



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

FUNDAMENTACION Y DESARROLLO DE PRACTICAS GENERALES
DE LA CARRERA DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERA TOPOGRAFIA Y GEODESIA

P R E S E N T A

MARIA TERESA ROCHIA GOMEZ

DIRECTOR: ING. MARIO GUEVARA SALAZAR



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



Universidad Nacional

AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-148

Señorita MARIA TERESA ROCIA GOMEZ,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Mario Guevara Salazar, para que lo desarrolle como tesis para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA.

"FUNDAMENTACION Y DESARROLLO DE PRACTICAS GENERALES
DE LA CARRERA DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA"

- Introducción.
- I. Poligonación.
- II. Nivelación.
- III. Configuración.
- IV. Temas especiales.
- V. Astronomía.
- VI. Geodésia
- VII. Trabajos complementarios de Gabinete.
- Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 19 de junio de 1985
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHÁVEZ.

OARCII/RCCII/sho.

I N D I C E .

| | Pag. |
|---|------|
| Introducción..... | 1 |
| Consideraciones Generales..... | 2 |
| Poligonación..... | 4 |
| Nivelación..... | 42 |
| Configuración..... | 63 |
| Temas Especiales..... | 74 |
| Astronomía..... | 102 |
| Geodesia..... | 130 |
| Trabajos Complementarios de Gabinete..... | 146 |
| Conclusiones..... | 166 |
| Bibliografía..... | 167 |

I N T R O D U C C I O N .

Dentro del plan de estudios de la Carrera de Ingeniero Topógrafo y Geodesta está incluida la asignatura de "Prácticas Generales". El presente trabajo tiene por objeto, ayudar a la planeación y organización de dichas prácticas a fin de que con experiencias pasadas se mejoren e implementen para un buen desarrollo y aprovechamiento por parte del alumnado; así como servir de guía al Coordinador de estas prácticas.

Se debe tener en cuenta la importancia de las prácticas ya que es el medio idóneo por el cual, generalmente, el alumno empieza a adquirir experiencia; además de enfrentarse a diversos problemas que se presentan en el desarrollo de las mismas y en los que se verá obligado a decidir la manera más práctica de resolverlos.

Es importante resaltar que el objeto primordial de las "Prácticas Generales" es el de emplear, afirmar y relacionar los conocimientos adquiridos en las áreas de: Topografía, Astronomía y Geodesia, mediante la realización de trabajos semejantes a los que enfrentará en su futuro desempeño profesional. Así como propiciar la integración de grupo y el respeto a la comunidad visitada, ya que estas prácticas se realizan fuera de las instalaciones universitarias.

Dentro del área de Topografía, (la cuál tiene por objeto la descripción geométrica de porciones de la superficie terrestre), se desarrollan los siguientes capítulos:

-Poligonación, nivelación, configuración y temas especiales

Dentro del área de Astronomía, la cuál nos permite por medio de observaciones a los astros determinar: hora, latitud, longitud y acimut geográficos, se desarrolla el capítulo de Astronomía.

Por último dentro del área de Geodesia, la cuál comprende los procedimientos aplicables a la determinación de la figura y dimensiones de la tierra, se encuentra comprendido el capítulo de Geodesia.

Como parte final se ha complementado este trabajo con programas inherentes a casi todos los capítulos presentados anteriormente los cuales son fáciles de trabajar tanto en computadoras de bolsillo como microcomputadoras.

Consideraciones Generales.

Dentro de cada capítulo del presente trabajo se encuentra una parte dedicada a la organización y planeación, fuera de éstos se tienen puntos que no siendo exclusivos se deben tomar en cuenta dado que son generales para todo el trabajo; dichos puntos son los siguientes:

a) Preparación del equipo.

Consiste en elaborar una lista de los aparatos y equipo necesario, así como sus accesorios; esto con el fin de llevar un control sobre cada uno de los instrumentos de trabajo.

Se debe tener especial cuidado con el equipo fino y de precisión.

- b) De acuerdo con el número de alumnos a cursar Prácticas Generales, el coordinador designa el número de participantes por brigada.
- c) A cada brigada se le asigna el equipo y material a utilizar a lo largo de las prácticas, mediante un vale el cual se entrega en el gabinete de Topografía de la Facultad de Ingeniería; quedando entendido de antemano que los participantes de la brigada se hacen responsables del cuidado y buen uso del equipo.
- d) Se improvisa un local en el campamento, donde, se administra el equipo correspondiente por práctica a cada brigada.
- e) Se dispone de vales, con los cuales se puede solicitar el material y equipo necesario diariamente.
- f) Se presenta una relación a los alumnos de los artículos personales que les serán indispensables, de acuerdo al lugar donde se realicen las Prácticas Generales. Los cuales pueden ser entre otros:
- 1.- Botas de campo.
 - 2.- Cantimplora.
 - 3.- Cubiertos.
 - 4.- Libreta de tránsito.
 - 5.- Punzón para ajustes de tránsito y nivel.
 - 6.- Lápices 2H
 - 7.- Juego de escuadras y escalímetro.

- 8.- Libro de topografía para consulta.
 - 9.- Cobijas o cobertor.
 - 10.- Impermeable.
 - 11.- Colchoneta o Sleeping.
 - 12.- Jarro ó vaso de plástico.
 - 13.- Linterna de pilas (de mano).
 - 14.- Jeringa desechable y ampolleta de suero anticrotálico.
- g) Establecer día y hora de partida para el transporte de material y alumnos al lugar donde se realizarán las prácticas.
- h) El coordinador establece ciertas reglas según criterio para preservar el orden y buen comportamiento del grupo. Algunos puntos que se sugiere sean tomados en consideración son:
- 1.- Asignar horarios de trabajo (horas de inicio, término, desayuno, comida y cena).
 - 2.- Establecer las limitaciones en los permisos para viajar a otros lugares en días de descanso como pueden ser los domingos.
 - 3.- Aseo del campamento, (puede hacerse rotando a las brigadas)
 - 4.- Sanciones que habrá para los alumnos que no cumplan con las reglas establecidas.
- i) Establecer un programa de actividades ó de prácticas a realizar definiendo los días de intercambio de datos de cada una de las prácticas correspondientes, así como también establecer los días de cálculo y dibujo.
- j) Para los equipos que necesiten ser ajustados tales como el tránsito y el nivel, se asigna un sitio específico por el coordinador para ajustarlos antes de realizar la práctica correspondiente.
- k) Para cada una de las prácticas a realizar es necesario revisar anticipadamente que el equipo indispensable esté completo.

P O L I G O N A C I O N .

Capítulo I

- 1.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.
- 1.2 LEVANTAMIENTO DE POLIGONOS.
- 1.3 LEVANTAMIENTO DE DETALLES.
- 1.4 ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS.
- 1.5 CALCULO Y DIBUJO.

1.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

Dentro de esta práctica es importante planear y organizar con anticipación por parte de las brigadas el trabajo de campo. Por lo que es importante tomar las siguientes consideraciones:

- 1.- Llevar a cabo un reconocimiento previo de la zona de trabajo.
- 2.- Definir los vértices del polígono. Si se trata de que las brigadas lleven a cabo un trabajo ligado será necesario que estas se pongan de acuerdo en la localización de los vértices que serán comunes a ambas.
- 3.- Realizar el trabajo de acuerdo a alguno de los métodos que se emplean en levantamientos de esta índole. (Tránsito y cinta).
- 4.- Comprobar que el equipo necesario para la práctica esté completo y en buenas condiciones.
- 5.- Empezar la práctica trazando un polígono de apoyo del terreno por levantar.
- 6.- Todas las operaciones de campo deben anotarse en una libreta de tránsito. Lo interesante de esta libreta; es que en ella consten todos los datos tomados en el campo, que permitirán mas tarde construir el plano del terreno o del trabajo hecho. Esta libreta debe considerarse como la historia de las operaciones ejecutadas y nunca deben hacerse en esta abreviaturas ni mucho menos asentarse resultados de operaciones aritméticas que no estén anotadas en el mismo registro, pues transcurrido algun tiempo, sería imposible recordar el origen de estos resultados.
- 7.- Realizar un croquis en cada una de las estaciones. Si se trata del levantamiento topográfico de un pueblo se puede hacer el croquis de acuerdo a polígonos interiores envolviendo a las manzanas.
- 8.- Realizar una orientación astronómica de un lado de la poligonal de apoyo.
- 9.- Intercambio de datos entre brigadas, ajuste y compensación de cálculos.
- 10.- Llevar los registros en forma ordenada, de manera que el anotador de preferencia sea siempre la misma persona para evitar confusiones.
- 11.- Evitar la pérdida de equipo encargándose cada participante de cuidar y transportar una parte de éste.
- 12.- Disminuir los errores en la medida de ángulos de las poligonales, esmerándose en la colocación del instrumento en la estación, sobre todo cuando un mismo vértice sirve para otra poligonal, o cuando dos estaciones están proximas.

1.2 LEVANTAMIENTOS DE POLIGONOS.

1.2.1 Ajuste del tránsito.

Para realizar la práctica de acuerdo a las especificaciones de precisiones de poligonales es necesario que se lleven a cabo ciertos ajustes a nuestro tránsito. Y son los siguientes:

- 1.- Las directrices de los niveles del limbo horizontal deben ser perpendiculares al eje vertical o acimutal.
- 2.- Los hilos de la retícula deben ser perpendiculares a los ejes respectivos. Por construcción los hilos deben ser perpendiculares entre sí, pero conviene rectificarlo cuando la retícula es de hilos, (no es necesario esto cuando son líneas grabadas en cristal).
- 3.- No debe existir error de paralaje en el anteojo, lo cual se descubre observando si un objeto enfocado, cambia de posición con respecto a la retícula al moverse el observador en el campo del ocular.
- 4.- La línea de colimación debe ser perpendicular al eje horizontal o de alturas.
- 5.- El eje de alturas o eje horizontal debe ser perpendicular al eje acimutal o vertical.

1.2.2 Levantamiento de poligonos con tránsito y cinta.

Las poligonales pueden ser cerradas o abiertas. El cierre angular o lineal de las primeras se puede comprobar fácilmente, pues se regresa al punto de partida el cual debe coincidir con el que da el levantamiento. Las segundas se pueden comprobar de la siguiente manera: a) comenzándolas y terminándolas en vértices de una triangulación o de otra poligonal ya calculada, b) comenzándola y terminándola en puntos fijados por "tres vértices", c) cuando no es posible emplear alguno de los métodos anteriores, se puede comprobar la posición de los puntos, dirigiendo desde éstos visuales a un punto bien definido cualquiera, pues al hacer la construcción de todas las visuales deberán de concurrir aproximadamente a él.

Se debe de tener en cuenta que en todo polígono cerrado:

-La suma de ángulos internos= $180^\circ(n-2)$

-La suma de ángulos externos= $180^\circ(n+2)$

Después de que se ha definido si el polígono será abierto o cerrado, de acuerdo a las necesidades del terreno por levantar, se procede a elegir alguno de los métodos de levantamiento angular, los cuales pueden ser:

1.- ángulos interiores.-Consiste en medir todos los ángulos interiores del polígono. Es especialmente adecuado para poligonos cerrados.

Tiene la ventaja de permitir que los ángulos se midan por repeticiones o reiteraciones, lo cual no ocurre con los otros métodos.

Condición angular (Figura No. 1).

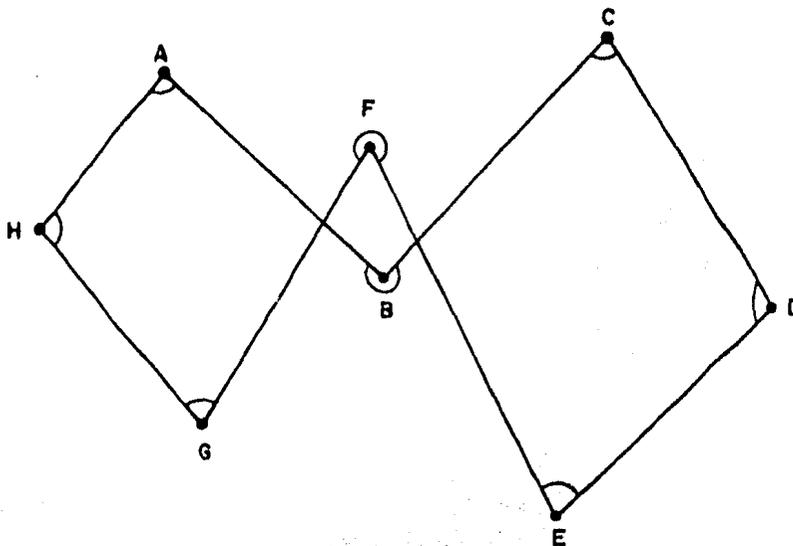


FIGURA NO. 1

SUMA DE ANGULOS INTERIORES = $180^\circ(N-2)$

2.- Deflexiones.-Consiste en medir el ángulo de deflexión en cada vértice.

Deflexión.- Es el ángulo que forma en un vértice la prolongación del lado anterior con el lado siguiente.

Estableciendo el sentido en que se va a recorrer el polígono, habrá deflexiones derechas e izquierdas.

Este sistema es especialmente adecuado para polígonos abiertos como los que se emplean en estudios de vías de comunicación.

El método consiste en que una vez centrado y nivelado el aparato sobre el vértice objeto de la medición, se efectue la coincidencia de ceros y se bisecte con el uso del movimiento general al punto anterior con el anteojo en posición "inversa". Enseguida se afloja el movimiento particular del vertical del anteojo, y girando a este verticalmente 180 grados, se bisecta en posición directa el punto siguiente, mediante los tornillos del movimiento particular para enseguida efectuar y anotar la lectura correspondiente.

Registro:

EST. P.O. Δ IZQ. Δ DER.

3.- Conservación de acimuts.-Este método se emplea para cualquier clase de polígonos.

Con el anteojo en posición directa, se orienta el aparato en el primer vértice (magnéticamente o astronómicamente), para medir con un vernier el acimut del primer lado. Después conservando en el vernier esta lectura, se traslada el aparato al punto siguiente, y al ver el de atrás en posición inversa, queda el anteojo sobre la línea cuyo acimut se tiene marcado.

Se vuelve el anteojo en posición directa, y así se logra que el aparato quede en posición paralela a la que tuvo en el punto de atrás, o sea que el cero queda otra vez orientado al Norte, y dejando ahí fija la graduación (movimiento general apretado), se afloja el tornillo del movimiento particular y puede medirse el acimut de la siguiente línea, con el vernier. Así se continua el procedimiento recorriendo ordenadamente los vértices.

Para este método pueden seguirse los sistemas de operación siguientes:

- a) Con giro vertical de 180° para ver atrás en inversa y adelante en directa, y siempre leyendo un mismo vernier.
- b) Sin giro vertical de 180° .

Si se sigue leyendo en un mismo vernier siempre, para leer el acimut correctamente deberán corregirse 180 grados las lecturas alternadas.

- c) Sin giro vertical de 180 grados, alternando las lecturas en cada vértice a los verniers A y B, para obtener el acimut directamente.

Con la brújula del aparato, al leer en cada vértice el rumbo de la línea siguiente comprobamos que el vernier que se usa sea el que debe leerse en ese vértice, pues debe estar de acuerdo con el acimut que marca el vernier.

Registro de campo.

EST. P.O. ACIMUT R.M.O. OBSERVACIONES

1.2.3 Levantamiento de polígonos con teodolito y mira invar.

En ciertas circunstancias en que resultaría difícil medir las distancias por el método de cadeneo, se puede utilizar otro basado en el uso de un teodolito y una barra subtensa (mira invar). En las distancias que van de 30 a 75 metros, con este método se obtiene una precisión de $1:5\ 000$ y hasta $1:12\ 000$. Si las distancias son mayores se puede medir sucesivamente los segmentos parciales de menor longitud.

Las mediciones con mira invar se efectúan leyendo el ángulo horizontal formado por las visuales dirigidas a dos marcas de una barra horizontal colocada a la distancia que se trata de medir. Este ángulo horizontal es el ángulo "subtendido" por las marcas que por lo común, están a dos metros una de la otra, en la barra subtensa.

Desde luego este método requiere de un teodolito que de aproximaciones hasta de 1 segundo de arco, ya que un ángulo incorrecto o medido con poca precisión, da una medida incierta y, por lo tanto, de poca utilidad. La barra de dos metros está hecha de metal invar y su medida es exacta hasta la quinta cifra decimal (2.0000 m), de modo que el ángulo para ser consistente, deberá ser exacto también hasta cinco cifras. La distancia D se encuentra fácilmente por trigonometría como se indica en la figura No. 2.

$$D(\text{en metros}) = \frac{1.0000\text{m}}{\tan \frac{\beta}{2}} = 1.0000 \text{ m ctg } \frac{\beta}{2}$$

La utilidad de este método se entiende por sí misma: se puede aplicar en las medidas a través de una avenida con mucho movimiento; alrededor de líneas de alta tensión, a través de barrancas profundas, desfiladeros y, por último, cuerpos de agua o cualquier lugar donde las mediciones con cinta sean difíciles como en las pendientes grandes.

Con relación a esta última aplicación de la barra subtensa, es de hacerse notar la gran ventaja de que, la distancia D obtenida por medio de la barra subtensa es la distancia horizontal correcta no la medida inclinada. No se necesita hacer ninguna conversión a la horizontal. Esto se debe a que el ángulo leído entre las marcas de la barra es horizontal y este ángulo será el mismo en todos los puntos desde los cuales es leído, siempre y cuando esté colocado verticalmente el teodolito.

1.2.4 Levantamiento de polígonos con teodolito y distanciómetro.

Cada vez se realizan con mayor frecuencia levantamientos de poligonales con distanciómetro de rayo de luz ó de microondas. Aunque estos dispositivos no han remplazado el cadeneo, cada vez son más comunmente usados por Ingenieros topógrafos privados, así como también por organizaciones gubernamentales que realizan trabajos de mayor extensión y volúmen.

Los dispositivos electrónicos para medir distancias tienen varias ventajas importantes sobre los otros métodos de medidas. Son muy útiles para medir líneas de difícil acceso, por ejemplo, a través de lagos y ríos, autopistas congestionadas, cultivos, cañones, etc. Para largas distancias (digamos varios kilómetros) el tiempo requerido es de minutos, no de horas como en un cadeneo típico. Dos hombres fácilmente entrenados, pueden hacer el trabajo mejor y más rápido que el grupo convencional de cuatro hombres.

Las desventajas de los instrumentos electrónicos medidores de distancias son el costo, el peso y el volúmen del equipo. El cadeneo sigue siendo el método más usual para distancias cortas, aún sabiendo que los dispositivos electrónicos son más útiles.

En la actualidad existen dispositivos de medición de distancias y de lectura de ángulos combinados en un sólo instrumento.

Para realizar el levantamiento de la poligonal, se debe llevar a cabo de igual modo que si fuera por medio de mediciones con cinta; variándonos la precisión, puesto que con aparatos electrónicos tendremos una precisión mucho mejor.

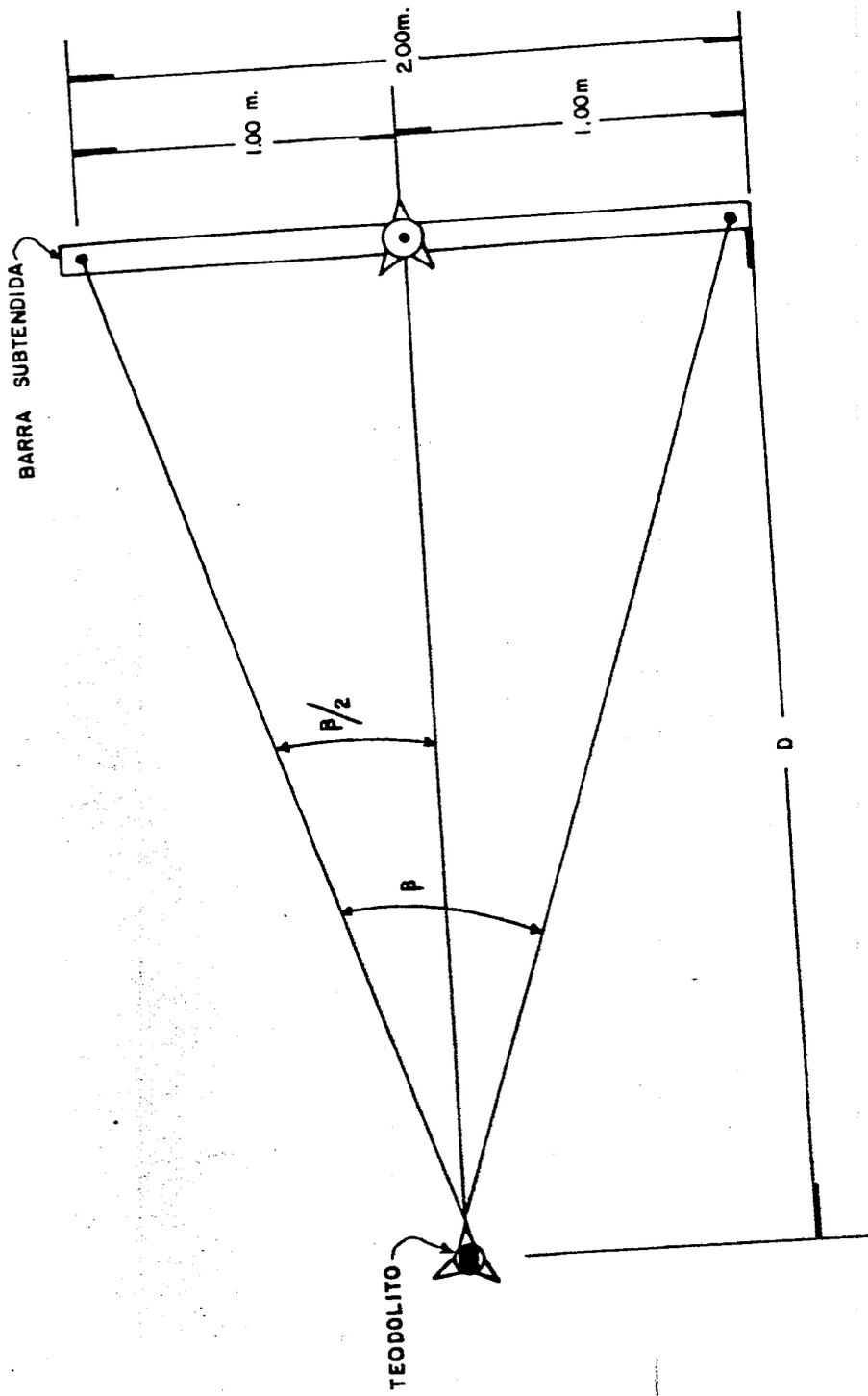


FIG. No.2

VISTA EN PLANTA DE LA MEDICION DE DISTANCIAS CON MIRA INVAR

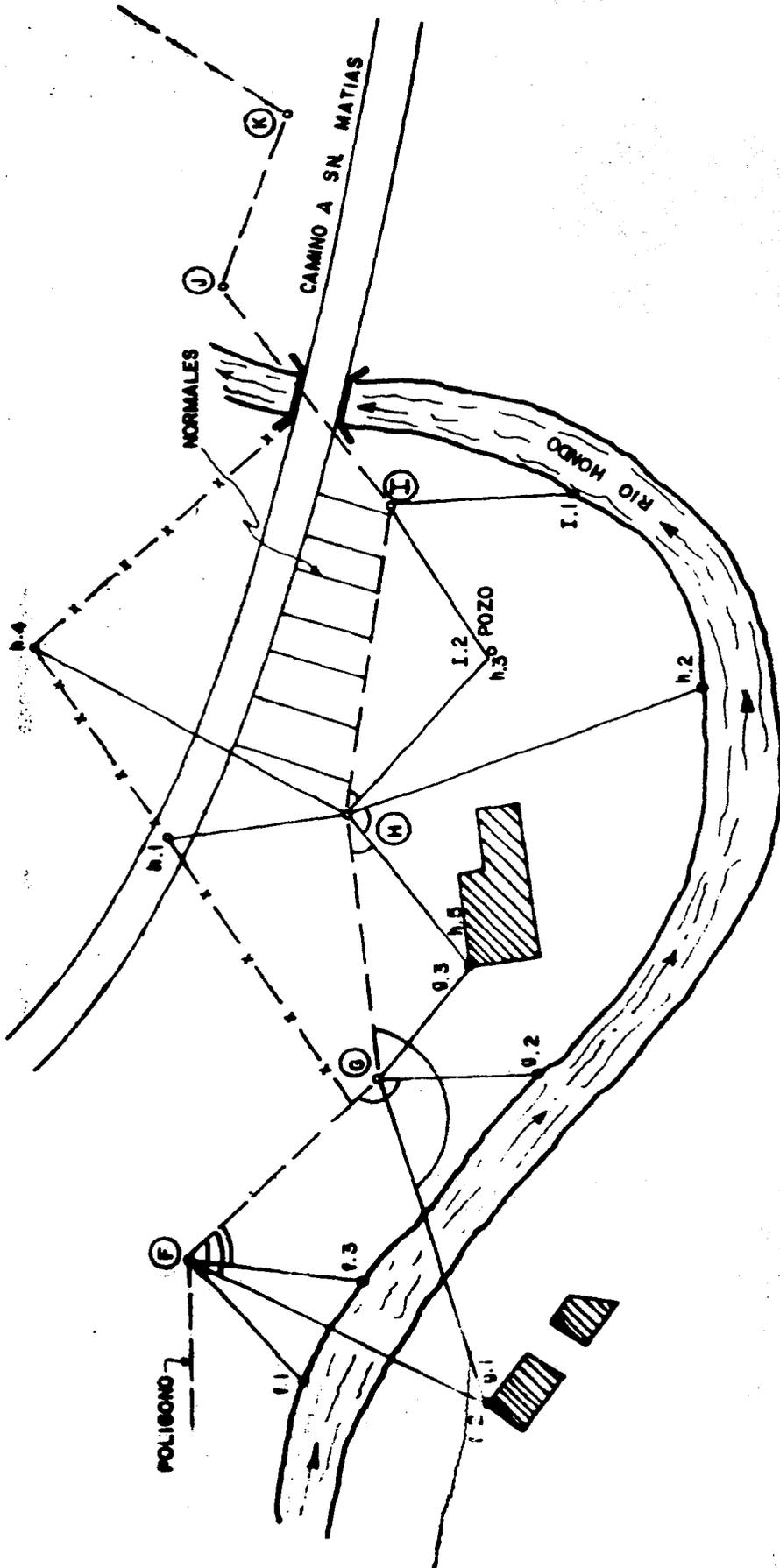


FIG. No.3

| P. ATMS | EST. | P. V | DIST. | ANGULO | OBSERVACIONES |
|---------|------|---------|-------|--------|---------------|
| G | F | 1.1 | — | — | ↗ orilla rio |
| G | | 1.2=0.1 | X | — | ↖ bodega |
| G | | 1.3 | — | — | ↗ rio |
| F | G | 0.2 | — | — | ↖ |
| H | | 0.1=1.2 | X | — | ↖ |
| | | | | | |
| | | | | | |

1.3 LEVANTAMIENTO DE DETALLES.

El complemento de planimetría, es el levantamiento de detalles interiores ó exteriores al polígono de apoyo.

La fijación de detalles se lleva a cabo haciendo uso de alguno de los siguientes métodos:

- a) Por radiaciones (ángulos y distancias).
- b) Por intersecciones (distancias grandes, o puntos inaccesibles para medir distancias).

Registro de detalles (Ver figura No. 3).

| EST. | P.O. | DIST. | ANG. | OBSERVACIONES |
|------|------|-------|------|---------------|
|------|------|-------|------|---------------|

En zonas urbanas, los polígonos de apoyo se trazan por las banquetas o parte de la calle según sea posible.

Quando se requiere levantar una zona con varias manzanas, se llevan polígonos en todas las calles, ligados entre sí, y todos y cada uno de ellos deben cerrar angular y linealmente (figura No. 4).

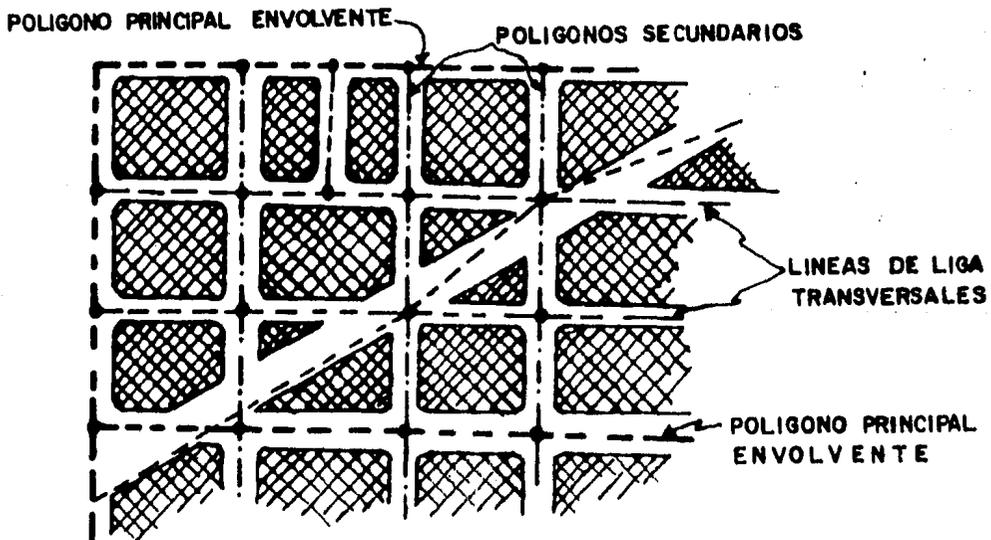


FIG. No. 4

La fijación de detalles en zonas urbanas conviene hacerla en los cruces, por radiaciones y a lo largo de las calles por normales (Figura No. 5).

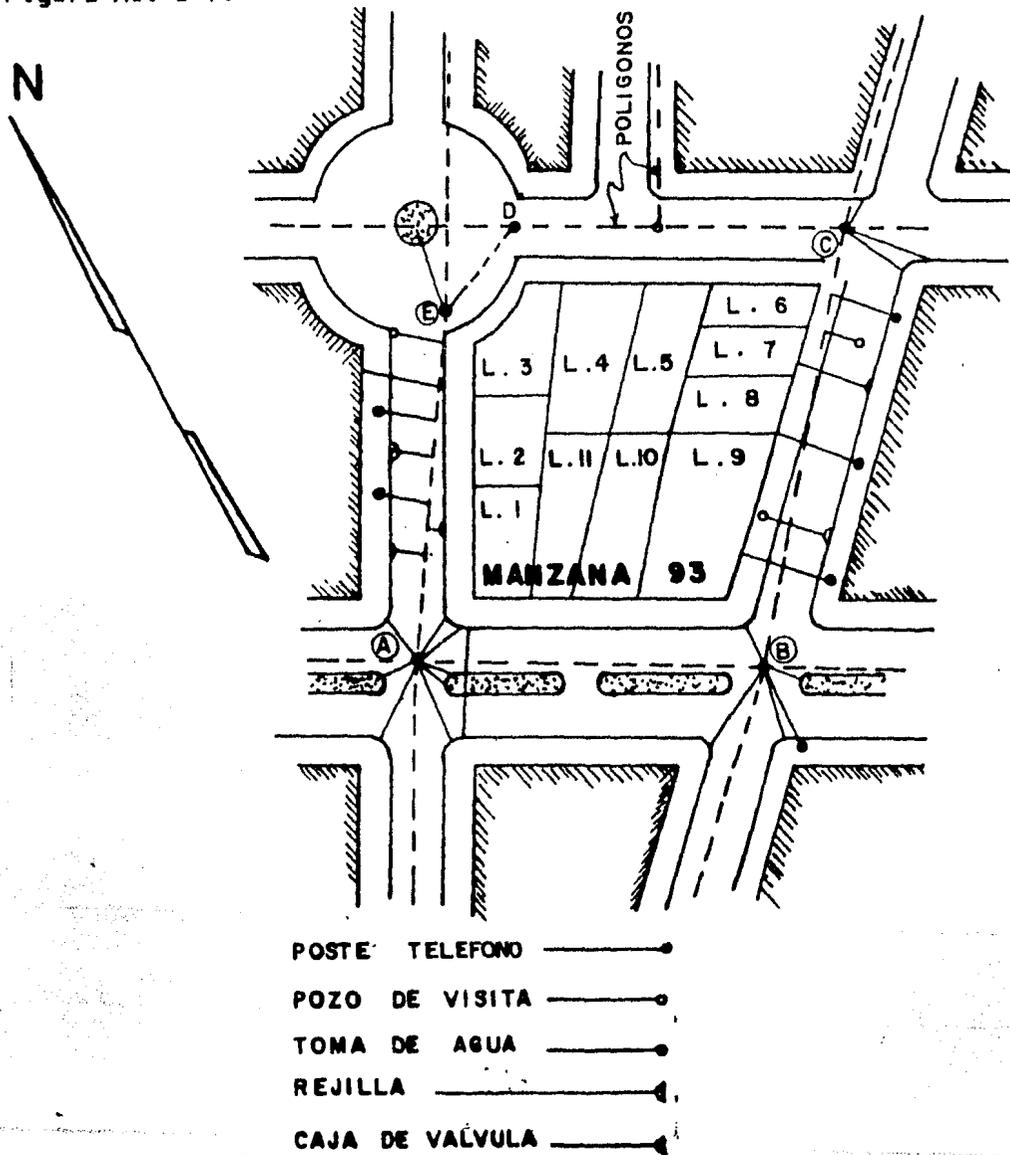


FIG. No. 5

El registro de normales conviene llevarlo con croquis dibujando en el centro de las hojas de la libreta de campo, una columna que represente la cinta tendida sobre el polígono, para anotar en ella las distancias o cadenamientos a partir del vértice y a ambos lados de la columna (cinta), las medidas normales a los detalles que se vayan encontrando.

1.4 ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIAS.

La precisión de las poligonales con tránsito se ve afectada tanto por errores angulares como lineales de medida, que pueden expresarse solamente en términos muy generales. En los levantamientos de precisión ordinaria, los errores lineales importantes tienen la

posibilidad de ser sistemáticos, y los errores angulares importantes son principalmente accidentales.

Influyen más en la precisión los errores sistemáticos lineales que los errores angulares accidentales; que varían en forma aproximada con la longitud de las poligonales.

Se tienen ciertas tolerancias que deben tomarse como los errores máximos admisibles en condiciones comunes de trabajo, que con cuidado, personal adiestrado e instrumentos ajustados, pueden reducirse todavía considerablemente.

1o. Levantamientos preliminares como guía para levantamientos posteriores.

Tolerancias:
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Angular: } 1 \frac{1}{2}' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{1000} \end{array} \right.$$

n=número de ángulos del polígono.

2o. Levantamientos comunes, con buena precisión (como localización de caminos, ferrocarriles, etc.).

Tolerancia
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Angular: } 1' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{3000} \end{array} \right.$$

3o. Levantamientos con precisión suficiente para trabajos en poblaciones o linderos importantes, o para control de otros levantamientos extensos.

Tolerancia
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Angular: } 30'' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{5000} \end{array} \right.$$

4o. Levantamientos con cuidado suficiente para trabajos de precisión en ciudades, y levantamientos especialmente importantes.

Tolerancia
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Angular: } 15'' \text{ a } 20'' \sqrt{n} \\ \text{Lineal: } \frac{1}{10\ 000} \end{array} \right.$$

Se ha considerado que en todos los casos la totalidad de ángulos y lados se miden directamente.

1.4.1 Comprobación de cierre de polígonos.

El objetivo que se persigue es que el polígono quede como una figura geométrica perfecta.

En un polígono cerrado se debe comprobar el cierre angular y el cierre lineal. Ya sea para el cierre angular o lineal; si el error es menor o igual que la tolerancia, el trabajo se ejecutó correctamente y se compensa el error para el cierre, y si el error es mayor que la tolerancia, el trabajo es incorrecto y se verifica o se corrige.

Cierre angular:

En un polígono cerrado: $\Sigma \text{ángulos interiores} = 180^\circ(n-2)$.

Suponiendo que tenemos un aparato con aproximación de 1', se mide un ángulo cuyo valor está comprendido entre:

$$35^\circ 25' 30''$$

y

$$35^\circ 26' 30''$$

el aparato nos dará una lectura de $35^\circ 26'$, o sea que el error

de la lectura puede ser de $\pm 30''$, es decir $\pm \frac{1}{2}$ de aproximación.

Entonces: $E_m = \pm \frac{a}{2}$, (para un ángulo)

Para (n) ángulos: $E_T = E_m \sqrt{n} = \pm \frac{a}{2} \sqrt{n}$, y

Tolerancia = $2(\pm \frac{a}{2} \sqrt{n})$; por lo que se toma en general:

$$\text{Tolerancia} = \pm a \sqrt{n}$$

a = aproximación del aparato.

n = número de ángulos medidos del polígono.

Si el error es tolerable, se compensa repartiendo entre todos los ángulos del polígono por igual, siempre que todos ellos hayan sido medidos en igualdad de condiciones, o se reparte arbitrariamente, aplicando el criterio que convenga según las condiciones de campo de las medidas y la longitud de los lados que forman los ángulos. Debe procurarse variar lo menos posible los ángulos formados por lados largos, para afectar en lo mínimo a la figura.

Cierre lineal:

La condición para que un polígono cierre linealmente es que la suma algebraica de las proyecciones de sus lados sobre los dos ejes rectangulares sea nula, independientemente en cada eje.

La orientación que más conviene para los ejes Y y X, es la de los puntos cardinales, es decir, tomar ejes Norte-Sur y Este-Oeste, pues tenemos los ángulos que forma cada lado de ellos, que son los rumbos (Ver figura No. 6).

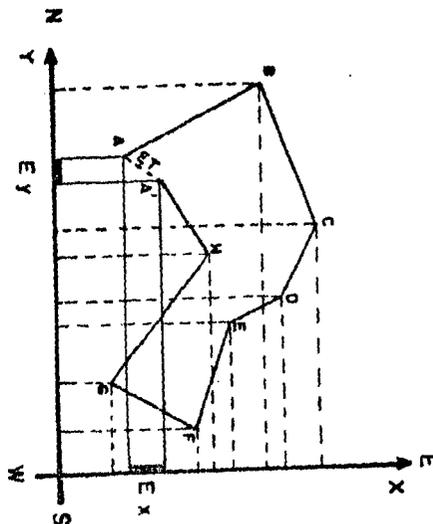


FIGURA NO. 6

Condición de cierre lineal: $\left\{ \begin{array}{l} \Sigma \text{Proys. N} - \Sigma \text{Proys. S} = 0 \\ \Sigma \text{Proys. E} - \Sigma \text{Proys. W} = 0 \end{array} \right.$

Para cada lado $\left\{ \begin{array}{l} \Sigma \text{Proy. s/ el eje Y (N-S)} = \text{long.} \cdot \text{Cos rumbo} \\ \Sigma \text{Proy. s/ el eje X (E-W)} = \text{long.} \cdot \text{Sen rumbo.} \end{array} \right.$

Los rumbos pueden ser los calculados con los ángulos interiores compensados.

Recorriendo el polígono en un mismo sentido, las iniciales de sus rumbos dan el sentido de las proyecciones. Así por ejemplo un lado de rumbo SW, se proyectará al Sur y al Oeste.

El error en cada eje es la diferencia entre las sumas de proyecciones, y el error total (E_T) es la hipotenusa ($\overline{AA'}$) del triángulo formado por ambos errores.

Error por unidad de longitud de polígono: $\frac{E_T}{L}$ (longitud total del polígono).

Esta expresión se acostumbra ponerla con la unidad en el numerador, para hacerla más objetiva y también para compararla con las especificaciones que se fijan para las diversas clases de trabajos, tales como: 1/100, 1/5 000, etc.

Si

Et < Tolerancias se compensa.

Et > Tolerancias se repite el trabajo, o se revisa para encontrar algún error o errores que hayan causado que se excediera de lo tolerable.

Si resultara que el error total lineal es menor que la tolerancia especificada, se compensa para llegar al cierre perfecto.

La compensación puede hacerse por varios procedimientos, de los cuales los más empleados son:

- a) La regla de la brújula.
- b) La regla del tránsito.
- a) Regla de la brújula.-Está basado: 1o. En que los errores en el levantamiento son accidentales y varían con la raíz cuadrada de la longitud de los lados directamente por lo que se corrige proporcionalmente a la longitud de los lados; 2o. Que los errores angulares tienen efecto semejante a los de cadenamamiento.
- b) Regla del tránsito.-Esta regla está basada: 1o. En que los errores en el levantamiento son accidentales; 2o. Que las medidas de ángulos son más precisas que las medidas de longitud.

1.4.2 Especificaciones para el sistema coordenado.

Por medio de coordenadas de los vértices de las figuras geométricas que se emplean como apoyo, se tiene el control horizontal de los levantamientos y estudios topográficos.

Los ejes de coordenadas se escogen según las direcciones N-S y E-W con origen en cualquier punto que convenga.

Al ejecutar un trabajo pueden ocurrir dos casos:

- a) Que la zona se ubique dentro, o junto a otra, donde ya se hayan establecido vértices de apoyo anteriores, y deba quedar el nuevo trabajo relacionado con el anterior. En este caso, basta con tomar entre los puntos nuevos de apoyo, uno de los ya establecidos de coordenadas conocidas, y a partir de él se calculan las coordenadas de los demás.
- b) Que no haya sistema de ejes previamente establecidos. En este caso se está en libertad de ubicarlo como mejor convenga, y generalmente se procura que todo el polígono de apoyo quede en el primer cuadrante para que todas las coordenadas sean positivas. Conviene hacer un croquis aproximado de la figura para ver cuales son los puntos mas al Oeste y mas al Sur y por ellos, o cerca, pueden pasar los ejes.

Basta que a un punto se le fijen sus coordenadas para que queden fijos los ejes, y a partir de esas coordenadas se calculan las de los demás, sumando o restando las proyecciones de los lados que ligan consecutivamente los vértices. Por medio de las coordenadas se pueden dibujar polígonos, obtener superficies y calcular un sin número de problemas que se presentan.

En cuanto al dibujo por coordenadas, es el método más conveniente, pues cada punto se fija en su posición, independientemente de los demás y en caso de algún error en el dibujo de un punto, no se afectan los otros, como sucede si se dibuja a base de ángulo y distancia.

1.5 CALCULO Y DIBUJO.

Obtenidos los datos de campo se deben realizar los siguientes trabajos en gabinete:

- 1.- Ordenar los datos tomados en el campo.
- 2.- Contar con planillas de cálculo, hojas y calculadora.
- 3.- Realizar la compensación o corrección angular del polígono, esto es, distribución del error angular de cierre.
- 4.- Transformación de acimuts a rumbos, cuando fuese necesario.
- 5.- Reducir al horizonte los lados que tengan inclinación.
- 6.- Calcular las proyecciones de los lados del polígono.
- 7.- Corregir el error de cierre del polígono, en distancia, o sea, compensar éste.
- 8.- Calcular las coordenadas.
- 9.- Anexar cálculos de áreas de los polígonos levantados.
- 10.- Construir el plano de los trabajos ejecutados.

Para tener una idea más precisa del trabajo de gabinete se presenta el siguiente ejemplo; el cual representa una parte del trabajo realizado en prácticas Generales de Topografía. Este se desarrolló en la Ciudad de Altotonga Veracruz.

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

DEPARTAMENTO F. I. DE TOPOGRAFIA U. N. A. M.

| LADO EST/NO | R. M. C. | COS | SEN | PROYECCIONES SIN CORREGIR | | | CORRECCION | | | PROYECCIONES | | | CORREIDAS | | | COORDENADAS | | |
|----------------|----------|-------------|-----|---------------------------|--------|--------|------------|-------|----------|--------------|--------|--------|-----------|------|----------|-------------|---------|--|
| | | | | N | E | S | Y | X | N | S | E | W | V | Y | X | | | |
| 646 | 124,218 | S 85° 18' E | | 10.18 | 123.80 | | | +002 | | | 10.18 | 123.82 | | 61 | 1044.548 | 1002.586 | | |
| 61 | 141,2150 | N 03° 35' E | | 141.87 | 8.88 | | -002 | | 141.85 | | | 8.88 | | 15 | 1058.733 | 10034.74 | | |
| 152 | 111,0754 | N 82° 35' W | | 14.30 | | 109.83 | | -001 | 14.30 | | | | 109.82 | 1 | 1060.163 | 9924.92 | | |
| 2152 | 8315 | S 65° 10' W | | 3.49 | | 7.55 | | | | | 3.49 | | | 7.55 | 2 | 1059.814 | 9917.37 | |
| 5253 | 14,0518 | N 84° 19' W | | 13.92 | | 139.83 | | -002 | 13.92 | | | | 139.81 | 5 | 1061.206 | 977.756 | | |
| 5354 | 12,2826 | N 83° 22' W | | 14.19 | | 122.00 | | -002 | 14.19 | | | | 121.98 | 5 | 1062.625 | 965.558 | | |
| 5455 | 2,8214 | N 83° 01' W | | 30.18 | | 246.37 | | -001 | 30.17 | | | | 146.34 | 5 | 1065.642 | 940.924 | | |
| 5556 | 37,0945 | S 01° 26' W | | 370.83 | | 9.28 | +007 | | | | 370.90 | | | 9.28 | 56 | 1028.552 | 939.996 | |
| 5657 | 3,2592 | N 77° 45' E | | 6.92 | | 31.85 | | | 6.92 | | | | 31.85 | 57 | 1029.244 | 943.181 | | |
| 5758 | 9,0856 | N 88° 00' E | | 3.17 | | 90.80 | | +001 | 3.17 | | | | 90.81 | 58 | 1029.561 | 952.262 | | |
| 5859 | 6,8526 | N 55° 41' E | | 38.63 | | 36.60 | | -001 | 38.62 | | | | 56.61 | 59 | 1033.423 | 957.923 | | |
| 5960 | 4,3760 | S 86° 29' E | | 145.59 | | 43.68 | | | | | 2.68 | | 43.68 | 60 | 1033.155 | 962.291 | | |
| 6061 | 14,6416 | N 06° 05' E | | 2.68 | | 15.52 | | -002 | 145.57 | | | | 15.52 | 67 | 1047.712 | 963.843 | | |
| 6766 | 12,1055 | S 86° 15' E | | 7.92 | | 120.80 | | +002 | | | 7.92 | | 120.82 | 66 | 1046.920 | 975.925 | | |
| 6665 | 9,3435 | S 84° 49' E | | 8.44 | | 93.05 | | -001 | | | 8.44 | | 93.06 | 65 | 1046.076 | 985.231 | | |
| 6564 | 4,9992 | S 84° 09' E | | 5.10 | | 49.73 | | | | | 5.10 | | 49.73 | 64 | 1045.566 | 990.204 | | |
| 1914572 | | | | 408.77 | 408.64 | 534.71 | 634.86 | 0.130 | 15408.71 | 408.71 | 408.71 | 534.78 | 634.78 | | | | | |
| | | | | Ex=0.13 | | | Ex=0.15 | | | | | | | | | | | |
| | | | | Fh=0.198 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | P=1:9670 | | | P=1:9700 | | | | | | | | | | | |

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA F. I. U. N. A. M.

CALCULO DEL AREA DE UN POLIGONO TRIS METROS

| V | COORDENADAS | | DIFERENCIA DE ALTURAS | DOBLES PRODUCTOS | | DIFERENCIA DE ALTURAS | DOBLES PRODUCTOS | | PRODUCTOS CRUZADOS (+) | PRODUCTOS CRUZADOS (-) |
|---------|-------------|--------|-----------------------|--|-----|-----------------------|------------------|------------|------------------------|------------------------|
| | X | Y | | (+) | (-) | | (+) | (-) | | |
| 1058582 | 1003290 | | | | | | | | | |
| 1059571 | 992721 | -10747 | | 113872095 | | + 855 | 8487765 | | | |
| 1059437 | 992543 | -1099 | | 11643213 | | - 6561 | | 65120746 | | |
| 1058010 | 991622 | -1676 | | 19775528 | | -12038 | | 119371456 | MANZANA 1 | |
| 1047399 | 990665 | -1471 | | 12265042 | | - 7214 | | 71466573 | | |
| 1045796 | 990451 | -21398 | | 119199028 | | - 2652 | | 26266761 | | |
| 1044747 | 1002063 | 11779 | | 123060749 | | - 898 | | 8998526 | | |
| 1044898 | 1002430 | 243 | | 2539102 | | + 2424 | 24294055 | | | |
| 1047171 | 1002306 | 479 | | 5015949 | | + 8979 | 89997056 | | | |
| 1053877 | 1002709 | 613 | | 6460266 | | + 8711 | 87345981 | | | |
| 1055882 | 1002319 | 342 | | 3611116 | | + 3241 | 32504605 | | | |
| 1057118 | 1003051 | 371 | | 3921908 | | + 2700 | 27082377 | | | |
| 1058502 | 1003290 | -10330 | | 1109351521 | | + 2453 | 24610704 | | | |
| | | | | 2166907399 | | | 2194322543 | 2191224062 | | |
| | | | | Area=154924111 | | | Area=154924111 | | | |
| 1059690 | 991523 | | | | | | | | | |
| 1061030 | 978049 | -13673 | | 145074632 | | + 1183 | 11570320 | | | |
| 1060873 | 977850 | -1925 | | 20421805 | | -13821 | | 135148649 | | |
| 1047209 | 976124 | -1640 | | 17174228 | | -13770 | | 134412275 | | |
| 1047103 | 976210 | 7453 | | 78040587 | | - 772 | 7536341 | | | |
| 1046437 | 983527 | 7888 | | 82542951 | | - 698 | | 6865368 | MANZANA 2 | |
| 1046405 | 984038 | 5730 | | 60586849 | | - 560 | | 5510949 | | |
| 1045877 | 983367 | 5384 | | 56310018 | | - 439 | | 4343321 | | |
| 1045966 | 989482 | 1488 | | 15563974 | | + 7745 | 76635381 | | | |
| 1053622 | 990855 | 1624 | | 17110821 | | + 9599 | 95112171 | | | |
| 1055565 | 991106 | 668 | | 7051174 | | + 6068 | 60140312 | | | |
| 1053690 | 991523 | -13057 | | 138363723 | | + 5465 | 54186732 | | | |
| | | | | 317206374 | | | 2197644916 | 2193816903 | | |
| | | | | Area=3028014 | | | Area | 3828013 | | |
| | | | | Dif/2=1914007 = Area (M ²) | | | | 1914007 | | |

CALCULO DEL AREA DE UN POLIGONO TRES METODOS

| V | COORDENADAS | | DIFERENCIA DE ABSCISAS | DOBLES PRODUCTOS | | DIFERENCIA DE ORDENADAS | DOBLES PRODUCTOS | | PRODUCTOS CRUZADOS | |
|---|-------------|--------|------------------------|------------------|-----------|-------------------------|------------------|------------|--------------------|------------|
| | Y | X | | (+) | (-) | | (+) | (-) | (+) | (-) |
| | 1062477 | 965365 | | | | | | | | |
| | 1063117 | 959414 | - 5960 | | 63361773 | + 553 | | 5305552 | | |
| | 1063030 | 959405 | - 9136 | | 97118421 | + 849 | | 8145348 | | |
| | 1063966 | 950298 | -17954 | | 191024456 | +2228 | | 21172194 | | |
| | 1065258 | 941451 | - 9824 | | 105183575 | -34257 | | | 3'22512869 | |
| | 1029709 | 940404 | - 900 | | 92667391 | -35726 | | | 3'35968733 | |
| | 1029532 | 940551 | + 2687 | 276633525 | | + 175 | | 1645964 | | |
| | 1029884 | 943091 | + 9884 | 101793735 | | + 609 | | 5743424 | | |
| | 1030141 | 950435 | + 8875 | 91425014 | | + 477 | | 4533575 | | |
| | 1030361 | 951966 | + 2901 | 29890773 | | + 917 | | 8729528 | | |
| | 1031058 | 953336 | + 5385 | 555224773 | | + 3078 | | 29343682 | | |
| | 1033439 | 957351 | + 6090 | 71203947 | | + 2969 | | 28423751 | | |
| | 1034027 | 960226 | + 4162 | 43036204 | | + 494 | | 4743516 | | |
| | 1033933 | 961513 | + 1527 | 15780157 | | + 104 | | 999974 | | |
| | 1034131 | 961753 | + 739 | 7642228 | | + 544 | | 52357833 | | |
| | 1039377 | 962252 | + 1458 | 15154117 | | + 10742 | | 103076434 | | |
| | 1044843 | 963211 | + 1343 | 14032241 | | + 7668 | | 74822230 | | |
| | 1047145 | 963595 | + 462 | 4837810 | | + 2290 | | 22066326 | | |
| | 1047133 | 963673 | + 259 | 2712074 | | + 1217 | | 11727900 | | |
| | 1048362 | 963854 | + 103 | 1079819 | | + 1241 | | 11961428 | | |
| | 1048374 | 963776 | + 297 | 3113671 | | + 2671 | | 25742457 | | |
| | 1051023 | 964151 | + 622 | 6537425 | | + 4794 | | 46221399 | | |
| | 1053168 | 964398 | + 431 | 4539154 | | + 4014 | | 30710936 | | |
| | 1055047 | 964582 | + 675 | 7121567 | | + 5548 | | 53515009 | | |
| | 1058716 | 965073 | + 731 | 7739214 | | + 5909 | | 57026164 | | |
| | 1060956 | 965313 | + 335 | 3554203 | | + 3697 | | 35687622 | | |
| | 1062413 | 965408 | + 052 | 552455 | | + 1521 | | 14683856 | | |
| | 1062477 | 965365 | - 5994 | | | + 704 | | 6796170 | | |
| | | | | 514939800 | | | | 6173182279 | | 6158461602 |
| | | | | 529640477 | | | | | | |

Area: 73,503.39

Area: 73,503.39

Area: 73,503.39

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

| LADO EST/NO | R. M. C. | COS | SEN | PROYECCIONES | | CORREGIR | CORRECCION | | PROYECCIONES | | | CORRECCIONES | | | COORDENADAS | | |
|----------------|----------|---------|-----|--------------|-------|----------|------------|---|--------------|---|-------|--------------|---|---|-------------|---------|--------|
| | | | | N | S | | E | W | Y | X | N | S | E | W | Y | X | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 143791 | | | | | | | | | | | 14884 | | | | | 1062625 | 965558 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 1047741 | 963869 |
| 73953S | 6°32'W | | | | 7943 | | 910 | | | | | | | | | 1062625 | 965558 |
| 113700N | 83°01'W | | | 1382 | | | 11286 | | | | | | | | | 1054682 | 964648 |
| 54 | | | | | | | | | | | | | | | | 1064007 | 954272 |
| 9453 | 0°01'S | 83°22'E | | | | | | | | | | | | | | 1062625 | 965558 |
| 1 | 6174S | 82°41'E | | | 077 | | 612 | | | | | | | | | 1062548 | 966170 |
| 2 | 6455S | 68°11'E | | | 210 | | 599 | | | | | | | | | 1062385 | 966157 |
| 4 | 1686S | 8°22'W | | | 1669 | | 245 | | | | | | | | | 1060956 | 965313 |
| 6 | 2500S | 35°09'W | | | 212 | | 150 | | | | | | | | | 1062413 | 965408 |
| 7 | 2432S | 52°25'W | | | 108 | | 153 | | | | | | | | | 1062477 | 965365 |
| 9 | 7240N | 27°52'W | | | 640 | | 338 | | | | | | | | | 1063265 | 965220 |
| 10 | 7868N | 58°30'E | | | 411 | | 671 | | | | | | | | | 1063036 | 966229 |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9454 | | | | | | | | | | | | | | | | 1054682 | 964648 |
| 11 | 27716N | 23°02'E | | | 2551 | | 1084 | | | | | | | | | 1057233 | 965732 |
| 12 | 36832S | 7°45'W | | | 3649 | | 497 | | | | | | | | | 1051039 | 964151 |
| 13 | 15346S | 9°22'W | | | 1514 | | 250 | | | | | | | | | 1053168 | 964398 |
| 14 | 3710N | 10°21'W | | | 365 | | 066 | | | | | | | | | 1055047 | 964582 |
| 15 | 40568N | 6°01'E | | | 4034 | | 425 | | | | | | | | | 1058716 | 965073 |
| 56 | | | | | | | | | | | | | | | | 1028552 | 939996 |
| 5656 | 22000 | | | | 21993 | | 550 | | | | | | | | | 1050505 | 940546 |

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA F. I. U. N. A. M.

| LADO ESTRO | DISTANCIA | R. M. C. | COB | PROYECCIONES SIN CORRECCION | | | CORRECCIONES | | | CORRENDAS | | | COORDENADAS | |
|------------|-----------|-------------|-----|-----------------------------|---|---|--------------|------|------|-----------|---|---|-------------|--------|
| | | | | N | S | E | N | S | E | W | V | Y | X | |
| 57 | | | | | | | | | | | | | 1029244 | 943181 |
| 57 | | N 88° 00' E | | | | | | | | | | | 1029044 | 943472 |
| 8 | 3530 | S 55° 25' E | | | | | 200 | 291 | | | | | 1029884 | 943091 |
| 9 | 6458 | N 7° 59' W | | | | | | | 090 | | | | | |
| 58 | | | | | | | | | | | | | 1029561 | 952262 |
| 58 | | N 55° 41' E | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | S 18° 23' W | | | | | 318 | 106 | | | | | 1029243 | 952156 |
| MO | | S 75° 42' W | | | | | 580 | 2277 | | | | | 1028981 | 949985 |
| 7 | 23498 | N 72° 24' W | | | | | | | 1827 | | | | 1030141 | 950435 |
| 6 | 19170 | N 20° 19' W | | | | | | | 296 | | | | 1030361 | 951966 |
| 5 | 8534 | N 35° 39' E | | | | | | | 1074 | | | | 1031058 | 953336 |
| 4 | 18420 | S 86° 29' E | | | | | | | | | | | 1030423 | 957923 |
| 59 | | | | | | | | | | | | | | |
| 59 | | S 9° 00' E | | | | | 734 | 116 | | | | | 1032689 | 958039 |
| 1 | 27436 | S 32° 19' W | | | | | | | 819 | | | | 1032128 | 957104 |
| 2 | 15320 | N 88° 25' W | | | | | | | 572 | | | | 1033439 | 957351 |
| 3 | 5726 | N 6° 05' E | | | | | | | | | | | 1033155 | 962291 |
| 68 | | | | | | | | | | | | | | |
| 68 | | N 17° 46' E | | | | | | | 242 | | | | 1033911 | 962533 |
| 1 | 2943 | N 32° 13' E | | | | | | | 381 | | | | 1033759 | 962672 |
| 2 | 7140 | S 37° 59' E | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 2394 | S 81° 16' W | | | | | 189 | 147 | | | | | 1032966 | 962438 |
| 8 | 6969 | N 89° 30' W | | | | | 106 | 689 | | | | | 1033049 | 961602 |
| 6 | 1908 | N 67° 06' W | | | | | | | 1908 | | | | 1033172 | 960383 |
| 8 | 2241 | N 45° 02' W | | | | | | | 2065 | | | | 1034027 | 960226 |
| 9 | 1100 | N 28° 51' W | | | | | | | 728 | | | | 1033933 | 961513 |
| 12 | 1214 | | | | | | | | 538 | | | | 1034131 | 961753 |

DEPARTAMENTO F. I.
DE TOPOGRAFIA U. N. A. M.

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE
COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

| LADO ESTRUC | DISTANCIA | R. M. C. | COS | SEN | PROYECCIONES SIN | | CORREGIR | | CORRECCION | | PROYECCIONES | | | CORREGIDAS | | | COORDENADAS | |
|----------------|-----------|-------------|-----|-----|------------------|-------|----------|------|------------|---|--------------|---|---|------------|---|---|-------------|---------|
| | | | | | S | E | W | E | Y | X | N | S | E | W | V | Y | X | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | 10134,98 | 93754,5 |
| A | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 61,1 | N 57° 27' W | | | | | | 5,15 | | | | | | | | | 10138,27 | 9370,30 |
| 10 | 97,8 | S 71° 50' W | | | 3,29 | | 9,26 | | | | | | | | | | 10131,94 | 93661,9 |
| 11 | 216,85 | S 53° 43' W | | | | 3,04 | 17,48 | | | | | | | | | | 10122,15 | 93579,7 |
| 12 | 274,00 | S 52° 13' W | | | | 1,283 | 21,66 | | | | | | | | | | 10118,19 | 93537,9 |
| 13 | 596,95 | S 46° 01' W | | | | 1,679 | 4,295 | | | | | | | | | | 10093,52 | 93325,0 |
| 14 | 140,36 | S 29° 50' W | | | | 4,146 | 6,98 | | | | | | | | | | 10122,80 | 93684,7 |
| 15 | 130,52 | N 11° 41' E | | | 1,278 | | 2,64 | | | | | | | | | | 10147,76 | 93780,9 |
| C | | | | | | | | | | | | | | | | | 10042,40 | 9294,17 |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | | 10043,82 | 93036,6 |
| 16 | 960 | N 81° 31' E | | | 1,42 | | 9,49 | | | | | | | | | | 10001,85 | 92876,0 |
| 17 | 4081 | S 9° 12' W | | | | 4,055 | 6,57 | | | | | | | | | | 10032,94 | 92861,7 |
| 18 | 1200 | S 32° 22' W | | | | 9,46 | 60,0 | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | 324,64 | S 72° 02' W | | | | | | | | | | | | | | | 9938,09 | 9274,27 |
| 20 | 350,1 | N 18° 01' E | | | 3,414 | | 1,110 | | | | | | | | | | 9928,08 | 9243,39 |
| 21 | 142,20 | S 62° 01' E | | | | 6,67 | 12,56 | | | | | | | | | | 9972,23 | 9285,17 |
| 22 | 1300 | S 3° 31' W | | | | 1,128 | 0,69 | | | | | | | | | | 9931,42 | 9286,83 |
| 23 | 284,38 | N 11° 18' W | | | 2,789 | | 5,57 | | | | | | | | | | 9926,81 | 9273,58 |
| 24 | 255,40 | S 86° 52' W | | | | 1,40 | 2,550 | | | | | | | | | | 9965,98 | 9268,70 |
| 25 | 4610 | N 18° 01' E | | | 4,38 | | 1,43 | | | | | | | | | | 9942,47 | 9275,70 |
| 65 | | N 84° 09' W | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 66 | 140,45 | N 85° 58' W | | | 0,99 | | 1,401 | | | | | | | | | | 10460,76 | 9852,31 |
| 67 | | S 6° 10' W | | | | | | | | | | | | | | | 10461,75 | 9838,30 |
| 68 | | N 84° 31' W | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CH 1 | 85,75 | N 5° 17' E | | | 85,39 | | 7,90 | | | | | | | | | | 10461,75 | 9838,30 |
| CH 2 | 1072,55 | N 5° 17' E | | | 106,80 | | 9,88 | | | | | | | | | | 10547,14 | 9846,20 |
| CH 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | 10568,55 | 9846,18 |

COMPENSACION LINEAL DE Y CALCULO DE COORDENADAS DE UNA POLIGONAL

| LADO ESTRO | DISTANCIA | R. M. C. | COS | SEN | PROYECCIONES SIN CORREGIR | | | CORRECCION | | | PROYECCIONES | | | CORREGIDAS | | | COORDENADAS | | |
|---------------|-----------|-------------|-----|-----|---------------------------|-----|------|------------|---|---|--------------|---|---|------------|---|---|-------------|---------|--------|
| | | | | | N | S | E | W | Y | X | N | S | E | W | V | Y | X | | |
| A | | N 62° 34' E | | | | | | | | | | | | | | | | 1027776 | 938502 |
| 1 | 2139 | S 85° 16' E | | | 059 | 711 | | | | | | | | | | | | 1027717 | 939213 |
| 2 | 15360 | S 17° 53' E | | | 1462 | 472 | | | | | | | | | | | | 1026314 | 938974 |
| 3 | 3914 | S 12° 58' E | | | 390 | 696 | | | | | | | | | | | | 1023686 | 939398 |
| 4 | 8120 | S 47° 51' E | | | 545 | 602 | | | | | | | | | | | | 1027231 | 939104 |
| 5 | 1130 | S 3° 31' W | | | 1128 | | 059 | | | | | | | | | | | 1016993 | 937937 |
| 6 | 28438 | N 11° 18' W | | | 2789 | | 557 | | | | | | | | | | | 934657 | 937449 |
| 7 | 25540 | S 86° 52' W | | | 140 | | 2550 | | | | | | | | | | | 931728 | 935456 |
| 8 | 4610 | N 18° 01' E | | | 438 | 143 | | | | | | | | | | | | 1018559 | 930149 |

| PUNTO | DISTANCIA | RUMBO M.C. | COORDENADAS | | AREAS |
|---------------|-----------|------------|-------------|-----------|---------------------------------------|
| | | | Y | X | |
| Manzana No. 1 | | | | | |
| | | | 10,585.82 | 10,032.90 | |
| 1-2 | 106.152 | N 84°39' W | 10,595.71 | 9,927.21 | Area t. = 15,492.41 (M ²) |
| 2-3 | 2.228 | S 53°02' W | 10,594.37 | 9,925.43 | |
| 3-4 | 64.927 | S 8°09' W | 10,530.10 | 9,916.22 | |
| 4-5 | 56.920 | S 9°40' W | 10,473.99 | 9,906.65 | |
| 5-6 | 16.172 | S 7°36' W | 10,457.96 | 9,904.51 | |
| 6-7 | 116.593 | S 84°50' E | 10,447.47 | 10,020.63 | |
| 7-8 | 2.251 | N 47°53' E | 10,448.98 | 10,022.30 | |
| 8-9 | 22.743 | N 01°55' E | 10,471.71 | 10,023.06 | |
| 9-10 | 67.181 | N 03°26' E | 10,538.77 | 10,027.09 | |
| 10-11 | 20.160 | N 05°59' E | 10,558.82 | 10,029.19 | |
| 11-12 | 12.430 | N 06°06' E | 10,571.18 | 10,030.51 | |
| 12-1 | 14.833 | N 09°16' E | 10,585.82 | 10,032.90 | |
| Manzana No. 2 | | | | | |
| | | | 10,596.90 | 9,915.23 | |
| 1-2 | 135.405 | N 84°19' W | 10,610.30 | 9,780.49 | Area t. = 19,140.07 (M ²) |
| 2-3 | 2.535 | S 51°44' W | 10,608.73 | 9,778.50 | |
| 3-4 | 137.726 | S 07°12' W | 10,472.09 | 9,761.24 | |
| 4-5 | 1.365 | S 39°03' E | 10,471.03 | 9,762.10 | |
| 5-6 | 73.970 | S 84°50' E | 10,464.37 | 9,835.77 | |
| 6-7 | 5.220 | S 84°29' E | 10,464.05 | 9,840.98 | |
| 7-8 | 52.954 | S 84°16' E | 10,458.77 | 9,893.67 | |
| 8-9 | 1.454 | N 52°15' E | 10,459.66 | 9,894.82 | |
| 9-10 | 77.781 | N 10°10' E | 10,536.22 | 9,908.55 | |
| 10-11 | 19.591 | N 07°21' E | 10,555.65 | 9,911.06 | |
| 11-1 | 41.460 | N 05°46' E | 10,596.90 | 9,915.23 | |
| Manzana No. 3 | | | | | |
| | | | 10,611.17 | 9,771.82 | |
| 1-2 | 10.302 | N 88°47' W | 10,611.39 | 9,761.52 | Area t. = 15,458.30 (M ²) |
| 2-3 | 100.724 | N 82°54' W | 10,623.85 | 9,661.57 | |
| 3-4 | 51.695 | S 04°43' W | 10,572.33 | 9,657.32 | |
| 4-5 | 92.429 | S 07°18' W | 10,480.65 | 9,645.58 | |
| 5-6 | 0.640 | S 38°40' E | 10,480.15 | 9,645.98 | |
| 6-7 | 107.712 | S 85°30' E | 10,471.70 | 9,753.36 | |
| 7-1 | 140.686 | N 07°32' E | 10,611.17 | 9,771.82 | |

| L A D O | DISTANCIA | R.A.C. | C O O R D E N A D A S | |
|---------------|-----------|------------|-----------------------|----------|
| | | | Y | X |
| Manzana No. 4 | | | | |
| 1 | 2 | | 10,624.77 | 9,653.65 |
| 1 | 2 | N 83°51' W | 10,613.17 | 9,594.14 |
| 2 | 3 | S 06°08' W | 10,630.30 | 9,594.05 |
| 3 | 4 | N 84°09' W | 10,639.66 | 9,502.78 |
| 4 | 5 | S 81°40' W | 10,652.58 | 9,414.51 |
| 5 | 6 | S 01°41' W | 10,297.09 | 9,404.04 |
| 6 | 7 | S 39°43' E | 10,295.32 | 9,405.51 |
| 7 | 8 | N 82°07' E | 10,298.84 | 9,403.91 |
| 8 | 9 | N 88°00' E | 10,301.41 | 9,504.35 |
| 9 | 10 | N 81°49' E | 10,303.61 | 9,519.66 |
| 10 | 11 | N 63°02' E | 10,310.58 | 9,533.36 |
| 11 | 12 | N 59°20' E | 10,334.39 | 9,573.51 |
| 12 | 13 | N 78°26' E | 10,340.27 | 9,602.26 |
| 13 | 14 | S 85°49' E | 10,339.33 | 9,615.13 |
| 14 | 15 | N 50°29' E | 10,341.31 | 9,617.53 |
| 15 | 16 | N 05°26' E | 10,393.77 | 9,622.52 |
| 16 | 17 | N 09°57' E | 10,448.43 | 9,632.11 |
| 17 | 18 | N 09°28' E | 10,471.45 | 9,635.95 |
| 18 | 19 | S 81°37' E | 10,471.33 | 9,636.73 |
| 19 | 20 | N 08°23' E | 10,483.62 | 9,638.54 |
| 20 | 21 | N 81°37' W | 10,483.74 | 9,637.76 |
| 21 | 22 | N 08°02' E | 10,518.33 | 9,641.51 |
| 22 | 23 | N 06°36' E | 10,531.68 | 9,643.98 |
| 23 | 24 | N 05°36' E | 10,550.47 | 9,645.82 |
| 24 | 25 | N 07°37' E | 10,587.16 | 9,650.73 |
| 25 | 26 | N 06°07' E | 10,609.56 | 9,653.13 |
| 26 | 27 | N 03°44' E | 10,624.13 | 9,654.08 |
| 27 | 1 | N 33°54' W | 10,624.77 | 9,653.65 |

Area Total = 73,503.39 m²

1894.732

LIC. BENITO JUAREZ

N

MARIANO ABASOLO

1900.88

1901.91

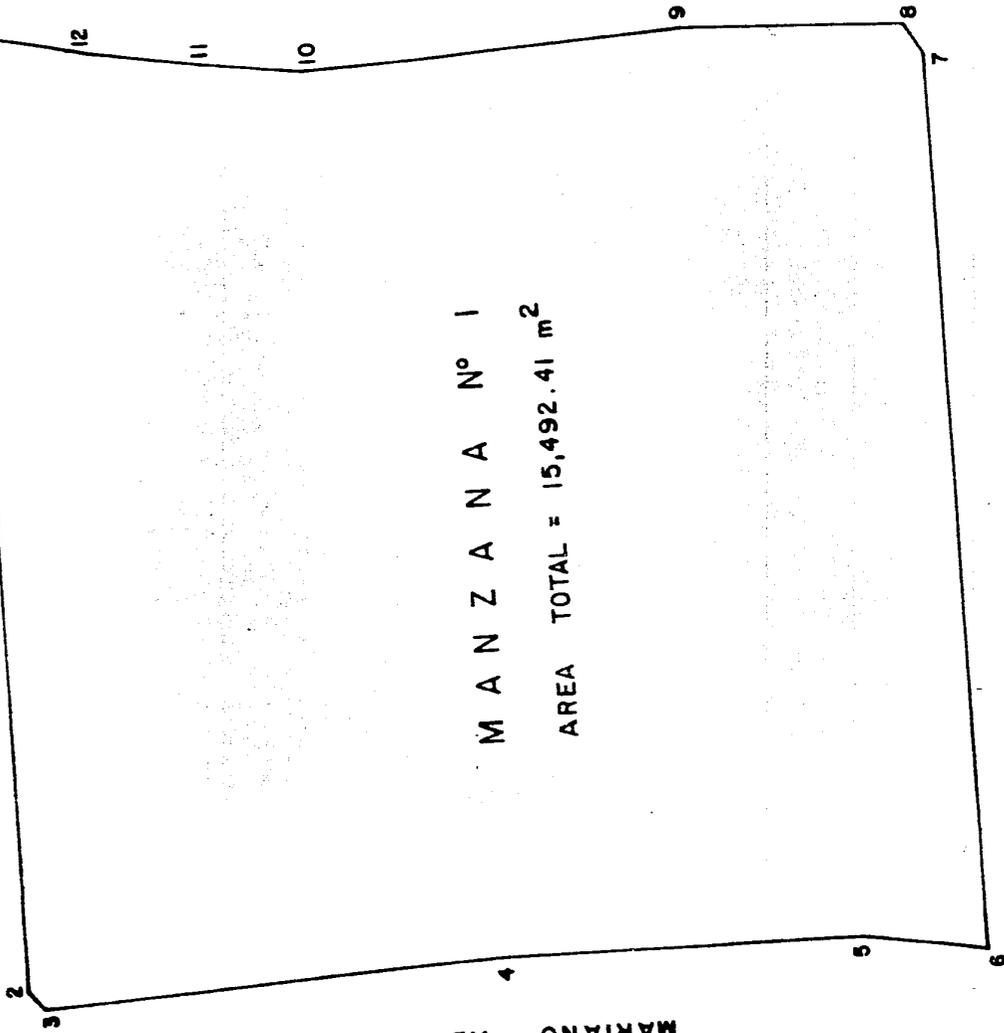
MARIANO MATAMOROS

1908.07

HEROES DE VERACRUZ

M A N Z A N A N ° 1

AREA TOTAL = 15,492.41 m²

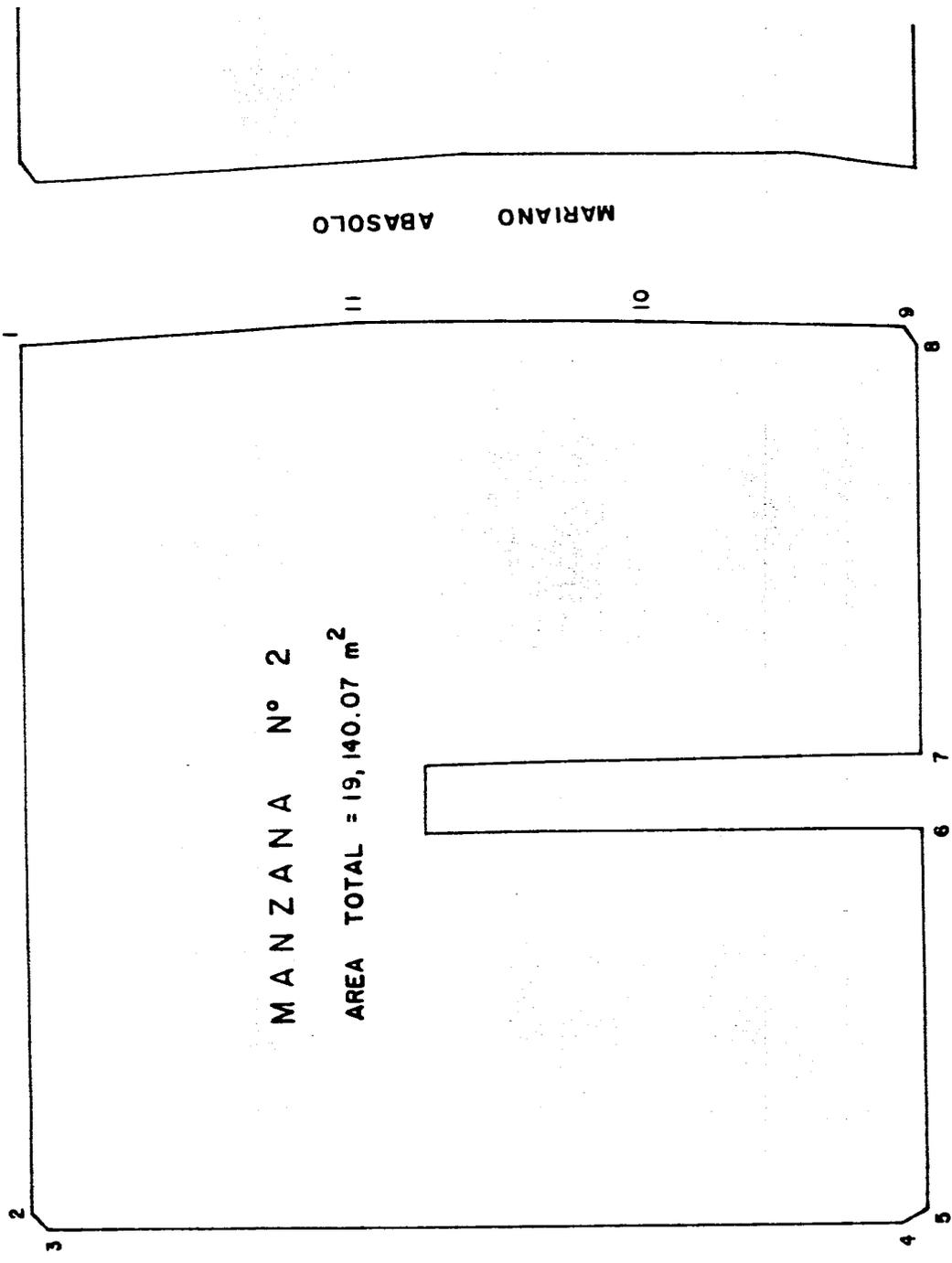


1890.832

LIC. BENITO JUAREZ

1891.732

N



MANZANA N° 2

AREA TOTAL = 19,140.07 m²

DR. EFREN DE MARIN

MARIANO ABASOLO

1900.087

MARIANO MATAMOROS

1900.791

1900.876

1897.78

MORELOS

1890.832

1888.487 FCO. 1 MADERO

1886.556

DR. EFREN DE MARIN

1897.784

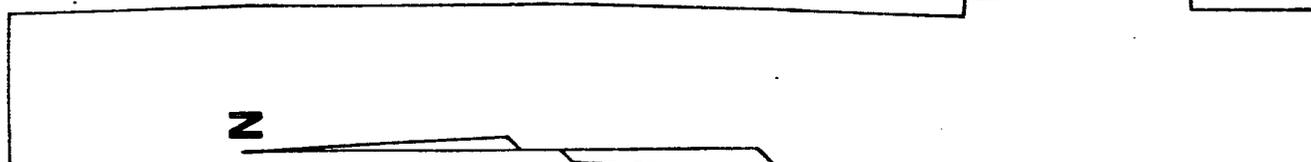
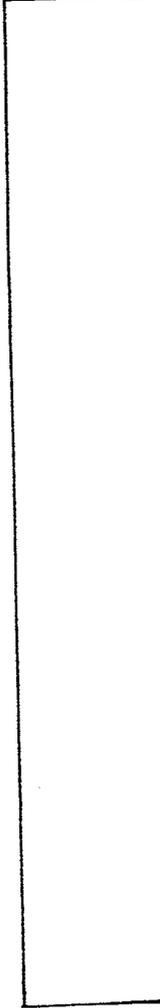
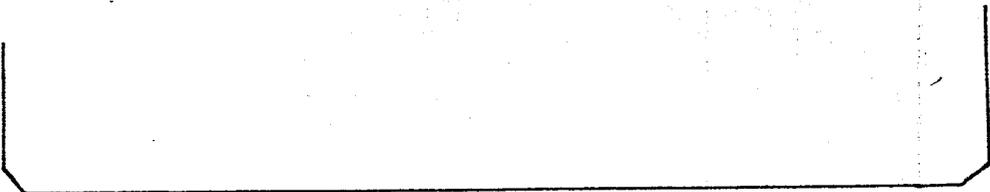
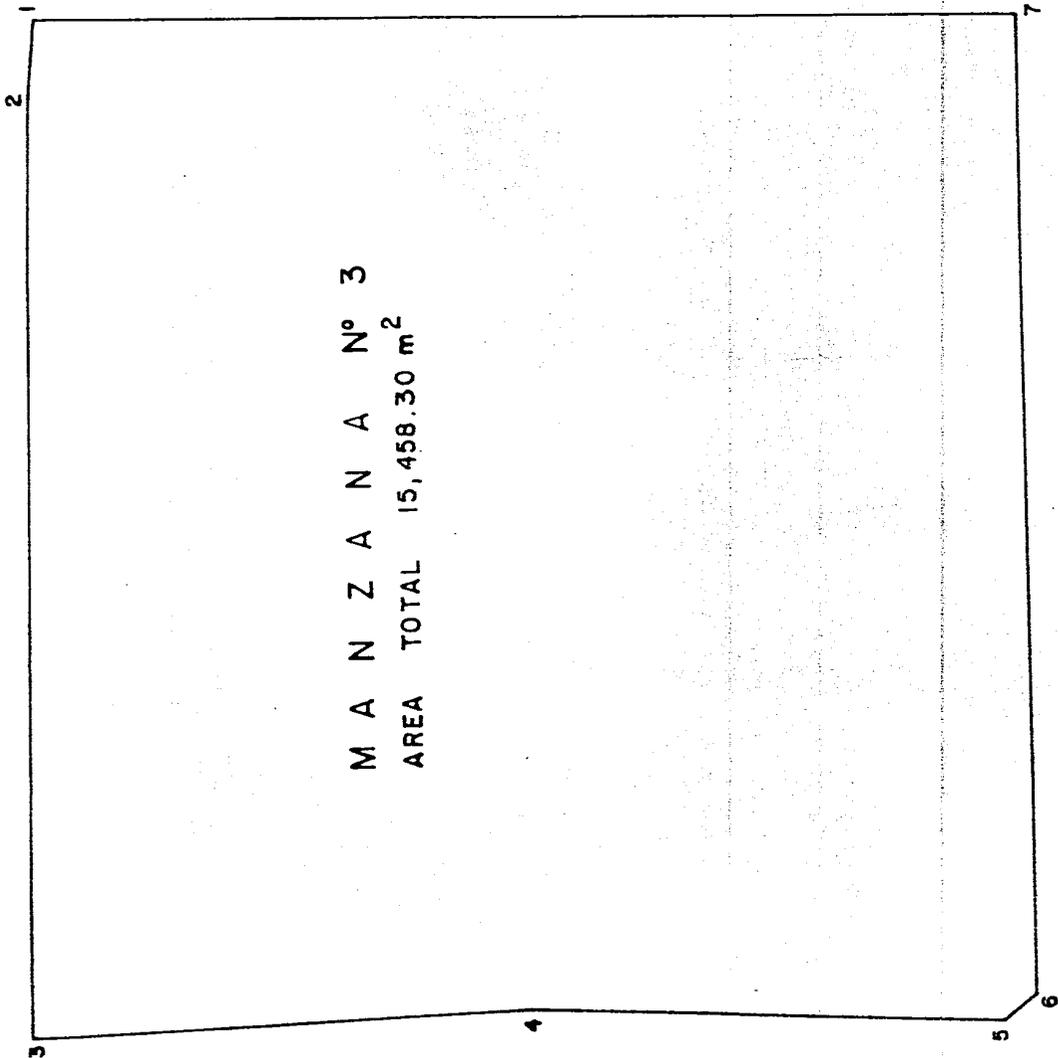
MORELOS

1893.529

GOMEZ FARIAS

M A N Z A N A N° 3
AREA TOTAL 15,458.30 m²

N



N

1895.397

1893.992

FCO. I MADRTO

1880.886

1881.892

1883.702

5

4

2

3

27

26

25

24

23

22

21

20

1893.529

18

19

17

16

1898.606

15

14

1903.489

13

12

11

1897.681

10

9

1896.97

1897.666

1904.817

1909.785

7

6

GRAL. LAZARO CARDENAS

MANZANA N° 4

AREA TOTAL= 73,503.39 m²

GOMEZ FARIAS

LEANDRO VALLE

1905.737

N I V E L A C I O N .

Capítulo II.

2.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

2.2 NIVELACION DIFERENCIAL.

2.3 NIVELACION DE PERFIL

2.4 NIVELACION DE PRECISION.

2.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

Esta práctica tiene como objetivo la determinación de las diferencias de alturas entre puntos del terreno.

Se les puede asignar la misma zona donde realizaron la práctica relativa a poligonación, a fin de que se tenga también el control vertical. Esto dependerá del coordinador y del tiempo asignado para esta práctica.

Para la correcta planeación de la práctica es conveniente observar los siguientes puntos:

- 1.- Designar a las brigadas sus niveles y estadales.
- 2.- Asignar a las brigadas las zonas de trabajo.
- 3.- Tomar tramos para la nivelación de precisión en donde cuando menos uno de los extremos de este tenga una cota ya establecida. Este tramo se podrá asignar a todas las brigadas para la comparación y comprobación de resultados.
- 4.- Revisar que el equipo para la nivelación de precisión sea el correcto y necesario como en el caso de los estadales para esta nivelación.
- 5.- Se debe tener el debido cuidado con el equipo de trabajo; quizá el daño más común, hecho a los niveles, es aplicar mucha presión a los tornillos nivelantes. Si el instrumento se encuentra en buenas condiciones, estos tornillos deben girar fácilmente y no debe utilizarse nunca, algo diferente a las yemas de los dedos, para girarlos.

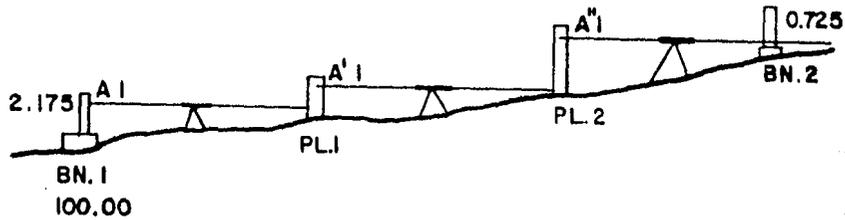
2.2 NIVELACION DIFERENCIAL.

Nivelación diferencial es la operación de determinar las elevaciones de puntos que están a alguna distancia. Requiere de una serie de cambios de instrumento a lo largo de la ruta y, para cada cambio, una lectura atrás a un punto de elevación conocida y otra lectura adelante al punto de elevación desconocida.

Se coloca el instrumento en un punto conveniente y se visa atrás sobre la mira colocada en BN 1. Esto da la altura A_1 . Luego se mueve la mira a un punto conveniente PL_1 , (ver figura No.12) en la dirección del BN 2. El instrumentista toma una vista adelante sobre la mira, haciendo posible calcular la altura del PL_1 . Se mueve el nivel a una localización conveniente más allá del PL_1 y se visa atrás sobre PL_1 . Esto dará la nueva A_1 .

El cadenero se mueve a una nueva localización (PL_2) y así sucesivamente. Este procedimiento se repite hasta determinar la altura del BN 2.

La forma usual de llevar el registro de la nivelación diferencial es el siguiente:



| P.V | + |  | - | COTA |
|------|-------|---|-------|---------|
| BN.1 | 2.175 | 102.175 | | 100.00 |
| PL.1 | 1.575 | 102.745 | 1.005 | 101.170 |
| PL.2 | 1.625 | 103.495 | 0.875 | 101.870 |
| BN.2 | | | 0.725 | 102.770 |
| | 5.375 | | 2.605 | |

$$\bullet \bullet \frac{-2.605}{2.770}$$

FIGURA NO. 12

Se debe tener en consideración que como las vistas atras son positivas y las de adelante negativas, deben sumarse separadamente. La diferencia entre estos dos valores debe ser igual a la diferencia entre las alturas inicial y final calculadas o algún error matemático debe haberse cometido en la libreta de tránsito.

Otro punto importante que se debe observar en las notas, es la descripción de los bancos de nivel. Esto capacita a otras brigadas, para hacer uso de estas referencias cuando trabajen en el área.

Como ejemplo de este método de nivelación tenemos un tramo en la carretera Altotonga-Perote.

IDA.

| P.O. | + | ≠ | - |
|------|--------|---|--------|
| EN4 | 0.442 | | |
| PL1 | 0.143 | | 3.855 |
| PL2 | 0.392 | | 3.572 |
| PL3 | 0.950 | | 3.079 |
| PL4 | 0.653 | | 2.457 |
| PL5 | 0.883 | | 2.636 |
| PL6 | 0.404 | | 2.735 |
| PL7 | 0.725 | | 2.865 |
| PL8 | 0.775 | | 2.252 |
| PL9 | 0.708 | | 2.505 |
| PL10 | 0.695 | | 2.421 |
| PL11 | 0.710 | | 2.427 |
| PL12 | 1.387 | | 2.436 |
| PL13 | 1.753 | | 2.989 |
| PL14 | 0.245 | | 3.505 |
| PL15 | 0.640 | | 3.689 |
| PL16 | 1.522 | | 3.377 |
| PL17 | 3.636 | | 0.191 |
| PL18 | 2.734 | | 0.106 |
| PL19 | 1.680 | | 0.089 |
| PL20 | 2.596 | | 0.283 |
| EN4' | | | 1.133 |
| SUMA | 23.671 | | 48.602 |

VUELTA

| P.O. | + | ≠ | - |
|------|--------|---|--------|
| EN4' | 0.476 | | |
| PL1 | 0.135 | | 3.887 |
| PL2 | 0.432 | | 3.565 |
| PL3 | 0.999 | | 3.120 |
| PL4 | 0.710 | | 2.505 |
| PL5 | 0.913 | | 2.692 |
| PL6 | 0.355 | | 2.763 |
| PL7 | 0.678 | | 2.814 |
| PL8 | 0.780 | | 2.207 |
| PL9 | 0.752 | | 2.511 |
| PL10 | 0.764 | | 2.463 |
| PL11 | 0.723 | | 2.497 |
| PL12 | 1.338 | | 2.447 |
| PL13 | 1.784 | | 2.943 |
| PL14 | 0.245 | | 3.535 |
| PL15 | 0.668 | | 3.691 |
| PL16 | 1.501 | | 3.404 |
| PL17 | 3.626 | | 0.171 |
| PL18 | 2.899 | | 0.097 |
| PL19 | 1.673 | | 0.255 |
| PL20 | 2.604 | | 0.274 |
| EN4 | | | 1.140 |
| SUMA | 24.056 | | 48.981 |

DN1=24.931

DIF.=0.006

DN2=24.925

promedio=24.928m

2.3 NIVELACION DE PERFIL.

Para la localización, diseño y construcción de proyectos a lo largo de rutas fijas, tales como carreteras, vías férreas, canales, líneas de agua; es necesario determinar las alturas de la superficie del suelo a lo largo de estas líneas. El proceso de determinar una serie de alturas a lo largo de una línea fija se denomina como nivelación de perfiles.

En la nivelación de un perfil intervienen dos elementos: el eje de las abscisas que es el desarrollo de la línea de proyecto, y las ordenadas, que son las elevaciones de cada punto de la línea donde cambia la pendiente. En el caso de carreteras se acostumbra a cada 20 metros. (Ver figura No. 13)

En esta nivelación además de hacer lecturas en los puntos de liga, se necesitará hacer lecturas del estado en todos los puntos de cambio de pendiente a lo largo del perfil del terreno, para que al unir con líneas rectas los puntos en el dibujo, se pueda obtener el perfil real de la línea de proyecto.

A cada 500 metros cuando menos se colocarán los bancos de nivel, se deberán escoger los lugares para colocar estos prefiriendose los lugares donde hay obras, como puentes, alcantarillas, túneles, etc. En general en lugares donde existan construcciones.

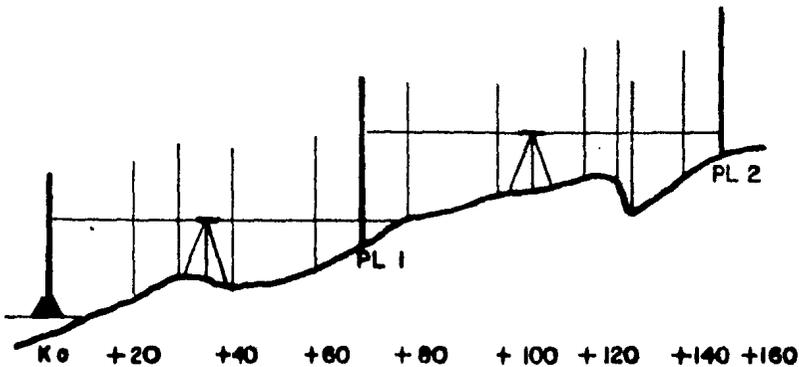


FIGURA NO. 13

Registro.

P.O. + ≠ - PL COTAS

El ejemplo correspondiente a este método es la determinación de las cotas de los cruces en la ciudad de Altotonga, Veracruz.

| EST. | + | π | - | COTAS | OBS. |
|---|-------|----------|-------|----------|------|
| EN-SARH | 1.061 | 1884.274 | | 1883.213 | |
| R1 | 2.418 | 1885.740 | 0.952 | 1883.322 | |
| R | 2.959 | 1888.671 | 0.028 | 1885.712 | |
| R | 3.859 | 1892.090 | 0.440 | 1888.231 | |
| R | 3.105 | 1894.976 | 0.219 | 1891.871 | |
| R-5-2 | 0.199 | 1894.931 | 0.244 | 1894.732 | |
| R1 | 0.278 | 1892.565 | 2.644 | 1892.287 | |
| V-5-3 | | | 1.641 | 1890.924 | |
| Juarez, hgo. y cda. Marín | | | 1.733 | 1890.832 | |
| R2 | 0.699 | 1889.454 | 3.810 | 1888.755 | |
| Madero y L. Tejada | | | 0.967 | 1888.487 | |
| V-5-4 | | | 2.832 | 1886.622 | |
| Gómez F. Madero y Aldama. | | | 2.898 | 1886.556 | |
| R3 | 0.358 | 1886.512 | 3.300 | 1886.154 | |
| de Gómez F. 30m al oeste | | | 0.730 | 1885.782 | |
| de G. F. 60m s/Madero al- oeste. | | | 2.670 | 1883.842 | |
| R4 | 3.511 | 1886.641 | 3.382 | 1883.130 | |
| R5 | 3.964 | 1890.567 | 0.038 | 1886.603 | |
| R6 | 3.995 | 1894.550 | 0.012 | 1890.505 | |
| de L. Cardenas hacia el este 28m s/Madero | | | 0.558 | 1893.992 | |
| R7 | 2.420 | 1896.863 | 0.107 | 1894.443 | |
| L. Cardenas, Madero y Zapata | | | 1.459 | 1895.404 | |
| R8 | 2.713 | 1899.469 | 0.107 | 1896.756 | |
| R9 | 3.950 | 1903.071 | 0.348 | 1899.121 | |

| | | | | |
|---|-------|----------|-------|----------|
| de L. Valle s/Cardenas 127m al N. | | | 3.677 | 1899.394 |
| R10 | 2.699 | 1905.736 | 0.034 | 1903.037 |
| V-5-6 | | | 0.951 | 1904.785 |
| L. Valle y L. Cardenas | | | 0.103 | 1905.633 |
| V-5-7 | | | 0.919 | 1904.817 |
| R11 | 0.099 | 1902.484 | 3.351 | 1902.385 |
| R12 | 0.065 | 1899.019 | 3.530 | 1898.954 |
| del V-5-8 hacia el oeste 42m | | | 1.353 | 1897.666 |
| V-5-8 | | | 2.050 | 1896.969 |
| del V-5-8 hacia el NE 20m | | | 1.338 | 1897.681 |
| R13 | 3.551 | 1902.455 | 0.115 | 1898.904 |
| R14 | 3.900 | 1906.318 | 0.037 | 1902.418 |
| V-5-9 | | | 2.819 | 1903.499 |
| V-6-8 | | | 0.440 | 1905.878 |
| L. Valle y G. Farias | | | 0.581 | 1905.737 |
| R15 | 0.314 | 1902.968 | 3.664 | 1902.654 |
| R16 | 0.097 | 1899.554 | 3.511 | 1899.457 |
| del V-6-7 hacia el V-6-8 67m | | | 0.948 | 1898.606 |
| R17 | 0.077 | 1895.710 | 3.921 | 1895.633 |
| V-6-7 | | | 2.170 | 1893.540 |
| Morelos y G. Farias | | | 2.181 | 1893.529 |
| R18 | 3.470 | 1897.340 | 1.840 | 1893.870 |
| R19 | 3.294 | 1900.535 | 0.099 | 1897.241 |
| DR. Marin, Matamoros y Morelos | | | 2.751 | 1897.784 |
| V-6-6 | | | 2.782 | 1897.753 |

| | | | | |
|---------------------------------|-------|----------|-------|----------|
| del V-6-6 hacia V-6-4 60m | | | 0.457 | 1900.078 |
| R20 | 2.119 | 1902.571 | 0.083 | 1900.452 |
| Matamoros y V. Vela | | | 1.780 | 1900.791 |
| Abasolo y Matamoros | | | 1.695 | 1900.876 |
| V-6-4 | | | 1.800 | 1900.771 |
| V-6-4 hacia V-6-1 30m | | | 0.660 | 1901.911 |
| R21 | 3.040 | 1905.444 | 0.167 | 1902.404 |
| R22 | 3.770 | 1909.129 | 0.085 | 1905.359 |
| Matamoros y H.de Ver. | | | 1.058 | 1908.071 |
| V-6-1 | | | 1.132 | 1907.997 |
| R23 | 0.403 | 1906.522 | 3.010 | 1906.119 |
| H.de Ver. hacia el N | | | 2.235 | 1904.287 |
| R24 | 0.440 | 1903.630 | 3.332 | 1903.190 |
| H.de Ver. y Juarez | | | 2.202 | 1901.428 |
| J15 | | | 2.351 | 1901.279 |
| R25 | 0.328 | 1901.619 | 2.339 | 1901.291 |
| R26 | 0.303 | 1898.119 | 3.803 | 1897.816 |
| R-5-2 | 1.612 | 1896.338 | 3.393 | 1894.726 |
| | | | 1.678 | 1894.660 |

2.4 NIVELACION DE PRECISION.

Para llevar el control altimétrico se utilizan redes de nivelación las cuales se toman a partir del nivel medio del mar, estas redes de nivelación se llevan principalmente por caminos carreteros de primer orden, vías de ferrocarril, y en segundo lugar por caminos de segundo orden, brechas, etc.

El objeto es tener una serie de puntos llamados bancos de nivel; cuya cota se determina directamente.

El nivel medio del mar se obtiene por observaciones de un aparato llamado mareógrafo el cual está registrando durante bastante tiempo, las pleamares y las bajamares, con estos datos se obtiene el nivel medio del mar, el cual queda determinado por el cero de una regla.

Los bancos de nivel se van espaciando cada 2 Km aproximadamente, se procura colocar estos en lugares que tengan gran durabilidad.

El nivel de precisión puede ser, un Wild N-3 ó Zeiss NI-3 con tripie de patas rígidas y dos estadales para nivelación de precisión. Con objeto de que el estadal sea mas estable se llevan unas portaplacas o sapos, a fin de colocar sobre estos el estadal y evitar que al girar el mismo haya algun hundimiento de éste.

Se requiere una sombrilla a efecto de evitar que los rayos del sol caigan directamente sobre el aparato, ya que por tener este una burbuja muy sensible, al recibir los rayos del sol directamente se vuelve muy inestable.

Es recomendable que las nivelaciones se realizen en tramos entre 60 y 100 metros como máximo.

En la nivelación geodésica o de precisión se deberá comprobar que la diferencia de lectura sea igual en las dos escalas (lado derecho e izquierdo del estadal). El estadal deberá estar perfectamente perpendicular.

Se leeran también los hilos superior e inferior para tener el control de distancias. El hilo medio será el que servirá para la nivelación junto con la lectura hecha en el micrómetro.

Antes de empezar una línea de nivelación deberá determinarse la constante estadimétrica del aparato lo cual se hace en un terreno plano de preferencia, tomando distancias de mas de 70 metros y en un número no menor de cinco. En cada punto medido se coloca el estadal, se hacen las lecturas a los tres hilos tomando diferencias de superior a medio y de medio a inferior. La constante se obtiene dividiendo la distancia obtenida entre la suma de las diferencias de hilos; el promedio de las lecturas es el valor de la constante.

Todos los días antes de empezar a nivelar se determinará el estado de precisión del aparato, haciendo su comprobación por medio de un ajuste.

En esta nivelación el desnivel entre dos bancos de nivel estará dado por la suma de las lecturas de atras menos la suma de las lecturas de adelante.

Para comprobar que las nivelaciones estuvieron correctas se recorren en ambos sentidos y se tiene un tolerancia, $T=0.004\sqrt{R}$ (en un kilómetro). Si las nivelaciones en los dos sentidos, no quedan dentro de esta tolerancia se volverá a nivelar el tramo hasta que dos nivelaciones de sentido contrario queden dentro de esta tolerancia.

Una vez que se han aceptado dos nivelaciones se toma el promedio de estas que será el desnivel más probable entre los dos bancos de nivel; cuando hay varios valores que chequen se toma el promedio de todos estos.

El ejemplo correspondiente a la nivelación de precisión se realizó en la ciudad de Altotonga, Veracruz, y se partió del EN de la Iglesia (SRH) al EN de la bomba de agua (SRH).

REGISTRO PARA NIVELACION

LINEA ENSBH A EN BOMBA DE AGUA OBSERVADOR BRIGADA NUM. 3
 NIVEL WILD N3 SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F.I.
 ESTADALES - FIDAFELIA DE ESTACION FECHA 2/MAYO/1984

| EST. | LECTURA ATRAS | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | LECTURA ADELANTE | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | HORA | SOL | WINDO | TEMPERATURA DEL ESTADAL. | OBSERVACIONES |
|------|---------------|----------|-----------|----------------|------------------|----------|-----------|----------------|------|-----|-------|--------------------------|---------------|
| | 2070 | | 0.15278 | | 0420 | | 0.18969 | | 8:30 | 6 | 3 | | |
| 1 | 191722 | 191722 | | 0.31988 | 0230310 | 023031 | | 0.38 | | | | | |
| | 1.750 | | 0.1671 | | 0040 | | 0.19031 | | | | | | |
| | 2559 | | 0.13351 | | 0876 | | 0.122 | | 8:50 | 6 | 3 | | |
| 2 | 242549 | 242549 | | 0.278 | 075400 | 075400 | | 0.252 | | | | | |
| | 2281 | | 0.14449 | | 0624 | | 0.13 | | | | | | |
| | 2771 | | 0.1603 | | 0570 | | 0.1175 | | 8:55 | 7 | 2 | | |
| 3 | 261070 | 261070 | | 0.322 | 045250 | 045250 | | 0.240 | | | | | |
| | 2449 | | 0.1617 | | 0330 | | 0.1225 | | | | | | |
| | 2882 | | 0.1085 | | 0510 | | 0.09643 | | 9:10 | 6 | 2 | | |
| 4 | 277350 | 277350 | | 0.224 | 041357 | 041357 | | 0.200 | | | | | |
| | 2658 | | 0.1155 | | 0310 | | 0.10357 | | | | | | |
| | 2632 | | 0.0982 | | 0481 | | 0.0905 | | 9:25 | 5 | 3 | | |
| 5 | 253380 | 253380 | | 0.204 | 038950 | 038950 | | 0.201 | | | | | |
| | 2428 | | 0.1058 | | 0279 | | 0.1105 | | | | | | |
| | 2841 | | 0.1379 | | 0519 | | 0.1441 | | 9:35 | 5 | 3 | | |
| 6 | 270310 | 270310 | | 0.282 | 037490 | 037490 | | 0.298 | | | | | |
| | 2559 | | 0.1441 | | 0221 | | 0.1539 | | | | | | |
| | 2788 | | 0.18765 | | 0410 | | 0.1765 | | 9:45 | 5 | 2 | | |
| 7 | 260035 | 260035 | | 0.376 | 023350 | 023350 | | 0.36 | | | | | |
| | 2412 | | 0.18835 | | 0050 | | 0.1835 | | | | | | |
| | 2911 | | 0.1395 | | 0443 | | 0.08475 | | 9:50 | 5 | 2 | | |
| 8 | 277150 | 277150 | | 0.282 | 035025 | 035025 | | 0.187 | | | | | |
| | 2629 | | 0.1425 | | 0256 | | 0.10225 | | | | | | |

REGISTRO PARA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA S. I.

LINEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL _____ FECHA _____
 ESTADALES _____

| EST. | LECTURA ATRAS | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | LECTURA ADELANTE | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | HORA | SOL | WINDO | TEMPERATURA DEL ESTADAL. | OBSERVACIONES |
|------|---------------|----------|-----------|----------------|------------------|----------|-----------|----------------|-------|-----|-------|--------------------------|---------------|
| | 3161 | | 0.14 | | 0371 | | 0.148 | | 10:05 | 6 | 2 | | |
| 9 | 302100 | 302100 | | 0.284 | 022300 | 022300 | | 0.302 | | | | | |
| | 2879 | | 0.142 | | 0069 | | 0.154 | | | | | | |
| | 2642 | | 0.1022 | | 0395 | | 0.12536 | | 10:15 | 6 | 2 | | |
| 10 | 253980 | 253980 | | 0.225 | 026964 | 026964 | | 0.270 | | | | | |
| | 2417 | | 0.1228 | | 0125 | | 0.14464 | | | | | | |
| | 2967 | | 0.16757 | | 0433 | | 0.113 | | 10:20 | 6 | 2 | | |
| 11 | 279943 | 279943 | | 0.335 | 032000 | 032000 | | 0.226 | | | | | |
| | 2632 | | 0.16743 | | 0207 | | 0.113 | | | | | | |
| | 3360 | | 0.13355 | | 0.5436 | | 0.07729 | | 10:30 | 6 | 2 | | |
| 12 | 322645 | 322645 | | 0.281 | 046631 | 046631 | | 0.1546 | | | | | |
| | 3079 | | 0.14745 | | 0389 | | 0.07731 | | | | | | |
| | 3156 | | 0.09983 | | 0321 | | 0.0698 | | 10:40 | 6 | 2 | | |
| 13 | 305617 | 305617 | | 0.213 | 025120 | 025120 | | 0.143 | | | | | |
| | 2943 | | 0.11317 | | 0178 | | 0.0732 | | | | | | |
| | 3360 | | 0.10865 | | 0315 | | 0.07235 | | 10:45 | 6 | 2 | | |
| 14 | 325135 | 325135 | | 0.220 | 024265 | 024265 | | 0.150 | | | | | |
| | 3140 | | 0.11135 | | 0165 | | 0.07765 | | | | | | |
| | 3450 | | 0.09692 | | 0240 | | 0.0757 | | 10:50 | 6 | 3 | | |
| 15 | 335308 | 335308 | | 0.200 | 016430 | 016430 | | 0.160 | | | | | |
| | 3250 | | 0.10308 | | 0080 | | 0.0843 | | | | | | |
| | 3588 | | 0.128 | | 0449 | | 0.0879 | | 11:00 | 6 | 3 | | |
| 16 | 346000 | 346000 | | 0.256 | 036110 | 036110 | | 0.178 | | | | | |
| | 3332 | | 0.128 | | 0271 | | 0.0801 | | | | | | |

LÍNEA _____ OBSERVADOR _____ SECCION DE INGENIERIA
 NIVEL _____ FECHA _____ TOPOGRAFICA Y GEODESICA F.I.
 ESTADALES _____

| EST. | LECTURA ATRAS | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | LECTURA ADELANTE | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | HORA | SOL | WIND | TEMPERATURA DEL ESTADAL | OBSERVACIONES |
|------|------------------------|----------|--------------------|----------------|-------------------------|----------|--------------------|----------------|-------|-----|------|-------------------------|---------------|
| 17 | 3466 332894 3174 | 332894 | 0.13706 0.15494 | 0.292 | 0367 025890 0132 | 025890 | 0.1081 0.1269 | 0.235 | 11:05 | 6 | 3 | | |
| 18 | 3378 324290 3102 | 324290 | 0.1351 0.1409 | 0.276 | 0289 019364 0091 | 019364 | 0.09536 0.10264 | 0.198 | 11:10 | | | | |
| 19 | 3762 361690 3458 | 361690 | 0.1451 0.1589 | 0.304 | 0.272 017625 0069 | 017625 | 0.09575 0.10725 | 0.203 | 11:15 | 6 | 3 | | |
| 20 | 3300 318182 3060 | 318182 | 0.11818 0.12182 | 0.240 | 0268 017606 0073 | 017606 | 0.09194 0.10306 | 0.195 | 11:25 | | | | |
| 21 | 3240 312530 3000 | 312530 | 0.1147 0.1253 | 0.240 | 0467 039320 0313 | 039320 | 0.0738 0.0802 | 0.154 | 11:30 | 6 | 3 | | |
| 22 | 3269 318646 3091 | 318646 | 0.08254 0.09546 | 0.178 | 0256 018050 0104 | 018050 | 0.0755 0.0765 | 0.152 | 11:35 | 6 | 3 | | |
| 23 | 3514 341137 3306 | 341137 | 0.10263 0.10537 | 0.208 | 0307 023000 0153 | 023000 | 0.077 0.077 | 0.154 | 11:40 | 6 | 3 | | |
| 24 | 3344 324240 3136 | 324240 | 0.1016 0.1064 | 0.208 | 0350 027715 0190 | 027715 | 0.07885 0.08175 | 0.15 | 11:50 | | | | |

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F.I.

LINEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL _____ FECHA _____
 ESTADALES _____

| EST. | LECTURA ATRAS | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | LECTURA ADELANTE | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | HORA | SOL | WINDO DEL ESTADAL. | TEMPERATURA DEL ESTADAL. | OBSERVACIONES |
|------|------------------|----------|-----------|----------------|------------------|----------|-----------|----------------|-------|-----|--------------------|--------------------------|---------------|
| 25 | 3223 311728 | 311728 | 0.10572 | 0.226 | 0442 037430 | 037430 | 0.0677 | 0.144 | 11:55 | 6 | 3 | | |
| | 2997 | | 0.12028 | | 0298 | | 0.0763 | | | | | | |
| 26 | 3870 373192 | 373192 | 0.13808 | 0.280 | 0392 030030 | 030030 | 0.0917 | 0.184 | 12:00 | 6 | 3 | | |
| | 3590 | | 0.14192 | | 0208 | | 0.0923 | | | | | | |
| | 3208 | | 0.0862 | | 0254 | | 0.07446 | | | | | | |
| 27 | 312180 3032 | 312180 | 0.0898 | 0.176 | 017954 0086 | 017954 | 0.09354 | 0.168 | 12:25 | 6 | 3 | | |
| | 2831 | | 0.15058 | | 0793 | | 0.1816 | | | | | | |
| 28 | 268042 2528 | 268042 | 0.15242 | 0.303 | 061140 0427 | 061140 | 0.1844 | 0.366 | 12:30 | 6 | 3 | | |
| | 2.344 | | 0.11859 | | 0195 | | 0.03567 | | | | | | |
| 29 | 222541 2107 | 222541 | 0.11841 | 0.237 | 015933 0105 | 015933 | 0.05433 | 0.09 | 12:43 | 6 | 3 | | |
| | 3720 | | 0.030546 | | 0795 | | 0.12791 | 0.270 | 12:50 | 6 | 3 | | |
| 30 | 3.41454 3.384 | 3.41454 | 0.03054 | 0.061086 | 066709 0525 | 066709 | 0.14209 | | | | | | |
| | 0784 | | 0.12513 | | 3.710 | | 0.030368 | | | | | | |
| 30' | 065887 0516 | 065887 | 0.14287 | 0.268 | 3.40632 3.376 | 367460 | 0.03032 | 0.060688 | 12:55 | 6 | 3 | | |
| | 0.3260 | | 0.0753 | | 2.367 | | 0.0838 | | | | | | |
| 29' | 025070 0.1740 | 025070 | 0.0767 | 0.152 | 228320 2.193 | 228320 | 0.0902 | 0.174 | | | | | |

LINEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL ESTADALES _____ FECHA _____
 SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

| EST. | LECTURA ATRAS | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | LECTURA ADELANTE | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | HORA | SOL | VIENTO | TEMPERATURA DEL ESTADAL. | OBSERVACIONES |
|------|---------------|----------|-----------|----------------|------------------|----------|-----------|----------------|------|-----|--------|--------------------------|---------------|
| | 0983 | | 0.1304 | | 3151 | | 0.19771 | | 1:12 | 8 | 2 | | |
| 28' | 085260 | 085260 | | 0.266 | 295329 | 295329 | | 0.402 | | | | | |
| | 0717 | | 0.1356 | | 2749 | | 0.20429 | | | | | | |
| | 0404 | | 0.07348 | | 3368 | | 0.09489 | | 1:15 | 8 | 3 | | |
| 27' | 033052 | 033052 | | 0.148 | 327311 | 327311 | | 0.196 | | | | | |
| | 0256 | | 0.07452 | | 3172 | | 0.1011 | | | | | | |
| | 0287 | | 0.10334 | | 3724 | | 0.12123 | | 1:20 | 8 | 3 | | |
| 26' | 018366 | 018366 | | 0.214 | 360277 | 360277 | | 0.248 | | | | | |
| | 0073 | | 0.11066 | | 3476 | | 0.12677 | | | | | | |
| | 0232 | | 0.08475 | | 2964 | | 0.08658 | | 1:30 | 8 | 3 | | |
| 25' | 014725 | 014725 | | 0.184 | 287742 | 287742 | | 0.188 | | | | | |
| | 0048 | | 0.09925 | | 2776 | | 0.10142 | | | | | | |
| | 0239 | | 0.08203 | | 3215 | | 0.08603 | | 1:36 | 8 | 3 | | |
| 24' | 015697 | 015697 | | 0.178 | 312897 | 312897 | | 0.190 | | | | | |
| | 0061 | | 0.09597 | | 3025 | | 0.10397 | | | | | | |
| | 0333 | | 0.07082 | | 3550 | | 0.10269 | | 1:41 | 8 | 3 | | |
| 23' | 026218 | 026218 | | 0.146 | 344731 | 344731 | | 0.219 | | | | | |
| | 0187 | | 0.07518 | | 3331 | | 0.11631 | | | | | | |
| | 0418 | | 0.068 | | 3455 | | 0.08831 | | | 8 | 3 | | |
| 22' | 035000 | 035000 | | 0.136 | 336669 | 336669 | | 0.190 | | | | | |
| | 0282 | | 0.068 | | 3265 | | 0.10169 | | | | | | |
| | 0432 | | 0.07258 | | 3205 | | 0.11392 | | | 8 | 3 | | |
| 21' | 035942 | 035942 | | 0.164 | 309108 | 309108 | | 0.231 | | | | | |
| | 0268 | | 0.09142 | | 2974 | | 0.11708 | | | | | | |

REGISTRO PARA NIVELACION DE TALLER

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA S.I.

LINEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL _____ FECHA _____
 ESTADIALES _____

| EST. | LECTURA ATRAS | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | LECTURA ADELANTE | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | HORA | SOL | VIENTO | TEMPERATURA DEL ESTADAL. | OBSERVACIONES |
|------|------------------|----------|-----------|-------------------|---------------------|----------|-----------|-------------------|------|-----|--------|-----------------------------|---------------|
| | 0251 | | 0.0968 | | 3267 | | 0.11302 | | | | | | |
| 20' | 015420 | 015420 | 0.202 | 0.202 | 315398 | 315398 | 0.234 | 0.234 | | 8 | 3 | | |
| | 0049 | | 0.1052 | | 3033 | | 0.12098 | | | | | | |
| | 0507 | | 0.0889 | | 3858 | | 0.15186 | | | 1 | 3 | | |
| 19' | 026810 | 026810 | 0.193 | 0.193 | 370614 | 370614 | 0.316 | 0.316 | | | | | |
| | 0164 | | 0.1041 | | 3542 | | 0.16414 | | | | | | |
| | 0437 | | 0.0772 | | 3568 | | 0.14692 | | | 1 | 2 | | |
| 18' | 035980 | 035980 | 0.174 | 0.174 | 342108 | 342108 | 0.296 | 0.296 | | | | | |
| | 0263 | | 0.0968 | | 3272 | | 0.14908 | | | | | | |
| | 0434 | | 0.10263 | | 3569 | | 0.15588 | | | 1 | 2 | | |
| 17' | 033137 | 033137 | 0.208 | 0.208 | 341312 | 341312 | 0.318 | 0.318 | | | | | |
| | 0226 | | 0.10537 | | 3251 | | 0.16212 | | | | | | |
| | 0588 | | 0.06863 | | 3769 | | 0.13613 | | | | | | |
| 16' | 051937 | 051937 | 0.156 | 0.156 | 363287 | 363287 | 0.278 | 0.278 | | | | | |
| | 0432 | | 0.08737 | | 3491 | | 0.14187 | | | | | | |
| | 0243 | | 0.06648 | | 3476 | | 0.10422 | | | | | | |
| 15' | 017652 | 017652 | 0.146 | 0.146 | 337178 | 337178 | 0.212 | 0.212 | | | | | |
| | 0097 | | 0.07952 | | 3264 | | 0.10778 | | | | | | |
| | 0526 | | 0.05051 | | 3620 | | 0.12536 | | | | | | |
| 14' | 047549 | 047549 | 0.112 | 0.112 | 349464 | 349464 | 0.259 | 0.259 | | | | | |
| | 0414 | | 0.06149 | | 3361 | | 0.13364 | | | | | | |
| | 0524 | | 0.05288 | | 3416 | | 0.12088 | | | | | | |
| 13' | 047112 | 047112 | 0.108 | 0.108 | 329512 | 329512 | 0.252 | 0.252 | | | | | |
| | 0416 | | 0.05512 | | 3164 | | 0.13112 | | | | | | |

REGISTRO PARA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

INEA _____ OBSERVADOR _____
 NIVEL _____ FECHA _____
 ESTADALES _____

| EST. | LECTURA ATRAS | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | LECTURA ADELANTE | PROMEDIO | INTERVALO | SUMA INTERVALO | HORA | SOL | VIENTO DEL ESTADAL. | TEMPERATURA DEL ESTADAL. | OBSERVACIONES |
|------|---------------|----------|-----------|----------------|------------------|----------|-----------|----------------|------|-----|---------------------|--------------------------|---------------|
| | 0379 | | 0.08188 | | 3168 | | 0.13392 | | | | | | |
| 12' | 029712 | 029712 | | 0.177 | 303408 | 303408 | | 0.268 | | | | | |
| | 0202 | | 0.09512 | | 2.900 | | 0.13408 | | | | | | |
| | 0660 | | 0.09395 | | 3246 | | 0.18498 | | | | | | |
| 11' | 056605 | 056605 | | 0.1879 | 306102 | 306102 | | 0.371 | | | | | |
| | 0.4721 | | 0.09395 | | 2875 | | 0.18602 | | | | | | |
| | 0524 | | 0.11169 | | 2821 | | 0.12967 | | | | | | |
| 10' | 041231 | 041231 | | 0.229 | 269133 | 269133 | | 0.262 | | | | | |
| | 0295 | | 0.11731 | | 2559 | | 0.13233 | | | | | | |
| | 0359 | | 0.14678 | | 3155 | | 0.1354 | | | | | | |
| 9' | 021222 | 021222 | | 0.298 | 301960 | 301960 | | 0.289 | | | | | |
| | 0061 | | 015122 | | 2866 | | 0.1536 | | | | | | |
| | 0322 | | 0.10461 | | 2726 | | 0.11831 | | | | | | |
| 8' | 021739 | 021739 | | 0.2092 | 260769 | 260769 | | 0.252 | | | | | |
| | 0.11280 | | 0.10459 | | 2474 | | 0.13369 | | | | | | |
| | 0374 | | 0.1772 | | 2753 | | 0.17762 | | | | | | |
| 7' | 019680 | 019680 | | 0.366 | 257538 | 257538 | | 0.366 | | | | | |
| | 0008 | | 0.1888 | | 2387 | | 0.18838 | | | | | | |
| | 0524 | | 0.12742 | | 2883 | | 0.15273 | | | | | | |
| 6' | 039658 | 039658 | | 0.268 | 273027 | 273027 | | 0.306 | | | | | |
| | 0256 | | 0.14058 | | 2577 | | 0.15327 | | | | | | |
| | 0724 | | 0.09458 | | 2889 | | 0.10969 | | | | | | |
| 5' | 062942 | 062942 | | 0.189 | 277931 | 277931 | | 0.219 | | | | | |
| | 0535 | | 0.09442 | | 2670 | | 0.10931 | | | | | | |

CALCULO DE UNA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

| Fecha | Designación de secciones | N.º de hitos | Hora | Temp. del estado | Long. de la sección | Distancia del B.N. | LECTURAS ESTADIALES IB IF | Diferencia de elevación de cada sección | DIVERGENCIA (B-F) Parcial | Total acumulado | Diferencia media en elevación | Designación de hitos | Elevación del B.N. |
|----------|--------------------------|--------------|-------|------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|---|---------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|--------------------|
| 2/May/84 | | | | | | | | | | | | | |
| | BN1 | I | 8h30m | | 0.069988 | | 1.91722 0.23031 | 1.68691 | | | | BN1 | 1883.213 |
| 1 | PL1 | R | | | 0.069900 | 0.069944 | 0.23291 1.99213 | -1.69922 | -0.01231 | -0.01231 | 1.693065 | PL1 | 1884.9061 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | PL1 | I | | | 0.05300 | | 2.42549 0.75400 | 1.67149 | | | | PL1 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | PL2 | R | | | 0.05270 | 0.05285 | 0.87533 2.55916 | -1.68383 | -0.01234 | -0.02465 | 1.67766 | PL2 | 1886.5837 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | PL2 | I | | | 0.05620 | | 2.61070 0.45250 | 2.1582 | | | | PL2 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | PL3 | R | | | 0.05690 | 0.05655 | 0.58183 2.74259 | -2.16076 | -0.00256 | -0.02721 | 2.15948 | PL3 | 1888.7432 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | PL3 | I | | | 0.04240 | | 2.77350 0.41357 | 2.35993 | | | | PL3 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | PL4 | R | | | 0.04290 | 0.04265 | 0.43110 2.78820 | -2.35710 | 0.00283 | -0.02438 | 2.358515 | PL4 | 1891.1017 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | PL4 | I | | | 0.04050 | | 2.53380 0.38950 | 2.1443 | | | | PL4 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | PL5 | R | | | 0.04080 | 0.04065 | 0.62942 2.77931 | -2.14989 | -0.00559 | -0.02997 | 2.147095 | PL5 | 1893.2488 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | PL5 | I | | | 0.05800 | | 2.70310 0.37490 | 2.3282 | | | | PL5 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | PL6 | R | | | 0.05740 | 0.0577 | 0.39658 2.73027 | -2.33369 | -0.00549 | -0.03546 | 2.330945 | PL6 | 1895.5798 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | PL6 | I | | | 0.07360 | | 2.60035 0.23350 | 2.36685 | | | | PL6 | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | PL7 | R | | | 0.07320 | 0.0734 | 0.19680 2.57538 | -2.37858 | -0.01173 | -0.04719 | 2.372715 | PL7 | 1897.9525 |

Línea

Estadales

Nivel No.

Observador

Año

| Fecha | Designación de la sección | Pl. o N.º | Hora | SO | Viento | Temp. del estado | Long. de la sección | Distancia del B.N. | LECTURAS ESTADALES B F | Diferencia de elevación de cada sección | DIVERGENCIA (B-F) Parcial | Total a cumulado | Diferencia media en elevación | De la N.º de PL | Elevación del B.N. |
|----------|---------------------------|-----------|------|----|---------|------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---|---------------------------|------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|
| 2/May/64 | PL6 | I | 6 | 0 | 0.07360 | | 2.60035 | 0.23350 | 2.36685 | | | | | PL6 | |
| 7 | PL7 | R | 2 | | 0.07320 | 0.0734 | 0.19680 | 2.57538 | -2.37858 | | -0.01173 | -0.04719 | 2.372715 | PL7 | 1897.9525 |
| | PL7 | I | 6 | 0 | 0.04690 | | 2.77150 | 0.35825 | 2.41325 | | | | | PL7 | |
| | PL8 | R | 2 | | 0.04612 | 0.04651 | 0.21739 | 2.60769 | -2.3903 | | 0.02295 | -0.02424 | 2.401775 | PL8 | 1900.3543 |
| | PL8 | I | 6 | 0 | 0.05860 | | 3.02100 | 0.22300 | 2.798 | | | | | PL8 | |
| 9 | PL9 | R | 2 | | 0.05870 | 0.05865 | 0.21222 | 3.01960 | -2.80730 | | -0.00938 | -0.03362 | 2.80269 | PL9 | 1903.1569 |
| | PL9 | I | 6 | 0 | 0.04950 | | 2.53980 | 0.26964 | 2.27016 | | | | | PL9 | |
| 10 | PL10 | R | 2 | | 0.04910 | 0.0493 | 0.41231 | 2.69133 | -2.27902 | | -0.00886 | -0.04248 | 2.27459 | PL10 | 1905.4315 |
| | PL10 | I | 6 | 0 | 0.05610 | | 2.79943 | 0.32000 | 2.47943 | | | | | PL10 | |
| 11 | PL11 | R | 2 | | 0.05589 | 0.05595 | 0.56605 | 3.06102 | -2.49497 | | -0.01554 | -0.05802 | 2.4872 | PL11 | 1907.9187 |
| | PL11 | I | 6 | 0 | 0.04356 | | 3.22645 | 0.46631 | 2.76014 | | | | | PL11 | |
| 12 | PL12 | R | 2 | | 0.0445 | 0.04403 | 0.29712 | 3.03408 | -2.73696 | | +0.02318 | -0.03484 | 2.74855 | PL12 | 1910.6673 |
| | PL12 | I | 6 | 0 | 0.03560 | | 3.05617 | 0.25120 | 2.80497 | | | | | PL12 | |
| 13 | PL13 | R | 2 | | 0.03600 | 0.03560 | 0.47112 | 3.29512 | -2.82400 | | 0.01903 | -0.05387 | 2.814485 | PL13 | 1913.4818 |

CALCULO DE UNA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

Línea _____

Estadales _____

Nivel No. _____

Observador _____

Año _____

| Fecha | Designación de la sección | Rd. o Atri. | Hora | SOL | Viento | Temp. del estado | Long. de la sección | Distancia del B.N. | LECTURAS ESTADALES B F | Diferencia de elevación de cada sección | DIVERGENCIA (B-F) Parcial | Total acumulado | Diferencia media en elevación | Designación de la sección | Elevación del B.N. |
|----------|---------------------------|-------------|------|-----|--------|------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---|---------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------|
| 2/May/84 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL13 | I | 6 | 0 | | 0.03700 | | | 3.25135 0.24265 | 3.0087 | | | | PL13 | |
| 14 | PL14 | R | 2 | | | 0.03710 | | 0.03705 | 0.47549 3.49464 | -3.01915 | -0.01045 | -0.06432 | 3.013925 | PL14 | 1916.4957 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL14 | I | 6 | 1 | | 0.03600 | | | 3.35308 0.16430 | 3.18878 | | | | PL14 | |
| 15 | PL15 | R | 2 | | | 0.03580 | | 0.0359 | 0.17652 3.37178 | -3.19526 | -0.00648 | -0.0708 | 3.19202 | PL15 | 1919.6877 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL15 | I | 6 | 1 | | 0.04340 | | | 3.4600 0.36110 | 3.0989 | | | | PL15 | |
| 16 | PL16 | R | 2 | | | 0.04340 | | 0.0434 | 0.51937 3.63287 | -3.1135 | -0.0146 | -0.0854 | 3.1062 | PL16 | 1922.7939 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL16 | I | 7 | 0 | | 0.05270 | | | 3.32894 0.25890 | 3.07004 | | | | PL16 | |
| 17 | PL17 | R | 3 | | | 0.5260 | | 0.05265 | 0.33137 3.41312 | -3.08175 | -0.01171 | -0.09711 | 3.075895 | PL17 | 1925.8698 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL17 | I | 7 | 1 | | 0.04740 | | | 3.24290 0.19364 | 3.04926 | | | | PL17 | |
| 18 | PL18 | R | 3 | | | 0.04700 | | 0.0472 | 0.35980 3.42108 | -3.06128 | -0.01202 | -0.10913 | 3.05527 | PL18 | 1928.9251 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL18 | I | 7 | 1 | | 0.05070 | | | 3.61690 0.17625 | 3.44065 | | | | PL18 | |
| 19 | PL19 | R | 3 | | | 0.05090 | | 0.0508 | 0.26810 3.70614 | -3.43804 | +0.00261 | -0.10652 | 3.439345 | PL19 | 1932.3644 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL19 | I | 7 | 1 | | 0.04350 | | | 3.18182 0.17606 | 3.00576 | | | | PL19 | |
| 20 | PL20 | R | 3 | | | 0.04360 | | 0.04355 | 0.15420 3.15398 | -2.99978 | +0.00598 | -0.10054 | 3.00277 | PL20 | 1935.3672 |

CALCULO DE UNA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

Línea _____ Nivel No. _____ Observador _____ Año _____

Estadales

| Fecha | De la Sección | Al | Horario | Hora | Tem. del estado | Temp. de la sección | Distancia del B.N. | LECTURAS ESTADIALES B | F | Diferencia de elevación de cada sección | DIVERGENCIA (B-F) Parcial | Total acumulado | Diferencia media en elevación | Designación | Elevación del B.N. |
|-----------|---------------|----|---------|------|-----------------|---------------------|--------------------|-----------------------|---------|---|---------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------|--------------------|
| 20/May/84 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL20 | I | 7 | 1 | 0.03940 | 0.03940 | 0.03945 | 3.12530 | 0.39320 | 2.7321 | | | | PL20 | |
| 21 | PL21 | R | 3 | | 0.03950 | 0.03950 | 0.03945 | 0.35942 | 3.09108 | -2.73166 | +0.00044 | -0.1001 | 2.73188 | PL21 | 1938.0991 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL21 | I | 7 | 1 | 0.03300 | 0.03300 | | 3.18646 | 0.18050 | 3.00596 | | | | PL21 | |
| 22 | PL22 | R | 3 | | 0.03260 | 0.03260 | 0.03280 | 0.35000 | 3.36669 | -3.01669 | -0.01073 | -0.11083 | 3.011325 | PL22 | 1941.1104 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL22 | I | 7 | 1 | 0.0362 | 0.0362 | | 3.41137 | 0.23000 | 3.18137 | | | | PL22 | |
| 23 | PL23 | R | 3 | | 0.0365 | 0.0365 | 0.03635 | 0.26218 | 3.44731 | -3.18513 | -0.00376 | -0.10707 | 3.18325 | PL23 | 1944.2936 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL23 | I | 7 | 1 | 0.03680 | 0.03680 | | 3.24240 | 0.27115 | 2.97125 | | | | PL23 | |
| 24 | PL24 | R | 3 | | 0.03680 | 0.03680 | 0.03680 | 0.15697 | 3.12897 | -2.972 | -0.00075 | -0.10782 | 2.971625 | PL24 | 1947.2653 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL24 | I | 7 | 1 | 0.0370 | 0.0370 | | 3.11728 | 0.37430 | 2.74298 | | | | PL24 | |
| 25 | PL25 | R | 3 | | 0.0372 | 0.0372 | 0.03710 | 0.14725 | 2.87742 | -2.73017 | 0.01281 | -0.09501 | 2.736575 | PL25 | 1950.0018 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL25 | I | 8 | | 0.0464 | 0.0464 | | 3.73192 | 0.30030 | 3.43162 | | | | PL25 | |
| 26 | PL26 | R | 4 | | 0.0462 | 0.0462 | 0.04630 | 0.18366 | 3.60277 | -3.41911 | 0.01251 | -0.0825 | 3.425365 | PL26 | 1953.4272 |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PL26 | I | 8 | 0 | 0.03440 | 0.03440 | | 3.12180 | 0.17954 | 2.94226 | | | | PL26 | |
| 27 | PL27 | R | 4 | | 0.03440 | 0.03440 | 0.0344 | 0.33052 | 3.27311 | -2.94259 | 0.00033 | -0.08217 | 2.942425 | PL27 | 1956.3696 |

CALCULO DE UNA NIVELACION DE PRIMER ORDEN

Línea

Estadales

Nivel No.

Observador

Año

| Fecha | Designación sección | Ad. o Rtr. | Hora | Viento | Temp. del estado | Long. de la sección | Distancia del B.N. | LECTURAS ESTADALES B F | Diferencia de elevación de cada sección | DIVERGENCIA (B-F) Parcial | Total acumulado | Diferencia media en elevación | Designación | Elevación del B.N. |
|--|---------------------|------------|------|--------|------------------|---------------------|--------------------|------------------------|---|---------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------|--------------------|
| 2/Nov/84 | PL27 | I | | | | 0.0669 | | 2.68042 0.61140 | 2.06902 | | | | PL27 | |
| 28 | PL28 | R | | | | 0.0668 | 0.06685 | 0.85260 2.95329 | -2.10069 | 0.03167 | -0.0505 | 2.084855 | PL28 | 1958.4545 |
| 29 | PL29 | R | | | | 0.03270 | | 2.22541 0.15933 | 2.06608 | | | | PL28 | |
| | PL29 | R | | | | 0.03260 | 0.03265 | 0.25070 2.28320 | -2.0325 | 0.03358 | -0.01692 | 2.04929 | PL29 | 1960.5038 |
| 30 | PL29 | I | | | | 0.031086 | | 3.41454 0.66709 | 2.74745 | | | | PL29 | |
| | PL30 | R | | | | 0.0328688 | 0.0319774 | 0.65887 3.40632 | -2.74745 | 0.00000 | -0.01692 | 2.74745 | BN2 | 1963.2513 |
| Nivel = 1963.2513 - 1881.213 = 80.0383 | | | | | | | | | | | | | | |

C O N F I G U R A C I O N .

Capítulo III.

3.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

3.2 CONFIGURACION DE UN TERRENO.

3.3 PLANO GENERAL DE LA CONFIGURACION.

3.4 DIBUJO DE UN PERFIL.

3.5 CALCULO DE AREAS Y VOLUMENES.

3.1 ORGANIZACION Y PLANEACION

El objetivo de esta práctica es comparar, seleccionar y realizar según el caso, algunos de los diferentes métodos para obtener la configuración topográfica de un terreno.

El coordinador de prácticas será el responsable de la organización del transporte de ida y vuelta de las brigadas, de la elección de la zona donde se llevará a cabo la configuración, y de la realización de un reconocimiento previo de dicha zona.

Asimismo debe citar a las brigadas a una hora determinada calculando el tiempo de traslado para evitar la pérdida de tiempo.

Se debe organizar también el levantamiento de la configuración por brigadas separadas o mediante un trabajo en conjunto.

Los puntos que se deben tomar en cuenta para llevar a cabo una buena planeación en el desarrollo de la práctica se presentan a continuación.

- 1) Solicitar el material necesario para la realización de la práctica. (Por brigada un tránsito de 1', dos estadales, dos plomadas, un marro, pintura y machetes).
- 2) Transportar las brigadas y el equipo a la zona de trabajo.
- 3) Asignar porciones de terreno por brigadas para su configuración. Se recomiendan que las poligonales de apoyo de las brigadas estén ligadas entre sí, tratándose de un terreno grande y asegurarse de que exista buena intervisibilidad entre los puntos consecutivos de una poligonal.
- 4) Designar los vértices de las poligonales de cada brigada por una letra específica, para que todos trabajen de acuerdo a esta nomenclatura.
- 5) Llevar a cabo la configuración por métodos estadimétricos o por algún otro método.
- 6) Regresar al campamento de topografía donde se entregará el equipo después de concluido el trabajo.
- 7) Llevar a cabo un intercambio de datos entre las brigadas.
- 8) Efectuar los trabajos de gabinete que comprenden el cálculo de la poligonal de apoyo, las radiaciones, los desniveles y las distancias de estas.
- 9) Dibujar la poligonal y todas las radiaciones, efectuar la interpolación y el dibujo de las curvas de nivel.
- 10) En el plano de configuración obtenido trazar un perfil y realizar su dibujo a escala.
- 11) En el mismo plano de configuración calcular áreas y volúmenes.
- 12) Realizar un reporte por brigada en el cual se incluirá todo el desarrollo de la práctica así como los cálculos respectivos.

- 13) Para el trabajo de campo es importante revisar el equipo incluyendo machetes y estacas si se trata de una zona boscosa.
- 14) Se debe prever impermeables y hules para proteger los aparatos.
- 15) En caso de que la zona de trabajo este apartada de zonas comerciales se debe llevar un refrigerio.
- 16) Para el trabajo de gabinete es necesario contar con calculadora, escuadras, escalímetro, papel albanene, planímetro, hojas, etc.

3.2 CONFIGURACION DE UN TERRENO.

La representación de un terreno con todas sus formas y accidentes, tanto en su posición en un plano horizontal como en sus alturas, se logra simultáneamente mediante curvas de nivel.

Estas curvas se utilizan para representar en planta y elevación al mismo tiempo, la forma o configuración del terreno, que también se llama relieve.

Para que sea más objetiva la representación del relieve el espaciamiento entre curvas debe ser constante. Dependiendo del objeto del trabajo se pueden espaciar las curvas a cada metro, medio metro, 5, 10 ó 20 metros.

Para obtener los datos que permitan la construcción del plano se pueden utilizar varios procedimientos. Una forma es mediante radiaciones usando métodos estadimétricos para determinar distancias y desniveles que permitan fijar cotas de varios puntos claves. Cuando sea posible se evitará tomar demasiados puntos del terreno para que no se dificulte la configuración.

En cada uno de los puntos se tomará el ángulo vertical y horizontal, este último generalmente cuando el hilo medio esté a la altura del aparato; y además se leerá la diferencia entre los hilos superior e inferior. También se puede leer el ángulo vertical observando el hilo medio a cualquier altura del estadal cuando las circunstancias no lo permitan.

Con los valores obtenidos en el campo, se determinan las distancias horizontales y los desniveles que hay entre la estación y el punto observado, esto puede hacerse, por medio del ángulo vertical y separación de hilos, así como la constante del aparato, estas reducciones se pueden hacer por medio de ábacos, reglas de estadia, tablas de estadia o bien aplicando directamente las ecuaciones correspondientes por medio de una calculadora.

Una vez que se obtienen las distancias y desniveles se calcula y dibuja la poligonal correspondiente en una forma más precisa pudiéndose realizar por medio de coordenadas. Desde uno de sus vértices se dibujan todas sus radiaciones obtenidas. El punto que separa los decimales será el punto exacto de representación. En el dibujo, "vaciados" todos los datos en el plano se hace una interpolación, ya sea a cada metro, 2, 5, etc., según sea la utilización que se le va a dar al plano, después se une a mano libre todos los puntos que tengan la misma cota, respetando las características de las curvas de nivel. Por cada cinco curvas de

nivel se dibujará una curva un poco más gruesa , a la cuál se le denomina curva índice.

Otro de los métodos para realizar la configuración de un terreno es el de las secciones transversales.

Este procedimiento se usa cuando se quiere conocer únicamente una faja de terreno. Se usa principalmente en el proyecto de caminos, trazo de líneas de transmisión eléctrica, vías de ferrocarril y de canales. El procedimiento a seguir consiste en trazar una poligonal por el eje de trazo del trabajo en cuestión; esta poligonal se va "estacando" a cada determinado número de metros que depende de la precisión que se requiera en el levantamiento topográfico. Para el trazo de caminos y ferrocarriles, se acostumbra realizar el estacado a cada 20 metros.

Una vez que en el terreno se han obtenido las cotas redondas necesarias, en el gabinete se vacian todos los datos y se unen todos los puntos de la misma cota obteniéndose la configuración del terreno.

Otro método es el de configuración por medio de una cuadrícula; este procedimiento se utiliza sobre todo en terrenos sensiblemente planos que no tengan demasiados accidentes topográficos. Se traza una cuadrícula a separación conveniente y se lleva una nivelación por todos los vértices de la misma.

En el gabinete se dibuja la cuadrícula a cierta escala, se coloca en cada vértice la cota correspondiente y se hace una interpolación entre dos vértices consecutivos lo cual nos dará los puntos de cota cerrada. Uniendo estos puntos se tendrá la configuración del terreno.

3.2.1 Trabajo de campo.

Consideremos el levantamiento para configuración de un terreno por el método de radiaciones. El trabajo se lleva a cabo de la siguiente manera:

Se localizan en la poligonal de cada brigada, todos y cada uno de los vértices (A,B,C,...) que serán estacados.

Se situa el tránsito en cada uno de los vértices, para medir simultáneamente el ángulo horizontal, los ángulos verticales y estadimétricamente la distancia. Cabe aclarar que todas estas mediciones se realizan en posición directa e inversa para minimizar los errores de colimación e índice, y también como comprobación.

Después se coloca el instrumento en cada uno de los vértices y desde ahí se hacen radiaciones hacia los puntos aislados donde no se notan cambios bruscos de pendiente. El procedimiento en campo para hacer las radiaciones, es el siguiente:

- 1o. Leer el intervalo entre los hilos superior e inferior, llevando este último (para facilitar la lectura), a una graduación cerrada.
- 2o. Llevar el hilo medio a la altura del aparato en el estadal (que variará en cada puesta del mismo). En caso de no poder localizar la altura del aparato en el estadal, por lo abrupto del terreno o por la misma vegetación, se lee la parte del estadal que sea visible, y que corresponda al hilo medio.

Por último se leen los ángulos vertical y horizontal respectivamente.

3.2.2 Trabajo de gabinete.

En el campamento se hacen los cálculos de las radiaciones y de la poligonal.

Por medio de las siguientes fórmulas se calculan los desniveles y distancias, tanto de la poligonal como de las radiaciones.

$$D = C l \cos^2 \alpha + c \cos \alpha \quad C = 100$$

$$H = \frac{1}{2} C l \sin 2\alpha + c \sin \alpha (\bar{K} - h_m) \quad c = 0$$

donde:

C=constante multiplicadora

c=constante aditiva

l=intervalo entre el hilo inferior y el superior

h_m =lectura del hilo medio

D=distancia horizontal

\bar{K} =altura del aparato

α =ángulo vertical

H=desnivel

De acuerdo a los cálculos realizados se dibuja en el plano la poligonal envolvente así como las curvas de nivel correspondientes a esa parte del terreno.

Un ejemplo de la práctica que estamos tratando se presenta a continuación:

Cabe aclarar que se tomó como polígono base el de la brigada dos (ver figura 14. Tema 3.5).

| EST. | P.O. | ◊ | ◊ | l | D | H | COTA |
|------|------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|
| G | J | 0°00' | -12°15' | 52.86 | 50.48 | -10.96 | 2594.36 |
| 1.51 | 1 | 0°00' | +24°49' | 26.39 | 21.74 | +10.05 | 2604.41 |
| | 2 | 0°00' | -05°19' | 26.84 | 26.61 | -02.48 | 2601.93 |
| | 3 | 0°00' | -00°07' | 36.87 | 36.87 | -00.08 | 2601.85 |
| | 4 | 10°21' | -03°20' | 51.30 | 51.13 | -02.98 | 2598.87 |
| | 5 | 11°35' | +03°07' | 36.59 | 36.48 | +01.99 | 2600.86 |
| | 6 | 69°43' | +17°09' | 12.75 | 11.64 | +03.59 | 2604.45 |
| | 7 | 24°47' | -02°38' | 16.16 | 16.13 | -00.74 | 2603.71 |
| | 8 | 52°18' | -06°17' | 22.50 | 22.23 | -02.45 | 2601.26 |
| | 9 | 70°35' | +05°26' | 23.52 | 23.31 | +02.22 | 2603.48 |
| 1.48 | D | 137°06' | +08°26' | 117.50 | 116.86 | +17.05 | 2620.53 |

| | | | | | | |
|------|----|------------------|--------|--------|--------|---------|
| | 11 | 72°01' - 37°03' | 40.40 | 25.73 | -19.43 | 2601.10 |
| | 12 | 81°43' - 01°05' | 31.70 | 31.69 | -00.60 | 2600.50 |
| | 13 | 96°03' + 04°18' | 23.77 | 23.64 | +01.78 | 2602.28 |
| | 14 | 113°26' + 02°54' | 28.26 | 28.19 | +01.43 | 2603.71 |
| | 15 | 128°22' - 00°24' | 42.07 | 42.07 | -00.29 | 2603.42 |
| | 16 | 136°30' + 06°12' | 65.40 | 64.64 | +07.02 | 2610.44 |
| | 17 | 130°25' - 08°21' | 28.55 | 27.95 | -04.10 | 2606.34 |
| J | A | 0°00' - 02°23' | 151.65 | 151.38 | -06.34 | 2600.00 |
| 1.58 | G | 78°00' + 05°59' | 51.30 | 50.74 | +05.32 | 2605.32 |
| | 18 | 03°30' - 16°30' | 61.90 | 56.91 | -16.86 | 2588.46 |
| | 19 | 11°35' + 16°03' | 11.85 | 10.94 | +03.15 | 2591.61 |
| | 20 | 12°10' - 00°49' | 58.29 | 58.28 | -00.83 | 2590.78 |
| | 21 | 40°27' + 09°23' | 14.48 | 14.09 | +02.33 | 2593.11 |
| | 22 | 28°15' + 02°08' | 63.10 | 63.01 | +02.35 | 2595.46 |
| | 23 | 00°00' - 13°42' | 30.50 | 28.79 | -07.02 | 2588.44 |
| | 24 | 45°46' + 08°18' | 91.30 | 89.40 | +13.04 | 2601.48 |
| A | D | 00°00' + 08°41' | 127.65 | 124.74 | +19.05 | 2620.53 |
| 1.42 | J | 68°01' - 09°47' | 156.30 | 151.79 | -26.17 | 2594.36 |
| | 25 | 03°15' + 32°16' | 11.88 | 08.49 | +05.36 | 2599.72 |
| | 26 | 00°15' + 08°20' | 16.05 | 15.71 | +02.30 | 2602.02 |
| | 27 | 00°30' - 11°31' | 36.20 | 34.76 | -07.08 | 2594.94 |
| | 28 | 61°45' - 16°22' | 32.46 | 29.88 | -08.78 | 2586.16 |
| | 29 | 08°45' + 18°02' | 51.88 | 46.91 | +15.27 | 2601.43 |
| | 30 | 46°45' - 09°01' | 45.40 | 44.28 | -07.03 | 2594.40 |
| D | G | 00°00' + 05°25' | 116.25 | 115.21 | +10.92 | 2605.32 |
| 1.40 | A | 77°01' - 02°26' | 125.30 | 125.07 | -05.32 | 2600.00 |
| | 31 | 07°18' + 33°48' | 31.78 | 21.95 | +14.69 | 2614.69 |
| | 32 | 32°45' - 02°07' | 28.35 | 28.33 | -01.05 | 2613.64 |
| | 33 | 67°50' + 10°18' | 18.95 | 18.34 | +03.33 | 2616.97 |
| | 34 | 52°57' - 06°39' | 33.90 | 33.45 | -03.90 | 2613.07 |
| | 35 | 75°15' - 02°35' | 43.95 | 43.86 | -01.98 | 2611.09 |
| | 36 | 61°24' + 00°11' | 42.20 | 42.19 | +00.14 | 2611.23 |

| | | | | | |
|----|---------------|-------|-------|--------|---------|
| 37 | 59°13'-03°14' | 56.33 | 56.15 | -03.17 | 2608.06 |
| 38 | 47°16'-02°29' | 72.19 | 72.05 | -03.12 | 2604.94 |

Cálculo y compensación de la poligonal envolvente. (Ver planilla de cálculo anexa)

3.3 DIBUJO DE UN PERFIL.

Para hacer este dibujo se pide a las brigadas traizen una línea sobre el plano ya configurado, tomando como origen un punto, y midiendo desde este origen la distancia hasta cada uno de los puntos donde se intersectan la línea y las curvas que ésta atraviesa. El coordinador de prácticas deberá solicitarles el dibujo con escalas horizontal y vertical adecuadas.

EJEMPLO.

En el plano general de la configuración que viene al final de este capítulo se tomó el trazo de la brigada tres para exponerlo como ejemplo; teniéndose los siguientes datos (figura No. 14):

| Punto | distancia | Cota |
|-------|-----------|--------|
| A | 0000.00 | 2597.5 |
| 1 | 0014.40 | 2597.0 |
| 2 | 0018.40 | 2596.0 |
| 3 | 0032.00 | 2595.0 |
| 4 | 0049.60 | 2594.0 |
| 5 | 0088.00 | 2593.0 |
| 6 | 0142.40 | 2592.0 |
| 7 | 0169.60 | 2591.0 |
| 8 | 0180.00 | 2590.0 |
| 9 | 0199.20 | 2589.0 |
| 10 | 0222.40 | 2588.0 |
| 11 | 0240.00 | 2587.0 |
| 12 | 0264.00 | 2586.0 |
| 13 | 0280.00 | 2585.0 |
| 14 | 0296.00 | 2584.0 |
| 15 | 0311.20 | 2583.0 |
| 16 | 0320.00 | 2583.0 |
| 17 | 0360.00 | 2584.0 |

| | | |
|----|---------|--------|
| 18 | 0456.00 | 2583.0 |
| 19 | 0676.80 | 2583.0 |
| 20 | 0784.00 | 2584.0 |
| 21 | 0895.20 | 2585.0 |
| 22 | 1128.00 | 2586.0 |
| B | 1288.00 | 2586.6 |

3.4 CALCULO DE AREAS Y VOLUMENES.

Para realizar este cálculo se proporciona a las brigadas un planímetro, con el cual se miden las áreas que tienen igual cota (superficie de nivel).

Conocidas las áreas de igual cota, se procede a calcular los volúmenes. Dichas áreas se anotan ordenadamente en una tabla para facilitar el cálculo.

Al calcular el volumen se debe tener en cuenta su utilidad; ya que si se quiere un terreno horizontal se deben analizar dos posibilidades, la de rellenarlo ó la de cortarlo.

Es recomendable en algunas ocasiones el corte, ya que el relleno sale más costoso, debido a que se tendría el gasto del material de relleno y el acarreo de este.

Se puede tomar la cota más baja de nuestra configuración y a partir de ahí calcular los volúmenes, dicha cota será la base para tomar la horizontalidad del terreno.

Se sugiere la siguiente tabla para facilitar el cálculo de volúmenes:

| COTAS | AREA | VOLUMEN |
|-------|------|---------|
| de | a | |

Para calcular el volumen se tienen las fórmulas.

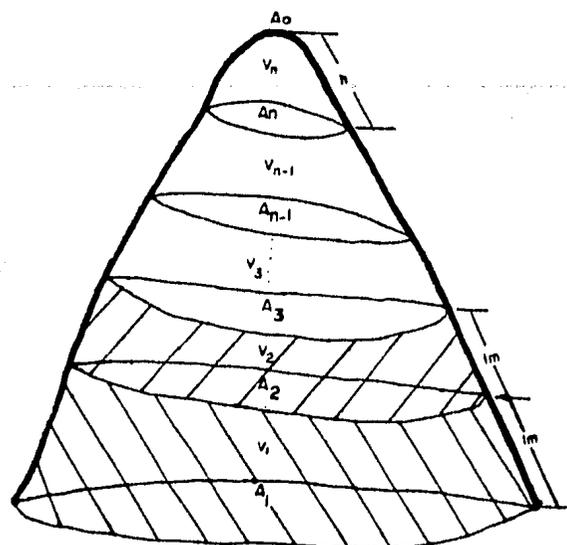
$$V_1 = \frac{A_1 + A_2}{2} h$$

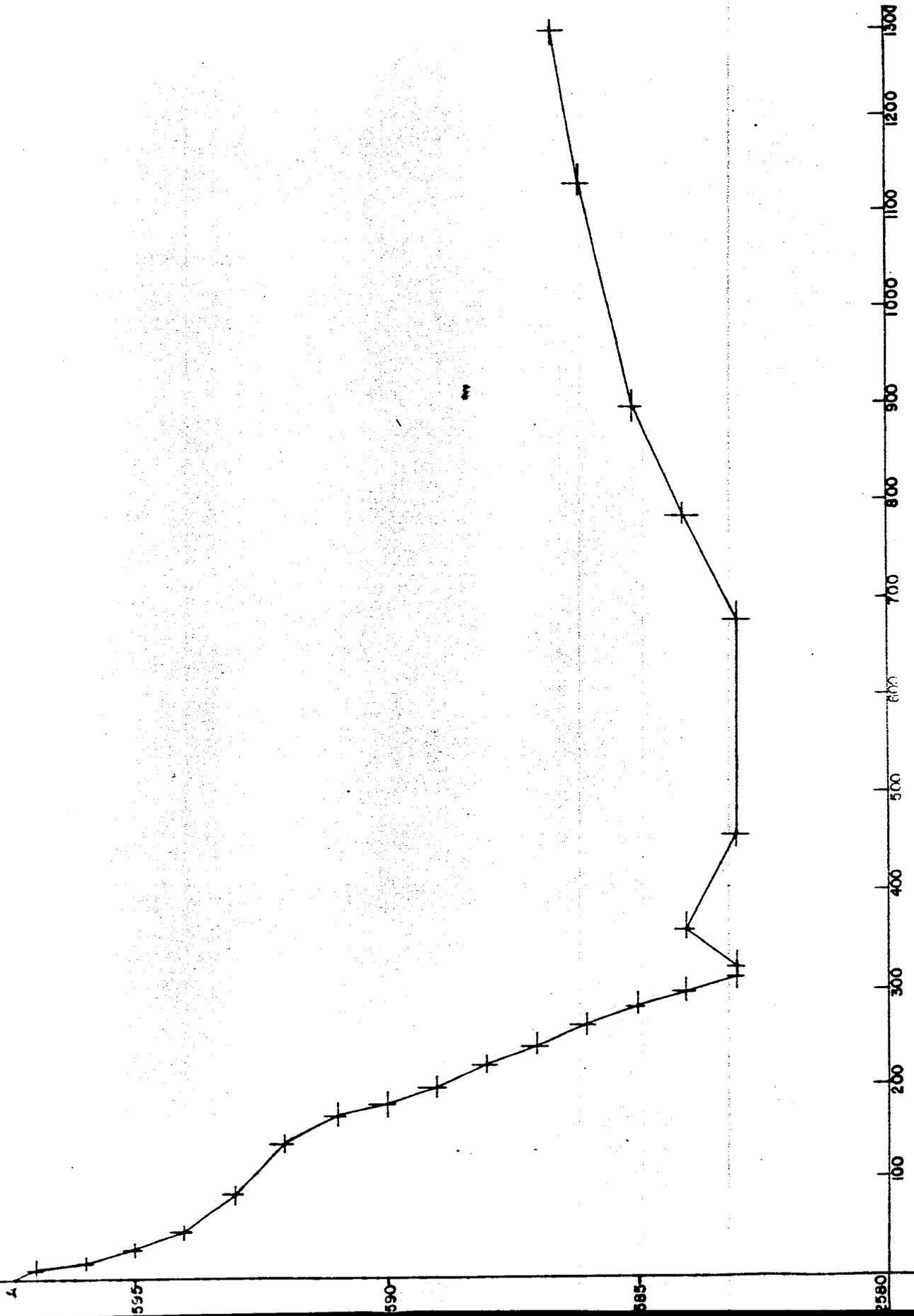
$$V_2 = \frac{A_2 + A_3}{2} h$$

:

$$V_{n-1} = \frac{A_{n-1} + A_n}{2} h$$

$$V_n = \frac{A_n + A_0}{2} h$$





Esto implica que:

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \dots + V_n = \frac{1}{2} (A_1 + 2A_2 + 2A_3 + \dots + 2A_{n-1} + A_n) + \frac{A_n + A_0}{2} h$$

Por lo tanto:

$$V_T = \frac{A_0 + A_n}{2} h + A_2 + A_3 + \dots + A_{n-1} + \frac{1}{2} (A_1 + A_n)$$

3.5 PLANO GENERAL DE LA CONFIGURACION.

Para realizar la construcción del plano es necesario tomar las siguientes consideraciones:

Los puntos del terreno que quedan en una línea de nivel se llaman puntos de cota redonda.

Es necesario considerar las características de las curvas de nivel para su dibujo correcto.

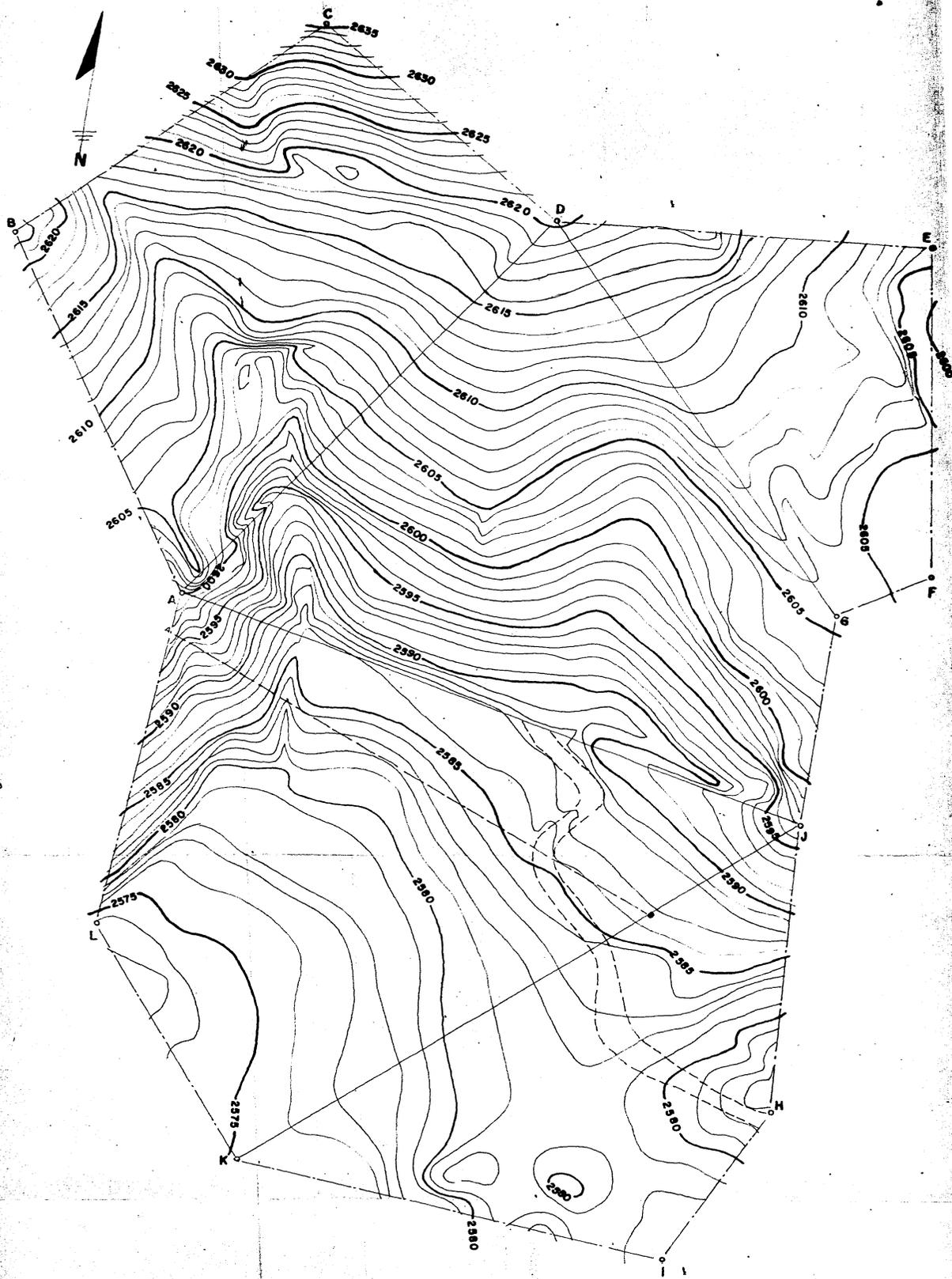
Las curvas de nivel se dibujan a elevaciones que son múltiplos del intervalo de las líneas. Se dibujan a mano libre como líneas finas de anchura uniforme. Cada quinta línea se dibuja más gruesa que el resto. Las elevaciones de las curvas de nivel se indican por medio de números colocados a intervalos adecuados; generalmente sólo se numeran las líneas gruesas, que se interrumpen para dejar un espacio para el número. Los números deberán orientarse de manera que puedan leerse desde una misma posición del plano. También se marcan las "elevaciones aisladas" de puntos importantes como son las intersecciones de los caminos, puentes, superficies de aguas, cimas y depresiones.

Algunas curvas de nivel pueden dibujarse, en cierta forma, por estimación. Son necesarios habilidad y juicio para que las líneas de nivel representen lo mejor que se pueda la configuración real de la superficie del terreno.

Para la práctica correspondiente las brigadas realizarán los planos topográficos relativos a la porción de terreno que les corresponda.

La escala a utilizar dependerá de la extensión del terreno y del uso que tendrá el plano.

Se anexa un plano ilustrativo (Figura No. 15).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO TOPOGRAFICO DEL 4º DINAMO
DEL PARQUE NACIONAL DE LOS DINAMOS
DELEGACION MAGDALENA CONTRERAS

| | | | |
|--------|------------------------|----------|-----------------------------|
| Dibujó | MA. TERESA ROCNA GOMEZ | Proyectó | ING. MARIO GUEVARA GONZALEZ |
| Revisó | MA. TERESA ROCNA GOMEZ | Aprobó | ING. MARIO GUEVARA GONZALEZ |

ASO. 11 1995 MEXICO D.F. ESC. 1: 800 9-1V-89.

T E M A S E S P E C I A L E S .

Capítulo IV.

4.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

4.2 CALCULO Y TRAZO DE CURVAS CIRCULARES SIMPLES.

4.3 ^a CALCULO Y TRAZO DE CURVAS ESPIRALES.

4.4 CALCULO Y TRAZO DE CURVAS VERTICALES PARABOLICAS.

4.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

Para el desarrollo de esta práctica es necesario contar con la presencia de un asesor o profesor que domine ampliamente el tema, quien se encargará de dar un breve repaso de la parte teórica correspondiente a los temas especiales. También estará encargado de asignar a las brigadas, el desarrollo y cálculo de una curva espiral simétrica, con su correspondiente curva circular.

Los alumnos deberán realizar los cálculos lo más rápido posible dado que la pérdida de tiempo ocasiona que el trabajo de campo se alargue considerablemente.

A continuación se sugieren algunos puntos que se deben observar para planear correctamente el desarrollo de la práctica.

- 1) Los alumnos solicitarán previamente a la práctica el equipo necesario. (Teodolito, cinta, pintura y brocha).
- 2) Realizar una explicación teórica del tema, así como el cálculo de una curva por brigada.
- 3) Terminado el cálculo se debe partir por brigadas a un lugar adecuado para el trazo de la curva.
- 4) Las brigadas trazarán la curva de acuerdo a las indicaciones del asesor.
- 5) Al finalizar la práctica, se realizará un reporte en el que se describirá el desarrollo de la misma. trabajo realizado.
- 6) Se debe contar, para esta práctica con calculadora (trabajo de gabinete), hules, impermeables y una franela (trabajo de campo).

4.2 CALCULO Y TRAZO DE CURVAS CIRCULARES SIMPLES.

En la localización de vías de comunicación, como son carreteras, vías férreas, líneas de metro, etc., las curvas horizontales que se emplean en los cambios de dirección son aproximadamente arcos de círculo. Las líneas rectas que unen estas curvas circulares son tangentes a ellas por lo que se les denomina tangentes.

4.2.1. Deducción de fórmulas

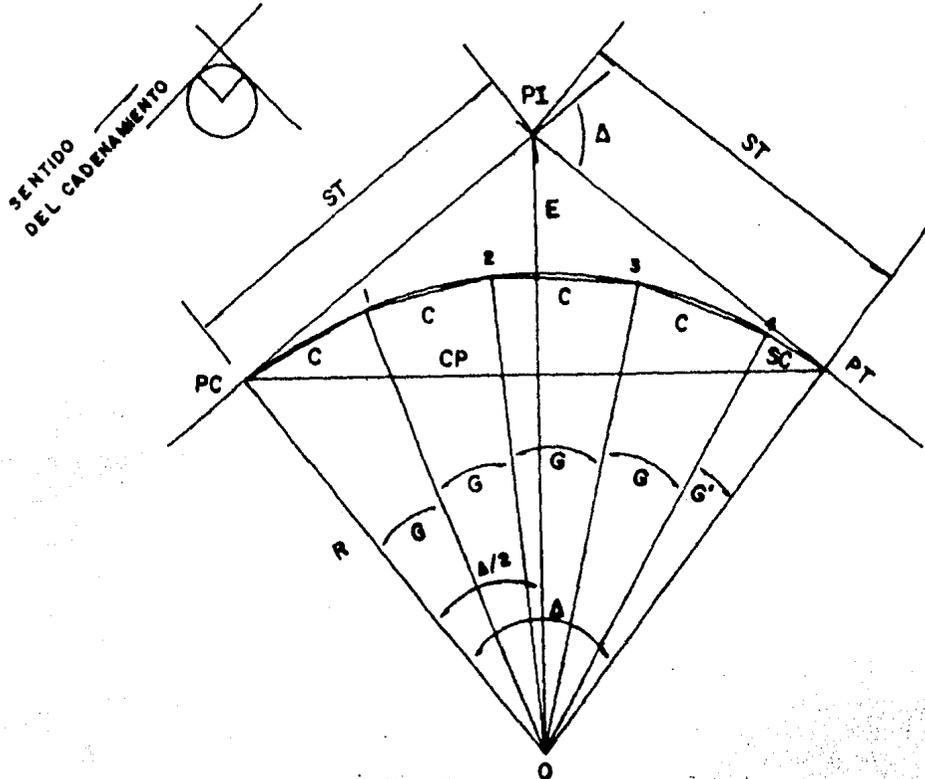


FIGURA NO. 16

- Δ =deflexión
- PI=punto de inflexión
- PC=principio curva
- PT=punto término
- R =radio
- ST=subtangente
- C =cuerda
- G =grado de la curva
- SC=subcuerda
- LD=longitud de la curva
- PSC=punto sobre curva
- E =externa
- G'=subgrado

Los datos de los que se parte para calcular los elementos de una curva circular simple son:

- Deflexión
- Cuerda
- Radio

La deflexión se mide directamente con transportador en el proyecto en planta del eje de la vía, aunque después al ir a trazar el proyecto al terreno, habrá que medirla con tránsito para tener su valor real entre las tangentes marcadas y recalcular los elementos de la curva.

La cuerda es aquella que se emplea según la curva a trazar. Lo más común es que se tome $C=20$ metros, si el G no pasa de 10 grados; ya que para ese valor el radio se excede de 100 metros y el arco es sensiblemente igual a la cuerda. Para curvas con G entre 10 y 20 grados se usan cuerdas de 10 metros, y para G entre 20 y 40 grados se usan de 5 metros.

El radio queda al criterio del proyectista quién deberá tratar que sea lo mayor posible para no tener curvas forzadas, pero adaptándose lo mejor que se pueda a la configuración del terreno para no producir terracerías costosas.

En caminos los factores que limitan el radio a un mínimo adecuado según el caso son: la velocidad, visibilidad, peso del vehículo, etc. Ordinariamente se prefiere que los radios tomen valores mayores de 100 metros.

En ferrocarriles donde la fricción de las ruedas aumenta con la curvatura afectando la fuerza de tracción, lo mínimo que ordinariamente se acepta es $R=200$ metros que corresponde aproximadamente a $G=6^\circ$.

En canales los radios dependen de muchos factores (velocidad, pendiente, tirante, ancho del canal, etc.) y no hay limitaciones generales. Puede considerarse que como mínimo el valor de R deberá ser seis veces el ancho del canal.

Escogido el radio que convenga se calcula a que grado corresponde y después se adopta como definitivo el G cerrado más cercano, y que sea un número par, para facilitar el trazo según se verá después. El radio variará con esto, y debe procurarse que sea en aumento, pero no tiene importancia que sea una cantidad fraccionaria, pues sólo sirve para realizar los cálculos. En el terreno a trazar no se usa el radio.

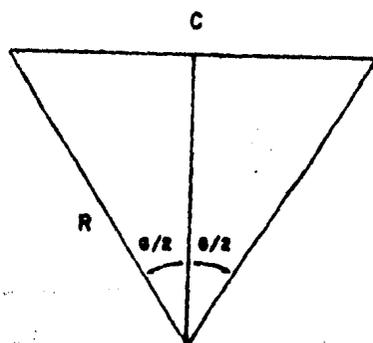


FIGURA NO. 17

Teniendo los datos necesarios, los demás elementos de la curva se calculan así:

$$\frac{\frac{C}{2}}{R} = \text{sen } \frac{G}{2} \rightarrow R = \frac{C}{2 \cdot \text{sen } \frac{G}{2}}$$

$$R = \frac{\frac{C}{2}}{\text{sen } \frac{\Delta}{2}} \quad \text{y para } C=20\text{m}, \quad R = \frac{10}{\text{sen } \frac{\Delta}{2}}$$

En el triángulo rectángulo (O-PC-PI)

$$\frac{ST}{R} = \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad \rightarrow \quad ST = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

Al hacer la división $\frac{\Delta}{G}$ queda un residuo que es el valor del subgrado G' (figura No. 18).

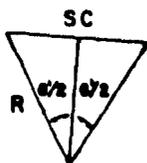


FIGURA NO. 18

El número de cuerdas = $\frac{\Delta}{G} + \text{residuo}$; residuo = G'

$$SC = 2R \text{ sen } \left(\frac{G'}{2}\right)$$

$$LC = \frac{\Delta}{G} \times 20 \text{ m}; \text{ para } R > 100\text{m}$$

LC = número de cuerdas enteras + SC

Cuando $R < 100\text{m}$, puede multiplicarse por el arco de la cuerda de 20 metros para tener un valor más aproximado de la longitud.

$$LC = \frac{\Delta}{G} \times \text{arco}$$

$$\frac{R+E}{R} = \text{sen } \left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$R+E = R \text{ sec } \left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$E = R \text{ sec } \left(\frac{\Delta}{2}\right) - R$$

$$E = R [\text{sec } \left(\frac{\Delta}{2}\right) - 1]$$

$$CP = 2 \left(R \text{ sen } \frac{\Delta}{2}\right)$$

$$M = R - R \cos \left(\frac{\Delta}{2}\right) = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2}\right)$$

$$M = k \text{ sen ver } \frac{\Delta}{2}$$

El cadenamiento del PI es dato y se conoce graficamente midiendo en el proyecto o en el terreno cuando se tiene trazada la línea definitiva.

-Cadenamiento (PC)=Cad. (PI-ST)

-Cadenamiento (PT)=Cad. (PC+LC)

4.2.3. CALCULO DE UNA CURVA SIMPLE.

Ejemplo.

DATOS.

$\Delta = 60^\circ 30'$

$G = 6^\circ$

Km PI= 2+226

$C = 20 \text{ m.}$

$$\text{sen} \frac{G}{2} = \frac{C}{2R}$$

$$2R = \frac{C}{\text{sen} \frac{G}{2}}$$

$$2R = \frac{20}{\text{sen} \frac{6^\circ}{2}}$$

$$R = \frac{382.146}{2} = 191.073 \text{ m}$$

$$ST = \tan \frac{\Delta}{2} \times R$$

$$ST = \frac{\tan 60^\circ 30'}{2} \times 191.073$$

$$ST = 111.431$$

$$LC = \frac{\Delta}{G} \times C$$

$$LC = \frac{60^\circ 30'}{6^\circ} \times 20$$

$$LC = 10.083 \times 20 = 201.667 \text{ m}$$

CADENAMIENTOS.

$$\begin{array}{r} 120 \\ - 114.57 \\ \hline 5.43 \end{array}$$

$$\frac{G}{2} = \text{sen} \frac{5.43}{382.146} \Rightarrow \frac{G}{2} = 0^\circ 48' 50''.96$$

PC=PI-ST

PC=2+226-111.431
 PC=2+114.57

$$\frac{300}{-316.237} \\ \frac{16.237}{16.237}$$

$$\frac{G}{2} = \frac{16.237}{382.15} ; \frac{G}{2} = 2^{\circ} 26' 6''.61$$

PT=PC+LC

PT=2+114.57+201.667

PT=2+316.237

| Cadenamientos | Deflexiones |
|---------------|----------------------------|
| 2+114.57 | 00° 00' |
| +120.00 | 00 49 |
| +140.00 | 03 49 |
| +160.00 | 06 49 |
| +180.00 | 09 49 |
| +200.00 | 12 49 |
| +220.00 | 15 49 |
| +240.00 | 18 49 |
| +260.00 | 21 49 |
| +280.00 | 24 49 |
| +300.00 | 27 49 |
| +316.24 | 30 15 = $\frac{\Delta}{2}$ |

4.2.4. METODO DE TRAZO DE LA CURVA EN EL CAMPO.

Una vez calculada en gabinete la tabla de deflexiones, se localiza en el campo el PI correspondiente; se visa la estación anterior, y en esa dirección se mide una distancia igual al ST; en este punto se pondrá una estaca con una tachuela correspondiente y se trasladará el aparato a este punto. Se centra perfectamente dicho aparato y se visa el PI. Se gira una deflexión igual al primer valor θ_1 ; en esta dirección se mueve el "balizero" hasta quedar en la dirección dada por el anteojo. Con una distancia igual a la primera subcuerva se coloca la primera estaca que corresponde a un PSC, se gira ahora el siguiente ángulo que corresponde a $\theta_1 + \theta_2$, el cadenero de atrás se pasa al punto colocado anteriormente. El "balizero", con una distancia igual a la cuerda unitaria, se mueve hasta quedar visado en la dirección del anteojo; clavando la siguiente estaca. En esta forma se prosigue hasta llegar al penúltimo punto de la curva. El último se medirá con el valor de la subcuerva de salida, este último punto corresponderá al PT. (Ver figura 19).

el radio comience a disminuir gradualmente debe ser del siguiente tipo
(ver figura No: 20):

$$lR = k^2$$

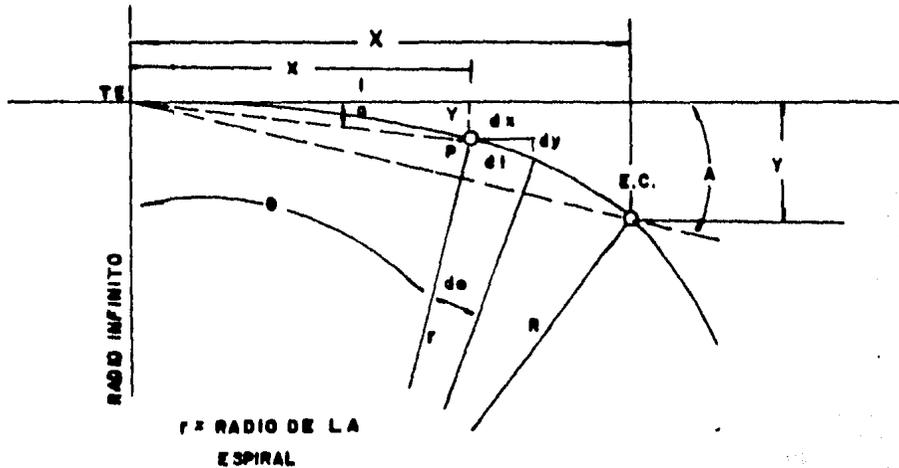


FIGURA NO. 20

k = Constante
R = Radio de curvatura
l = Longitud de la espiral

Despejando R:

$$R = \frac{k^2}{l}$$

$$R d\theta = dl$$

$$d\theta = \frac{dl}{k} = \frac{dl}{\frac{k^2}{l}} = \frac{l dl}{k^2}$$

$$d\theta = \frac{l dl}{l^2 c R c} \quad ; \quad \theta_e = \frac{l^2}{2l c R c} \quad \text{y} \quad A = \frac{l s}{6R} = \frac{A}{3}$$

θ es el ángulo de la espiral.

$$\text{sen } \theta = \frac{y}{l s} = a \quad ; \quad \text{sen } \theta = \frac{dy}{dl} \quad ; \quad dy = dl \text{ sen } \theta \quad ; \quad \text{sen } \theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \frac{\theta^7}{7!}$$

$$\text{cos } \theta = \frac{dx}{dl} \quad ; \quad dx = dl \text{ cos } \theta \quad ; \quad \text{cos } \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2!} + \frac{\theta^4}{4!} - \frac{\theta^6}{6!}$$

$$dy = dl \left(\frac{l^2}{2RcLc} - \frac{\left[\frac{l^2}{2RcLc} \right]^3}{3} \right); \quad dy = dl \frac{l^2}{2RcLc}$$

Integrando:

$$y = \frac{l^3}{6RcLc}$$

Ahora con el coseno:

$$dx = dl \left[1 - \frac{\left(\frac{l^2}{2RcLc} \right)^2}{2} \right]; \quad dx = dl \left[1 - \frac{dl \left(\frac{l^2}{2RcLc} \right)^2}{2} \right]$$

Integrando:

$$x = l - \frac{l^5}{40 R c^2 L c^2}$$

Longitud de la espiral. (Figura No. 21)

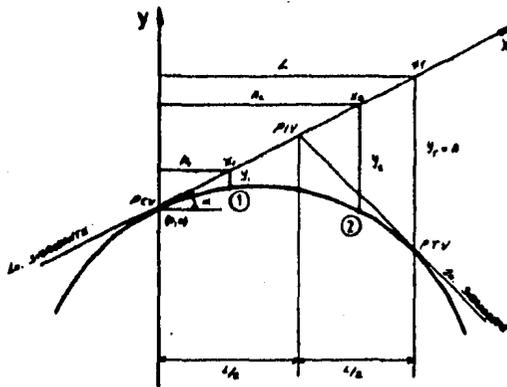


FIGURA NO. 21

$$l = nc$$

- l = longitud de la espiral
- n = número de tramos
- c = valor de la cuerda de la espiral
- ε = ángulo central de la espiral

$$\delta_1, \delta_{n-1} = \text{declinación por tramo}$$

- G = grado de la curva circular
- V = variación por arco

$$V/20 = \text{variación del ángulo correspondiente a un metro de cuerda.}$$

$$V/20(c) = \text{ángulo correspondiente a C metros de cuerda.}$$

Así ε será igual:

$$\epsilon = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_{n-1}$$

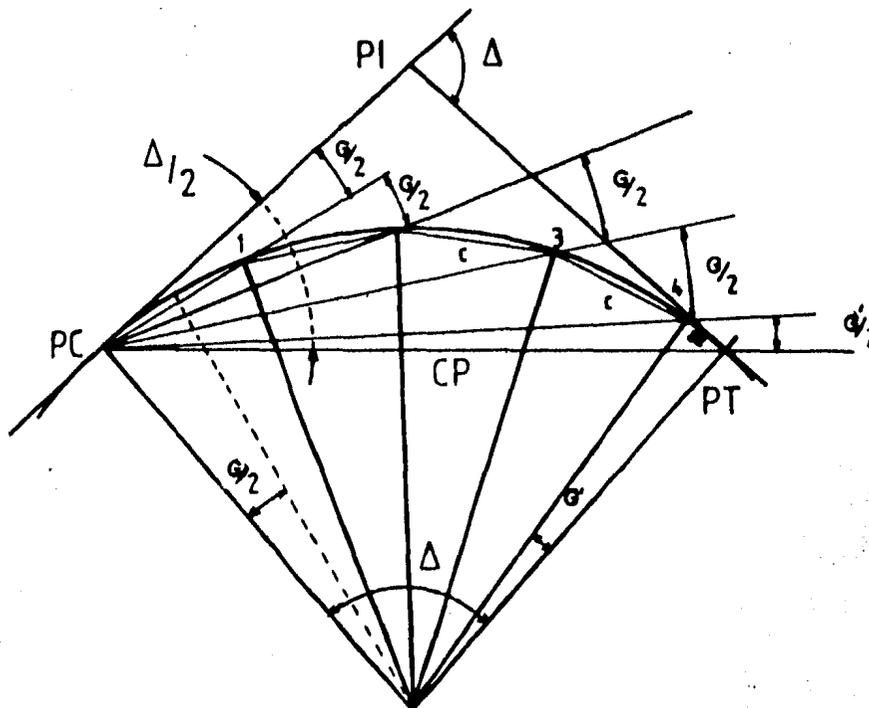


FIGURA NO. 19

4.3 CALCULO Y TRAZO DE CURVAS ESPIRALES.

4.3.1 Aspectos generales.

La transición de la tangente a la curva circular y de la curva circular a la tangente, en la línea terminada se efectúa gradualmente por medio de un segmento con la forma de una espiral. En el trabajo de ferrocarriles se usan espirales invariablemente.

Cuando un vehículo entra en una curva a cierta velocidad recibe la acción de la fuerza centrífuga que tratará de sacarlo de la carpeta asfáltica. Para contrarrestar esta fuerza, se le da a las curvas cierta inclinación por la parte exterior de la curva, llamada peralte.

Esta inclinación se aplica según el criterio de hacerla variar de cero en el principio de la curva, a su valor máximo en su punto medio. Para hacer este peralte menos notable, se traza entre la tangente y la curva circular, una curva que va cambiando paulatinamente de dirección; a esta curva se le llama curva de transición ó curva espiral; también se le llama curva clotoide. En este tipo de curva se siguen varios criterios para su solución, uno de ellos consiste en ir variando el radio en función de la variación del grado, de tal manera que el radio en el punto de principio de la espiral se considere como infinito y se va reduciendo hasta llegar al radio de la curva circular. Cuando la espiral es igual en la entrada y en la salida se dice que se trata de una espiral simétrica, y asimétrica cuando no son iguales.

4.3.2 Deducción de fórmulas.

Si se quisiera llevar a cabo el trazo de la curva espiral por medio de abscisas y ordenadas se tendrá que tener como datos el radio de la curva circular R , y la distancia entre el fin de la tangente y el principio de dicha curva. Una curva que satisfaga la condición de que

$$\varepsilon_1 = \frac{V}{20} C, \quad \varepsilon_2 = \frac{2V}{20} C, \dots, \quad \varepsilon_{n-1} = \frac{[\frac{G}{V} - 1]}{20} \times C$$

$$\varepsilon = \frac{V}{20} C + \frac{2V}{20} C + \dots + \frac{[\frac{G}{V} - 1] V}{20} C$$

$$\varepsilon = \frac{V}{20} C [1 + 2 + 3 + \dots + (\frac{G}{V} - 1)]$$

$$\varepsilon = \frac{V}{20} C \left[\frac{(1 + (\frac{G}{V} - 1)) (\frac{G}{V} - 1)}{2} \right]$$

$$\varepsilon = \frac{CG}{40} (\frac{G}{V} - 1) \dots \dots (A)$$

Como $\frac{G}{V} - 1 = 'n'$; que es el número de términos y a su vez

$$n = \frac{l}{c}. \text{ Sustituyendo en (A) queda:}$$

$$\varepsilon = \frac{CG}{40} (\frac{l}{c}); \quad \varepsilon = \frac{G}{40} \times l$$

donde

$$\varepsilon = \theta_e$$

$$\text{despejando } l = \frac{40 \varepsilon}{G}$$

La longitud de la espiral depende del ángulo total de la espiral, y del grado de la curva circular.

Cálculo del STE en una espiral simétrica. (Figura 22).

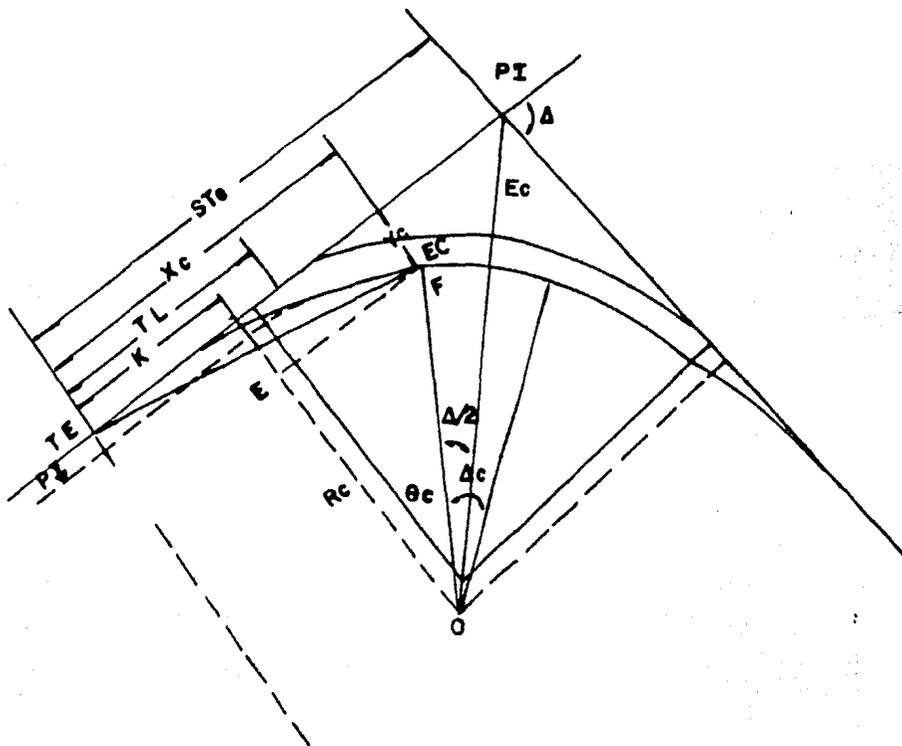


FIGURA NO. 22

$$STe = AB + BC = AC - BC + BD$$

Del triángulo OEF

$$\text{sen } \theta_e = \frac{EF}{Rc} ; EF = Rc \text{ sen } \theta_e$$

Del triángulo OBD

$$\text{Tan } \frac{\Delta}{2} = \frac{BO}{Rc + P} ; BD = (Rc + P) \text{Tan } \frac{\Delta}{2}$$

$$STe = x_c - Rc \text{ sen } \theta_e + (Rc + P) \text{Tan } \frac{\Delta}{2}$$

Del triángulo EFO

$$\text{cos } \theta_e = \frac{Rc - a}{Rc} ; Rc \text{ cos } \theta_e = Rc - a$$

$$Rc - Rc \text{ Cos } \theta_e = a ; Rc(1 - \text{Cos } \theta_e) = a$$

pero: $(1 - \text{cos } \alpha) = \text{sen ver } \alpha$

$$\therefore a = Rc \text{ sen ver } \theta_e$$

$$\therefore P = Y_c - R_c \operatorname{sen} \theta_e$$

$$k = X_c - R_c \operatorname{sen} \theta_e$$

Otras fórmulas que también se utilizan para el cálculo de la espiral son:

$$L_c = \frac{\Delta}{G} C$$

$$CL = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$X_c = 1e \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} \right)$$

θ en radianes

$$Y_c = 1e \left(\frac{\theta_e}{3} + \frac{\theta_e^3}{42} \right)$$

$$X_c = \frac{1e}{100} \left(100 - 0.00305 \theta_e^2 \right)$$

θ en grados

$$Y_c = \frac{1e}{100} \left(0.332 \theta_e - 0.0000126 \theta_e^3 \right)$$

$$\tan \phi = \frac{Y_c}{X_c}$$

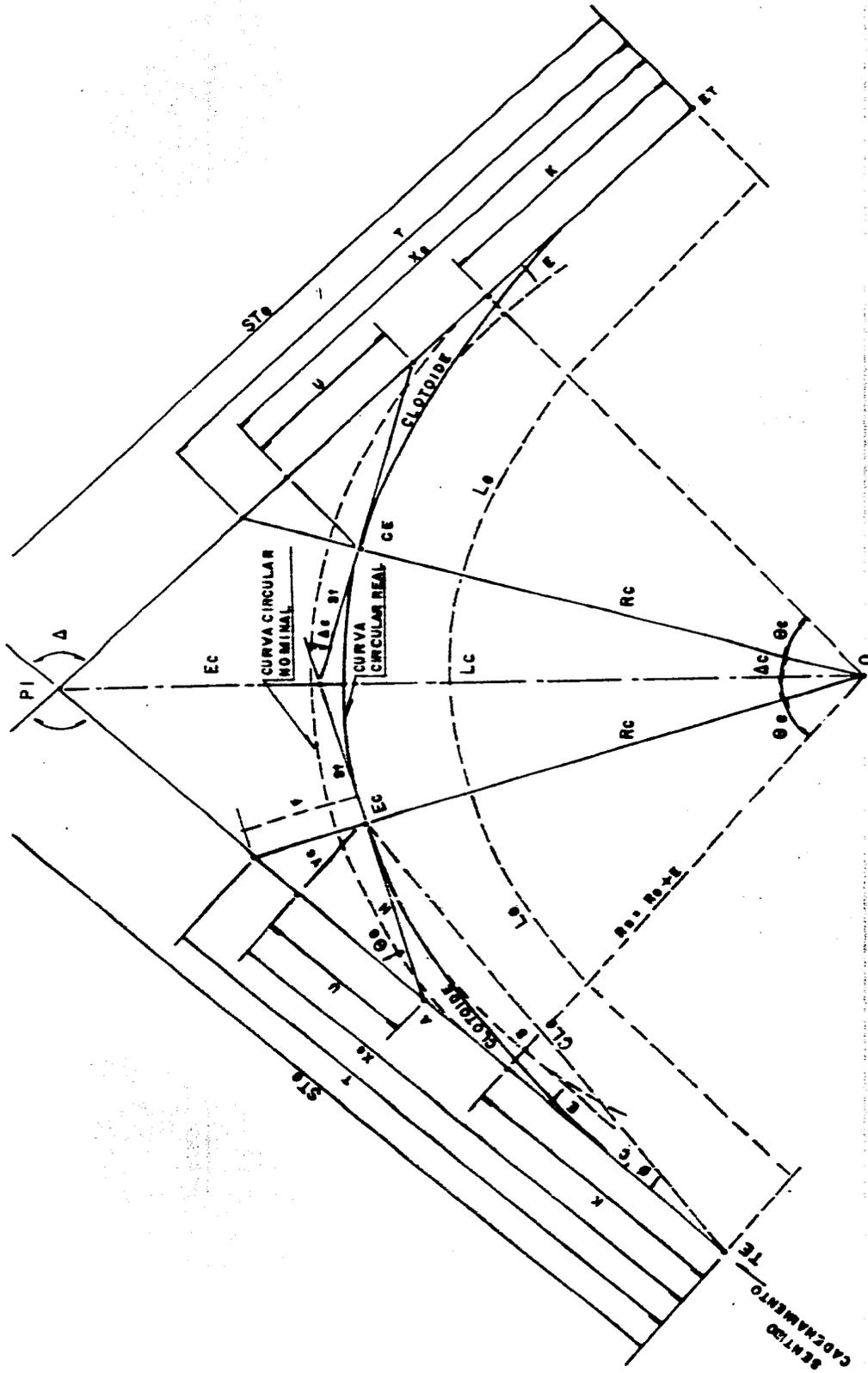
$$\theta_{\text{inicial}} = \left(\frac{1}{1e} \right)^2$$

4.3.3 Elementos principales de una curva circular con clotoides. Simbología. (Ver figura No. 23).

- PI = punto de intersección de las tangentes.
 Δ = deflexión
 TE = punto de paso de la tangente a la clotoide
 ET = punto de paso de la clotoide a la tangente
 EC = punto de paso de la clotoide a la curva circular
 CE = punto de paso de la curva circular a la clotoide
 θ_e = ángulo total de cada clotoide
 Δ_c = ángulo central de la curva circular real
 G_c = grado de la curva circular real
 R_n = Radio de la curva circular nominal
 R_c = Radio de la curva circular real
 STe = subtangente total (distancia del PI al TE)
 T = abscisa de la subnormal
 X_c = abscisa del punto EC
 Y_c = ordenada del punto EC
 K = abscisa del punto "B"
 E = ordenada del punto "B"
 U = distancia del punto "A" al X_c
 H = distancia del punto "A" al EC
 Cle = cuerda larga (distancia del TR al EC)
 ϕ'_c = deflexión al EC
 ϕ' = deflexión
 F = distancia normal a la curva circular real del EC a la subtangente total
 L_e = longitud de la clotoide
 L_c = Longitud de la curva circular real
 PSC = punto sobre curva
 PSE = punto sobre espiral
 Ec = Externa ó external
 St = subtangente de la curva circular real
 l_t = longitud total de las espirales y la curva circular

- En una curva espiral simétrica : $l_t = l_e + l_c + l_e$.

- En una curva espiral asimétrica: $l_t = l_{e_1} + l_c + l_{e_2}$.



ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA CURVA CIRCULAR CON CLOTOIDES.

FIG. No. 23

4.3.4 Cálculo de una curva espiral con todos sus componentes

$$PI = 61 + 154.67$$

$$\Delta_T = 23^\circ 44'$$

$$G_c = 4^\circ 00'$$

$$R_c = 286.48$$

$$l_e = 32 \text{ m}$$

$$c = 20 \text{ m}$$

$$\theta_e = \frac{l^2}{2Rc} ; \theta_e = \frac{(32)^2}{2(286.48)(32)} ; \theta_e = \frac{1024}{18334.72} = 0.05585031$$

$$\theta_e = 3^\circ 12' = 3.2$$

$$X_c = 1 - \frac{l^5}{40Rc^2} ; X_c = 32 - \frac{(32)^5}{40(286.48)^2(32)^2} = 31.990$$

$$Y_c = \frac{l^3}{6Rc} ; Y_c = \frac{(32)^3}{6(286.48)(32)} = 0.5957367$$

$$p = Y_c - R_c(1 - \cos \alpha) ; p = 0.60 - 286.48(1 - \cos 3^\circ 12')$$

$$p = 0.14$$

$$TL = 21.26$$

$$T_c = 10.75$$

$$ST_e = X_c - R_c \sin \theta_e + (R_c + p) \tan \frac{\Delta}{2}$$

$$ST_e = 31.99 - 286.46 \sin 3^\circ 12' + (286.48 + 0.15) \tan \frac{23^\circ 44'}{2}$$

$$ST_e = 31.99 - 15.991745 + 286.62905(0.2101255)$$

$$ST_e = 76.23$$

$$Km \ PI = 61 + 154.67$$

$$\theta_e = 3^\circ 12'$$

$$G_c = 4^\circ 00'$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_e$$

$$\Delta_c = 23^\circ 44' - 2(3^\circ 12')$$

$$\Delta_c = 17^\circ 20'$$

$$l_c = \frac{\Delta_c}{G} \cdot c$$

$$l_c = \frac{17^\circ 20'}{4^\circ 00'} \times 20 = 86.67$$

$$l_t = l_e + l_c + l_e$$

$$l_t = 32 + 86.67 + 32$$

$$l_t = 150.67$$

$$PTE = PI + STe$$

$$PTE = 61 + 154.67 - 76.23$$

$$TE = 61 + 78.44$$

$$k = Xc - Rc \text{ sen } \theta_e$$

$$k = 31.99 - 286.48 \text{ sen } 3^\circ 12'$$

$$k = 15.9982$$

$$k = 16$$

$$Xc = le \left(1 - \frac{\theta_e^2}{10} \right); \quad Yc = le \left(\frac{\theta_e}{3} + \frac{\theta_e^3}{42} \right)$$

$$Tg \phi = \frac{Yc}{Xc}; \quad \theta_n = \left(\frac{1}{le} \right)^2 \theta_e; \quad CL = \sqrt{(Xc)^2 + (Yc)^2}$$

Para $le = 32.00$ m dividida en 10 partes queda:

$$\theta_1 = \left(\frac{3.2}{32} \right)^2 (0.0558503) = 0.000558503$$

$$Xc = 3.2 \left(1 - \frac{(0.000558503)^2}{10} \right) = 3.2$$

$$Yc = 3.2 \left(\frac{0.000558503}{3} + \frac{(0.000558503)^3}{42} \right) = 0.000595736$$

$$tg \phi = \frac{0.000595736}{3.2}; \quad \phi = 0^\circ 00' 38".4$$

$$CL = \sqrt{(3.2)^2 + (0.0005957)^2} = 3.200001$$

Se siguen calculando cada uno de los valores para las correspondientes incógnitas quedándonos la siguiente tabla:

Tabla de Deflexiones.

| No. | tramo | X | Y | ∠ | cuerda |
|-----|-------|---------|---------|------------|--------|
| 1 | 3.2 | 3.2 | 0.00059 | 0° 00' 38" | 3.2 |
| 2 | 6.4 | 6.3999 | 0.00476 | 0 02 34 | 6.4 |
| 3 | 9.6 | 9.5999 | 0.01608 | 0 05 46 | 9.6 |
| 4 | 12.8 | 12.7998 | 0.03813 | 0 10 14 | 12.8 |
| 5 | 16.0 | 15.9996 | 0.07447 | 0 16 00 | 16.0 |
| 6 | 19.2 | 19.1992 | 0.12868 | 0 23 02 | 19.2 |
| 7 | 22.4 | 22.3983 | 0.20435 | 0 31 22 | 22.4 |
| 8 | 25.6 | 25.5967 | 0.30504 | 0 40 58 | 25.6 |
| 9 | 28.8 | 28.7941 | 0.43436 | 0 51 51 | 28.8 |
| 10 | 32.0 | 31.9900 | 0.59587 | 1 04 02 | 32.0 |

Curva circular

| | |
|--------------|------------|
| EC=61+110.34 | 0° 00' 00" |
| 120.00 | 0 57 58 |
| 140.00 | 2 57 58 |
| 160.00 | 4 57 58 |
| 180.00 | 6 57 58 |
| CE=61+197.01 | 8 40 00 |

$$\frac{G}{2} = \text{ang. sen} \left(\frac{9.66}{2(286.48)} \right) = 00^\circ 57' 57''.75$$

$$\frac{G}{2} = \text{ang. sen} \left(\frac{20}{2(286.48)} \right) = 02^\circ 00' 01''.43$$

$$\frac{G}{2} = \text{ang. sen} \left(\frac{17.01}{2(286.48)} \right) = 01^\circ 42' 04''.47$$

4.3.5 Procedimiento de trazo.

Existen dos procedimientos para efectuar el trazo de una clotoide:

a) Por deflexiones.

Datos necesarios: ángulos y distancias.

Centrado el aparato en TE y visando el PI medidos para cada una de las cuerdas la deflexión y la distancia correspondiente, hasta llegar a la última deflexión (EC).

b) Por coordenadas.

Datos necesarios: coordenadas X y Y.

- 1o. Conocidas las tangentes TE-PI y ET-PI, ubicamos cada una de las abscisas X.
- 2o. Centrando el aparato en cada uno de estos puntos y levantando una normal a las tangentes, medimos la ordenada Y.
- 3o. Uniendo estos puntos, obtenemos cada una de las cuerdas de la clotoide.

Este procedimiento se recomienda para el caso que se trabaje sobre un eje auxiliar o cuando se encuentra un obstáculo que impida el trazo por deflexiones.

El trazo de la curva circular se realiza a partir de los puntos EC y CE y de la manera tradicional por el método ya descrito.

4.3.6 Método de trazo.

Considerando que la liga de dos tangentes consecutivas se debe realizar utilizando una curva compuesta, constituida por una curva circular y dos clotoides, el procedimiento a seguir en campo para el trazo de curvas es el siguiente:

- 1o. Deberán ser recabados de los planos de proyecto de trazo, los siguientes datos:

Ejemplo:

$$\begin{aligned} Bc &= 3^{\circ} 12' \\ le &= 32.0 \text{ m} \\ Xc &= 31.99 \\ Yc &= 0.60 \end{aligned}$$

Datos de la clotoide.

$$\begin{aligned} PI &= 61+154.67 \\ \Delta_T &= 23^{\circ} 44' \\ \Delta_c &= 17^{\circ} 20' \\ Gc &= 4^{\circ} 00' \\ STe &= 76.23 \\ lc &= 86.67 \end{aligned}$$

Con su tabla respectiva mostrada anteriormente; la cual contiene los siguientes datos:

| L | X | Y |
|---|---|---|
|---|---|---|

Donde las abscisas y las ordenadas son las coordenadas de los puntos sobre las clotoides. Para el trazo por deflexiones, los ángulos se calcularán trigonométricamente con los valores de las coordenadas.

- 2o. En el campo se localiza el PI midiendo una distancia igual al STe en la dirección del cadenamiento encontrándose con el punto TE. Se coloca en este punto una estaca con tachuela, se visa el PI y según convenga se traza la curva, por ángulo y distancia ó por abscisa y ordenada se procede de la siguiente manera.
- 3o. Si se traza por ángulo y distancia, se colocará el teodolito en TE y visando PI, se mide a partir de esta dirección un ángulo igual al primer valor de la deflexión, con el valor de la cuerda C, igual que como se hizo en la curva circular. Se sitúa el primer punto sobre la espiral (PSE), se gira ahora un ángulo igual a la segunda deflexión y con un valor de la segunda cuerda se sitúa el siguiente PSE, en esta forma se prosigue hasta llegar al principio de la curva circular (EC).

40. Para trazar la curva circular se traslada el aparato a este último punto, y a partir de éste se empieza a trazar la curva como se indicó anteriormente.
50. Si la curva se va a trazar por abscisa y ordenada, se partirá también de TE y se miden los valores de X sobre la dirección de la STe. Tomando para cada valor de X su respectivo valor perpendicular de Y, con lo que se irán situando los puntos de la espiral hasta llegar al punto EC. (Figura No. 24)

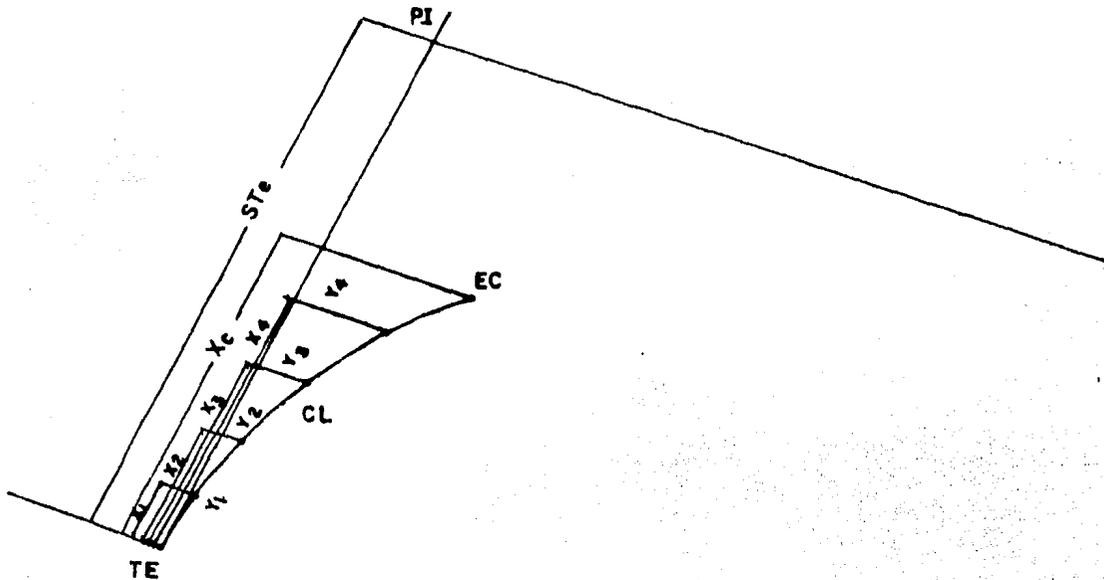


FIGURA NO. 24

4.4 CURVAS VERTICALES PARABOLICAS.

4.4.1 Aspectos generales.

El alineamiento vertical de un camino lo establecen los ingenieros del proyecto en forma de pendiente, lo cual significa un ascenso o descenso en metros por estación. Para lograr un cambio de pendiente se usan curvas parabólicas porque dichas curvas pueden calcularse en forma adecuada. Los resultados de los cálculos de las curvas verticales se dan como cotas.

4.4.2 Definición.

Una curva vertical es aquella que nos sirve para unir dos subrasantes de diferente pendiente.

4.4.3 Deducción de las fórmulas.

Estas curvas se emplean para unir líneas de diferente pendiente. Son parábolas de eje vertical, dado la suavidad que se obtiene en su transición. (Figura No. 25).

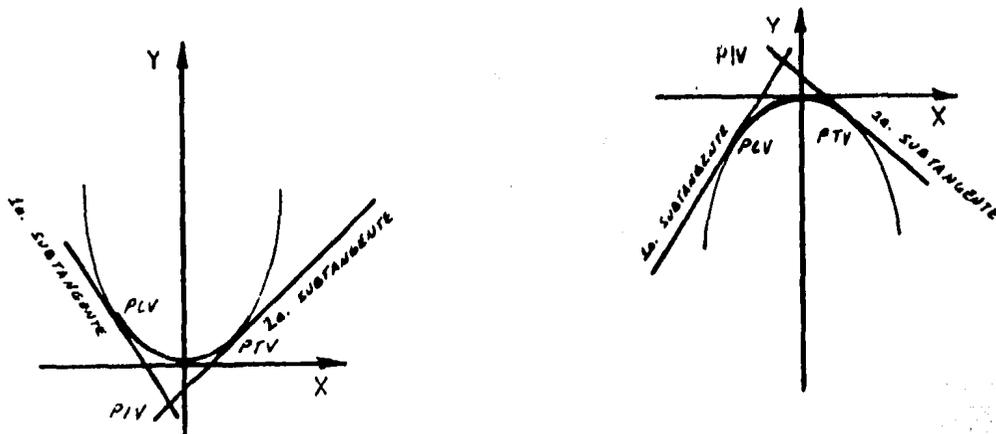


FIGURA NO. 25

Se usa para esta curva la terminología acostumbrada.

PCV= punto (principio) curva vertical.

PIV= punto de inflexión vertical

PTV= punto de tangencia vertical (final de curva vertical).

Propiedades de la parábola que se utilizan para calcular las curvas verticales.

10. La ecuación de la parábola con vértice en el origen y directriz paralela al eje de las X es:

$$Y = kx^2$$

20. La ecuación de la curva referida a ejes que tengan la propiedad de ser, uno tangente a la curva en un punto cualquiera, y otro paralelo al otro eje de la parábola en el punto de tangencia, es de la misma forma que en ejes rectangulares, y lo único que cambia es la constante.

30. La variación de la pendiente de la curva es constante, para variaciones constantes de x.

Ecuación: $y = kx^2$; pendiente = $p = \frac{dy}{dx}$

así: $p = 2kx$

Si X varía, por ejemplo de 2 en 2:

x: 2 4 6 8
 P: 4k 8k 12k 16k

40. La pendiente de la cuerda trazada entre dos puntos de la curva es igual al promedio de las pendientes de las tangentes a la curva en esos dos puntos. (Figura No. 26).

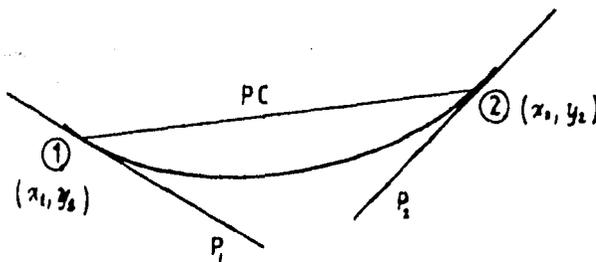


FIGURA NO. 26

En función de las coordenadas (1) y (2), la pendiente de la cuerda será:

$$P_c = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{k(x_2^2 - x_1^2)}{x_2 - x_1} = \frac{k(x_1 + x_2)(x_2 - x_1)}{x_2 - x_1}$$

$$P_c = k(x_1 + x_2)$$

El promedio de las pendientes de las tangentes:

$$P_1 = 2kx_1 \qquad \frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{2kx_1 + 2kx_2}{2}$$

$$P_2 = 2kx_2$$

$$\frac{P_1 + P_2}{2} = k(x_1 + x_2)$$

y esta expresión es igual a la de (Pc).

50. El punto donde se cortan dos tangentes a la curva, equidista horizontalmente de dos puntos de tangencia. (Figura No. 27).

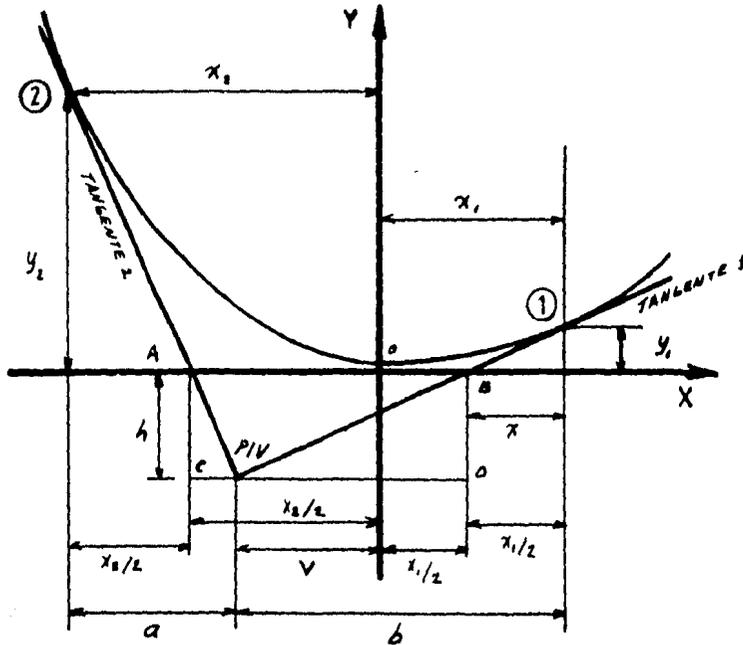


FIGURA NO. 27

$$y = kx^2$$

$$P = 2kx$$

$$P = \frac{y_1}{z} \quad ; \quad z = \frac{y_1}{P_1} = \frac{kx_1^2}{2kx_1} \quad ; \quad z = \frac{x_1}{2}$$

En el $\Delta PIV.D.B$: $P_1 = \frac{h}{\frac{x_1}{2} + v} = 2kx_1$; $h = 2kx_1(\frac{x_1}{2} + v)$

Igualando los valores de (h):

En el $\Delta PIV.C.A$: $P_2 = \frac{h}{\frac{x_2}{2} - v} = 2kx_2$; $h = 2kx_2(\frac{x_2}{2} - v)$

$$2kx_1(\frac{x_1}{2} + v) = 2kx_2(\frac{x_2}{2} - v)$$

$$\frac{x_1^2}{2} + vx_1 = \frac{x_2^2}{2} - vx_2$$

$$v(x_1 + x_2) = \frac{x_2^2}{2} - \frac{x_1^2}{2}$$

$$2v(x_1 + x_2) = (x_2^2 - x_1^2)$$

por lo tanto $2V = (x_2 - x_1)$

$$V + V = x_2 - x_1$$

$$x_1 + V = x_2 - V; \text{ o sea } a = b$$

Para el cálculo práctico de una curva y con el objeto de que todas las abscisas y ordenadas resulten del mismo signo en todos los puntos de la curva, conviene tomar como ejes:

eje X: tangente a la curva en el PCV, (subrasante).

eje Y: vertical en el punto de tangencia, (eje paralelo al eje Y)

Ecuación: $y = kx^2$. (Figura No. 28)

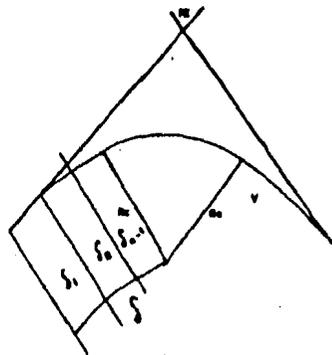


FIGURA NO. 28

Para determinar en cada caso el valor numérico de k, se toma un punto de coordenadas conocidas y se despeja k de la ecuación.

Puntos de coordenadas conocidas que se puede tomar: PCV (0,0)

PTV (x_T, y_T)

Tomando el PTV: $k = \frac{y_T}{x_T^2}$

asi la ecuación de la curva quedaria: $y = \left(\frac{y_T}{x_T^2}\right)x^2$

Además como para cada caso la inclinación del eje x será diferente, mejor se toman las proyecciones horizontales de las abscisas. Asi se trabaja con distancias horizontales a partir del PCV y las ordenadas siguen siendo verticales.

Multiplicando y dividiendo el segundo término de la ecuación por $\text{Cos}^2\alpha$.

$$y = \frac{y_T}{x_T^2 \cos^2 \alpha} x^2 \cos^2 \alpha = \frac{y_T}{(x_T \cos \alpha)^2} (x \cos \alpha)^2$$

Para distinguirlas se denominan a las coordenadas del PTV: $x_T \cos \alpha = L$

$$y_T = D$$

Y a la proyección horizontal de las x: $x \cos \alpha = n$

quedando finalmente: $y = \frac{D}{L^2} n^2$

donde:

D = ordenada del punto final de tangencia (PTV)

L = longitud total horizontal de la curva

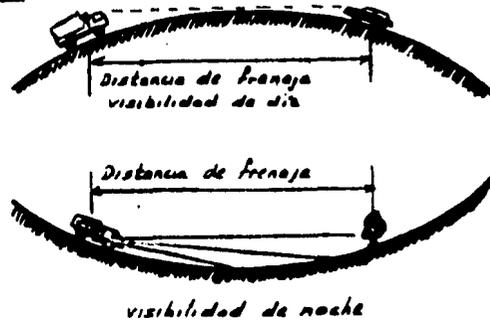
n = distancia horizontal del PCV a un punto cualquiera

y = ordenada vertical de un punto cualquiera a partir del eje de las x.

En la ecuación anterior, (D) se obtiene conociendo L y las pendientes. A su vez L queda determinada:

- a) Mediante especificaciones que están en función de la pendiente de las tangentes, visibilidad, distancias de frenaje.
- b) Por la variación de pendiente permisible por tramo de 20 metros. (Variación de pendiente por estación). (Figura No. 29)

CURVA EN LIMA



CURVA EN COLUMPIO

FIGURA NO. 29

V = variación total de pendiente = diferencia algebraica de pendiente
 $v = p_1 - p_2$ i $v =$ variación por estación (%/ estación).

$$\therefore L = \frac{V}{v} \left(\frac{\%}{\%} \right) = L \text{ estaciones.}$$

En el perfil del terreno, se proyectan las subrasantes con las pendientes convenientes y se determina la cota del punto de intersección (PIV). Con estos datos, y las especificaciones de la longitud, se tienen los elementos de partida para calcular la curva y

determinar finalmente las cotas de los puntos que la definen y que servirán para su construcción. (Figura No. 30).

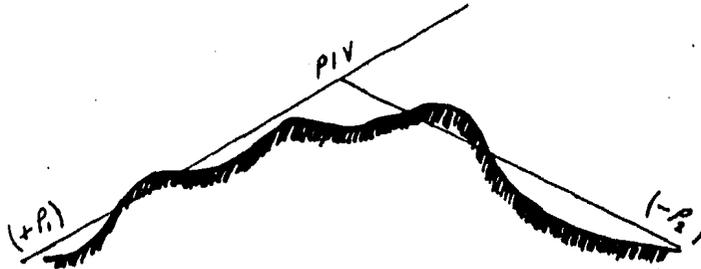


FIGURA NO. 30

4.4.4 Cálculo de una curva.

Ejemplo:

Antes de proceder al cálculo de la curva se deben tomar en cuenta las siguientes observaciones:

-Cuando el PIV se encuentra en una estación, el número de estaciones debe ser par, si el número de estaciones resulta fraccionario, se toma el par inmediato superior.

-Cuando el PIV se encuentra en medio de dos estaciones, el número de estaciones debe ser impar, si el número de estaciones resulta fraccionario, se toma el impar inmediato superior.

Cálculo:

1a. subrasante: +3%

2a. subrasante: -2%

Cota PIV: 100.00
(Ver figura No. 31).

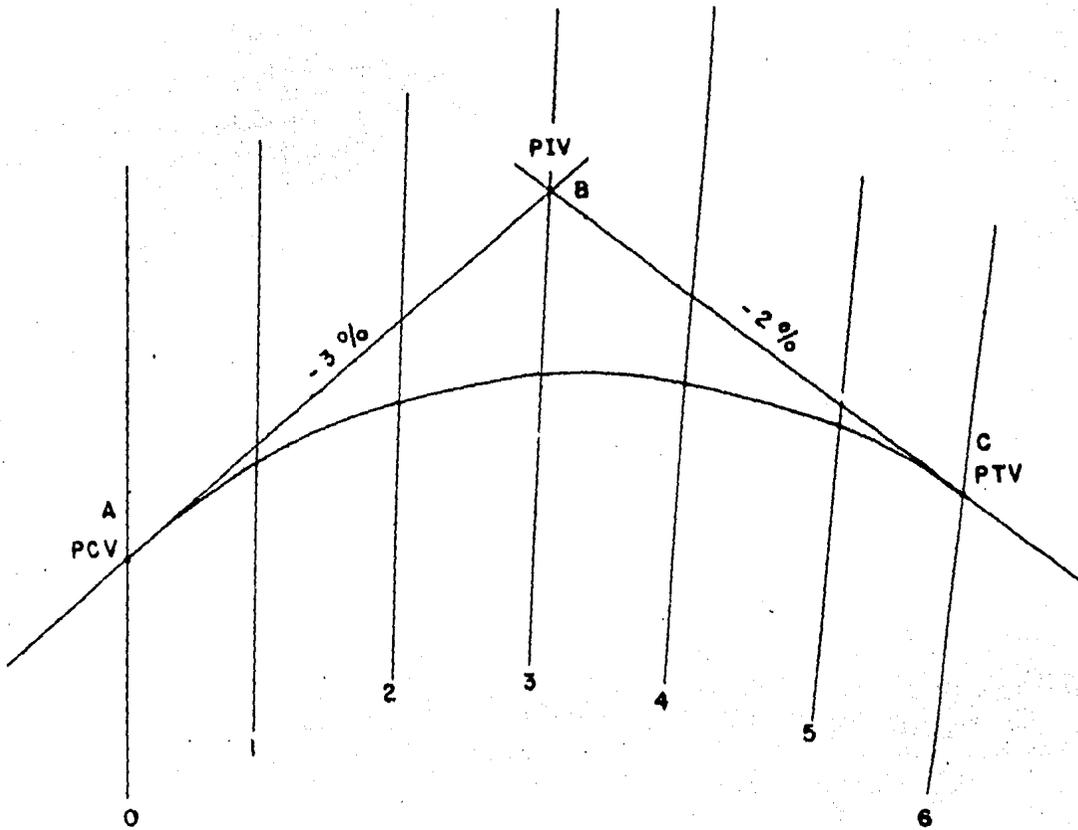


FIGURA NO. 31

$$v = \frac{1\%}{\text{estación}}$$

$$V = (3\%) - (-2\%)$$

$$V = 5\%; v = \frac{1\%}{\text{estación}}$$

$$L = \frac{5}{1} = 5 \text{ estaciones}$$

Por la primera observación tenemos:
 $L = 6$ estaciones.

$$\frac{100}{3} = \frac{20}{x}$$

$$x = \frac{60}{100} = 0.60\text{cm}$$

$$\frac{100}{-2} = \frac{20}{x}$$

$$x = \frac{-40}{100} = 0.40\text{cm}$$

| x punto | x ² | Cotas sobre AC | Cotas sobre BD | k | kx ² |
|---------|----------------|----------------|----------------|--------|-----------------|
| 0 | 0 | 100.00 | | 0.0833 | 0 |
| 1 | 1 | 100.60 | | 0.0833 | 0.0833 |
| 2 | 4 | 101.20 | | 0.0833 | 0.3332 |
| 3 | 9 | 101.80 | 101.80 | 0.0833 | 0.7497 |
| 4 | 16 | 102.40 | 101.40 | 0.0833 | 1.3333 |
| 5 | 25 | 103.00 | 101.00 | 0.0833 | 2.0833 |
| 6 | 36 | 103.60 | 100.00 | 0.0833 | 2.9999 |

$$k = \frac{\text{cota C} - \text{cota D}}{x^2} = \frac{103.60 - 100.60}{36} = \frac{3}{36} = 0.083$$

| x | Cotas curva | Cotas terreno | Corte o terraplén |
|---|-------------|---------------|-------------------|
| 0 | 100.00 | 99.76 | +0.24 |
| 1 | 100.52 | 100.30 | +0.22 |
| 2 | 100.87 | 101.00 | -0.13 |
| 3 | 101.05 | 101.50 | -0.45 |
| 4 | 101.07 | 101.10 | -0.03 |
| 5 | 100.92 | 100.70 | +0.22 |
| 6 | 100.60 | 100.50 | +0.10 |

Se prefiere tener un número par de cuerdas de tal manera que si el valor obtenido es noni; se toma el inmediato superior.

Se puede calcular la curva en función de la variación por cuerda. A la cota inicial se le aumenta el valor de la variación por una cuerda de 20 metros, y por la pendiente correspondiente; a este valor se le resta el valor de la constante k multiplicada por la abscisa correspondiente elevada al cuadrado, esto nos dará la primera cota sobre la curva del siguiente punto; a este valor se le vuelve a agregar la variación por 20 metros y se le resta (k x 3) en esta forma se prosigue hasta determinar las cotas de la curva parabólica; de antemano deberá de haberse calculado la cota de la curva donde termina, a efecto de comprobar si el valor obtenido por las sumas y diferencias corresponde al valor calculado anteriormente.

Para encontrar la longitud ideal de una curva vertical deberá de tomarse en cuenta el criterio de seguridad que depende del tipo de vehículo que va a transitar en la carretera que se está proyectando. Debe tenerse en cuenta la comodidad y apariencia de acuerdo a ciertos criterios ya establecidos, para los cuales existen manuales de proyecto geométrico en carreteras o ferrocarriles.

A S T R O N O M I A .

Capítulo V

- 5.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.
- 5.2 DETERMINACION DE LA LONGITUD MEDIANTE ALTURAS ABSOLUTAS Y ALTURAS IGUALES DEL SOL.
- 5.3 DETERMINACION DE LA LATITUD MEDIANTE DISTANCIAS ZENITALES CIRCUMMERIDIANAS DEL SOL.
- 5.4 DETERMINACION DEL ACIMUT MEDIANTE ALTURAS ABSOLUTAS DEL SOL.
- 5.5 OBSERVACION DE LA POLAR PARA LA DETERMINACION DE LA LATITUD Y ACIMUT.
- 5.6 CALCULO DE PARES DE ESTRELLAS.

5.1 ORGANIZACION Y PLANEACION

El objetivo de la práctica es afianzar los conocimientos astronómicos adquiridos por el alumno y que aplicará en su futuro ejercicio profesional.

El coordinador de prácticas elegirá el lugar apropiado para la realización de esta práctica.

Se deberá de organizar anticipadamente el equipo necesario.

Es importante contar con la presencia de un asesor que auxilie a los alumnos en cada uno de los temas correspondientes a astronomía.

Los puntos que se deben tomar en cuenta para una correcta planeación en el desarrollo de la práctica se presentan a continuación:

- 1.- Ordenar el equipo necesario para la práctica.
- 2.- Definir la zona de trabajo para las brigadas.
- 3.- Planear el trabajo de manera tal que se tenga tiempo entre observación y observación para poder tomar alimentos. Si no fuera posible se puede organizar a las brigadas para que la mitad quede observando y la otra mitad vaya a alimentarse, de tal manera que la mitad del grupo salga y la otra se quede.
- 4.- Llevar a cabo los cálculos correspondientes después de cada método de observación.
- 5.- Observar de acuerdo a las restricciones y condiciones establecidas en la teoría respectiva.
- 6.- Planear de acuerdo a los días necesarios para la realización de esta práctica las actividades correspondientes a cada uno de ellos, tratando de cubrir en lo posible lo establecido en el programa de actividades de acuerdo a nuestras posibilidades.
- 7.- Realizar un reporte por brigada en el cual se incluirá todo el desarrollo de la práctica así como los cálculos respectivos.

Se recomienda observar los siguientes aspectos para prever contingencias.

- Hacer una lista del equipo necesario para la práctica revisando que este completo.
- Tener cuidado de que el equipo vaya en lugar seguro a la hora del traslado, ya que por tratarse de equipo muy delicado se puede averiar.
- Para el cálculo respectivo es importante llevar calculadoras.

5.2 DETERMINACION DE LA LONGITUD MEDIANTE ALTURAS IGUALES Y ALTURAS ABSOLUTAS DEL SOL.

Generalidades.

En el concepto astronómico, la tierra tiene la forma de una esfera cuyo radio mide aproximadamente 6,378 kilómetros. Desde su superficie podemos contemplar la distribución de innumerables estrellas, estas se ven como si estuvieran fijadas sobre una bóveda transparente cuyo radio es infinito; a esta esfera imaginaria se le llama esfera celeste.

Las líneas, planos y círculos que conforman la esfera celeste son los siguientes:

-Línea de la vertical.-Señalada cuando suspendemos una plomada. Al prolongar esta línea hasta la bóveda celeste nos marca los puntos llamados "zenit", hacia arriba del observador y "nadir" hacia abajo de este.

-Línea del eje polar.-Esta línea materializa los polos Norte y Sur (P y P') al intersectarse con la superficie de la tierra. (Ver figura No. 32).

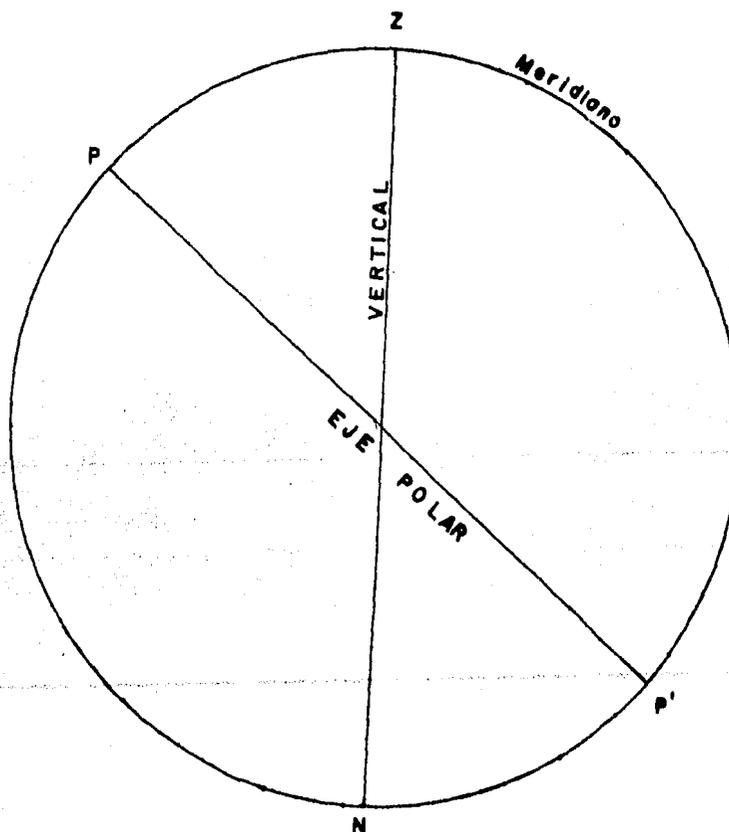


FIGURA NO. 32

-Línea meridiana.-Se forma con la intersección de los planos del meridiano y del horizonte.

-Plano vertical.-Es un círculo máximo que contiene una línea vertical

-Círculo máximo.-Sobre la superficie esférica de la tierra, la distancia más corta entre dos puntos, es el arco a lo largo de la superficie que se encuentra justamente sobre la línea recta. Este arco está formado por la intersección de la superficie esférica con el plano que pasa a través de los dos puntos y el centro de la tierra. El círculo establecido por la intersección de este plano con la superficie esférica, si se prolonga, divide a la tierra en dos hemisferios, y se llama círculo máximo.

-Plano del meridiano.-Es un plano vertical que contiene a la línea de los polos. Por cada lugar de la tierra solo pasa un plano meridiano.

-Plano del horizonte.-Es el círculo máximo que divide a la esfera celeste en dos partes iguales y es perpendicular a la vertical del lugar. (Ver figura No. 33).

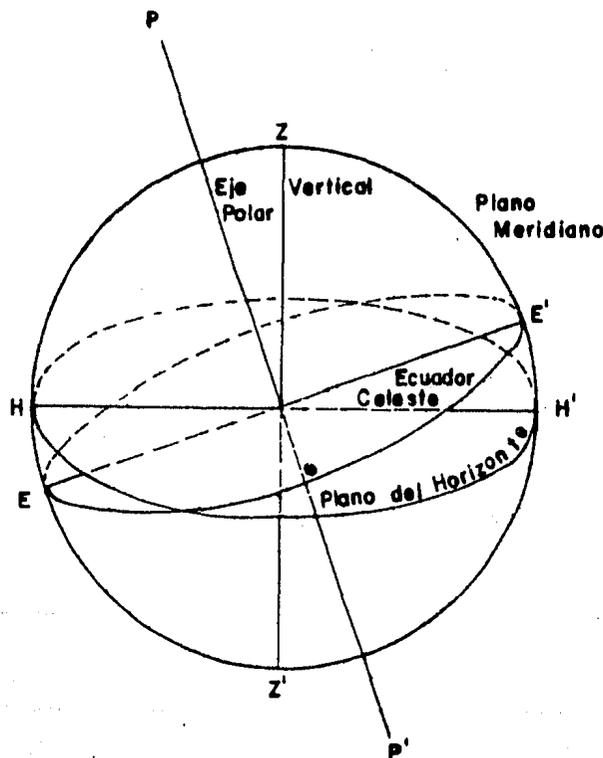


FIGURA NO. 33

-Primer vertical.-Es un plano vertical que forma un ángulo de 90° con el plano del meridiano.

-Plano del Ecuador.-Es un círculo máximo, divide a la esfera celeste en dos partes iguales y es perpendicular al eje del mundo. (Figura No. 34)

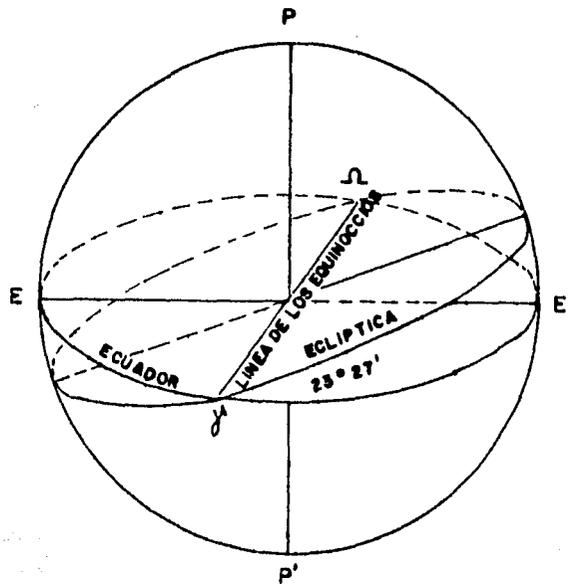


FIGURA NO. 34

-Plano de la eclíptica.-Es el que contiene a la órbita de la tierra en su movimiento anual alrededor del sol.

-Círculos horarios.-Son círculos máximos de la esfera celeste que pasan por el polo y contienen al eje del mundo. (Ver figura No. 35)

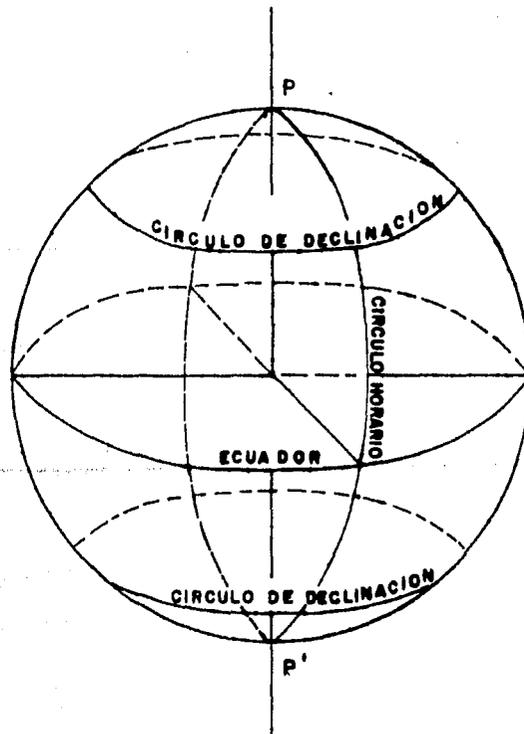


FIGURA NO. 35

-Círculos menores o de declinación.-Son los planos en que se hallan contenidas las trayectorias aparentes de las estrellas y son paralelos al Ecuador.

-La meridiana.-Línea en que se cortan los planos del meridiano y del horizonte. (Ver figura No. 36).

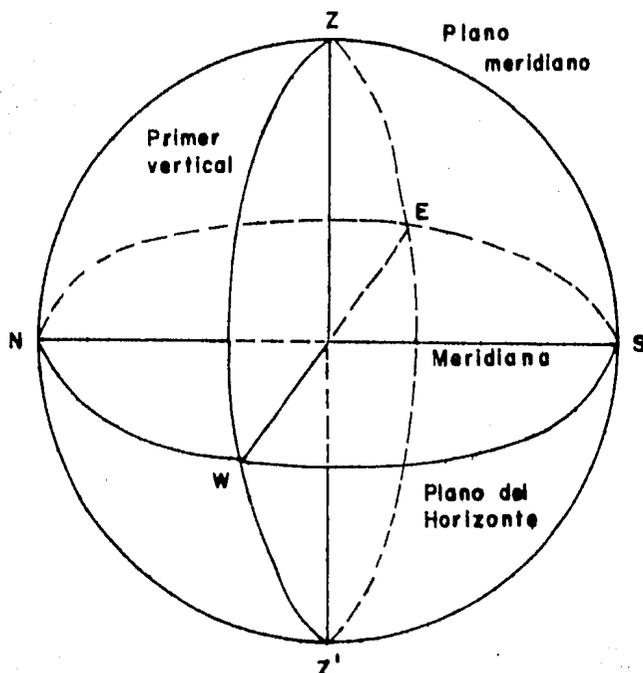


FIGURA NO. 36

-Línea de los equinoccios.-Línea de intersección de los planos del Ecuador y la eclíptica. Uno de sus extremos es el punto vernal, punto o equinoccio de primavera.

Coordenadas.

Para fijar la posición de un astro se deben determinar las coordenadas horizontales, ecuatoriales, etc., y la de un punto sobre la superficie de la tierra, por medio de las coordenadas geográficas.

-Coordenadas horizontales.-Coordenadas con relación al horizonte los elementos que la componen son altura y azimut. (Ver figura No. 37).

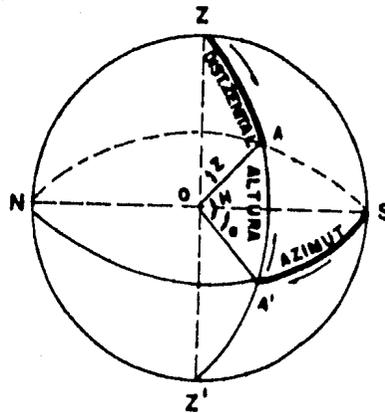


FIGURA NO. 37

-Coordenadas ecuatoriales.-Existen dos tipos:

- a) Con relación a declinación y ángulo horario.
- b) Con relación a declinación y ascensión recta. (Ver figuras No. 38 y 39).

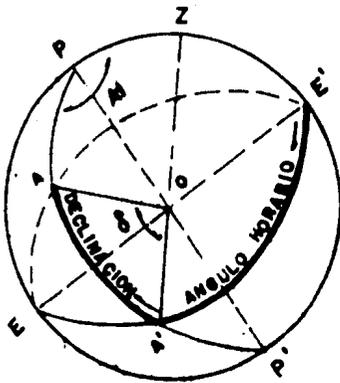


FIGURA NO. 38

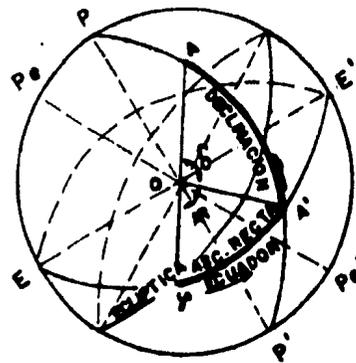


FIGURA NO. 39

-Coordenadas geográficas.-Son coordenadas relacionadas a la longitud y latitud. (Ver figuras No. 40 y 41).

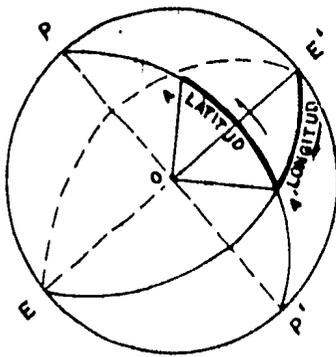


FIGURA NO. 40

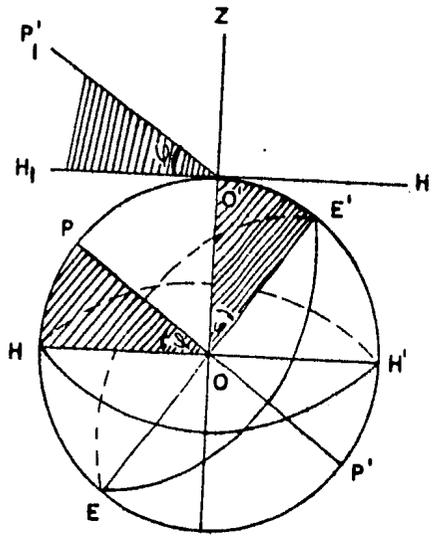


FIGURA NO. 41

Para la medida del tiempo, se utilizan horas basadas en la posición del sol o las estrellas. En el caso del sol se trata de la hora verdadera o local y la hora media o legal; en el caso de las estrellas se trata de las horas siderales, en donde:

-Hora sideral.-El tiempo sideral en cualquier meridiano, en un instante dado, es igual al ángulo horario del equinoccio de primavera, medidos desde el tránsito superior por ese meridiano.

-Hora local.-El ángulo horario del sol, contado desde el tránsito inferior de cualquier lugar, es el tiempo solar de ese meridiano y puede ser aparente o medio, según se haga referencia al sol verdadero o medio.

-Hora legal.-Hora basada en el tránsito del sol sobre cierto meridiano específico, llamado meridiano de hora y adoptado para el uso en un área considerable. Con pocas excepciones la hora media está basada en algún meridiano que difiera del de Greenwich en un múltiplo de 15°.

Hora sideria = ángulo horario + ascensión recta.

Hora media = Tiempo verdadero + ecuación del tiempo.

Hora local = 12 ± ángulo horario + ecuación del tiempo.

+ Si el sol está al oeste del meridiano del lugar.

- Si el sol está al este del meridiano del lugar.

Abreviaturas:

z = distancia zenital

φ = latitud

δ = declinación

H = ángulo horario

R = ascensión recta

TSL = tiempo sideral local

TML = tiempo medio local

ΔT = incremento del tiempo

$12+E$ = ecuación del tiempo

TMM90° = tiempo medio del meridiano 90°

ξ = distancia zenital meridiana

x = dirección

Longitud.

Para la determinación de la longitud geográfica se debe tener en cuenta la importancia del punto por situar, ya que dependiendo de esto se tienen las siguientes clasificaciones:

- 1.- Determinaciones de exploración.-Se acepta un error probable máximo de $\pm 1''$ de arco.
- 2.- Determinaciones semiprecisas.-La tolerancia es de $\pm 0.3''$ en arco.
- 3.- Determinaciones precisas.-La tolerancia es de $\pm 0.1''$ de arco.

Para alcanzar tales precisiones es necesario emplear los instrumentos y los procedimientos adecuados de observación.

Las determinaciones de exploración son operaciones poco precisas, en las cuales, el tiempo puede determinarse por alturas absolutas del sol o de las estrellas, o bien por alturas iguales, empleando un tránsito de minuto, o un sextante; la recepción de las señales de tiempo es al oído.

5.2.1 Método de alturas iguales.

Para la determinación de la longitud es necesario hacer dos operaciones:

- 1.- Determinación del tiempo local por observaciones astronómicas.
- 2.- Comparación del tiempo local con el de Greenwich.

El primer punto no es más que la determinación del tiempo, y el segundo no es necesario compararlo con el tiempo local de Greenwich, sino con el local de algún punto cuya longitud se conozca. Es necesario considerar la ecuación del tiempo a la hora de paso del sol.

Las fórmulas que se utilizan son las siguientes:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos H .$$

$$\Delta T + TML_E = (12 + E) - H_E$$

$$\Delta T + TML_W = (12 + E) + H_W$$

$$2\Delta T + (TML_E + TML_W) = 2(12 + E) + (H_W - H_E)\Delta H$$

$$dH = \left(\frac{\tan \varphi}{\sin H} - \frac{\tan \delta}{\tan H} \right) d\delta$$

$$\Delta T = (12 + E) - \left(\frac{TML_E + TML_W}{2} \right) + \Delta H$$

$$\therefore \Delta T = (12 + E) - \left(\frac{TML_E + TML_W}{2} \right) + \left(\frac{\tan \varphi}{\sin H} - \frac{\tan \delta}{\tan H} \right) d\delta$$

El método de alturas iguales del sol consiste en observar éste a la misma altura, antes y después del mediodía. Para esto, entre las ocho y las once horas, se dirige una visual al astro, viéndolo a través de un vidrio obscuro llamado "helioscopio" (filtro), y una vez que esté en el campo del anteojo, se fija el tornillo de presión del movimiento vertical y se lee el ángulo de altura. Enseguida, por medio del movimiento vertical, se va siguiendo al sol hasta que uno de los bordes sea tangente al hilo horizontal de la retícula, y en ese instante se anota la hora hasta los minutos y segundos, y se espera que el otro borde sea tangente al mismo hilo, en ese momento se vuelve a leer el reloj. Después del mediodía se ve si no ha sufrido alteración la inclinación del anteojo, y se vuelven a anotar las horas en que los dos bordes del sol sean tangentes a los hilos. Si se quiere evitar el riesgo de que se pierda la observación por interposición de nubes, se pueden hacer varias series bajo diferentes ángulos verticales.

Ejemplo:

I.- Fórmulas.

$$\Delta T = (12 + E) - \frac{1}{2} (TML_W + TML_E) + \frac{\Delta H}{2}$$

$$\frac{\Delta H}{2} = \left(\frac{\tan \varphi}{\sin H} - \frac{\tan \delta}{\tan H} \right) \Delta \delta$$

$$\Delta S_{\text{arco}} = H \cdot V^{\circ} H \quad ; \quad \Delta S_{\text{tiempo}} = \frac{H \cdot V^{\circ} H}{15} = \frac{\delta_E - \delta_W}{30}$$

II.-Registro de las observaciones.

a) Observación matutina.

| Tangencia | Hora | | | Promedios | | |
|-----------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------|---------------------------------|---------------------------|
| D | 10 ^h | 11 ^m | 04 ^s .8 | | | |
| D | 10 | 13 | 20.5 | | | |
| | | | | 1-6 | 10 13 | 27.1 |
| D | 10 | 12 | 19.9 | | | |
| | | | | 2-5 | 10 13 | 27.0 |
| I | 10 | 14 | 35.1 | | | |
| | | | | 3-4 | 10 13 | 27.5 |
| I | 10 | 13 | 33.6 | | | |
| | | | | PROMtotal | 10 13 | 27.2 |
| | | | | | | Treloj=+1 ^s .0 |
| I | 10 | 15 | 49.4 | | | |
| | | | | | 10 ^h 13 ^m | 28 ^s .2 |

b) Observación vespertina.

| Tangencia | Hora | | | Promedios | | |
|-----------|-----------------|-----------------|--------------------|-------------|---------------------------------|---------------------------|
| D | 14 ^h | 57 ^m | 28 ^s .7 | | | |
| D | 14 | 59 | 44.9 | | | |
| | | | | 1-6 | 14 59 | 51.8 |
| D | 14 | 58 | 43.7 | | | |
| | | | | 2-5 | 14 59 | 51.7 |
| I | 15 | 00 | 59.3 | | | |
| | | | | 3-4 | 14 59 | 51.5 |
| I | 14 | 59 | 58.5 | | | |
| | | | | PROM. total | 14 59 | 51.7 |
| | | | | | | Treloj=+1 ^s .4 |
| I | 15 | 02 | 14.8 | | | |
| | | | | | 14 ^h 59 ^m | 53 ^s .1 |

III.-Cálculos de los datos para la sustitución en fórmula.

a) Tiempos.

$$\frac{1}{2} (T_W + T_E) = 12 \ 36 \ 40.7$$

$$T_W + T_E = 25 \ 13 \ 21.3$$

$$T_W = 14 \ 59 \ 53.1$$

$$T_E = 10 \ 13 \ 28.2$$

$$T_W - T_E = 4 \ 46 \ 24.9$$

$$\frac{1}{2} (T_W - T_E) = 2 \ 23 \ 12.4$$

$$H = 2^h \ 23^m \ 12^s.4 = 2.3867917 = 35^\circ \ 48' \ 6''.7$$

b) Cálculo de las declinaciones.

| | Matutina | | | Vespertina | | |
|---------------------|----------|--------|---------|------------|--------|-----------|
| Hora de observación | 10 | 13 | 28.2 | 14 | 59 | 53.1 |
| 12 horas | -12 | 00 | 00.0 | -12 | 00 | 00.0 |
| Intervalo | - 1 | 46 | 31.8 | 2 | 59 | 53.1 |
| Intervalo decimal | - | | 1.7755 | | | 2.9980833 |
| variación horaria | + | | 54.8 | + | | 54.8 |
| variación intervalo | - | | 1'37".3 | + | | 2' 44".29 |
| declinación a 12h. | + | 8 | 51 21.0 | + | 8 | 51 21.0 |
| declinación al ob. | E + | 8° 49' | 43".7 | W + | 8° 54' | 5".29 |

$$\frac{1}{2} (\delta_W + \delta_E) = 8^\circ 51' 54".5$$

$$\delta_W + \delta_E = 17 \ 43 \ 49.0$$

$$\delta_W = 8 \ 54 \ 5.3$$

$$\delta_E = 8 \ 49 \ 43.7$$

$$\delta_W - \delta_E = 0 \ 04 \ 21.6$$

$$\frac{1}{2} (\delta_W - \delta_E) = 0 \ 02 \ 10.8$$

$$\frac{1}{30} (\delta_W - \delta_E) = 0 \ 00 \ 8^s.72$$

IV.- Sustitución de los valores calculados, en las fórmulas (I).
a)

$$\frac{\Delta H}{2} = \left(\frac{\tan 18 \ 54 \ 2.0}{\sin 35 \ 48 \ 6.7} - \frac{\tan 8 \ 51 \ 54.5}{\tan 35 \ 48 \ 6.7} \right) 18.72$$

$$\frac{\Delta H}{2} = -3.22$$

b) Sustituyendo en la fórmula general:

$$\Delta T = 12^h \ 00^m \ 43^s.37 - 12^h \ 36^m \ 40^s.7 - 3^s.22$$

$$\Delta T = -0^h \ 35^m \ 54^s.08$$

$$\therefore \lambda = 6^h \ 35^m \ 54^s.08$$

5.2.2 Método de alturas absolutas del sol.

Procedimiento de observación.

- 1.- Centrar y nivelar el aparato.
- 2.- Se inicia la observación en posición directa haciendo tres tangencias, invirtiendo la posición del anteojo se realizaran otras tres tangencias, espaciadas entre observación y observación por 1'.
- 3.- Los promedios de las observaciones se harán de la siguiente manera:
 - 1ra en posición directa con última en posición inversa.
 - 2da en posición directa con penúltima en posición inversa.
 - 3ra en posición directa con antepenúltima en posición inversa.

4. -Deberá anotarse la temperatura de un termómetro dejado a la sombra y la lectura de un barómetro en mmHg.
5. -Las alturas ideales para un buen trabajo deben de estar entre 20 y 30 grados.

Para el método de alturas absolutas del sol se debe resolver el triángulo astronómico: (Figura No. 42).

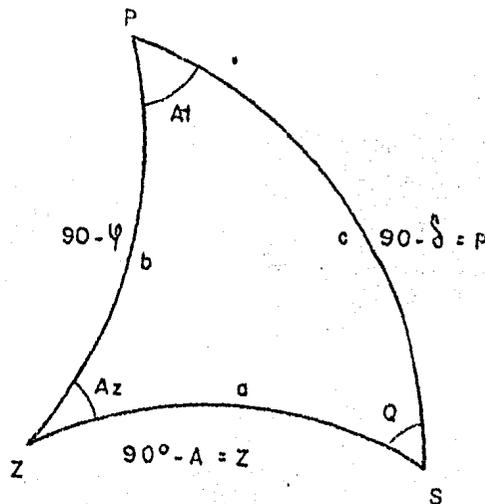


FIGURA NO. 42

Aplicando la ley de los cosenos:

$$\cos z = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos \theta$$

$$\cos \theta = \frac{\cos z - \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

$$T.M.L = (12+E) \pm \theta$$

12+E = Hora en que pasa el sol por el lugar de observación.

Se procede a restar el T.M.L del tiempo promedio de las observaciones.

Ejemplo:

I.- Observaciones.

| Obs. | C.V. | Tiempo | áng. vert. | Promedios T | áng. |
|------|------|---|----------------|---|---------------|
| 1 | D | 9 ^h 46 ^m 37 ^s .1 | 41° 25' 48".2 | 1-4 9 ^h 50 ^m 12 ^s .8 | 41° 19' 30.45 |
| 2 | D | 9 49 31.3 | 41° 13' 01".2 | | |
| 3 | I | 9 50 57.5 | 318° 34' 37".1 | 2-3 9 50 14.4 | 41° 19' 12.05 |
| | | | | P 9 50 13.8 | 41° 19' 21.25 |
| 4 | I | 9 51 46.6 | 318° 46' 47".3 | ΔT+ 2.2 | |
| | | | | 9 50 15.8 | |

Día 12-IV-85

P = 640 mmHg

T = 20.5°C

$\Delta T = +2^s.2$

II.- Cálculo de la corrección por refracción.

$$R = 60''.6 \tan z \left(\frac{P}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004T} \right)$$

sustituyendo:

$$R = 60''.6 \tan(41^\circ 19' 21''.25) \left(\frac{640}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004(20.5)} \right)$$

$$R = 41''.36$$

$$P = 8''.8 \sin(41^\circ 19' 21''.25) = 5''.8$$

$$z = 41^\circ 19' 21''.25 + 35''.56 = 41^\circ 19' 56''.81$$

III.- Cálculo del ángulo horario (H)

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\cos z - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \right]$$

Declinación

| | | | |
|---------------------|-----|-----------------|------|
| Hora de obs. | 9 | 50 | 15.6 |
| 12 horas | -12 | 00 | 00.0 |
| Intervalo | -2 | 09 | 44.4 |
| Intervalo decimal | - | 2.1623333 | |
| Variación horaria | + | 54''.4 | |
| | | - 0° 1' 57''.63 | |
| declinación 12hrs. | + | 9° 13' 6''.8 | |
| declinación al ob. | + | 9° 11' 9''.17 | |
| latitud del anuario | = | 18° 54' 2''.0 | |

$$B = [(\cos 41^\circ 19' 56''.81) - (\sin 18^\circ 54' 2''.0)(\sin 9^\circ 11' 9''.17)]$$

$$C = [(\cos 18^\circ 54' 2''.0)(\cos 9^\circ 11' 9''.17)]$$

$$H = \cos^{-1} \left(\frac{B}{C} \right)$$

$$H = 41^\circ 31' 42''.43 = 2^h 46^m 6^s.83$$

TSL = H \pm H

+ al occidente
- al oriente

$$TSL = 1^h 24^m 13.95 + 2^h 46^m 6^s.83$$

$$TSL = 4 10 20.78$$

$$\text{-reloj} = \underline{9 \ 50 \ 15.8}$$

$$\Delta T = 5^h 39^m 55.02$$

5.3 DETERMINACION DE LA LATITUD MEDIANTE DISTANCIAS ZENITALES CIRCUMMERICANAS DEL SOL.

Si se observa el sol en el meridiano, no puede repetirse la observación ni invertir el anteojo, lo cual constituye un inconveniente para eliminar el error de colimación y también para obtener algunos resultados que permitan hacer el cálculo de los errores medio y probable del resultado.

Dicho inconveniente se supera observando el astro cerca del meridiano (antes y después), haciendo cuantas observaciones lo permita el intervalo adecuado, con objeto de considerar que la diferencia entre las distancias zenitales del astro, dentro del meridiano y fuera de él, es una cantidad muy pequeña.

Para llevar a cabo los cálculos necesarios, tenemos las siguientes fórmulas:

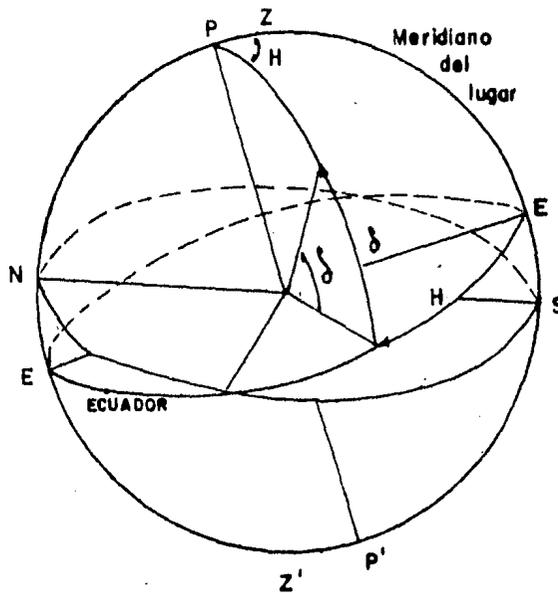


FIGURA NO. 43

$$\epsilon = z - x$$

$$TML = (12+E) + H \quad ; \quad 12+E \text{ es constante}$$

$$TML = TMM90^\circ \pm \Delta\lambda$$

Partiendo de las expresiones anteriores y mediante un desarrollo matemático llegamos a:

$$\epsilon = z - Cm - \cot z Cn^2$$

Donde:

$$C = \frac{\cos^2 \phi \cos \delta}{\sin z} \quad ; \quad m = \frac{2 \sin^2 \frac{H}{2}}{\sin 1''} \quad ; \quad n = \frac{2 \sin^4 \frac{H}{2}}{\sin 1''}$$

$$\varphi = \begin{Bmatrix} \delta + \epsilon \\ \delta - \epsilon \end{Bmatrix}$$

Ejemplo:

1.- Observaciones.

| No | Hora | Z | Zo | Correc. de Indice | Correc. R+P |
|----|--|------------|-----------|----------------------|----------------|
| 1 | 12 ^h 28 ^m 27 ^s .1 | 9°34'11.2 | 9°49'33.4 | +58°.9 | +6°.5 |
| | 12 29 00.7 | 10 04 55.7 | | | |
| 2 | 12 29 21.2 | 10 03 51.1 | 9 47 05.1 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 29 54.9 | 9 30 19.1 | | | |
| 3 | 12 30 12.8 | 9 29 55.1 | 9 45 19.8 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 30 46.8 | 10 00 44.6 | | | |
| 4 | 12 31 10.7 | 9 59 40.6 | 9 43 17.4 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 31 45.5 | 9 26 54.2 | | | |
| 5 | 12 32 08.7 | 9 26 01.9 | 9 42 00.4 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 32 28.1 | 9 57 58.8 | | | |
| 6 | 12 32 57.3 | 9 56 56.2 | 9 40 43.7 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 33 24.9 | 9 24 31.2 | | | |
| 7 | 12 33 49.5 | 9 24 18.3 | 9 39 55.2 | +58°.9 | +6°.3 |
| | 12 34 20.9 | 9 55 32.2 | | | |
| 8 | 12 34 52.5 | 9 55 02.9 | 9 39 03.0 | +58°.9 | +6°.3 |
| | 12 35 31.9 | 9 23 03.1 | | | |
| 9 | 12 35 52.5 | 9 22 53.2 | 9 38 46.4 | +58°.9 | +6°.3 |
| | 12 36 15.9 | 9 54 39.7 | | | |
| 10 | 12 36 38.6 | 9 54 46.2 | 9 38 48.6 | +58°.9 | +6°.3 |
| | 12 37 07.3 | 9 22 50.9 | | | |
| 11 | 12 37 29.9 | 9 23 02.6 | 9 39 15.8 | +58°.9 | +6°.3 |
| | 12 38 12.9 | 9 55 28.9 | | | |
| 12 | 12 38 39.9 | 9 55 52.8 | 9 40 03.1 | +58°.9 | +6°.3 |
| | 12 39 04.5 | 9 24 13.3 | | | |
| 13 | 12 39 30.9 | 9 24 23.8 | 9 40 57.0 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 40 02.7 | 9 57 30.1 | | | |

| | | | | | |
|----|------------|------------|-----------|--------|-------|
| 14 | 12 40 24.6 | 9 57 56.7 | 9 42 15.0 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 40 57.9 | 9 26 33.3 | | | |
| 15 | 12 41 22.9 | 9 27 11.8 | 9 43 48.8 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 41 50.6 | 10 00 25.7 | | | |
| 16 | 12 42 12.8 | 10 01 02.8 | 9 45 34.2 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 42 42.8 | 9 30 05.5 | | | |
| 17 | 12 43 02.9 | 9 30 38.0 | 9 47 21.1 | +58°.9 | +6°.4 |
| | 12 43 33.5 | 10 04 04.2 | | | |
| 18 | 12 43 55.7 | 10 05 24.2 | 9 49 43.5 | +58°.9 | +6°.5 |
| | 12 44 18.9 | 9 34 02.8 | | | |

| No | Zc | Prom. | ΔT | Tc |
|----|-----------|--|------|--|
| 1 | 9°50'38.8 | 12 ^h 28 ^m 43 ^s .9 | +2.3 | 12 ^h 28 ^m 46 ^s .2 |
| 2 | 9 48 10.4 | 12 29 38.1 | +2.3 | 12 29 40.4 |
| 3 | 9 46 25.1 | 12 30 29.8 | +2.3 | 12 30 32.1 |
| 4 | 9 44 22.7 | 12 31 28.1 | +2.3 | 12 31 30.4 |
| 5 | 9 43 05.7 | 12 32 18.4 | +2.3 | 12 32 20.7 |
| 6 | 9 41 49.0 | 12 33 11.1 | +2.3 | 12 33 13.3 |
| 7 | 9 41 00.4 | 12 34 05.2 | +2.3 | 12 34 07.5 |
| 8 | 9 40 08.2 | 12 35 12.2 | +2.3 | 12 35 14.5 |
| 9 | 9 39 51.6 | 12 36 04.2 | +2.3 | 12 36 06.5 |
| 10 | 9 39 53.8 | 12 36 53.0 | +2.3 | 12 36 55.3 |
| 11 | 9 40 21.0 | 12 37 51.4 | +2.3 | 12 37 53.7 |
| 12 | 9 41 08.3 | 12 38 52.2 | +2.3 | 12 38 54.5 |
| 13 | 9 42 02.3 | 12 39 46.8 | +2.3 | 12 39 49.1 |
| 14 | 9 43 20.3 | 12 40 41.3 | +2.3 | 12 40 43.5 |
| 15 | 9 44 54.1 | 12 41 36.8 | +2.3 | 12 41 39.1 |
| 16 | 9 46 39.5 | 12 42 27.8 | +2.3 | 12 42 30.1 |
| 17 | 9 48 26.4 | 12 43 18.2 | +2.3 | 12 43 20.5 |
| 18 | 9 50 48.9 | 12 44 07.3 | +2.3 | 12 44 09.6 |

Tomando del Método de alturas iguales del Sol la diferencia de longitud tenemos:

$$\Delta\lambda = 0^h 35^m 54^s.08$$

Día 12-IV-85

$$\begin{aligned} \text{Hora de paso por el M90} &= 12^h 00^m 28^s.1 \\ &= 00 \quad 35 \quad 54.08 \end{aligned}$$

$$\text{Hora paso local} = 12^h 36^m 22^s.18$$

$$\text{Latitud del anuario} = 18^\circ 54' 54''$$

Continuando con la tabla:

| No. | K | m | n | Am | Zmeridiana | LATITUD |
|---------------------|----------|-------|-----|------------|--------------|---------------|
| $12^h 36^m 22^s .1$ | | | | | | |
| 1 | 07 35.9 | 113.4 | 0.0 | 10' 30".7 | 9°40' 8".10 | 18°53' 48".03 |
| 2 | 06 41.8 | 88.0 | 0.0 | 8' 9".46 | 9 40' 0".94 | 18 53' 40".87 |
| 3 | 05 50.1 | 66.8 | 0.0 | 6' 11".54 | 9 40' 13".50 | 18 53' 53".43 |
| 4 | 04 51.8 | 46.4 | 0.0 | 4' 18".08 | 9 40' 4".62 | 18 53' 44".55 |
| 5 | 04 01.5 | 31.8 | 0.0 | 2' 56".90 | 9 40' 8".80 | 18 53' 48".73 |
| 6 | 03 08.9 | 19.5 | 0.0 | 1' 48".46 | 9 40' 0".54 | 18 53' 40".47 |
| 7 | 02 14.7 | 9.91 | 0.0 | 0' 55".12 | 9 40' 5".28 | 18 53' 45".21 |
| 8 | 01 07.7 | 2.5 | 0.0 | 0' 13".91 | 9 39' 54".20 | 18 53' 34".13 |
| 9 | 00 15.7 | 0.1 | 0.0 | 0' 00".56 | 9 39' 51".00 | 18 53' 30".93 |
| 10 | -00 33.1 | 0.6 | 0.0 | 0' 03".34 | 9 39' 50".40 | 18 53' 30".33 |
| 11 | -01 31.5 | 4.6 | 0.0 | 0' 25".59 | 9 39' 55".4 | 18 53' 35".33 |
| 12 | -02 32.3 | 12.6 | 0.0 | 1' 10".08 | 9 39' 58".2 | 18 53' 38".13 |
| 13 | -03 26.9 | 23.3 | 0.0 | 2' 9".60 | 9 39' 52".7 | 18 53' 32".63 |
| 14 | -04 21.3 | 37.2 | 0.0 | 3' 26".90 | 9 39' 53".4 | 18 53' 33".33 |
| 15 | -05 16.9 | 54.8 | 0.0 | 5' 4".80 | 9 39' 49".3 | 18 53' 29".23 |
| 16 | -06 7.9 | 73.9 | 0.0 | 6' 51".03 | 9 39' 48".4 | 18 53' 28".33 |
| 17 | -06 58.3 | 95.4 | 0.0 | 8' 50".61 | 9 39' 35".7 | 18 53' 15".63 |
| 18 | -07 47.4 | 119.2 | 0.0 | 11' 02".99 | 9 39' 45".9 | 18 53' 25".83 |

Finalmente promediando las observaciones tenemos:

Latitud promedio = $18^{\circ} 53' 31".90$

5.4 DETERMINACION DEL ACIMUT MEDIANTE ALTURAS ABSOLUTAS DEL SOL.

Este método se emplea generalmente para trabajos ordinarios.

La latitud del lugar debe conocerse con 01' de aproximación así también, la altura del sol deberá medirse con 01', para tener en el acimut calculado una seguridad de $\pm 01'$. (Ver figura No. 44).

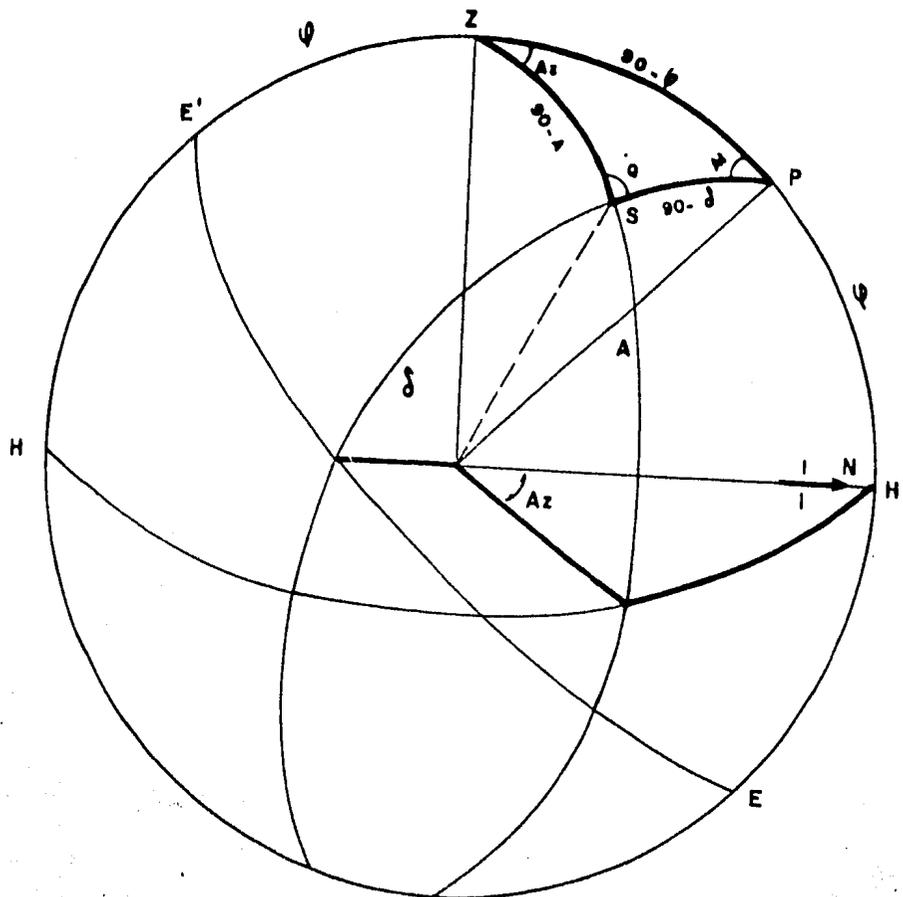


FIGURA NO. 44

Del triángulo astronómico PZS por ley de cosenos:
 $\cos(90^\circ - \delta) = \cos(90^\circ - \varphi) \cos(90^\circ - a) + \text{sen}(90^\circ - \varphi) \text{sen}(90^\circ - a) \cos Az$
 $\text{sen} \delta = \text{sen} \varphi \text{sen} a + \cos \varphi \cos a \cos Az$

$$\cos Az = \frac{\text{sen} \delta - \text{sen} \varphi \text{sen} a}{\cos \varphi \cos a}$$

En el mismo triángulo esférico, y también por ley de cosenos se obtiene:

$$\cos H = \frac{\text{sen} a - \text{sen} \delta \text{sen} \varphi}{\cos \delta \cos \varphi}$$

Si el sol se observó en la mañana, su acimut se contara a partir del Norte hacia el Este, y si se observó en la tarde, después de su paso por el meridiano, el ángulo que resulte para el acimut será hacia el Oeste.

Datos de campo { lugar
 fecha
 áng. horizontal línea-sol
 áng. vertical del sol
 hora de observación
 temperatura
 presión

Las observaciones pueden hacerse entre las 8 y 9 horas o entre las 15 y 16 horas.

Ejemplo de cálculo de acimut por distancias zenitales absolutas.

I.- Observaciones.

| No. | P.V | P. cir. vert. | Cuadrante | Hora | ⊙ | ⊙ |
|-----|-------|---------------|-----------|------------|-------------|--------------|
| A | señal | I | XXXXXX | XXXXXXXXXX | 55°30'29".0 | XXXXXXXXXX |
| 1 | sol | I | | 8 31 31.8 | 61 13 56.0 | 300°14'59".8 |
| 2 | sol | I | | 8 32 37.3 | 61 17 53.1 | 300 27 47.0 |
| 3 | sol | I | | 8 33 15.5 | 61 21 00.4 | 300 38 25.0 |
| 4 | sol | D | | 8 34 59.9 | 242 09 06.2 | 59 29 06.0 |
| 5 | sol | D | | 8 35 43.9 | 242 12 26.3 | 59 18 31.8 |
| 6 | sol | D | | 8 36 29.3 | 242 16 10.0 | 59 06 00.0 |
| B | señal | D | XXXXXX | XXXXXXXXXX | 235 31 12.3 | XXXXXXXXXX |

Día 12-Abril-85

T = 21° C
 P = 640 mmHg
 T = +1°.1

II.- Promedios.

| | T | ⊙ | ⊙ |
|-----|------------------|--------------------|--------------------|
| 1-6 | 8 34 0.55 | 241° 45' 3".0 | 59° 25' 30".1 |
| 2-5 | 8 34 10.60 | 241 45 9 .7 | 59 25 22 .4 |
| 3-4 | <u>8 34 7.70</u> | <u>241 45 5 .1</u> | <u>59 25 20 .5</u> |
| | 8 34 6.28 | 241 45 5 .93 | 59 25 24 .33 |

III.-Cálculo de la declinación.

| | |
|----------------------|---------------------|
| Hora de Observación | 8 34 7.38 |
| Hora base | <u>-12 00 00.00</u> |
| Intervalo | - 3 25 52.62 |
| Intervalo dec. | - 3.4312833 |
| Var. horaria | <u>+ 54".8</u> |
| Var. en el intervalo | - 3' 8".03 |
| Declinación 12 hrs. | <u>+ 8 51 21.0</u> |
| Declinación al obs. | + 8 48 12.97 |

IV.- Corrección por refracción.

$$R = 60°.6 \cot a \left(\frac{P}{762} \right) \left(\frac{1}{1+0.004T} \right)$$

$$R = 60°.6 \tan (59°25'24".33) \left(\frac{640}{762} \right) \left(\frac{1}{1+0.004(21)} \right)$$

$$R = 0° 01' 19".47$$

$$Zc = 59^{\circ} 26' 43''.8$$

V.- Cálculo de acimut.

$$\psi_{\text{dist. zenitales}} = 18^{\circ} 53' 31''.9$$

circunmeridianas

$$S = \frac{\psi + \delta + a}{2}$$

$$S = \frac{18^{\circ} 53' 31''.9 + 8^{\circ} 48' 12''.97 + 30^{\circ} 33' 16''.2}{2} = 29^{\circ} 07' 30''.5$$

$$\frac{\text{sen } Az}{2} = \frac{\text{sen}(S - \delta) \text{Cos } S}{\text{cos } a \text{ cos } \psi}$$

$$A = [\text{sen}(29^{\circ} 07' 30''.5 - 8^{\circ} 48' 12''.97) \text{cos } 29^{\circ} 07' 30''.5]$$

$$B = [(\text{cos } 30^{\circ} 33' 16''.2)(\text{cos } 18^{\circ} 53' 31''.9)]$$

$$\frac{\text{Sen } Az}{2} = \frac{\sqrt{A}}{B}$$

$$Az_{\text{sol}} = 75^{\circ} 12' 32''.33.$$

VI.-Acimut línea.

| | | |
|--------------------------|----------|--------|
| Acimut | 75° 12' | 32".33 |
| -áng. H _{sol} | 241° 45' | 5".93 |
| Acimut O. | -166 32 | 33.60 |
| +áng. H _{señal} | 235 31 | 12.30 |
| Azimut línea | 68° 58' | 38".70 |

5.5 OBSERVACION DE LA POLAR PARA LA DETERMINACION DE LA LATITUD Y ACIMUT.

Para la determinación de la latitud en el caso de la estrella polar, cuyos movimientos en acimut y altura, son muy lentos, es conveniente usar la fórmula de Litrow:

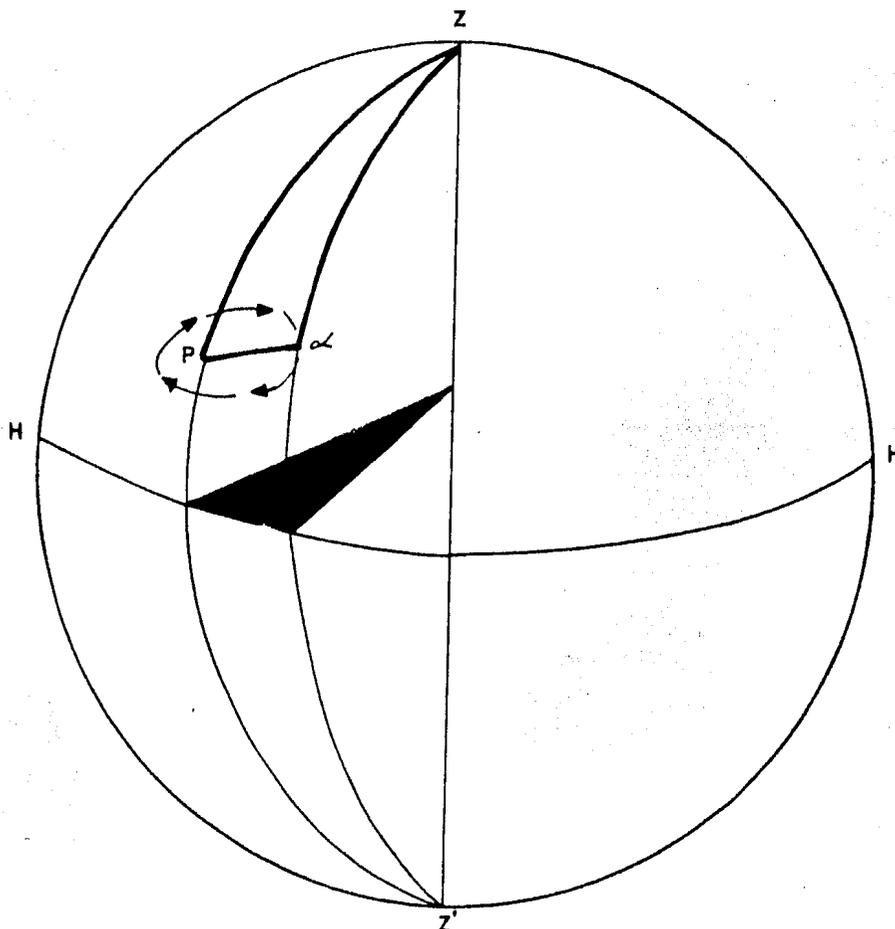
$$\text{Pero } \psi = a_{\text{polar}} - x = a_{\text{polo}}$$

$$x = p \text{ cos } H - \frac{p^2}{2} \tan a \text{ sen}^2 H \text{ sen } 1''$$

en la que la (a) es la altura de la estrella polar, debidamente corregida por refracción; $p=90^{\circ} - \delta$. H = el ángulo horario en el momento de observación el cual requiere el conocimiento de la ΔT del cronómetro, que debe haberse determinado previamente.

Para el cálculo del acimut observando la estrella polar en cualquier momento se deduce la siguiente fórmula por la ley de los senos: (Ver figura No. 45).

$$\frac{\text{sen } \widehat{Pz\alpha}}{\text{sen } \widehat{P\alpha}} = \frac{\text{sen } z\widehat{P\alpha}}{\text{sen } z\widehat{\alpha}}$$



| | |
|---|---|
| $\alpha = \text{Polar}$ | $\widehat{Pz} = 90^\circ - \varphi$ |
| $\widehat{P\alpha} = 90^\circ - \delta$ | $\widehat{ZP\alpha} = \text{ángulo horario (AI)}$ |
| $\widehat{Z\alpha} = 90^\circ - A$ | $\widehat{PZ\alpha} = \text{azimut de } \alpha$ |

FIGURA NO. 45

También puede escribirse $\text{sen } Az = \frac{\text{sen } \delta \text{ cos } \varphi}{\text{cos } a}$

Si no se quiere que intervenga la altura de la estrella se puede emplear la fórmula siguiente:

$$\tan Az = \frac{\text{sen } \delta}{\text{cos } \varphi \tan \delta - \text{sen } \varphi \text{ cos } \delta}$$

Esta fórmula sólo debe aplicarse si el ángulo horario se ha obtenido con mucha exactitud.

Ya sea por fórmulas o por tablas es necesario el cálculo previo del ángulo horario para el momento de la observación. Esto implica la

necesidad de disponer de la hora y longitud del lugar con cierta exactitud.

El trabajo de campo consiste en medir el ángulo horizontal entre una línea en el terreno y la estrella, así como también su ángulo vertical, anotando la hora de observación. Esto debe hacerse en posición directa e inmediatamente en inversa, para promediar ángulos y horas, y calcular finalmente latitud y acimut de la línea. Se debe hacer por lo menos una serie de tres observaciones, para poder determinar con seguridad latitud y acimut.

Debe evitarse hacer observaciones cuando la estrella este cerca de su paso por el meridiano (culminación superior e inferior), pues en esas partes la trayectoria varía rápidamente su acimut y resultan observaciones inciertas.

Datos de campo { lugar
 fecha
 áng. horizontal línea-polar
 áng. vertical
 hora de observación
 temperatura
 presión

Ejemplo de cálculo de latitud y acimut por observaciones a la polar.

I.- Observaciones.

| Stop watch | e | φ | señal | T=13.5 °C P=595 |
|------------|-----------|-----------|-------|--------------------|
| | 0°00'00" | | | |
| h m s | | | | |
| 21 17 02 | 70°47'55" | 70°52'44" | D | |
| 21 17 56 | 70 48 00 | 70 52 57 | D | |
| 21 18 50 | 70 48 07 | 70 53 00 | D | |
| 21 20 13 | 250 48 20 | 289 06 25 | I | |
| 21 20 55 | 250 48 29 | 289 06 30 | I | |
| 21 21 56 | 250 48 37 | 289 06 25 | I | |
| | 179 59 58 | | | |

II.- Promedios.

| stop watch | e | φ |
|----------------|-----------|-------------|
| h m s | | |
| 1-6 21 19 29 | 70°48'16" | 70°53'09".5 |
| 2-5 21 19 25 | 70 48 14 | 70 53 13.0 |
| 3-4 21 19 31 | 70 48 13 | 70 53 17.0 |
| Prom. 21 19 28 | 70 48 14 | 70 53 13.0 |

III.- Cálculo de TSL.

$$TSL = TM90^\circ + HSO^h M90^\circ W6 + C \pm (\Delta\lambda).$$

Datos del anuario para Mayo 12.

$$H = 2^h 13^m 43^s.7$$

$$\text{Declinación} = + 89^\circ 11' 48''.5$$

| | | | | | |
|-------|---|-----|------|-------|-------|
| TM90° | | 21° | 19' | 28" | |
| HSO | | 15 | 19 | 48.97 | |
| C | + | | 3 | 30.18 | |
| | | 36 | 42 | 47.15 | |
| | | | | | |
| -Δλ | | - | 28 | 58.5 | |
| | | | 36 | 13 | 48.65 |
| | | | - 24 | 00 | 00.00 |
| TSL = | | 12 | 13 | 48.65 | |

IV.- Cálculo de ángulo horario (H).

$$H = 12 \quad 13 \quad 48.65$$

$$- 2 \quad 13 \quad 43.70$$

$$10 \quad 00 \quad 04.95(15) = 150^\circ 01' 14''.25$$

V.- Cálculo de la corrección por refracción.

$$P = 90^\circ - \delta$$

$$P = 90 - 89^\circ 11' 48''.5$$

$$P = 0^\circ 48' 11''.5$$

$$a = 90^\circ - 70^\circ 53' 13''$$

$$a = 19^\circ 06' 47''$$

$$R = 60''.6 \cot 19^\circ 06' 47'' \left(\frac{595}{762} \right) \left(\frac{1}{1 + 0.004(13.5)} \right)$$

$$R = 0^\circ 02' 9''.55$$

$$a = 19^\circ 06' 47'' - 2' 9''.55$$

$$a = 19^\circ 04' 37''.4$$

I.- Cálculo de la Latitud.

$$x = p \cos H - \frac{1}{2} p^2 \sin^2 H \tan a \sin 1''$$

$$A = 48' 11''.5 \cos (150^\circ 01' 14''.25)$$

$$B = -\frac{1}{2} (48' 11''.5)^2 \sin^2 (150^\circ 01' 14''.25) \tan (19^\circ 04' 37''.4) [\sin 1'']$$

$$x = -00^\circ 41' 44''.6$$

$$\text{latitud} = a - x$$

$$\text{Latitud} = 19^\circ 04' 37''.4 + 41' 44''.6$$

$$\text{Latitud} = 19^\circ 46' 22''.03$$

VII.- Cálculo de acimut.

$$\text{sen Az} = \text{sen H} \cos \delta \sec a$$

$$\text{sen Az} = \text{sen}(150^\circ 01' 14''.25) \cos(89^\circ 11' 48''.5) \sec(19^\circ 04' 37''.4)$$

$$\text{Az} = 00^\circ 25' 28''.7$$

$$\begin{array}{r}
 360^{\circ} 00' 00'' \\
 - \quad 0 \quad 25 \quad 28''.7 \\
 \hline
 359 \quad 34 \quad 31.3 \\
 - \quad 70 \quad 48 \quad 14.0 \\
 \hline
 \text{Az}_{\text{línea}} \quad 288^{\circ} 46' 17''.3
 \end{array}$$

5.6 CALCULO PARA LA OBSERVACION DE PARES DE ESTRELLAS.

5.6.1 Factores

Dentro de la planeación para la observación de estrellas influyen varios factores importantes, que deben ser tomados en cuenta, tales como:

- 1.- Es indispensable conocer la fecha y hora en que se desea observar. Así como también el sitio de observación.
- 2.- Es necesario contar con un catálogo de estrellas y un anuario astronómico.
- 3.- Del lugar de observación se necesita tener la latitud y longitud aproximados. (Pueden ser tomadas de cartas topográficas), de un anuario astronómico o ser determinadas por observaciones al sol.
- 4.- Para la elección de los pares de estrellas con las coordenadas aproximadas del lugar, la fecha y la hora de observación en tiempo medio (TM), se procede a la elección de los pares de estrellas.
- 5.- El tiempo medio se transforma a tiempo sidereal local.
- 6.- Conocido el tiempo sidereal local se necesita encontrar dos estrellas, una al este y otra al oeste del meridiano local, que tengan igual altura a la hora deseada. (Para poder obtener esto es necesario que el promedio de las ascensiones rectas de las dos estrellas, sea igual al tiempo sidereal que nos hemos fijado).
- 7.- Las estrellas deberán llenar además las siguientes condiciones:
 - a) Que sus declinaciones no difieran entre sí en mas de dos grados,
 - b) Las ascensiones rectas de las estrellas deben satisfacer la siguiente desigualdad, $4^h < (R_W - R_E)$,
 - c) Las estrellas deben observarse de preferencia a ± 5 grados del primer vertical, pero, pueden aceptarse hasta ± 10 grados.
- 8.- Cuando ya tenemos las estrellas elegidas y las horas de observación, se necesitará conocer la altura igual de estas y sus correspondientes acímuts. (La altura igual es el promedio de las alturas de las estrellas).

5.6.2 CALCULO .

De acuerdo a los pares de estrellas escogidos tenemos:

| Par | Nombre | Magnitud | α | | | δ | | |
|-----|------------------------|----------|----------|----|------|----------|----|-------|
| 204 | α Bootis | 0.2 | 14 | 15 | 00 | +19 | 15 | 27 |
| | δ Cancri | 4.2 | 8 | 43 | 52 | +18 | 12 | 29 |
| 209 | β Coronae Bor | 3.7 | 15 | 27 | 14 | +29 | 09 | 18 |
| | β Geminorum | 1.2 | 7 | 44 | 26 | +28 | 03 | 43 |
| 212 | α Corona Boreal | 2.31 | 15 | 34 | 4.88 | 26 | 45 | 40.9 |
| | β de Geminorum | 1.21 | 7 | 44 | 24.2 | 28 | 03 | 55.92 |
| 215 | α Serpentis | 2.8 | 15 | 43 | 33 | + 6 | 28 | 15 |
| | α Canis Minoris | 0.5 | 7 | 38 | 31 | + 5 | 17 | 12 |
| 232 | α Serpentis | 2.8 | 15 | 43 | 33 | + 6 | 28 | 15 |
| | ζ Hydrae | 3.3 | 8 | 54 | 38 | + 6 | 00 | 04 |
| 235 | β Librae | 2.7 | 15 | 16 | 13 | - 9 | 19 | 48 |
| | α Hydrae | 2.2 | 9 | 26 | 53 | - 8 | 35 | 43 |
| 252 | ζ Ophiuchi | 2.7 | 16 | 36 | 21 | -10 | 32 | 19 |
| | α Hydrae | 2.2 | 9 | 26 | 53 | - 8 | 35 | 43 |
| 253 | β Herculis | 2.8 | 16 | 29 | 36 | +21 | 31 | 14 |
| | ϵ Leonis | 3.1 | 9 | 45 | 02 | +23 | 50 | 29 |
| 261 | α Serpentis | 2.8 | 15 | 43 | 33 | + 6 | 28 | 15 |
| | α Leonis | 4.1 | 11 | 20 | 23 | + 6 | 6 | 32 |
| 273 | α Ophiuchi | 2.1 | 17 | 34 | 16 | +12 | 34 | 12 |
| | α Leonis | 1.3 | 10 | 07 | 36 | +12 | 02 | 18 |

Ejemplo del cálculo del par 212:

| | | | | | | | |
|------------------|---------------------------------|----|-------|--------|---|-----------|-------------|
| TMM90° | 19 ^h 30 ^m | | | | | | |
| HSO ^h | +15 | 11 | 55.85 | | | | |
| | 34 | 41 | 55.85 | | | | |
| +C2 | | 3 | 12.20 | | | | |
| | 34 | 45 | 08.05 | -----> | 10 ^h 45 ^m 08 ^s .05 | | |
| | | | | Δλ | - | <u>28</u> | <u>58.5</u> |
| | | | | | | 10 | 16 09.5 |
| | | | | | | | |
| TMM90° | 23 ^h 50 ^m | | | | | | |
| HSO | 15 | 11 | 55.85 | | | | |
| | 39 | 01 | 55.85 | | | | |
| +C2 | | 03 | 54.91 | | | | |
| | 39 | 05 | 50.76 | -----> | 15 ^h 05 ^m 50 ^s .7 | | |
| | | | | Δλ | - | <u>28</u> | <u>58.5</u> |
| | | | | | | 14 | 36 52.2 |

| | | α | δ |
|---|-----------------|---|----------------|
| E | α Corona boreal | May 1 15 ^h 34 ^m 4 ^s .8 | +26° 45' 39".1 |
| | | May 12 15 34 4 .9 | +26 45 41 .3 |
| W | β Geminorum | May 2 7 ^h 44 ^m 24 ^s .4 | 28° 03' 56".0 |
| | | May 12 7 44 24 .2 | 28 03 55 .9 |

Interpolando para Mayo 10 tenemos:

| | | | |
|-------------------|---------|--|---------------|
| E α Corona Boreal | Mayo 10 | 15 ^h 34 ^m 4 ^s .88 | 26° 45' 40".9 |
| W β Geminorum | Mayo 10 | 7 44 24 .2 | 28 03 55 .92 |

Aplicando la fórmula:

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \alpha$$

$$\alpha = \text{TSL} - \alpha \text{ -----} \rightarrow \alpha = 59^\circ 42' 34".5$$

$$\frac{\alpha - \alpha'}{2} = \frac{15^h 34^m 4^s.88 - 7^h 44^m 24^s.2}{2} = 3^h 54^m 50^s.3$$

$$\cos z = \frac{\sin(19^\circ 46' 20") \sin(26^\circ 45' 40".9) + \cos(19^\circ 46' 20") \cos(26^\circ 45' 40".9)}{\cos(59^\circ 42' 34".5)}$$

$$z_E = 54^\circ 49' 16".91$$

$$\cos z = \frac{\sin(19^\circ 46' 20") \sin(28^\circ 03' 55".92) + \cos(19^\circ 46' 20") \cos(28^\circ 03' 55".92)}{\cos(59^\circ 42' 34".5)}$$

$$z_W = 54^\circ 41' 26".88$$

$$\text{Sen } Az = \sin \alpha \frac{\cos \delta}{\sin z}$$

$$\text{sen } Az_E = \sin(59^\circ 42' 34".5) \frac{\cos(26^\circ 45' 40".9)}{\sin(54^\circ 45' 21".89)} = 70^\circ 44' 23".37$$

$$\text{sen } Az_W = \sin(59^\circ 42' 34".5) \frac{\cos(28^\circ 03' 55".92)}{\sin(54^\circ 45' 21".89)} = 68^\circ 53' 58".31$$

$$Az_W = 360^\circ - 69^\circ 01' 10''.5 = 291^\circ 06' 1''.6$$

$$zt = z_E + z_W = \frac{54^\circ 49' 16''.91 + 54^\circ 41' 26''.8}{2} = 54^\circ 45' 21''.89$$

$$TSL = R \pm H$$

$$TSL_E = 15^h 34^m 4^s.88 - 3^h 54^m 50^s.3 = 11^h 35^m 14^s.58$$

$$TSL_W = 7^h 44^m 24^s.2 + 3^h 54^m 50^s.3 = 11^h 43^m 14^s.5$$

$$\text{sen} H_E = \frac{\text{sen}(54^\circ 45' 21''.89)}{\cos(26^\circ 45' 40''.9)} \text{sen } 70^\circ 44' 23''.37 = 59^\circ 42' 34''.5$$

$$\text{sen} H_W = \frac{\text{sen}(54^\circ 45' 21''.89)}{\cos(28^\circ 03' 55''.92)} \text{sen } 291^\circ 06' 1''.6 = -59^\circ 42' 34''.56$$

$$TSL_E = 15 \ 34 \ 4 \ .88 - 3 \ 58 \ 50.3 = 11 \ 35 \ 14.58$$

$$TSL_W = 7 \ 44 \ 24.2 + 3 \ 58 \ 50.3 = 11 \ 43 \ 14.5$$

| | | | |
|-----------------|----|----|-------|
| | | E | |
| TSL | 11 | 35 | 14.58 |
| $\Delta\lambda$ | | 28 | 58.5 |
| | 12 | 04 | 13.08 |
| HSO | 15 | 11 | 55.85 |
| | 20 | 52 | 17.23 |
| -C3 | | 3 | 25.15 |
| | 20 | 48 | 52.08 |

| | | | |
|-----------------|----|----|-------|
| | | W | |
| TSL | 11 | 43 | 14.5 |
| $\Delta\lambda$ | | 28 | 58.5 |
| | 12 | 12 | 13.0 |
| HSO | 15 | 11 | 55.85 |
| | 21 | 00 | 17.15 |
| -C3 | | 3 | 26.47 |
| | 20 | 56 | 50.68 |

G E O D E S I A .

CAPITULO VI.

6.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

6.2 RECONOCIMIENTO Y FIJACION DE LOS VERTICES DE UNA TRIANGULACION.

6.3 MEDICION DE UNA BASE CON ELECTROTAPE DM-20.

6.4 OBSERVACIONES ANGULARES DE UN CUADRILATERO CON DIAGONALES.

6.1 ORGANIZACION Y PLANEACION.

La presente práctica tiene como principal objetivo, el planear y realizar una triangulación geodésica.

Anticipadamente se deberá de revisar que el equipo que se va a utilizar en esta práctica este en perfectas condiciones para operarlo, así como también es recomendable que un día anterior se revisen las baterías de los distanciómetros.

Es necesario que se lleve a cabo un reconocimiento de la zona para la realización de la práctica.

Dentro de la planeación sobresalen los siguientes aspectos:

- 1.- Repartir a las brigadas copias de las cartas ó permisos de las autoridades correspondientes para trabajar en las áreas designadas.
- 2.- Entrega del equipo por brigadas para la semana que estarán acampados en los vértices de triangulación.
- 4.- Dentro del material de trabajo es necesario contar con casas de campaña, cantimploras, machetes, utensilios de cocina, etc.
- 3.- Repartición de brigadas en los vértices correspondientes y programa de rotación en los mismos.
- 5.- Es importante que las brigadas esten de acuerdo con el tipo de señales a usar, con las horas de observación y las señales para comunicarse (espejos, lámparas, etc.).

-Dotar diariamente de viveres a las brigadas procurando que sean alimentos enlatados y duraderos.

-Cuando se vaya a realizar la supervisión de cada brigada se revisará el avance para rotarlas en los cuatro vértices de ser posible.

-Si se llegara a "bajar" la batería de algun electrotape se recomienda que se sigan haciendo mediciones de ángulos. Debido a esto es recomendable que los ayudantes de prácticas visiten a las brigadas 2 veces al día, y que en cada supervisión se revise la batería del aparato. También es recomendable que el ayudante de prácticas lleve siempre una batería extra "cargada".

Se recomienda que cada brigada lleve consigo un pequeño botiquín.

6.2 RECONOCIMIENTO Y FIJACION DE LOS VERTICES DE UNA TRIANGULACION GEODESICA.

El reconocimiento no es otra cosa que la elección de los mejores sitios para ubicar las estaciones de la figura en cuestión.

El criterio que se utiliza para elegir las estaciones es principalmente la intervisibilidad y posteriormente la rigidez de figura.

Es de suma importancia estar completamente seguros de la intervisibilidad entre estaciones antes de llevar a cabo las lecturas de ángulos. Es conveniente obtener datos de una carta topográfica,

respecto a las características del área, sus correspondientes elevaciones en las estaciones elegidas, así como también la longitud aproximada de las líneas.

En el caso de que el vértice elegido no sea el de una triangulación geodésica anterior bastará con pequeñas mojeneras. Para la localización de la estación nos ayudaremos con señales de espejo ó banderolas. Si se realizan observaciones nocturnas se deberán definir las horas exactas para mandar las señales entre brigadas.

6.3 MEDICION DE UNA BASE CON ELECTROTAPE DM-20.

Para obtener la "distancia entre dos puntos de medición" se utiliza el electrotape que es un instrumento electrónico de gran precisión.

Este aparato sirve para medir distancias entre 10m. y 50 kilómetros. Si se consideran las dificultades de los terrenos y las inconveniencias técnicas convencionales; la velocidad y exactitud del electrotape para medir distancias es superior a cualquier otro método.

Para obtener la distancia entre dos puntos de medición se llevan a cabo los siguientes pasos:

- 1.- Observar y anotar los datos meteorológicos (temperatura húmeda y seca y presión-altitud) en la hoja de datos antes y después de cada grupo de 28 lecturas del contador.
- 2.- Anotar las lecturas de distancia del contador en cada punto de medición.
- 3.- Reducir los datos meteorológicos y de distancia en cada punto de medición.

Con respecto a los datos meteorológicos se deberán anotar en la parte superior izquierda de la hoja de datos del interrogante y del respondedor dentro de los cuadros puestos a la palabra LOCAL.

Quando se utilice el psicómetro, se debe evitar que la ampollita seca se moje (con la humedad de la noche por ejemplo). Se debe evitar tener el psicómetro expuesto a los rayos del sol, es decir debe operarse en la sombra.

El respondedor y el interrogante leerán y anotarán los datos meteorológicos en cada punto de medición.

Con respecto al llenado de la hoja de datos se deberá llevar a cabo de la siguiente manera:

- a) Se anota la hora en el cuadro 1.
- b) Se anotan las temperaturas secas y húmedas en el cuadro 2 y 3 respectivamente.
- c) Se anota la presión en el cuadro 4.
- d) Por último se anotan los datos de distancia del cuadro 9 en adelante, posteriormente se repiten los pasos a, b y c y se anotan en los cuadros del 37 al 40. (Los que están operando el aparato deberán anotar estos datos en los cuadros a la derecha de LOCAL).

Para tomar y anotar los datos de distancia se trabajará con dos unidades del modelo DM-20 Electrotape. Una de estas unidades será interrogante y la otra respondedor. La interrogante tomará 28 lecturas con el contador (que será una medida de distancia) estos

datos se anotaran en los cuadros del 9 al 36. Posteriormente el interrogante se hace respondedor, y el que es ahora interrogante tomara sus 28 lecturas respectivas con el contador (será una segunda distancia), y se anotan en la hoja de datos en el orden respectivo.

En los trabajos realizados en Altotonga, Veracruz la base medida fué uno de los lados de la triangulación.

CON ELECTROTAPE DM-20

Ejemplo:

DATOS DE CAMPO

FECHA MAYO/03/85 INST. N° 235241
 LA ESTACION VIGIA (4)
 OPERADOR ZARCO 1.23
 NATURALEZA DEL INSTRUMENTO _____

A INST. N° _____ HOJA N° 1
 A LA ESTACION IGLESIA (3) BRIGADA 2
 LINEA 4 - 3
 ZONA N° _____ BLOQUE N° _____

CANALES

| DATOS METEOROLOGICOS | | | | |
|----------------------|-------|-------------|--------|---------|
| ESTACION | HORA | TEMPERATURA | | P. BAR. |
| | | SECO | HUMEDO | |
| LOCAL | 14:40 | 21°C | - | 524 |
| EMOTA | | | | |
| LOCAL | 14:58 | 20.5°C | | 522 |
| EMOTA | | | | |
| SUMAS | | | | |
| PROMEDIOS | | | | |

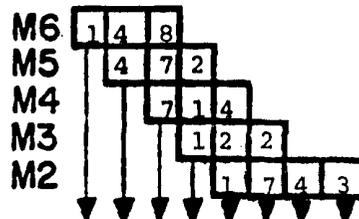
| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2-1 | FREC |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-------|
| ⁹ 799 | ¹⁰ 122 | ¹¹ 365 | ¹² 775 | ¹³ 830 | ¹⁴ 649 | 181 | 1 HI |
| ¹⁴ 649 | ¹⁴ 649 | ¹⁴ 649 | ¹⁴ 649 | ¹⁶ 831 | ¹⁵ 652 | 179 | 2 HI |
| 150 | 473 | 716 | 126 | ¹⁷ 841 | ¹⁸ 642 | 199 | 3 HI |
| | | | | ²⁰ 835 | ¹⁹ 648 | 187 | 4 HI |
| | | | | ²¹ 840 | ²² 644 | 196 | 5 HI |
| | | | | ²⁴ 825 | ²³ 662 | 163 | 5 LO |
| | | | | ²⁵ 823 | ²⁶ 666 | 157 | 6 LO |
| | | | | ²⁸ 827 | ²⁷ 661 | 166 | 7 LO |
| | | | | ²⁹ 826 | ³⁰ 663 | 163 | 8 LO |
| | | | | ³² 822 | ³¹ 670 | 152 | 9 |
| | | | | | | 1743 | SUM.F |
| | | | | | | 1743 | SUM.F |

-1
(H)

-1
(L)

SUMAS (H+L)
PROMEDIOS

| | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ³⁶ 818 | ³⁵ 140 | ³⁴ 382 | ³³ 788 |
| ³¹ 670 | ³¹ 670 | ³¹ 670 | ³¹ 670 |
| 148 | 470 | 712 | 118 |
| | | | |
| ^{M6} 149 | ^{M5} 472 | ^{M4} 714 | ^{M3} 122 |



INDICE PATRON + 320

INDICE ACTUAL = _____

SUMA ALGEBRAICA _____

SUMA X 10⁻⁶ ← _____

PRODUCTO → _____

DISTANCIA (1) _____

DISTANCIA (2) _____

PROMEDIO _____

CORRECCION MET. _____

DISTANCIA INCLINADA _____ cm

6.4 OBSERVACIONES ANGULARES DE UN CUADRILATERO CON DIAGONALES.

Para las observaciones angulares se utiliza generalmente el método de Bessel.

El método consiste en que en cada estación de instrumento se miden las direcciones a las demás estaciones a partir de una línea que se considera inicial, en el sentido de las manecillas del reloj. Las diferencias entre las respectivas direcciones nos dará el ángulo en la estación entre líneas a cualquier par de puntos.

Este método se eligió ya que los ángulos se obtienen como valores promedio de un número determinado de series de observaciones a cada línea, teniendo diferentes orígenes para la dirección de la línea inicial. Así se podrán minimizar en consecuencia los errores instrumentales y de observación.

El número de reiteraciones, según la categoría del vértice visado, será el que sigue:

- a) Para vértices de primer orden, 16 reiteraciones.
- b) Para vértices de segundo orden, 8 reiteraciones.
- c) Para los vértices de tercer orden se empleará un aparato cuya aproximación angular sea de $10''$ y las direcciones se reiteraran en este caso, 6 veces.

Cabe aclarar que una reiteración comprende la observación de un punto en las dos posiciones del aparato.

Las observaciones angulares que se llevaron a cabo fueron las siguientes:

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

MEDIDAS A SERALES

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

ESTACION Vértice UNO (PINO) INSTRUMENTO WILD T-2 191505
 FECHA 30/ABRIL/05 OBSERVADOR Brigada 1 (Hoja 1)

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P. O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | | PROMEDIO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES REFERIDAS A CERO GRADOS | LECTURA CIRCULO VERTICAL | | | ANGULO DE ALTURA |
|--------|---------------------------|-------|----------------------------|------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------|-----------------|------------------|
| | | | ERADIOS Y MINUTOS | MICROMETRO | | | | ERADIOS Y MINUTOS | MICROMETRO | | |
| | | | En Letras | En Letras | SUMA O PROMEDIO | | | En Letras | En Letras | SUMA O PROMEDIO | |
| 1 | D | 2 | 18°56' | | 52.0 | 18°56'50.9" | | 89 52 | | 44.9 | 89°52'57.5" |
| | D | 3 | 52°17' | | 45.2 | 52°17'45.2" | 33°20'54.3" | 90 32 | | 33.3 | 90°32'44.2" |
| | D | 4 | 93°30' | | 39.0 | 93°30'42.1" | 41 12 56.9 | 88 39 | | 44.3 | 88 39 56.0 |
| | I | 4 | 273 30 | | 45.2 | | | 88 40 | | 07.7 | |
| | I | 3 | 232 17 | | 45.3 | | | 90 32 | | 55.1 | |
| 2 | I | 2 | 198 56 | | 49.8 | | | 89 53 | | 10.0 | |
| | D | 2 | 18 56 | | 58.0 | 18 57 00.5 | | 89 52 | | 56.2 | 89 53 07.2 |
| | D | 3 | 52 17 | | 50.2 | 52 17 46.8 | 33 20 46.3 | 90 32 | | 37.1 | 90 32 56.6 |
| | D | 4 | 93 30 | | 41.8 | 93 30 45.1 | 41 12 58.3 | 88 39 | | 47.9 | 88 40 01.4 |
| | I | 4 | 273 30 | | 48.3 | | | 88 40 | | 14.8 | |
| 3 | I | 3 | 232 17 | | 43.3 | | | 90 33 | | 18.1 | |
| | I | 2 | 198 57 | | 03.0 | | | 89 53 | | 02.2 | 89 53 14.1 |
| | D | 2 | 38 57 | | 54.9 | 38 57 53.5 | | 89 53 | | 42.9 | 90 33 06.1 |
| | D | 3 | 72 19 | | 42.2 | 72 19 07.5 | 33 21 14.0 | 90 32 | | 39.0 | 88 39 55.7 |
| | D | 4 | 113 31 | | 40.3 | 113 31 38.7 | 41 12 31.2 | 88 39 | | 12.3 | |
| 4 | I | 4 | 293 31 | | 37.0 | | | 88 40 | | 29.3 | |
| | I | 3 | 252 16 | | 32.7 | | | 90 33 | | 26.0 | |
| | I | 2 | 218 57 | | 52.1 | | | 89 53 | | 01.9 | 89 53 15.0 |
| | D | 2 | 58 57 | | 48.0 | 58 57 41.6 | 40.5 | 89 53 | | 56.9 | 90 33 13.0 |
| | D | 3 | 92 18 | | 29.2 | 92 18 22.1 | 33 20 30.5 | 90 32 | | 43.7 | 88 39 58.2 |
| 5 | D | 4 | 133 31 | | 21.2 | 131 31 21.3 | 41 12 59.2 | 88 39 | | 12.6 | |
| | I | 4 | 313 31 | | 21.5 | | | 88 40 | | 29.0 | |
| | I | 3 | 272 18 | | 14.9 | | | 90 33 | | 28.0 | |
| | I | 2 | 238 57 | | 35.1 | | | 89 53 | | 00.6 | 89 53 13.6 |
| | D | 2 | 78 57 | | 23.2 | 78 57 30.9 | | 89 53 | | 21.9 | 90 33 47.2 |
| | D | 3 | 112 16 | | 15.3 | 112 18 12.1 | 33 20 41.2 | 90 33 | | 34.0 | 88 39 57.0 |
| | D | 4 | 153 31 | | 20.1 | 153 31 14.4 | 41 13 02.3 | 88 39 | | 20.0 | |
| | I | 4 | 333 31 | | 08.7 | | | 88 40 | | 12.5 | |
| | I | 3 | 292 18 | | 08.8 | | | 90 34 | | 26.6 | |
| | I | 2 | 258 57 | | 38.6 | | | 89 53 | | | |

CROQUIS

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

ESTACION Vértice UNO (PINO)

INSTRUMENTO WILD T-2 19505

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

FECHA 30/ABRIL/85

OBSERVADOR BRIGADA 1 (Bojib. 2)

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P.O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | | PROCESO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES ANTERIORES A CADA GRADOS | LECTURA CIRCULO VERTICAL | | | ANGULO DE ALTURA |
|--------|---------------------------|------|----------------------------|------------|-----------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------|-----------|------------------|
| | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | | |
| | | | | % Lectura | % Lectura | | | | % Lectura | % Lectura | |
| 6 | D | 2 | 98 57 | | 25.2 | 98 57 17.3 | | 89 52 | | 55.2 | 89 53 10.2 |
| | D | 3 | 132 18 | | 07.6 | 132 18 06.3 | 33°20'49.0" | 90 33 | | 38.4 | 90 33 53.7 |
| | D | 4 | 173 31 | | 06.5 | 173 31 03.2 | 11 12 56.9 | 88 39 | | 40.7 | 88 40 03.3 |
| | I | 4 | 353 30 | | 59.8 | | | 88 40 | | 25.8 | |
| 7 | I | 3 | 312 18 | | 04.9 | | | 90 34 | | 09.0 | |
| | I | 2 | 278 57 | | 09.4 | | | 89 53 | | 25.2 | |
| | D | 2 | 118 57 | | 26.0 | 118 57 14.8 | | 89 53 | | 09.1 | 89 53 18.5 |
| | D | 3 | 152 18 | | 04.1 | 152 17 54.8 | 33 20 40.0 | 90 33 | | 37.9 | 90 33 56.1 |
| | D | 4 | 193 31 | | 02.3 | 193 30 58.2 | 41 13 03.4 | 88 39 | | 47.1 | 88 40 02.1 |
| | I | 4 | 13 30 | | 54.2 | | | 88 40 | | 17.1 | |
| | I | 3 | 332 17 | | 45.5 | | | 90 34 | | 14.2 | |
| | I | 2 | 298 57 | | 03.5 | | | 89 53 | | 27.9 | |
| 8 | D | 2 | 138 57 | | 05.1 | 138 56 55.4 | | 89 53 | | 00.9 | 89 53 00.9 |
| | D | 3 | 172 17 | | 56.1 | 172 17 43.5 | 33 20 48.1 | 90 33 | | 46.2 | 90 34 04.6 |
| | D | 4 | 213 30 | | 44.9 | 213 30 39.5 | 41 12 56.0 | 88 39 | | 52.1 | 88 40 08.0 |
| | I | 4 | 33 30 | | 34.0 | | | 88 40 | | 17.8 | |
| | I | 3 | 352 17 | | 30.9 | | | 90 34 | | | |
| | I | 2 | 318 56 | | 45.8 | | | | | 23.0 | |

C R O Q U I S

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

ESTACION Vértice Dos (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505
 OBSERVADOR Brigada 1 Observación 2 (Hoja 1)
 FECHA 1 Mayo/85

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P. O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | | PROMEDIO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES A CEROS GRADOS | LECTURA CIRCULO VERTICAL | | ANGULO DE ALTURA | C R O Q U I S |
|--------|---------------------------|-------|----------------------------|------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|------------|------------------|---------------|
| | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | SUMA O PROMEDIO | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | | |
| 1 | Directa | 3 | 0° 11' | | 55.1 | 0° 11' 43.8 | 50° 40' 37.0 | 91° 02' | | 91° 02' 44.2 | |
| | " | 4 | 50 52 | | 33.8 | 50 52 20.8 | 59 32 51.5 | 88 56 | | 88 56 40.2 | |
| | " | 1 | 110 25 | | 18.3 | 110 25 12.3 | | 90 12 | | 90 12 44.6 | |
| | Inversa | 1 | 290 25 | | 06.3 | | | 90 12 | | 58.0 | |
| 2 | " | 4 | 230 52 | | 07.8 | | | 88 56 | | 49.6 | |
| | " | 3 | 180 11 | | 32.5 | | | 91 02 | | 47.3 | |
| | D | 3 | 20 11 | | 13.7 | 20 11 12.0 | 50 40 41.2 | 91 02 | | 91 02 53.1 | |
| | " | 4 | 70 51 | | 50.3 | 70 51 53.2 | 59 32 51.5 | 88 56 | | 88 56 15.0 | |
| 3 | " | 1 | 130 24 | | 49.3 | 130 24 44.7 | | 90 12 | | 27.3 | |
| | I | 1 | 310 24 | | 40.0 | | | 90 13 | | 09.2 | |
| | " | 4 | 250 51 | | 56.1 | | | 88 56 | | 00.2 | |
| | " | 3 | 200 11 | | 10.2 | | | 91 03 | | 09.0 | |
| 4 | D | 3 | 40 11 | | 53.5 | 40 11 52.7 | 50 40 34.3 | 91 02 | | 27.5 | |
| | " | 4 | 90 52 | | 30.8 | 90 52 27.0 | 59 32 51.0 | 88 56 | | 31.2 | |
| | " | 1 | 150 25 | | 27.9 | 150 25 24.0 | | 90 12 | | 34.6 | |
| | I | 1 | 330 25 | | 20.0 | | | 90 13 | | 12.5 | |
| 5 | " | 4 | 270 52 | | 23.1 | | | 88 56 | | 59.3 | |
| | " | 1 | 220 11 | | 51.8 | | | 90 03 | | 05.2 | |
| | D | 3 | 60 21 | | 49.9 | 60 21 45.5 | 50 40 33.3 | 91 02 | | 31.0 | |
| | " | 4 | 111 02 | | 27.4 | 111 02 22.8 | 59 32 53.8 | 88 56 | | 37.0 | |
| 6 | " | 1 | 170 35 | | 17.0 | 170 35 16.6 | | 90 12 | | 39.8 | |
| | I | 1 | 350 35 | | 16.1 | | | 90 13 | | 06.0 | |
| | " | 4 | 291 02 | | 18.2 | | | 88 56 | | 59.0 | |
| | " | 3 | 240 21 | | 41.0 | | | 91 02 | | 59.8 | |
| 7 | D | 3 | 30 11 | | 14.1 | 30 11 13.0 | 50 40 24.6 | 91 02 | | 30.9 | |
| | " | 4 | 130 51 | | 45.0 | 130 51 41.6 | 59 32 57.1 | 88 56 | | 35.3 | |
| | " | 1 | 190 24 | | 40.4 | 190 24 38.7 | | 90 12 | | 35.9 | |
| | I | 1 | 10 24 | | 36.9 | | | 90 13 | | 11.1 | |
| 8 | " | 4 | 310 51 | | 38.1 | | | 88 56 | | 54.5 | |
| | " | 3 | 260 11 | | 11.9 | | | 91 03 | | 02.8 | |

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F.I.

ESTACION Vértice DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505 OBSERVADOR Brigada 1 OBSERVACION 2 (Hoja 2)

FECHA 1 Mayo/85

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P.O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | | | PROMEDIO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES REFERIDAS A CERO GRADOS | GRADOS Y MINUTOS | LECTURA CIRCULO VERTICAL | | ANGULO DE ALTURA | CROQUIS |
|--------|---------------------------|------|----------------------------|------------|-------------|------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------|--------------------------|--|------------------|---------|
| | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | | MICROMETRO | | | | SUMA O PROMEDIO | | | |
| | | | | de Lectura | de Lectura | | | | | | | | |
| 6 | D | 3 | 100 22 | 23.2 | 100 22 18.4 | 50 40 33.5 | 91 02 | 31.1 | 91 02 47.3 | | | | |
| | " | 4 | 151 02 | 59.8 | 151 02 51.9 | 59 32 55.1 | 88 56 | 30.9 | 88 56 39.2 | | | | |
| | " | 1 | 210 35 | 54.0 | 210 35 47.5 | | 90 12 | 33.4 | 90 12 47.3 | | | | |
| | I | 1 | 30 35 | 41.0 | | | 90 13 | 01.2 | | | | | |
| 7 | " | 4 | 331 02 | 44.0 | | | 88 56 | 47.6 | | | | | |
| | " | 3 | 280 22 | 13.5 | | | 91 03 | 03.5 | | | | | |
| | D | 3 | 120 06 | 36.2 | 120 06 31.2 | 50 40 28.4 | 91 02 | 39.2 | 91 02 51.6 | | | | |
| | " | 4 | 170 47 | 04.1 | 170 46 59.6 | 59 32 57.0 | 88 56 | 36.1 | 88 56 43.6 | | | | |
| 8 | " | 1 | 230 20 | 01.8 | 230 19 56.6 | | 90 12 | 40.3 | 90 12 49.6 | | | | |
| | I | 1 | 50 19 | 51.3 | | | 90 12 | 59.0 | | | | | |
| | " | 4 | 350 46 | 55.0 | | | 88 56 | 51.0 | | | | | |
| | " | 3 | 300 06 | 26.1 | | | 91 03 | 03.9 | | | | | |
| 9 | D | 3 | 140 26 | 19.0 | 140 26 10.5 | 50 40 29.5 | 91 02 | 35.3 | 91 02 48.9 | | | | |
| | " | 4 | 191 06 | 42.8 | 191 06 40.0 | 59 32 59.0 | 88 56 | 32.2 | 88 56 50.1 | | | | |
| | " | 1 | 250 39 | 42.6 | 250 39 39.0 | | 90 12 | 35.9 | 90 12 55.7 | | | | |
| | I | 1 | 70 39 | 35.3 | | | 90 13 | 15.5 | | | | | |
| 10 | I | 4 | 11 06 | 37.2 | | | 88 57 | 08.0 | | | | | |
| | " | 3 | 320 26 | 02.0 | | | 91 03 | 02.6 | | | | | |
| | D | 3 | 160 16 | 03.1 | 160 15 57.6 | 50 40 32.7 | 91 02 | 34.5 | 91 02 47.9 | | | | |
| | " | 4 | 210 56 | 34.9 | 210 56 30.3 | 59 32 55.1 | 88 56 | 27.1 | 88 56 46.2 | | | | |
| 11 | " | 1 | 270 29 | 31.9 | 270 29 25.4 | | 90 12 | 29.2 | 90 12 41.0 | | | | |
| | I | 1 | 90 29 | 18.9 | | | 90 12 | 52.8 | | | | | |
| | " | 4 | 30 56 | 25.7 | | | 88 57 | 05.2 | | | | | |
| | " | 3 | 340 15 | 52.2 | | | 91 03 | 01.3 | | | | | |
| 12 | D | 3 | 180 24 | 46.5 | 180 24 39.8 | 50 40 32.8 | 91 02 | 32.3 | 91 02 51.0 | | | | |
| | " | 4 | 231 05 | 14.6 | 231 05 12.6 | 59 32 56.7 | 88 56 | 45.0 | 88 56 48.2 | | | | |
| | " | 1 | 290 38 | 14.1 | 290 38 09.3 | | 90 12 | 50.3 | 90 12 57.9 | | | | |
| | I | 1 | 110 38 | 04.4 | | | 90 13 | 05.5 | | | | | |
| 13 | " | 4 | 51 05 | 10.6 | | | 88 56 | 51.3 | | | | | |
| | " | 3 | 0 24 | 33.0 | | | 91 03 | 09.7 | | | | | |

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

ESTACION VÉRTICES DOS (NORMAL) INSTRUMENTO NIVEL T-2 191505 OBSERVADOR Brigada 1 Observación 2 (Hoja 3)

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P. O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | | PROMEDIO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES A RECEPION A CEROS GRADOS | LECTURA CIRCULO VERTICAL | ANGULO DE ALTURA |
|--------|---------------------------|-------|----------------------------|-------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------|
| | | | GRADOS Y MINUTOS | 1a. Lectura | SUMA O PROMEDIO | | | | |
| 11 | D | 3 | 200 12 | 09.2 | 200 12 07.2 | 50 40 33.2 | 91 02' | 34.0 | 91 02' 46.6 |
| | D | 4 | 250 52 | 43.0 | 250 52 40.4 | 59 32 54.7 | 88 56 | 41.7 | 88 56 57.8 |
| | D | 1 | 310 25 | 38.0 | 310 25 35.1 | | 90 12 | 34.2 | 90 12 49.7 |
| | I | 1 | 130 25 | 32.2 | | | 90 13 | 05.2 | |
| 12 | I | 4 | 70 52 | 37.7 | | | 88 57 | 13.8 | |
| | I | 3 | 20 12 | 05.3 | 220 24 32.6 | 50 40 35.6 | 91 02 | 52.2 | |
| | D | 3 | 220 24 | 35.3 | 220 24 32.6 | 50 40 35.6 | 91 02 | 32.6 | 91 02 40.4 |
| | D | 4 | 271 05 | 13.1 | 271 05 08.2 | 59 33 02.4 | 88 56 | 50.4 | 88 56 53.1 |
| 13 | D | 1 | 330 38 | 10.0 | 330 38 10.6 | | 90 12 | 29.0 | 90 12 48.8 |
| | I | 1 | 150 38 | 11.1 | | | 90 13 | 08.5 | |
| | I | 4 | 91 05 | 03.2 | | | 88 56 | 57.0 | |
| | I | 3 | 40 24 | 29.9 | | | 91 02 | 48.3 | |
| 14 | D | 3 | 240 13 | 57.3 | 240 13 58.4 | 50 40 34.4 | 91 02 | 44.0 | 91 02 47.1 |
| | D | 4 | 290 54 | 36.0 | 290 54 32.8 | 59 32 54.2 | 88 56 | 35.0 | 88 56 46.6 |
| | D | 1 | 350 27 | 31.4 | 350 27 27.0 | | 90 12 | 30.5 | 90 12 49.2 |
| | I | 1 | 170 27 | 22.6 | | | 90 13 | 08.0 | |
| 15 | I | 4 | 110 54 | 29.6 | | | 88 56 | 58.2 | |
| | I | 3 | 60 13 | 59.5 | | | 91 02 | 50.2 | |
| | D | 3 | 260 23 | 37.4 | 260 23 36.7 | 50 40 35.2 | 91 02 | 40.9 | 91 02 43.8 |
| | D | 4 | 310 04 | 17.0 | 310 04 11.9 | 59 32 54.4 | 88 56 | 41.5 | 88 56 51.7 |
| 16 | D | 1 | 10 37 | 14.2 | 10 37 06.3 | | 90 12 | 30.1 | 90 12 49.2 |
| | I | 1 | 190 36 | 58.4 | | | 90 13 | 08.2 | |
| | I | 4 | 131 04 | 06.7 | | | 88 57 | 01.9 | |
| | I | 3 | 80 23 | 36.0 | | | 91 02 | 46.7 | |
| 17 | D | 3 | 280 03 | 50.1 | 280 03 45.0 | 50 40 32.2 | 91 02 | 48.0 | 91 02 48.0 |
| | D | 4 | 330 44 | 19.1 | 330 44 17.2 | 59 32 55.2 | 88 56 | 37.0 | 88 56 46.5 |
| | D | 1 | 30 17 | 18.2 | 30 17 12.4 | | 90 12 | 48.8 | 90 12 57.4 |
| | I | 1 | 210 17 | 06.6 | | | 90 13 | 06.0 | |
| 18 | I | 4 | 150 44 | 15.2 | | | 88 56 | 56.0 | |
| | I | 3 | 100 03 | 39.8 | | | 91 02 | 48.1 | |

C R O Q U I S

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

ESTACION Véctor DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505
 FECHA 1/Mayo/85 OBSERVADOR Brigada 1 Observación 2 (Hoja 4)

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P. O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | | PROMEDIO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES repetidas a CERO GRADOS | LECTURA CIRCULO VERTICAL | | | ANGULO DE ALTURA | CROQUIS |
|--------|---------------------------|-------|----------------------------|------------|------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------|------------|------------------|---------|
| | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | | | |
| | | | | 1a Lectura | 2a Lectura | | | | 1a Lectura | 2a Lectura | | |
| 16 | D | 3 | 300° 15' | | 05.5 | 300 14 57.8 | 50 40 43.4 | 91 02' | | 45.5 | 91 02 51.7 | |
| | D | 4 | 350 55 | | 59.4 | 350 55 41.2 | 59 32 46.6 | 88 56 | | 38.2 | 88 56 51.1 | |
| | D | 1 | 50 28 | | 32.2 | 50 28 27.8 | | 90 12 | | 39.3 | 90 12 48.6 | |
| | I | 1 | 230 28 | | 21.3 | | | 90 12 | | 59.0 | | |
| 17 | I | 4 | 170 55 | | 22.9 | | | 88 57 | | 04.0 | | |
| | I | 3 | 120 14 | | 50.0 | | | 91 02 | | 58.0 | | |
| | D | 3 | 320 25 | | 44.2 | 320 25 39.6 | 50 40 32.6 | 91 02 | | 26.2 | 91 02 41.8 | |
| | D | 4 | 11 06 | | 15.2 | 11 06 12.2 | 59 32 58.6 | 88 56 | | 39.0 | 88 56 51.0 | |
| 18 | D | 1 | 70 39 | | 16.2 | 70 39 10.8 | | 90 12 | | 40.5 | 90 12 49.2 | |
| | I | 1 | 250 39 | | 05.4 | | | 90 12 | | 58.0 | | |
| | I | 4 | 191 06 | | 09.2 | | | 88 57 | | 03.0 | | |
| | I | 3 | 140 25 | | 35.0 | | | 91 02 | | 57.4 | | |
| 18 | D | 3 | 340 06 | | 10.7 | 340 06 07.8 | 50 40 39.7 | 91 02 | | 32.0 | 91 02 47.8 | |
| | D | 4 | 30 46 | | 51.7 | 30 46 47.5 | 59 32 56.6 | 88 56 | | 17.6 | 88 56 54.5 | |
| | D | 1 | 90 19 | | 47.0 | 90 19 44.1 | | 90 12 | | 39.0 | 90 12 48.9 | |
| | I | 1 | 270 19 | | 41.2 | | | 90 12 | | 58.8 | | |
| 16 | I | 4 | 210 46 | | 43.2 | | | 88 57 | | 11.4 | | |
| | I | 3 | 160 06 | | 04.8 | | | 91 03 | | 03.5 | | |

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

ESTACION_Vértice_DOS (Normal) INSTRUMENTO_WILL T2 191505 SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F.I.
 FECHA_1/NOV/85 OBSERVADOR_Brigada 1 OBSERVACION 1 (Hoja1) CROQUIS

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P.O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | | PROMEDIO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES A REPROBAS A CERO GRADOS | LECTURA CIRCULO VERTICAL | | | ANGULO DE ALTURA |
|--------|---------------------------|------|----------------------------|-------------|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------|-----------------|------------------|
| | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | SUMA O PROMEDIO | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | SUMA O PROMEDIO | |
| | | | 1a. Lectura | 2a. Lectura | 3a. Lectura | | | 1a. Lectura | 2a. Lectura | 3a. Lectura | |
| 1 | D | 3 | 219 13 | | 395.9 | 219 13 40.7 | | 91 02 | | 27.1 | 91 02 51.6 |
| | D | 4 | 269 54 | | 12.0 | 269 54 10.8 | 50 40 30.1 | 88 56 | | 10.8 | 88 56 24.4 |
| | D | 1 | 329 27 | | 02.1 | 329 27 03.5 | 59 32 52.7 | 90 12 | | 05.0 | 90 12 16.5 |
| | I | 1 | 149 27 | | 04.8 | | | 90 12 | | 28.0 | |
| | I | 4 | 89 54 | | 09.6 | | | 88 56 | | 37.9 | |
| | I | 3 | 39 13 | | 41.5 | | | 91 03 | | 16.0 | |
| 2 | D | 3 | 239 19 | | 44.1 | 239 19 45.0 | | 91 02 | | 44.8 | 91 02 39.5 |
| | D | 4 | 290 00 | | 25.0 | 290 00 22.5 | 50 40 37.5 | 88 56 | | 20.0 | 88 56 30.9 |
| | D | 1 | 349 13 | | 17.7 | 349 33 17.7 | 59 32 55.2 | 90 12 | | 03.3 | 90 12 11.6 |
| | I | 1 | 169 33 | | 17.7 | | | 90 12 | | 20.0 | |
| | I | 4 | 110 00 | | 20.0 | | | 88 56 | | 41.8 | |
| | I | 3 | 59 19 | | 45.8 | | | 91 02 | | 34.2 | |
| 3 | D | 3 | 259 17 | | 17.8 | 259 17 00.4 | | 91 02 | | 11.5 | 91 02 22.5 |
| | D | 4 | 309 57 | | 48.1 | 309 57 40.1 | 50 40 39.7 | 88 56 | | 22.9 | 88 56 34.5 |
| | D | 1 | 9 30 | | 37.3 | 9 30 35.4 | 59 32 55.3 | 90 12 | | 23.1 | 90 12 35.6 |
| | I | 1 | 189 30 | | 33.5 | | | 90 12 | | 48.0 | |
| | I | 4 | 139 57 | | 32.1 | | | 88 56 | | 46.1 | |
| | I | 3 | 79 16 | | 43.0 | | | 91 02 | | 33.5 | |
| 4 | D | 3 | 279 18 | | 17.9 | 279 18 12.7 | | 91 02 | | 16.8 | 91 02 32.0 |
| | D | 4 | 329 58 | | 55.9 | 329 58 45.9 | 50 40 33.2 | 88 56 | | 21.9 | 88 56 34.8 |
| | D | 1 | 29 31 | | 53.2 | 29 31 45.1 | 59 32 59.2 | 90 12 | | 19.0 | 90 12 34.0 |
| | I | 1 | 209 31 | | 36.9 | | | 90 12 | | 49.1 | |
| | I | 4 | 149 58 | | 35.9 | | | 88 56 | | 47.7 | |
| | I | 3 | 99 18 | | 07.5 | | | 91 02 | | 47.1 | |
| 5 | D | 3 | 299 18 | | 53.2 | 299 18 48.5 | | 91 02 | | 14.0 | 91 02 31.0 |
| | D | 4 | 349 59 | | 28.0 | 349 59 20.4 | 50 40 31.9 | 88 56 | | 18.0 | 88 56 34.2 |
| | D | 1 | 49 32 | | 26.5 | 49 32 21.8 | 59 33 01.4 | 90 12 | | 14.0 | 90 12 25.5 |
| | I | 1 | 229 32 | | 17.0 | | | 90 12 | | 37.0 | |
| | I | 4 | 169 52 | | 12.8 | | | 88 56 | | 50.4 | |
| | I | 3 | 119 18 | | 43.8 | | | 91 02 | | 48.0 | |

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

ESTACION Vértice DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2-291505
FECHA 1/Mayo/85 OBSERVADOR Brigada 1 OBSERVACION 1 (Hoja 2)

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P.O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | | PROMEDIO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES REFERIDAS A CERO GRADOS | LECTURA CIRCULO VERTICAL | | ANGULO DE ALTURA | CROQUIS | |
|--------|---------------------------|------|----------------------------|------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------|------------|------------------|------------|-----------------|
| | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | SUMA O PROMEDIO | | | GRADOS Y MINUTOS | MICROMETRO | | | SUMA O PROMEDIO |
| 6 | D | 3 | 319° 17' | | 35.5 | 319 17 30.3 | | 91 02 | | 20.0 | 91 02 34.0 | |
| | D | 4 | 9 58 | | 13.0 | 9 58 07.0 | 50 40 36.7 | 88 56 | | 33.0 | 88 56 37.0 | |
| | D | 1 | 69 31 | | 08.8 | 69 31 02.8 | 59 32 55.8 | 90 12 | | 08.2 | 90 12 28.6 | |
| | I | 1 | 249 30 | | 56.8 | | | 90 12 | | 49.0 | | |
| 7 | I | 4 | 189 58 | | 01.0 | | | 88 56 | | 41.0 | | |
| | I | 3 | 139 17 | | 25.1 | | | 91 02 | | 47.9 | | |
| | D | 3 | 339 19 | | 01.0 | 339 18 52.6 | | 91 01 | | 16.9 | 91 02 05.0 | |
| | D | 4 | 29 59 | | 38.8 | 29 59 30.0 | 50 40 37.4 | 88 56 | | 20.1 | 88 56 33.9 | |
| 8 | D | 1 | 89 32 | | 25.5 | 89 32 23.8 | 59 32 51.8 | 90 12 | | 13.9 | 90 12 29.4 | |
| | I | 1 | 269 32 | | 22.0 | | | 90 12 | | 45.0 | | |
| | I | 4 | 209 59 | | 21.1 | | | 88 56 | | 47.7 | | |
| | I | 3 | 159 18 | | 44.1 | | | 91 02 | | 53.0 | | |
| 9 | D | 3 | 359 18 | | 30.0 | 359 18 22.6 | | 91 02 | | 26.0 | 91 02 41.0 | |
| | D | 4 | 49 59 | | 02.3 | 49 58 53.6 | 50 40 31.0 | 88 56 | | 07.3 | 88 56 26.8 | |
| | D | 1 | 109 32 | | 26.1 | 109 32 10.0 | 59 33 16.8 | 90 12 | | 14.6 | 90 12 28.8 | |
| | I | 1 | 289 31 | | 53.9 | | | 90 12 | | 42.9 | | |
| 10 | I | 4 | 229 58 | | 45.0 | | | 88 56 | | 46.2 | | |
| | I | 3 | 179 18 | | 15.1 | | | 91 02 | | 56.0 | | |
| | D | 3 | 19 18 | | 41.0 | 19 18 30.9 | | 91 02 | | 21.1 | 91 02 36.6 | |
| | D | 4 | 69 59 | | 14.7 | 69 59 06.7 | 50 40 35.8 | 88 56 | | 22.9 | 88 56 38.4 | |
| 11 | D | 1 | 129 31 | | 58.2 | 129 31 59.6 | 59 32 52.9 | 90 12 | | 10.8 | 90 12 27.0 | |
| | I | 1 | 309 32 | | 01.1 | | | 90 12 | | 43.2 | | |
| | I | 4 | 249 58 | | 58.7 | | | 88 56 | | 54.0 | | |
| | I | 1 | 199 18 | | 20.8 | | | 91 02 | | 52.1 | | |
| 12 | D | 3 | 39 18 | | 48.5 | 39 18 39.0 | | 91 02 | | 29.0 | 91 02 44.2 | |
| | D | 4 | 89 59 | | 15.0 | 89 59 08.6 | 50 40 29.8 | 88 56 | | 17.0 | 88 56 31.6 | |
| | D | 1 | 149 32 | | 12.0 | 149 32 09.5 | 59 33 00.5 | 90 12 | | 15.5 | 90 12 32.0 | |
| | I | 1 | 329 32 | | 07.0 | | | 90 12 | | 48.6 | | |
| 13 | I | 4 | 269 59 | | 02.1 | | | 88 56 | | 46.2 | | |
| | I | 3 | 219 18 | | 29.4 | | | 91 02 | | 59.5 | | |

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

ESTACION Vértice DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505 SECCION DE INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.
 FECHA 1/MAYO/85 OBSERVADOR BRIGADA 1 OBSERVACION 1 (HOJA 3)

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P.O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | PROMEDIO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES A REPERJIAS A CERO GRADOS | LECTURA CIRCULO VERTICAL | | ANGULO DE ALTURA |
|--------|---------------------------|------|----------------------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------|------------------|
| | | | GRADOS Y MINUTOS | SUMA O PROMEDIO | | | GRADOS Y MINUTOS | SUMA O PROMEDIO | |
| 11 | D | 3 | 59 18 | 56.0 | 59 19 49.5 | | 91 02 | 29.0 | 91 02'43.6 |
| | D | 4 | 110 00 | 18.5 | 110 00 13.5 | 50 40 24.0 | 88 56 | 26.00 | 88 56 34.1 |
| | D | 1 | 169 33 | 15.0 | 169 33 11.0 | 59 32 57.5 | 90 12 | 22.4 | 90 12 36.4 |
| | I | 1 | 349 33 | 06.9 | | | 90 12 | 50.5 | |
| 12 | I | 4 | 290 00 | 08.5 | | | 88 56 | 42.2 | |
| | I | 1 | 239 19 | 41.0 | | | 91 02 | 58.3 | |
| | D | 3 | 79 21 | 14.0 | 79 21 11.6 | | 91 02 | 31.0 | 91 02 51.1 |
| | D | 4 | 130 01 | 51.7 | 130 01 46.8 | 50 40 35.2 | 88 56 | 17.5 | 88 56 36.5 |
| 13 | D | 1 | 189 34 | 44.4 | 189 34 39.7 | 59 32 52.9 | 90 12 | 12.1 | 90 12 32.0 |
| | I | 1 | 9 30 | 35.0 | | | 90 12 | 52.0 | |
| | I | 4 | 310 01 | 41.9 | | | 88 56 | 55.5 | |
| | I | 3 | 259 21 | 09.2 | | | 91 03 | 11.2 | |
| 14 | D | 3 | 99 11 | 32.8 | 99 11 34.3 | | 91 02 | 30.8 | 91 02 53.0 |
| | D | 4 | 149 52 | 12.0 | 149 52 04.7 | 50 40 30.4 | 88 56 | 22.3 | 88 56 40.6 |
| | D | 1 | 209 24 | 57.1 | 209 24 57.6 | 59 32 52.9 | 90 12 | 21.1 | 90 12 46.6 |
| | I | 1 | 29 24 | 58.0 | | | 90 11 | 12.2 | |
| 15 | I | 4 | 329 51 | 57.3 | | | 88 56 | 59.0 | |
| | I | 3 | 279 11 | 35.8 | | | 91 03 | 15.3 | |
| | D | 3 | 119 13 | 05.5 | 119 12 58.0 | | 91 02 | 33.1 | 91 02 59.1 |
| | D | 4 | 169 53 | 30.8 | 169 53 26.9 | 50 40 28.9 | 88 56 | 21.0 | 88 56 38.8 |
| 16 | D | 1 | 229 26 | 22.0 | 229 26 21.0 | 59 32 54.1 | 90 12 | 27.3 | 90 12 48.4 |
| | I | 1 | 49 26 | 20.0 | | | 90 13 | 09.5 | |
| | I | 4 | 349 53 | 23.0 | | | 88 56 | 56.6 | |
| | I | 3 | 299 12 | 50.5 | | | 91 03 | 25.1 | |
| 17 | D | 3 | 139 13 | 49.0 | 139 13 43.1 | | 91 02 | 34.9 | 91 03 01.4 |
| | D | 4 | 189 54 | 13.0 | 189 54 08.0 | 50 40 24.9 | 88 56 | 24.0 | 88 56 34.8 |
| | D | 1 | 249 27 | 00.0 | 249 26 59.9 | 59 32 51.9 | 90 12 | 30.9 | 90 12 15.6 |
| | I | 1 | 69 26 | 59.7 | | | 90 12 | 00.2 | |
| 18 | I | 4 | 9 54 | 03.0 | | | 88 56 | 45.7 | |
| | I | 3 | 319 13 | 37.2 | | | 91.03 | 28.0 | |

REGISTRO DE DIRECCIONES POR EL METODO DE VUELTAS DE HORIZONTE

SECCION DE INGENIERIA
TOPOGRAFICA Y GEODESICA F. I.

ESTACION Vértices DOS (Normal) INSTRUMENTO WILD T-2 191505
 FECHA 1/Mayo/85 OBSERVADOR Brigada 1 OBSERVACION 1 (HOJA 4)

| VUELTA | POSICION CIRCULO VERTICAL | P. O. | LECTURA CIRCULO HORIZONTAL | | | PROMEDIO DE DIRECCIONES | DIRECCIONES A REPLICAS A CEROS GRADOS | GRADOS Y MINUTOS | LECTURA CIRCULO MICROMETRO | | ANGULO DE ALTURA | CROQUIS |
|--------|---------------------------|-------|----------------------------|-------------|-------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------|----------------------------|-------------|------------------|---------|
| | | | GRADOS Y MINUTOS | 1a. Lectura | 2a. Lectura | | | | 1a. Lectura | 2a. Lectura | | |
| 16 | D | 3 | 159 15' | 19.6 | 159 15 16.3 | 50 40 33.4 | 91 02' | | | 33.1 | 91 03 05.5 | |
| | D | 4 | 209 56 | 02.4 | 209 55 49.7 | 50 40 33.4 | 88 56 | | | 23.0 | 88 56 42.3 | |
| | D | 1 | 269 28 | 50.8 | 269 28 50.1 | 59 33 00.4 | 90 12 | | | 41.0 | 90 12 55.0 | |
| 17 | I | 1 | 89 28 | 49.3 | | | 90 13 | | | 08.9 | | |
| | I | 4 | 29 55 | 37.0 | | | 88 57 | | | 01.6 | | |
| | I | 3 | 339 15 | 13.0 | | | 91 03 | | | 37.9 | | |
| 18 | D | 3 | 179 16 | 58.0 | 179 16 54.0 | 50 35 25.6 | 91 02 | | | 33.7 | 91 03 08.8 | |
| | D | 4 | 229 52 | 27.7 | 229 52 19.6 | 50 35 25.6 | 88 56 | | | 31.0 | 88 56 35.5 | |
| | D | 1 | 289 30 | 29.0 | 289 30 28.6 | 59 38 09.0 | 90 12 | | | 42.5 | 90 12 52.8 | |
| 19 | I | 1 | 109 30 | 28.2 | | | 90 13 | | | 03.0 | | |
| | I | 4 | 49 52 | 11.5 | | | 88 56 | | | 40.0 | | |
| | I | 3 | 359 16 | 50.0 | | | 91 03 | | | 43.9 | | |
| 18 | D | 3 | 199 18 | 17.2 | 119 18 09.1 | | 91 02 | | | 27.0 | 91 03 12.6 | |
| | D | 4 | 249 58 | 23.8 | 249 58 26.3 | 50 40 17.2 | 88 56 | | | 23.1 | 88 56 39.0 | |
| | D | 1 | 309 31 | 38.1 | 309 31 34.1 | 59 33 07.8 | 90 12 | | | 42.9 | 90 13 00.0 | |
| 19 | I | 1 | 129 31 | 30.1 | | | 90 13 | | | 17.0 | | |
| | I | 4 | 69 58 | 28.7 | | | 88 56 | | | 54.9 | | |
| | I | 3 | 19 18 | 00.9 | | | 91 03 | | | 58.1 | | |
| 19 | D | 3 | 219 19 | 51.1 | 219 19 50.0 | | 91 02 | | | 30.5 | 91 03 16.4 | |
| | D | 4 | 270 00 | 29.1 | 270 00 24.8 | 50 40 14.8 | 88 56 | | | 28.5 | 88 56 34.2 | |
| | D | 1 | 329 33 | 27.9 | 329 33 25.7 | 59 33 00.9 | 90 12 | | | 42.1 | 90 13 00.0 | |
| 19 | I | 1 | 149 33 | 23.5 | | | 90 13 | | | 18.0 | | |
| | I | 4 | 90 00 | 20.5 | | | 88 56 | | | 40.0 | | |
| | I | 3 | 39 19 | 48.9 | | | 91 04 | | | 02.2 | | |

TRABAJOS COMPLEMENTARIOS DE GABINETE .

Capítulo VII

7.1 CALCULO DE UNA POLIGONAL TOPOGRAFICA.

7.2 CALCULO DE RADIACIONES

7.1 CALCULO DE UNA POLIGONAL TOPOGRAFICA.

El programa lleva a cabo el cálculo de una poligonal topográfica por medio del método de la brújula o del tránsito, a partir de los rumbos y distancias; obteniendo las proyecciones sin corregir, correcciones, proyecciones corregidas y sus coordenadas; así como también el área de dicha poligonal.

Listado del programa.

Archivo secuencial.

```

10 CLS
20 INPUT "NUMERO DE OBSERVACIONES";NO
30 DIM ES$(NO),PO$(NO),LO(NO),RB$(NO),GR(NO),MI(NO),SE(NO),PY(NO),PX
(NO),CX(NO),CY(NO),QY(NO),QX(NO),X(NO),Y(NO)
40 PRINT "QUE REGLA UTILIZA?,<1> BRUJULA, <2> TRANSITO"
50 INPUT RE
60 PI=3.1415926#
70 FOR I=1 TO NO
80 INPUT "ESTACION";ES$(I)
81 INPUT "PUNTO OBSERVADO";PO$(I)
82 INPUT "LONGITUD"; LO(I)
83 INPUT "RUMBOS";RB$(I)
84 INPUT "GRADOS";GR(I)
85 INPUT "MINUTOS";MI(I)
86 INPUT "SEGUNDOS";SE(I)
87 NEXT I
88 INPUT "COORDENADA X";X(I)
89 INPUT "COORDENADA Y";Y(I)
90 OPEN "0",# 1,"B:DATOS.DAT"
91 PRINT# 1,NO:PRINT# 1,RE
92 FOR I=1 TO NO:PRINT# 1,ES$(I):PRINT# 1,PO$(I):PRINT# 1,LO(I):PRIN
T# 1,RB$(I)
93 PRINT# 1,GR(I):PRINT# 1,MI(I):PRINT# 1,SE(I):NEXT I
94 PRINT# 1,X(I):PRINT# 1,Y(I)
95 CLOSE # 1

```

Programa procesador y ejecutor de operaciones.

```

1 CLS: INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA";NOMBRE$
2 CLS: INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE ENTRADA";DATOS$
3 CLS
5 OPEN "0",# 2,"b:"+NOMBRE$+".LIS"
10 OPEN "1",# 1,"B:"+DATOS$+".DAT":INPUT# 1,NO
20 DIM ES$(NO),PO$(NO),LO(NO),RB$(NO),GR(NO),MI(NO),SE(NO),PY(NO),PX(
NO),CX(NO),CY(NO),QY(NO),QX(NO),X(NO),Y(NO)
30 PRINT "QUE REGLA SE UTILIZA?,<1> BRUJULA, <2> TRANSITO"
40 INPUT# 1, RE
50 INPUT"REGLA";RE
60 PI=3.1415926#
70 FOR I=1 TO NO
80 INPUT # 1,ES$(I)

```

```

90 INPUT # 1,PO$(I)
100 INPUT# 1,LO(I)
110 INPUT# 1,RB$(I)
120 INPUT# 1,GR(I)
130 INPUT# 1,MI(I)
140 INPUT# 1,SE(I)
150 NEXT I
160 INPUT# 1,X(I)
170 INPUT# 1,Y(I)
180 CLOSE# 1
190 EX=0:EY=0:E1=0:E2=0:SL=0
200 FOR I=1 TO NO
210 AN=(PI/180)*(GR(I)+(MI(I)/60)+(SE(I)/3600))
220 PX(I)=LO(I)*SIN(AN)
230 PY(I)=LO(I)*COS(AN)
240 IF LEFT$(RB$(I),1)="S" THEN PY(I)=-1*PY(I)
250 IF RIGHT$(RB$(I),1)="W" THEN PX(I)=-1*PX(I)
260 EX=EX+PX(I)
270 EY=EY+PY(I)
280 E1=E1+ABS(PX(I))
290 E2=E2+ABS(PY(I))
300 SL=SL+LO(I)
310 NEXT I
320 EX=ABS(EX):EY=ABS(EY)
330 ET=SQR(EX*EX+EY*EY)
340 PE=1/(SL/ET)
350 IF RE=1 THEN K1=EX/SL:K2=EY/SL ELSE K1=EX/E1:K2=EY/E2
360 FOR I=1 TO NO
370 IF SGN(PX(I))=0 THEN SX=1 ELSE SX=-1
380 IF SGN(PY(I))=0 THEN SY=1 ELSE SY=-1
390 IF RE=1 THEN CX(I)=SX*K1*LO(I):CY(I)=SY*K2*LO(I) ELSE CX(I)=K1*PX
(I):CY(I)=K2*PY(I)
400 QX(I)=SX*ABS(PX(I))+CX(I)
410 QY(I)=SY*ABS(PY(I))+CY(I)
420 NEXT I
430 FOR I=2 TO NO
440 X(I)=X(I-1)+QX(I-1)
450 Y(I)=Y(I-1)+QY(I-1)
460 NEXT I
470 AR=0
480 FOR I=1 TO NO-1
490 AR=AR+X(I)*Y(I+1)-X(I+1)*Y(I)
500 NEXT I
510 AR=AR+X(NO)*Y(1)-X(1)*Y(NO)
520 AR=AR/2
530 PRINT# 2, "D A T O S":PRINT# 2,"
540 PRINT# 2,TAB(5);"ESTACION";TAB(18);"P.O.";TAB(26);"LONGITUD";TAB(
45);"RUMBO"
550 PRINT# 2,"":FOR I=1 TO NO:PRINT# 2,TAB(8);ES$(I);TAB(20);PO$(I);T
AB(25);
560 PRINT# 2,USING"#####.###";LO(I);
570 PRINT# 2,TAB(43);RB$(I);:PRINT# 2,USING"###";GR(I);MI(I);SE(I)
580 NEXT I
590 PRINT# 2,"":FOR I=1 TO 60:PRINT# 2,"-";:NEXT I:PRINT# 2,"":PRINT#
2,"
600 IF RE=1 THEN PRINT# 2,"REGLA DE LA BRUJULA" ELSE PRINT# 2,"REGLA
DEL TRANSITO"
610 PRINT# 2,"":PRINT# 2,"
620 PRINT# 2,TAB(12);"PROY. SIN CORREGIR";TAB(46);"CORRECCIONES"
630 PRINT# 2,TAB(4);"N(+>";TAB(14);"S(-)";TAB(24);"E(+>";TAB(34);"W(
-);TAB(47);"X";TAB(57);"Y"
640 PRINT# 2,"":FOR I=1 TO NO:IF PY(I)<0 THEN PRINT# 2,TAB(11); ELSE
PRINT# 2,TAB(1);
650 PRINT# 2,USING"#####.###";ABS(PY(I));

```

```

660 IF PX(I)<0 THEN PRINT# 2,TAB(31);ELSE PRINT# 2,TAB(21);
670 PRINT# 2, USING"#####.###";ABS(PX(I));
680 PRINT# 2,TAB(41);;PRINT# 2,USING"#####.###";CX(I);;PRINT# 2,TAB(5
1);;PRINT# 2,USING"#####.###";CY(I)
690 NEXT I
700 PRINT# 2,"":FOR I=1 TO 30:PRINT# 2,"-";;NEXT I:PRINT# 2,"":PRINT#
2,""
710 PRINT# 2,TAB(13);"PROY. CORREGIDAS";TAB(47);"COORDENADAS"
720 PRINT# 2,TAB(4);"N(+>";TAB(14);"S(->";TAB(24);"E(+>";TAB(34);"W(-
)";TAB(47);"X";TAB(57);"Y";PRINT# 2,""
730 FOR I=1 TO NO:IF QY(I)<0 THEN PRINT # 2,TAB(11);ELSE PRINT# 2,TAB
(1);
740 PRINT# 2,USING"#####.###";ABS(QY(I));
750 IF QX(I)<0 THEN PRINT# 2,TAB(31);ELSE PRINT# 2,TAB(21);
760 PRINT# 2,USING"#####.###";ABS(QX(I));
770 PRINT# 2,TAB(41);;PRINT# 2,USING"#####.###";X(I);;PRINT# 2,TAB(51
);;PRINT# 2,USING"#####.###";Y(I)
780 NEXT I
790 FOR I=1 TO 60:PRINT# 2,"-";;NEXT I:PRINT# 2,""
800 PRINT# 2,"ERROR EN 'X'=";PRINT# 2,USING"###.#####";EX
810 PRINT# 2,"ERROR EN 'Y'=";PRINT# 2,USING"###.#####";EY
820 PRINT# 2,"ERROR TOTAL =";PRINT# 2,USING"###.#####";ET
830 PRINT# 2,"PRECISION =";PRINT# 2,USING"###.#####";PE
840 PRINT# 2,"AREA =";PRINT# 2,USING"#####.###";ABS(AR)
845 CLOSE
850 END

```

7.1.2 Archivo de datos correspondientes a la poligonal envolvente de la brigada No. 5.

```

16
1
A
B
124.218
SE
65
18
O
B
C
142.15
NE
3
35
O
C
D
110.754
NW
62
35
O
D
E
9.315
SW
65
10

```

O
E
F
140.518
NW
84
19
O
F
G
122.826
NW
83
22
O
G
H
248.214
NW
83
1
O
H
I
370.945
SW
1
26
O
I
J
32.592
NE
77
45
O
J
K
90.856
NE
88
O
O
K
L
68.526
NE
55
41
O
L
M
43.76
SE
86
29
O
M
N
146.416
NE
6
5
O

N
 O
 121.055
 SE
 86
 15
 O
 O
 P
 93.435
 SE
 84
 49
 O
 P
 A
 49.992
 SE
 84
 9
 O
 10025.86
 10445.48

7.1.3 Prueba del programa

D A T O S

| ESTACION | P.O. | LONGITUD | RUMBO |
|----------|------|----------|------------|
| A | B | 124.218 | SE 85 18 0 |
| B | C | 142.150 | NE 3 35 0 |
| C | D | 110.754 | NW 82 35 0 |
| D | E | 8.315 | SW 65 10 0 |
| E | F | 140.518 | NW 84 19 0 |
| F | G | 122.826 | NW 83 22 0 |
| G | H | 248.214 | NW 83 1 0 |
| H | I | 370.945 | SW 1 26 0 |
| I | J | 32.592 | NE 77 45 0 |
| J | K | 90.856 | NE 88 0 0 |
| K | L | 68.526 | NE 55 41 0 |
| L | M | 43.760 | SE 86 29 0 |
| M | N | 146.416 | NE 6 5 0 |
| N | O | 121.055 | SE 86 15 0 |
| O | P | 93.435 | SE 84 49 0 |
| P | A | 49.992 | SE 84 9 0 |

REGLA DE LA BRUJULA

| N(+) | PROY. SIN CORREGIR | | W(-) | CORRECCIONES | |
|---------|--------------------|---------|---------|--------------|--------|
| | S(-) | E(+) | | X | Y |
| | 10.178 | 123.800 | | 0.010 | -0.008 |
| 141.872 | | 8.884 | | 0.011 | 0.009 |
| 14.297 | | | 109.827 | -0.009 | 0.007 |
| | 3.492 | | 7.546 | -0.001 | -0.001 |
| 13.916 | | | 139.827 | -0.011 | 0.009 |
| 14.188 | | | 122.004 | -0.010 | 0.008 |
| 30.178 | | | 246.373 | -0.019 | 0.016 |
| | 370.829 | | 9.279 | -0.029 | -0.024 |
| 6.915 | | 31.850 | | 0.003 | 0.002 |
| 3.171 | | 90.801 | | 0.007 | 0.006 |
| 38.633 | | 56.598 | | 0.005 | 0.004 |
| | 2.684 | 43.678 | | 0.003 | -0.003 |
| 145.592 | | 15.516 | | 0.011 | 0.009 |
| | 7.917 | 120.796 | | 0.009 | -0.008 |
| | 8.441 | 93.053 | | 0.007 | -0.006 |
| | 5.095 | 49.732 | | 0.004 | -0.003 |

| N(+) | PROY. CORREGIDAS | | W(-) | COORDENADAS | |
|---------|------------------|---------|---------|-------------|-----------|
| | S(-) | E(+) | | X | Y |
| | 10.186 | 123.810 | | 10025.860 | 10445.480 |
| 141.881 | | 8.895 | | 10149.670 | 10435.290 |
| 14.304 | | | 109.836 | 10158.570 | 10577.180 |
| | 3.493 | | 7.547 | 10048.730 | 10591.480 |
| 13.925 | | | 139.838 | 10041.180 | 10587.990 |
| 14.196 | | | 122.013 | 9901.344 | 10601.910 |
| 30.194 | | | 246.392 | 9779.330 | 10616.110 |
| | 370.853 | | 9.307 | 9532.938 | 10646.300 |
| 6.917 | | 31.852 | | 9523.630 | 10275.450 |
| 3.177 | | 90.808 | | 9555.482 | 10282.370 |
| 38.637 | | 56.603 | | 9646.290 | 10285.540 |
| | 2.687 | 43.681 | | 9702.894 | 10324.180 |
| 145.601 | | 15.528 | | 9746.574 | 10321.490 |
| | 7.925 | 120.805 | | 9762.102 | 10467.090 |
| | 8.447 | 93.060 | | 9882.908 | 10459.170 |
| | 5.099 | 49.736 | | 9975.968 | 10450.720 |

ERROR EN 'X' = 0.14835
 ERROR EN 'Y' = 0.12321
 ERROR TOTAL = 0.19285
 PRECISION = 0.000101
 AREA = 134128.00 m²

7.2 CALCULO DE RADIACIONES.

El programa calcula partiendo de los rumbos y distancias las proyecciones y las coordenadas de todas las radiaciones.

Los datos para la prueba del programa fueron tomados de los registros correspondientes a la brigada cinco y referidos en el capítulo uno.

Listado del programa.

Archivo secuencial.

```

10 CLS
20 INPUT "NUMERO DE OBSERVACIONES";NO
30 DIM ES$(NO),PO$(NO),LO(NO),RB$(NO),GR(NO),MI(NO),SE(NO),PY(NO),PX(
NO),X(NO),Y(NO)
40 PI=3.1415926#
50 FOR I=1 TO NO
60 INPUT "ESTACION";ES$(I)
70 INPUT "PUNTO OBSERVADO";PO$(I)
80 INPUT "LONGITUD"; LO(I)
90 INPUT "RUMBOS";RB$(I)
100 INPUT "GRADOS";GR(I)
110 INPUT "MINUTOS";MI(I)
120 INPUT "SEGUNDOS";SE(I)
130 NEXT I
140 INPUT "COORDENADA X";X(I)
150 INPUT "COORDENADA Y";Y(I)
160 INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE DATOS";NOMBRE$
170 OPEN "0",# 1,"B:"+NOMBRE$+".DAT":PRINT # 1,NO
180 FOR I=1 TO NO:PRINT# 1,ES$(I):PRINT# 1,PO$(I):PRINT# 1,LO(I):PRINT# 1,RB$(I)
190 PRINT# 1,GR(I):PRINT# 1,MI(I):PRINT# 1,SE(I):NEXT I
200 PRINT# 1,X(I):PRINT# 1,Y(I)
210 CLOSE # 1

```

Programa procesador y ejecutor de operaciones.

```

10 CLS: INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE SALIDA";NOMBRE$
20 CLS: INPUT "NOMBRE DEL ARCHIVO DE ENTRADA";DATOS$
30 CLS
40 OPEN "1",# 1,"B:"+DATOS$+".DAT":INPUT# 1,NO
50 OPEN "0",# 2,"B:"+NOMBRE$+".LIS"
60 DIM ES$(NO),PO$(NO),LO(NO),RB$(NO),GR(NO),MI(NO),SE(NO),PY(NO),PX(
NO),X(NO),Y(NO)
70 PI=3.1415926#
80 FOR I=1 TO NO
90 INPUT # 1,ES$(I)
100 INPUT# 1,LO(I)
110 INPUT# 1,LO(I)
120 INPUT# 1,RB$(I)
130 INPUT# 1,GR(I)
140 INPUT# 1,MI(I)
150 INPUT# 1,SE(I)
160 NEXT I
170 INPUT# 1,X(I)
180 INPUT# 1,Y(I)
190 CLOSE# 1

```

```

200 FOR I=1 TO NO
210 AN=(PI/180)*X(GR(I)+(MI(I)/60)+(SE(I)/3600))
220 PX(I)=LQ(I)*SIN(AN)
230 PY(I)=LQ(I)*COS(AN)
240 IF LEFT$(RB$(I),1)="S" THEN PY(I)=-1*PY(I)
250 IF RIGHT$(RS$(I),1)="W" THEN PX(I)=-1*PX(I)
260 NEXT I
270 FOR I=1 TO NO
280 IF SIGN(PX(I))=0 THEN SX=1 ELSE SX=-1
290 IF SIGN(PY(I))=0 THEN SY=1 ELSE SY=-1
300 NEXT I
310 FOR I=2 TO NO
320 X(I)=X(I-1)+PX(I-1)
330 Y(I)=Y(I-1)+PY(I-1)
340 NEXT I
350 AR=0
360 FOR I=1 TO NO-1
370 AR=AR+X(I)*Y(I+1)-X(I+1)*Y(I)
380 NEXT I
390 AR=AR+X(NO)*Y(1)-X(1)*Y(NO)
400 AR=AR/2
410 PRINT# 2, "D A T O S":PRINT# 2, ""
420 PRINT# 2, TAB(5); "ESTACION"; TAB(18); "P.O."; TAB(26); "LONGITUD"; TAB(45); "RUMBO"
430 PRINT# 2, "":FOR I=1 TO NO:PRINT# 2, TAB(8); ES$(I); TAB(20); PO$(I); TAB(25);
440 PRINT# 2, USING"#####.###"; LQ(I);
450 PRINT# 2, TAB(43); RB$(I);:PRINT# 2, USING"###"; GR(I); MI(I); SE(I)
460 NEXT I
470 PRINT# 2, "":FOR I=1 TO 60:PRINT# 2, "-";:NEXT I:PRINT# 2, "":PRINT# 2, ""
480 PRINT# 2, "":PRINT# 2, ""
490 PRINT# 2, TAB(15); "PROYECCIONES"
500 PRINT# 2, TAB(4); "N(+); TAB(14); "S(-); TAB(24); "E(+); TAB(34); "W(-)"
510 PRINT# 2, "":FOR I=1 TO NO:IF PY(I)<0 THEN PRINT# 2, TAB(11); ELSE
PRINT# 2, TAB(1);
520 PRINT# 2, USING"#####.###"; ABS(PY(I));
530 IF PX(I)<0 THEN PRINT# 2, TAB(31); ELSE PRINT# 2, TAB(21);
540 PRINT# 2, USING"#####.###"; ABS(PX(I));
550 NEXT I
560 PRINT# 2, "":FOR I=1 TO 60:PRINT# 2, "-";:NEXT I:PRINT# 2, "":PRINT# 2, ""
570 PRINT# 2, TAB(17); "COORDENADAS"
580 PRINT# 2, TAB(14); "X"; TAB(29); "Y":PRINT# 2, ""
590 FOR I=1 TO NO
600 PRINT# 2, TAB(10);:PRINT# 2, USING"#####.###"; X(I);:PRINT# 2, TAB(25)
:PRINT# 2, USING"#####.###"; Y(I)
610 NEXT I
620 FOR I=1 TO 60:PRINT# 2, "-";:NEXT I:PRINT# 2, ""
630 PRINT# 2, "AREA =";:PRINT# 2, USING"#####.###"; ABS(AR)
640 CLOSE
650 END

```

7.2.1 Archivo de datos correspondientes a las radiaciones hechas por la brigada cinco.

Datos de la manzana uno. (Ver capítulo uno, figura No. 7).

```

12
1
2
106.152
Nº1
84
39
0

```

2
3
2.228

SW
53
2
0
3
1'
64.927

SW
8
9
0
1'
1"
56.92

SW
9
40
0
1"
3'
16.172

SW
7
36
0
3'
1"
116.593

SE
84
50
0
1"
2'
2.251

NE
47
53
0
2'
5
22.743

NE
1
55
0
5
4
67.181

NE
3
26
0
4
3
20.16

NE
5
59
0
3
2

12.43
NE
6
6
0
2
1
14.833
NE
9
16
0
10032.9
10585.82

Datos de la manzana dos. (Ver capítulo uno, figura No. 8).

11
6
2
135.405
NW
84
19
0
2
3
2.535
SW
51
44
0
3
9
137.726
SW
7
12
0
9
10
1.365
SE
39
3
0
10
1
73.97
SE
84
50
0
1
4
5.22
SE
86
29
0
4
8

52.954

SE

84

16

0

8

9

1.454

NE

52

15

0

9

2

77.781

NE

10

10

0

2

3

19.591

NE

7

21

0

3

6

41.46

NE

5

46

0

9915.231

10596.9

Datos de la manzana tres. (Ver capítulo uno, figura No. 9).

7

6

7

10.302

NW

88

47

0

7

2

100.724

NW

82

54

0

2

11

51.695

SW

4

43

0

11

19

92.429

SW

7

18

0

19

20

.64

SE

38

40

0

20

16

107.712

SE

85

30

0

16

6

140.686

NE

7

32

0

9771.821

10611.17

Datos de la manzana cuatro. (Ver capítulo uno, figura No. 10)

27

7

1

59.853

NN

83

51

0

1

1'

.88

SW

6

8

0

1'

3

91.75

NN

84

9

0

3

3'

89.211

SW

81

40

0

3'

14

355.644

SW

1

41

0

14

15

2.301

SE

39

43

0

15

9

25.643

NE

82

7

0

9

6

73.485

NE

88

0

0

6

5

15.467

NE

81

49

0

5

4

15.371

NE

63

2

0

4

3

46.679

NE

59

20

0

3

8

29.345

NE

78

26

0

8

9

12.904

SE

85

49

0

9

12

3.111

NE
50
29
0
12
27
52.697

NE
5
26
0
27
28
55.495

NE
9
57
0
28
28'
23.338

NE
9
28
0
28'
25
.79

SE
81
37
0
25
26
12.423

NE
8
23
0
26
26'
0.79

NW
81
37
0
26'
12'
26.853

NE
8
2
0
12'
13
21.492

NE
6
36
0
13
14'
18.88
NE

5
 36
 0
 14'
 15
 37.017
 NE
 7
 37
 00
 15
 4
 22.528
 NE
 6
 7
 0
 4
 6'
 14.601
 NE
 3
 44
 0
 6'
 7
 .771
 NW
 33
 54
 0
 9653.65
 10624.77

7.2.3 Prueba del programa.

MANZANA 1

D A T O S

| ESTACION | P.O. | LONGITUD | RUMBO |
|----------|------|----------|------------|
| 1 | | 106.152 | NW 84 39 0 |
| 2 | | 2.228 | SW 53 2 0 |
| 3 | | 64.927 | SW 8 9 0 |
| 1' | | 56.920 | SW 9 40 0 |
| 1" | | 16.172 | SW 7 36 0 |
| 3' | | 116.593 | SE 84 50 0 |
| 1" | | 2.251 | NE 47 53 0 |
| 2' | | 22.743 | NE 1 55 0 |
| 5 | | 67.181 | NE 3 26 0 |
| 4 | | 20.160 | NE 5 59 0 |
| 3 | | 12.430 | NE 6 6 0 |
| 2 | | 14.833 | NE 9 16 0 |

| N(+) | PROYECCIONES | | W(-) |
|--------|--------------|---------|---------|
| | S(-) | E(+) | |
| 9.898 | | | 105.690 |
| | 1.340 | | 1.780 |
| | 64.271 | | 9.204 |
| | 56.112 | | 9.558 |
| | 16.030 | | 2.139 |
| | 10.500 | 116.119 | |
| 1.510 | | 1.670 | |
| 22.730 | | 0.761 | |
| 67.060 | | 4.023 | |
| 20.050 | | 2.101 | |
| 12.360 | | 1.321 | |
| 14.639 | | 2.389 | |

| COORDENADAS | |
|-------------|-----------|
| X | Y |
| 10032.900 | 10585.820 |
| 9927.211 | 10595.720 |
| 9925.431 | 10594.380 |
| 9916.227 | 10530.110 |
| 9906.669 | 10473.990 |
| 9904.530 | 10457.960 |
| 10020.650 | 10447.460 |
| 10022.320 | 10448.970 |
| 10023.080 | 10471.700 |
| 10027.100 | 10538.770 |
| 10029.210 | 10558.820 |
| 10030.530 | 10571.170 |

AREA = 15492.00 m²

MANZANA 2

D A T O S

| ESTACION | P.O. | LONGITUD | RUMBO |
|----------|------|----------|------------|
| 6 | | 135.405 | NW 84 19 0 |
| 2 | | 2.535 | SW 51 44 0 |
| 3 | | 137.726 | SW 7 12 0 |
| 9 | | 1.365 | SE 39 3 0 |
| 10 | | 73.970 | SE 84 50 0 |
| 1 | | 5.220 | SE 86 29 0 |
| 4 | | 52.954 | SE 84 16 0 |
| 8 | | 1.454 | NE 52 15 0 |
| 9 | | 77.781 | NE 10 10 0 |
| 2' | | 19.591 | NE 7 21 0 |
| 3' | | 41.460 | NE 5 46 0 |

| N(+) | PROYECCIONES | | W(-) |
|--------|--------------|--------|---------|
| | S(-) | E(+) | |
| 13.409 | | | 134.739 |
| | 1.570 | | 1.990 |
| | 136.640 | | 17.262 |
| | 1.060 | 0.860 | |
| | 6.661 | 73.669 | |
| | 0.320 | 5.210 | |
| | 5.290 | 52.689 | |
| 0.890 | | 1.150 | |
| 76.560 | | 13.729 | |
| 19.430 | | 2.506 | |
| 41.250 | | 4.166 | |

| COORDENADAS | |
|-------------|-----------|
| X | Y |
| 9915.231 | 10596.900 |
| 9780.492 | 10610.310 |
| 9778.502 | 10608.740 |
| 9761.240 | 10472.100 |
| 9762.101 | 10471.040 |
| 9835.771 | 10464.380 |
| 9840.981 | 10464.060 |
| 9893.670 | 10458.770 |
| 9894.819 | 10459.660 |
| 9908.549 | 10536.220 |
| 9911.055 | 10555.650 |

AREA = 19144.00 m²

MANZANA 3

D A T O S

| ESTACION | P.O. | LONGITUD | RUMBO |
|----------|------|----------|------------|
| 6 | | 10.302 | NW 88 47 0 |
| 7 | | 100.724 | NW 82 54 0 |
| 2 | | 51.695 | SW 4 43 0 |
| 11 | | 92.429 | SW 7 18 0 |
| 19 | | 0.640 | SE 38 40 0 |
| 20 | | 107.712 | SE 85 30 0 |
| 16 | | 140.686 | NE 7 32 0 |

| N(+) | PROYECCIONES | | W(-) |
|---------|--------------|---------|--------|
| | S(-) | E(+) | |
| 0.219 | | | 10.300 |
| 12.450 | | | 99.952 |
| | 51.520 | | 4.251 |
| | 91.680 | | 11.744 |
| | 0.500 | 0.400 | |
| | 8.451 | 107.380 | |
| 139.472 | | 18.444 | |

| COORDENADAS | |
|-------------|-----------|
| X | Y |
| 9771.821 | 10611.170 |
| 9761.521 | 10611.390 |
| 9661.571 | 10623.840 |
| 9657.319 | 10572.320 |
| 9645.574 | 10480.640 |
| 9645.974 | 10480.140 |
| 9753.354 | 10471.690 |

AREA = 15460.00 m²

MANZANA 4

DATOS

| ESTACION | P.O. | LONGITUD | RUMBO |
|----------|------|----------|------------|
| 7 | | 59.853 | NW 83 51 0 |
| 1 | | 0.880 | SW 6 8 0 |
| 1' | | 91.750 | NW 84 9 0 |
| 3 | | 89.211 | SW 81 40 0 |
| 3' | | 355.644 | SW 1 41 0 |
| 14 | | 2.301 | SE 39 43 0 |
| 15 | | 25.643 | NE 82 7 0 |
| 9 | | 73.485 | NE 88 0 0 |
| 6 | | 15.467 | NE 81 49 0 |
| 5 | | 15.371 | NE 63 2 0 |
| 4 | | 46.679 | NE 59 20 0 |
| 3" | | 29.345 | NE 78 26 0 |
| 8 | | 12.904 | SE 85 49 0 |
| 9' | | 3.111 | NE 50 29 0 |
| 12 | | 52.697 | NE 5 26 0 |
| 27 | | 55.495 | NE 9 57 0 |
| 28 | | 23.338 | NE 9 28 0 |
| 28' | | 0.790 | SE 81 37 0 |
| 25 | | 12.423 | NE 8 23 0 |
| 26 | | 0.790 | NW 81 37 0 |
| 26' | | 26.853 | NE 8 2 0 |
| 12' | | 21.492 | NE 6 36 0 |
| 13 | | 18.880 | NE 5 36 0 |
| 14' | | 37.017 | NE 7 37 0 |
| 15 | | 22.528 | NE 6 7 0 |
| 4 | | 14.601 | NE 3 44 0 |
| 6' | | 0.771 | NW 33 54 0 |

| N(+) | PROYECCIONES | | W(-) |
|-------|--------------|------|--------|
| | S(-) | E(+) | |
| 6.412 | | | 59.509 |
| | 0.875 | | 0.094 |
| 9.352 | | | 91.272 |
| | 12.930 | | 88.269 |
| | 355.491 | | 10.447 |

| | | | |
|--------|-------|--------|-------|
| | 1.770 | 1.470 | |
| 3.517 | | 25.401 | |
| 2.565 | | 73.440 | |
| 2.202 | | 15.310 | |
| 6.970 | | 13.700 | |
| 23.808 | | 40.151 | |
| 5.884 | | 28.749 | |
| | 0.941 | 12.870 | |
| 1.980 | | 2.400 | |
| 52.460 | | 4.990 | |
| 54.660 | | 9.589 | |
| 23.020 | | 3.838 | |
| | 0.115 | 0.782 | |
| 12.290 | | 1.811 | |
| 0.115 | | | 0.782 |
| 26.589 | | 3.753 | |
| 21.350 | | 2.470 | |
| 18.790 | | 1.842 | |
| 36.690 | | 4.906 | |
| 22.400 | | 2.400 | |
| 14.570 | | 0.951 | |
| 0.640 | | | 0.430 |

COORDENADAS

| X | Y |
|----------|-----------|
| 9653.651 | 10624.770 |
| 9594.142 | 10631.180 |
| 9594.047 | 10630.310 |
| 9502.774 | 10639.660 |
| 9414.505 | 10626.730 |
| 9404.058 | 10271.240 |
| 9405.528 | 10269.470 |
| 9430.929 | 10272.990 |
| 9504.369 | 10275.550 |
| 9519.679 | 10277.750 |
| 9533.379 | 10284.720 |
| 9573.530 | 10308.530 |
| 9602.279 | 10314.420 |
| 9615.149 | 10313.470 |
| 9617.549 | 10315.450 |
| 9622.539 | 10367.910 |
| 9632.128 | 10422.570 |
| 9635.967 | 10445.590 |
| 9636.748 | 10445.480 |
| 9638.559 | 10457.770 |
| 9637.778 | 10457.880 |
| 9641.530 | 10484.470 |
| 9644.001 | 10505.820 |
| 9645.844 | 10524.610 |
| 9650.750 | 10561.300 |
| 9653.151 | 10583.700 |
| 9654.102 | 10598.270 |

AREA = 78556.00 m²

CONCLUSIONES.

El trabajo presentado es una síntesis de los trabajos realizados en Prácticas Generales. El aporte de este trabajo es el de servir como guía y ayudar a prevenir fallas en prácticas posteriores.

En los trabajos destinados a poligonación es importante que las brigadas estén de acuerdo en los vértices que serán tomados como comunes entre una y otra. De tal manera que a la hora de realizar cálculos y dibujo los resultados sean los esperados. Lo mismo ocurre para configuración cuando se trata de un trabajo conjunto. De lo contrario resultan pérdidas de tiempo y problemas innecesarios.

En los aspectos técnicos de las prácticas que requieren de cálculos es recomendable el uso de calculadoras para optimizar tiempo.

En las prácticas de astronomía es recomendable que de acuerdo al estado del tiempo se tenga especial cuidado con la programación de los días para llevar a cabo las observaciones.

En las prácticas dedicadas a Geodesia es de suma importancia:

1.- Llevar a cabo un reconocimiento de la zona eliminando los vértices donde la intervisibilidad no es segura.

2.- Obtener permisos con las autoridades correspondientes para la ocupación de los vértices geodésicos elegidos.

3.- Llevar un control estricto de los alimentos necesarios para cada brigada, así como también tomar en cuenta si son apropiados o no.

4.- Llevar un control de los datos observados por brigada y revisar éstos en cada vértice.

-Se debe de realizar una revisión de los trabajos entregados por las brigadas, tener en cuenta aquellos que no cumplan con las indicaciones establecidas y separar aquellos que estén incompletos.

BIBLIOGRAFIA.

Raymond E. Davis, W. Kelly
Topografía Elemental
CECSA
México, 1981
Séptima impresión.

Milton O. Schmidt, William Horace Rayner
Fundamentos de Topografía.
CECSA
México, 1983
Primera edición en español

B. Austin Barry.
Topografía aplicada a la construcción
Ed. Linusa
México 1982
Primera impresión.

Raymond E. Davis, et al.
Surveying Theory and Practice
Ed. McGraw-Hill
United States of America, 1968
Sixth Edition

Sabro Higashida Miyabara
Topografía General
SEP
México, 1972.