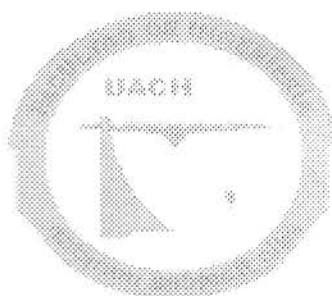
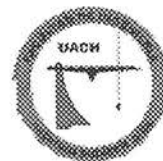




**Universidad Autónoma de Chihuahua.
FACULTAD DE INGENIERÍA**



MANUAL DE PRÁCTICAS DE GEODESIA I.

ÍNDICE

PRÁCTICA 1	Organización de brigadas y reconocimiento del equipo.....	1
PRÁCTICA 2	Levantamiento de una triangulación geodésica.....	2
PRÁCTICA 3	Basado en los puntos de la triangulación revisar el problema de los tres vértices.....	9
PRÁCTICA 4	Basado en puntos geodésicos elaborar un poligonal geodésica..	14

PRÁCTICA 1

ORGANIZACIÓN DE BRIGADAS Y RECONOCIMIENTO DEL EQUIPO

Objetivo: El conocimiento del equipo utilizado en las prácticas de Geodesia, es de vital importancia para el alumnado.

Equipo:

- Estación total
- Bastón con prisma
- Tránsitos
- Miras de poligonación
- Niveles
- Estadales
- Tripies

Procedimiento:

- 1) Se formaran brigadas con un máximo de nueve alumnos y un mínimo de seis.
- 2) Se les mostrará a los alumnos el equipo que empleará en las prácticas a lo largo del semestre.
- 3) Se les indicará a los alumnos como colocar el equipo adecuadamente, para ser utilizado en tomar lecturas de ángulos, distancias y niveles.

PRÁCTICA 2

LEVANTAMIENTO DE UNA TRIANGULACIÓN GEODÉSICA.

Objetivo: Que el alumno sea capaz de realizar una triangulación geodésica y conozca sus aplicaciones.

Equipo:

- Tránsito
- Tripié
- Miras de poligonación
- Radios
- Espejos
- Libreta de campo
- Mapa de la región
- Equipo menor

Procedimiento:

1. Se entenderá por triangulación el método de levantamiento geodésico horizontal consistente en un conjunto de figuras conformadas por triángulos interconectados y traslapados que forman una cadena o cubren una área específica, en donde se han medido algunos lados y los ángulos de los vértices, con el propósito de determinar las coordenadas de dichos vértices.
2. La triangulación consta de tres etapas donde la primera es un anteproyecto realizado en gabinete, la siguiente etapa es conocida como etapa de reconocimiento o de observaciones de campo y por ultimo se tendrá la etapa de cálculo.

Anteproyecto de la triangulación.

Se realizará en gabinete y para ello se utilizará una carta topográfica del lugar y las coordenadas geodésicas de puntos de control existentes.

Especificaciones de los lados de la triangulación

- La longitud de los lados estará comprendida entre los diez y cuarenta kilómetros
- La longitud media de los lados debe estar relacionada con la longitud de las bases en una relación aproximada de 1:4

- Los ángulos interiores de la triangulación no deben ser inferiores a 20 y no exceder los 120°

El criterio general que debe normar el anteproyecto es el de trazar una red o cadena de triángulos que se ajuste a los criterios antes mencionados.

Cubrimiento del terreno para fines cartográficos o desarrollo para la medida de linderos o estudios geodésicos.

El anteproyecto será confirmado o bien modificado convenientemente, de acuerdo a las observaciones que se realicen en campo.

3. Se realizará una red de triángulos a partir de una línea base que debe tener las siguientes características: Estará situada en dos puntos de coordenadas geodésicas conocidas y con una longitud no mayor de 1km. Una vez que hemos determinado la línea base, se realizarán la red de triángulos con las especificaciones antes mencionadas. Los puntos de la triangulación serán colocados en lugares donde sean vistos por las estaciones anteriores. Para poder saber si los puntos podrán verse entre si será necesario utilizar las siguientes fórmulas:

$$K_1 = 3.852 (h_1)^{0.5}$$

$$H_b = 0.0674(k-k_1)^2$$

K_1 = Distancia máxima observable calculada

H_1 = Elevación del primer punto

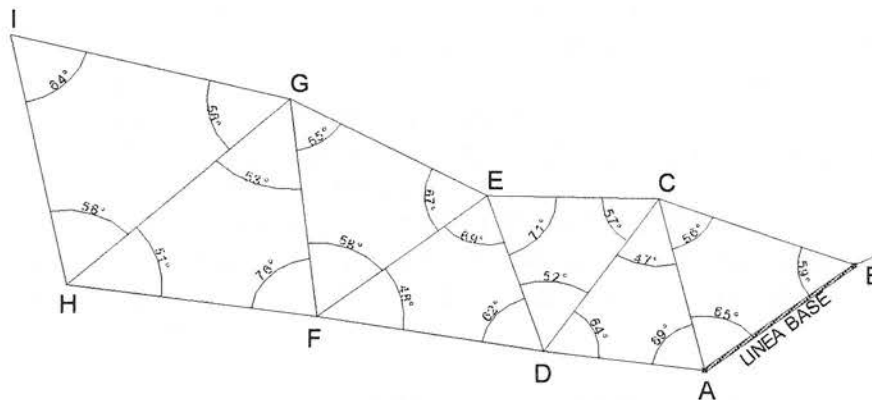
K = Distancia entre el punto a y b

H_b = Elevación en el punto b

4. Se irá calculando la distancia de intervisibilidad de estación en estación a lo largo de la red de triángulos.

Es necesario recordar que hay dos puntos importantes que se deben considerar, que los ángulos interiores se encuentren dentro de los criterios antes mencionados y cuidar la intervisibilidad entre las estaciones.

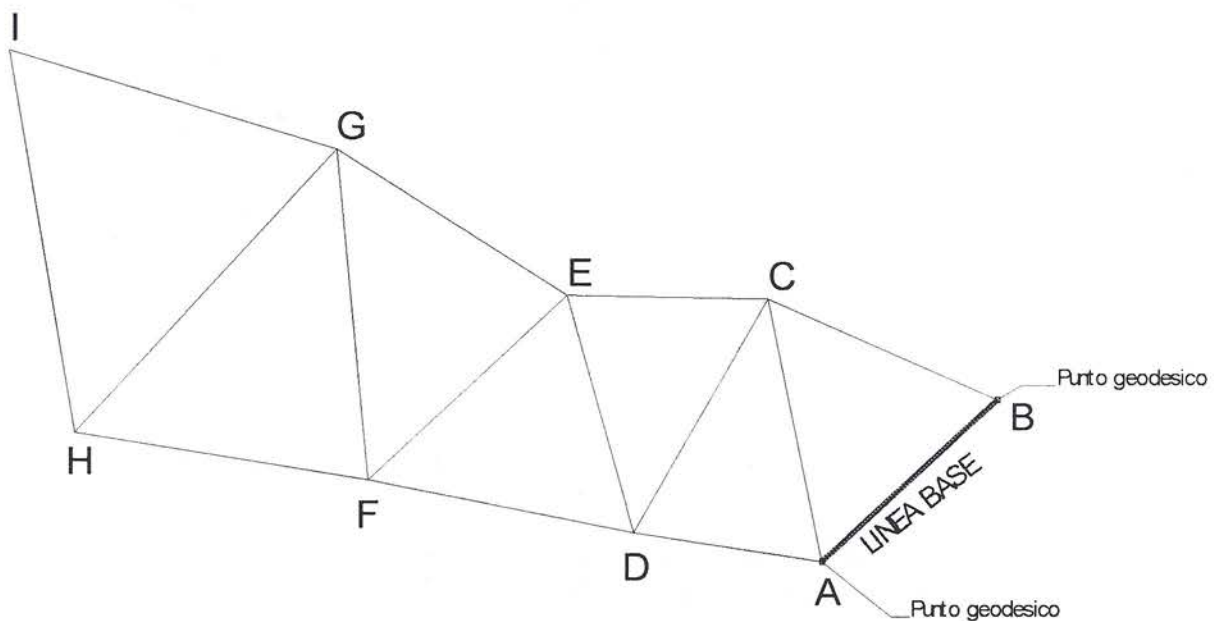
NOTA: El anteproyecto por lo general se realiza en una carta topográfica, sobre ésta es donde se realizará la red de triángulos.



5. Una vez terminado el anteproyecto se pasará a la siguiente etapa de la triangulación. Esta etapa es conocida como observaciones de campo.

El procedimiento en esta etapa es el siguiente:

Se colocará la estación total en uno de los vértices de la línea base denominado A, en el otro extremo de la línea base se colocará el prisma denominándole punto B, para la colocación del punto C, que será el primer punto de la triangulación, es necesario la colocación de una mojonera o varilla previamente, una vez colocada la varilla se procederá a colocar la mira de poligonación.



Una vez colocado el equipo en los vértices correspondientes se realizarán series de medición, con el siguiente procedimiento:

- a) Visar al punto B y poner el círculo horizontal en cero grados.

- b) Medir la distancia y los ángulos horizontal y vertical
- c) Visar al punto C y medir los ángulos horizontal y vertical en este punto solo se medirán ángulos, ya que la distancia es de más de 2 km y la estación total no alcanzará a medir la distancia.
- d) Se dará vuelta de campana más 180° y se volverá a visar a C midiendo los ángulos horizontal y vertical.
- e) Se visará al punto B y se mide la distancia y los ángulos horizontal y vertical.
- f) Una vez que se termine esta serie se volverá a visar al punto B, solo que en esta ocasión el círculo horizontal estará en 22.5° , y se repite el procedimiento.

Se realizarán un total de 16 series a cada 22.5° , estas series se realizan para tratar de eliminar los errores que se pudieran tener al momento de leer los ángulos así como, para utilizar los 360° del círculo horizontal.

El registro de campo con el que se estará trabajando es el siguiente:

PRIMER SERIE VERTICE A

EST.	PV	Ángulo Horizontal	Ángulo vertical	Distancia inclinada	Altura de aparato	Altura de bandera.	Descripción.
A	B _D	00-00-00	90-00-00	1000	1.45	1.53	PTO GEODÉSICO
	C _D	35-00-00	89-00-00	-----	1.45	1.50	VARILLA VERT. C
	C _I	215-00-00	270-00-05	-----	1.45	1.50	VARILLA VERT. C
	B _I	248-00-05	270-00-05	1000	1.45	1.53	PTO. GEODÉSICO.

SEGUNDA SERIE VERTICE A

EST.	PV	Ángulo Horizontal	Ángulo vertical	Distancia inclinada	Altura de aparato	Altura de bandera.	Descripción.
A	B _D	22-30-00	90-00-00	1000	1.45	1.53	PTO GEODÉSICO
	C _D	57-30-00	89-00-00	-----	1.45	1.50	VARILLA VERT. C

	C _i	237-30-00	270-00-05	-----	1.45	1.50	VARILLA VERT. C
	B _i	272-30-00	270-00-05	1000	1.45	1.53	PTO. GEODÉSICO.

Y así sucesivamente hasta realizar las 16 series, una vez que terminen las 16 series se cambiará el equipo de posición, quedando reacomodado de la siguiente manera.

En el vértice A se tendrá el prisma, en el vértice B se colocará la estación total y por último en el vértice C se tendrá de nuevo la mira C.

Una vez colocado el equipo se realizarán las series a partir de este vértice.

Tomando en cuenta la conservación de azimut, se debe realizar un cambio de aparato del vértice A al vértice B. Por lo que, si del vértice A al vértice B existe un ángulo de 00-00-00; del vértice B al vértice A deberá existir un ángulo de 180° considerando la siguiente regla, si el ángulo del punto A al punto B es menor de 180° el ángulo de B a A será el ángulo de A-B más 180°.

Ang. BA = ang. AB + 180°.

Por el contrario, el ángulo del punto A al punto B es mayor que 180° el ángulo de B a A será el ángulo de A-B menos 180°.

Ang. BA = ang. AB - 180°

PRIMER SERIE VERTICE B

EST.	PV	Ángulo Horizontal	Ángulo vertical	Distancia inclinada	Altura de aparato	Altura de bandera.	Descripción.
B	A _b	180-00-00	90-00-00	1000	1.50	1.53	PTO GEODESICO
	C _b	40-00-00	89-00-00	-----	1.45	1.45	VARILLA VERT. C
	C _i	220-00-00	270-00-05	-----	1.45	1.45	VARILLA VERT. C
	A _i	260-00-00	270-00-05	1000	1.45	1.53	PTO. GEODESICO.

Cuando se terminen las 16 series del vértice B, se reubicará el equipo, estará de la siguiente forma: En el vértice A se tendrá una mira, en el vértice B otra mira y por último en el vértice C se tendrá el tránsito, a partir del vértice C solo las lecturas de los ángulos y no se medirán distancias, por lo que con el tránsito es mas que suficiente.

PRIMER SERIE VERTICE C

EST.	PV	Ángulo Horizontal	Ángulo vertical	Distancia inclinada	Altura de aparato	Altura de bandera.	Descripción.
C	A _D	215-00-00	90-00-00	1000	1.45	1.53	PTO. GEODÉSICO
	B _D	220-00-00	89-00-00	-----	1.45	1.45	PTO. GEODÉSICO
	B _I	40-00-00	270-00-05	-----	1.45	1.50	PTO. GEODÉSICO
	A _I	35-00-00	270-00-05	1000	1.45	1.53	PTO. GEODÉSICO

NOTA: D SIGNIFICA QUE EL ÁNGULO FUE MEDIDO DE UNA MANERA DIRECTA; I SIGNIFICA QUE ESTA MEDIDO DE MANERA INDIRECTA (POR LO QUE SE MEDIRÁ EL ÁNGULO Y SE DARÁ VUELTA DE CAMPANA MAS 180° Y PARA VOLVER A MEDIR EL MISMO ÁNGULO).

Una vez que se terminen las 16 series en este vértice, se cambia el vértice siguiente y se realizarán las series y de manera sucesiva. La fase final es el cálculo de las figuras, y el procedimiento es el siguiente:

1. Se calcularán los promedios de los ángulos medidos en campo.
2. Se calculará la rigidez de las figuras.
 - En un proyecto de triangulación el enlace de puntos puede hacerse de varias maneras, pero la más acertada, será la que corresponda a la estructuración más fuerte de las figuras. La mayor o menor rigidez de una figura se calcula con la siguiente fórmula:

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

Nd= Número de direcciones de la figura menos las direcciones de la base

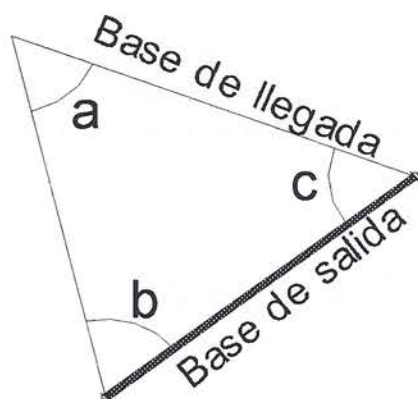
Nc= Número de ecuaciones de condición

dA= Diferencia logarítmicas por el seno de 1" expresada a la séptima cifra decimal del ángulo A.

dB= Diferencias logarítmicas por el seno de 1" expresada a la séptima cifra decimal del ángulo B.

Fórmulas para calcular el número de ecuaciones de condición.

$$\begin{array}{l} n-s+1 \\ n'-2s+3 \end{array} \quad \text{Ec. Trigonométricas}$$



a = Opuesto a la base de salida

b = Opuesto a la base de llegada

n = Lados de la figura

n' = Números de lados observados en ambas direcciones

s = Número de estaciones

Ejemplo del triángulo mostrado anteriormente:

$$n-s+1$$

$$n=3$$

$$s=3$$

$$(3)-(3)+(1)=1$$

$$n'-2s+3$$

$$n'=3$$

$$s=3$$

$$(3)-(2*3)+3=0$$

El número de ecuaciones de condición será una.

Recomendaciones al realizar una triangulación.

- No se deberán emplear figuras representadas por triángulos aislados, toda figura deberá estar conformada por una serie de triángulos interconectados, de modo que se produzcan un número suficiente de observaciones redundantes que permitan la rigidez y la confiabilidad de la solución.
- Cuando tengan que medirse bases geodésicas, los procedimientos deberán ajustarse estrictamente a los especificados para tal caso. En la medida de las distancias se utilizarán distanciómetros electrónicos de modo de que se aseguren las precisiones requeridas.
- Cada parte de las comprobaciones de campo se deberán hacer la prueba de cierre angular de triángulos. El cierre de cada triángulo se calculará como la suma de 180° y el exceso esférico.

$$E_E = 206265 \left(\frac{A}{R^2} \right)$$

PRÁCTICA 3

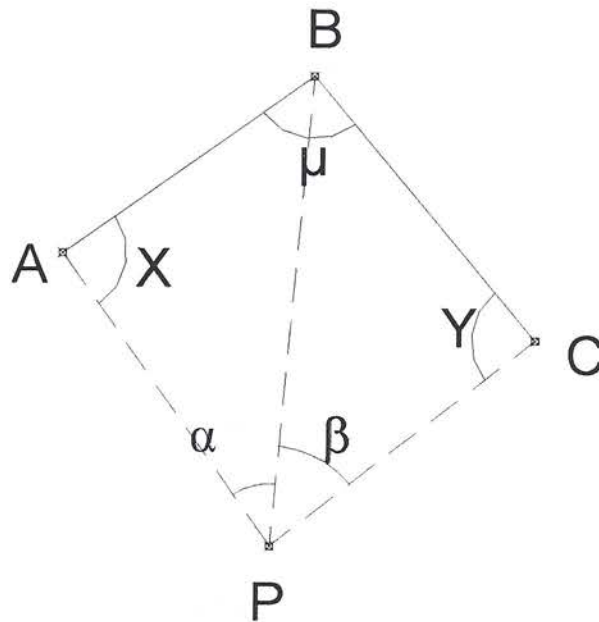
BASADO EN LOS PUNTOS DE LA TRIANGULACIÓN REALIZAR EL PROBLEMA DE LOS TRES VÉRTICES

Objetivo: El alumno será capaz de determinar la posición de un punto por medio de los ángulos que desde éste se miden, a tres puntos conocidos.

Equipo:

- Tránsito
- 3 miras de poligonación
- 4 tripies
- Espejos y radios.

Este procedimiento es aplicable especialmente cuando el punto por situar esta muy alejado de los puntos conocidos o estando cerca, las medidas de las distancias a esos puntos conocidos son difíciles de hacer o resultan imprecisas por obstáculos.



A, B y C son puntos de coordenadas conocidas
 P es el punto por situar
 y por último α y β son medidos desde P.
 Se requiere determinar:
 PA
 PB

PRÁCTICA 3

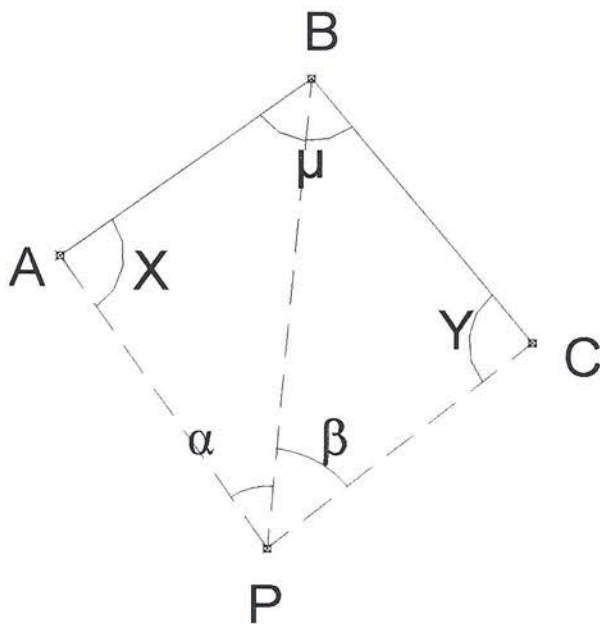
BASADO EN LOS PUNTOS DE LA TRIANGULACIÓN REALIZAR EL PROBLEMA DE LOS TRES VÉRTICES

Objetivo: El alumno será capaz de determinar la posición de un punto por medio de los ángulos que desde éste se miden, a tres puntos conocidos.

Equipo:

- Tránsito
- 3 miras de poligonación
- 4 tripies
- Espejos y radios.

Este procedimiento es aplicable especialmente cuando el punto por situar esta muy alejado de los puntos conocidos o estando cerca, las medidas de las distancias a esos puntos conocidos son difíciles de hacer o resultan imprecisas por obstáculos.



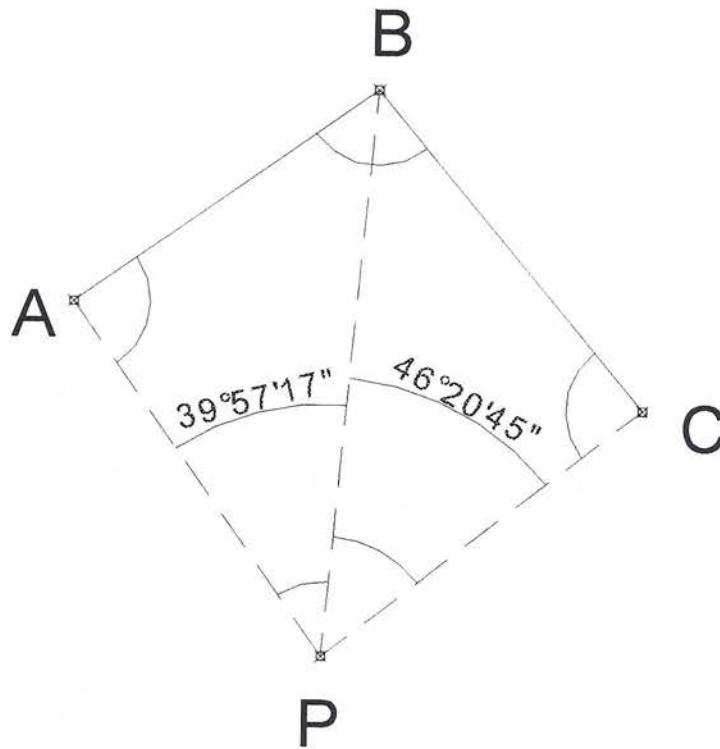
A, B y C son puntos de coordenadas conocidas
P es el punto por situar
y por último α y β son medidos desde P.
Se requiere determinar:
PA
PB

PC

Las coordenadas de P
y los ángulos x y y.

El procedimiento en campo es el siguiente:

Como las coordenadas de los puntos A, B y C son conocidas se pondrá el tránsito en el punto P y cada una de las miras en los puntos A, B y C y se inicia midiendo series de ángulos a los tres vértices se realizaran un aproximado de 16 series y con intervalo de 22.5° por serie para poder trabajar con todo el círculo horizontal y eliminar los errores que puedan existir a la hora de medir las series.



Registro de campo:

EST.	PV	Angulo Horizontal	Angulo vertical	Descripción.
P	A _D	00-00-00	90-02-03	PTO. COORDENADAS CONOCIDAS
	B _D	39-57-17	89-50-35	PTO. COORDENADAS CONOCIDAS

	C _D	86-18-02	90-03-05	PTO. COORDENADAS CONOCIDAS
	C _I	266-18-02	270-53-02	PTO. COORDENADAS CONOCIDAS
	B _I	312-38-47	270-15-35	PTO. COORDENADAS CONOCIDAS
	A _I	352-36-04	270-35-25	PTO. COORDENADAS CONOCIDAS

Una vez que se terminen las series, se pasará al trabajo de gabinete:
Para resolver este tipo de problema existen soluciones gráficas y analíticas.

Solución Analítica:

$$\beta + \alpha + \mu + x + y = 360^\circ$$

$$x + y = 360^\circ - (\mu + \alpha + \beta) = m \quad (1)$$

$$\frac{AB}{\text{SEN} \alpha} = \frac{BP}{\text{SEN} x} \quad \text{SEN } x = \frac{BP \text{ SEN } \alpha}{AB}$$

$$\frac{BC}{\text{SEN} \beta} = \frac{BP}{\text{SEN } y} ; \quad \text{SEN } y = \frac{BP \text{ SEN } \beta}{BC}$$

$$\text{Sen } x + \text{sen } y = \frac{BP \times BC \text{ SEN } \alpha + BP \times AB \text{ SEN } \beta}{AB \times BC}$$

$$\text{Sen } x - \text{sen } y = \frac{BP \times BC \text{ SEN } \alpha - BP \times AB \text{ SEN } \beta}{AB \times BC}$$

Por trigonometría:

$$\frac{\text{Sen } x + \text{sen } y}{\text{Sen } x - \text{sen } y} = \frac{\tan \frac{1}{2} (x + y)}{\tan \frac{1}{2} (x - y)} = \frac{\tan \frac{1}{2} m}{\tan \frac{1}{2} (x - y)}$$

$$\frac{\text{Sen } x + \text{sen } y}{\text{Sen } x - \text{sen } y} = \frac{BC \text{ sen } \alpha + AB \text{ sen } \beta}{BC \text{ sen } \alpha - AB \text{ sen } \beta} = n$$

n = cantidad conocida por estar en función de elementos conocidos.

Con estos elementos m y n se puede poner:

$$\tan \frac{1}{2} (x - y) = \frac{\tan \frac{1}{2} m}{n}$$

entonces:

$$\tan \frac{1}{2} (x - y) = \frac{\tan \frac{1}{2} (m)}{n} \quad (1)$$

$$(x - y) = 2 \left(\arctan \frac{\tan \frac{1}{2} m}{n} \right) \quad (2)$$

Las ecuaciones 1 y 2 dan un sistema de dos ecuaciones con 2 incógnitas del cual se obtuvieron los valores de X y Y, con ellos se pueden calcular los valores de los ángulos en B, y por ley de senos, la distancia PA, PB, PC y con sus proyecciones las coordenadas de P.

$$X + y = A$$

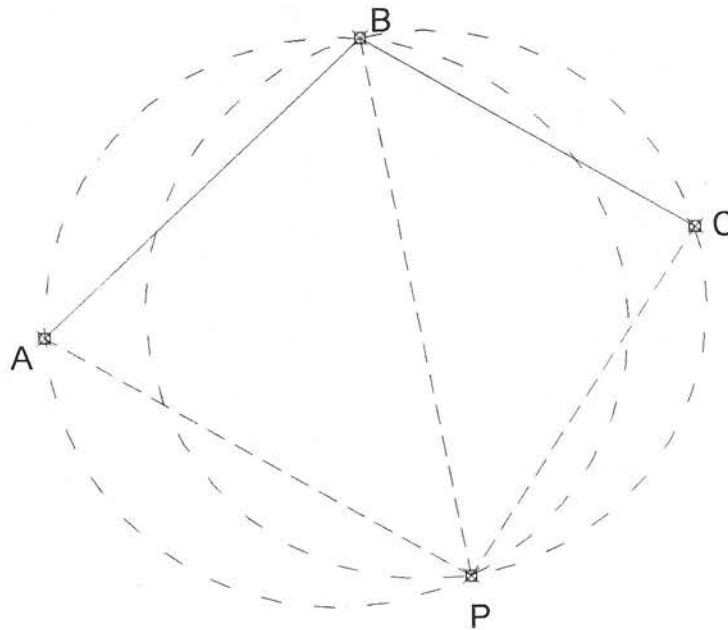
$$X - y = B$$

$$X = (A/2) + (B/2)$$

$$Y = (A/2) - (B/2)$$

Solución gráfica:

Se dibujarán A, B y C ya que se tienen las coordenadas y se trazarán dos circunferencias, de tal modo que AB y BC sean cuerdas de ellas y que desde las circunferencias se vean AB bajo el ángulo α y BC bajo el ángulo β .



PRÁCTICA 4

BASADO EN PUNTOS GEODÉSICOS ELABORAR UNA POLIGONAL GEODÉSICA.

Objetivo: Obtener coordenadas geodésicas de puntos a través de una poligonal partiendo de una línea base con coordenadas conocidas.

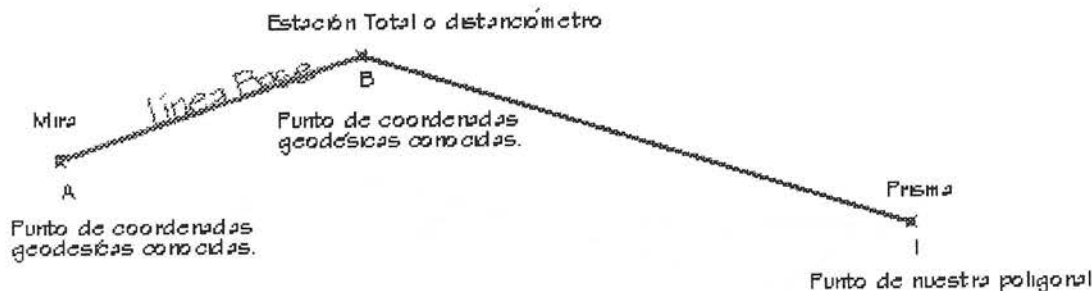
Equipo:

- Estación total
- Mira de poligonación
- Porta prisma de tres (mínimo)
- 3 Tripiés
- Espejos
- Radios y equipo menor.

Procedimiento:

Se realizara un anteproyecto donde se ubicará la dirección de la poligonal.

1. El anteproyecto se podrá realizar en una carta topográfica escala 1:50000, o si es posible en el plano de la ciudad. Y sobre esto se irá trazando una poligonal supuesta. Se localizarán dos puntos de coordenadas geodésicas conocidas. Estos puntos no deben estar muy retirados uno del otro y debe existir intervisibilidad entre ellos, ya que estos puntos delimitarán la línea base. Una vez que se han ubicado estos puntos se irá decidiendo cual es el mejor camino para llegar al destino, se cuidará que los puntos de la poligonal tengan intervisibilidad entre ellos. Una vez que se determine donde estarán ubicados los puntos de la poligonal, se pasará al trabajo de campo.
2. Colocar la estación total en uno de los puntos de la línea base (punto de coordenadas geodésicas conocidas).
3. Colocar la mira de poligonación en el otro punto de la línea base (punto de coordenadas geodésicas conocidas)
4. Colocación del primer punto de la poligonal. Es importante verificar que exista intervisibilidad entre cada uno de los puntos y que la distancia no sea mayor del alcance de la estación total o distanciómetro.



Donde: El punto A es donde se encuentra la mira de poligonación.

El punto B es donde se encuentra la estación total

El punto 1 es donde se encuentra el prisma.

Una vez que el equipo se encuentra posicionado, se prosigue a realizar series en la medición de los ángulos. El registro de campo será el siguiente.

Serie 1 de la primera estación.

EST.	PV	Ángulo Horizontal	Ángulo vertical	Distancia inclinada	Altura de aparato	Altura de bandera.	Descripción.
B	A _D	00-00-00	90-00-00	-----	1.45	1.53	Pto. geodésico
	1 _D	210-30-02	89-00-00	1000	1.45	1.50	Varilla punto de la poligonal.
	1 _I	60-30-02	270-00-05	1000.002	1.45	1.50	Varilla punto de la poligonal.
	A _I	148-59-40	270-00-05	-----	1.45	1.53	Pto. geodésico

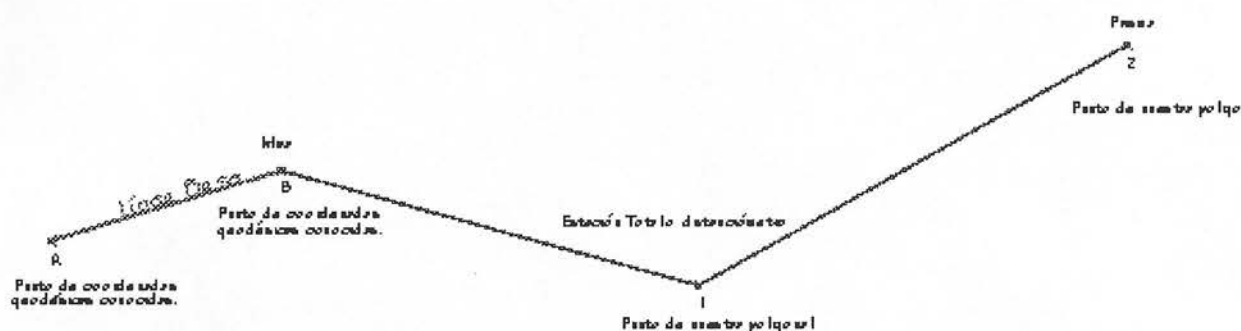
Cuando se este mirando de B hacia A se colocará el aparato en ceros, y se tomará la lectura del ángulo vertical, pero no se tendrá distancia ya que este punto solo se utilizará para tomar línea.

Se visará hacia 1 y se anotarán todos los datos, se dará vuelta de campana mas 180° y se volverá a medir el punto 1 anotando todos los datos y por último se visará de nuevo al punto A y se anotarán los ángulos.

Una vez terminada esta serie se realizarán las siguientes series con un intervalo de 90° entre cada una, por lo que se efectuarán 4 series en cada punto de estación.

Una vez que se realicen las cuatro series de esta estación, se cambiará el equipo de lugar.

Ahora la mira estará en el punto A, la estación total en el punto B y el prisma en el punto 2.



El registro de campo será el mismo que el anterior sólo que en vez de visar en cero grados al punto B se debe calcular el azimut con el que se debe visar.

Si el ángulo de B1 es menor de 180° , el ángulo 1B será el siguiente:

$$\text{Ángulo B1} + 180^\circ = \text{ángulo 1B}$$

Si el ángulo B1 es mayor de 180° el ángulo 1B será el siguiente:

$$\text{Ángulo B1} - 180^\circ = \text{ángulo 1B.}$$

Una vez que se determine el azimut, se prosigue a realizar las series en esta estación, llevando el mismo registro que en la serie anterior.

Se realizarán las series correspondientes y se pasará al siguiente punto y se repetirá el procedimiento hasta llegar al punto final de la poligonal.

Una vez que se terminen de medir las series en todos los puntos, se realizará el trabajo de gabinete.

Trabajo de gabinete:

1. El primer paso es el de realizar los promedios de los ángulos.
2. Una vez obtenidos los promedios se calculará la latitud, longitud y elevación de cada punto de la poligonal. Las fórmulas para realizar estos cálculos serán proporcionadas en la clase de teoría.
3. Una vez obtenidas las coordenadas geodésicas se realizará un plano de la poligonal. Los alumnos deberán entregar la memoria de cálculo de obtención de datos.
4. Se verificará en el campo con un GPS las coordenadas obtenidas, con el fin de revisar que los cálculos estén correctos.