.

$$E.C.D = \sqrt{\begin{matrix} \text{Error de proyección}^2 \\ \text{en Longitud} \end{matrix} + \begin{matrix} \text{Error de proyección}^2 \\ \text{en Latitud} \end{matrix}}$$

O lo que es lo mismo:

$$E.C.D. = \sqrt{(\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes})^2 + (\sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures})^2}$$

5. Calcular el error de cierre unitario en distancia.

$$E.U.D = \frac{\text{Error de Cierre en Distancia (E.C.D.)}}{\sum \text{Distancias Horizontales de los linderos del polígono.}}$$

Ejemplo numérico:

Determinar la magnitud del error de cierre unitario en distancia del siguiente levantamiento. El método utilizado fue el de Conservación de Azimut a 180° .

1. Obtener los registros de campo y hacer un ordenamiento de los mismos.

Est.	P.o	Lectura de Hilos			Ang. Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi			
0	1	1.526	1.263	1.000	91°	$45^\circ 09' 00''$	
1	2	1.430	1.215	1.000	94°	$191^\circ 24' 59''$	
2	3	2.460	1.980	1.5000	90°	$216^\circ 40' 59''$	
3	0	1.616	1.558	1.5000	38°	$281^\circ 11' 12''$	
0	1					$45^\circ 09' 06''$	

Error de cierre angular permitido ($06'' \sqrt{4}$) = $12''$

2. Calcular el valor de las coordenadas parciales de cada lindero.

Procedimiento Analítico:

- Calcular el valor de D.h ($D.h = 100 (hs - hi) \cos^2 i$).
- Transferir el valor del Azimut a Rumbos Directos.
- Calcular el valor del seno y coseno de los rumbos.
- Determinar el valor de las coordenadas parciales (long. parc. = Seno Rumbo X D.h; Lat.par.= Cos.Rumbo X D.h)

Completar el siguiente cuadro:

Est.	P.O	D.h.	Rumbo	Seno	Coseno	Longitud Parcial		Latitud Parcial	
						Este	Oeste	Norte	Sur
0	1	52.5839	N 45° 09' 00" E	+0.70895	+0.70525	37.2793		37.0847	
1	2	42.7907	N 11° 24' 59" E	+0.19793	+0.98021	8.4695		41.9436	
2	3	96.0000	S 36° 40' 59" W	-0.59798	-0.80195		57.4060		76.9872
3	0	11.5858	S 78° 48' 48" E	-0.98100	-0.19400	11.3656			2.2476
202.9604						57.1144	57.4060	79.0285	79.2348

3. Determinar la magnitud de los errores de cierre de proyección

$$\text{Error de cierre en Longitud} = \sum \text{Estes (57.1144)} - \sum \text{Oestas (57.4060)}$$

$$\text{Error de cierre en Longitud} = -0.2916$$

$$\text{Error de cierre en Latitud} = \sum \text{Nortes (79.0285)} - \sum \text{Sures (79.2348)}$$

$$\text{Error de cierre en Latitud} = -0.2063$$

El signo de los errores de cierre en proyección indican que el polígono tiene mayor recorrido hacia el Oeste y Sur respectivamente.

4. Establecer el valor del Error de Cierre en Distancia (E.C.D.)

$$\text{E.C.D.} = \sqrt{\text{Error de cierre en Longitud}^2 + \text{Error de cierre en Latitud}^2} = \sqrt{(-0.2916)^2 + (-0.2063)^2}$$

$$\text{E.C.D.} = 0.35719 \text{ m.}$$

El valor del E.C.D. indica que por 0.35719 m. horizontales, el polígono no llegó a su punto de partida.

5. Determinar el valor del Error Unitario en Distancia (E.U.D.)

$$\text{E.U.D.} = \frac{\text{E.C.D. (0.35719 m)}}{\sum \text{D.h. (202.9604 m)}}$$

$$\text{E.U.D.} = 0.00175 \text{ m/m}$$

El valor anterior indica que se cometió un error de 0.00175 m. por cada metro recorrido en el levantamiento.

9.5.3 Criterios técnico-legales para aceptar los datos de campo en función del error unitario en distancia cometido.

De acuerdo con la precisión requerida del levantamiento, diferentes autores citan distintos límites máximos para errores unitarios.

Así por ejemplo Alvaro Torres y Eduardo Villate en su libro de topografía reportan lo siguiente:

Error Unitario en Distancia Permitido	Clase de Levantamiento
0.00125 m/m	Levantamiento a nivel de reconocimiento en terrenos quebrados y de muy poco valor. Utilización de taquimetría.
0.001 - 0.0006 m/m	Levantamiento en terrenos de poco valor. Taquimetría con dobles lecturas de mira.
0.0006-0.0004 m/m	Levantamiento en terrenos agrícolas. Utilización de estadia y cinta.
0.0004-0.00025 m/m	Levantamientos urbanos y terrenos rurales de cierto valor.

Por su parte Montes de Oca y Davis & Foote, en sus tratados de topografía respectivamente, reportan como máximos permisibles bajo condiciones comunes de trabajo los siguientes:

Error Unitario en Distancia máximo permisible	Clase de Levantamiento
0.001 m/m	Levantamientos preliminares.
0.0003 m/m	Levantamientos comunes con buena precisión. La mayoría de los levantamientos con estadia quedan dentro de esta clasificación.
0.0002 m/m	Levantamiento con precisión suficiente para trabajos en poblaciones o linderos importantes.

Billeb Vela en sus copias del curso de topografía presenta los requisitos americanos, los cuales establecen los siguientes parámetros:

Error Unitario en Distancia máximo permisible	Clase de Levantamiento
0.0033 m/m	Levantamiento con Brújula
0.0002 m/m	Levantamiento ordinario con teodolito.
0.0001 m/m	Levantamiento de primer orden de alta precisión.
0.00005 m/m	Levantamiento geodésico.

Sin embargo, lo anterior no resulta ser más que criterios técnicos, ya que en Guatemala prevalece aún el requisito legal establecido en el decreto 1786, Ley de Agrimensura, que en su artículo 35, párrafos 16 y 17, establecen lo siguiente:

Errores Unitarios en Distancia máximos permisibles	Clase de Levantamiento
0.003 m/m	Error de abertura permitido en terrenos de fácil medición por Rumbo y distancia.
0.005 m/m	Error de abertura permitido en terrenos de difícil medición por Rumbo y distancia.

Al comparar los límites permisibles citados por varios autores, con los límites aceptables legalmente en Guatemala, éstos últimos pueden ser considerados como obsoletos si se toma en consideración que las condiciones actuales de trabajo y alta precisión de los instrumentos modernos, son totalmente diferentes a las prevalecientes en el año 1936, año en el cual fué decretada la Ley de Agrimensura de Guatemala. Razón por la cual queda a criterio de los profesionales que realicen trabajos de agrimensura ser más exigentes en sus grados de precisión. Así mismo, se hace conciencia en la necesidad de efectuar una revisión y actualización de la

Ley de Agrimensura, ya que como en el presente punto existen otros que han dejado de ser prácticos bajo las actuales condiciones. (5, 8, 10, 12, 16, 19, 25).

Si el error de cierre unitario cometido resultara ser mayor que el técnico y legalmente aceptado o permitido, el levantamiento de campo es rechazado. Por el contrario si el error de cierre unitario en distancia fuese menor que el permitido, el trabajo de campo es aceptado y por consecuencia se es necesario continuar con la labor de gabinete. (25)

En el ejemplo numérico anterior se presentó un E.U.D. equivalente a 0.00175 m/m, si se considera el error unitario legalmente de mayor precisión en Guatemala 0.003 m/m, el levantamiento de campo satisface las normas legales y por consiguiente aceptado.

9.5.4 Ajuste de las Coordenadas Parciales para Lograr un Cierre Perfecto del Polígono.

Luego de haber establecido el E.U.D. cometido, y haber aceptado los datos de campo por satisfacer los requerimientos de cierre, la siguiente etapa consiste en ajustar las coordenadas parciales de tal manera que al efectuar la diferencia algebraica entre Nortes y Surres, y Estes y Oestes respectivamente, estas sean iguales a cero.

Para efectuar el ajuste de las coordenadas parciales existen básicamente 5 métodos.

- Método de la Regla de Tránsito
- Método de la Regla de Brújula o Bowditch
- Método de Mínimos Cuadrados
- Método de Crandall, y
- Método Arbitrario. (7, 10).

Siendo en nuestro medio los métodos de la Regla de Tránsito y Bowditch los de mayor difusión y aplicación, razón por la cual se detallan a continuación sus

principales características:

- Método de la Regla de Tránsito

Es un método que se adecúa en aquellos levantamientos en los que se miden los ángulos con mayor precisión que las distancias. Apropiado en aquellos trabajos en los que las radiaciones se realizan por medio de teodolito y estadia.

La Regla de Tránsito se basa en la distribución proporcional de los errores de cierre en proyección entre las coordenadas parciales de donde se han originado. (7, 25).

Desarrollo Analítico:

1. Determinación de los factores unitarios de los errores de cierre en proyección.

Los factores unitarios de los errores de cierre en proyección, representan la magnitud del error cometido por cada unidad lineal desplazada en el sentido de las longitudes o latitudes respectivamente. Estos se consiguen al dividir el valor absoluto del error de cierre en proyección correspondiente, entre la sumatoria absoluta de las coordenadas parciales de donde fueron originados.

$$\text{Factor Unitario del Error de Cierre en Latitud} = \left| \frac{\sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures}}{\sum \text{Nortes} + \sum \text{Sures}} \right|$$

$$\text{Factor Unitario del Error de Cierre en Longitud} = \left| \frac{\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes}}{\sum \text{Estes} + \sum \text{Oestes}} \right|$$

2. Cálculo de los factores de corrección o ajuste para longitudes y latitudes parciales.

El factor de corrección representa la valorización proporcional del factor unitario del error de cierre en proyección, para cada una de las coordenadas parciales correspondientes.

Factor de Corrección para Latitud = Factor unitario del error de cierre en Latitud \times Latitud parcial de cada lindero.

Factor de corrección para Longitud = Factor unitario del error de cierre en Longitud. \times Longitud parcial de cada lindero

Como regla matemática del ajuste de las coordenadas parciales debe satisfacerse lo siguiente:
 "La sumatoria en términos absolutos de todos los factores de corrección, tanto para longitudes como para latitudes, deberá ser igual al valor absoluto del error de cierre en proyección correspondiente."

$$\left| \sum \text{Factor de corrección para Longitudes} \right| = \left| \sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes} \right|$$

$$\left| \sum \text{Factor de corrección para Latitudes} \right| = \left| \sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures} \right|$$

3. Ajuste de las Coordenadas Parciales

Para lograr un cierre perfecto y hacer que las sumatorias algebraicas de las longitudes y latitudes parciales sean igual a cero, los factores de corrección deberán ser adicionados al valor de aquellas coordenadas que cuyo sentido halla resultado menor en el cálculo del error de cierre en proyección, y sustraídas del valor de aquellas coordenadas que cuyo sentido se halla visto favorecido. Así por ejemplo:

Error de cierre en longitud = -

Error de cierre en latitud = +

El factor de corrección para longitudes será adicionado al valor de las coordenadas con sentido ESTE, y sustraído de las coordenadas con sentido OESTE.

El factor de corrección para latitudes será adicionado al valor de las coordenadas con sentido SUR, y sustraído de las coordenadas con sentido NORTE.

Ejemplo numérico:

Continuando con los valores calculados en la página 50.

$$\begin{aligned} \sum \text{Estes} &= 57.1144, \quad \sum \text{Oestes} = 57.4060, \quad \sum \text{Nortes} = 79.0285, \\ \sum \text{Sures} &= 79.2348, \quad \sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes} = -0.2916, \quad \sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures} = \\ & \hspace{15em} -0.2063 \\ \sum \text{Estes} + \sum \text{Oestes} &= 114.5204 \text{ m.}, \quad \sum \text{Nortes} + \sum \text{Sures} = 158.2633, \\ \text{D.h} &= 202.9604 \text{ m.} \end{aligned}$$

1. Determinar los factores unitarios de los errores de cierre en proyección.

$$\text{- Factor Unitario del Error de cierre en Longitud} = \frac{\sum \text{Estes (57.1144)} - \sum \text{Oestes (57.4060)}}{\sum \text{Estes (57.1144)} + \sum \text{Oestes (57.4060)}}$$

$$\text{Factor Unitario del Error de Cierre en Longitud} = |0.002546 \text{ m/m}|$$

$$\text{- Factor Unitario del Error de cierre en Latitud} = \frac{\sum \text{Nortes (79.0285)} - \sum \text{Sures (79.2348)}}{\sum \text{Nortes (79.0285)} + \sum \text{Sures (79.2348)}}$$

$$\text{Factor Unitario del Error de Cierre en Latitud} = |0.001303 \text{ m/m}|$$

2. Cálculo de los factores de corrección para longitudes y latitudes parciales.

$$\textcircled{a} \text{ Factor de corrección para longitudes} = \text{Factor unitario del error de cierre en Longitud (0.002546 m/m)} \times \text{Longitud parcial de cada lindero}$$

(b) Factor de corrección para Latitud = Factor unitario del error de cierre en Latitud (0.001303 m/m) x Latitud parcial de cada lindero

Completar el siguiente cuadro:

Est.	P.O	Longitudes Parciales		Fac. de Correc.	Latitudes Parciales		Fac. de Correc.
		Este	Oeste		Norte	Sur	
0	1	37.2793		0.09491	37.0847		0.04832
1	2	8.4695		0.02156	41.9438		0.05465
2	3		57.4060	0.14615		76.9872	0.10031
3	0	11.3656		0.02893		2.2476	0.00292
		$\Sigma 57.1144$	$\Sigma 57.4060$	$\Sigma 0.2916$	$\Sigma 79.0285$	$\Sigma 79.2348$	$\Sigma 0.2063$
		DIFERENCIA			DIFERENCIA		
		-0.2916			-0.2063		
		CONDICION MATEMATICA			CONDICION MATEMATICA		

Atendiendo al signo de los errores de cierre en proyección se establece lo siguiente:

- Los factores de corrección serán adicionados a los valores de las coordenadas parciales ESTE y NORTE respectivamente.
- Los factores de corrección serán sustraídos de los valores de las coordenadas parciales OESTE y SUR respectivamente.

3. Ajuste de las coordenadas parciales

Est.	P.O	Longitud Parcial		Fac. de Correc.	Latitud Parcial		Fac. de Correc.	Coordenadas Parc. Compensadas	
		Este	Oeste		Norte	Sur		Longitud	Latitud
0	1	37.2793		+0.09491	37.0847		+0.04832	+37.37421	+37.13302
1	2	8.4696		+0.02156	41.9438		+0.05465	+ 8.49116	+41.99845
2	3		57.4060	-0.014615		76.9872	-0.10031	- 57.25985	-76.88689
3	0	11.3656		+0.02893		2.2476	-0.00293	+11.39453	- 2.24468
								$\Sigma 00.0000$	$\Sigma 00.0000$

Coordenadas Parciales compensadas:

$$\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes} = 0$$

$$\sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures} = 0$$

- Método de la Regla de Brújula o Bowditch

Este método es adecuado en aquellos levantamientos en los que los ángulos y las distancias se miden con igual precisión. Es apropiado en aquellos trabajos en los que las radiaciones se realizan con la ayuda de teodolito y cinta. Es el método de compensación que debe ser usado cuando el trabajo de campo se realiza con instrumentos EDM (Distanciómetros).

La corrección o compensación de las coordenadas, se obtiene al distribuir proporcionalmente los errores de cierre en proyección entre las distancias horizontales de cada uno de los linderos.

Desarrollo Analítico:

- 1.ª Determinación de los factores unitarios de los errores de cierre en proyección, se obtiene al dividir el valor absoluto del error de cierre en proyección, entre la sumatoria de las distancias horizontales de los linderos del polígono. Lo anterior representa la relación existente entre el error de cierre en proyección cometido por cada unidad lineal del perímetro recorrido.

$$\text{Factor unitario del error de cierre en Longitud} = \frac{|\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes}|}{\sum \text{Dist. Horizontales}}$$

$$\text{Factor unitario del error de cierre en Latitud} = \frac{|\sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures}|}{\sum \text{Dist. Horizontales}}$$

2. Cálculo de los factores de corrección o ajuste para longitudes y latitudes parciales.

El factor de corrección representa la valorización proporcional de los factores unitarios de cierre para cada una de las distancias horizontales de los alineamientos del polígono levantado.

Factor de corrección para Longitud	=	Factor unitario del error de cierre en Longitud	X	D.h de cada lindero
---------------------------------------	---	---	---	------------------------

Factor de corrección para Latitud	=	Factor unitario del error de cierre en Latitud	X	D.h de cada lindero
--------------------------------------	---	--	---	------------------------

Al igual que en el método anterior, la sumatoria en términos absolutos de los factores de corrección para longitudes y latitudes parciales respectivamente, deberán ser igual al valor absoluto de los errores de cierre en proyección correspondientes.

$$\left| \sum \text{Factores de corrección para longitudes} \right| = \left| \sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes} \right|$$

$$\left| \sum \text{Factores de corrección para latitudes} \right| = \left| \sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures} \right|$$

3. Ajuste de las coordenadas parciales

El procedimiento de ajuste de las coordenadas parciales es similar en su fundamento al expuesto en el método de tránsito.

Ejemplo numérico:

Continuando con los valores calculados en la página 50.

$$\sum \text{Estes} = 57.1144, \quad \sum \text{Oestes} = 57.4060, \quad \sum \text{Nortes} = 79.0285,$$

$$\sum \text{Sures} = 79.2348$$

$$\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes} = -0.2916, \quad \sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures} = -0.2063,$$

$$\sum \text{D.h.} = 202.9604 \text{ m.}$$

1. Determinar los factores unitarios de los errores de cierre en proyección.

$$\text{- Factor unitario del error en Longitud} = \frac{|\sum \text{Estes (57.1144)} - \sum \text{Oestes (57.4060)}|}{\sum \text{Dist. Horizontales (202.9604 m)}}$$

$$\text{Factor unitario del error de cierre en Longitud} = 0.0014368 \text{ m/m}$$

$$\text{- Factor unitario del error en Latitud} = \frac{|\sum \text{Nortes (79.0285)} - \sum \text{Sures (79.2348)}|}{\sum \text{Dist. Horizontal (202.9604 m)}}$$

$$\text{Factor unitario del error de cierre en Latitud} = 0.0010164 \text{ m/m}$$

2. Cálculo de los factores de corrección para longitudes y latitudes parciales.

Ⓐ Factor de corrección para Longitud = Factor unitario del error de cierre en Longitud (0.0014368 m/m) x Dist. Hor. c/lindero

Ⓑ Factor de corrección para Latitud = Factor unitario del error de cierre en Latitud (0.0010164 m/m) x Dist. Hor. c/lindero

Completar el cuadro siguiente:

Est.	P.O.	D.h	Longitud Parcial		Fac. de Correc.	Latitud Parcial		Fac. de Correc.	
			Este	Oeste		Norte	Sur		
1	1	52.5839	37.2793		0.075552	37.0847		0.053446	
2	2	42.7907	8.4695		0.061481	41.9438		0.043492	
3	3	96.0000		57.4060	0.137932		76.9872	0.097574	
3	0	11.5858	11.3656		0.016646		2.2476	0.011775	
			202.9604	57.1144	57.4060	0.2916	79.0285	79.2348	0.2063

DIFERENCIA

DIFERENCIA

-0.2916

-0.2063

Condición Matemática

Condición Matemática

Atendiendo al signo de los errores de cierre en proyección se establece lo siguiente:

- . Los factores de corrección serán adicionados a las coordenadas parciales Este y Norte respectivamente.
- . Los factores de corrección serán sustraídos de las coordenadas parciales Oeste y Sur respectivamente.

3. Ajuste de las Coordenadas Parciales

Est.	P.O	Coordenadas Parciales		Fac. de Correc.	Coordenadas Parciales		Fac. de Correc.	Coordenadas Parc. Compensadas	
		Longitud Este	Parcial Oeste		Latitud Norte	Parcial Sur		Longitud	Latitud
0	1	37.2793		+0.07555	37.0847		+0.05344	+37.35485	+37.13814
1	2	8.4695		+0.06148	41.9438		+0.04349	+ 8.53098	+41.98729
2	3		57.4060	-0.13793		76.9872	-0.09757	-57.26807	-76.8896
3	0	11.3656		+0.01664		2.2475	-0.01177	+11.38224	- 2.23583
								00.0000	00.0000

Coordenadas Parciales Compensadas

$$\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes} = 0$$

$$\sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures} = 0$$

9.5.5 Determinación de las Coordenadas Totales Compensadas

Como quedó establecido en los párrafos del inciso 9.3 del presente capítulo, las coordenadas totales representan la ubicación cartesiana de cualquier punto con respecto al origen del sistema. Las coordenadas totales son identificadas CON EL PUNTO OBSERVADO y no con la ESTACION de un alineamiento, en todo caso la estación se constituye como el punto anterior al cual se le conoce su ubicación exacta.

En todo levantamiento se reconoce a la primera estación o estación 0, como el origen del sistema, a lo cual le corresponde por definición las coordenadas 00.0000 en Longitud y atitud total respectivamente.

- (a) $\text{Coordenada Total en longitud del P.O.} = \text{Coordenada Total en Longitud de la Estación.} + \text{Coordenada parcial compensada en Longitud del P.O.}$
- (b) $\text{Coordenada Total en atitud del P.O.} = \text{Coordenada total en atitud de la estación.} + \text{Coordenada parcial compensada en atitud del P.O.}$

Ejemplo numérico

Continuando con los cálculos de gabinete desarrollados en los puntos anteriores.

1. Con coordenadas parciales compensadas por medio del método de la Regla de Tránsito.

Est.	P.O.	D.h.	Rumbo	Coordenadas Parc. Compensadas		Coordenadas Totales	
				Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
0	1	52.5839	N 45° 09' 00" E	+ 37.3742	+ 37.1330	+ 37.3742	+ 37.1330
1	2	42.7907	N 11° 54' 29" E	+ 8.4911	+ 41.9984	+ 45.8653	+ 79.1314
2	3	96.0000	S 36° 40' 59" W	- 57.2598	- 76.8868	- 11.3945	+ 2.2446
3	0	11.5858	S 78° 48' 48" E	+ 11.3945	- 2.2446	00.0000	00.0000

a b

2. Con coordenadas parciales compensadas por medio del método de la Regla de Brújula o Bowditch.

Est.	P.O.	D.h.	Rumbo	Coordenadas Parc. Compensadas		Coordenadas Totales	
				Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
0	1	52.5839	N 45° 09' 00" E	+ 37.3548	+ 37.1381	+ 37.3548	+ 37.1381
1	2	42.7907	N 11° 54' 29" E	+ 8.5309	+ 41.9872	+ 45.8857	+ 79.1253
2	3	96.0000	S 36° 40' 59" W	- 57.2680	- 76.8896	- 11.3823	+ 2.2357
3	0	11.5858	S 78° 48' 48" E	+ 11.3823	- 2.2357	00.0000	00.0000

a b

Resumen sinóptico del cálculo de gabinete para el polígono levantado sobre sus linderos.

- Determinar el valor de las distancias horizontales de cada lindero.
- Establecer la sumatoria de D.h (perímetro del polígono)

- Trasladar el valor de los ángulos horizontales al sistema Rumbo Directo.
- Determinar el Seno y Coseno de los Rumbos Directos.
- Multiplicar el valor de D.h X Seno del Rumbo para establecer el valor de la Longitud parcial.
- Multiplicar el valor de D.h X Coseno del Rumbo para establecer el valor de la Latitud parcial.
- Determinar la sumatoria de Estes y Oestes y Nortes y Sures.
- Establecer el error de cierre en proyección (E - W), (N - S).
- Determinar el valor del error de cierre en distancia.
- Determinar el valor del error de cierre unitario.
- Aceptar o rechazar los datos de campo en base al error de cierre unitario cometido.
- Determinar el factor unitario del error de cierre en Longitud.
- Determinar el factor unitario del error de cierre en Latitud.
- Calcular los factores de corrección para Longitud.
- Calcular los factores de corrección para Latitud.
- Determinar los valores de las coordenadas parciales compensadas .
- Determinar los valores de las coordenadas totales compensadas.

Ejercicios:

Determinar el área de los terrenos representados por medio de los siguientes registros de campo

Ejercicio 1

Método de levantamiento "Conservación de Azimut a 180°".

Est.	P.o	D.h m.	Azimut	Observaciones
0	1	72 m	271° 54' 10"	
1	2	38 m	181° 22' 33"	
2	3	33 m	32° 25' 10"	
3	4	56 m	272° 15' 57"	
4	0	66 m	182° 22' 08"	
0	1		91° 54' 12"	

Apreciación angular del instrumento utilizado 06"

RESPUESTA: 4564.22 m²

Ejercicio 2

Método de levantamiento: "Conservación de Azimut"

Est.	P.o	Lec.de Hilos			Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi			
0	1	1.38	1.19	1.00	92° 30'	0° 30' 00"	
1	2	1.83	1.66	1.50	89° 00'	31° 35' 00"	
2	3	1.56	1.28	1.00	92° 35'	91° 25' 00"	
3	4	2.68	2.34	2.00	90° 00'	181° 32' 30"	
4	0	1.719	1.36	1.00	87° 00'	272° 40' 09"	
0	1					0° 30' 10"	

Apreciación angular del instrumento utilizado 06"

RESPUESTA: 4617.5758 m²

Ejercicio 3

Método de levantamiento "Conservación de Azimut"

Est.	P.O	D.h	Azimut	OBSERVACIONES
0	1	31	45° 30' 00"	
1	2	37.8	00° 00' 00"	
2	3	39	59° 45' 00"	
3	4	59	120° 00' 00"	
4	5	36	196° 30' 00"	
5	6	43	235° 00' 00"	
6	0	62	279° 30' 00"	
0	1		45° 30' 40"	

Apreciación del instrumento 20"

RESPUESTA:

Ejercicio 4

Método de levantamiento "Angulos Internos"

Est.	P.o	hs	hm	hi	Ang.Vert.	Ang.Interno	OBSERVACIONES
0	3	2.583	2.291	2.000	90°	94° 23' 53"	Azimut 0 - 3 149° 02' 10"
	1	1.671	1.335	1.000	91°		
1	0	3.565	3.288	3.000	90°	71° 33' 54"	
	2						
3	2	0				80° 50' 17"	
	0						
						Σ 360° 00' 03"	

Apreciación del instrumentos 06"

RESPUESTA: 3345.6244 m²

Ejercicio 5

Método de levantamiento "Angulos de Deflexión"

Est.	P.o	hs	hm	hi	Angulo Vertical	Derecha (+)	Observac.
0	1	1.599	1.299	1.000	91°		
1	2	2.752	2.376	2.000	87°	56° 34' 30"	
2	3	3.623	3.06	2.500	90°	73° 59' 03"	
3	4	1.729	1.364	1.000	90°	58° 14' 08"	
4	0	2.440	1.720	1.000	93°	98° 59' 40"	
0	1					72° 12' 33"	
						Σ 359° 59' 54"	

Apreciación del instrumento 06"

RESPUESTA: 13,656 m²

Ejercicio 6

Método de levantamiento "Conservación de Azimut a 180°"

Est.	P.o	Lectura de hilos			Angulo Vertical	Azimut	OBSERVACIONES
		hs	hm	hi			
0	1	2.831	1.665	0.500	91°	62° 21' 00"	
1	2	1.611	1.305	1.000	90°	344° 10' 00"	
2	3	2.77	1.635	0.500	89°	242° 21' 00"	
3	0	2.608	2.304	2.000	88°	158° 40' 00"	
0	1					62° 21' 10"	

Apreciación del instrumento 06"

RESPUESTA: 23,829.93 m²

9.6 Cálculo de las coordenadas totales de un polígono cerrado medido desde una sola estación y su regreso de poligonal.

9.6.1 Introducción

Como se mencionó en el capítulo 8, existen terrenos en los cuales por su pequeña extensión, configuración topográfica y ausencia relativa de obstáculos, permiten ser levantados por medio del método de estación central y radiaciones.

El trabajo de gabinete de toda aquella información proveniente del campo, queda dividida fundamentalmente en dos etapas para este tipo de levantamientos, siendo estas:

- . Cálculo de las coordenadas totales del polígono real.
- . Cálculo de las D.h y Rumbos de los linderos que conforman el polígono real (regreso de poligonal).

9.6.2 Procedimiento de cálculo para la determinación de las coordenadas totales del polígono real.

Desarrollo analítico

1. Observar los registros de campo y hacer un ordenamiento de los mismos.

Constatar que los datos registrados satisfacen los requerimientos técnico - legales del error de cierre angular permitido.

Est.	P.O	Lectura de hilos			Ang. Vert.	Ang. Horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi			

2. Elaboración del registro de gabinete con el cual se facilitará el procedimiento de cálculo de las coordenada totales.

Est.	P.o	D.h	Rumbo	Seno	Coseno	Longitud Total	Latitud Total

3. Completar la información del cuadro anterior

- Determinación de la D.h ($100 (hs - hi) \cos^2 i$)
- Trasladar el valor de los ángulos azimutales registrados al sistema Rumbo Directo.
- Calcular el valor del Seno y Coseno de los Rumbos de cada alineamiento o radiación.
- Efectuar el cálculo de las coordenadas totales del polígono.

En el método de levantamiento presente, las radiaciones han sido establecidas desde la estación que representa el origen del sistema, razón por la cual el valor de las coordenadas parciales representan a su vez el valor de las coordenadas totales.

(Long. Total = Seno Rumbo X D.h, Lat. Total = Coseno Rumbo X D.h.)

Ejemplo numérico:

Determinar las coordenadas totales del terreno representado por el siguiente registro de campo.

Est.	P.O	Lec. de hilos			D.h	Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi				
0	OA	1.95	1.475	1.00		95°	35° 00' 00"	
0	OB	2.65	2.075	1.50		90°	78° 10' 40"	
0	OC	1.78	1.39	1.00		88°	140° 20' 12"	
0	OD	2.87	2.435	2.00		87°	210° 00' 00"	
0	OE				35 m		335° 40' 00"	
0	OA						35° 00' 00"	

1. Elaboración del registro de gabinete

Est.	P.O	Dif. (hs-hi)	Angulo (i)	Cos ² i	D.h	Rumbo	Seno	Coseno	Coord. Total.	
									Long.	Lat.

2. Completa la información del cuadro anterior

- (a) Determinación de D.h $(100 (hs-hi) \cos^2 i)$
- (b) Trasladar el valor de los ángulos horizontales al sistema Rumbo Directo.
- (c) Calcular el valor del Seno y Coseno de los Rumbos anotados.
- (d) Calcular el valor de las coordenadas totales

$$\text{Longitud Total} = \text{Seno Rumbo} \times \text{D.h}$$

$$\text{Latitud Total} = \text{Coseno Rumbo} \times \text{D.h}$$

Est.	P.O	(hs-hi)	Angulo (i)	Cos ² i	D.h	Rumbo	Seno	Coseno	Coord. Totales	
									Longitud	Latitud
0	OA	0.950	-5°	0.9924	94.2782	N 35° 00' 00" E	+0.573576	+0.819152	+ 54.0767	+77.2281
0	OB	1.150	0°	1.0000	115.0000	N 78° 10' 40" E	+0.976788	+0.204875	+112.5606	+23.5606
0	OC	0.780	+2°	0.9987	77.9049	S 39° 39' 48" E	+0.638275	-0.769808	+ 49.7247	-59.9718
0	OD	0.870	+3°	0.9972	86.7617	S 30° 00' 00" W	-0.50000	-0.866025	- 43.3808	-75.1378
0	OE				35.00	N 24° 20' 00" W	0.412044	0.911163	-14.4215	+31.8907
					a	b	c	c	d	d

NOTA: El valor de la D.h fue calculado con 7 decimales del $\cos^2 i$.

Si bien la información anterior resulta ser valiosa para calcular el área del terreno y ubicar los vértices del mismo en un plano cartesiano, aún no se constituye en toda la necesaria para dar la información completa de los linderos en sí, razón por la cual resulta imperativo desarrollar el regreso de la poligonal.

9.6.3 Regreso de la poligonal

El regreso de la poligonal se constituye en una serie de operaciones matemáticas, las cuales partiendo del conocimiento de las coordenadas totales del polígono, se llega a la determinación del Rumbo y D.h de cada uno de los linderos que le conforman.

El regreso de la poligonal hace suponer como si el polígono real hubiese sido levantado por medio de un caminamiento sobre los linderos del mismo.

Desarrollo analítico:

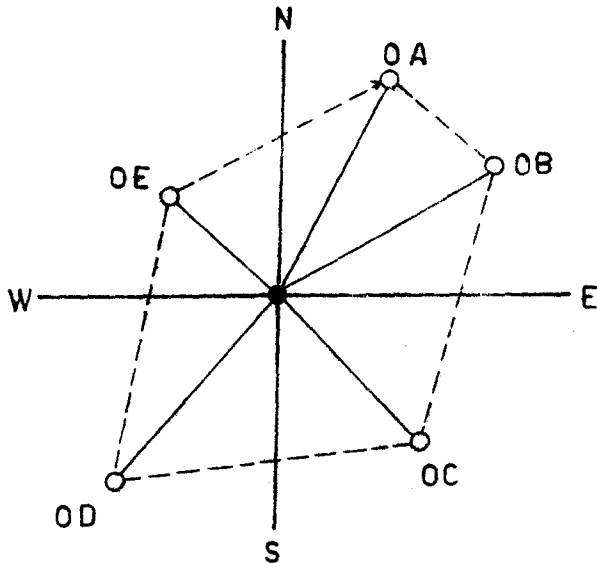
1. Elaborar un registro de gabinete en el cual pueda calcularse la información completa de los linderos del polígono real, partiendo del conocimiento de las coordenadas totales de sus puntos.

Est.	P.o	D.h	RUMBO	Coord. Parcial		Coord. Totales	
				Longitud	Latitud	Longitud	Latitud

2. Completar la información del registro anterior.
 - a. Establecer un ordenamiento lógico de los linderos del polígono real.

Asumir que los puntos observados desde la estación central se constituyen en los P.O de los nuevos alineamientos. Considerando lo anterior, se establece que las Est. quedarán conformadas por

aquellos puntos precedentes del ordenamiento establecido para los P.O (ver. Fig. 202)



Estación	Punto Observado
OE	OA
OA	OB
OB	OC
OC	OD
OD	OE

Fig. 202

Conformación de los alineamiento en el regreso de la poligonal

- b. Calcular el valor de las coordenadas parciales de los P.O en los nuevos alineamientos.

$$\text{Coordenada Parcial del punto observado del alineamiento} = \text{Coordenada Total del punto observado} - \text{Coordenada Total de la estación}$$

- $\text{Longitud Parcial del alineamiento} = \text{Longitud Total del P.O} - \text{Longitud Total de la Est.}$
- $\text{Latitud Parcial del alineamiento} = \text{Latitud Total del P.O} - \text{Latitud Total de la Est.}$

- c. Determinar el valor del Rumbo de cada lindero.

Recordar que Rumbo es el valor del ángulo agudo que un alineamiento forma con la línea del meridiano. En base a los anterior se establece lo siguiente:

$$\text{RUMBO} = \text{Arc. tang.} \frac{\text{Longitud Parcial}}{\text{Latitud Parcial}}$$

El signo de las proyecciones parciales determina el sentido del Rumbo.

- d. Calcular el valor de la D.h existente entre la Est. y el P.O

La distancia entre dos puntos cualquiera es considerada matemáticamente como la hipotenusa de un pequeño rectángulo, en donde los catetos son conformados por las proyecciones parciales existentes entre dichos. Atendiendo lo anterior se establece que:

$$D.h_{Est. P.O} = \sqrt{(\text{Longitud parcial})^2 + (\text{Latitud parcial})^2}$$

Ejemplo numérico:

Establecer las características de los linderos que conforman el terreno presentado en el ejemplo numérico anterior.

Procedimiento sinóptico:

- (a) Elaborar un cuadro de registro adecuado
- (b) Establecer un ordenamiento lógico de las estaciones y puntos observados.
- (c) Asignar el valor de las coordenadas totales a los correspondientes P.O
- (d) Calcular las coordenadas parciales de cada alineamiento.
- (e) Determinación del Rumbo de cada lindero
- (f) Determinar la D.h entre Est. y P.O

Est.	P.O.	D.h	Rumbo	Coord. Parciales		Coordenadas Totales	
				Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
OE	OA	82.1422	N 56° 30' 00" E	+68.4972	+ 45.3374	+ 54.0757	+77.2281
OA	OB	79.3768	S 47° 27' 34" E	+58.4849	- 53.6675	+112.5606	+23.5606
OE	OC	104.5275	S 36° 57' 06" W	-62.8359	- 83.5324	+ 49.7247	-59.9718
OC	OD	94.3326	S 80° 44' 54" W	-93.1055	- 15.1660	- 43.3808	-75.1378
OD	OE	110.8771	N 15° 08' 25" E	+28.9593	+107.0285	- 14.4215	+31.8907
		b	f	e	d	d	c

Los datos de Est., P.O, D.h Rumbo, son denominados en su conjunto como "Libreta de acompañamiento", y complementariamente a las coordenadas totales y área del terreno resultan ser información requerida en la elaboración y presentación de un plano topográfico.

Ejercicios:

Determinar el área y la libreta de acompañamiento de los terrenos representados por los siguientes registros de campo.

Ejercicio 1

Est.	P.o	Lec. de hilos			D.h	Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi				
0	OA				35.30		15° 48' 00"	
0	OB	1.280	1.140	1.000		90° 37' 00"	101° 10' 30"	
0	OC	2.490	2.245	2.000		97° 35' 00"	219° 26' 00"	
0	OD	1.144	0.822	0.500		96° 08' 00"	286° 46' 00"	

Ejercicio 2

Est.	P.o	Lec. de hilos			Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi			
a	1	1.94	1.22	0.50	90°	28° 00' 00"	
a	2	2.14	1.57	1.00	90°	147° 14' 00"	
a	3	2.48	1.74	1.00	90°	232° 40' 00"	
a	4	1.70	1.10	0.50	90°	279° 50' 00"	

Ejercicio 3

Est.	P.o	D.h	Lec. de hilos			Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
			hs	hm	hi			
0	OA	25					20° 00' 00"	
0	OB	20					44° 58' 54"	
0	OC		2.30	2.150	2.00	91°	135° 00' 00"	
0	OD		1.45	1.225	1.00	90°	200° 00' 00"	
0	OE		1.80	1.400	1.00	92°	305° 30' 00"	

Ejercicio 4

Est.	P.o	Lec. de hilos			D.h	Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi				
0	1	1.58	1.29	1.00		90°	22° 00' 00"	
0	2	2.154	1.577	1.00		91°	48° 30' 00"	
0	3				25.92		133° 00' 00"	
0	4	2.80	2.40	2.00		89°	180° 00' 00"	
0	5	3.06	2.53	2.00		90°	250° 30' 30"	
0	6	2.58	2.29	2.00		90°	320° 00' 00"	

RESPUESTAS

Ejercicio 1

Libreta de acompañamiento

Est.	P.O	D.h	Rumbo
OD	OA	72.2735	N 77° 32' 03" E
OA	OB	43.2494	S 24° 22' 56" E
OB	OC	66.1685	S 61° 18' 52" W
OC	OD	63.3150	N 28° 40' 12" W

AREA: 3623.9472 m²

Ejercicio 2

Libreta de acompañamiento

Est.	P.O	D.h	Rumbo
4	1	214.267	N 60° 09' 06" E
1	2	223.078	S 01° 31' 06" W
2	3	179.475	N 88° 03' 07" W
3	4	110.259	N 00° 17' 30" W

AREA: 30,293.2999 m²

Ejercicio 3

Est.	P.O	D.h	Rumbo
OE	OA	77.082	S 72° 42' 42" E
OA	OB	10.888	S 30° 52' 19" E
OB	OC	36.052	S 11° 18' 24" E
OC	OD	42.233	S 60° 03' 28" W
OD	OE	101.642	N 29° 14' 46" W

AREA: 3711.9049 m²

Ejercicio 4

Est.	P.O	D.h	Rumbo
6	1	114.5730	N 31° 00' 15" E
1	2	68.5264	N 70° 40' 54" E
2	3	115.7914	S 35° 37' 31" W
3	4	65.1185	S 16° 55' 28" W
4	5	109.4293	N 65° 56' 38" W
5	6	63.2954	S 81° 46' 09" E

AREA: 6693.38 m²

9.7 Cálculo de las coordenadas totales de un polígono cerrado medido por medio de radiaciones desde un polígono base y su regreso de poligonal.

9.7.1 Introducción

Existen terrenos en los que por su magnitud de extensión, configuración topográfica o presencia relativa de obstáculos, no permiten ser medidos desde una sola estación o efectuando el levantamiento directamente sobre los linderos del mismo. Para ello, el problema se resuelve al efectuar el levantamiento desde un polígono auxiliar denominado base, desde cuyas estaciones se radian todos aquellos puntos de interés que representen esquinas del polígono real. (21)

Para efectuar el cálculo de las coordenadas totales del polígono real y obtener la información de la libreta de acompañamiento de dicho polígono, es necesario divi-

dir el trabajo de gabinete en 3 etapas, las cuales se detallan a continuación:

- **Etapa 1** Ajuste y cálculo de las coordenadas totales del polígono base.

En esta etapa se ha de compensar el posible error de cierre en distancia cometido a lo largo del levantamiento, ello en vista de que es sobre el polígono base por donde se realiza el caminamiento. La etapa finaliza con la información de las coordenadas totales compensadas de un polígono base geométrica y matemáticamente completo.

- **Etapa 2** Cálculo de las coordenadas totales del polígono real.

La determinación de las coordenadas totales de los vértices del polígono real, se efectúa mediante la operación algebraica de la suma de las coordenadas totales compensadas de las estaciones del polígono base, más las coordenadas parciales de las radiaciones hechas desde dichas estaciones.

Con la información de dichas coordenadas totales se puede proceder al cálculo de la superficie del terreno levantado.

- **Etapa 3** Determinación del Rumbo y Distancia Horizontal de los linderos que conforman el polígono real.

Con la determinación de la libreta de acompañamiento a través del desarrollo del regreso de la poligonal, se complementa la información necesaria para poder elaborar y presentar el plano topográfico del terreno en estudio.

Como se puede apreciar en los párrafos anteriores, la conformación del trabajo de gabinete de un terreno levantado por medio de radiaciones a partir de un polígono

base, resume los procedimientos detallados en los incisos 9.5 y 9.6 del presente capítulo.

9.7.2 Cálculo de gabinete:

Inicialmente se procede a ordenar los datos provenientes de los registros de campo con el objetivo de organizar separadamente la información del polígono base y los datos de las radiaciones. Hecha la operación, se procede a efectuar separadamente las etapas enumeradas anteriormente.

Desarrollo analítico:

La libreta de campo que se presenta a continuación representa de modo general cualquier terreno levantado desde un polígono base.

Est.	P.O	Lec. de hilos.			D.h	Angulo vertical	Angulo horizontal	observaciones
		hs	hm	hi				
0	OA	a	b	c		A	α	Esquinero "aaa"
0	OB	d	e	f		B	β	Esquinero "bbb"
0	1	g	h	i		C	γ	
1	1A	j	k	l		D	δ	Esquinero "ccc"
1	2	m	n	ñ		E	ϵ	
2	2A	o	p	q		F	ζ	Esquinero "ddd"
2	3	r	s	t		G	Δ	
3	0	u	v	w		H	\mathcal{J}	

1. Efectuar un ordenamiento de los puntos que conforman el polígono base.

Est.	P.O	Lec. de hilos.			D.h	Angulo vertical	Angulo horizontal	observaciones
		hs	hm	hi				
0	1	g	h	i		C	δ	
1	2	m	n	ñ		E	ϵ	
2	3	r	s	t		G	Δ	
3	0	u	v	w		H	\mathcal{J}	

2. Proceder a efectuar el ajuste de las coordenadas totales de dicho polígono.

Para tal efecto desarrollar el procedimiento presentado en el inciso 9.5

3. Efectuar un ordenamiento de los puntos que conforman el polígono real.

Hay que tomar muy en cuenta las observaciones hechas en la libreta de campo, las cuales informan el orden lógico del itinerario de los vertices del terreno.

Est.	P.O	Lec. de hilos.			D.h	Angulo vertical	Angulo horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi				
0	OA	a	b	c		A	α	Esquinero " aaa "
0	OB	d	e	f		B	β	Esquinero " bbb "
1	1A	j	k	l		D	ρ	Esquinero " ccc "
2	2A	o	p	q		F	Ω	Esquinero " ddd "

4. Determinar las coordenadas Totales de las radiaciones.

Para lo anterior se procede siguiendo la siguiente rutina:

- Establecer la D.h de cada una de las radiaciones $(100 (hs-hi) \cos^2 i)$
- Trasladar el valor de los ángulos horizontales al sistema Rumbo Directo.
- Calcular el Seno y Coseno de cada Rumbo establecido.
- Determinar el valor de las coordenadas parciales de los puntos observados.

$$\text{Longitud parcial} = \text{Seno Rumbo} \times \text{D.h}$$

$$\text{Latitud parcial} = \text{Coseno Rumbo} \times \text{D.h}$$

- Calcular el valor de las coordenadas Totales de de dichos puntos

Longitud Total del punto observado = Longitud Total compensada punto de estación + Longitud parcial del punto observado

Latitud Total del punto observado = Latitud Total Compensada del punto de estación + Latitud parcial del punto observado

5. Efectuar el regreso de la poligonal de aquellos puntos que representan los verticales del terreno.

Para tan efecto desarrollar el procedimiento presentado en el inciso 9.6.3

Ejemplo numérico

Determinar el área del terreno presentado a través del siguiente registro de campo. Así mismo establecer el regreso de la poligonal de sus vertices.

Método de conservación de Azimut

Est.	P.O	Lectura de hilos			Angulo vertical	Angulo horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi			
0	0A	2.924	1.962	1.000	89°37'00"	12°15'30"	Mojón # 01
0	0B	1.849	1.424	1.000	89°26'00"	148°31'40"	Mojón # 02
0	1	2.609	1.804	1.000	88°42'20"	297°37'00"	
1	1A	2.724	2.112	1.500	90°45'50"	230°51'30"	Mojón # 03
1	2	2.424	1.962	1.500	90°05'15"	57°13'10"	
2	2A	2.979	2.489	2.000	90°55'42"	309°17'20"	Mojón # 04
2	0	3.409	2.704	2.000	91°57'50"	152°42'50"	
0	1					297°37'06"	

apreciación angular del instrumento utilizado 06"

1. Efectuar un ordenamiento de la información que con forma el polígono base

Est.	P.O	Lectura de hilos			Angulo vertical	Angulo horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi			
0	1	2.609	1.804	1.000	88°42'20"	297°36'00"	
1	2	2.424	1.962	1.500	90°05'15"	57°13'10"	
2	0	3.409	2.704	2.000	91°57'50"	152°42'50"	

2. Efectuar el cálculo de las coordenadas totales compensadas del polígono base.

- (a) Establecer el valor de las D.h $(100 (h_s - h_i) \cos^2 i)$
 (b) Transferir el valor de los ángulos horizontales al sistema Rumbo Directo.

Est.	P.O	(hs-hi)	(a)			(b)	
			Angulo (i)	$\cos^2 i$	D.h	Azimat	Rumbo
0	1	1.609	+1° 17' 40"	0.998242	160.7136	297° 37' 00"	N 62°23' 00" W
1	2	0.924	-0° 05' 15"	0.999999	92.3990	57° 13' 00"	N 57°13' 10" E
2	0	1.409	-1° 57' 50"	0.99882	140.7337	152° 42' 50"	S 27°17' 10" E

- (c) Determinar las coordenadas parciales de los puntos observados.

$$x_{P.O} = \text{Sen}o \text{ Rumbo} \times D.h \quad , \quad y_{P.O} = \text{Coseno Rumbo} \times D.h$$

- (d) Establecer los valores de los errores de cierre en proyección.

$$E.C. \text{ Long.} = \text{Estes} - \text{Oestes}, \quad E.C. \text{ Lat.} = \text{Nortes} - \text{Sures}$$

- (e) Determinar el valor del error de cierre en distancia.

$$E. C. D. = \sqrt{(E. C. \text{ Long.})^2 + (E. C. \text{ Lat.})^2}$$

- (f) Calcular el valor del error unitario en distancia y compararlo con el técnica y legalmente permitido.

$$E.U.D. = \frac{E. C. D.}{\sum \text{Dist. horizontales}} \quad E.U.D. < E.U. \text{ permitido}$$

- (g) Determinar los factores unitarios de los errores de cierre en proyección

$$\text{Fac. Unitario del error de cierre en Longitud} = \frac{\sum \text{Estes} - \sum \text{Oestes}}{\sum \text{Estes} + \sum \text{Oestes}}$$

$$\text{Fac. Unitario del error de cierre en Latitud} = \frac{\sum \text{Nortes} - \sum \text{Sures}}{\sum \text{Nortes} + \sum \text{Sures}}$$

- ⑧ Determinar los factores de corrección para longitudes y latitudes parciales. (Utilizar la regla de tránsito)

$$\text{Fac. de corrección para Longitud} = \text{Factor unitario E. C. Long.} \times \text{Long. parcial de c/lindero}$$

$$\text{Fac. de corrección para Latitud} = \text{Factor unitario E. C. Lat.} \times \text{Lat. parcial de c/lindero}$$

- ⑨ Calcular el valor de las coordenadas parciales compensadas

$$\text{Long. parcial compensada} = \text{Long. parcial} \pm \text{Fac. de corrección}$$

$$\text{Lat. parcial compensada} = \text{Lat. parcial} \pm \text{Fac. de corrección}$$

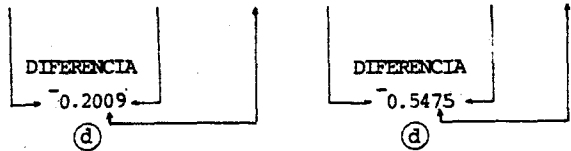
- ⑩ Calcular el valor de las coordenadas totales compensadas.

$$\text{Long. Total}_{\text{P.O}} = \text{Long. Total compensada del punto anterior} + \text{Long. parcial compensada del P.O}$$

$$\text{Lat. Total}_{\text{P.O}} = \text{Lat. Total compensada del punto anterior} + \text{Lat. parcial compensada del P.O}$$

Completar el cuadro siguiente:

Est.	P.O	D.h	Rumbo	Seno	Coseno	Long. Parcial		CORR.	Lat. Parcial		CORR.	Coord. P. Compensada		Coord. T. Compensadas	
						Este	Oeste		Norte	Sur		Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
0	1	160.7136	N 62° 23' 00" W	-0.88606	+0.46355		142.4018	-0.10039	74.4987		+0.16337	-142.3014	+ 74.6624	-142.3014	+ 74.6620
1	2	92.3990	N 57° 13' 10" E	+0.84075	+0.54142	77.6844		+0.05476	50.0266		+0.10970	+ 77.7391	+ 50.1363	- 64.5622	+124.7983
2	0	140.7337	S 27° 17' 10" E	+0.45843	-0.89872	64.5165		+0.04548		125.0728	-0.27428	+ 64.5619	-124.7985	00.000	00.000
		Σ393.8463				Σ142.2009	Σ142.4018	Σ 0.2006	Σ124.5253	Σ125.0728	Σ0.5473				



Ⓔ Error de Cierre en distancia = $\sqrt{(-0.2009)^2 + (-0.5475)^2} = 0.58319 \text{ m.}$

Ⓕ Error de Cierre Unitario en Distancia = $\frac{0.58319 \text{ m}}{393.8463 \text{ m}} = 0.001480 \text{ m/m}$

0.001480 m/m 0.003 m/m ∴ ACEPTADO EL TRABAJO DE CAMPO

Ⓖ Factor Unitario de Corrección en Longitud = $\frac{0.2009}{284.6027} = 0.000705$

Ⓖ Factor Unitario de Corrección en Latitud = $\frac{0.5474}{249.5981} = 0.002193$

3. Ordenar la información de los puntos que conforman el polígono real.

Est	P.O	Lec. de hilos			Angulo vertical	Angulo horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi			
0	O.A	2.924	1.629	1.000	89°37'00"	12°15'30"	Mojón # 01
0	O.E	1.849	1.424	1.000	89°26'00"	148°31'40"	Mojón # 02
1	1A	2.724	2.112	1.500	90°45'50"	230°51'30"	Mojón # 03
2	2A	2.979	2.489	2.000	90°55'42"	309°17'20"	Mojón # 04

4. Calcular las coordenadas totales del polígono real

- (a) Determinar el valor de las D.h de cada una de las radiaciones $D.h = (100 (hs - hi) \cos^2 i)$
- (b) Transferir el valor de los ángulos horizontales al sistema rumbo directo.

Est	P.O	Dif. (hs-hi)	Angulo (i)	$\cos^2 i$	(a) D.h	Azimat	(b) Rumbo
0	OA	1.924	+0°23'00"	0.9999	192.3807	12°15'30"	N 12°15'30" E
0	OB	0.849	+0°30'00"	0.9999	84.8915	148°31'40"	S 31°28'20" E
1	1A	1.224	-0°45'50"	0.9998	122.3755	230°51'30"	S 50°51'30" W
2	2A	0.979	-0°55'42"	0.9997	97.8706	309°17'20"	N 50°42'40" W

- (c) Determinar el valor del Seno y Coseno de los rumbos directores.

- (d) Establecer el valor de las coordenadas parciales de cada radiación

$$x_{p.P.O} = \text{Seno Rumbo} \times D.h \quad , \quad y_{p.P.O} = \text{Coseno Rumbo} \times D.h$$

- (e) Determinar el valor de las coordenadas totales

$$X_{T.P.O} = \text{Long. Total compensada de la estación} + \text{Long. parcial del P.O}$$

$$Y_{T.P.O} = \text{Lat. Total compensada de la estación} + \text{Lat. parcial del P.O}$$

Coordenadas Totales compensadas de las estaciones

p	XT	YT
0	00.0000	00.0000
1	-142.3014	+ 74.6620
2	- 64.5622	+124.7983

Completar el cuadro siguiente:

Est.	P.O	D.h	Rumbo	Seno	Coseno	Coord. Parciales		Coord. Totales	
						Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
0	0A	192.3807	N 12° 15' 30" E	+0.212319	+0.97720	+40.8460	+187.9944	+ 40.8460	+187.9944
0	0B	84.8915	N 31° 28' 20" E	+0.522085	-0.852893	+44.3205	- 72.4033	+ 44.3205	- 72.4033
1	1A	122.3755	S 50° 51' 30" W	-0.775587	-0.63124	-94.9128	- 77.2483	-237.2142	- 2.58631
2	2A	97.8706	N 50° 42' 40" W	-0.773963	+0.63323	-75.7482	+ 61.9746	-140.3104	+186.7729

5. Efectuar el regreso de la poligonal de los puntos que conforman los vértices del terreno.

- (a) Elaborar un registro de gabinete adecuado.
- (b) Establecer el ordenamiento lógico de las estaciones y los puntos observados del polígono real. Asignar el valor de las coordenadas totales de cada P.O.
- (c) Calcular el valor de las coordenadas parciales de los nuevos linderos.

$$x_{p.P.O} = \text{Long. Total del P.O} - \text{Long. Total de la estación}$$

$$y_{p.P.O} = \text{Lat. Total del P.O} - \text{Lat. Total de la estación}$$

- (d) Determinar el valor y sentido de los Rumbos directores de cada alineamiento.

$$\text{Rumbo} = \text{Arc. Tang. } \frac{\text{Longitud parcial del P.O}}{\text{Latitud parcial del P.O}}$$

- (e) Establecer el valor de la D.h

$$D. h = (\text{Long. parcial del P.O})^2 + (\text{Lat. parcial del P.O})^2$$

Est.	P.O	D.h	Rumbo	Coor. Parciales		Coor. Totales	
				Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
2A	OA	181.1601	N 89° 36' 49" E	+ 181.1560	+ 1.2213	+ 40.8460	+ 187.9942
OA	OB	260.4207	S 00° 45' 52" E	+ 3.4745	- 260.3975	+ 44.3205	- 72.4033
OB	1A	291.3506	N 75° 05' 05" W	- 281.5347	+ 74.9896	- 237.2142	+ 2.58631
1A	2A	208.1224	N 27° 44' 58" E	+ 96.9035	+ 184.1865	- 140.3104	+ 186.7729

EJERCICIOS

Determinar el valor del área y la libreta de acompañamiento de los terrenos representados por las siguientes libretas de acompañamiento.

Ejercicio 1

Método de levantamiento "Conservación de Azimut a 180°"

Est.	P.O	Lectura de Hilos			Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi			
0	OA	1.6045	1.302	1.000	95°	205° 15' 30"	Mojón # 01
0	OB	2.2502	1.875	1.500	91°	285° 32' 00"	Mojón # 02
0	1	2.620	2.310	2.000	90°	45° 00' 00"	Mojón # 03
1	2	1.730	1.365	1.000	90°	330° 00' 00"	
2	2A	1.4501	1.225	1.000	89°	87° 10' 00"	Mojón # 04
2	2B	1.812	1.406	1.000	83°	195° 32' 00"	Mojón # 05
2	0	2.327	1.913	1.500	91° 53' 26"	283° 32' 00"	
0	1					224° 59' 30"	

Apreciación del instrumento 20"

Ejercicio 2

Método de levantamiento "Conservación de azimut a 180°"

Est.	P.O	hs	hi	Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
0	1	1.245	1.000	100° 30' 00"	325° 06' 00"	Mojón # 01
1	2	1.700	1.000	100° 24' 50"	207° 20' 00"	
2	2A	2.140	2.000	91° 51' 30"	353° 55' 00"	Mojón # 02
2	2B	1.292	1.000	90° 34' 00"	28° 39' 45"	Mojón # 03
2	3	2.365	1.500	80° 13' 00"	46° 42' 00"	
3	3A	2.970	2.600	109° 22' 30"	89° 19' 30"	Mojón # 04
3	3B	0.955	0.700	93° 14' 00"	179° 42' 00"	Mojón # 05
3	3C	1.859	1.500	77° 38' 00"	281° 12' 30"	Mojón # 06
3	4	1.788	0.600	91° 13' 00"	23° 29' 00"	
4	5	1.760	1.600	89° 19' 30"	255° 08' 00"	
5	0	1.310	1.000	82° 32' 00"	33° 30' 00"	Mojón # 07
0	1				325° 06' 12"	

Apreciación del instrumento 06"

Ejercicio 3

Método de levantamiento "Conservación de azimut"

Est.	P.O	D.h	Angulo Horizontal	Horizontales
0	OA	49.5000	130° 12' 00"	Mojón # 01
0	1	101.8992	276° 30' 00"	
1	1A	35.2040	220° 15' 00"	Mojón # 02
1	2	109.7660	358° 05' 00"	
2	2A	33.0000	315° 48' 00"	Mojón # 03
2	3	64.7035	88° 13' 00"	
3	4	113.0800	42° 13' 00"	
4	4A	60.2000	10° 52' 00"	Mojón # 04
4	0	210.0200	189° 48' 00"	
0	1		276° 30' 08"	

Apreciación del instrumento 06"

Ejercicio 4

Método de levantamiento "Conservación de azimut"

Est.	P. O.	D.h	R u m b o	Observaciones
0	OA	38.89951	S 35° 19' 25" E	Mojón # 01
0	OB	37.55428	S 27° 30' 50" W	Mojón # 02
0	1	112.604	N 84° 48' 50" W	
1	1A	65.37951	S 34° 33' 30" E	Mojón # 03
1	1B	66.11892	S 02° 50' 00" W	Mojón # 04
1	2	87.59992	N 76° 34' 10" W	
2	2A	58.67169	S 19° 28' 40" E	Mojón # 05
2	2B	47.20543	S 21° 25' 45" W	Mojón # 06
2	3	86.67860	S 65° 56' 30" W	
3	4	93.42009	S 72° 45' 54" W	
4	4A	52.08314	S 37° 47' 30" W	Mojón # 07
4	5	158.59837	N 12° 29' 00" W	
5	5A	66.19797	N 29° 07' 10" W	Mojón # 08
5	6	55.61761	N 02° 05' 30" W	
6	7	45.38361	N 59° 09' 30" E	
7	8	320.99681	N 81° 38' 57" E	
8	9	86.17699	S 70° 11' 35" E	
9	9A	47.86304	N 70° 59' 00" W	Mojón # 09
9	9B	34.99475	S 72° 28' 50" W	Mojón # 10
9	10	135.19572	S 20° 27' 50" E	
10	11	23.96992	S 23° 55' 00" W	
11	11A	12.56194	S 60° 19' 25" E	Mojón # 12
11	12	28.96844	S 28° 44' 05" W	
12	0	72.8570	S 52° 11' 55" W	

Instrumento utilizado en el levantamiento " Wild T₁ "

Ejercicio 5

Método de levantamiento " Conservación de azimut a 180° "

Est.	P.O	Lec. de hilos			ángulo vertical	horizontal	Observaciones
		hs	hm	hi			
0	OA	1.525	1.400	1.275	90°	64°20.4'	Mojón # 01
0	OB	1.755	1.650	1.545	90°	154°07.4'	Mojón # 02
0	1	2.140	1.600	1.060	90°	173°44.8'	
1	1A	2.320	2.000	1.680	90°	201°43.2'	Mojón # 03
1	1B	2.320	2.000	1.680	90°	206°58.4'	Mojón # 04
1	1C	1.645	1.600	1.555	90°	254°05.2'	Mojón # 05
1	1D	1.955	1.800	1.645	90°	280°42.8'	Mojón # 06
1	2	2.180	1.300	0.420	90°	18°41.2'	
2	2A	2.155	2.000	1.845	90°	141°52.5'	Mojón # 07
2	2B	2.140	2.000	1.860	90°	187°45.2'	Mojón # 08
2	3	0.910	0.700	0.490	90°	283°00.0'	
3	4	1.535	1.000	0.465	90°	142°46.9'	
4	4A	1.525	1.400	1.275	90°	195°36.8'	Mojón # 09
4	4B	1.915	1.800	1.685	90°	211°56.5'	Mojón # 10
4	4C	2.120	2.000	1.880	90°	219°34.0'	Mojón # 11
4	4D	2.130	2.000	1.870	90°	222°08.5'	Mojón # 12
4	4E	2.405	2.300	2.195	90°	251°34.0'	Mojón # 13
4	4F	2.285	2.200	2.115	90°	261°17.8'	Mojón # 14
4	5	1.905	1.500	1.095	90°	26°23.0'	
5	5A	2.190	2.000	1.810	90°	49°41.5'	Mojón # 15
5	5B	1.660	1.600	1.540	90°	86°44.9'	Mojón # 16
5	5C	1.470	1.400	1.330	90°	114°16.9'	Mojón # 17
5	5D	1.300	1.200	1.100	90°	125°25.0'	Mojón # 18
5	5E	0.590	0.400	0.210	90°	204°16.2'	Mojón # 19
5	6	1.350	1.000	0.650	90°	212°40.2'	
6	6A	1.485	1.400	1.315	90°	217°54.2'	Mojón # 20
6	6B	D.h = 2.80 m				306°41.0'	Mojón # 21
6	6C	1.390	1.300	1.210	90°	05°55.2'	Mojón # 22
6	7	1.415	1.000	0.585	90°	13°30.0'	
7	7A	1.020	0.900	0.780	90°	132°13.2'	Mojón # 23
7	7B	1.815	1.600	1.385	90°	161°46.0'	Mojón # 24
7	7C	0.900	0.700	0.500	90°	221°17.8'	Mojón # 25
7	7D	0.945	0.800	0.655	90°	228°57.0'	Mojón # 26
7	0	1.230	0.900	0.570	90°	298°52.0'	
0	1					173°44.8'	

Apreciación del instrumento 06"

R E S P U E S T A S

Ejercicio 1

Libreta de Acompañamiento

Est.	P.O	D.h	Rumbo
2B	0A	94.4364	N 63° 28' 42" W
0A	0B	87.7694	N 32° 06' 53" W
0B	1	118.4966	N 78° 25' 46" E
1	2A	101.7379	S 53° 10' 13" E
2A	2B	103.3974	S 39° 55' 42" W
Area:		15,730.282 m ²	

Ejercicio 2

Libreta de Acompañamiento

Est.	P.O	D.h	Rumbo
3C	0	183.7453	S 37° 56' 53" W
0	1	23.6879	N 34° 34' 47" W
1	2A	80.8295	N 21° 53' 29" E
2A	2B	19.4168	N 52° 53' 54" E
2B	3A	34.7860	N 24° 23' 17" E
3A	3B	41.7291	N 51° 47' 55" E
3B	3C	38.5987	S 60° 55' 10" E
Area:		6,852.3620 m ²	

Ejercicio 3

Libreta de Acompañamiento

Est.	P.O	D.h.	Rumbo
4A	0A	298.1880	S 01° 47' 05" W
0A	0B	162.6400	N 84° 08' 13" W
1A	2A	160.2630	N 01° 24' 14" W
2A	4A	212.8820	N 55° 15' 19" E
Area:		38,444.478 m ²	

Ejercicio 4

Libreta de Acompañamiento

Est.	P.O	D.h	Rumbo
11A	0A	112.8858	S 32° 09' 17" W
0A	0B	39.8710	S 87° 44' 42" W
0B	1A	58.4282	S 79° 44' 54" W
1A	1B	42.1568	S 73° 11' 08" W
1B	2A	69.8498	N 63° 35' 11" W
2A	2B	38.5266	N 72° 49' 56" W
2B	4A	193.0459	S 71° 49' 17" W
4A	5A	256.2053	N 07° 46' 25" W
5A	9A	425.0621	N 82° 41' 44" E
9A	9B	28.7038	S 24° 26' 50" E
9B	11A	165.7837	S 29° 31' 47" E
Area:		115.021.02 m ²	

R E S P U E S T A S

Ejercicio 5

Libreta de acompañamiento

Est.	P.O	D.h	Rumbo
7D	OA	71.1514	S 55° 16' 54" E
OA	OB	29.7196	S 24° 13' 14" W
OB	1A	39.2410	S 41° 59' 25" E
1A	1B	5.8659	S 65° 39' 11" E
1B	1C	58.9029	S 20° 02' 50" W
1C	1D	22.8752	S 70° 56' 57" E
1D	2A	197.5986	S 20° 04' 32" W
2A	2B	23.1608	S 81° 39' 54" W
2B	4A	146.5627	N 47° 56' 29" W
4A	4B	7.0981	N 50° 01' 39" W
4B	4C	3.2804	N 71° 57' 10" W
4C	4D	2.2936	S 70° 11' 25" W
4D	4E	12.8787	N 11° 05' 23" W
4E	4F	5.1254	N 37° 28' 19" E
4F	5A	55.7551	N 25° 12' 24" E
5A	5B	29.3290	N 35° 25' 04" E
5B	5C	6.4846	N 06° 55' 03" W
5C	5D	6.8223	N 31° 13' 57" W
5D	5E	39.3719	N 54° 09' 49" E
5E	6A	15.8700	N 47° 11' 53" E
6A	6B	17.1699	N 28° 31' 11" E
6B	6C	16.7917	N 14° 10' 59" E
6C	7A	78.8114	N 00° 12' 51" W
7A	7B	25.0880	N 09° 54' 51" E
7B	7C	41.2870	S 74° 51' 07" E
7C	7D	10.9841	S 29° 20' 49" W

Area: 43,638.425 m²

9.8 Planos topográficos

9.8.1 Introducción

Todo final de un trabajo de agrimensura debe ser complementado con la representación gráfica de aquellos puntos, cuya importancia sea indiscutible para la configuración geométrica del terreno medido.

De acuerdo a la utilización de dichas representaciones gráficas los planos topográficos pueden dividirse en dos clases:

- Los que constituyen una documentación legal para el registro de la propiedad.
- Los que sirven de base para el estudio de construcciones u obras de determinada aplicación. (10)

9.8.2 Presentación de planos Topográficos

- Planos para el registro de la propiedad

Todo expediente de medida debe ser acompañado por un plano de registro, el cual debe de cumplir con los requisitos legales establecidos en el capítulo IV de la Ley de Agrimensura, dentro de los cuales se mencionan los siguientes:

1. La figura del terreno debe ser calcada en una hoja de registro cuyas dimensiones nunca podrán ser menores a las dimensiones de una hoja de papel sellado.
2. Toda hoja utilizada para el registro debe poseer un formato tal y como el presentado en la Fig. 202, del cual es necesario indicar lo siguiente:

En la parte superior derecha debe ser colocado por el personero del registro de la propiedad, los datos correspondientes a la clase de finca (Urbano ó Rural), su número de registro, folio y libro donde quedará inscrita, así como el municipio de jurisdicción.

Para los datos generales en la parte de abajo, donde dice PLANO, habrá que colocar el tipo de plano que es (Fracción desmembrada, del resto de la finca matriz ó de

ubicación), en los datos de FINCA, NUMERO, FOLIO, LIBRO y JURISDICCION, habrá que colocar los correspondientes a los de la finca matriz.

En cuanto a la UBICACION se coloca el municipio y departamento en el que se encuentra la finca, los datos de OTORGANTE y ADQUIRIENTE corresponde respectivamente al dueño de la finca matriz y a la persona que pasa a ser propietario de la fracción desmembrada.

Los datos correspondientes al AREA, deberán ser consignados en el sistema métrico decimal fundamentalmente en hectáreas, áreas y centiáreas. Adicionalmente puede ser expresada en caballerías, manzanas y varas cuadradas.

Como complemento debe indicarse la ESCALA numérica del plano, la FECHA y FIRMA DEL INGENIERO que practicó la operación.

3. La figura geométrica del terreno a escala debe ser acompañado de la siguiente información: (Ver Fig. 202)

- Libreta de acompañamiento del terreno representado.
 - . Identificación correlativa de las estaciones y punto observado de cada lindero del terreno.
 - . Magnitud y dimensión lineal de cada lindero.
 - . Orientación en el sistema Rumbo directo de cada línea o el ángulo entre rectas concurrentes.
- Nombre de todos los propietarios de los terrenos colindantes al de la zona representada.
- Dirección del meridiano (orientación verdadera, magnética o ambas a la vez).
- Situación de caminos, carreteras, ríos, lagunas, cotas, etc.; que sirvan de referencia y que se encuentren dentro o colindantes con la propiedad.
- Escala gráfica.
- Los vértices del terreno deberán ser representados por círculos vacíos, cada uno de los cuales deberá ser identificado según el ordenamiento dado en la libreta de acompañamiento.

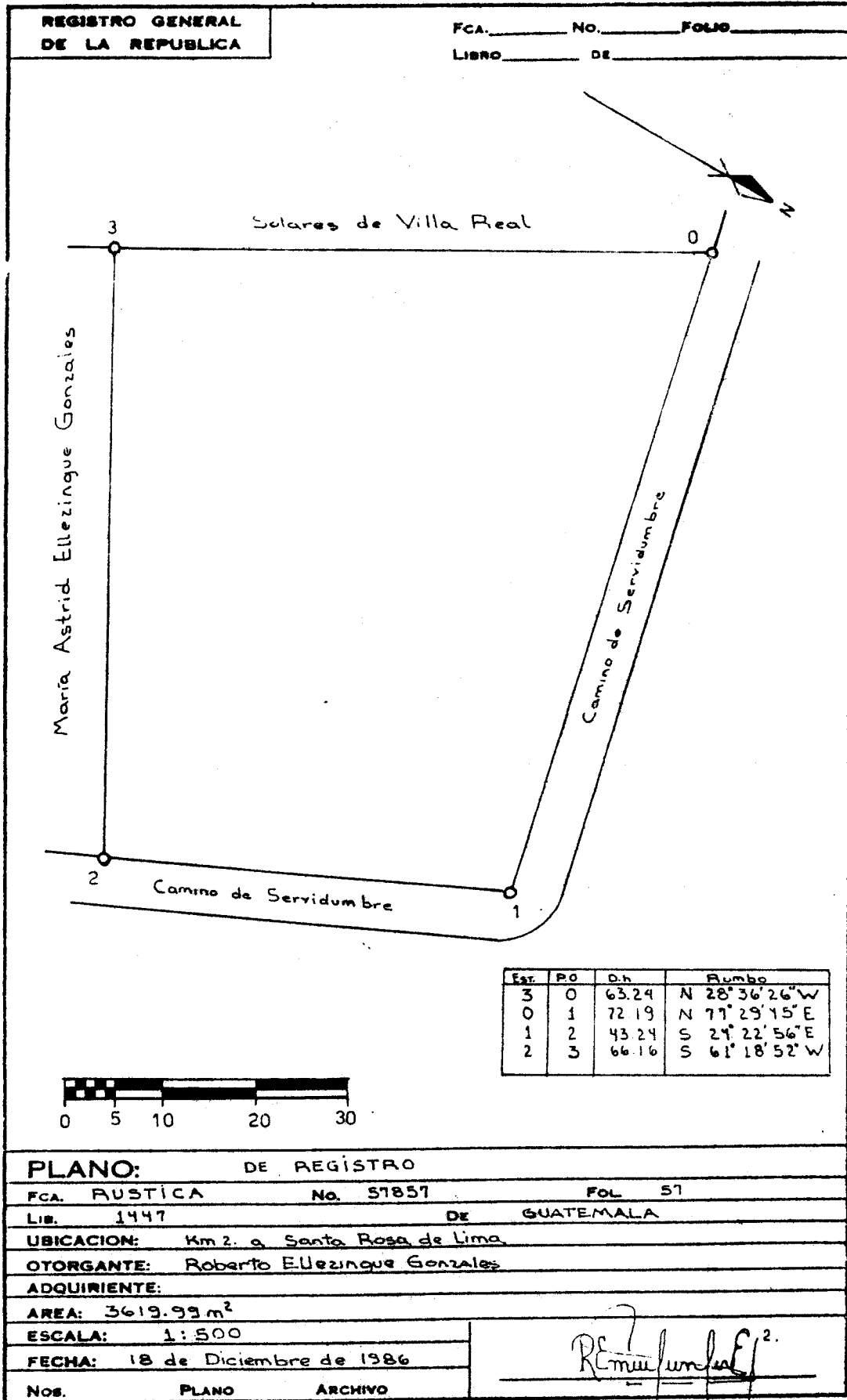


Fig. 202

Elementos de un plano de registro

- Procedimiento Lógico para la elaboración de un plano de registro:

1. Determinar las coordenadas totales de los vértices del terreno.
2. Calcular el valor de la escala más adecuada.

Para efectuar el cálculo de la escala a la que ha brá que dibujar el plano, se recomienda proceder de la siguiente manera:

- a. Efectuar la suma de los valores absolutos de las Longitudes Totales. Ejemplo:

$$\begin{array}{rcl} \text{Mayor valor} & & \text{Mayor valor} \\ \text{hacia el Este} & + & \text{hacia el Oeste} = & \text{Magnitud en} \\ & & & \text{Longitud} \end{array}$$

- b. Efectuar la suma de los valores absolutos de las Latitudes Totales más distantes. Ejemplo:

$$\begin{array}{rcl} \text{Mayor valor} & & \text{Mayor valor} \\ \text{hacia el Norte} & + & \text{hacia el Sur} = & \text{Magnitud en} \\ & & & \text{Latitud} \end{array}$$

- c. Escoger el valor mayor de entre las operaciones anteriormente efectuadas.
- d. Dividir dicha cantidad entre la maginutd lineal del espacio disponible de la hoja de registro a utilizar. El resultado se interpreta como la relación matemática existente entre las magnitudes reales y las magnitudes gráficas.

$$\frac{1}{X} = \frac{\lambda}{L} \quad \text{En donde} \quad X = L/\lambda$$

$$X = \text{Escala}, \quad L = \text{Magnitud real}, \quad \lambda = \text{Magnitud gráfica.}$$

- e. Escoger la escala múltiplo de 2 ó 5 inmediata inferior. Esto con la finalidad de favorecer la utilización de un escalímetro.
3. En un papel milimetrado plotear los vértices del terreno, utilizando para el efecto la escala anteriormente estimada.

4. Unir dichos vértices por medio de líneas continuas, asegurándose de seguir el orden lógico indicado en la libreta de campo.
5. Calcar el polígono en la hoja de papel registro. Los vértices del terreno se representarán por medio de círculos vacíos, tal y como se presentan en la figura 202.
6. Completar la información del plano topográfico con los elementos descritos anteriormente. Ver Fig. 202.

Ejercicio:

Elaborar un plano de registro con los datos que se presentan a continuación:

. Libreta de acompañamiento

Est.	P.O	D.h	Rumbo
0	1	76.2298	S 77° 29' 45" W
1	2	63.2446	S 28° 36' 26" E
2	3	66.1684	N 61° 18' 52" E
3	0	42.3647	N 24° 22' 56" W

. Coordenadas Totales de los vértices del terreno.

P.O	XT	YT
1	-60.863	+18.337
2	-30.581	-37.186
3	+27.465	-5.425
0	+13.609	+34.608

. Colindantes

Lindero	0 - 1	Camino de servidumbre
Lindero	1 - 2	Solares de Villa Real
Lindero	2 - 3	Emma Ivett Morales Arguedas
Lindero	3 - 0	Camino de servidumbre

. Información de Registro

PLANO: De la fracción desmembrada de
 Finca: Rústica No. 57857 Filio. 57
 Libro. 1447 De Guatemala
 Ubicación: Municipio de Fraijanes, Depto. de Guatemala.
 Otorgante: Carlos Antonio González
 Adquiriente: Byron Enrique Morales Arguedas
 Area: 3,616.9972 m²
 Escala:
 Fecha: 12 de octubre de 1980

- Cálculo de la Escala más adecuada.

Magnitud en Longitud	Magnitud en Latitud
60.863 + 27.465 = 88.328 m	37.186 + 34.608 = 71.794 m

Espacio disponible en la hoja de registro = 20 cm.

Escala matemática = $\frac{88.328 \text{ m}}{0.20 \text{ m}}$ = 441.64

Escala aconsejada = 1 : 500

- Planos para Aplicaciones Técnicas o estudio de proyectos varios.

Este tipo de planos son tan numerosos y de características tan diferentes que sería poco menos que imposible reñarlos uno a otro.

En general los planos de esta clase llevan pocas anotaciones numéricas, ya que su importancia depende de la precisión de la ubicación de detalles sobre el terreno más que las mediciones en campo y los resultados del cálculo.

Este tipo de planos pueden dividirse en dos grandes grupos:

1. Los que representan sobre el plano todos los detalles interesantes o no como corrientes de agua, canales de riego, lagos, bosques, zonas de cultivo, praderas, edificios, etc.

2. Los llamados "Mapas topográficos o altimétricos", que no solo contienen los detalles anteriores, sino que también representan el relieve o configuración del terreno a través de curvas de nivel. Ver Fig. 203.

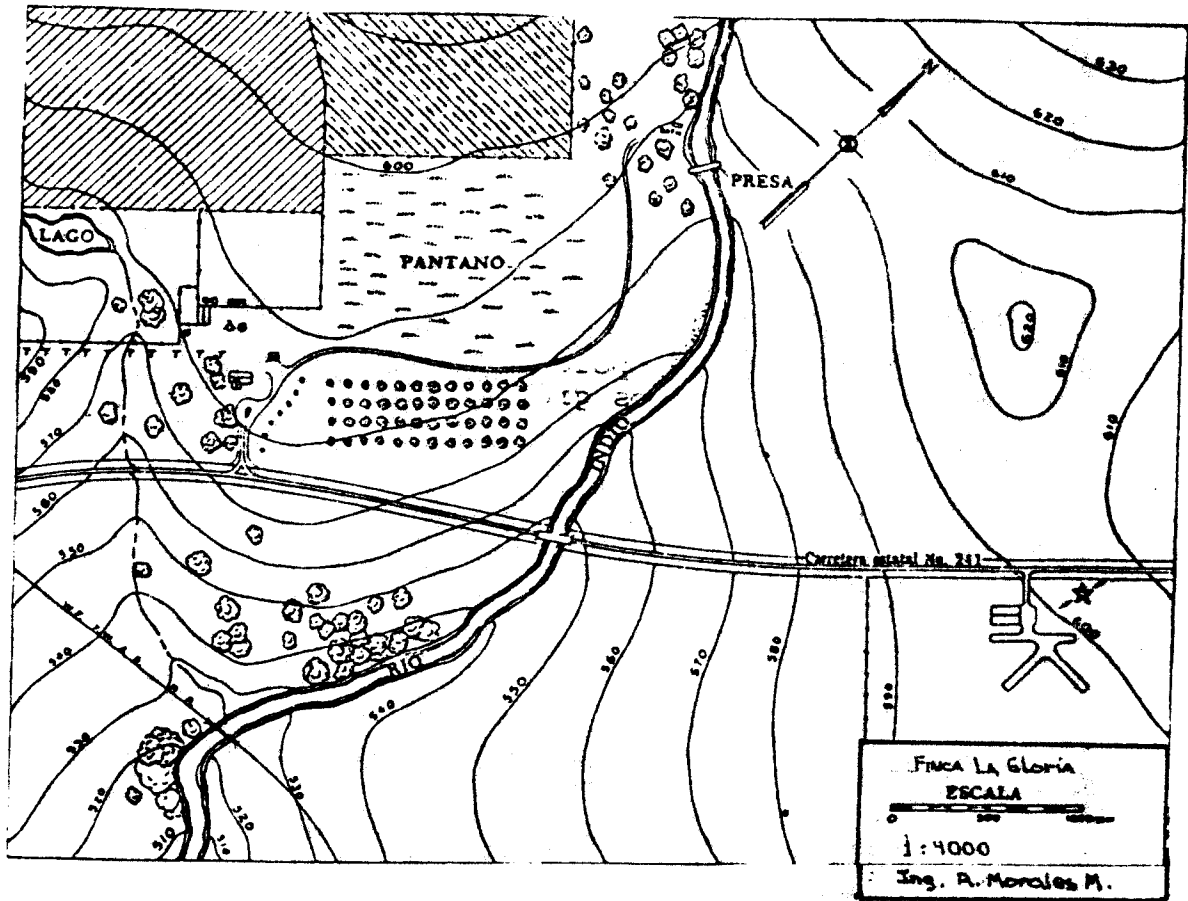


Fig. 203
Mapa Topográfico

En estos dos grupos de planos debe hacerse siempre constar:

- La orientación del meridiano (verdadero y/o magnético)
- La escala gráfica.
- Una rotulación clara y ordenada en la que se indique entre otras:
 - Nombre de la zona levantada o designación del proyecto.

- Escala numérica.
 - Nombre del ingeniero o topógrafo responsable.
 - Ubicación de la zona levantada.
 - . Las acotaciones de las curvas de nivel.
 - . La clave de los símbolos convencionales utilizados.
- (10)

Signos Convencionales:

Para evitar que la claridad de un mapa sea aminorada al mostrar tal y como son los objetos en el terreno, se utilizan los llamados signos convencionales, que se dibujan de un tamaño proporcional a la escala del mapa.

Los más comunes son:

CARRETERAS

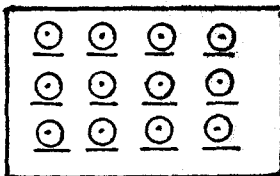


De primer orden

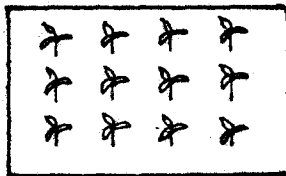
Secundarias

Senderos

VEGETACION



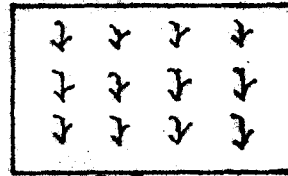
Algodón



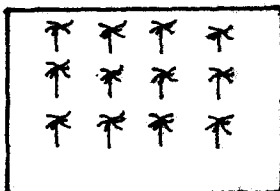
Banano



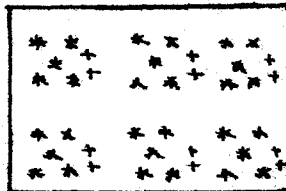
Café



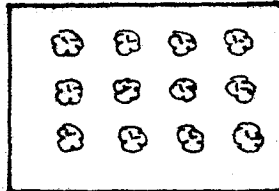
Cana



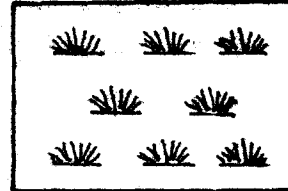
Palmeras



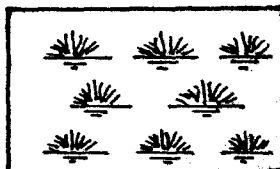
Bambú



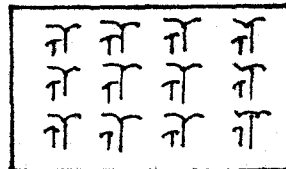
Frutales



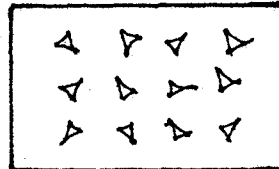
Potreros



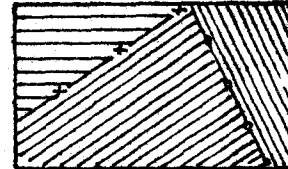
Pantanos



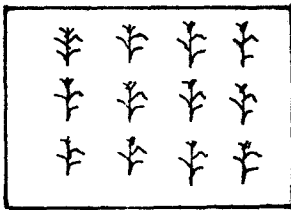
Helechos



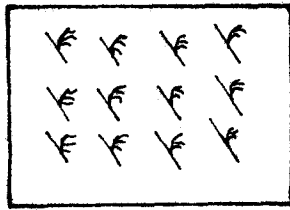
Cactus



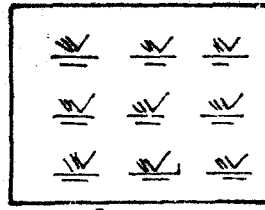
Zonas de cultivo



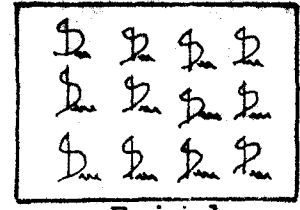
Maíz



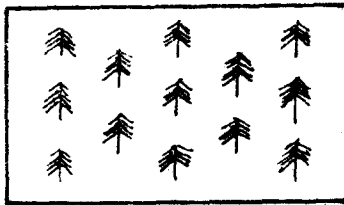
Trigo



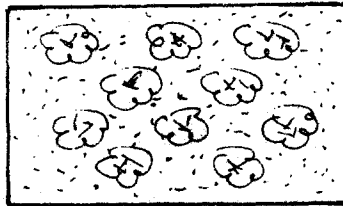
Arroz



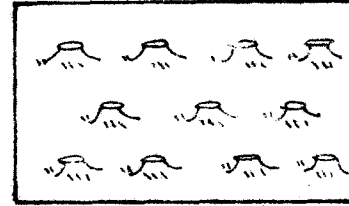
Frijol



Arboles de hoja perenne



Arboles de hoja caduca



Troncos

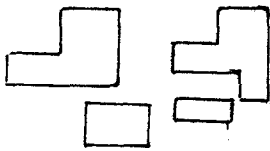
CORRIENTES DE AGUA



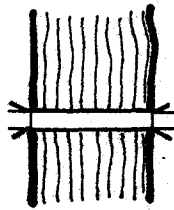
Acequia

De acuerdo con la escala y el tamaño

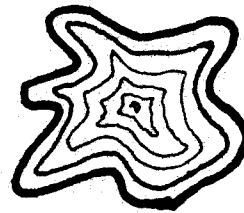
VARIOS



Edificaciones



Puentes



Lagos



Invernaderos



Líneas eléctricas



Líneas telefónicas o telegráficas



Cerca de alambre espigado



Cerca de alambre liso



Cerca de piedra



Vallado, setos

BIBLIOGRAFIA

5. BILLEV VELA, F. s.f. Curso de Topografía; nivelación y levantamiento con teodolito. Guatemala, Impresos Industriales. 83 p.
7. BRINKER, R.C.; WOLF, P.R. 1982. Topografía moderna. Trad. de la 6 ed. inglesa por Dolores García Díaz y Rafael García Díaz. 6 ed. México D.F., HARLA. 542 p.
8. CALVILLO RAMIREZ, C.A. 1970. Estudio de las especificaciones usadas en Guatemala para topografía y geodesia. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 137 p.
10. DAVIS, R.; FOOTE, F. 1964. Tratado de topografía. Trad. de la 2 ed. inglesa por José María Montero. 4 ed. Madrid, Ediciones Aguilar. 880 p.
12. GUATEMALA. LEYES, DECRETOS, etc. 1936. Ley reglamentaria para trabajos de agrimensura; decreto no. 1786. Guatemala, Editorial del Ejército. 20 p.
14. IRVINE, W. 1975. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés por Eduardo Caro Cayzedo. Cali, Mc Graw Gil. 259 p.
16. MONTES DE OCA, M. 1970. Topografía. 4 ed. México, D.F. Representaciones y Servicios de Ingeniería. 344 p.
18. QUINTANA, A. 1958. Topografía. Santiago de Chile, Editorial Universitaria. 422 p.

19. ROSALES ESTRADA, J.R. 1973. Procedimientos para realizar medidas de terrenos con propósitos legales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 143 p.
21. SANTIZO LATORRE, O.A. 1977. Topografía aplicada en ingeniería. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. p. 71-77.
23. SOTO CIFUENTES, C.H. 1978. Aplicación de vectores motrices para el cálculo de área en agrimensura. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 30 p.
25. TORRES NIETO, A.; VILLATE BONILLA, E. 1968. Topografía. 2 ed. Bogotá, Colombia, Editorial Norma. 307 p.
26. TOSCANO, R. 1977. Métodos topográficos. 14 ed. México D.F., Editorial Porrúa. p. 118-119.
28. VALDEZ RUIZ, P.O. 1977. Particiones, transformaciones y rectificación de linderos. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 63 p.

CAPITULO 10

RUMBO PERDIDO

10.1 Introducción

El problema de rumbo perdido es de amplia aplicación en las medidas topográficas de toda clase. Consiste en calcular el valor del rumbo y D.h de un alineamiento cualquiera, a partir del conocimiento de las características geométricas de dicha línea.

Entre las enumerables aplicaciones de rumbo perdido pueden mencionarse entre otras a las siguientes:

- . Cuando conociendo los vértices de un terreno, sin ser visibles el uno del otro, se quiere trazar una línea recta entre ellos para lo cual es necesario determinar su orientación y distancia.
- . Cuando por factores fuera de control o pérdida de información de los registros de campo, resulta imposible determinar el rumbo y la D.h del lindero final de cierre de una poligonal. En éste tipo de casos, la aplicación de rumbo perdido permite efectuar el cierre matemático de la poligonal, a pesar de eliminar la posibilidad de establecer el error de cierre en distancia cometido a lo largo del caminamiento.
- . Cuando es preciso conocer la orientación y distancia de un alineamiento o lindero inaccesible, ejemplo: lindero sobre una cerca, lindero interrumpido por una construcción, lindero al centro del cauce de un río, etc.

- Cuando es necesario prolongar un alineamiento con rumbo dado después de un obstáculo salvado.

En resumen, el rumbo perdido permite conocer los elementos básicos de orientación, ubicación y distancia horizontal de una línea desconocida. Este es un tipo de trabajo de gabinete que aporta al operador la información correspondiente a una alineación, con la cual pueda ser trazada en el campo en un típico trabajo de replanteo. (4)

10.2 Preliminares

Para la aplicación de rumbo perdido es necesario contar con el conocimiento básico de geometría analítica de la línea recta.

1. Asumir que todo alineamiento es una línea recta.
2. El concepto de pendiente es interpretado como el valor inverso de la tangente del rumbo de un alineamiento cualquiera. Ver. figura 204.

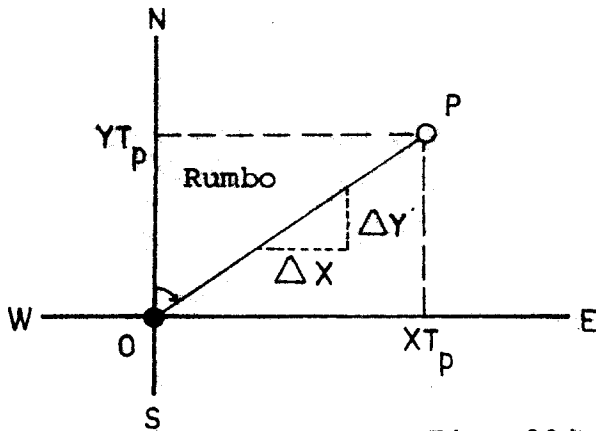


Fig. 204

Pendiente de un alineamiento en un rumbo perdido.

$$m = \frac{1}{\text{tang. Rumbo}}$$

$$m = \frac{YT_P - YT_O}{XT_P - XT_O} \quad (\text{Ecuación 1})$$

3. Ecuación general de una línea recta.

(Ecuación 2)

$$mx + b = y$$

en donde: $m =$ Pendiente

$b =$ Intercepto de la línea sobre el eje de las ordenadas cuando $x = 0$

$x, y =$ Variables

De la ecuación 1 se establece lo siguiente:

$$m (X_{T_p} - X_{T_o}) + Y_{T_o} = T_p$$

10.3 Ejemplos de casos generales.

- Determinar las características del Rumbo y D.h de un alineamiento del cual se conocen las posiciones de sus puntos extremos.

Ejemplo:

Localizando los puntos 0 y 3, correspondientes a la entrada y salida de un tunel de conducción de agua potable para una comunidad. Se estableció una poligonal auxiliar de rodeo que unía dichos puntos, de la cual se posee la siguiente información:

Método de levantamiento "Conservación de Azimut a 180°"

Est.	P.O	D.h	Azimut	Observaciones
0	1	150	192° 00' 00"	
1	2	180	350° 00' 00"	
2	3	40	49° 00' 00"	

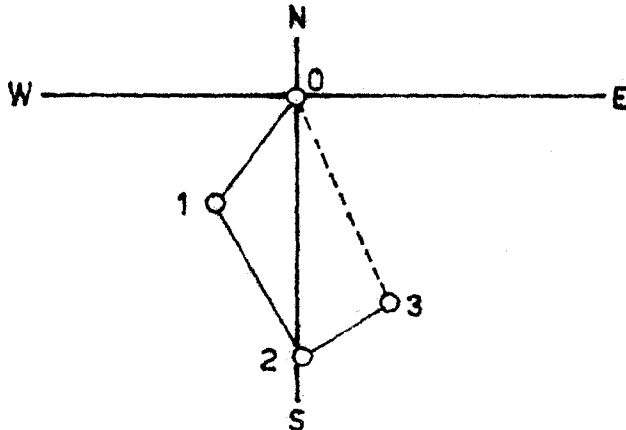
Determinar el rumbo perdido de la alineación 0 - 3

Desarrollo numérico

1. Determinar las coordenadas totales de los puntos del polígono auxiliar.

Est	P.O	D.h	Rumbo	Seno	Cos.	Coor. parciales		Coor. Totales	
						longitud	latitud	longitud	latitud
0	1	150	S 12 00' 00"	W -0.2079	-0.9781	-31.185	-146.715	-31.185	-146.715
1	2	180	S 10 00' 00"	E +0.1736	-0.9848	+31.248	-177.264	+00.063	-323.979
2	3	40	N 49 00' 00"	E +0.7547	+0.6561	+30.188	+26.244	+30.251	-297.735
3	0							00.000	00.000

2. Elaborar un gráfico de la poligonal abierta con las coordenadas totales anteriormente calculadas.



3. Establecer el valor de las coordenadas parciales existentes entre los puntos 0-3

$$C_{p.o} = C_{T.p.o} - C_{T.est.}$$

$$\text{Longitud parcial de 3} = \text{Longitud Total de 3 } (+30.251) - \text{Longitud Total de 0 } (00.000) = +30.251$$

$$\text{Latitud parcial de 3} = \text{Latitud Total de 3 } (-297.735) - \text{Latitud Total de 0 } (00.000) = -297.735$$

4. Determinar el rumbo perdido de la línea 0-3

$$\text{Rumbo}_{0-3} = \text{Arc. tang } \frac{\text{Longitud parcial de 3 } (+30.251)}{\text{Latitud parcial de 3 } (-297.735)}$$

$$\text{Rumbo}_{0-3} = \text{S } 05^{\circ} 48' 06'' \text{ E}$$

$$\text{D.h.}_{0-3} = \sqrt{\text{Longitud parcial } (+30.251)^2 + \text{Latitud parcial } (-297.735)^2}$$

$$\text{D.h.}_{0-3} = 299.2678 \text{ m}$$

El rumbo de la línea $\overline{0-3}$ posee la misma magnitud del rumbo $\overline{3-0}$, pero con sentido contrario.

- Determinar la ubicación exacta del punto de partida de un obstáculo

ejemplo.

Se desea prolongar el alineamiento $\overline{0-1}$, más allá del obstáculo, para lo cual se efectuó un recorrido auxiliar de cuyos registros se obtuvo la siguiente información.

Método de levantamiento " Conservación de Azimut "

Est.	P.O	D.h	Azimut	Observaciones
0	1	12.0	45° 00' 00"	
1	2	10.0	149° 30' 00"	
2	3	7.5	65° 00' 00"	
3	4	5.5	30° 00' 00"	
4	5	18.0	354° 45' 00"	

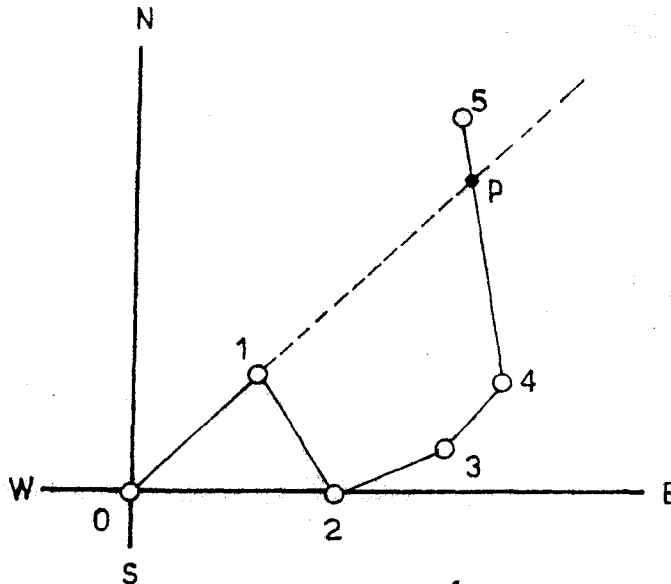
Determinar el rumbo perdido entre el punto 1 y el punto de partida del alineamiento despues de haber salvado el obstáculo.

Desarrollo numérico

- Determinar las coordenadas totales de los puntos de la poligonal auxiliar.

Est.	P.O	D.h	Rumbo	Seno	Coseno	Coor. Parciales		Coor. Totales	
						Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
0	1	12.0	N 45° 00' E	+0.7071	+0.7071	+8.4852	+ 8.4852	+ 8.4852	+ 8.4852
1	2	10.0	S 30° 30' E	+0.50753	-0.86162	+5.0753	- 8.6162	+13.5605	- 0.1310
2	3	7.5	N 65° 00' E	+0.9063	+0.42261	+6.7972	+ 3.1695	+20.3577	+ 3.0385
3	4	5.5	N 30° 00' E	+0.5000	+0.86602	+2.7500	+ 4.7631	+23.1077	+ 7.8016
4	5	18.0	N 05° 15' W	-0.09150	+0.99580	-1.6470	+17.9244	+21.4607	+25.7260
	0							00.0000	00.0000

- Elaborar un gráfico y establecer la recta que intercepta a la prolongación del alineamiento 0-1.



3. Determinar las ecuaciones generales de las rectas $\overline{0-1}$ y $\overline{4-5}$

RECTA $\overline{0-1}$

$$m (XT_p - XT_o) + YT_o = YT_p$$

- calcular el valor de la pendiente $\overline{0-1}$

$$m = \frac{1}{\text{Tang. Rumbo } \overline{0-1}} \dots m = \frac{1}{\text{Tang. N } 45^\circ \text{ E}} = +1$$

- Determinar la ecuación general de la recta $\overline{0-1}$

$$+1 (X - 00.00) + 00.00 = Y$$

$$X = Y \text{ (ecuación } \overline{0-1} \text{)}$$

RECTA $\overline{4-5}$

$$m (XT_p - XT_4) + YT_4 = YT_p$$

- calcular el valor de la pendiente $\overline{4-5}$

$$m = \frac{1}{\text{Tang. Rumbo } \overline{4-5}} \dots m = \frac{1}{\text{tang. N } 5^\circ 15' \text{ W}} = -10.8829$$

- Determinar la ecuación general de la recta $\overline{4-5}$

$$-10.8829 (X - +23.1077) + +7.8016 = Y$$

$$-10.8829x + +259.2827 = Y \text{ (ecuación } \overline{4-5} \text{)}$$

4. Calcular las coordenadas del punto de intersección entre la prolongación de la línea $\overline{0-1}$ y la línea $\overline{4-5}$

Sustituir la ecuación de la recta $\overline{0-1}$ en la ecuación de la recta $\overline{4-5}$

$$X = -10.8829 x + +259.2827 \dots X = +21.8255$$

Sustituir el valor de X en cualquiera de las ecuaciones anteriores

$$X = Y \text{ ello implica que } Y = +21.8255$$

5. Encontrar el rumbo perdido entre los punto 1 y el nuevo punto encontrado.

$$\text{Rumbo}_{\overline{1-P}} = \text{Arc. Tang} \frac{X_{T_P} - X_{T_1}}{Y_{T_P} - Y_{T_1}}$$

$$\text{Rumbo}_{\overline{1-P}} = \text{Arc Tang} \frac{21.8255 - 8.4852}{21.8255 - 8.4852} = +1$$

$$\text{Rumbo}_{\overline{1-P}} = \text{Arc. Tang} +1 = N 45^\circ E$$

lo que establece que el punto P efectivamente se encuentra sobre la prolongación del alineamiento 0 1

$$D.h_{\overline{1-P}} = \sqrt{(\text{Long. parcial}_{\overline{1-P}})^2 + (\text{Lat. parcial}_{\overline{1-P}})^2}$$

$$D.h_{\overline{1-P}} = \sqrt{(13.3403)^2 + (13.3403)^2} = 18.8660 \text{ m}$$

6. Determinar la ubicación del punto P con respecto a la estación 4

$$D.h_{\overline{4-P}} = \sqrt{(\text{Long. parcial}_{\overline{4-P}})^2 + (\text{Lat. parcial}_{\overline{4-P}})^2}$$

$$D.h_{\overline{4-P}} = \sqrt{(21.8255-23.1077)^2 + (21.8255-7.8016)^2}$$

$$D.h_{\overline{4-P}} = 14.0822 \text{ m}$$

El punto P se encuentra a 14.0822 m. del punto de estación 4, sobre el lindero 4 5.

Ejercicios

Ejercicio 1

Determinar el rumbo perdido de un alineamiento que partiendo de un punto ubicado a 10 m de la estación 0, en dirección del lindero 0-1, tiene como punto final la estación 4 del polígono que se presenta a continuación.

Est.	P.O	D.h	Rumbo	Observaciones
0	1	80.00	N 55 10' 20" W	
1	2	43.00	N 30 00' 00" E	
2	3	18.00	N 05 15' 30" E	
3	4	88.00	N 88 20' 00" E	
4	5	35.00	S 27 42' 00" E	
5	6	90.00	Sur Franco	
6	0			

RESPUESTA:

Rumbo N 30 31' 43.5" E
D.h 104.1754 m

Nota. Es necesario calcular previamente el rumbo perdido del lindero 6-0

Ejercicio 2

Calcular el rumbo perdido del alineamiento 4-0 y estimar el área del polígono representado en el registro de campo que se presenta a continuación.

Método de levantamiento "Conservación de Azimut a 180°"

Est.	P.O	hs	hm	hi	Angulo Vertical	Angulo Horizontal	Observaciones
0	1	1.605	1.320	1.000	91°	33° 12' 20"	
1	2	1.800	1.650	1.500	90°	195° 28' 40"	
2	3	2.150	1.825	1.500	87°	150° 00' 00"	
3	4	2.000	1.500	1.000	92°	40° 18' 35"	

RESPUESTA:

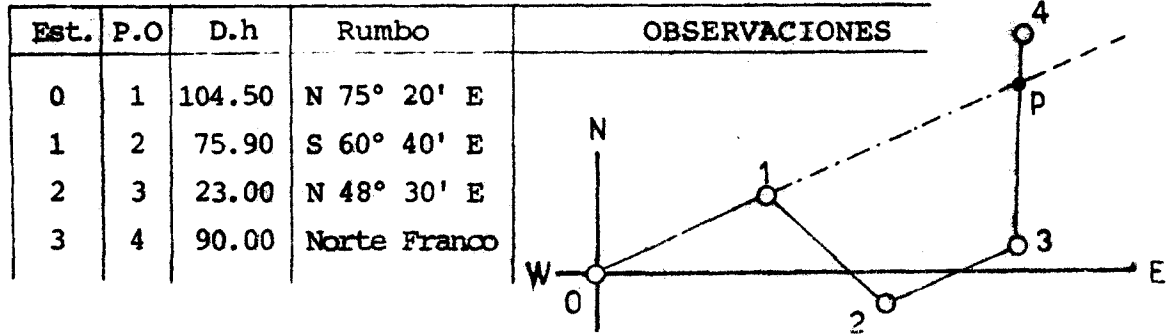
Rumbo N 09° 35' 49" W

D.h 53.5287

Area 4,211.5967 m

Ejercicio 3

Se desea prolongar el alineamiento 0 - 1 mas alla de un obstáculo para lo cual se efectuó un recorrido auxiliar cuyo registro se presenta a continuación:



Determinar la ubicación del punto por donde deberá continuar el alineamiento luego de haber salvado el obstaculo

RESPUESTA:

El punto de partida de la prolongación del alineamiento $\overline{01}$ luego de haber salvado el obstáculo, se encuentra a 43.7686 m. del punto de estación 3 en dirección del alineamiento $\overline{3}$

BIBLIOGRAFIA

4. BILLEV VELA, F. s.f. Curso de topografía I; levantamiento con brújula. Guatemala, Impresos Industriales. 42 p.

CAPITULO 11
AGRODESIA

11.1 Introducción y Definición

En la página 6 del capítulo primero, se estableció que agrodesia es una rama de la planimetría, encargada del estudio y aplicación del conjunto de procedimientos utilizados para lograr el fraccionamiento o desmembración de terrenos
(28)

Se entiende por fraccionamiento o partición de un terreno, a aquel proceso analítico y de campo que transforma una propiedad o finca matriz en 2 o más propiedades distintas, teniendo como característica especial, que una de ellas conserva los datos de la finca matriz.

Otro concepto similar lo constituye la desmembración de terrenos, la cual al igual que el anterior se constituye en un proceso de división, pero a diferencia de las particiones, la finca matriz se conserva, es decir el propietario de la finca permanece.

Como se puede apreciar en los párrafos anteriores, la diferencia entre los conceptos de fraccionamiento o partición y desmembración de terrenos, lo constituye únicamente la interpretación legal, ya que el proceso analítico y mecánico de la división de terrenos es el mismo, razón por la cual en el presente capítulo se hará referencia al proceso de división en sí, sin importar el aspecto legal del mismo en aquellos incisos que se relacionen directamente con el trabajo de campo y gabinete.

11.2 Aspectos legales de las particiones rurales

El proceso de partición o fraccionamiento tiene como objeto la inscripción en el Registro de la Propiedad Inmueble de nuevas fincas. Dicho proceso debe iniciarse con la mensura de la finca matriz por parte de un ingeniero colegiado (12), para luego proceder a la operación de división y registro de las fracciones establecidas.

Del resultado de la operación de mensura de la finca matriz pueden establecerse 2 situaciones:

- a. Los resultados del área, forma, orientación, ubicación y/o colindancia del proceso de medida, no difieren de los datos originalmente inscritos en el Registro de la Propiedad
- b. Los resultados del área, forma, orientación, ubicación y/o colindancia de la finca matriz medida, si difieren con los datos inscritos en el Registro de la Propiedad.

Cuando no se presentan divergencias entre lo medido y lo inscrito, los aspectos legales fundamentales determinan que los ingenieros puedan practicar las operaciones sin necesidad de obtener autorización de la sección de tierras, siempre y cuando sean guiados por el espíritu de la ley reglamentaria de trabajos de agrimensura (Decreto 1786) de la ley de transformación agraria (Decreto 1551).

En aquellos casos en los cuales los resultados de la medición difieren de lo inscrito, es necesario la corrección legal de los mismos, para lo cual debe seguirse lo estipulado en la ley de transformación agraria y ley de agrimensura, con lo que se cae prácticamente en el campo de las medidas legales.

Para que el lector interprete de manera general los aspectos legales de la mensura de tierras, se presenta a continuación los artículos más importantes de las leyes anteriormente señaladas.

La ley de transformación agraria en el capítulo XVI, cuyo título es "Requisitos sobre Medidas, Apeos, Deslindes y Divisiones", establece entre otras lo siguiente;

Artículo 199

La persona que desee practicar medidas, remedidas, divisiones, avivamiento de linderos, amojonamientos, apeos o deslindes en inmuebles de su propiedad, deberá presentar solicitud a la sección de tierras del Registro de la Propiedad Inmueble, haciendo costar:

- a. Nombre de la finca, ubicación exacta y datos relativos a su inscripción.
- b. Clase de operación que solicita y nombre de Ingeniero que propone efectuarla.
- c. Objetivo de la operación.

En todo caso deberá acompañar certificación del Registro de la Propiedad de Inmueble que contenga: Extensión del fundo, situación de linderos e inscripción de dominio vigente.

Artículo 200

La Sección de tierras, pondrá razón al pie de las solicitudes que se ajustan a los requisitos exigidos por el artículo anterior, haciendo constar la fecha y hora de entrega del expediente, extendiendo a los interesados el recibo que indica el artículo 182 de esta ley.

Artículo 201

Después de levantar el acta en que se discerne el cargo del Ingeniero, éste procederá a practicar las operaciones correspondientes dentro del plazo que fija el artículo 189 (3 meses prorrogables a 2 o más a solicitud del interesado). El expediente de medida será revisado en la forma que estipula el artículo 215 de esta ley.

Artículo 215

El expediente de medida, será revisado por un Ingeniero revisor nombrado por la sección de tierras cuyos honorarios son cubiertos por la parte interesada de conformidad con el arancel respectivo; dicho Ingeniero practicará la revisión de las operaciones de medida, remedida, deslindes, divisiones, amojona

mientos y avivamientos de linderos, que consten en el expediente respectivo.

La tolerancia legal en las medidas efectuadas será en base a las indicadas por la ley de Agrimensura.

En conclusión pueden resumirse los aspectos legales en lo siguiente:

1. Si el trabajo a efectuar no provoca conflictos o divergencias con los datos legalmente registrados del terreno, el Ingeniero solo sigue lo conducente a la hechura y elaboración del o de los planos de registro, sin necesidad de autorización previa de la sección de tierras.
2. Si por divergencias suscitadas entre varias medidas, se quiere dar un carácter legal a una de ellas, se sigue el procedimiento indicado en las leyes de transformación agraria y ley de agrimensura. (8, 12, 13, 28)

11.3 Diferentes casos de División de Terrenos

Trabajos de agrodesia se pueden tipificar 2 grupos de problemas de división de superficies, siendo estos de manera general los siguientes:

Grupo 1

Se conocen las características del lindero divisor, desconociendo las superficies en que quedará dividido el terreno.

Grupo 2

Se conoce la magnitud de las superficies en que quedará dividido el terreno, siendo la incognita las características del lindero divisor.

Atendiendo la clasificación anterior, los grupos pueden dividirse en casos específicos, dando por resultado el ordenamiento que se presenta a continuación:

- Grupo 1
- Caso 1 { Determinar las superficies en que queda dividido un terreno, por medio de una línea divisoria que va de uno a otro punto conocido e identificado del polígono real.
 - Caso 2 { Determinar las superficies en que queda dividido un terreno, por medio de una línea divisoria que parte de un punto dado con rumbo o dirección establecida.
- Grupo 2
- Caso 3 { Determinar el rumbo, magnitud (D.h) y coordenadas totales del punto de llegada de la línea divisoria, que partiendo de un punto conocido e identificado del perímetro del terreno, divide el mismo en 2 superficies dadas.
 - Caso 4 { Determinar la magnitud (D.h) y coordenadas totales del punto de partida y llegada de la línea divisoria, que partiendo con un rumbo definido divide el terreno en 2 superficies dadas.

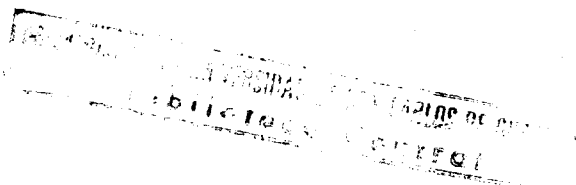
(10, 16, 25, 28)

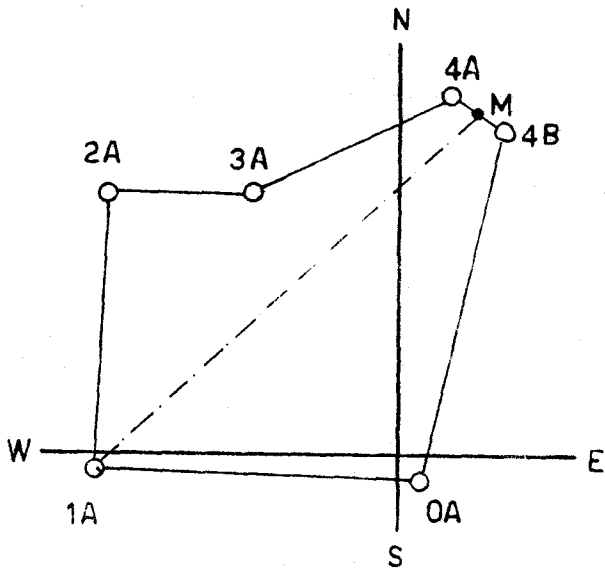
11.4 Desarrollo analítico y número de los diferentes casos de Agrodésia.

Para un mejor entendimiento por parte del lector, se establecerán ejemplos generales resueltos analíticamente y numéricamente, con lo cual facilitará el proceso de comprensión de los diferentes casos de Agrodésia.

Caso 1

Determinar las superficies en que quedará dividido el terreno presentado en la Fig. 205 el cual es fraccionado por una línea divisoria que partiendo del vertice 1A, finaliza en el punto intermedio del lindero 4A-4B.





P	YT	YT
OA	$X_{T_{OA}}$	$Y_{T_{OA}}$
1A	$X_{T_{1A}}$	$Y_{T_{1A}}$
2A	$X_{T_{2A}}$	$Y_{T_{2A}}$
3A	$X_{T_{3A}}$	$Y_{T_{3A}}$
4A	$X_{T_{4A}}$	$Y_{T_{4A}}$
4B	$X_{T_{4B}}$	$Y_{T_{4B}}$

Fig. 205
Caso 1 de Agrodesia

- Desarrollo analítico

1. Elaborar un plano a escala del terreno, determinando sobre este el punto de partida y llegada del lindero divisor. Ver Fig. 205
2. Determinar el área del terreno, utilizando para el efecto cualquiera de los métodos estudiados en el capítulo 9 (método matricial en este desarrollo)

P	XT	YT
OA	$X_{T_{OA}}$	$Y_{T_{OA}}$
1A	$X_{T_{1A}}$	$Y_{T_{1A}}$
2A	$X_{T_{2A}}$	$Y_{T_{2A}}$
3A	$X_{T_{3A}}$	$Y_{T_{3A}}$
4A	$X_{T_{4A}}$	$Y_{T_{4A}}$
4B	$X_{T_{4B}}$	$Y_{T_{4B}}$
OA	$X_{T_{OA}}$	$Y_{T_{OA}}$

$$AREA = \frac{|\sum XT \cdot YT \downarrow - \sum XT \cdot YT \uparrow|}{2}$$

3. Determinar las coordenadas totales del punto de partida y llegada del lindero fraccionante.

3.a. Punto de partida (1A)

P	XT	YT
1A	XT_{1A}	YT_{1A}

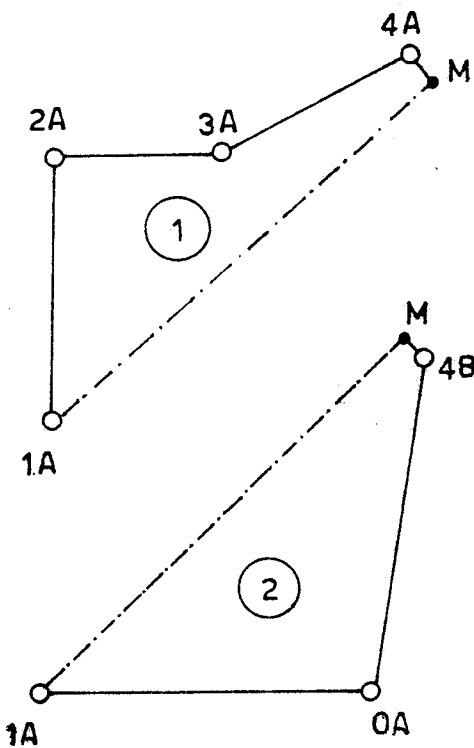
3.b. Punto de llegada (punto intermedio del lindero 4A - 4B)

$$XT_M = \frac{XT_{4A} + XT_{4B}}{2}$$

$$YT_M = \frac{YT_{4A} + YT_{4B}}{2}$$

P	XT	YT
M	XT_M	YT_M

4. Calcular el valor resultante de las superficies divididas del terreno Ver Fig. 206 a y 206 b



$$\text{AREA 1 (1A, 2A, 3A, 4A, M, 1A)} = \frac{|\sum XT \cdot YT \downarrow - \sum XT \cdot YT \uparrow|}{2}$$

$$\text{AREA 2 (OA, 1A, M, 4B, OA,)} = \frac{|\sum XT \cdot YT \downarrow - \sum XT \cdot YT \uparrow|}{2}$$

Fig. 206

Superficies divididas por el lindero fraccionante $\overline{1A-M}$

5. Comprobación de los calculos anteriores

Para tal efecto la sumatoria de las áreas formadas debe ser igual al valor de la superficie del terreno matriz.

$$\text{Area } \textcircled{1} + \textcircled{2} = \text{Area del terreno matriz}$$

6. Elaboración de los planos de registro de las nuevas superficies formadas. (Fig.206a y 206b). Para tal efecto deberá llenar las normas establecidas en el inciso 9.8.2 del capítulo 9

- Desarrollo Numérico

1. Elaborar un plano a escala del terreno, determinando sobre este el punto de partida y llegada del lindero divisor. Ver. Fig 207

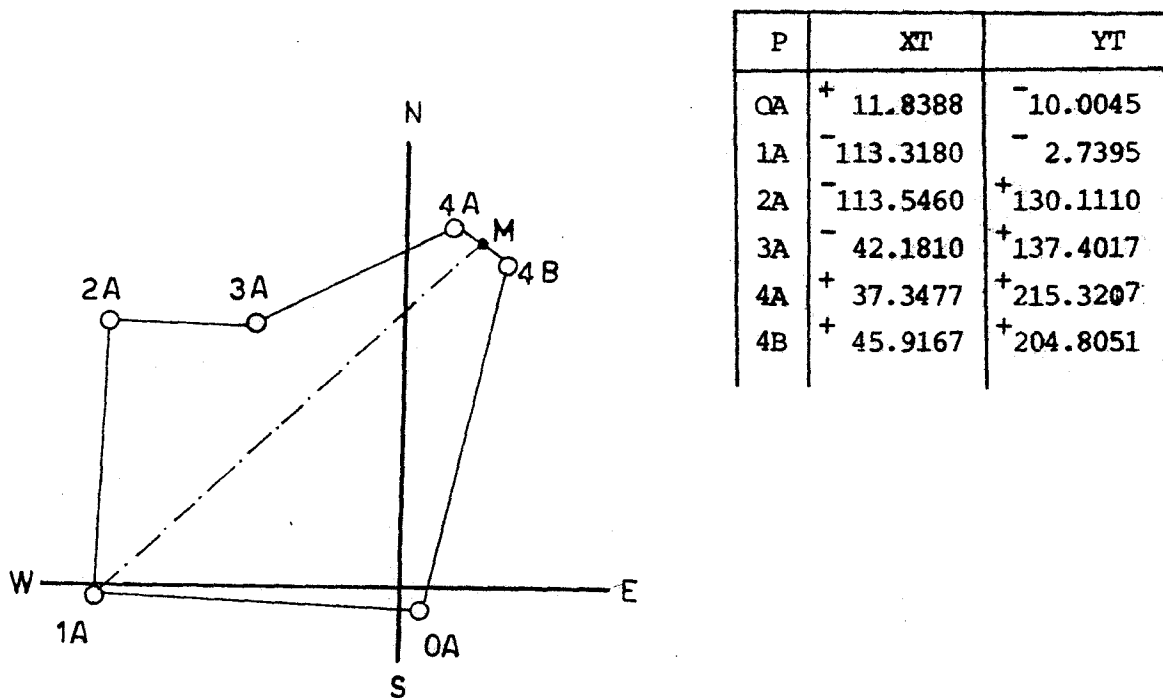


Fig. 207

Ubicación del punto de partida y llegada del lindero divisor

2. Determinar el área del terreno (utilizando método matricial)

P.	XT	YT	XT.YT	XT.YT
OA	+ 11.8388	- 10.0045	-	+1133.689
1A	- 113.3180	- 2.7395	- 32.432	+ 311.059
2A	- 113.5460	+130.1110	-14743.918	- 5488.212
3A	- 42.1810	+137.4017	-15601.413	+5131.637
4A	+ 37.3477	+215.3207	- 9082.442	+9886.816
4B	+ 45.9167	+204.8051	+ 7648.999	+2424.646
OA	+ 11.8388	- 10.0045	- 459.373	

$$\sum = -32270.579 \quad \sum +13399.635$$

$$\text{Area} = \frac{|\sum XT.YT \searrow - \sum XT YT \nearrow|}{2}$$

$$\text{Area} = \frac{|-32270.579 - +13399.635|}{2}$$

$$\text{Area} = 22835.107 \text{ m}^2$$

3. terminar las coordenadas totales de los puntos 1A y M

- Punto de partida 1A

P.	XT	YT
1A	- 113.3180	- 2.7395

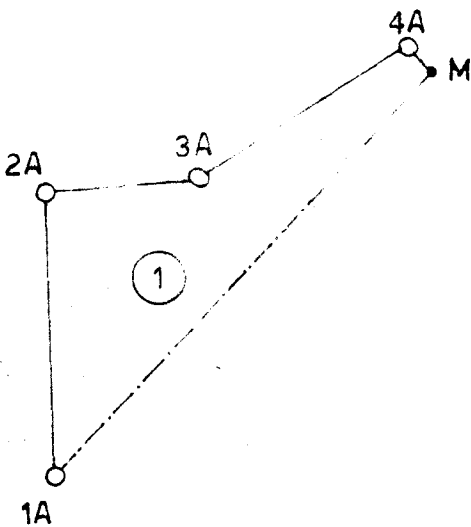
- Punto de llegada M (punto intermedio del lindero 4A-4B)

$$Y_{T_M} = \frac{Y_{T_{4A}} + Y_{T_{4B}}}{2} \dots Y_{T_M} = \frac{+215.3207 + +204.8051}{2} = +210.0629$$

$$X_{T_M} = \frac{X_{T_{4A}} + X_{T_{4B}}}{2} \dots X_{T_M} = \frac{+37.3477 + +45.9167}{2} = +41.6322$$

4. Calcular el valor resultante de las áreas divididas.

Area ① (1A, 2A, 3A, 4A, M, 1A)



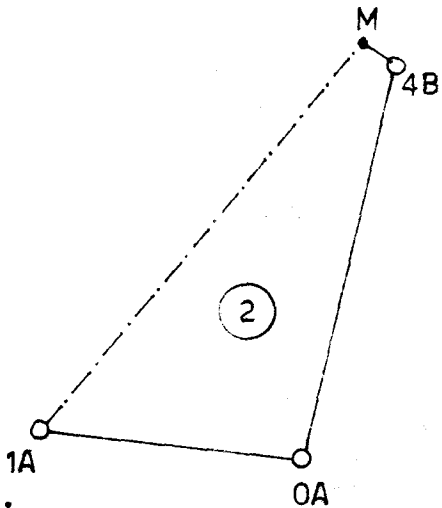
P	XT	YT	XT.YT.	XT.YT
1A	-113.3180	- 2.7395		+ 311.059
2A	-113.5460	+130.1110	-14743.918	- 5488.212
3A	-42.1810	+137.4017	-15601.413	+ 5131.637
4A	+37.3477	+215.3207	- 9082.442	+ 8964.274
M	+41.6322	+210.0629	+ 7845.366	-23803.908
1A	-113.3180	- 2.7395	<u>114.051</u>	

$$\sum -31696.458 \quad \sum -14885.15$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = \frac{-31696.458 - (-14885.15)}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = 8405.654 \text{ m}^2$$

Area ② (0A, 1A, M, 4B, 0A)



P	XT	YT	XT . YT ↘	XT . YT ↗
0A	+ 11.8388	- 10.0045		+ 1133.689
1A	-113.3180	- 2.7395	- 32.432	- 114.051
M	+ 41.6322	+210.0629	-23803.908	+ 9645.395
4B	+ 45.9167	+204.8051	+ 8526.486	+ 2424.646
0A	+ 11.8388	- 10.0045	<u>- 459.373</u>	

$$\sum -15769.227 \quad \sum +13089.679$$

$$\text{Area } \textcircled{2} = \frac{-15769.227 - (+13089.679)}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{2} = 14429.453 \text{ m}^2$$

5. Comprobación de los datos anteriores:

$$\text{Area } \textcircled{1} + \text{Area } \textcircled{2} = \text{Area } 0A, 1A, 2A, 3A, 4A, 4B, 0A$$

$$8405.654 \text{ m}^2 + 14429.453 \text{ m}^2 = 22835.107 \text{ m}^2$$

6. Elaboración de los planos de registro de los terrenos divididos.

1A, 2A, 3A, 4A, M, 1A y OA, 1A, M, 4B, OA.

EJERCICIOS

- Dividir un terreno en 2 partes, de tal forma que el lindero divisor parta del punto intermedio del lindero $\overline{OA\overline{OB}}$, y llegue a un punto ubicado a 10.00 m. del vértice 2A sobre el lindero $\overline{2A\overline{3}}$.

Las coordenadas totales de los vértices del terreno son:

P	XT	YT
OA	- 20	+60
OB	+ 40	+90
1A	+130	+70
2A	+140	+20
3	+ 50	+10
3A	- 10	-10

N O T A

M = Punto de partida
F = Punto de llegada del lindero divisor.

R E S P U E S T A

Area OA, M, F, 3, 3A, OA = 6254.903 m²
Area M, OB, 1A, 2A, F, M = 4295.096 m²

- Dividir un terreno en 2 partes, de tal manera que el lindero divisor parta del punto OA y llegue al punto intermedio $\overline{OB-OC}$

Las coordenadas totales de los vértices del terreno son:

P	XT	YT
OA	-60.8635	+18.3371
OB	-30.5817	-37.1867
OC	+27.4658	- 5.4259
OD	+13.6095	+34.6088

N O T A

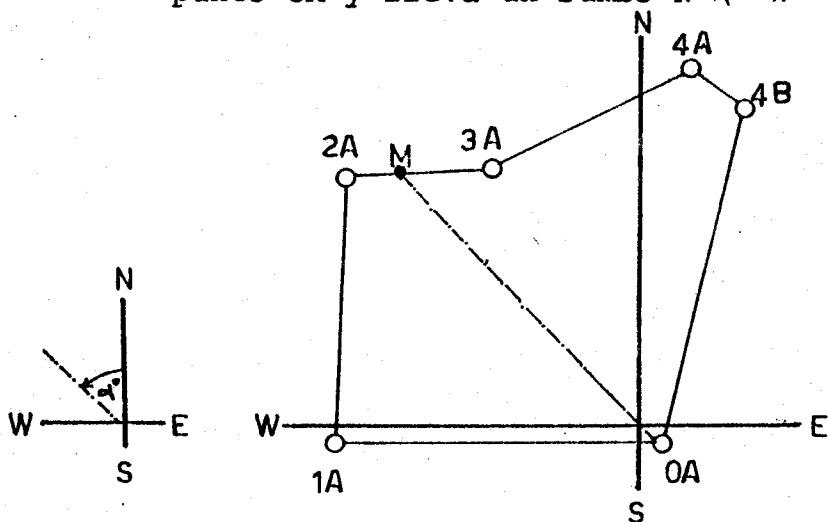
F = Punto de llegada del lindero divisor.

R E S P U E S T A

Area OA, OB, F, OA = 1046.197 m²
AREA OA, F, OC, OD, OA = 2649.683 m²

Caso 2.

Determinar las superficies en que quedará dividido el terreno presentado en la Fig. 208, cuando la línea divisoria parte del punto OA y lleva un rumbo N α° W



P	XT	YT
OA	XT _{OA}	YT _{OA}
1A	XT _{1A}	YT _{1A}
2A	XT _{2A}	YT _{2A}
3A	XT _{3A}	YT _{3A}
4A	XT _{4A}	YT _{4A}
4B	XT _{4B}	YT _{4B}

Fig. 208
Caso 2 de Agrodesia

- Desarrollo analítico:

1. Elaborar un plano a escala del terreno y ubicar sobre éste la posición del lindero divisor. Ver. figura 208.
2. Determinar el área total del terreno matriz, utilizando para el efecto cualquiera de los métodos estudiados en el capítulo 9. (Método matricial en este desarrollo)

P	XT	YT
OA	XT _{OA}	YT _{OA}
1A	XT _{1A}	YT _{1A}
2A	XT _{2A}	YT _{2A}
3A	XT _{3A}	YT _{3A}
4A	XT _{4A}	YT _{4A}
4B	XT _{4B}	YT _{4B}
OA	XT _{OA}	YT _{OA}

$$\text{Area} = \frac{|\sum XT \cdot YT \downarrow - \sum XT \cdot YT \uparrow|}{2}$$

3. Determinar las coordenadas totales del punto de partida del lindero divisor.

P	XT	YT
OA	XT _{OA}	YT _{OA}

4. Determinar las coordenadas totales del punto de llegada del lindero divisor. Si se observa la Fig.208 podrá darse cuenta el lector que el punto de llegada representa la intersección matemática de las líneas rectas $\overline{2A3A}$ y \overline{OAM} , razón por la cual el establecimiento de las coordenadas totales del punto M, se obtienen al resolver el sistema de ecuaciones formado por las ecuaciones lineales de las rectas correspondientes

Premisas:

- Ecuación general de la línea recta

$$m (X - X_0) = Y - Y_0$$

Donde:

$$m = \text{Pendiente de la línea recta } \frac{\Delta Y}{\Delta X}$$

X = Longitud total de cualquier punto de la recta.

X₀ = Longitud total del punto origen de la recta.

Y = Latitud total de cualquier punto de la recta.

Y₀ = Latitud total del punto origen de la recta.

- Pendiente matemática de un alineamiento dado.

$$m = \frac{YT_{n+1} - YT_n}{XT_{n+1} - XT_n}$$

	Para Rumbos
m ⁺ = Tang (90° - Rumbo)	N γ ° E
	S J ° W
m ⁻ = Tang (Rumbo - 90°)	N α ° W
	S θ ° E

0

4a. Determinar la ecuación lineal de la recta $\overline{2A\ 3A}$

$$m_{\overline{3A\ 2A}} (X - X_{T2A}) = Y - Y_{T2A} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Donde: } m_{\overline{3A2A}} = \frac{Y_{T3A} - Y_{T2A}}{X_{T3A} - X_{T2A}}$$

4b. Determinar la ecuación lineal de la recta divisoria $\overline{(OA\ M)}$

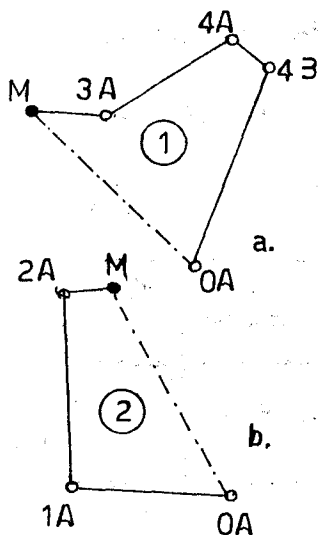
$$m_{\overline{MOA}} (X - X_{T_{OA}}) = Y - Y_{T_{OA}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$\text{Donde: } m_{\overline{MOA}} = \text{Tang} (\text{Rumbo} - 90^\circ)$$

4c. Resolver el sistema de las ecuaciones 1 y 2, determinando con ello el valor de las coordenadas totales del punto de intersección.

P	X _T	Y _T
M	X	Y

5. Calcular el valor resultante de las superficies divididas del terreno. Ver Fig. 209a y 209b.



$$\text{Area } \textcircled{1} (OA, M, 3A, 4A, 4B, OA) =$$

$$\frac{|\sum X_T \cdot Y_T \searrow - \sum X_T \cdot Y_T \nearrow|}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{2} (OA, 1A, 2A, M, OA) =$$

$$\frac{|\sum X_T \cdot Y_T \searrow - \sum X_T \cdot Y_T \nearrow|}{2}$$

Fig. 209

Superficies divididas por el lindero divisor que parte del punto OA y lleva un Rumbo $N \alpha^\circ W$

6. Comprobación de los cálculos anteriores

Para tal efecto, la sumatoria de las áreas formadas debe ser igual al valor de la superficie del terreno matriz.

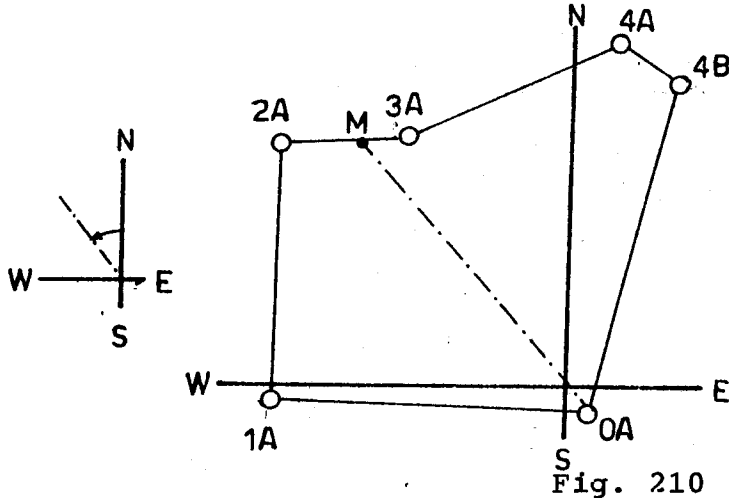
$$\text{Area } \textcircled{1} + \text{Area } \textcircled{2} = \text{Area del terreno matriz}$$

7. Elaboración de los planos de registro de las nuevas superficies formadas (Fig. 209a y 209b). Para tal efecto deberá llenar las normas establecidas en el inciso 9.8.2 del capítulo 9.

- Desarrollo numérico

Establecer el valor de las áreas en que queda dividido el terreno representado en la Fig. 210, si el lindero divisor parte del vértice OA y lleva un ángulo de dirección de N 30° 30' W.

1. Elaborar un plano a escala del terreno, determinando sobre este la posición del lindero divisor. Ver Fig. 210



P	XT	YT
OA	+ 11.8388	- 10.0045
1A	- 113.3180	- 2.7395
2A	- 113.5460	+ 130.1110
3A	- 42.1810	+ 137.4017
4A	+ 37.3477	+ 215.3207
4B	+ 45.9167	+ 204.8051

Fig. 210
Ubicación de la posición del lindero divisor

2. Determinar el área del terreno matriz (utilizando el método matricial).

P.	X _T	Y _T	X _T .Y _T	X _T .Y _T
OA	+ 11.8388	- 10.0045		+ 1133.689
1A	- 113.3180	- 2.7295	- 32.432	+ 311.059
2A	- 113.5460	+ 130.1110	- 14743.918	- 5488.212
3A	- 42.1810	+ 137.4017	- 15601.413	+ 5131.637
4A	+ 37.3477	+ 215.3207	- 9082.442	+ 9886.816
4B	+ 45.9167	+ 204.8051	+ 7648.999	+ 2424.646
OA	+ 11.8388	- 10.0045	- 459.373	
			$\Sigma = -32270.579$	$\Sigma = +13399.635$

$$\text{Area} = \frac{|\sum X_T \cdot Y_T \downarrow - X_T \cdot X_T \rightarrow|}{2}$$

$$\text{Area} = \frac{|-32270.579 - +13399.635|}{2}$$

$$\text{Area} = 22835.107 \text{ m}^2$$

3. Determinar las coordenadas totales del punto de partida del lindero fraccionante (OA)

P	X _T	Y _T
OA	+ 11.8388	- 10.0045

4. Determinar las coordenadas totales del punto de llegada del lindero fraccionante (M).

- 4.a Determinar la Ecuación de la línea recta $\overline{2A \ 3A}$
- Pendiente de la recta $\overline{2A \ 3A}$

$$m_{\overline{3A2A}} = \frac{Y_{T3A} - Y_{T2A}}{X_{T3A} - X_{T2A}}$$

$$m_{\overline{3A2A}} = \frac{+137.4017 - +130.1110}{-42.1810 - -113.5460}$$

$$m_{\overline{3A2A}} = \frac{+7.2907}{+71.365} \therefore m_{\overline{3A \ 2A}} = +0.10216$$

- Ecuación de la recta $\overline{2A 3A}$

$$m_{3A2A} (X - XT_{2A}) = Y - YT_{2A}$$

$$+0.10216 (X - -113.5460) = Y - +130.1110$$

$$+0.10216 X + 11.5999859 = Y - 130.1110$$

$$+0.10216 X + 141.71086 = Y \quad (\text{Ecuación 1})$$

4b. Determinar la ecuación de la línea recta $\overline{OA M}$

- Pendiente de la recta $\overline{OA M}$

$$m_{M OA} = \text{Tang} (\text{Rumbo} - 90^\circ)$$

$$m_{M OA} = \text{Tang} (30^\circ 30' - 90^\circ)$$

$$m_{M OA} = \text{Tang} (-59^\circ 30') \therefore m_{M OA} = -1.697663$$

- Ecuación de la recta $\overline{OA M}$

$$m_{M OA} (X - XT_{OA}) = Y - YT_{OA}$$

$$-1.697663 (X - +11.8388) = Y - -10.0045$$

$$-1.697663 X + 20.098293 = Y + 10.0045$$

$$-1.697663 X + 10.093793 = Y \quad (\text{Ecuación 2})$$

4c. Resolver el sistema de las ecuaciones 1 y 2, determinando con ello el valor de las coordenadas del punto de llegada del lindero divisor. (Empleo del método de Igualación de Ecuaciones).

$$+0.10216 X + 141.71086 = Y \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$-1.697663 X + 10.093793 = Y \quad (\text{Ecuación 2})$$

- Igualando la Ecuación 1 con la Ecuación 2

$$+0.10216 X + 141.71086 = -1.697663 X + 10.093793$$

- Despejando el valor de la incógnica X

$$+0.10216 X + 1.697663 X = +10.093793 - 141.71086$$

$$+1.799823 X = -131.61707$$

$$X = \frac{-131.61707}{+ 1.799823}$$

$$X = - 73.12777$$

- Despejando el valor de Y. Sustituyendo para el efecto el valor de X en cualquiera de las ecuaciones anteriores:

ECUACION 1

ECUACION 2

$$+ 0.10216 (-73.12777) + 141.71086 = Y$$

$$-1.697663 (-73.12777) + 10.093793 = Y$$

$$- 7.4707258 + 141.71086 = Y$$

$$+124.14519 + 10.093793 = Y$$

$$+ 134.2401 = Y$$

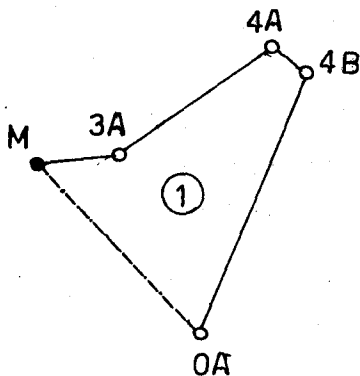
$$+ 134.2401 = Y$$

- Coordenadas totales del punto de llegada (M)

P	XT	YT
M	-73.1277	+134.2401

5. Calcular el valor resultante de las áreas divididas.

Area ① (OA, M, 3A, 4A, 4B, OA)



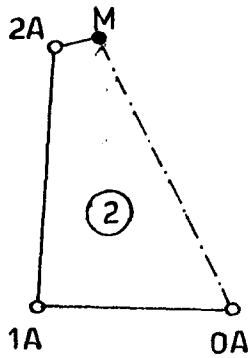
P	XT	YT	XT . YT ↘	XT . YT ↗
OA	+11.8388	- 10.0045		+ 731.6060
M	-73.1277	+134.2401	+ 1589.2417	-5662.3817
3A	-42.1810	+137.4017	-10047.87	+5131.6375
4A	+37.3477	+215.3207	- 9082.4424	+9886.816
4B	+45.9167	+204.8051	+ 7648.9994	+2424.6466
OA	+11.8388	- 10.0045	- 459.3736	

$$-10351.445 \quad +12512.324$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = \frac{-10351.445 - +12512.324}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = 11431.885 \text{ m}^2$$

Area (2) (OA, 1A, 2A, M, OA)



P	XT	YT	XT · YT ↘	XT · YT ↗
OA	+ 11.8388	- 10.0045		+ 1133.6899
1A	- 113.3180	- 2.7395	- 32.4323	+ 311.0592
2A	- 113.5460	+ 130.1110	- 14743.918	- 9514.7182
M	- 73.1277	+ 134.2401	- 15242.426	+ 1589.2417
OA	+ 11.8388	- 10.0045	+ 731.6060	

$$\sum = -29287.17 \quad \sum = -6480.7274$$

$$\text{Area : (2)} = \frac{\sqrt{-29287.17 - (-6480.7274)}}{2}$$

$$\text{Area (2)} = 11403.221 \text{ m}^2$$

6. Comprobación de los cálculos anteriores:

$$\text{Area (1)} + \text{Area (2)} = \text{Area OA, 1A, 2A, 3A, 4A, 4B, OA}$$

$$11431.885 \text{ m}^2 + 11403.221 \text{ m}^2 = 22835.107 \text{ m}^2$$

7. Elaboración de los planos de registro de los terrenos divididos.

OA, M, 3A, 4A, 4B, OA y OA, 1A, 2A, M, OA

EJERCICIOS

1. Dividir un terreno en 2 partes con la característica de que el lindero divisor parta del punto intermedio del lindero OA-OB y lleve un Rumbo de 5 45° E

Las coordenadas totales de los vértices del terreno son:

P	XT	YT
OA	- 20	+ 60
OB	+ 40	+ 90
1A	+ 130	+ 70
2A	+ 140	+ 20
3	+ 50	+ 10
3A	- 10	- 10

NOTA:

F = Punto de llegada del lindero divisor.

R E S P U E S T A

$$X_{T_F} = +72.4993$$

$$Y_{T_F} = +12.5006$$

$$Dh MF = 88.387 \text{ m}$$

$$\text{Area } M, OB, 1A, 2A, F, M = 6293.76 \text{ m}^2$$

$$\text{Area } OA, M, F, 3, 3A, OA = 4256.2392 \text{ m}^2$$

2. Dividir un terreno en 2 partes, con la característica de que el lindero divisor parte del vértice 3A y lleve un Rumbo de N 30° 30' E
Las coordenadas totales de los vértices del terreno son:

P	XT	YT
OA	- 40.00	+10.00
OB	+ 20.00	+80.00
1A	+100.00	+60.00
2A	+ 70.00	+70.00
3A	+ 20.00	+30.00

NOTA

F = punto de llegada del lindero divisor

R E S P U E S T A

$$X_{T_F} = +45.6718$$

$$Y_{T_F} = +73.5820$$

$$Dh \overline{3A F} = 50.580 \text{ m}$$

$$\text{Area } OA, OB, F, 3A, OA = 2141.795 \text{ m}^2$$

$$\text{Area } 3A, F, 1A, 2A, 3A = 2908.203 \text{ m}^2$$

Caso 3.

Dividir el terreno presentado en la Fig. 211 en 2 superficies dadas, con la característica de que una de ellas represente 1/3 parte del área total. El lindero divisor deberá partir del punto intermedio del lindero 3A - 4A.

La superficie fraccionada equivalente a la 1/3 parte del terreno, deberá quedar al Nor-Oeste del mismo.

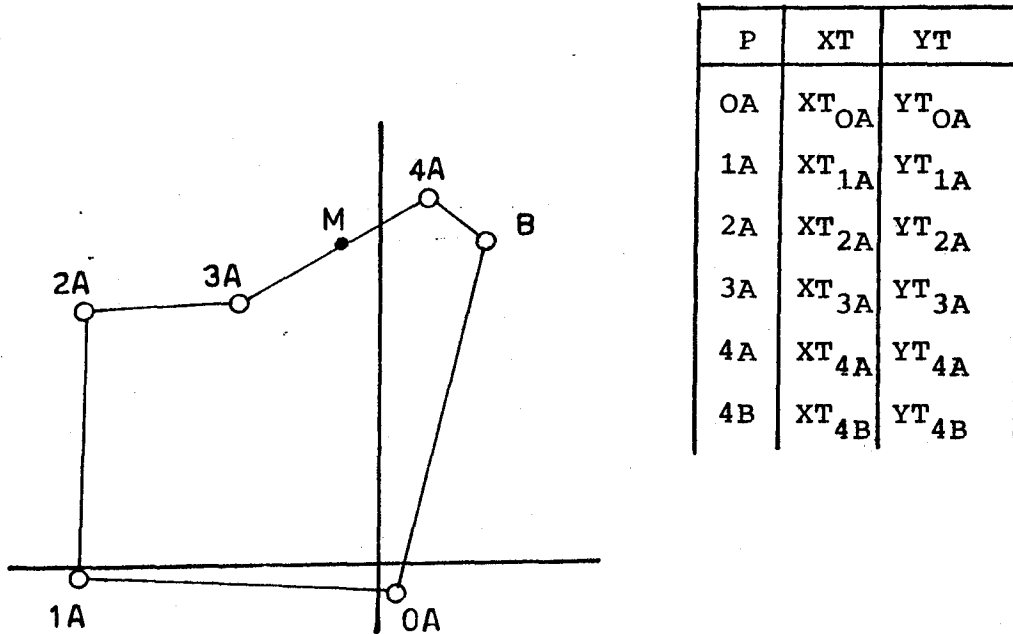


Fig. 211
Caso 3 de Agrosedia

- Desarrollo analítico

1. Elaborar un plano a escala del terreno y ubicar sobre este el punto de partida del lindero divisor. Ver. Fig.211
2. Determinar el área total del terreno matriz, utilizando para el efecto cualquiera de los métodos estudiados en el capítulo 9. (Método Matricial en este desarrollo).

P	XT	YT
OA	XT _{OA}	YT _{OA}
1A	XT _{1A}	YT _{1A}
2A	XT _{2A}	YT _{2A}
3A	XT _{3A}	YT _{3A}
4A	XT _{4A}	YT _{4A}
4B	XT _{4B}	YT _{4B}
OA	XT _{OA}	YT _{OA}

$$\text{Area} = \left| \frac{\sum \text{XT} \cdot \text{YT} \searrow - \text{XT} \cdot \text{YT} \nearrow}{2} \right|$$

3. Establecer el valor de las áreas a dividir

$$\text{Area } 1 = \frac{1}{3} \text{ Area Total}$$

$$\underline{\text{Area } 2} = \underline{\frac{2}{3} \text{ Area Total}}$$

$$\text{Area } 1 + 2 = \text{Area del terreno matriz}$$

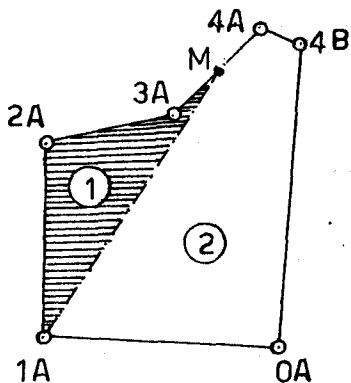
4. Calcular las coordenadas totales del punto de partida del lindero divisor (punto medio del lindero 3A-4A)

$$\text{XT}_M = \frac{\text{XT}_{3A} + \text{XT}_{4A}}{2}$$

$$\text{YT}_M = \frac{\text{YT}_{3A} + \text{YT}_{4A}}{2}$$

P	XT	YT
M	XT _M	YT _M

5. Trazar un alineamiento auxiliar que partiendo del punto M, llegue a un punto de coordenadas conocidas, tratando que dicha línea divida al terreno en las superficies requeridas. Ver Fig. 212.



$$\text{Area } \textcircled{1} (1A, 2A, 3A, M, 1A) \approx \frac{1}{3} \text{ Area Total}$$

$$\text{Area } \textcircled{2} (1A, M, 4A, 4B, OA, 1A) \approx \frac{2}{3} \text{ Area Total}$$

Fig. 212

Trazo de la línea auxiliar que partiendo de M, divide al terreno aproximadamente en las superficies requeridas.

6. Establecer las coordenadas totales del punto de llegada del lindero divisor auxiliar.

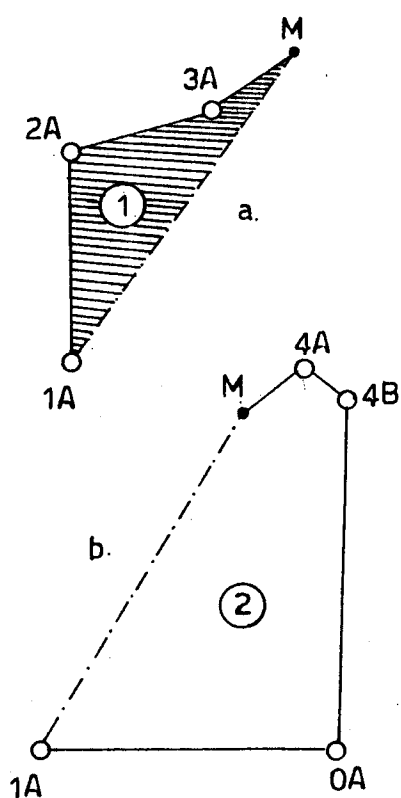
P	XT	YT
1A	XT_{1A}	YT_{1A}

7. Determinar el Rumbo y D.h de la línea auxiliar trazada.

$$\text{Rumbo } \overline{1A-M} = \text{Arc. Tang. } \frac{XT_M - XT_{1A}}{YT_M - YT_{1A}}$$

$$D.h_{\overline{1A-M}} = \sqrt{(XT_M - XT_{1A})^2 + (YT_M - YT_{1A})^2}$$

8. Calcular el valor de las áreas divididas por la línea auxiliar, empleando para el efecto el método matricial por su rápido desarrollo. Ver Fig. 213a y 213b.



$$\text{Area } \textcircled{1} (1A, 2A, 3A, M, 1A) = \frac{|\sum XT \cdot YT \downarrow - XT \cdot YT \nearrow|}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{2} (1A, M, 4A, 4B, OA, 1A) = \frac{|\sum XT \cdot YT \downarrow - XT \cdot YT \nearrow|}{2}$$

Fig. 213

Superficies divididas por el lindero Auxiliar M - 1A

9. Comparar el valor del área dividida por el lindero auxiliar, con respecto al valor del área que se desea que tenga la superficie a dividir.

Area a dividir	Area dividida por	Δ^+	(Alternativa a)
1/3 parte del	el lindero auxiliar	= 0	(Alternativa b)
area total	(1A, 2A, 3A, M, 1A)	Δ^-	(Alternativa c)

De la comparación anterior pueden establecerse las siguientes alternativas:

Alternativa a:

El área a dividir resulta ser aun mayor que el área dividida por el lindero auxiliar, ello implica que el lindero divisor debe de correrse hacia el resto de la finca matriz. Ver fig. 214a.

Alternativa b:

El área a dividir resulta ser igual al área dividida por el lindero auxiliar, ello implica que la posición asumida del lindero auxiliar es la correcta. Ver Fig. 214b.

Alternativa c:

El área a dividir resulta ser aún menor que el área dividida por el lindero auxiliar, ello implica que el lindero divisor debe de correrse hacia ésta. Ver Fig. 214c.

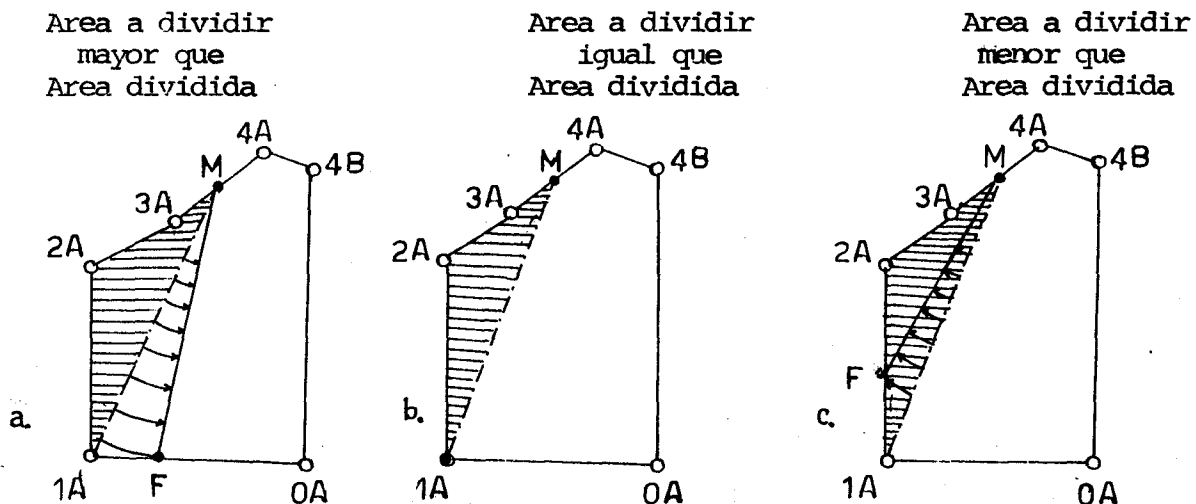


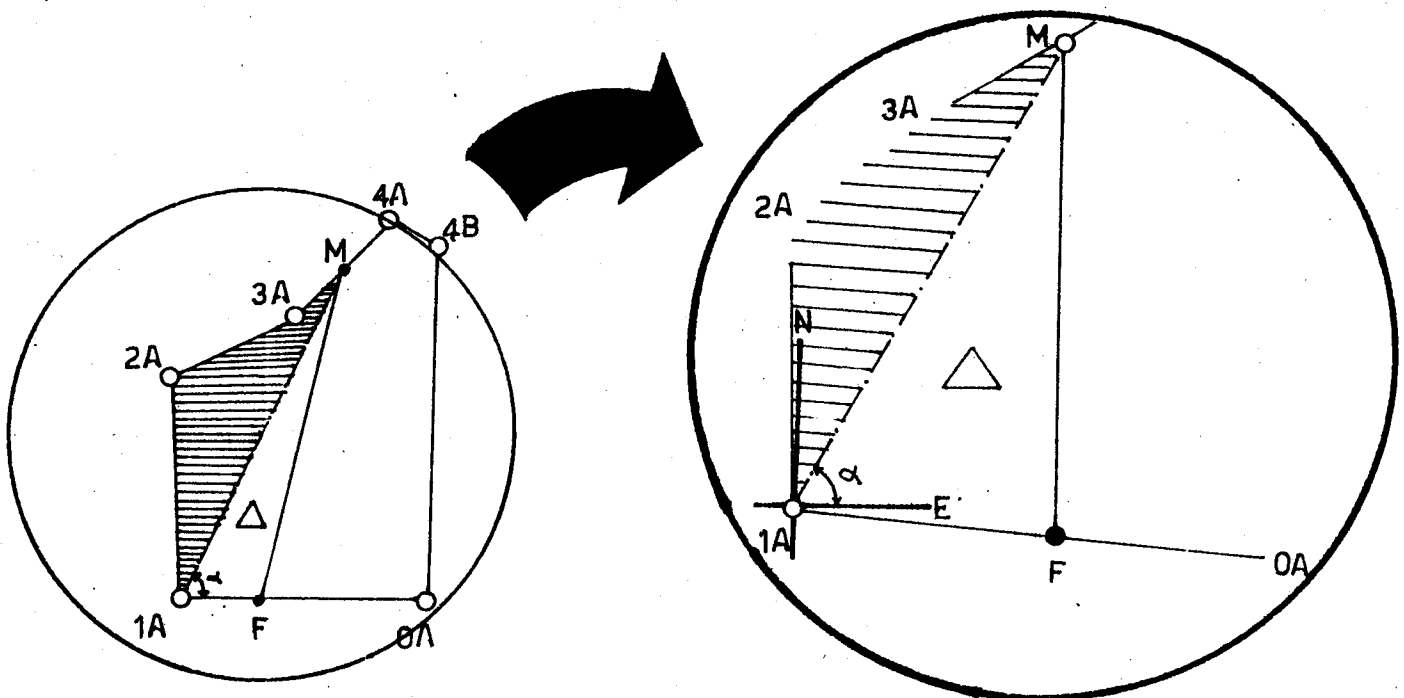
Fig. 214

Ubicación relativa de la línea divisoria auxiliar con respecto al
area a dividir

Para el presente desarrollo analítico se asumirá que el valor de la superficie dividida por el lindero auxiliar (1A, 2A, 3A, M, 1A), es menor que el área a dividir (1/3 parte de la superficie total), por lo cual el lindero divisor habrá que girarse hacia el resto de la finca matriz. Ver. Fig. 214a.

10. Calcular la magnitud en D.h que habrá que correr el punto final o de llegada del lindero divisor.

La diferencia entre el área a dividir y el área dividida por el lindero divisor auxiliar se denomina " \triangle área", la cual representa el área de un triángulo formado por los lados $\overline{1A-M}$, $\overline{1A-F}$ y \overline{MF} . Ver Fig. 215.



- $\overline{1A-M}$ = D.h del lindero auxiliar
- $\overline{1A-F}$ = D.h a correr el punto de llegada del lindero divisor.
- \overline{MF} = D.h del lindero divisor
- \triangle = Incremento de área

Fig. 215
Representación del triángulo equivalente a \triangle área

Atendiendo la definición general del área de un triángulo

$$\text{Area} = \frac{a \cdot b \cdot \widehat{ab}}{2}$$

En donde:

a. b. = Catetos adyacentes

\widehat{ab} = Angulo comprendido

en función de lo anterior y atendiendo el triángulo que representa \triangle área (Fig. 215), se establece lo siguiente:

$$\text{Area} = \frac{D.h \overline{1AM} \cdot D.h \overline{1AF} \cdot \text{Seno } \alpha}{2}$$

En donde:

\triangle Area = Diferencia entre el área a dividir y el área dividida.

$D.h \overline{1AM}$ = Magnitud de la distancia horizontal del lindero auxiliar.

$D.h \overline{1AF}$ = Magnitud de la distancia horizontal a correr el punto de llegada del lindero divisor.

α = Angulo diferencial comprendido entre los alineamientos $\overline{1A-M}$ y $\overline{1A-OA}$

Por lo tanto la distancia horizontal a correr el lindero divisor resulta de:

$$D.h \overline{1A-F} = \frac{2 \triangle \text{Area}}{D.h \overline{1A-M} \cdot \text{Seno } \alpha}$$

11. Cálculo de las coordenadas totales del punto de llegada del lindero divisor.

11a. Establecer el valor de las coordenadas parciales del punto F con respecto del punto 1A.

$$X_{PF} = \text{Seno Rumbo } \overline{1A-OA} \cdot D.h \overline{1A-F}$$

$$Y_{PF} = \text{Coseno Rumbo } \overline{1A-OA} \cdot D.h \overline{1A-F}$$

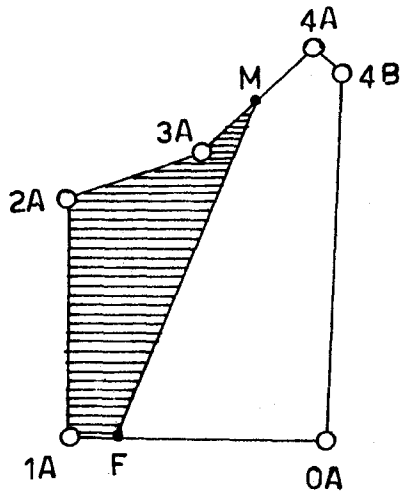
11b. Establcer el valor de las coordenadas totales del punto F.

$$X_{T_F} = X_{T_{1A}} + X_{P_F}$$

$$Y_{T_F} = Y_{T_{1A}} + Y_{P_F}$$

P	X _T	Y _T
F	X _{T_F}	Y _{T_F}

12. Determinar el cálculo del área dividida por el lindero divisor MF, empleando para el efecto el método matricial. Ver. Fig. 216.



$$\text{Area } (1A, 2A, 3A, M, F, 1A) =$$

$$\left| \frac{\sum X_T \cdot Y_T \downarrow - X_T \cdot Y_T \nearrow}{2} \right|$$

Fig. 216

Area dividida por el lindero divisor definitivo

13. Comprobación de los cálculos anteriores.

Para tal efecto el valor del área dividida por el lindero divisor definitivo, debe ser igual al valor del área deseada.

$$\begin{array}{l} \text{Area a dividir} \\ (1/3 \text{ parte del}) \\ \text{area total} \end{array} = \text{Area } 1A, 2A, 3A, M, F, 1A.$$

14. Determinar el rumbo Y distancia horizontal del lindero divisor definitivo.

$$\text{Rumbo}_{\overline{MF}} = \text{Arc. Tang. } \frac{Y_{T_F} - X_{T_M}}{Y_{T_F} - Y_{T_M}}$$

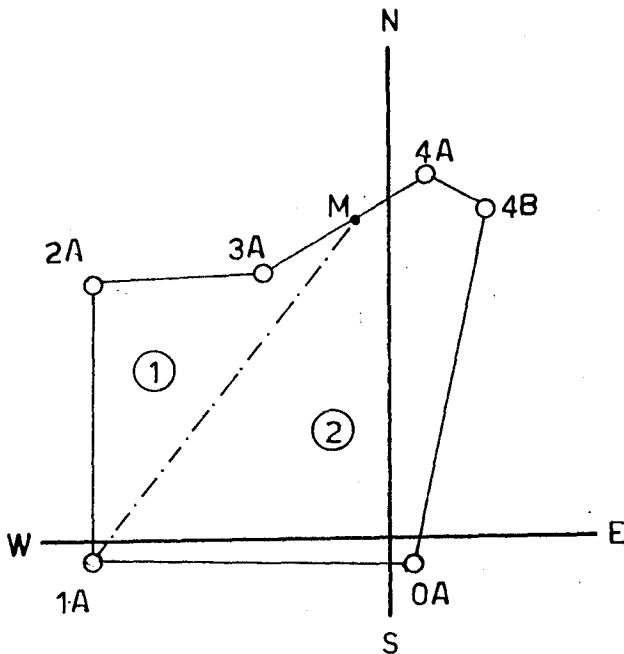
$$D.h \frac{MF}{MF} = \sqrt{(XT_F - XT_M)^2 + (YT_F - YT_M)^2}$$

15. Elaborar los planos de registro de los terrenos 1A, 2A, 3A, M, F, 1A y F, M, 4A, 4B, OA, F.

- Desarrollo numérico

Se necesita dividir el terreno presentado en la Fig. 217 en 2 partes, con la característica de que una de ellas sea equivalente a 1/3 parte del área Total. El lindero divisor debe partir del punto medio del lindero 3A 4A.

1. Elaborar un plano a escala del terreno y ubicar sobre este el punto de partida del lindero divisor. Ver. Fig. 217.



P	XT	YT
OA	+ 11.8388	- 10.0045
1A	- 113.3180	- 2.7395
2A	- 113.5460	+ 130.1110
3A	- 42.1810	+ 137.4017
4A	+ 37.3477	+ 215.3207
4B	+ 45.9167	+ 204.8051

Fig. 217

Ubicación del punto de partida del lindero divisor y su proyección auxiliar.

2. Determinar el área del terreno matriz (utilizando el método matricial).

P	X _T	Y _T	X _T · Y _T	X _T · Y _T
OA	+ 11.8388	- 10.0045		+ 1133.689
1A	- 113.3180	- 2.7395	- 32.432	+ 311.059
2A	- 113.5460	+ 130.1110	- 14743.918	- 5488.212
3A	- 42.1810	+ 137.4017	- 15601.413	+ 5131.637
4A	+ 37.3477	+ 215.3207	- 9082.442	+ 9886.816
4B	+ 45.9167	+ 204.8051	+ 7648.999	+ 2424.646
OA	+ 11.8388	- 10.0045	- 459.373	
			= - 32270.579	+ 13399.635

$$\text{Area} = \frac{\left| \sum X_T \cdot Y_T \downarrow - \sum X_T \cdot Y_T \uparrow \right|}{2}$$

$$\text{Area} = \frac{\left| -32270.579 - +13399.635 \right|}{2}$$

$$\text{Area} = 22835.107 \text{ m}^2$$

3. Determinar el valor del área a dividir.

$$\text{Area } \textcircled{1} = 1/3 \text{ Area Total} \therefore \text{Area } \textcircled{1} = \frac{22835.107 \text{ m}^2}{3}$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = 7611.7023 \text{ m}^2$$

$$\text{Area } \textcircled{2} = 2/3 \text{ Area Total} \therefore \text{Area } \textcircled{2} = \frac{(22835.107 \text{ m}^2) \cdot 2}{3}$$

$$\text{Area } \textcircled{2} = 15223.405 \text{ m}^2$$

4. Calcular el valor de las coordenadas totales del punto de partida del lindero divisor

$$X_{T_M} = \frac{X_{T_{3A}} + X_{T_{4A}}}{2}$$

$$X_{T_M} = \frac{-42.1810 + +37.3477}{2} \therefore X_{T_M} = -2.41665$$

$$Y_{T_M} = \frac{Y_{T_{3A}} + Y_{T_{4A}}}{2}$$

$$Y_{T_M} = \frac{+137.4017 + +215.3207}{2} \therefore Y_{T_M} = +176.3612$$

5. Trazar un alineamiento divisor auxiliar. Ver Fig.217
6. Determinar las coordenadas totales del punto de llegada del lindero divisor auxiliar. Ver.Fig. 217.

$$X_{T_{1A}} = -113.3180$$

$$Y_{T_{1A}} = -2.7395$$

7. Determinar el rumbo y la distancia horizontal de la línea divisoria auxiliar.

$$\text{Rumbo } \overline{1AM} = \text{Arc. Tang. } \frac{X_{T_M} - X_{T_{1A}}}{Y_{T_M} - Y_{T_{1A}}}$$

$$\text{Rumbo } \overline{1AM} = \text{Arc. Tang. } \frac{-2.41665 - -113.3180}{+176.3612 - -2.7395}$$

$$\text{Rumbo } \overline{1AM} = \text{Arc. Tang. } \frac{+110.90135}{+179.1007}$$

$$\text{Rumbo } \overline{1AM} = \text{Arc. Tang. } +0.6192122 = N 31.7663^\circ E$$

$$D.h_{\overline{1AM}} = \sqrt{(-2.4665 - -113.3180)^2 + (+176.3612 - -2.7395)^2}$$

$$D.h_{\overline{1AM}} = \sqrt{(+110.90135)^2 + (+179.1007)^2} =$$

210.6565 m.

8. Calcular el valor del área dividida por el lindero auxiliar. Ver. Fig.217.

Emplear el método matricial.

Area ① (1A, 2A, 3A, M, 1A)

P	XT	YT	XT . YT	XT . YT
1A	- 113.3180	- 2.7395		+ 311.059
2A	- 113.5460	+130.1110	- 14743.918	- 5488.212
3A	- 42.1810	+137.4017	- 15601.413	- 332.051
M	- 2.41665	+176.3612	- 7439.091	- 19984.898
1A	- 113.3180	- 2.7395	+ 6.620	

$$\sum -37777.802 \quad \sum -25494.102$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = \frac{|-37777.802 - (-25494.102)|}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = 6141.85 \text{ m}^2$$

Area ② (1A, M, 4A, 4B, OA, 1A)

P	XT	YT	XT.YT ↘	XT.YT ↗
1A	- 113.3180	- 2.7395		+ 6.6204
M	- 2.41665	+176.3612	- 19984.898	+ 6586.685
4A	+ 37.3477	+215.3207	- 520.354	+ 9886.816
4B	+ 45.9167	+204.8051	+ 7648.999	+ 2424.646
OA	+ 11.8388	- 10.0045	- 459.373	+ 1133.689
1A	- 113.3180	- 2.7395	- 32.432	
			= - 13348.058	= + 20038.456

$$\text{Area } \textcircled{2} = \frac{|-13348.058 - (+20038.456)|}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{2} = 16693.257$$

9. Comparar el área ① con el área a dividir (1/3 parte del área total)

$$\text{Area a dividir (7611.7023 m}^2) - \text{Area dividida (6141.85 m}^2) = \triangle^+ 1469.8523 \text{ m}^2$$

El signo + implica que el lindero divisor debe ser girado en favor del área de la finca matriz. Ver Fig. 218.

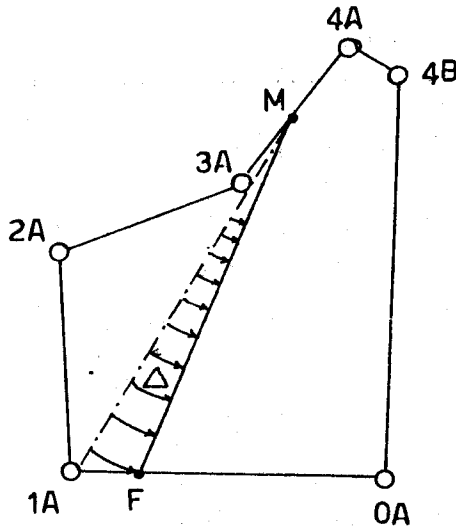
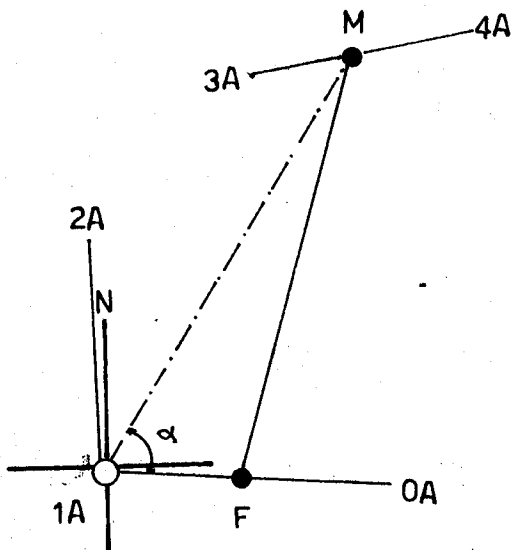


Fig. 218
Ubicación relativa de la línea divisoria auxiliar con respecto al área a dividir.

10. Calcular el valor de la distancia horizontal a correr el punto de llegada (F) del lindero divisor, sobre el lindero 1A OA

10a. Efectuar un análisis del triángulo que representa Δ Area.



$$\text{Area} = \frac{D \cdot h_{1AM} \cdot D \cdot h_{1AF} \cdot \text{Sen} \alpha}{2}$$

(a) (b) (c) (d)

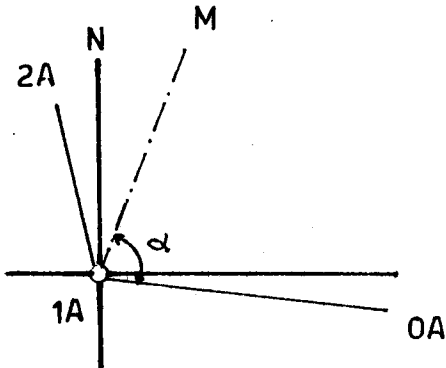
(a) = 1469.8523 m²

(b) = 210.6565 m²

(c) = Incógnita

(d) = Resultado de diferencia de ángulos.

10b. Determinar el valor del ángulo



$$\alpha = \left[90^\circ - \text{Rumbo}_{1A M} \right] + \left[90^\circ - \text{Rumbo}_{1AOA} \right]$$

$$\text{Rumbo } \overline{1AOA} = \text{Arc. Tang. } \frac{X_{T_{OA}} - X_{T_{1A}}}{Y_{T_{OA}} - Y_{T_{1A}}}$$

$$\text{Rumbo } \overline{1AOA} = \text{Arc. Tang. } \frac{+11.8388 - -113.3180}{-10.0045 - -2.7395}$$

$$\text{Rumbo } \overline{1AOA} = \text{Arc. Tang. } \frac{+125.1568}{-7.265}$$

$$\text{Rumbo } \overline{1AOA} = \text{Arc. Tang. } -17.227363 = \text{S } 86.677869^\circ \text{ E}$$

$$\alpha = \left[90^\circ - 31.7663^\circ \right] + \left[90^\circ - 86.677869^\circ \right]$$

$$\alpha = \left[58.2337^\circ \right] + \left[3.322131^\circ \right]$$

$$\alpha = 61.555831^\circ$$

10c. Determinar el valor de la D.h $\overline{1AF}$

$$D.h_{\overline{1AF}} = \frac{2 \triangle \text{área}}{Ph \cdot \overline{1AM} \cdot \text{seno } \alpha}$$

$$D.h_{\overline{1AF}} = \frac{2 \cdot (1469.8523\text{m}^2)}{210.6565\text{m} \cdot \text{seno } 61.555831^\circ}$$

$$D.h_{1AF} = \frac{2939.7046m^2}{185.2264m^2}$$

$$D.h_{1AF} = 15.8708 \text{ m}$$

11. Determinar el valor de las coordenadas totales del punto (F)

11a. Establecer el valor de las coordenadas parciales del punto F con respecto del punto 1A

$$XP_F = \text{Seno Rumbo}_{1AOA} \cdot D.h_{1AF}$$

$$XP_F = \text{Seno S } 86.677869^\circ \text{ E} \cdot (15.8708 \text{ m})$$

$$XP_F = +15.8441$$

$$YP_F = \text{Coseno Rumbo}_{1AOA} \cdot D.h_{1AF}$$

$$YP_F = \text{Coseno S } 86.677869 \text{ E} \cdot (15.8708 \text{ m})$$

$$YP_F = -0.9197$$

11b. Establecer el valor de las coordenadas totales del punto F

$$XT_F = XT_{1A} + XP_F$$

$$XT_F = 113.3180 + +15.8441$$

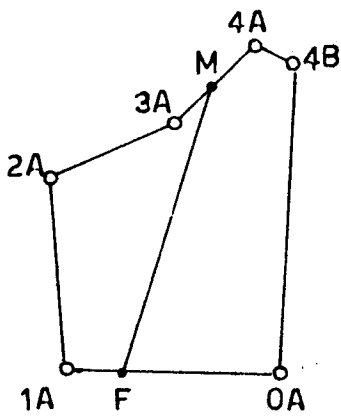
$$XT_F = 97.4739$$

$$YT_F = YT_{1A} + YP_F$$

$$YT_F = -2.7395 + -0.9197$$

$$YT_F = -3.6592$$

12. Determinar el valor del area dividida por el lindero divisor MF



P	XT	YT	XT · YT ↘	XT · YT ↗
F	- 97.4739	- 3.6592		+ 414.653
1A	-113.3180	- 2.7395	+ 267.029	+ 311.059
2A	-113.5460	+130.1110	-14743.918	- 5488.212
3A	- 42.1810	+137.4017	-15601.413	- 332.044
M	- 2.4166	+176.3612	- 7439.091	-17190.614
F	- 97.4739	- 3.6592	+ 8.843	
			<u>-37508.55</u>	<u>= -22285.158</u>

$$\text{Area} = \frac{| -37508.55 - -22285.158 |}{2}$$

$$\text{Area} = 7611.696 \text{ m}^2$$

13. Comparación de los cálculos anteriores:

$$\text{Area a dividir} = \text{Area F, 1A, 2A, 3A, M, F}$$

$$7611.702 \text{ m}^2 = 7611.696 *$$

* Diferencia 0.006 m² (Valor despreciable)

14. Determinar el rumbo y D.h del lindero divisor definitivo.

$$\text{Rumbo}_{\overline{MF}} = \text{Arc. Tang.} \frac{X_{TF} - X_{TM}}{Y_{TF} - Y_{TM}}$$

$$\text{Rumbo}_{\overline{MF}} = \text{Arc. Tang.} \frac{-97.4739 - -2.4166}{-3.6592 - +176.3612}$$

$$\text{Rumbo}_{\overline{MF}} = \text{Arc. Tang.} \frac{-95.0573}{-180.0204}$$

$$\text{Rumbo}_{\overline{MF}} = \text{Arc. Tang.} 0.5280362 = \text{S } 27.835679^\circ \text{ W}$$

$$\text{D.h}_{\overline{MF}} = \sqrt{(X_{TF} - X_{TM})^2 + (Y_{TF} - Y_{TM})^2}$$

$$\text{D.h}_{\overline{MF}} = \sqrt{(-95.0573)^2 + (-180.0204)^2}$$

$$\text{D.h}_{\overline{MF}} = \sqrt{41443.595} = 203.577 \text{ m}$$

15. Elaborar los planos de registro de los terrenos formados.

F, 1A, 2A, 3A, M, F

F, M, 4A, 4B, OA, F

EJERCICIOS

1. Dividir un terreno en 2 partes iguales con la característica de que el lindero divisor parta del vértice 5.

Las coordenadas totales de los vértices del terreno son:

P	XT	YT
1	- 40	+ 10
2	+ 20	+ 80
3	+100	+ 60
4	+ 70	+ 10
5	+ 20	+ 30

NOTA

F = Punto de llegada del lindero divisor

R E S P U E S T A

$$XT_F = +60.9999$$

$$YT_F = +69.7500$$

$$D.h_{5F} = 57.1056 \text{ m}$$

$$\text{Rumbo}_{5F} = N 45^\circ 53' 12.44'' E$$

2. Desmembrar un terreno en dos partes iguales con la característica de que el lindero divisor parta del vértice 1A.

Los datos con que se cuentan son los siguientes

Est.	P.O	D.h.m	Rumbo
2B	OA	570.087	N 74° 44' 41" E
OA	1	353.553	S 8° 7' 48.37" W
1	1A	250	Oeste Franco
1A	2A	158.113	S 71° 33' 54" W
2A	2B	269.258	N 21° 48' 5" W

NOTA

F = punto de llegada del lindero divisor.

R E S P U E S T A

$$X_{T_F} = +358.8988$$

$$Y_{T_F} = +97.8825$$

$$Dh_{1AF} = 317.1626 \text{ m.}$$

$$\text{Rumbo}_{1AF} = N 20^\circ 4' 53.43'' E$$

3. Dividir un terreno en 4 partes iguales, con la característica de que los linderos divisores partan del punto 3.

Los datos con que se cuentan son los siguientes:

P	XT	YT
0	00.00	00.00
1	-18.30	-11.05
2	-1.97	-11.21
3	+52.17	+9.09
4	+163.41	+43.98
5	+192.82	+76.11
6	+277.87	+159.66
7	+188.54	+105.35
8	+157.78	+87.67

NOTA

F = Punto de llegada del linderos divisor.

R E S P U E S T A

$$X_{T_{F1}} = +141.10078$$

$$X_{T_{F2}} = +257.02007$$

$$X_{T_{F3}} = +207.014$$

$$Y_{T_{F1}} = +78.40224$$

$$Y_{T_{F2}} = +139.17779$$

$$Y_{T_{F3}} = +90.053$$

$$Dh_{3F1} = 112.751 \text{ m}$$

$$Dh_{3F2} = 242.665 \text{ m.}$$

$$Dh_{3F3} = 174.733 \text{ m}$$

$$\text{Rumbo}_{3F1} = N 52^\circ 4' 2.3'' E$$

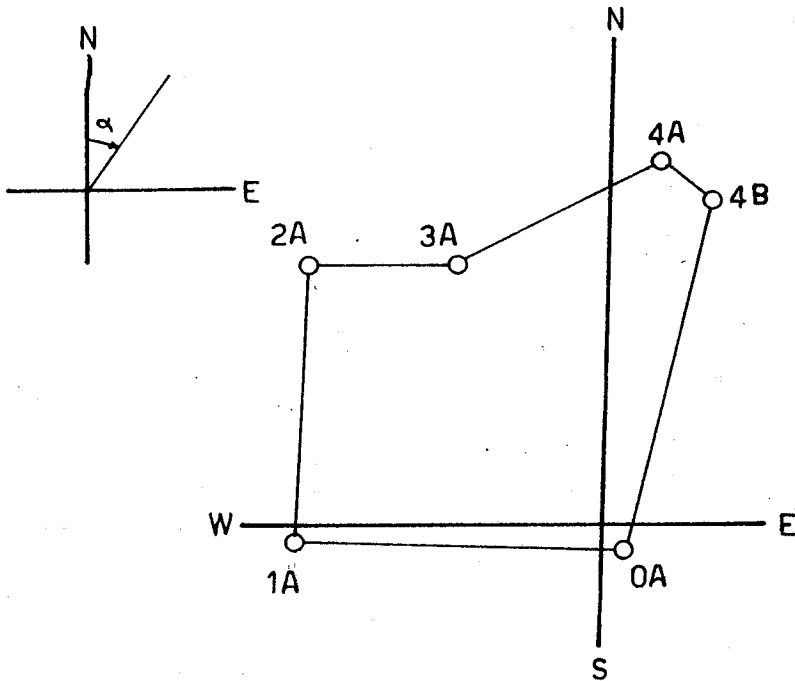
$$\text{Rumbo}_{3F2} = N 57^\circ 34' 58.2'' E$$

$$\text{Rumbo}_{3F3} = N 62^\circ 23' 46.9'' E$$

Caso 4.

Dividir el terreno presentado en la Fig. 219, en 2 superficies iguales. El lindero divisor parte con un rumbo dado. Calcular las coordenadas del punto de partida y llegada del lindero divisor.

Rumbo del
Lindero Divisor



P	XT	YT
OA	XT_{OA}	YT_{OA}
1A	XT_{1A}	YT_{1A}
2A	XT_{2A}	YT_{2A}
3A	XT_{3A}	YT_{3A}
4A	XT_{4A}	YT_{4A}
4B	XT_{4B}	YT_{4B}

Fig. 219
Caso 4 de Agrodésia

- Desarrollo Analítico

1. Elaborar un plano a escala del terreno y definir la característica conocida del lindero divisor. Ver. Fig. 219
2. Determinar el área total del terreno matriz, utilizando para el efecto, cualquiera de los métodos estudiados en el capítulo 9. (Método Matricial en este desarrollo).

P	XT	YT
OA	XT _{OA}	YT _{OA}
1A	XT _{1A}	YT _{1A}
2A	XT _{2A}	YT _{2A}
3A	XT _{3A}	YT _{3A}
4A	XT _{4A}	YT _{4A}
4B	XT _{4B}	YT _{4B}
OA	XT _{OA}	YT _{OA}

$$\text{Area} = \left| \frac{\sum XT \cdot YT - \sum XT \cdot YT}{2} \right|$$

3. Determinar el valor del área a desmembrar (Asumir en el presente desarrollo analítico un área equivalente a la mitad del área total de la finca matriz

$$\text{Area de dividir} = \frac{\text{Area Total del terreno}}{2}$$

4. Establecer las características del lindero divisor.

- Rumbo = N α° E

- Pendiente de la línea divisoria (m)

	Para Rumbos	
$^+ m = \text{tang} (90^\circ - \text{Rumbo})$	N α°	E
	S β°	W
$^- m = \text{tang} (\text{Rumbo} - 90^\circ)$	N γ°	W
	S δ°	E

5. Establecer el punto de partida del lindero divisor auxiliar y la proyección del mismo

Para tal efecto debe de considerarse los siguientes parámetros

- a. Que el punto de partida se localice en un punto de coordenadas totales ya conocidas o fácilmente calculables.

- b. Que la dirección del lindero divisor se proyecte tentativamente por la ubicación que determine la división del área requerida Ver Fig. 220.

Para el presente desarrollo se establecerá como punto de partida el vertice 1A

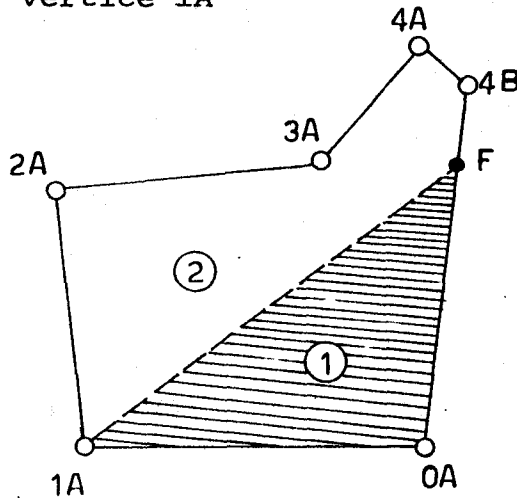


Fig. 220

Proyección del lindero divisor auxiliar

6. Establecer las coordenadas totales del punto de partida del lindero divisor auxiliar.

P	XT	YT
1A	XT_{1A}	YT_{1A}

7. Determinar la ecuación de la línea recta que representa el lindero divisor auxiliar. Ver fig. 220.

- 7a. Determinar la pendiente de la recta $\overline{1A F}$

$$m_{\overline{1A F}} = \text{Tang. } (90^\circ - \text{Rumbo})$$

- 7b. Determinar la ecuación de la recta $\overline{1A F}$

$$m_{\overline{1A F}} (X - XT_{1A}) = Y - YT_{1A} \quad (\text{Ecuación 1})$$

8. Determinar la ecuación de la línea recta del lindero $\overline{4B-OA}$, ya que el mismo es interceptado por la proyección del lindero divisor auxiliar.

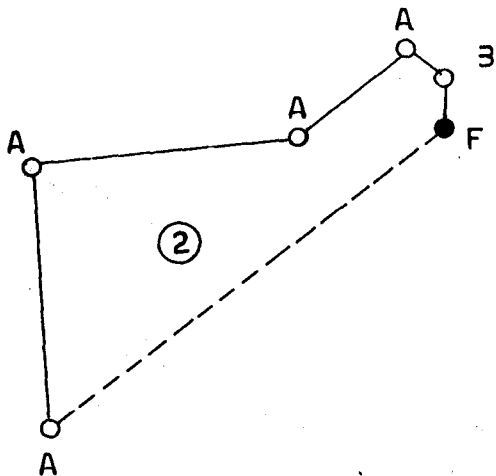
8a. Determinar la ecuación de la recta $\overline{4B-OA}$

$$m_{\overline{4B-OA}} (X - XT_{4B}) = Y - T_{4B} \quad (\text{Ecuación 2})$$

9. Establecer las coordenadas totales del punto de llegada del lindero divisor auxiliar, para tal efecto deberá resolverse el sistema formado por las ecuaciones 1 y 2.

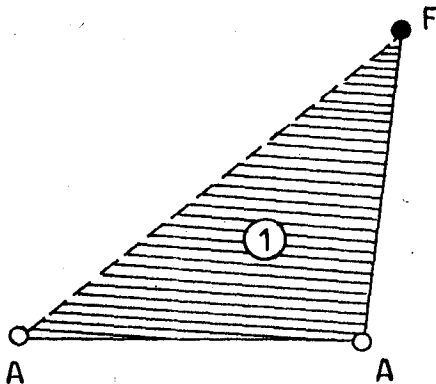
P	XT	YT
F	X	Y

10. Calcular el valor resultante de las áreas divididas por el lindero divisor auxiliar, empleando para el efecto el método matricial por su rápido desarrollo. Ver Fig. 221a y 221b.



$$\text{Area } \textcircled{2} (1A, 2A, 3A, 4A, 4B, F, 1A) =$$

$$\frac{|\sum XT \cdot YT \searrow - XT \cdot YT \nearrow|}{2}$$



$$\text{Area } \textcircled{1} (0A, 1A, F, 0A) = \frac{|\sum XT \cdot YT \searrow - XT \cdot YT \nearrow|}{2}$$

Fig. 221

Superficie dividida por el lindero auxiliar $\overline{1A-F}$

11. Comparar el valor del área dividida por el lindero divisor auxiliar, con respecto al valor del área que se desea que tenga la superficie a dividir.

$$\begin{array}{rcl} \text{Area a dividir} & - & \text{Area dividida por} \\ \text{(1/2 area total)} & & \text{el lindero divisor} \\ & & \text{auxiliar (1A,F,OA,1A)} \end{array} = \begin{array}{l} + \Delta \text{ (Alternativa a)} \\ 0 \text{ (Alternativa b)} \\ - \Delta \text{ (Alternativa c)} \end{array}$$

De la comparación anterior, pueden establecerse las siguientes alternativas:

Alternativa a:

El área a dividir resulta ser aún mayor que el área dividida por el lindero auxiliar, ello implica que el lindero divisor debe de correrse hacia el resto de la finca matriz. Ver Fig. 222a.

Alternativa b:

El área a dividir resulta ser igual al área dividida por el lindero auxiliar, ello implica que la posición asumida del lindero auxiliar es la correcta.

Ver Fig. 222b.

Alternativa c:

El área a dividir resulta ser aún menor que el área dividida por el lindero auxiliar, ello implica que el lindero divisor debe de correrse hacia ésta.

Ver Fig. 222c.

Area a dividir
mayor que
área dividida

Area a dividir
igual que
área dividida

Area a dividir
menor que
área dividida

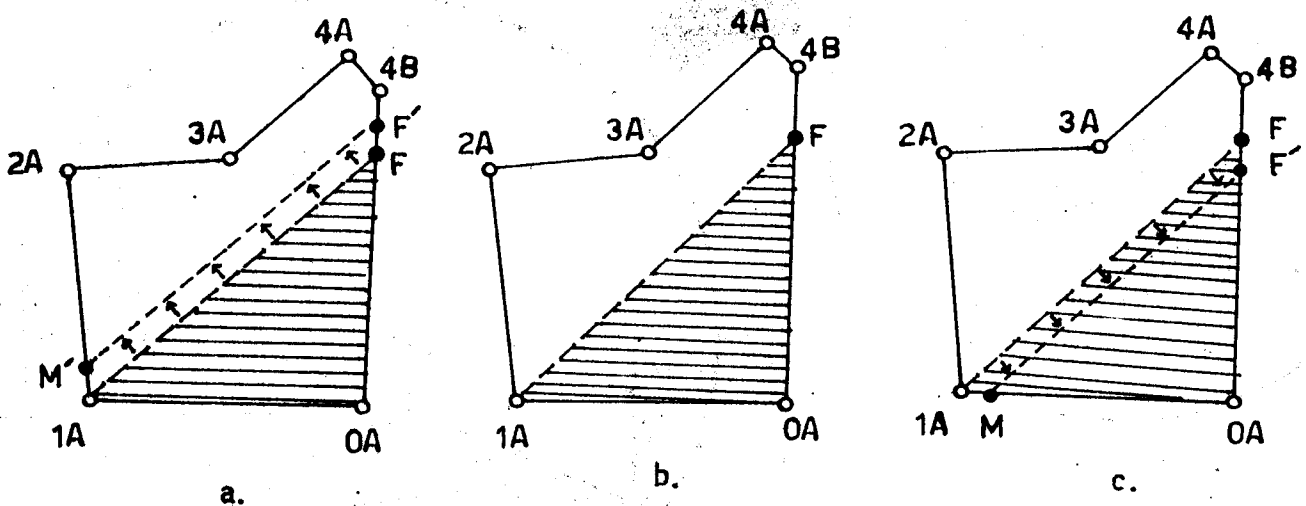


Fig. 222

Ubicación relativa de la línea divisoria
auxiliar con respecto al área a dividir.

Para el presente desarrollo analítico se asumirá que el valor de la superficie dividida por el lindero auxiliar (1A, F, OA, 1A), el menor que el área a dividir (1/2 área total), por lo cual el lindero divisor habrá que girarse hacia el resto de la finca matriz. Ver Fig. 222a

- Determinar el valor de la distancia horizontal del lindero divisor auxiliar ($\overline{1AF}$)

$$D.h_{\overline{1AF}} = \sqrt{(X_{T_F} - X_{T_{1A}})^2 + (Y_{T_F} - Y_{T_{1A}})^2}$$

- Determinar la magnitud en distancia horizontal que habrá que correr el lindero divisor.

13b. Analizar la figura geométrica que representa el
 + \triangle área. Ver fig. 223

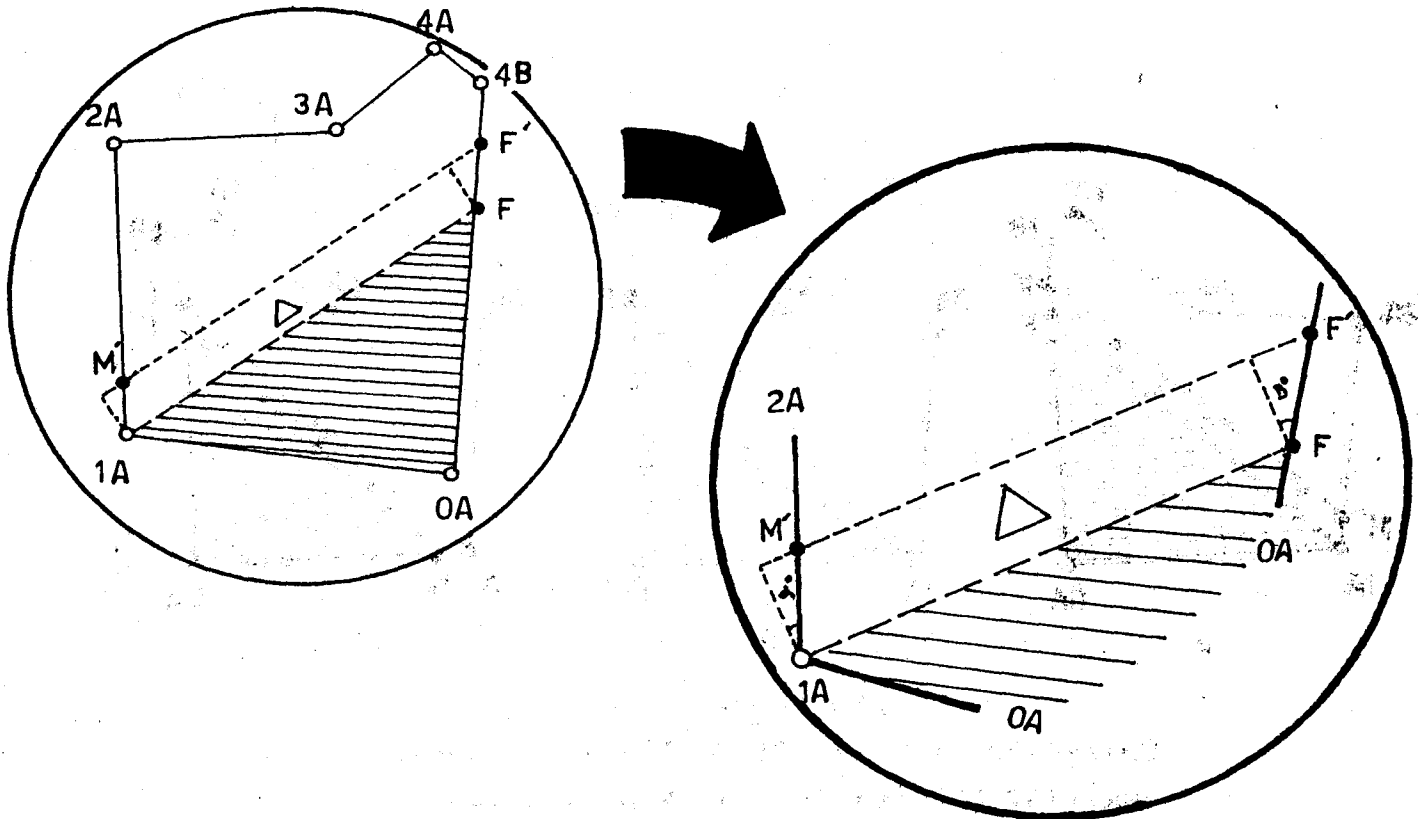


Fig. 223

Representación de la figura geométrica
 que representa + \triangle área

La figura anterior, puede establecerse que \triangle área es
 representado por un rectángulo y dos triángulos de la
 siguiente manera:

$$\triangle \text{ área} = x \left[\text{Rectángulo } 1A-F \text{ con altura } D \cdot h_{1AF} \right] + \left[\text{Triángulo } F-F' \right] - \left[\text{Triángulo } 1A-M' \right]$$

Por lo tanto

$$\triangle \text{ área} = D \cdot h_{1AF} \cdot x + \frac{\text{Tang } B^\circ \cdot x \cdot x}{2} - \frac{\text{Tang } \alpha^\circ \cdot x \cdot x}{2}$$

$$\triangle \text{ área} = D \cdot h_{1AF} \cdot x + \frac{\text{Tang } B^\circ \cdot x^2}{2} - \frac{\text{Tang } \alpha^\circ \cdot x^2}{2}$$

en donde

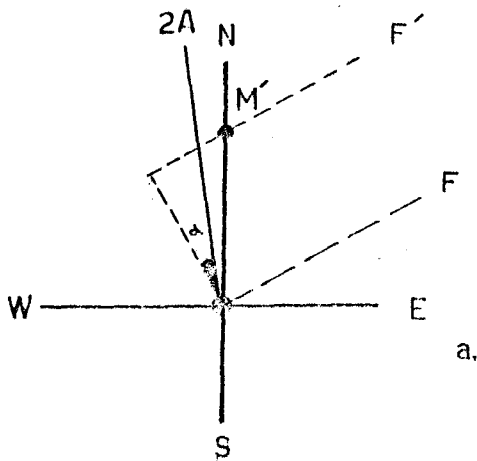
x = magnitud de la distancia horizontal a correr paralelamente al lindero divisor auxiliar.

α° y B° = angulos formados por los triángulos correspondientes.

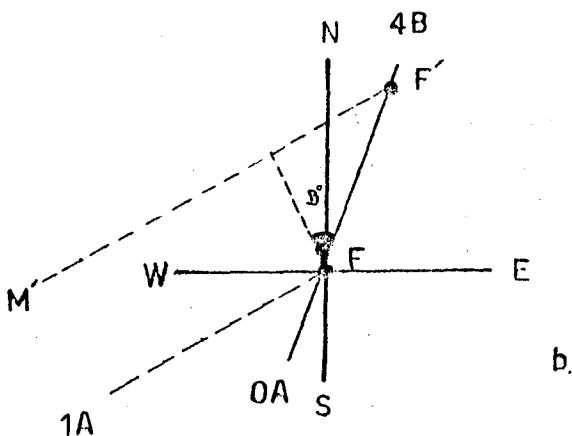
Δ área = incremento del área para completar el área a dividir.

13b. Calcular el valor de los ángulos α° y B°

Ver Fig. 224a y 224b.



$$\alpha^\circ = 90^\circ - [\text{Rumbo}_{\overline{1AF}} + \text{Rumbo}_{\overline{1A 2A}}]$$



$$B^\circ = [180^\circ - [\text{Rumbo}_{\overline{F1A}} + 90^\circ] + \text{Rumbo}_{\overline{OA 4B}}]$$

Fig. 224

Análisis de los valores angulares α° y B°

- 13c. Determinar el valor de la distancia a correr el lindero divisor auxiliar.

Al observar la ecuación general de \triangle área, el lector fácilmente comprenderá que se trata de una ecuación completa de segundo grado con una incógnita, razón por la cual la solución es establecida mediante la aplicación de la fórmula general

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$ax^2 + bx + c = 0$$

En donde:

$$a = \frac{\text{Tang } B^\circ - \text{Tang } \alpha^\circ}{2}$$

$$b = D.h \overline{1A F}$$

$$c = \triangle \text{ área}$$

Por lo tanto:

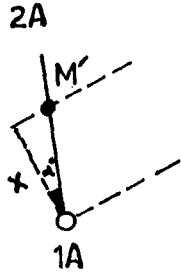
$$\text{Tang. } B^\circ \cdot \frac{x^2}{2} - \frac{\text{Tang } \alpha^\circ \cdot x^2}{2} + D.h \overline{1A F} - \triangle \text{ área} = 0$$

El valor de X resulta de:

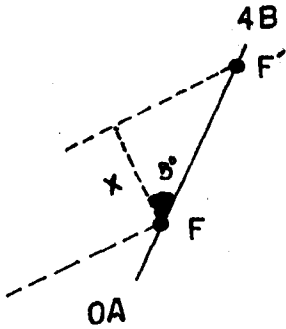
$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \dots$$

$$x = \frac{-(D.h \overline{1A F}) \pm \sqrt{(D.h \overline{1A F})^2 - 4 \left(\frac{\text{Tang } B^\circ - \text{Tang } \alpha^\circ}{2} \right) (\triangle \text{ área})}}{2 \left(\frac{\text{Tang. } B^\circ - \text{Tang. } \alpha^\circ}{2} \right)}$$

14. Calcular el valor de la distancia o correr los puntos M' y F' sobre los linderos $\overline{1A-2A}$ y $\overline{0A-4B}$ respectivamente.



$$\cos \alpha^\circ = \frac{x}{D.h_{1AM'}} \therefore D.h_{1AM'} = \frac{x}{\cos \alpha^\circ}$$



$$\cos B^\circ = \frac{x}{D.h_{FF'}} \therefore D.h_{FF'} = \frac{x}{\cos B^\circ}$$

15. Calcular el valor de las coordenadas parciales de los puntos M' y F' con respecto de los puntos 1A y F respectivamente

$$XP_{M'} = \text{Seno Rumbo}_{1A2A} \cdot D.h_{1AM'}$$

$$YP_{M'} = \text{Coseno Rumbo}_{1A2A} \cdot D.h_{1AM'}$$

$$XP_{F'} = \text{Seno Rumbo}_{OA4B} \cdot D.h_{FF'}$$

$$YP_{F'} = \text{Coseno Rumbo}_{OA4B} \cdot D.h_{FF'}$$

16. Determinar el valor de las coordenadas totales de los puntos M' y F'

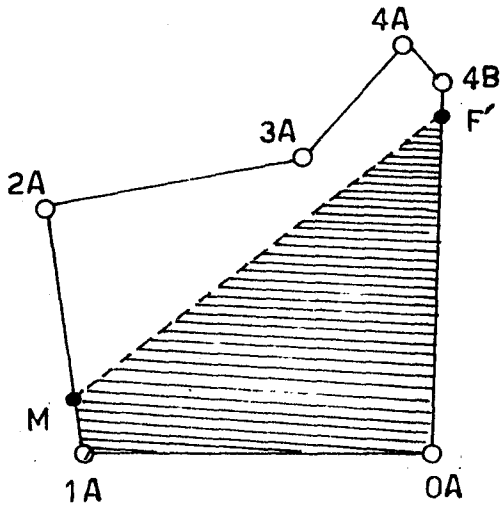
$$XT_{M'} = XT_{1A} + XP_{M'}$$

$$YT_{M'} = YT_{1A} + YP_{M'}$$

$$XT_{F'} = XT_F + XP_{F'}$$

$$YT_{F'} = YT_F + YP_{F'}$$

17. Determinar el valor del área dividida por el lindero divisor M' F' ver Fig. 225



$$\text{Area (OA, 1A, M', F', OA)} = \frac{|\sum XT \cdot YT \downarrow - \sum XT \cdot YT \uparrow|}{2}$$

Fig. 225

Area dividida por el lindero divisor definitivo

18. Comprobación de los calculos anteriores

Para tal efecto el valor del área dividida por el lindero divisor definitivo, debe ser igual al valor del área deseada.

$$\begin{aligned} \text{área a dividir} \\ (1/2 \text{ área total}) &= \text{área OA, 1A, M', F', OA} \end{aligned}$$

19. Determinar la distancia horizontal del lindero divisor M' F'

$$D.h_{\overline{M'F'}} = \sqrt{(XT_{F'} - XT_{M'})^2 + (YT_{F'} - YT_{M'})^2}$$

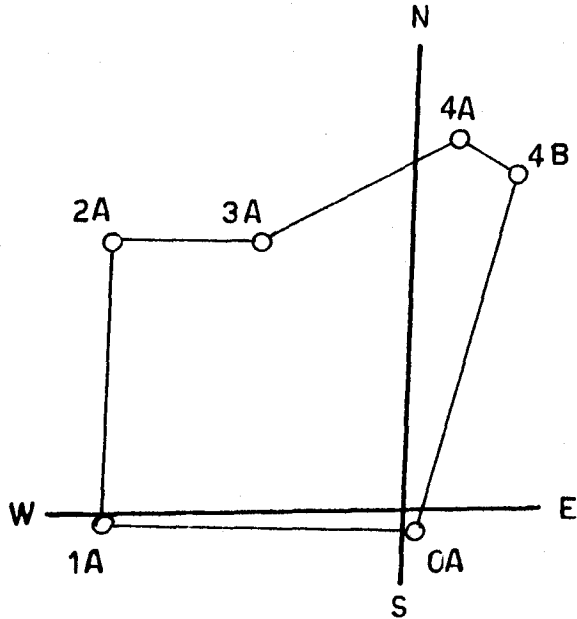
20. Elaborar los planos de registro de los terrenos divididos

OA, 1a, M', F', OA y M', 2A, 3A, 4A, 4B, F', M'

- Desarrollo numerico

Se necesita dividir el terreno presentado en la Fig. 226, en 2 partes iguales, con la condicionante de que el lindero divisor parta con un rumbo N 45° E

1. Elaborar un plano a escala del terreno y definir las características del lindero divisor ver Fig. 226



P	XT	YT
OA	+ 11.8388	- 10.0045
1A	- 113.3180	- 2.7395
2A	- 113.5460	+ 130.1110
3A	- 42.1810	+ 137.4017
4A	+ 37.3477	+ 215.3207
4B	+ 45.9167	+ 204.8051

Fig. 226

Plano del terreno y características del lindero divisor.

2. Determinar el área total del terreno matriz, empleando para el efecto el método matricial.

P.	XT	YT	XT.YT	XT.YT
OA	+ 11.8388	- 10.0045		+ 1133.689
1A	- 113.3180	- 2.7395	- 32.432	+ 311.059
2A	- 113.5460	+ 130.1110	- 14743.918	- 5488.212
3A	- 42.1810	+ 137.4017	- 15601.413	+ 5131.212
4A	+ 37.3477	+ 215.3207	- 9082.442	+ 9886.816
4B	+ 45.9167	+ 204.8051	+ 7648.999	+ 2424.646
OA	+ 11.8388	- 10.0045	- 459.373	

$$\sum = -32270.579 \quad \sum = +13399.635$$

$$\text{Area} = \frac{|\sum XT \cdot YT \downarrow - \sum XT \cdot YT \nearrow|}{2}$$

$$\text{Area} = \frac{|-32270.579 - +13399.635|}{2}$$

$$\text{Area} = 22,835.107 \text{ m}^2$$

3. Determinar el valor de las áreas a desmembrar

$$\text{Area } \textcircled{1} = \frac{\text{Area total}}{2}$$

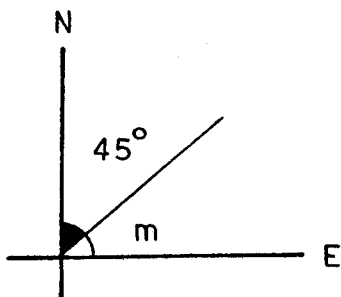
$$\text{Area } \textcircled{2} = \frac{\text{Area total}}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = \frac{22835.107 \text{ m}^2}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{2} = \frac{22835.107 \text{ m}^2}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = \text{Area } \textcircled{2} = 11417.554 \text{ m}^2$$

4. Determinar la pendiente del lindero divisor.



- Rumbo N 45° E

- Pendiente = Tang (90° - 45°)

Pendiente = Tang 45°

Pendiente = +1.00

5. Establecer el punto de partida del lindero divisor auxiliar.

Para el presente caso se asumirá como punto de partida, el vértice 1A, ya que éste satisface las características adecuadas. Ver Fig. 227

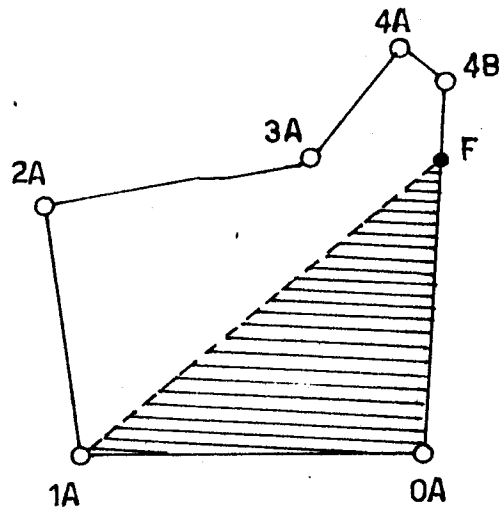


Fig. 227

Proyección del lindero divisor auxiliar

6. Determinar las coordenadas totales del punto de partida del lindero divisor auxiliar.

P	XT	YT
1A	-113.3180	-2.7395

7. Determinar la ecuación de la línea recta que re presenta el lindero divisor auxiliar.

$$m (X - XT_{1A}) = Y - YT_{1A}$$

$$1 (X - -113.3180) = Y - -2.7395$$

$$X + 113.3180 - 2.7395 = Y$$

$$X + 110.5785 = Y \quad (\text{Ecuación 1})$$

8. Determinar la ecuación de la línea recta $\overline{4A\ 0A}$

- 8a. Establecer el valor de la pendiente.

$$m_{\overline{4B\ 0A}} = \frac{Y_{TOA} - Y_{T4B}}{X_{TOA} - X_{T4B}}$$

$$m_{\overline{4B\ 0A}} = \frac{-10.0045 - +204.8051}{+11.8388 - +45.9167}$$

$$m_{\overline{4B OA}} = \frac{-214.8096}{-34.0779} = + 6.303487$$

8b. Determinar la ecuación de la recta $\overline{4B OA}$

$$m_{\overline{4B OA}} (X - X_{T_{4B}}) = Y - Y_{T_{4B}}$$

$$6.303487 (X - +45.9167) = Y - +204.8051$$

$$6.303487 X - 289.43532 = Y - +204.8051$$

$$6.303487 X - 289.43532 + 204.8051 = Y$$

$$6.303487 X - 84.630222 = Y \quad (\text{Ecuación 2})$$

9. Determinar las coordenadas totales del punto de llegada del lindero divisor auxiliar mediante la solución del sistema de ecuaciones 1 y 2. (Empleo del método de igualación de ecuaciones).

$$X + 110.5785 = Y \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$6.303487 X - 84.630222 = Y \quad (\text{Ecuación 2})$$

- Igualando la ecuación 1 con la ecuación 2:

$$X + 110.5785 = 6.303487 X - 84.630222$$

- Despejando el valor de la incógnita X

$$X - 6.303487 X = -84.630222 - 110.5785$$

$$-5.303487 X = -195.20872$$

$$X = \frac{-195.20872}{-5.303487}$$

$$X = 36.8076 \quad X_{T_F} = +36.8076$$

- Despejando el valor de Y, sustituyendo para el efecto el valor de X en cualquiera de las ecuaciones anteriores

Ecuación 1

$$(36.8076) + 110.5785 = Y$$

$$+147.3861 = Y$$

Ecuación 2

$$6.303487 (36.8076) - 84.630222 = Y$$

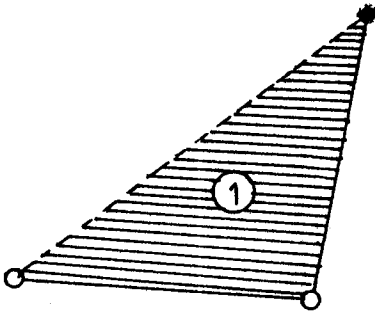
$$232.-1623 - 84.630222 = Y$$

$$147.3861 = Y$$

$$Y_{T_F} = +147.3861$$

10. Calcular el valor resultante de las áreas divididas por el lindero divisor auxiliar.

Area ① (OA, 1A, F, OA)



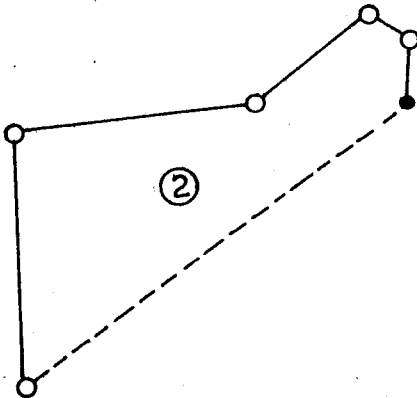
P	XT	YT	XT.YT	XT.YT
OA	+ 11.8388	- 10.0045		+ 1133.689
1A	-113.3180	- 2.7395	- 32.4323	- 100.834
F	+ 36.8076	+147.3861	-16701.498	+ 1744.874
OA	+ 11.8388	- 10.0045	<u>- 368.241</u>	

$$\Sigma = -17102.171 \quad \Sigma = + 2777.729$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = \frac{-17102.171 - +2777.729}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{1} = 9939.95 \text{ m}^2$$

Area ② (1A, 2A, 3A, 4A, 4B, F, 1A)



P	XT	YT	XT.YT	XT.YT
1A	-113.3180	- 2.7395		+ 311.059
2A	-113.5460	+130.1110	-14743.918	- 5488.212
3A	- 42.1810	+137.4017	-15601.413	+ 5131.637
4A	+ 37.3477	+215.3207	- 9082.442	+ 9886.816
4B	+ 45.9167	+204.8051	+ 7648.999	+ 7538.384
F	+ 36.8076	+147.3861	+ 6767.483	-16701.498
1A	-113.3180	- 2.7395	<u>- 100.834</u>	

$$\Sigma = -25112.125 \quad \Sigma = + 678.186$$

$$\text{Area } \textcircled{2} = \frac{-25112.125 - +678.186}{2}$$

$$\text{Area } \textcircled{2} = 12895.156 \text{ m}^2$$

11. Comparar el valor del área dividida ① con respecto al valor del área a dividir.

$$\text{Área a dividir (área total/2)} - \text{Área dividida } \textcircled{1} = \Delta^+$$

$$11417.554 \text{ m}^2 - 9939.95 \text{ m}^2 = +1477.604 \text{ m}^2$$

El signo positivo implicará que el lindero divisor auxiliar deberá de correrse hacia el resto de la finca matriz. Ver Fig. 228

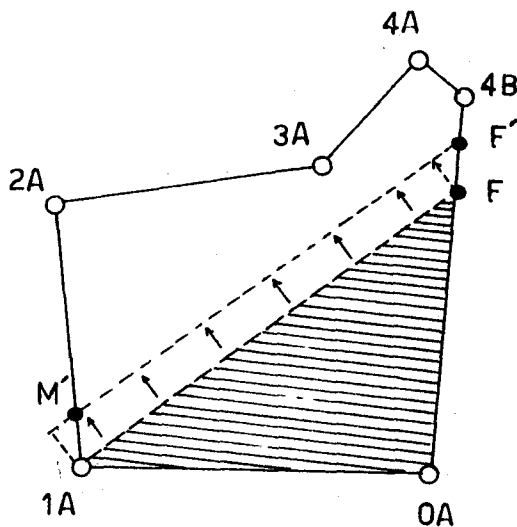


Fig. 228

Ubicación relativa de la línea divisoria auxiliar con respecto al área a dividir.

12. Determinar el valor de la D.h del lindero divisor auxiliar ($\overline{1A F}$)

$$D.h_{\overline{1A F}} = \sqrt{(X_{T_F} - X_{T_{1A}})^2 + (Y_{T_F} - Y_{T_{1A}})^2}$$

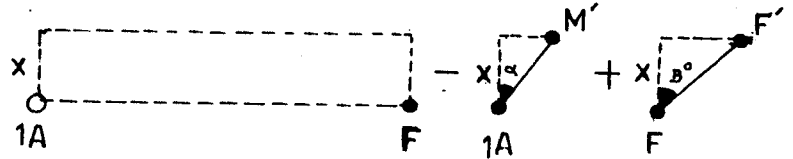
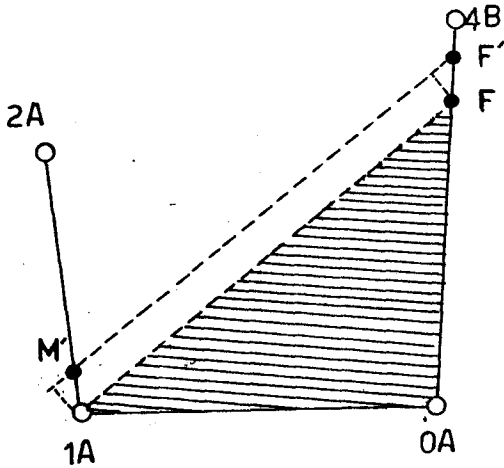
$$D.h_{\overline{1A F}} = \sqrt{(+36.8076 - -113,3180)^2 + (+147.3861 - -2.7395)^2}$$

$$D.h_{\overline{1A F}} = \sqrt{(150.1256)^2 + (150.1256)^2}$$

$$D.h_{\overline{1A F}} = 212.3096 \text{ m}$$

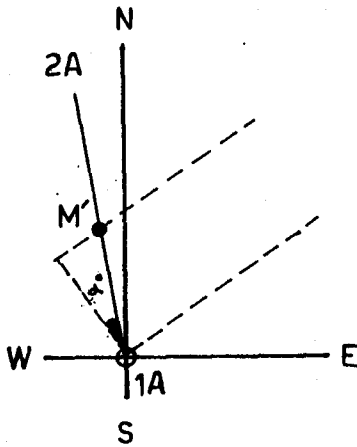
13. Determinar la magnitud en distancia horizontal que hay que correr paralelamente el lindero divisor.

13a. Analizar la figura geométrica que representa \triangle área.



$$\triangle \text{ Area} = Dh_{\overline{1AF}} \cdot X - \frac{\text{Tang } \alpha^\circ \cdot X^2}{2} + \frac{\text{Tang } B^\circ \cdot X^2}{2}$$

13b. Calcular el valor de los ángulos α y B°



$$\alpha^\circ = 90^\circ - \left[\text{Rumbo } \overline{1A F} + \text{Rumbo } \overline{1A 2A} \right]$$

$$\text{Rumbo } \overline{1A 2A} = \text{Arc Tang} \frac{XT_{2A} - XT_{1A}}{YT_{2A} - YT_{1A}}$$

$$\text{Rumbo } \overline{1A 2A} = \text{Arc.Tang.} \frac{-113.5460 - -113.3180}{+130.1110 - -2.7395}$$

$$\text{Rumbo } \overline{1A 2A} = \text{Arc.Tang} \frac{0.228}{+132.8505}$$

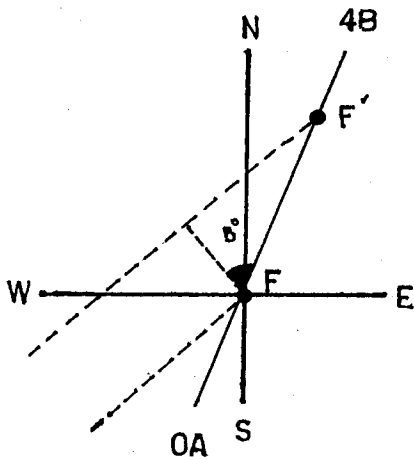
$$\text{Rumbo } \overline{1A 2A} = \text{N } 0.0983317^\circ \text{ W}$$

$$\text{Rumbo } \overline{1A F} = \text{N } 45^\circ \text{ E}$$

$$\alpha^\circ = 90^\circ - \left[45^\circ + 0.0983317^\circ \right]$$

$$\alpha^\circ = 90^\circ - \left[45.0983317^\circ \right]$$

$$\alpha^\circ = 44.901669^\circ$$



$$B^\circ = 180^\circ - [\text{Rumbo}_{F 1A} + 90^\circ] + \text{Rumbo}_{OA 4B}$$

$$- \text{Rumbo}_{OA 4B} = \text{Arc Tang} \frac{XT_{4B} - XT_{OA}}{YT_{4B} - YT_{OA}}$$

$$\text{Rumbo}_{OA 4B} = \text{Arc. Tang} \frac{-45.9167 - +11.8388}{+204.8051 - -10.0045}$$

$$\text{Rumbo}_{OA 4B} = \text{Arc. Tang} \frac{+34.0779}{+214.8096}$$

$$\text{Rumbo}_{OA 4B} = N 9.014415^\circ E$$

$$- \text{Rumbo}_{F 1A} = S 45^\circ W$$

$$B^\circ = 180^\circ - [45^\circ + 90^\circ] + 9.014415^\circ$$

$$B^\circ = 180^\circ - 135^\circ + 9.014415^\circ$$

$$B^\circ = 54.014415^\circ$$

13c. Determinar la magnitud de la distancia a correr el lindero divisor (aplicación de la fórmula general de ecuación de segundo grado con una incógnita).

$$\frac{\text{Tang } B^\circ \cdot X^2}{2} - \frac{\text{Tang } \alpha^\circ \cdot X^2}{2} + D \cdot h_{1A F} \cdot X - \Delta \text{Area} = 0$$

$$\frac{\text{Tang } 54.014415^\circ \cdot X^2}{2} - \frac{\text{Tang. } 44.901669^\circ \cdot X^2}{2} + 212.3096 X - 1477.604 \text{ m}^2 = 0$$

$$0.6885552 X^2 - 0.4982867 X^2 + 212.3096 X - 1477.604 \text{ m}^2 = 0$$

$$\underbrace{0.1902684 X^2}_{(a)} + \underbrace{212.3096 X}_{(b)} - \underbrace{1477.604}_{(c)} = 0$$

Determinando el valor de la raíz real.

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Sustituyendo valores;

$$x = \frac{-212.8096 \pm \sqrt{(212.3096)^2 - 4(0.1902684)(-1477.604)}}{2(0.1902684)}$$

$$x = \frac{-212.3096 \pm \sqrt{(212.3096)^2 + (1124.5654)^2}}{0.3805368}$$

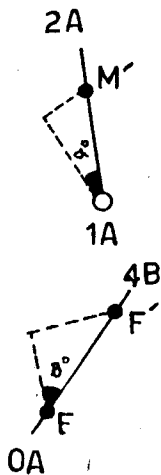
$$x = \frac{-212.3096 \pm \sqrt{46199.932}}{0.3805368}$$

$$x_1 = \frac{-212.3096 + 214.94169}{0.3805368} \quad \therefore \quad x_1 = 6.9167 \text{ m}$$

$$x_2 = \frac{-212.3096 - 214.94169}{0.3805368} \quad \therefore \quad x_2 = -1122.7595 \text{ m}$$

Del resultado anterior se establece que el valor a correr el lindero divisor será de 6.9167 m

14. Calcular el valor de la distancia a correr los puntos M' y F' sobre los linderos 1A 2A y OA 4B respectivamente.



$$- Dh_{\overline{1AM'}} = \frac{x}{\cos \alpha}$$

$$Dh_{\overline{1Am'}} = \frac{6.9167}{\cos 44.901669^\circ} \quad \therefore \quad Dh_{\overline{1Am'}} = 9.76494 \text{ m}$$

$$- Df_{\overline{FF'}} = \frac{x}{\cos B^\circ}$$

$$Dh_{\overline{FF'}} = \frac{6.9167 \text{ m}}{\cos 54.014415} \quad \therefore \quad Dh_{\overline{FF'}} = 11.77147 \text{ m}$$

15. Calcular el valor de las coordenadas parciales de los puntos M' y F' con respecto de los puntos 1A y F respectivamente.

$$- X_{P_{M'}} = \text{Seno Rumbo}_{1A \ 2A} \cdot Dh_{1AM'}$$

$$X_{P_{M'}} = \text{Seno } ^N 0.0983317^{\circ W} \cdot 9.76494 \quad \therefore \quad X_{P_{M'}} = -0.01675$$

$$- Y_{P_{M'}} = \text{Coseno Rumbo}_{1A \ 2A} \cdot Dh_{1AM'}$$

$$Y_{P_{M'}} = \text{Coseno } ^N 0.0983317^{\circ W} \cdot 9.76494 \quad \therefore \quad Y_{P_{M'}} = +9.76492$$

$$- X_{P_{F'}} = \text{Seno Rumbo}_{OA \ 4B} \cdot Dh_{FF'}$$

$$X_{P_{F'}} = \text{Seno } ^N 9.014415^{\circ E} \cdot 11.77147 \text{ m} \quad \therefore \quad X_{P_{F'}} = +1.8443$$

$$- Y_{P_{F'}} = \text{Coseno Rumbo}_{OA \ 4B} \cdot Dh_{FF'}$$

$$Y_{P_{F'}} = \text{Coseno } ^N 9.014415^{\circ E} \cdot 11.77147 \text{ m} \quad \therefore \quad Y_{P_{F'}} = +11.62608$$

16. Determinar el valor de las coordenadas totales de los puntos M' y F'

$$- X_{T_{M'}} = X_{T_{1A}} + X_{P_{M'}}$$

$$X_{T_{M'}} = -113.3180 + -0.01675 \quad \therefore \quad X_{T_{M'}} = -113.3347$$

$$- Y_{T_{M'}} = Y_{T_{1A}} + Y_{P_{M'}}$$

$$Y_{T_{M'}} = -2.7395 + 9.76492 \quad \therefore \quad Y_{T_{M'}} = +7.0254$$

$$- X_{T_{F'}} = X_{T_F} + X_{P_{F'}}$$

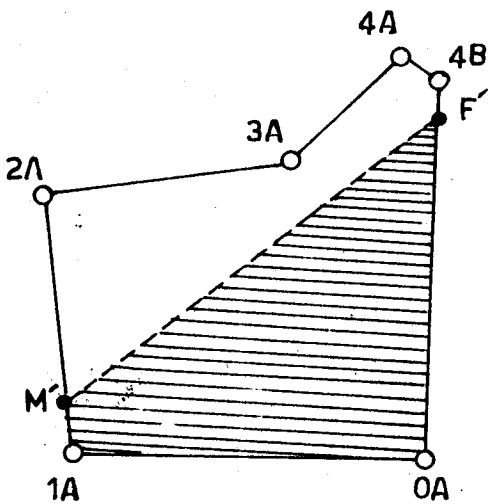
$$X_{T_{F'}} = +36.8076 + +1.8443 \quad \therefore \quad X_{T_{F'}} = +38.6519$$

$$- Y_{T_{F'}} = Y_{T_F} + Y_{P_{F'}}$$

$$Y_{T_{F'}} = +147.3861 + +11.62608 \quad \therefore \quad Y_{T_{F'}} = +159.0121$$

17. Determinar el valor del área dividida por el lindero divisor M' F'

P	XT	YT	XT.YT	XT.YT
OA	+ 11.8388	- 10.0045		+ 1133.6899
1A	- 113.3180	- 2.7395	- 32.4323	+ 310.4804
M'	- 113.3347	- 7.0254	- 796.1042	+ 271.5450
F'	+ 38.6519	+ 159.0121	- 1802.1589	+ 1882.5124
OA	+ 11.8388	- 10.0045	- 386.6929	
			$\Sigma = -19236.818$	$\Sigma = +3598.227$



$$\text{Area OA, 1A, M', F', OA} = \frac{|-19236.818 - +3598.227|}{2}$$

$$\text{Area OA, 1A, M', F', OA} = 11417.523 \text{ m}^2$$

18. Comprobación de los datos anteriores

$$\text{Area a dividir} = \text{Area OA, 1A, M', F', OA}$$

$$(11417.554 \text{ m}^2) = (11417.523 \text{ m}^2) *$$

* Diferencia 0.031 m^2 (valor despreciable)

19. Determinar la distancia horizontal del lindero divisor M' F'

$$D.h_{M'F'} = \sqrt{(X_{T_{F'}} - X_{T_{M'}})^2 + (Y_{T_{F'}} - Y_{T_{M'}})^2}$$

$$D.h_{M'F'} = \sqrt{(38.6519 - -113.3347)^2 + (159.0121 - -7.0254)^2}$$

$$D.h_{\overline{M'F'}} = \sqrt{(151.9866)^2 + (151.9867)^2}$$

$$D.h_{\overline{M'F'}} = 214.9415 \text{ m}$$

20. Elaborar los planos de registro de los terrenos divididos OA, 1A, M', F', OA y M', 2A, 3A, 4A, 4B, F' M'

Ejercicios

1. Dividir un terreno en 2 partes iguales, con la característica de que el lindero divisor parta con un rumbo de N 5° 00' 00" E.

Las coordenadas totales de los vertices del terreno son:

P.	XT	YT
0	00.00	00.00
1	-18.30	-11.05
2	-1.97	-11.21
3	+52.17	+9.09
4	+163.41	+43.98
5	+192.82	+76.11
6	+277.87	+159.66
7	+188.54	+105.35
8	+157.78	+87.67

NOTA:

M' = punto de partida

F' = punto de llegada
del lindero divisor

Respuesta

$$X_{T_{M'}} = +137.6872 \quad X_{T_{F'}} = +141.4201 \quad D.h_{\overline{M'F'}} = 42.83\text{m.}$$

$$Y_{T_{M'}} = +35.9121 \quad Y_{T_{F'}} = +78.5796$$

2. Desmembrar 3.500 m² de la parte norte de un terreno, con la característica de que el lindero debe ser perpendicular a la dirección del lindero 6-0

Las coordenadas totales de los vertices del terreno son:

P	XT	YT
0	- 60	+70
1	- 20	+70
2	+ 70	+10
3	+ 20	-30
4	- 10	+10
5	- 60	-10
6	- 80	+20

R E S P U E S T A

$$\begin{aligned} X_{T_{M'}} &= -67.4741 & X_{T_{F'}} &= +58.6145 & D \cdot h_{\overline{M'F'}} &= 135.797 \text{ m} \\ Y_{T_{M'}} &= +51.3149 & Y_{T_{F'}} &= +0.8917 \end{aligned}$$

BIBLIOGRAFIA

1. AGUILAR ARRIVILLAGA, R. 1971. Errores y precisión en las operaciones topográficas usuales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 212 p.
2. ALMENGOR CHOY, J.R. 1977. Instrumentos electrónicos para la medición en topografía. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 37 p.
3. BILLEV VELA, F. s.f. Curso de topografía I; levantamiento con cinta. Guatemala, Piedra Santa. 41 p.
4. _____. s.f. Curso de topografía I; levantamiento con brújula. Guatemala, Impresos Industriales. 42 p.
5. _____. s.f. Curso de topografía I; nivelación y levantamiento con teodolito. Guatemala, Impresos Industriales. 83 p.
6. BRINKER, R.C.; WOLF, P.R. 1969. Topografía elemental. México D.F., Editorial PAX. 868 p.
7. _____. 1982. Topografía moderna. Trad. de la 6 ed. Inglesa por Dolores García Díaz y Rafael García Díaz. 6 ed. México D.F., HARLA. 542 p.
8. CALVILLO RAMIREZ, C.A. 1970. Estudio de las especificaciones usadas en Guatemala para topografía y geodesia. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 137 p.
9. CHANG LAU, G. 1971. Método de medición indirecta de distancias. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 60 p.
10. DAVIS, R.; FOOTE, F. 1964. Tratado de topografía. Trad. de la 2 ed. Inglesa por José María Montero. 4 ed. Madrid, Ediciones Aguilar. 880 p.
11. GIOL Y SOLDEVILLA, D.J. 1989. Tratado de agrimensura. 3 ed. Madrid, Librería de la Vda de Hernando. 373 p.
12. GUATEMALA. LEYES, DECRETOS, etc. 1936. Ley reglamentaria para trabajos de agrimensura; decreto no. 1786. Guatemala, Editorial del Ejército. 20 p.
13. _____. LEYES, DECRETOS, etc. 1977. Ley de transformación agraria; decreto no. 1551. Guatemala, Editorial del Ejército. 150 p.

14. IRVINE, W. 1975. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés. por Eduardo Caro Cayzedo. Cali, Mc Graw Hill. 259 p.
15. KERN SWISS (Suiza). 1981. Catálogo de equipos. Suiza, Kern Swiss. 20 p.
16. MONTES DE OCA, M. 1970. Topografía. 4 ed. México, D. F. Representaciones y Servicios de Ingeniería. 344 p.
17. MORALES CHINCHILLA, E.C. 1977. Manual de topografía para trabajadores sociales rurales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 110 p.
18. QUINTANA, A. 1958. Topografía. Santiago de Chile, Editorial Universitaria. 422 p.
19. ROSALES ESTRADA, J.R. 1973. Procedimientos para realizar medidas de terrenos con propósitos legales. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 143 p.
20. SANDOVER, J.A. 1976. Topografía. Trad. de la 1 ed. en Inglés por José Luis Lepe. 5 ed. México D.F., CECSA. p. 135-149.
21. SANTIZO LATORRE, O.A. 1977. Topografía aplicada en ingeniería. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. p. 71-77.
22. SOKKISHA (Japón). 1982. Catálogo de equipo. Tokyo, Japón. 80 p.
23. SOTO CIFUENTES, C.H. 1978. Aplicación de vectores motrices para el cálculo de área en agrimensura. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 30 p.
24. STRASSER, G. s.f. Reporte no. 8. Suiza, Wild Heerbrugg. 1 p.
25. TORRES NIETO, A.; VILLATE BONILLA, E. 1968. Topografía. 2 ed. Bogotá, Colombia, Editorial Norma. 307 p.
26. TOSCANO, R. 1977. Métodos topográficos. 14 ed. México D.F., Editorial Porrúa. p. 118-119.
27. TRUTMANN, O. 1976. El teodolito y su empleo, medición óptica de distancias. Suiza, Wild Heerbrugg. p. 44-53.

28. VALDEZ RUIZ, P.O. 1977. Particiones, transformaciones y rectificación de linderos. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 63 p.
29. WILDD HEERBRUGG (Suiza). 1982. Catálogo de equipo. Herbrugg, Suiza. 36 p.

vo. Bo.
Patzunalle





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

Ref. Sem.031-96

I M P R I M A S E

Ing. Agr. Rolando Lara Aleci
D E C A N O



cc:Control Académico
Archivo
FR/prr.

APARTADO POSTAL 1545 • 01091 GUATEMALA, C. A.

TELEFONO: 769794 • FAX: (5022) 769770