6
2 ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

LA CALCULADORA PROGRAMABLE COMO SUBSTITUTO DE LA LIBRETA ELECTRONICA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA

P R E S E N T A

SERGIO DE LA PEÑA ZAMUDIO

MEXICO, D. F. 1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

259858

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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 esta 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.

VNIVERSIDAD NACIONAL
AVPNºMA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-019/97

Señor
SERGIO DE LA PEÑA ZAMUDIO
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. ADOLFO REYES PIZANO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA**

"LA CALCULADORA PROGRAMABLE COMO SUBSTITUTO DE LA LIBRETA ELECTRONICA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS"

INTRODUCCION
I. GENERALIDADES
II. ELECCION Y TRANSFORMACION DE UNIDADES Y SISTEMAS DE REFERENCIA
III. DETERMINACION DE DESNIVELES Y DISTANCIAS HORIZONTALES EN FUNCION DE LOS DATOS PROPORCIONADOS
IV. SOLUCION DE PROBLEMAS BASICOS DE TOPOGRAFIA Y ASTRONOMIA
V. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 28 de mayo de 1997.
EL DIRECTOR

ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*lmf

No hay camino que conduzca de la obscuridad a la luz del conocimiento que sea corto ó fácil , a pesar de ello vale la pena recorrerlo .

A mis padres por haberme mostrado donde salía la luz y haberme dado los medios para ir a buscarla .

A mis profesores que iluminaron mi camino en la búsqueda del conocimiento .

A mis hermanos y amigos con quienes compartí las horas de estudio y contribuyeron para hacerlo un placer .

A mis hijos y sobrinos presentes y futuros , espero sea un estimulo para que también se esfuercen por estudiar ya que encontraran en ello muchas satisfacciones .

A mi pareja por que se que comparte con migo la opinión de que el saber enaltece el espíritu del hombre y espero que continuemos buscándolo juntos .

A todas las personas e instituciones que contribuyeron a lograrlo GRACIAS .

Í N D I C E

" LA CALCULADORA PROGRAMABLE COMO SUBSTITUTO DE LA LIBRETA ELECTRÓNICA EN LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS "

I . 1 Breve reseña histórica .

En los levantamientos topográficos , es de vital importancia encontrar métodos y procesos que permitan disminuir los tiempos sin que se demerite la precisión .

El costo de un trabajo depende fundamentalmente , de los recursos humanos e instrumentales ; del método y tiempo empleado . Es conveniente encontrar métodos e instrumentos que nos permitan optimar los recursos y disminuir tiempos , sin afectar la precisión de los levantamientos ; esto nos permitirá reducir los costos y ser mas competitivos .

La aparición de los equipos de cómputo , ha revolucionado las formas tradicionales de cálculo , permitiendo mayor rapidez , exactitud y evitando equivocaciones en el procesamiento de los datos .

Los equipos de cómputo han tenido un desarrollo muy rápido , provocando cambios en la aplicación de métodos tradicionales o bien creando algunos nuevos , a continuación se describe en forma muy resumida el desarrollo de los equipos de cómputo y su relación con la ingeniería topográfica , lo que permitirá entender mejor los objetivos de la tesis , mismos que se describen en forma mas detallada en el capitulo siguiente .

La idea de repetir muchas operaciones sencillas para completar grandes proyectos , es la idea fundamental de la computadora . A mediados del siglo XVIII el matemático Pascal tuvo la idea de la primera calculadora mecánica , que le permitía hacer sumas y restas . Leibnitz el científico Alemán construyó otro modelo en 1694 , con el que pudo multiplicar y dividir ; en Inglaterra en 1835 Charles Babbage construyó una máquina para realizar cálculos , que mejoró con un ambicioso plan de máquina analítica , que si bien no tuvo éxito completo constituye el primer paso serio en la historia de las computadoras ; Ada Byron trabajó con la máquina y organizó el esquema lógico de la misma .

El americano Hans Hollerith diseño una máquina que leía tarjetas perforadas , con lo cual nace la codificación digital (SI , NO , <1> , <2>) como soporte de información .

La siguiente computadora fue desarrollada en el instituto tecnológico de Massachusetts por Vannavar Bush , utilizó engranajes mecánicos y de rotación , para representar funciones matemáticas , estas máquinas se conocen como computadoras analógicas .

En 1939 IBM construyó la primera computadora digital MARK1 , la cual utilizaba centenares de interruptores electromecánicos . En la universidad de Pennsylvania , se construyó la computadora ENIAC que utilizó tubos de vació .

En 1946 J. Von Neumann enunció los principios de funcionamiento de una computadora , donde no fuera preciso modificar los circuitos internos para cada programa y éste se almacenara en la memoria .

La primera computadora comercial llamada UNIVAC1 , nació en 1951 esta máquina puede ejecutar centenares de operaciones matemáticas cada segundo y fue considerada extremadamente rápida y eficiente .

Esta máquina y las que le siguieron se pueden considerar la primera generación de computadoras , las cuales utilizaban válvulas de vació y podían ejecutar mil instrucciones por segundo , su uso fue exclusivo del campo científico y militar .

A comienzos de la década de los sesentas ; el advenimiento del transistor que substituyó a la válvula de vacío , da origen a la segunda generación de computadoras . En 1965 la técnica evoluciono y aparecieron los primeros circuitos integrados , que reunían en un chip o cápsula miniatura numerosos transistores , que ocupan un espacio físico sensiblemente más pequeño .

Las técnicas de integración alcanzaron tal desarrollo que al principios del año 1970 nació el primer microprocesador . que consistía en realidad en una unidad central de proceso de una computadora y el comienzo de la miniaturización de los equipos , así como la creación de terminales inteligentes . En 1973 una compañía llamada INTEL desarrolló el primer chip de este tipo , el 8008 y posteriormente el 8080 , que fue el primer microprocesador para usos domésticos , con este microprocesador nació la revolución de los micros . Numerosas compañías se lanzaron al final de la década a la conquista de un nuevo mercado las micro computadoras .

Apartir de estas fechas nuevos y numerosos fabricantes han aparecido en el mercado ; la gama de modelos ofertados es muy amplia , la tecnología ha avanzado grandemente creando nuevas herramientas tales como , discos , lápices ópticos , tabletas digitalizadoras , computadoras portátiles etc. así como calculadoras programables y ordenadores electrónicos portátiles , para usarse en campo .

En forma particular en la topografía , la electrónica ha transformado los instrumentos , incorporando elementos tales como la medición electrónica de distancias , ángulos y niveles , asi como el despliegue de resultados en forma digital atraves de una pantalla , lo que es conocido actualmente con el nombre de teodolitos y niveles electrónicos

El siguiente paso dentro de la topografia ha sido la creación de las libretas electrónicas , las cuales son colectores de datos donde se registran las mediciones que se hacen en campo , esta información se puede transmitir atraves de un interface a una computadora , por ultimo tenemos la aparición de las estaciones totales , estas graban los datos que se observan en campo en discos que se integran directamente al instrumento y después pueden ser leídas en una computadora ; así se consigue que el proceso de cálculo sea realizado en forma automática .

Algunos de los teodolitos y estaciones totales , cuentan con un software que permite hacer operaciones en campo ya sea para facilitar el trazo de alguna obra ; o para conocer resultados directamente en campo , como podrían ser las coordenadas de algún vértice .

Esta breve descripción nos permitirá ubicarnos en la situación actual del uso de los sistemas de cómputo en el ámbito de la topografia .

I . 2 Objetivos que se pretenden .

Como se ha reseñado en el capitulo anterior , la tecnologia ha permitido crear instrumentos topográficos electrónicos , que permiten hacer el proceso de la información en forma automática ; esto es importante porque reduce notablemente el tiempo de procesamiento de la información en gabinete y ademas es un apoyo importante en campo ; ya que en coacciones es indispensable realizar cálculos en el mismo terreno , sobre todo cuando se traza o replantéa algún proyecto , por ello estos avances en la tecnología han tenido gran aceptación .

De acuerdo con la experiencia que se adquiere al haber trabajado con estos sistemas , no todo es favorable ya que se presentan algunas desventajas como son : el costo del equipo que es muy elevado , los programas se han diseñado pensando en las necesidades de las mayorías , lo que quizá no sea lo más conveniente cuando se hace un trabajo en particular , donde se requieran caracteristicas especiales ; la codificación de los programas es inaccesible para el usuario , por lo que no es posible modificarlo para adaptarlo a casos particulares ; en coacciones el método de trabajo en campo se tiene que ajustar al diseño del programa , lo que perjudica o entorpece el levantamiento de la información ; por lo regular además de la compra del equipo electrónico se tiene que comprar un software , que sea compatible con el programa del colector de datos , lo cual incrementa aun más el costo ; es común que este programa sea muy extenso ya que por lo general pretenden abarcar todas las áreas de la topografia , lo cual en muy pocas ocasiones es usado en su totalidad .

El hecho de que el software sea tan extenso , implica que la capacidad del sistema de computo de gabinete cumpla con ciertas características , para que este pueda funcionar lo cual eleva más el costo .

Los fabricantes generan sus programas basándose en las características de sus propios equipos sin tomar en cuenta instrumentos diferentes , por lo que serán inadecuados cuando sean empleados de cualquier otra manera .

Toda esta problemática expuesta , ha generado la inquietud de buscar una alternativa , que nos permita obtener algunos de los beneficios que proporciona el advenimiento de los teodolitos electrónicos y tratar de contrarrestar algunas de las limitantes que nos presenta , creando un software sencillo ,de las tareas que con mayor frecuencia se requieren en campo y que pueden ser incorporados en calculadoras electrónicas u ordenadores electrónicos , tales como (CASIO 850 , CASIO 880 , PB-1000 , PB-2000C , HC-PSION etc.) que contengan o se les pueda instalar el lenguaje de programación BASIC , en el cual esta codificado el programa .

Con este programa se pretende que en el propio campo se pueda contar con un instrumento de calculo rápido y seguro , así como almacenar datos que puedan ser transferidos a un sistema de cómputo más grande , o a discos para almacenar la información , o bien que se transfiera la información en el sentido inverso ya que pueden ser datos que se requieran en campo .

Las ventajas que presenta esta alternativa que propongo son ; se puede tener acceso a la codificación del mismo ; lo que permite eliminar programas que no se ocupen ; insertar alguno que no este contemplado , o modificar uno ya existente para que se adapte mejor a las necesidades , otra ventaja es el costo ya que no son comparables, siendo este mucho más barato ; ademas de que si se tiene en gabinete un equipo de cómputo sencillo , seguramente será suficiente para poder instalar el G.W. BASIC , lenguaje en que se ha codificado el programa ; el programa podrá adaptarse a equipos electrónicos actuales y futuros o bien a equipos más antiguos que todavía son muy usados .

Las desventajas que se presentan son , las calculadoras comúnmente tienen algunas diferencias de comandos u opciones comparadas con G W BASIC , por lo cual es probable que tenga que sufrir algunas modificaciones . Otra desventaja es el hecho de requiere como mínimo (30 KB) de memoria , cosa que muchas calculadoras que contienen el lenguaje de BASIC no lo tienen , así como la capacidad de registros que se puedan almacenar estará limitada por la cantidad de memoria libre disponible .

En ocasiones el encontrar en el mercado , las interfaces que nos permiten comunicar la calculadora con el sistema de cómputo , son difíciles de adquirir ; así como el interfase que comunica un teodolito electrónico con una calculadora , no se encuentra en el mercado . por lo que si se tiene un teodolito electrónico los datos tendrán que ser siempre tecleados .

Otro de los objetivos fundamentales de este programa , es que su diseño esta pensado para diferentes tipos de instrumentos ; en general los fabricantes crean sus programas para sus respectivos equipos y sistemas , que son de tecnología de punta , pero en la realidad de nuestro país , es que en pocas empresas e instituciones se cuenta con esta tecnología ; el programa que se elabora considera equipos de medición antiguos pero que aun son comúnmente usados , así como también son aplicables a equipos de medición modernos , lo que lo hace más ventajoso

Como se puede observar este programa tiene ventajas y desventajas y pretende ser un substituto de algunas tareas que nos permiten hacer las libretas electrónicas , con modificaciones que la hacen más versátil , pero que también en algunas otras facetas es más limitada .

1 . 3 Forma en que se encuentran organizados los problemas .

Es importante establecer como estan relacionadas las diferentes partes del programa , por lo siguiente , primero conocer los archivos que se generan al hacer uso del programa en los que serán grabados y leídos los registros , segundo para entender la lógica y estructura del mismo ; tercero en caso de que se requiera insertar eliminar o modificar el programa , se debe saber de que forma se le afecta o si algo de lo ya programado puede ser utilizado .

Algunos términos que se usan a lo largo de la tesis son explicados en este subcapitulo y se refieren en general a la organización del programa .

Es considerado como programa a la totalidad de la codificación , esta se divide en tres bloques ; el de inicialización de variables , subprogramas y subrutinas .

La inicialización de variables y archivos , establece los valores de las variables que son mas usadas y que son constantes . En los archivos que se establecen es donde se grabaran los resultados estos son ; el archivo de coordenadas , lineas , poligonales , ajustes y dos archivos auxiliares que llevan el nombre de (TEXTOS y PROB . BAS) , los que contienen datos que son necesarios para ciertos programas solo son de lectura .

En los primeros cuatro archivos se graban resultados de acuerdo a su género , dependiendo del resultado que se obtenga .

Al iniciar la ejecución del programa se solicitará el nombre del trabajo , el cual puede existir o ser nuevo , este podrá ser cualquier cadena alfanumérica de hasta seis caracteres , con el mismo nombre del trabajo se abren los archivos siguientes , con la extensión que se indica ; el de coordenadas con la extensión (C.DAT) , el de lineas con la extensión (L.DAT) , el de poligonales con la extensión (P.DAT) y el de ajustes con la extensión (A.DAT) , el cual puede tener el nombre igual o distinto al del nombre del trabajo ya que este nombre de archivo se solicita al ejecutar la parte del programa que se encarga del ajuste de poligonales .

Con respecto al segundo bloque existen 39 subprogramas , éstos son tareas que son muy frecuentes en topografía tal como el ajuste de poligonales , cálculo de curvas , áreas , etc.

El tercer bloque son las subrutinas que son cálculos parciales de algúnos subprogramas como puede ser la transformación de unidades o sistemas de referencia . cálculo de proyecciones distancias , etc. . y son ocupadas por varios subprogramas .

Para tener mayor orden y hacer mas funcional el programa ya que son muchos los programas , estos se han asociado en siete secciones , en cada sección se tienen subprogramas que tienen alguna relación entre si .

Para hacer uso de cada subprograma deberá de ejecutarse el programa denominado tesis , se solicitara como ya se menciono el nombre del trabajo , posteriormente aparecerá el menú principal , en el cual se elige la opción que se requiere atraves del número que tiene asociado ; de cada sección aparecerá un nuevo menú , donde se eligirá el subprograma deseado el cual al igual que antes se elige atraves del numero que tiene asociado , por último si el subprograma tiene opciones estas serán presentadas y deberá de elegirse la que se requiera .

Al concluir la ejecución de cada subprograma . mandara el control del programa al menú que corresponda a la sección ; la última opción de cada menú de sección es la opción que nos permite regresar al menú principal y a su vez la última opción de este concluye la ejecución del programa .

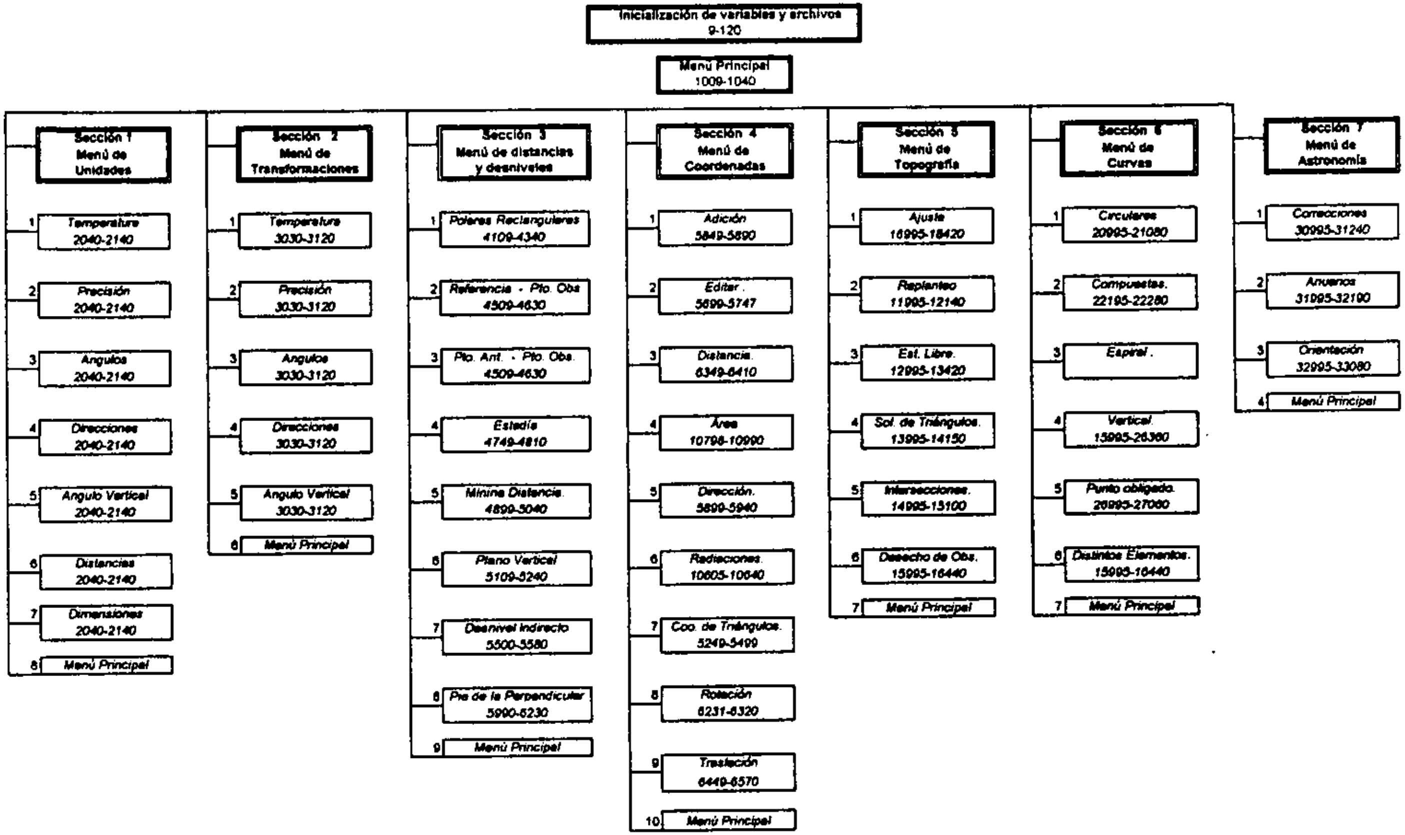
En el esquema (1 . 3 . 1) se presentan las secciones con cada uno de los subprogramas contenidos en dicha sección así como los números de linea de cada sección .

En los esquemas del (1 . 3 . 2) al (1 . 3 . 8) . se presenta cada una de las secciones con sus respectivos subprogramas y a su ves cada opción de cada subprograma en caso de que este tenga opciones .

Al inicio de cada capitulo se describe de forma breve y a manera de introducción lo que contienen los subprogramas de cada capitulo .

En la descripción de cada uno de los subprogramas por lo regular se siguen los pasos que se mencionan acontinuación . se describe que es lo que realiza . indica los datos que son necesarios para su funcionamiento , presenta el algoritmo y ecuaciones que se emplean para darle solución ; generalmente se asocia a este algoritmo un esquema donde se muestra la solución en forma gráfica ; se mencionan algunas aplicaciones a manera de muestra y se describen los inconvenientes o características que deben de cumplirse o evitarse , para que los resultados que se obtengan sean correctos y tengan determinada precisión ; se muestra un ejemplo que por lo regular esta asociado al ejemplo gráfico , utilizado para la explicación del algoritmo , por último se describe en que sección y que subprograma deben elegirse para ejecutarlo .

Las codificaciones de los subprogramas y subrutinas serán presentadas hasta el final del subcapítulo capítulo IV inciso 24 .

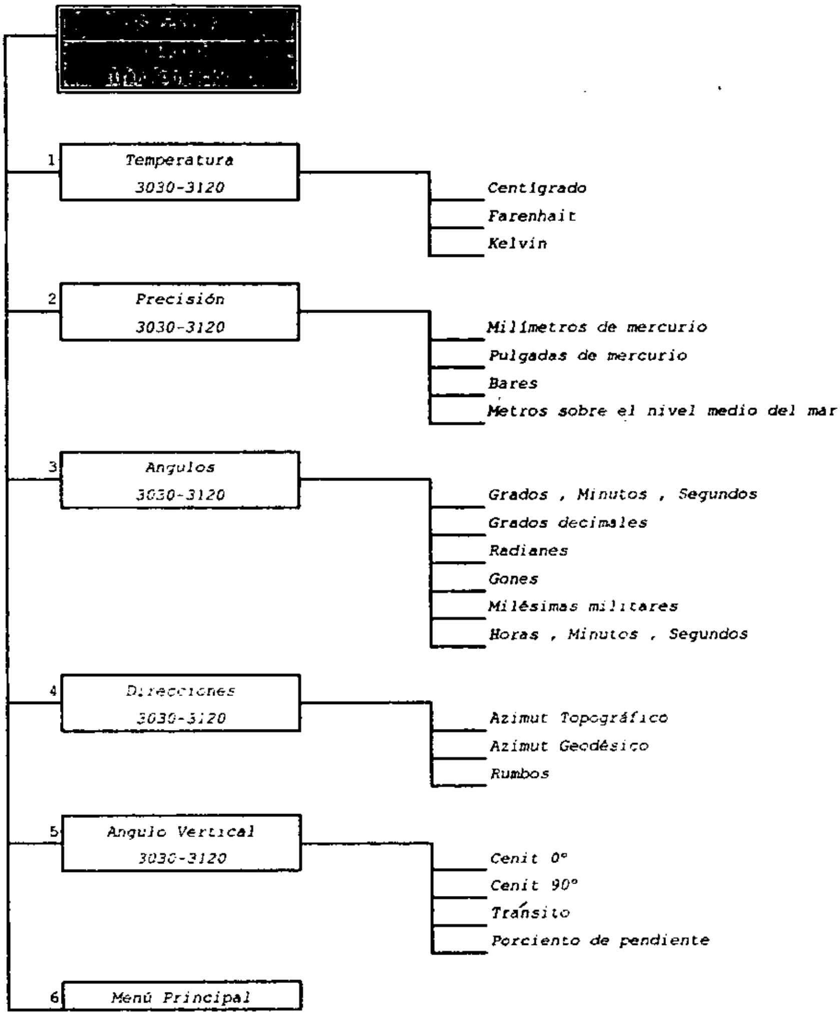

Inicialización de variables y archivos
9-120
Menú Principal
1009-1040
Sección 1
Menú de
Unidades
1 Temperatura
2040-2140
2 Precisión
2040-2140
3 Angulos
2040-2140
4 Direcciones
2040-2140
5 Angulo Vertical
2040-2140
6 Distancias
2040-2140
7 Dimensiones
2040-2140
8 Menú Principal
Sección 2
Menú de
Transformaciones
1 Temperatura
3030-3120
2 Precisión
3030-3120
3 Angulos
3030-3120
4 Direcciones
3030-3120
5 Angulo Vertical
3030-3120
6 Menú Principal
Sección 3
Menú de distancias
y desniveles
1 Polares Rectangulares
4109-4340
2 Referencia - Pto. Obs
4509-4630
3 Pto. Ant. - Pto. Obs.
4509-4630
4 Estadía
4749-4810
5 Mínima Distancia.
4899-5040
6 Plano Vertical
5109-5240
7 Desnivel Indirecto
5500-5580
8 Pie de la Perpendicular
5900-6230
9 Menú Principal
Sección 4
Menú de
Coordenadas
1 Adición
5849-5890
2 Editar.
5699-5747
3 Distancia.
6349-6410
4 Área
10798-10990
5 Dirección.
5899-5940
6 Radiaciones.
10605-10640
7 Coo. de Triángulos.
5249-5499
8 Rotación
6231-6320
9 Traslación
6449-6570
10 Menú Principal
Sección 5
Menú de
Topografía
1 Ajuste
16995-18420
2 Replanteo
11995-12140
3 Est. Libre.
12995-13420
4 Sol. de Triángulos.
13995-14150
5 Intersecciones.
14995-15100
6 Desecho de Obs.
15995-16440
7 Menú Principal
Sección 6
Menú de
Curvas
1 Circulares
20995-21080
2 Compuestas.
22195-22280
3 Espiral.
4 Vertical
15995-26360
5 Punto obligado.
26995-27060
6 Distintos Elementos.
15995-16440
7 Menú Principal
Sección 7
Menú de
Astronomía
1 Correcciones
30995-31240
2 Anuarios
31995-32190
3 Orientación
32995-33080
4 Menú Principal

Esquema (1 , 3 , 1)

[illegible]

- 1 Temperatura 2040-2140
  - 1 Centígrado
  - 2 Farenhait
  - 3 Kelvin
- 2 Precisión 2040-2140
  - 1 Milímetros de mercurio
  - 2 Pulgadas de mercurio
  - 3 Bares
  - 4 Metros sobre el nivel medio del mar
- 3 Angulos 2040-2140
  - 1 Grados , Minutos , Segundos
  - 2 Grados decimales
  - 3 Radianes
  - 4 Gones
  - 5 Milésimas militares
  - 6 Horas , Minutos , Segundos
- 4 Direcciones 2040-2140
  - 1 Azimut Topográfico
  - 2 Azimut Astronómico
  - 3 Rumbos
- 5 Angulo Vertical 2040-2140
  - 1 Cenit 0°
  - 2 Cenit 90°
  - 3 Tránsito
  - 4 Porciento de pendiente
- 6 Distancias 2040-2140
  - 1 Distancia horizontal
  - 2 Distancia inclinada
  - 3 Intervalo Estadimétrico
- 7 Dimensiones 2040-2140
  - 1 Dos dimensiones
  - 2 Tres dimensiones
- 8 Menú Principal

Esquema (1 , 3 , 2)



Nota En esta seccion se transforma el dato de acuerdo con la elección hecha en la sección de unidades

La transformacion podra realizarse entre cualquier concitación de unidades y sistemas de referencia con las que cuenta caca opcion.

Esquema (1 , 3 , 3)

1 Polares Rectangulares
4109-4340

- 1 Rectangulares a Polares
- 2 Polares a Rectangulares

2 Referencia - Pto. Obs
4509-4630

3 Pto. Ant. - Pto. Obs.
4509-4630

4 Estadía
4749-4810

5 Mínima Distancia.
4899-5040

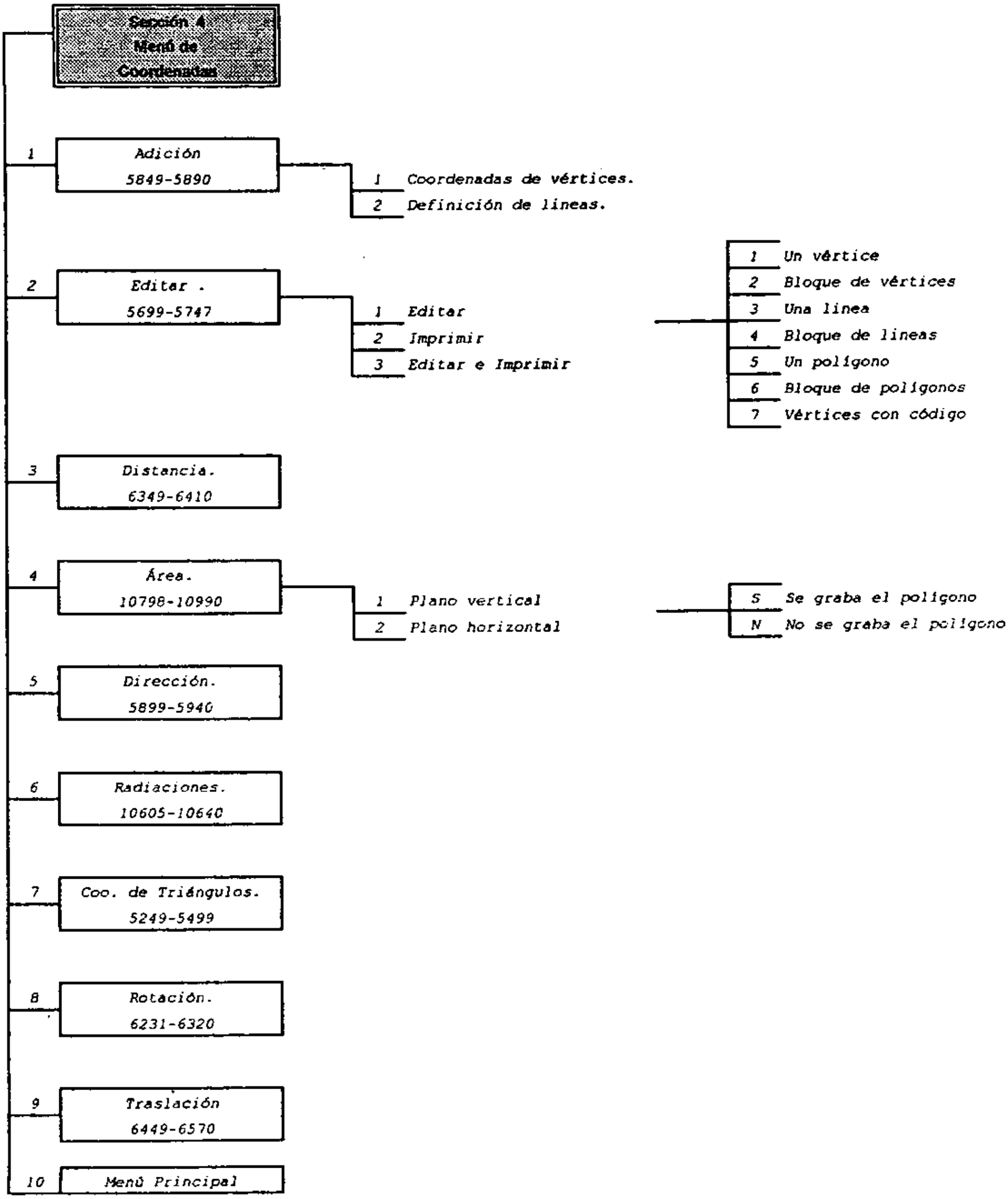
6 Plano Vertical
5109-5240

7 Desnivel Indirecto
5500-5580

8 Pie de la Perpendicular
5990-6230

9 Menú Principal

Esquema (1 , 3 , 4)


Sección 4
Menú de
Coordenadas
1 Adición
5849-5890
1 Coordenadas de vértices.
2 Definición de lineas.
2 Editar .
5699-5747
1 Editar
2 Imprimir
3 Editar e Imprimir
1 Un vértice
2 Bloque de vértices
3 Una linea
4 Bloque de lineas
5 Un polígono
6 Bloque de polígonos
7 Vértices con código
3 Distancia.
6349-6410
4 Área.
10798-10990
1 Plano vertical
2 Plano horizontal
S Se graba el polígono
N No se graba el polígono
5 Dirección.
5899-5940
6 Radiaciones.
10605-10640
7 Coo. de Triángulos.
5249-5499
8 Rotación.
6231-6320
9 Traslación
6449-6570
10 Menú Principal

Esquema (1 , 3 , 5)

[illegible]

- 1 **Ajuste** 16995-18420
  - Poligono nuevo
  - 1 Poligono que se modifica
  - 2 Consulta de uno existente
    - 1 Método del transito
    - 2 Método de la brújula
    - 3 Vértices obligados
    - 4 Poligonal abierta
- 2 **Replanteo** 11995-12140
  - 1 Con teodolito
  - 2 Con cinta
- 3 **Est. Libre.** 12995-13420
  - 1 Problema de los tres vértices
  - 2 Con dos distancias y un ángulo
- 4 **Sol. de Triángulos.** 13995-14150
  - 1 Se conocen las tres distancias
  - 2 Dos distancias y el ángulo entre ellas
  - 3 Dos distancias y un ángulo opuesto
  - 4 Dos ángulos y una distancia
- 5 **Intersecciones.** 14995-15100
- 6 **Desecho de Obs.** 15995-16440
  - 1 Serie de observaciones nueva
  - 2 Consulta de una serie existente
- 7 **Menú Principal**

Esquema (1 , 3 , 6)

- 1 Circulares. 20995-21080
  - 1 Resultados solo en pantalla
  - 2 Resultados impresos
    - 1 Cálculo de coordenadas
    - 2 Cálculo de elementos
- 2 Compuestas. 22195-22280
  - 1 Resultados solo en pantalla
  - 2 Resultados impresos
    - 1 Cálculo de coordenadas
    - 2 Cálculo de elementos
- 3 Espiral .
- 4 Vertical. 15995-26360
  - 1 Cálculo cuando se conoce la pendiente de entrada y salida
  - 2 Cálculo cuando se toman en cuenta los demás factores
- 5 Punto obligado. 26995-27060
- 6 Distintos elementos 15995-16440
  - 1 Calcula (LC) datos (D , R)
  - 2 Calcula (LC) datos (CAD , D , Gc)
  - 3 Calcula (Gc) datos (CAD , R)
  - 4 Calcula (R) datos (CAD , Gc)
  - 5 Calcula (E) datos (R , D)
  - 6 Calcula (M) datos (R , D)
  - 7 Calcula (DXM) datos (Gc , CAD)
  - 8 Calcula (ST) datos (R , D)
  - 9 Calcula (Cue) datos (D , R)
  - 10 Calcula (Cue) datos (Lpc , R)
- 7 Menú Principal

Esquema (1 ,3 , 7)

Sección 7
Menú de Astronomía

- 1 *Correcciones.* *30995-31240*
  - 1 *Corrección por refracción*
  - 2 *Corrección por paralaje*
  - 3 *Corrección por semidiámetro*
    - 1 *Corrección a las alturas*
    - 2 *Corrección al azimut*
- 2 *Anuarios.* *31995-32190*
- 3 *Orientación.* *32995-33080*
- 4 *Menú Principal*

Esquema (1 , 3 , 8)

CAPÍTULO II

Elección y transformación de unidades y sistemas de referencia .

En los siguientes temas de este capítulo se describen las opciones que se tienen para elegir el tipo de unidad , sistema de referencia y origen con los que cuenta el programa .

Deberá establecerse tanto los tipos de datos que se proporcionaran ,así como también los resultados que se desean , estas especificaciones serán constantes a lo largo de todos los problemas , pudiendo ser modificados en cualquier momento , ejecutando la sección de unidades.

Los cálculos realizados en los problemas , observaran lo establecido para realizar en forma automática las transformaciones correspondientes.

Las razones por las que son importantes estas transformaciones son la gran diversidad de instrumental existente , que no siempre esta graduado en las unidades que se requiere , por lo que es necesario hacer conversiones de un cierto tipo de unidades a otro , con la finalidad de poder hacer uso de ecuaciones sin tener que transformarlas por estar expresadas en diferentes unidades.

El sistema de referencia y su origen esta al igual que las unidades asociado al tipo de equipo que se emplea para medir , por ejemplo el tránsito mide alturas mientras el teodolito obtiene distancias cenitales , pero no siempre es conveniente que los resultados se expresen en el mismo sistema en que se miden , ni con el mismo origen , por lo regular el sistema en que mas conviene que se expresen los resultados depende del uso que se le de a la información .

Es importante aclarar que independientemente del tipo de unidades elegidas para los datos , los cálculos de los problemas siempre se realizaran con grados centígrados para datos de temperatura , mm. de mercurio para la presión , grados y décimas de grado para los ángulos , distancias cenitales para el origen de los ángulos verticales , azimut topográfico para las direcciones , los cálculos correspondientes para transformar las unidades los realizara el programa en forma interna y automática.

II . 1 Elección y transformación de unidades de temperatura.

Las unidades que tenemos para elegir son las enumeradas acontinuacion.

1) Grados Centígrados .

2) Grados Fahrenheit .

3) Grados Kelvin.

De estas tres opciones deberán elegirse dos una para los datos que se proporcionan y otra para los resultados , de estas tres escalas las mas usadas son la centigrada y la Fahrenheit , aunque el sistema internacional (SI) , adopta como unidad de temperatura la escala Kelvin.

En México se usa por lo regular los grados centigrados , los Fahrenheit son muy usados en los paises anglosajones y los Kelvin o absolutos son generalmente usados en los laboratorios.

Los grados celcius estan definidos de la siguiente forma , dividen el intervalo entre la temperatura del hielo fúndente y la del agua hirviente a una presión de una atmósfera en cien partes iguales , de ahí es donde se deriva la denominación de centígrada.

Las ecuaciones de transformación que se muestran acontinuacion estan asociadas a la escala centigrada que es con la que mas estamos familiarizados , no importa en que unidades estén los datos primero serán transformados a centígrados y después serán usados en los problemas ; de la misma forma sucede al emitirse los resultados este se transforma a las unidades que se hayan establecido.

Ecuaciones de transformación de temperatura.

De Fahrenheit a Centigrados .	De Centigrados a Fahrenheit .
°C=5/9*(°F-32)	°F=1/5*(9*°C+160)
De Kelvin a Centígrados .	De Centígrados a Kelvin .
°C=°K-273.16	°K=°C+273.16

En la sección de transformación de unidades podemos determinar las equivalencias , entre cualquiera de estas tres escalas , de acuerdo con lo elegido en la sección de unidades.

Ejemplos de transformación.

Centígrados	Fahrenheit	Kelvin
20 C°	68 F°	293.16 K°
0 C°	32 F°	273.16 K°

La medición de temperaturas es muy usada dentro de la topografía sobre todo para hacer correcciones , tal es el caso de las observaciones astronómicas , nivelaciones barométricas , cuando se mide con equipos electrónicos y se debe corregir la distancia por temperatura atraves del uso de tablas , estos solo son algunos ejemplos de uso de la temperatura en los problemas de topografía.

Para determinar el tipo de escalas a usar , deberá de utilizarse la sección de unidades en la opción de temperatura ,se pueden elegir números del 1-3 que respectivamente representan ,los grados Centígrados , Fahrenheit y Kelvin ; el primer numero que se selecciona corresponde a las unidades en que se proporcionan los datos y el segundo las unidades en que se desea presentar los resultados.

Si se requiere saber la equivalencia entre valores pertenecientes a un determinado tipo de unidades en otro , deberá usarse de la sección de transformaciones , la opción de temperatura primero deberá introducirse el dato en la escala ya determinada en la sección de unidades , posteriormente aparecerá el equivalente en la otra escala ; para terminar la ejecución del programa bastara con teclear cero y dar enter .

II . 2 Elección y transformación de unidades de presión .

Las unidades de presión que se han incluido como alternativas que podemos elegir de acuerdo a las necesidades , son las enumeradas continuación .

1) Milímetros de mercurio . (mm./hg) .

2) Pulgadas de mercurio . (inch/hg) .

3) Milibares .

4) Equivalencia en metros sobre el nivel medio del mar. (M.S N M) .

De las cuatro opciones que se han enumerado deberán escojerse dos ; una para los datos y otra para los resultados.

De las unidades elegidas tenemos que los milímetros y pulgadas de mercurio son muy usadas por los barómetros , los milibares es la unidad mas usada para medir las presiones atmosféricas y los metros sobre el nivel medio del mar son valores que por lo regular se determinan o se tienen como información en los levantamientos topográficos razones por las cuales se han incluido todas ellas .

Las expresiones o equivalencias que acontinuacion se presentan son las usadas en el subprograma para hacer las transformaciones , todas ellas estan referidas a los milímetros de mercurio ya que así esta conformado el algoritmo del programa ; el cual cuando recibe un dato de inmediato lo transforma a estas unidades y después en el momento de presentar los resultados lo transforma a las unidades que se eligieron para los resultados .

Tabla donde se expresan las ecuaciones de transformación entre unidades de presión.

De inch/hg a mm./hg .	mm./hg=inch/hg * 25.39	inch/hg=mm/hg / 25.39	De mm./hg a inch/hg
De milibares a mm./hg.	mm./hq=milibares*0.750	milibares=mm/hg*1.3333	De mm./hg a milibares
De M.S.N.M. a mm./hg .	mm./hg=10^[log 760 - log (MSNM/18400)]/	MSNM=18400*(log 760-log mm./hg)	DE mm./hg a M.S.N.M.

Acontinuacion se muestra un ejemplo donde se transforma entre las unidades de presión que se han incluido en este subprograma .

Ejemplo .

mm./hg	inch/hg .	Milibares .	M . S . N . M .
760	29.933	1013.333	0.000
805	31.705	1073.333	2730.925
620	24.419	826.667	1626.966
695	27.373	926.667	714.455

En la topografía el obtener el valor de la presión es en ocasiones muy importante ya que este dato es necesario para hacer correcciones a observaciones angulares hechas a astros en el caso de orientación o posicionamiento de algún vértice ; o bien cuando se miden distancias con cinta , equipos electrónicos ya que la longitud de onda se ve afectada cuando la presión varia , etc.

No siempre se cuenta con el equipo necesario para medir la presión en las unidades que se requieren por tal motivo es necesario hacer transformaciones entre dichas unidades , esto es lo que pretende solucionarse en este subcapítulo , se han elegido las unidades de mas empleo dentro de los levantamientos topográficos .

Cuando se hacen nivelaciones barométricas por lo regular se usa como unidad los milímetro de mercurio (mm./hg) , si el barómetro es de origen anglosajón se usara por lo regular las pulgadas de mercurio (inch/hg) .

Los milibares son muy usados en equipo de medición electrónica donde las tablas de corrección para las distancias estan expresadas por lo regular en estas unidades ; si las correcciones se hacen en forma interna por el teodolito pero este no consta de barómetro integrado , el dato de la presión se proporciona casi siempre en estas mismas unidades .

Nótese que también se expresa la presión atmosférica en metros sobre el nivel medio del mar , esto tiene la finalidad de conocer de manera aproximada la equivalencia entre la presión y la elevación , esta forma de conocer la presión es muy usada cuando se necesita este dato y no tenemos un barómetro pero si se conoce la altitud del lugar o se puede obtener atraves de una carta topográfica , como ya se ha mencionado los equipos de medición electrónica de distancias (E.D.M) requieren de este dato para hacer las correcciones a las distancias y con el valor que se obtiene de la presión por medio de una carta , casi siempre es suficientemente preciso , por ello es usada con bastante frecuencia .

Es necesario indicar que esta transformación solo es aproximada y que si se esta haciendo una nivelación barométrica tenemos que tomar en cuenta todas las correcciones como son por capilaridad (en el caso de que sea un barómetro) ; por temperatura , humedad , latitud de la estación de observación , ademas de elegir un método apropiado (tener una estación fundamental cuya cota se conozca y donde exista permanentemente un barómetro para ser corregidas las lecturas de las demás estaciones .

Estas correcciones mencionadas se indican para tomar con reserva esta transformación entre presión atmosférica y elevación en metros sobre el nivel medio del mar , para que con fundamentos se valore si la incertidumbre del valor de la presión , es tolerable para el uso que requiera, recuérdese que la oscilación diaria de la presión atmosférica es de aproximadamente 30 m. Por ultimo y como consecuencia de todo lo antes mencionado esta transformación no es correcta para calcular desniveles por medio de una nivelación hecha con un barómetro o un aneroide pero será valido para conocer la equivalencia de una manera aproximada .

Para determinar que tipo de unidades de presión se usara deberá utilizarse de la sección de unidades la opción de presión se podrá elegir cualquiera de las cuatro opciones con el numero que le corresponda . el primer numero determina las unidades de los datos y el segundo el de los resultados .

Si se requiere saber la equivalencia entre valores pertenecientes a un determinado tipo de unidades con respecto a otro , deberá usarse de la sección de transformaciones , la opción que (2) que corresponde a la presión .

II.3 Elección y transformación de unidades angulares.

La topografia basa la determinación de posiciones en el espacio a traves de la medición de ángulos y distancias , transformando las coordenadas polares a rectangulares ,estos elementos son determinados por diversos equipos y métodos para diferentes fines las unidades angulares que se mencionan a continuación son las de mas uso y con ellas cuenta el programa ; de estas se deberá elegir una para los datos y otra para los resultados .

1) Grados , minutos y segundos .

2) Grados y décimas de grado.

3) Radianes .

4) Grados centesimales .

5) Milésimas militares .

6) Horas , minutos y segundos .

Los grados , minutos y segundos son las unidades mas empleadas en nuestro pais , casi todos los equipos topográficos que miden ángulos estan graduados en esta forma . Al realizar operaciones aritméticas , hacer cálculos en computadora , etc. su manejo es incomodo , aunque por la costumbre , normatividad e instrumental que se utiliza actualmente , lo hace el mas común .

Las escalas graduadas en grados y décimas de grado dividen una circunferencia al igual que en el caso anterior en 360° pero la parte fraccionaria no esta dividida en minutos y segundos sino en fracciones decimales lo cual hace mas dificil su empleo , en operaciones algebraicas , en la introducción de datos a sistemas de computo etc. al no manejar unidades sexagesimales . Este tipo de unidad es el empleado en forma interna para todos los cálculos , es decir todos los datos son transformados a este sistema para ser procesados y posteriormente se cambia a las unidades elegidas para los resultados.

Los radianes dividen la circunferencia en 2π Rad. estos son muy empleados en la geometria analítica porque los valores de las funciones trigonométricas , se calculan directamente de operaciones aritméticas , lo cual las hace prácticas ; se incluye por su utilidad y uso frecuente .

Se divide la circunferencia en 400° y las fracciones de grado son decimales ; tal es la definición de grados centesimales , es una unidad muy práctica ya que se esta muy familiarizado con escalas que tengan como base múltiplos y submútiplos de diez y en este caso un cuadrante vale 100° ; aunque su uso en nuestro país es casi nulo en Europa es muy frecuente , por ello su instrumental esta generalmente graduado en estas unidades , los teodolitos electrónicos en los cuales se puede elegir el tipo de unidad angular a utilizar generalmente presentan esta opción ; seria bueno que se adoptase este sistema por que su uso resulta muy práctico.

Para fines militares se ocupan las milésimas militares las cuales dividen la circunferencia en 6400° ,estas unidades son poco empleadas . Como ultima opción encontramos los ángulos medidos en forma de tiempo ; lo cual es muy empleado en la astronomía , ciencia en la cual con frecuencia se expresan los arcos de circunferencia en unidades de tiempo . como el programa resuelve problemas astronómicos se ha incluido este sistema .

Las equivalencias que acontinuación se presentan entre estas distintas escalas estan asociados a las unidades de grados sexagesimales , por ser esta con la que mas estamos familiarizados.

Equivalencias entre escalas.

De GMS a GDE .	De GMS a Rad.	De GMS a GCE .	De GMS a Mil .	De GMS a Hrs .
360° = 360°	360° =6.283185307	360° = 400°	360° = 6400°	360° = 24h
1° = 1°	1° = 0.017453292	1° = 1.111111111	1° = 17.777777778	1°=0h. 04m. 00.00s
1' = 0.166666667	1' = 0.000290889	1'= 0.018518519	1'= 0.296296296	1'=0h. 00m. 04.00s
1" = 0.000277778	1" = 0.000004848	1" = 0.000308642	1" = 0.004938272	1" =0h 00m. 00.07s

Ejemplos de transformación.

GMS	GDE	Radianes.	GCE	Milésimas.	h.m.s.
30° 15' 20"	30.255555556	0.528059061	33.61728395	537.876543	2h. 01m. 01.33s
106° 18' 30"	106.308333333	1.855430439	118.1203704	1889.925926	7h. 05m. 14.00s
202° 19' 50"	202.330055556	3.531334372	224.8117284	3596.987654	13h 29m.19.33s
320° 10' 15"	320.170833333	5.588035211	355.7453704	5691.925926	21h 20m.41.00s

Para elegir el tipo de unidad de datos y resultados se debe utilizar la sección unidades , en la opción de ángulos (3) , la cual presentará las seis posibilidades que se han mencionado , estas están numeradas del (1-6) ,el primer número determina las unidades de los datos , el segundo la de los resultados.

En la sección de transformaciones se pueden conocer las equivalencias entre estas unidades , debemos elegir la opción (3) de esta sección se introducira el dato y el programa proporcionará su equivalencia de acuerdo a lo establecido en la sección de unidades.

II.4 Elección y transformación entre diferentes sistemas de referencia para definir la dirección de una línea.

En la topografía hay tres sistemas fundamentales para definir la dirección de una línea , los cuales son:

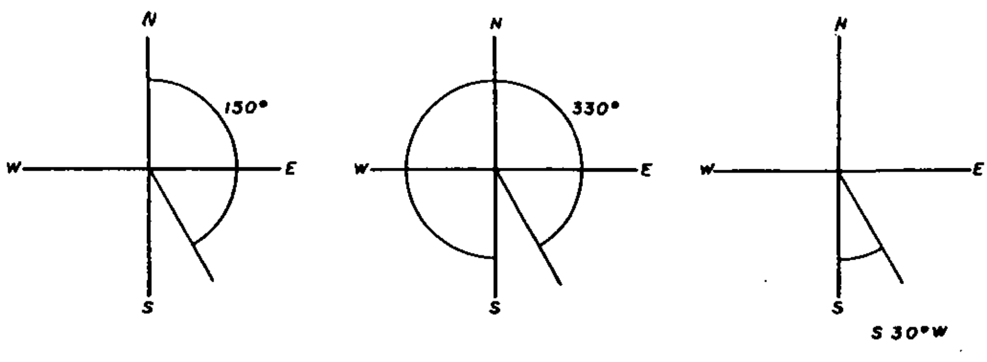
1) Azimut topográfico .
2) Azimut geodésico .
3) Rumbo .

Se define al azimut topográfico de una línea como la dirección de la misma , medida con un ángulo que tiene como origen la dirección norte sur , con el norte como cero del sistema , el cual aumenta en el sentido de las manecillas del reloj contándose hasta la línea en consideración ; si se tiene como unidad angular los grados sexagesimales el azimut estará comprendido entre (0° - 360°) , de idéntica forma se define el azimut astronómico , con la diferencia única de que el cero del sistema de referencia esta en el sur , razón por la cual siempre tendrá 180° de diferencia con el azimut topográfico .

El rumbo al igual que el azimut es el ángulo comprendido entre la dirección norte sur hasta la recta en cuestión . si la línea se encuentra en la parte norte el cero del sistema se encuentra precisamente en esta dirección y aumentará en el sentido de las manecillas del reloj si se encuentra al este y contrario si se encuentra al oeste ; si por el contrario la línea está en el sur , el origen del sistema se encontrará en esta dirección y aumentaría en el sentido de las manecillas del reloj si la línea esta al oeste y contrario si se encuentra al este.

Es decir que el rumbo se mide de (0° - 90 °) , si las unidades son los grados sexagesimales , apartir del norte o el sur hacia el este u oeste , definiendo el cuadrante que le corresponde.

Los esquemas siguientes nos ejemplifican los sistemas de referencia para definir direcciones , después de estos se presentan algunos ejemplos de transformación entre tipos de dirección.



Azimut topográfico . Azimut geodésico . Rumbo

Figura (II . 4 . 1)

Ejemplo .

Azimut topográfico.	Azimut astronómico.	Rumbo.
75° 36´ 58"	255° 36´ 58"	NE 75° 36´ 58"
165° 20´18"	345° 20´ 18"	SE 14° 59´ 42"
240° 19´20"	60° 19´ 20"	SW 60° 19´ 20"
346° 54´ 36"	166° 54´ 36"	NW 13° 05´ 24"

La orientación de una línea en topografía puede ser obtenida de diversas formas , por medio de la utilización de sistemas de posicionamiento global (GPS) , por observaciones astronómicas , mediante una brújula , atraves de una carta de donde se obtiene en forma gráfica etc. su precisión depende del método empleado , el cual a su vez esta determinado por la finalidad del levantamiento.

El azimut topográfico es el sistema mas práctico por lo tanto es usado con frecuencia , el astronómico como su nombre lo dice es útil para algunos problemas de astronomía donde las direcciones deben introducirse a los cálculos bajo este sistema de referencia ; los rumbos en su manejo numérico presentan problemas porque hay que interpretar el cuadrante donde se encuentra ubicada la línea , pero en su carácter descriptivo , es mas eficiente que los anteriores por usar los puntos cardinales en su descripción , carácter descriptivo , es mas eficiente que los anteriores por usar los puntos cardinales en su descripción , por lo que es ocupado en cuestiones jurídicas tales como descripción de títulos de propiedad , escrituras , catastro , polígonos de expropiación , etc.

Para determinar el tipo de orientación a usar , en la sección de unidades se elige la opción (4) que corresponde a las direcciones ; el primer número elegido será el sistema de referencia para los datos y el segundo para los resultados.

La transformación de valores al cambiar de sistema de referencia , se determina en la sección de transformaciones en la aplicación (4) , en la cual se solicita el dato que será transformado de acuerdo a lo establecido en la sección de unidades .

II . 5 Elección del origen de ángulos verticales y transformación entre sistemas.

Son cuatro las opciones para el sistema de referencia de ángulos verticales con los que cuenta el programa acontinuación los enumeramos.

Los valores angulares que se presentan en la redacción de este inciso estan referidos a las unidades de grados sexagesimales.

(1) Cenit 0°, nadir 180°.

(2) Cenit 90°, nadir 170°.

(3) Cenit 90°, nadir -90°.

(4) Expresados en % de pendiente.

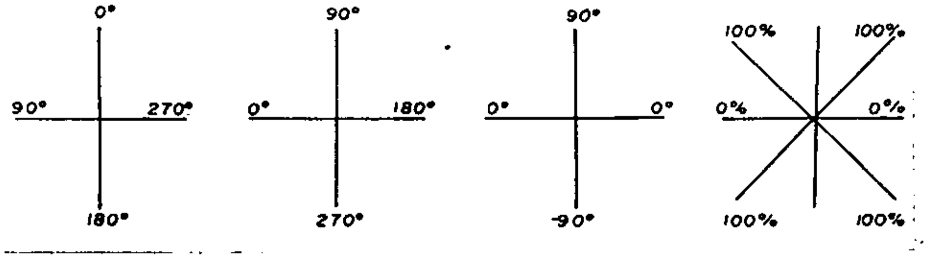
La primera opción (ángulos cenitales), corresponde al sistema que mide ángulos cenitales , es decir que el origen del sistema coincide con el cenit del observador.

La segunda alternativa (horizontal I) , nos permite medir alturas por tener el origen en el horizonte , en la posición inversa del instrumento el valor del circulo vertical en el horizonte es de 180° lo cual nos permite diferenciar si la posición del aparato es directa o inversa.

En el tercer sistema (horizontal II) , también mide alturas y en ambas posiciones del instrumento el cero del circulo vertical se encuentra en el horizonte y los ángulos verticales varían de 0° a 90° (positivos o negativos) , el signo indica si el agudo esta sobre o bajo el horizonte.

El expresar los ángulos verticales directamente en porciento de pendiente es un sistema muy parecido al anterior por tener en ambas posiciones del aparato el cero de la escala en el horizonte , pero en vez de expresar las alturas en unidades angulares se presentan en porciento de pendiente.

La siguiente figura (II . 5 . 1) representan los tipos de sistema de referencia para los ángulos verticales , con los que cuenta el programa.



Cenital. **Horizontal I.** **Horizontal II.** **% De Pendiente.**

Figura (II . 5. 1)

Las equivalencias entre los distintos sistemas son :

Sistema .	Cenit .	Horizontal .		Nadir .	45° Cenitales .	
		Directa	Inversa		Directa	Inversa
Cenital .	0°	90°	270°	180°	45°	315°
Horizontal I .	90°	0°	180°	270°	45°	135°
Horizontal II .	90°	0°	0°	-90°	45°	45°
% de Pendiente .	∞	0%	0%	∞	100%	100%

Algunos ejemplos de transformación son :

Cenital .	Horizontal I .	Horizontal II .	Pendientes .
60° 30' 15"	29° 29'45"	29° 29' 45"	56.567 %
110° 16' 29"	339° 43' 31"	-20° 16' 29"	- 36.941 %
240° 45' 17"	209° 14' 43"	-29° 14' 43"	- 55.991 %
295° 58' 02"	154° 01' 58"	25° 58' 02"	48.702 %

Los ángulos verticales pueden ser medidos con diferente instrumental ; en general los teodolitos miden ángulos cenitales mientras otros equipos tales como el transito miden alturas tal y como lo muestra el esquema de horizontal II ; algunos instrumentos tales como teodolitos electrónicos , clisimetros etc. . determinan directamente el ángulo vertical expresado en porciento de pendiente .

Como se puede observar todos los sistemas de referencia para la medición de ángulos verticales tienen aplicación practica . Si se tiene un teodolito o se hacen observaciones astronómicas es conveniente utilizar el sistema cenital , si el equipo que se usa es un tránsito será conveniente usar el sistema horizontal II por ser idéntico al sistema de referencia que usa este instrumento , o si se esta haciendo un levantamiento en minas o caminos donde la determinación de la pendiente es relevante conviene usar este sistema .

La elección del tipo de ángulo vertical estará determinado de acuerdo a las necesidades imperantes del momento ; para elegir dentro del programa en la sección de unidades se elige la opción (5) , que corresponde a los ángulos verticales , se elige un sistema para los datos y otro para los resultados . en la sección de transformación se podrá encontrar la equivalencia de los valores de un sistema de referencia a otro.

Para los cálculos internos del programa siempre se usarán los ángulos cenitales asi es que no importa en que sistema estén los datos porque serán transformados a cenitales . volviéndose a hacer otra transformación para presentar los resultados en el sistema que se halla elegido para estos .

II . 6 Elección del sistema de referencia y método empleado para la determinación de distancias .

El programa nos permite expresar las distancias en cualquiera de las tres formas siguientes :

(1) Distancia horizontal .

(2) Distancia inclinada .

(3) Intervalo estadimétrico .

Las dos primeras opciones se refieren al sistema de referencia usado para medir la distancia , el tercero es un método indirecto comúnmente usado para determinar la distancia en forma indirecta .

La distancia horizontal es la que existe entre las proyecciones ortogonales de dos vértices con respecto a un plano horizontal de referencia ; siendo la inclinada la distancia mínima entre dos puntos en un sistema tridimensional de referencia .

Estos dos sistemas se relacionan entre sí a través del ángulo vertical correspondiente a dicha línea y se puede transformar de uno a otro mediante las siguientes ecuaciones . Las cuáles se ilustran con la figura (II . 2 . 1) .

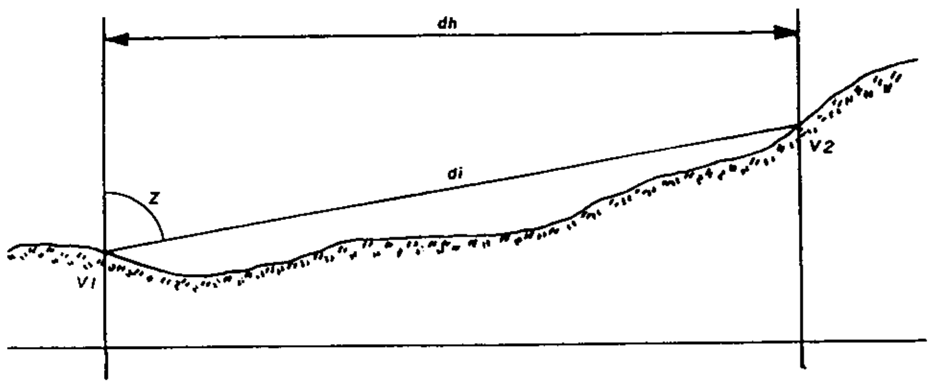


Figura (II . 2 . 1)

Nótese que el ángulo vertical esta en el sistema cenital si fuera otro el sistema las ecuaciones no serían validas .

Distancia horizontal .	Distancia inclinada .	Cálculo del ángulo vertical..
$dh = di * \sin z$	$di = dh / \sin z$	$z = acs (dh / di)$

La determinación de la distancia por el método de la estadía consiste en calcular la distancia a través del intervalo entre el hilo superior e inferior de la retícula leído en un estadal . La teoría de este método estará desarrollada en el subcapítulo de estadía que se presenta posteriormente .

Los tres sistemas que se mencionan son muy ocupados , cuando medimos con cinta por lo regular se miden distancias horizontales , determinando los desniveles en forma independiente es decir separando la planimetría de la altimetría , no siempre esto es lo más conveniente puesto que en algunos casos , como por ejemplo en minas , cuando usamos el método estadimétrico o con algunos equipos electrónicos es más común medir la distancia inclinada y el ángulo vertical para obtener la distancia horizontal y el desnivel en forma indirecta .

El uso del método de la estadía es ventajoso por su rapidez y en terrenos donde el terreno es abrupto o tiene mucha vegetación facilita la obtención de las distancias por ser obtenidas al leer un intervalo sobre un estadal ; la desventaja del método es que la precisión del método no es muy alta .

La obtención de distancias atraves de equipos EDM ha revolucionado métodos y ha remplazado equipos debido a su precisión y rapidez , pero su costo y lo delicado de estos equipos no es posible su uso , ya sea por no contar con este tipo de instrumental ,o porque las condiciones fisicas del terreno no son convenientes para su uso , en este caso un método alternativo es la estadía que es practica y aunque su precisión no es muy alta para anteproyectos , reconocimientos , configuración de terreno , etc. cumple perfectamente con su cometido .

Para seguir el tipo de sistema o método que se utilizara se tendrá que elegir del sistema de unidades en la opción seis que precisamente es la elección del tipo de sistema o método a usar .

II . 7 Elección del sistema de referencia bidimensional o tridimensional .

Las opciones con las que se cuenta son :

(1) Bidimensional .

(2) Tridimensional .

En muchos trabajos la determinación de la altimetría se realiza en forma independiente a la planimetría esto debido al equipo empleado y a las precisiones que se desean obtener .

La planimetría es generalmente resuelta por medio de ángulos horizontales y distancias ; mientras la altimetría se resuelve a través de un nivel , aunque también se pueden determinar ambas cosas en conjunto cuando se conoce el ángulo vertical porque atraves de una nivelación trigonometrica podemos obtener una planimetría y altimetría simultáneamente.

Pareciera entonces mucho más conveniente usar el sistema de referencia tridimensional , pero no siempre es así , cuando se requieren con precisión las cotas tendrán que determinarse con un nivel y en los programas de planimetría sería incomodo usar datos como altura de instrumento , altura del hilo medio , y ángulo vertical , cuando estos solo sirven para determinar el desnivel , siendo que las alturas serán obtenidas de manera directa atraves de una nivelación diferencial por ejemplo .

De acuerdo a la decisión elegida se determinarán en forma simultánea o separada las coordenadas de los vértices , referidas a un sistema bidimensional o tridimensional , debemos elegir en la sección de unidades , en la aplicación sietc . que permite a su vez elegir cualquiera de los dos sistemas .

CAPÍTULO III

Determinación de desniveles y distancias horizontales en función de los datos proporcionados.

Una de las finalidades de la topografía es ubicar puntos en el espacio y las relaciones que entre estos existen ; determinar la distancia y desnivel entre puntos es tarea común pero estos valores son determinados por lo regular en forma indirecta ; es decir los datos son procesados para obtener resultados intermedios que posteriormente se usarán para calcular las distancias y desniveles que se requieren.

Los programas contenidos en este capítulo nos proporcionan las distancias y desniveles en forma directa haciendo los cálculos intermedios en forma automática y presentando directamente los resultados que se desean.

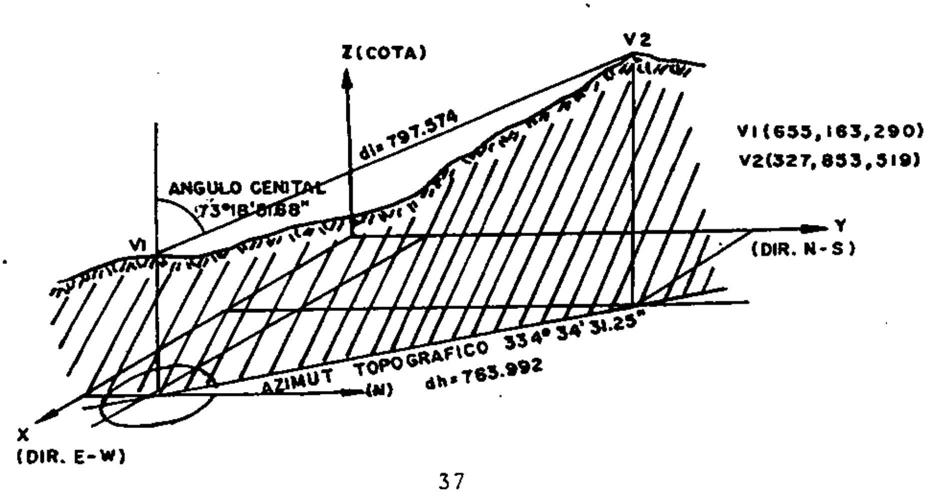
III . 1 Transformación de coordenadas rectapgulares a polares y viceversa.

La forma más común de definir la posición de un punto en el espacio es a través de una triada de datos referidos a un sistema ortogonal , en coordenadas rectangulares o polares.

Por lo regular al medir en campo se obtienen dos ángulos y una distancia . con estos datos se puede determinar la posición de los vértices levantados bajo el sistema de coordenadas polares ; este sistema es conveniente en campo pero es mas práctico el manejo de esta información en gabinete si las coordenadas son rectangulares .

Este programa transforma los datos de rectas , ya sea que estas estén definidas por las coordenadas rectangulares de los vértices , en caso de que se transforme de rectangulares a polares ; o bien por las coordenadas rectangulares de la estación y el ángulo vertical y horizontal en el caso contrario .

La forma en que se relacionan los dos tipos distintos de coordenadas se muestra mediante el esquema y ecuaciones siguientes.



Para transformar de coordenadas rectangulares a polares .

dh = ((X 2 - X 1) ^ 2 + (Y 2 - Y 1) ^2) ^ 0.5

di = ((X 2 - X 1) ^ 2 + (Y 2 - Y 1) ^2 + (Z 2 - Z 1) ^ 2) ^ 0.5

dir = TAN ^ - 1 ((X 2 - X 1) / (Y 2 - Y 1))

Para transformar de coordenadas polares a rectangulares.

$X_n = X_1$ + [(SIN AV * di) * SIN AZ]

$Y_n = Y_1$ + [(SIN AV * di) * COS AZ]

$Z_n = Z_1$ + (COS AV * di)

Los datos y resultados obtenidos en este programa tendrán las unidades y sistemas de referencia de acuerdo a lo establecido en la configuración del programa ; lo cual lo hace más versátil .

Cuando usemos este programa es importante observar la configuración en lo que respecta a las unidades angulares que se ocuparan , el sistema de referencia tanto para direcciones como ángulos verticales ,si las distancias son horizontales o inclinadas , así como el tipo de sistema de referencia bidimensional o tridimensional las combinaciones hacen que las opciones sean muy amplias ; para ejemplificar el uso de este programa variaremos las unidades y sistemas , tomando los datos de la figura anterior .

Considerando que los vértices estan contenidos en un plano .

De rectangulares a polares.		De polares a rectangulares.		Unidades y sistemas de referencia.
Datos	Resultados.	Datos.	Resultados.	Ángulos : Grados centesimales
X_1 = 655	DI = 763.992	X_1 = 655	X = 327	Direcciones : Rumbos.
Y_1 = 163	DH =763.992	Y_1 = 163	Y = 853	Verticales : Cenitales .
X_2 = 327	AH =N28.24961499W	Nºpto. N		
Y_2 = 853	AV =100	Cuadrante NW		
		Dir =28.24961499		
		DI = 763.992		
		AV = 100		

De rectangulares a polares.		De polares a rectangulares.		Unidades y sistemas de referencia.
Datos	Resultados.	Datos.	Resultados.	Ángulos : Grados , min. , seg.
X_1 = 655	DI = 763.992	X_1 = 655	X = 327	Direcciones : Azimut astronómico.
Y_1 = 163	DH =763.992	Y_1 = 163	Y = 853	Verticales : Horizontal II
X_2 = 327	AH = 334° 34' 31.25"	Nº pto. N		
Y_2 = 853	AV = 0° 00' 00.00"	Dir = 334° 34' 31.25"		
		DI = 763.992		
		AV = 0° 00' 00.00"		

Considerando que los vértices estan contenidos en un sistema de referencia tridimensional .

De rectangulares a polares.		De polares a rectangulares.		Unidades y sistemas de referencia.
Datos	Resultados.	Datos.	Resultados.	Ángulos : Milésimas Militares
$X_1 = 655$	DI = 797.574	$X_1 = 655$	$X = 327$	Direcciones : Azimut Astronómico.
$Y_1 = 163$	DH =763.992	$Y_1 = 163$	$Y = 853$	Verticales : % De Pendiente
$Z_1 = 290$	AH = 2748.00616	$Z_1 = 290$	$Z = 519$	
$X_2 = 327$	AV =29.974%	Nº pto. N		
$Y_2 = 853$		Dir = 2748.00616		
$Z_2 = 519$		DI = 797.574		
		AV = 29.974%		

De rectangulares a polares.		De polares a rectangulares.		Unidades y sistemas de referencia.
Datos	Resultados.	Datos.	Resultados.	Ángulos : Radianes .
$X_1 = 655$	DI = 797.574	$X_1 = 655$	$X = 327$	Direcciones : Azimut Topográfico .
$Y_1 = 163$	DH =763.992	$Y_1 = 163$	$Y = 853$	Verticales : Horizontal 1 .
$Z_1 = 290$	AH = 5.839441393	$Z_1 = 290$	$Z = 519$	
$X_2 = 327$	AV = 0.02912194931	Nº pto. N		
$Y_2 = 853$		Dir = 5.839441393		
$Z_2 = 519$		DI = 797.574		
		AV = 0.02912194931		

III . 2 Cálculo de la distancia horizontal y desnivel de la estación al vértice que se observa.

Este subprograma tiene como finalidad simplificar el cálculo ; cuando se requiere conocer la distancia inclinada , distancia horizontal , desnivel y dirección existentes entre el primer vértice enfilado y todos los demás vértices que se midan posteriormente . También se calcularan las coordenadas de cada uno de los puntos medidos .

Como datos necesarios para poder hacer uso de este subprograma son las coordenadas de la estación y las del vértice que se toma como referencia ; si estos datos no se conocen entonces podemos elegir coordenadas arbitrarias para la estación , una dirección cualquiera y calcular con esta dirección y la distancia entre ambos vértices las coordenadas de la referencia; también se requieren los valores angulares y distancias que se utilizan para poder calcular las coordenadas de las radiaciones que pertenecen a los vértices subsecuentes de acuerdo con al configuración elegida.

En el esquema (III , 2 , 1)se muestra en forma gráfica lo que realiza el subprograma .

El algoritmo que se ocupa para dar solución a este programa consiste en calcular la dirección entre la estación y el primer punto observado ya que se conocen las coordenadas de ambos puntos .

Con los datos de cada una de las radiaciones que se miden posteriormente , se calculan las coordenadas de cada uno de los vértices radiados como se tienen las coordenadas de todos los puntos es fácil calcular los resultados que proporciona este subprograma ; las ecuaciones que se ocupan para realizar el cálculo son las siguientes; tomando en cuenta que las abreviaturas corresponden a las ocupadas en el esquema (III , 2 , 1) .

Las ecuaciones empleadas para el cálculo de las coordenadas de las radiaciones son :

$$X_{(RAD)} = X_{(EST)} + PX_{(RAD)}$$
$$Y_{(RAD)} = Y_{(EST)} + PY_{(RAD)}$$
$$Z_{(RAD)} = Z_{(EST)} + PZ_{(RAD)}$$

Para calcular la distancia horizontal , inclinada , desnivel ,y dirección del punto que se observa a la referencia se hace uso de las fórmulas siguientes :

$$DISH = \sqrt{(X_{(RAD)} - X_{(REF)})^2 + (Y_{(RAD)} - Y_{(REF)})^2}$$
$$DISI = \sqrt{(X_{(RAD)} - X_{(REF)})^2 + (Y_{(RAD)} - Y_{(REF)})^2 + (Z_{(RAD)} - Z_{(REF)})^2}$$
$$DES = Z_{(RAD)} - Z_{(REF)}$$
$$DIR = TAN^{-1}\left[(X_{(RAD)} - X_{(REF)}) / (Y_{(RAD)} - Y_{(REF)})\right]$$

El siguiente ejemplo es una muestra de uso del subprograma y esta referida al esquema (III , 2 , 1)

Las unidades y sistemas de referencia que se usan para este ejemplo son las mismas para los datos y resultados asi tenemos que las ángulos estarán expresados en milésimas , las direcciones en forma de rumbos , los ángulos verticales estarán expresados como alturas medidas con transito , las distancias horizontales y los resultados serán referidos a un sistema tridimensional de coordenadas.

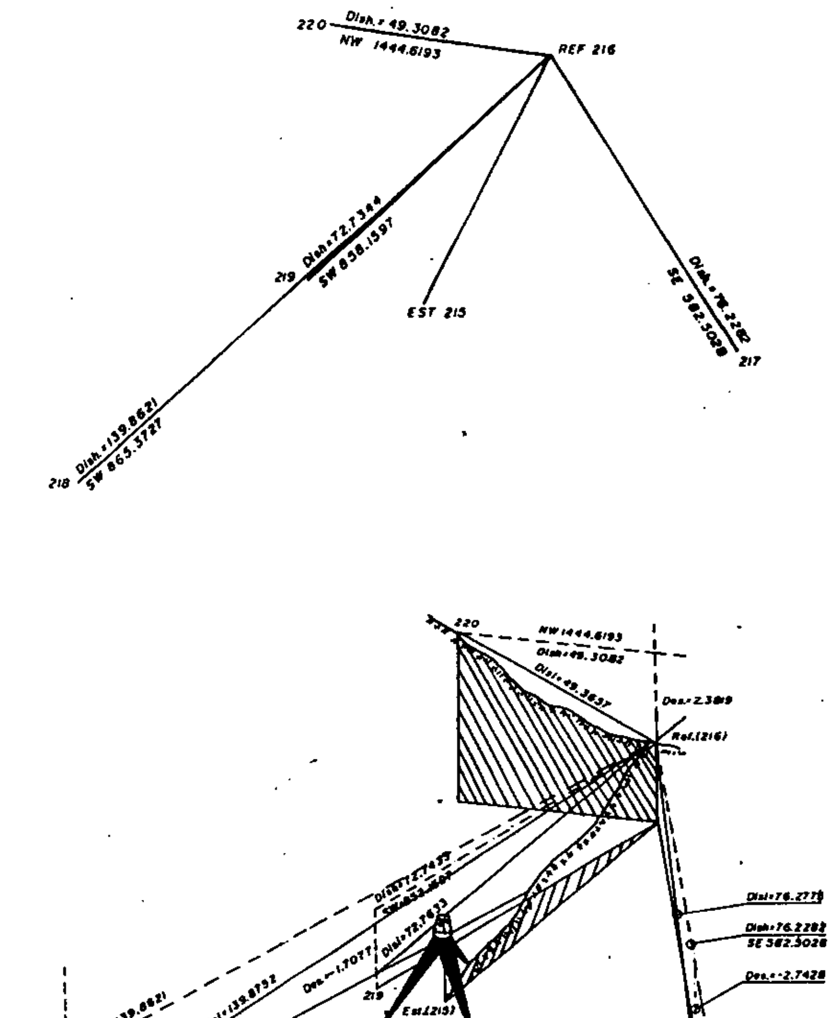
Datos de la estación	#215	X=1315.620	Y=2165.316	Z=126.175
Datos de la referencia	#216	X=1343.861	Y=2218.392	Z=128.216
Dirección	AZ=NE 498.0768			
Distancia Horizontal	60.1217			
Distancia Inclinada	60.1563			

Punto	Ángulo Horizontal	Distancia	Ángulo Vertical	Distancia Horizontal	Distancia Inclinada	Dirección	Desnivel
217	1462.3618	70.365	-35.6218	76.2282	76.2775	se582.5028	-2.7428
218	4020.5946	86.256	-19.2815	139.8621	139.8752	sw865.3727	-1.914
219	4682.3699	26.461	-54.8671	72.7433	72.7633	sw858.1597	-1.7077
220	5769.7843	63.942	42.3959	49.3082	49.3657	nw1444.6193	2.3819
221	158.954	57.253	16.593	3.7248	3.7813	sw1182.2588	1.6517

El propósito fundamental de este subprograma es el de obtener en forma directa estos valores sin necesidad de hacer cálculos intermedios con la finalidad de ahorrar tiempo y evitar errores.

En la ejecución de este subprograma no se presentaran en pantalla las coordenadas de los vértices que se han radiado si se requieren estos resultados será necesario que se consulten en la el subprograma de edición de coordenadas.

Para hacer uso de este subprograma será necesario que en la sección de determinación de distancias horizontales y desniveles , se escoja la opción numero (2) , que precisamente es la que corresponde a esta aplicación .



Esquma (III . 2 . 1) .

III . 3 Cálculo de la distancia horizontal y desnivel del vértice anterior al vértice observado.

Este subprograma en esencia es muy similar al anterior , la diferencia radica solamente que en este caso la distancia horizontal , inclinada , desnivel y dirección que son los resultados que proporciona en ves de estar referidos a la referencia estarán relacionados con el punto observado anteriormente .

Como datos necesarios para el uso de este subprograma se tiene que conocer las coordenadas de la estación , así como las de la referencia ; cabe hacer la aclaración que si no tenemos una linea base se pueden elegir coordenadas arbitrarias para la estación , dar una dirección cualquiera y calcular las coordenadas de la referencia .

Este subprograma calcula los resultados al igual que el anterior atravez de las coordenadas , por ello se requiere también de los datos para poder calcular las coordenadas de las radiaciones , estos datos varían de acuerdo con la configuración que se ha elegido en la sección de unidades .

Para ejemplificar que es lo que realiza este subprograma ocuparemos la figura (III . 3 . 1) misma que será usada para el algoritmo , ecuaciones y ejemplo que se presentan a continuación .

El algoritmo que se ocupa para solucionar el problema es como se describe en la siguiente secuencia .

Primeramente con las coordenadas de la estación y la referencia , las cuales por cierto tendrán que ser anexadas en el subprograma de adición de coordenadas ,se determina el azimut de la linea . Con los datos de las radiaciones se calculan sus coordenadas las cuales podrán ser consultadas en el subprograma de edición de coordenadas ; como ahora se conocen las coordenadas de todos los vértices se ocuparán estas para calcular los resultados ocupando las ecuaciones que se presentan a continuación .

Las ecuaciones empleadas para el cálculo de las coordenadas de las radiaciones del punto observado son :

$$X_{(OBS)} = X_{(EST)} + PX_{(OBS)}$$
$$Y_{(OBS)} = Y_{(EST)} + PY_{(OBS)}$$
$$Z_{(OBS)} = Z_{(EST)} + PZ_{(OBS)}$$

Para calcular la distancia horizontal , inclinada , desnivel y dirección del punto anterior al observado :

$$DISH = \sqrt{(X_{(ANT)} - X_{(OBS)})^2 + (Y_{(ANT)} - Y_{(OBS)})^2}$$
$$DISI = \sqrt{(X_{(ANT)} - X_{(OBS)})^2 + (Y_{(ANT)} - Y_{(OBS)})^2 + (Z_{(ANT)} - Z_{(OBS)})^2}$$
$$DES = Z_{(OBS)} - Z_{(ANT)}$$
$$DIR = TAN^{-1}\left[(X_{(OBS)} - X_{(ANT)}) / (Y_{(OBS)} - Y_{(ANT)})\right]$$

La siguiente tabla corresponde al ejemplo de aplicación de este subprograma el cual esta referido a la figura (III . 3 . 1).

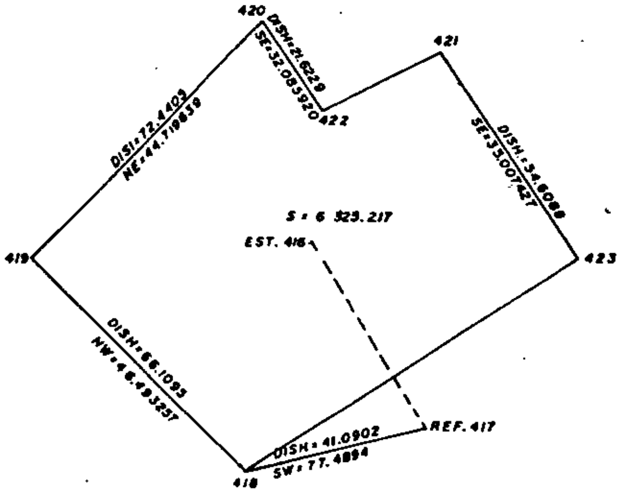
Las unidades que se ocupan en este ejemplo son , para los ángulos de entrada grados minutos y segundos , los de salida grados y décimas de grado , para los ángulos verticales de entrada cenitales , y de salida en porciento , para las direcciones de entrada azimut topográfico y de salida en rumbos , las distancias serán proporcionadas por el intervalo estadimétrico y se tomarán en cuenta las tres dimensiones .

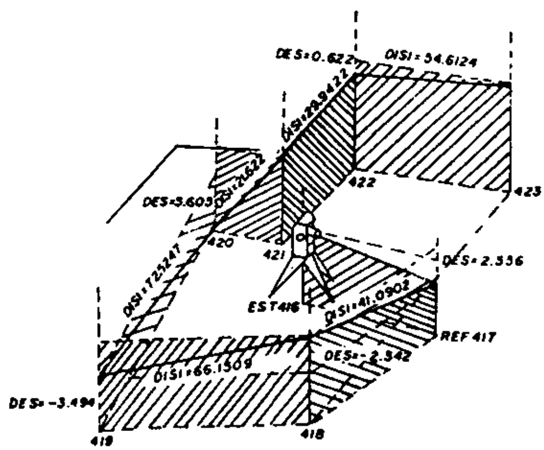
Datos de la estación	#416	X=1000.0000	Y=1000.000	Z=250.0000
Datos de la referencia	#417	X=1024.1081	Y= 959.0726	Z=248.3600
Dirección	SE 30.500018			
Distancia horizontal	47.500			
Distancia inclinada	47.582			

Punto	Ángulo Horizontal	Intervalo Estadia	Hilo Medio	Ángulo Vertical	Distancia Horizontal	Distancia Inclinada	Dirección	Desnivel
418	58 20´	0.523	1.36	89 30´	41.0106	41.0902	sw 77.489356	2.5564
419	126 45´	0.641	1.01	92 00´	66.1095	66.1509	nw46.493237	-2.3421
420	205 18´	0.493	2.36	95 07´	72.4405	72.5247	ne44.719639	-3.4936
421	217 47´	0.289	0.58	91 06´	21.6229	22.3374	se32.085920	5.6046
422	252 53´	0.486	2.00	88 07´	29.9422	29.9511	ne65.979313	0.7311
423	314 17´	0.574	0.95	88 50´	54.6088	54.6124	se35.007428	0.6221

Para levantamientos catastrales este seria un programa que nos proporcionaría muchas ventajas , como lo son ; obtener al mismo tiempo las coordenadas de los vértices , la descripción del perimetro tanto en distancias como en direcciones y si es necesario conocer el área bastará con usar el subprograma de área por coordenadas ya que estas son calculadas .

Otras ventajas que ofrece este subprograma , son el hecho de que la línea definida por la estación y la referencia , puede no pertenecer al perímetro del polígono que se desea levantar , es decir que puede ser un lado de una poligonal de apoyo ; ademas de que si se trata de un polígono cerrado y desde una sola estación se pueden ver todas las esquinas del mismo , este podrá ser levantado desde este vértice .





Esquma (III . 3 . 1) .

El uso de este programa no esta limitado para poligonales cerradas ,ya que también pueden ser abiertas.

La precisión en estos levantamientos depende de la forma en que sean medidas las distancias , las cuales pueden ser determinados con distanciometro cinta o bien como en el ejemplo atraves del método de la estadía y de la aproximación del equipo utilizado para medir los ángulos ; lo cual deberá tomarse en cuenta para elegir el método mas adecuado considerando la rapidez que ofrece cada método y la precisión que se requiere .

Para poder hacer uso de este programa se debe de elegir , de la sección de determinación de distancias y desniveles la opción (3) , que corresponde a este subprograma .

III . 4 Método de la estadía .

La determinación de la distancia por medios indirectos esta basada en la resolución de un triángulo en el cual se conoce un lado llamado base así como el factor por el cual ha de multiplicarse está para encontrar la distancia buscada ; el ángulo opuesto al lado base es llamado ángulo diastimométrico.

Este método es muy empleado en trabajos de reconocimiento , o bien cuando se desea hacer una configuración del terreno , determinación de curvas de nivel , etc. Esto debido a su precisión baja , pero que cumple con la bondad necesaria para algunos tipos de levantamientos .

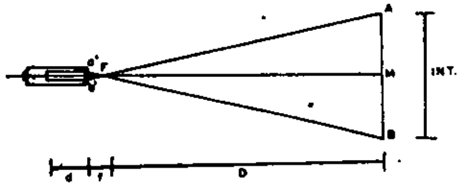
A continuación se muestra el principio en el que se fundamenta este método ; dentro del programa se consideran el valor del eje azimutal al objetivo y la distancia focal iguales a cero ; la constante estadimétrica igual a cien ; por que la mayoría del instrumental actual es fabricado con estas constantes , por su facilidad de uso , pero para explicar el principio de la estadía estos valores serán distintos de cero , aunque al final las ecuaciones estan expresadas considerando las constantes aditivas nulas :

Para cuando visamos al horizonte :
De la figura 1 tenemos :

$FM / AB = Fi / a'b'$ $\quad FM = AB * (Fi / a'b')$
$FM = INT * (Fi / a'b')$

La distancia total es :

$D = d + f + A * (Fi / a'b')$
Pero como la(d , f , fi , a'b') , son constantes .
D = c + INT C donde (c) es la constante aditiva y*
(C) la constante multiplicativa .
En los equipos de topografía modernos generalmente
c =0 y C =100 por lo que

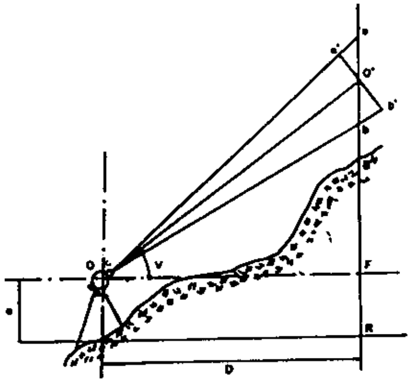


$$\mathbf{D = INT * 100}$$

Para el caso en que las distancias sean inclinadas :
De la figura 2 tenemos :

$oo' = c + C * e'b'$ $\quad PR = oo' * \cos V$
$PR = e'b' * C * \cos V + c * \cos V$
$e'o' = e\,o' \cos (e'o'e) = e\,o' * \cos V$
$2\,e'o' = e'b' = e\,b \cos V = A * \cos V$
Sustituyendo :
$PR = INT * \cos V * C \cos V + c \cos V$
$PR = INT * C * \cos^2 V + c \cos V$

Pero como la constante aditiva se considera cero y la multiplicativa cien tenemos :



$$\mathbf{D = INT * \cos^2 V * C}$$

Y el desnivel se calcula de la siguiente forma :
$H = BR = Fo' + FR - Bo'$

$$\mathbf{H = D \tan V + a - L}$$

Para usar este método es necesario considerar los errores que se cometen .

Errores sistemáticos .

El error en la constante C es proporcional a la distancia , es muy importante saber , si la constante del equipo es efectivamente de cien ; porque la determinación de distancias esta calculada en función directa de este valor .

Errores por refracción , cuando el aire esta mas frío que el piso , la temperatura cambia de abajo hacia arriba y el coeficiente de refracción cambia notablemente con la altura , por lo cual no conviene hacer observaciones rasantes o casi rasantes al piso ; se puede comprobar si existe este error observando los intervalos entre el hilo superior e inferior con el medio , de la retícula , los cuales deben ser muy parecidos .

Errores accidentales .

El error de apreciación de la lectura depende del poder amplificador del telescopio ; A 0.25 m. se puede apreciar la décima parte de un milímetro , a una distancia D , la menor magnitud que podrá distinguirse es 0.0001 D / 0.25 a simple vista , pero si se hace la observación con un anteojo de poder amplificador igual a P , la menor magnitud que se podrá medir es igual a C= 0.0004 D / P .

Por ejemplo :

Para una distancia de 100 m. y un poder amplificador igual a 20 el error de lectura es igual a 0.002 m. ; lo cual equivale a uno o dos decímetros .

Se debe también cuidar el error de paralaje pues si no estan bien enfocados los hilos de la retícula las lecturas variaran al mover la cabeza y estas serán incorrectas .

Las lecturas deberán hacerse sobre una mira que sea ortogonal al plano del horizonte es decir que el estadal debe estar completamente vertical .

El error en el índice del circulo vertical también tiene influencia ; haciendo observaciones en posición directa e inversa es eliminado .

Para ejemplificar el uso del programa se presenta el siguiente ejemplo .

Intervalo.	Hilo medio .	Altura de ins.	Ángulo vertical.	Dis . Horizontal	Desnivel
0.250	2.600	1.600	00° 00' 00.00"	25.000	-1.000
1.000	2.600	1.600	00° 00' 00.00"	100.000	-1.000
1.750	2.600	1.600	00° 00' 00.00"	175.000	-1.000
2.500	2.600	1.600	00° 00' 00.00"	250.000	-1.000
0.250	2.600	1.600	15° 00' 00.00"	23.325	5.250
1.000	2.600	1.600	15° 00' 00.00"	93.301	24.000
1.750	2.600	1.600	15° 00' 00.00"	163.277	42.750
2.500	2.600	1.600	15° 00' 00.00"	233.253	61.500
0.250	2.600	1.600	30° 00' 00.00"	18.750	9.825
1.000	2.600	1.600	30° 00' 00.00"	75.000	42.301
1.750	2.600	1.600	30° 00' 00.00"	131.250	74.777
2.500	2.600	1.600	30° 00' 00.00"	187.500	107.253
1.530	2.340	1.430	22° 36' 00.00"	130.405	53.372
1.875	1.265	1.280	-12° 17' 00.00"	179.014	-38.962
0.875	1.000	1.630	- 8° 15' 00.00"	85.698	-11.796
1.350	2.000	1.590	16° 21' 00.00"	124.302	36.056

Para hacer uso de este programa es necesario que en la sección de determinación de distancias horizontales y desniveles se escoja lo opción (4) que corresponde a este método .

III . 5 Cálculo de la mínima distancia horizontal desde un vértice a una línea que se toma como base .

Sabemos que la distancia mínima sobre un plano ; entre una recta y un vértice , es la distancia que mide la perpendicular a la recta y que pasa por el punto mencionado.

Al hacer uso de este subprograma se obtendrán , como resultados , en forma directa la magnitud del segmento de recta perpendicular y la distancia entre la estación de observación y el pie de la perpendicular que pasa por el vértice que se mide , además siempre que la configuración indique que se obtendrán las tres dimensiones también se mostrara el desnivel existente entre la estación y cada una de las radiaciones .

Además en el proceso de cálculo se obtienen las coordenadas de cada uno de los vértices observados ; estas coordenadas no serán presentadas a lo largo de este subprograma , si se requieren estos resultados será necesario consultarlos en el subprograma de edición de coordenadas.

Los datos requeridos por el subprograma son los siguientes ; número de estación en que nos encontramos ; las coordenadas correspondientes a este vértice deberán haber sido proporcionadas en el subprograma de adición de coordenadas ; la dirección de la línea de referencia ; cuando esta se desconozca podrá elegirse una dirección cualquiera ; además de estos datos se proporcionarán aquellos que corresponden a cada uno de los vértices observados ; los cuales como ya se sabe variarán de acuerdo con la configuración establecida , por ejemplo las distancias podrán ser horizontales inclinadas o a través del intervalo estadimétrico , pueden ser dos o tres dimensiones , con lo cual se necesitará o no el ángulo vertical ; etc. .

En el esquema (III 5 1) se muestra un ejemplo de aplicación de este subprograma

La nomenclatura a usar en la descripción de las ecuaciones que se ocupan para dar solución a este subprograma y las usadas en el ejemplo numérico serán tomadas de este esquema .

Para conocer de que forma funciona el subprograma se describe a continuación el algoritmo que corresponde a este problema .

Con las coordenadas de la estación y la dirección de la línea de referencia , se tiene un vértice ubicado en el espacio con una dirección ; datos suficientes junto con los de cada una de las radiaciones para poder calcular las coordenadas de cada una de los vértices .

En este caso la distancia minima y el alejamiento no son calculados haciendo uso de las coordenadas.

Para calcular la distancia mínima se procederá de la siguiente forma ; como se conoce el ángulo entre la dirección y la radiación , además de la distancia a la radiación y tomando en cuenta que la distancia será mínima cuando la recta que pasa por el vértice observado sea perpendicular a la recta de referencia , es decir igual a noventa grados ; por lo que el tercer ángulo será igual a ciento ochenta grados menos noventa menos el ángulo medido .

Como se conocen los tres ángulos y una distancia a través del uso de la ley de los senos , podemos obtener las dos distancias faltantes del triángulo que precisamente son la distancia mínima y el alejamiento que se busca.

A continuación se presenta el esquema (III . 5 . 2) para mostrar lo que se ha mencionado en la descripción del algoritmo.

Significado de las abreviaturas empleadas :

EST = Estación .

REF = Referencia observada .

AH = Ángulo horizontal (dato medido en campo) .

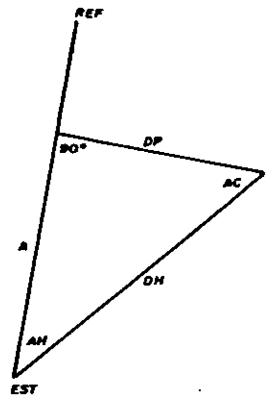
DH = distancia horizontal (dato medido en campo) .

Nota : si la distancia medida en campo no es horizontal , siendo esta inclinada o medida por estadia el programa la transforma .

AC = Ángulo calculado .

DP = Distancia perpendicular .

A = Alejamiento (distancia de la estación al pie de la perpendicular)



Como se calculan todas las coordenadas la determinación del desnivel se reduce a la diferencia de coordenadas en el eje de la (Z) entre la estación y el punto que observamos.

A continuación se presentan las ecuaciones que dan solución al problema que resuelve esta subrrutina , la nomenclatura que se ocupa es tomada de los esquemas (III . 5 . 1) y (III . 5 . 2) .

Para calcular el ángulo (AC) hacemos uso de la condición de que la suma de los ángulos internos de un triángulo deben ser 180° .

Como conocemos el ángulo al vértice observado y la condición para que la distancia sea mínima es que la línea se a perpendicular a la recta de referencia tenemos :

$$AC = 180° - 90° - AH$$

La ley de los senos nos relaciona los elementos que conocemos con los que deseamos conocer de la siguiente forma :

$$\frac{DH}{SEN \quad 90°} = \frac{DP}{SEN \quad AH} = \frac{A}{SEN \quad AC}$$

Despejando se obtienen las ecuaciones para calcular la distancia mínima y el alejamiento :

$$DP = DH * SEN \quad AH$$

$$A = DH * SEN \quad AC$$

Las precisiones que se alcanzan al hacer uso de este subprograma dependen de la aproximación del equipo de medición angular , así como de la precisión con que se midan las distancias ; las cuales como se sabe podrán ser determinadas a través de la estadía , medidas con cinta o distanciometro , reducidas al horizonte o inclinadas ; sin importar de que manera serán determinadas las distancias el subprograma , funcionará correctamente ; con solo aclarar en la configuración que tipo de datos se van a proporcionar ; sin olvidar que la precisión del levantamiento si dependerá del método empleado para medir las distancias .

Las aplicaciones practicas de este subprograma son variadas de acuerdo con las necesidades , por ejemplo si se desea obtener la posición de alcantarillas postes de luz o cualquier otro tipo de detalle con respecto a un eje ; o bien las secciones transversales de un terreno ; este es un programa adecuado puesto que seria muy fácil ubicar las radiaciones levantadas ; con solo medir una distancia sobre la recta de referencia y otra línea perpendicular a la de referencia la cual tendrá como magnitud la distancia mínima que se ha calculado , se encontrará la posición de los vértices levantados . Se puede decir que el subprograma calcula las coordenadas de cada radiación pero haciendo coincidir la dirección de la línea con la dirección del norte .

Esto sin olvidar que las coordenadas de cada una de las radiaciones también son calculadas por si estas son necesarias para hacer cálculos posteriores de otras áreas direcciones etc. . Para lo cual solo es necesario hacer uso del subprograma que se requiera .

Para hacer uso de este subprograma será necesario que en la sección de distancias horizontales y desniveles se elija la opción (5) que es la que ejecuta este subprograma.

El siguiente ejemplo es una muestra de una aplicación práctica del subprograma ; las unidades empleadas son las mismas tanto para los datos como para los resultados .

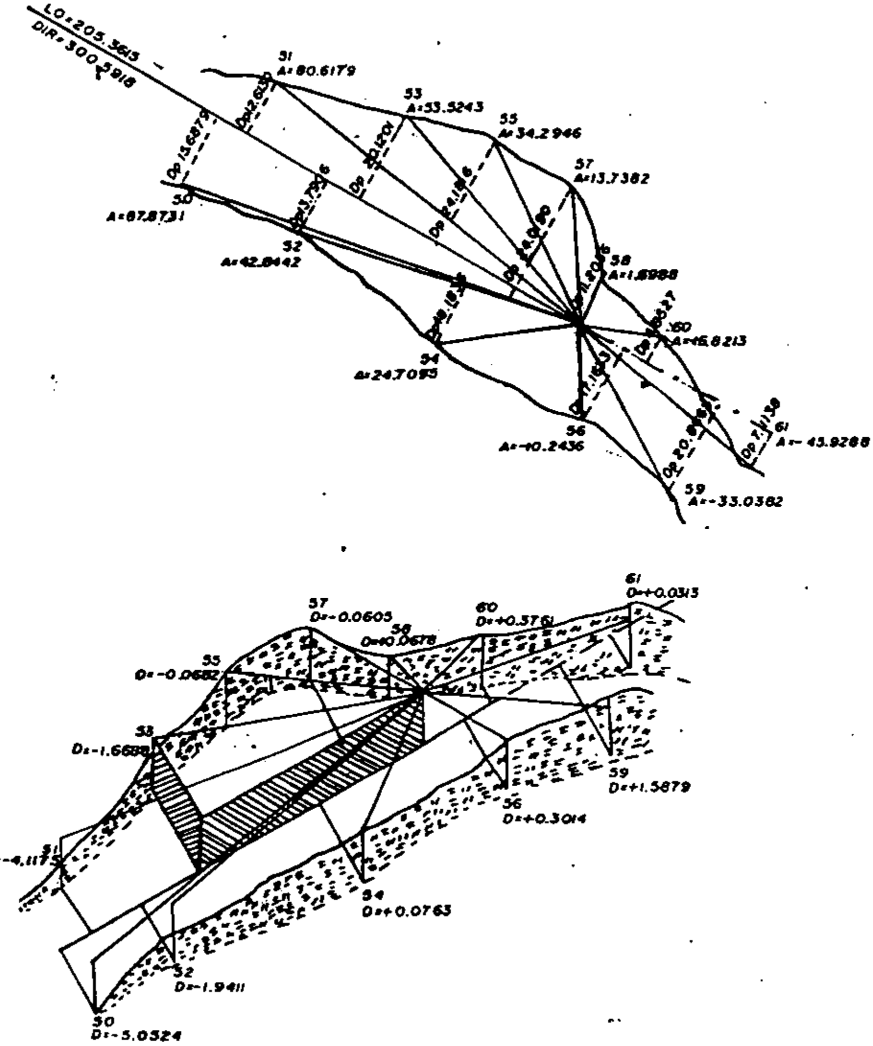
Para los ángulos , grados y décimas de grado ; azimut topográfico para las direcciones , el sistema cenital de referencia para los ángulos verticales , las distancias serán inclinadas , y se tomarán en cuenta las tres dimensiones .

DATOS :

Estación 31 : X=1326.215 Y=1256.213 Z=200.000

Altura de instrumento = 1.59 Dirección = 300.5918 Lectura origen = 205.3615

Estación	*Ángulo Horizontal*	*Distancia Inclinada*	*Hilo Medio*	*Ángulo Vertical*	*Distancia Perpendicular*	*Dist. a la Estación.*	*Desnivel*
50	*195.2392*	*89.402*	*1.65*	*93.2012*	*15.6879*	*87.8731*	*-5.0524*
51	*214.2536*	*81.723*	*1.20*	*93.1618*	*12.6130*	*80.9179*	*-4.1175*
52	*193.8716*	*69.261*	*1.48*	*91.6970*	*13.7906*	*67.8442*	*-1.9411*
53	*225.9630*	*57.208*	*1.50*	*91.7618*	*20.1201*	*53.5243*	*-1.6688*
54	*169.0123*	*30.679*	*1.50*	*90.0256*	*18.1836*	*24.7095*	*0.0763*
55	*240.5497*	*41.963*	*1.50*	*90.2160*	*24.1816*	*34.2946*	*-0.0682*
56	*84.5315*	*19.992*	*1.70*	*88.8210*	*17.1633*	*-10.2436*	*0.3014*
57	*262.1271*	*28.716*	*1.70*	*89.9012*	*24.0190*	*15.7382*	*-0.0605*
58	*286.7411*	*11.335*	*1.70*	*89.1012*	*11.2056*	*1.6988*	*0.0678*
59	*57.6374*	*39.101*	*1..40*	*87.9512*	*20.8665*	*-33.0382*	*1.5879*
60	*1.2083*	*11.861*	*1.40*	*89.1012*	*4.8527*	*-16.8213*	*0.3761*
61	*34.1659*	*46.502*	*1.10*	*88.1006*	*7.1138*	*-45.9288*	*2.0313*



Esquma (III . 5 . 1) .

III . 6 Cálculo de coordenadas sobre un plano vertical.

La finalidad principal al hacer uso de este programa es determinar la distancia y desnivel entre un primer punto tomado como referencia y todos los subsecuentes que estén contenidos en un plano vertical ademas de calcular todas las coordenadas de los vértices observados.

Los datos que se necesitan para hacer uso de este subprograma son dos vértices que pertenezcan al plano ; las coordenadas de la referencia que se encuentra del lado izquierdo , las distancias de la estación a ambas referencias , el ángulo formado entre la estación y las referencias la dirección del plano vertical ; y de cada uno de los vértices que se observen , el ángulo vertical y horizontal sin necesidad de medir las distancias a estos .

Las coordenadas de la referencia ubicada del lado izquierdo deberán de ser introducidas en el subprograma de coordenadas .

Si no se conocen las coordenadas del vértice antes mencionado ni la dirección del plano vertical estos podrán ser elegidos de manera arbitraria .

El esquema (III . 6 . 1) es un ejemplo de aplicación ; en el se detallan los resultados que se obtienen y del mismo se toma la nomenclatura a ocupar en las ecuaciones que se utilizan para este subprograma.

La siguientete secuencia de pasos es el algoritmo que es usado para dar solución al problema que se ha planteado.

Primeramente se piden las coordenadas de la referencia del lado izquierdo así como la dirección del plano vertical necesarios para poder calcular las coordenadas de la estación y todos los vértices observados ; es importante que el primer punto sea el izquierdo y que la dirección del plano sea la que existe de la referencia izquierda a la derecha ; de no ser así los resultados que se obtengan serán incorrectos.

Con las dos distancias medidas en campo y proporcionadas como datos , y el ángulo existente entre ellas se podrá calcular la tercer distancia del triángulo ; con ellas se calcula el ángulo interno que corresponda a la referencia del lado izquierdo .

La dirección del plano vertical mas el ángulo antes mencionado ; es la dirección que corresponde a la existente entre la referencia y la estación y como además conocemos las distancias , se calculan con estos datos las coordenadas de la estación.

Con el ángulo horizontal de cada uno de los vértices observados la distancia a la referencia y el ángulo interno del lado izquierdo del triángulo ; se usa la ley de los senos para calcular la distancia de la estación al punto observado .

Como se conoce la dirección de la estación a la primera referencia se le suma el ángulo al punto observado y se obtiene el azimut de la radiación y con la distancia antes calculada mas el ángulo vertical se calculan las coordenadas de cada una de las radiaciones ; por medio de estas coordenadas se calcula la distancia horizontal a la referencia y el desnivel que son los resultados que proporciona este subprograma .

Las ecuaciones que se presentan acontinuacion son las empleadas para solucionar el problema planteado , la nomenclatura que se ocupa esta relacionada con la empleada en el esquema (III . 6 . 1) .

Para calcular la distancia entre las referencias (1) y (2) tenemos que :

$$DIS3 = \sqrt{DIS1^2 + DIS2^2 - 2 * DIS1 * DIS2 * COS(A)}$$

Para calcular el ángulo interno (C) se hace uso de la ley de senos :

$$\frac{DIS1}{SEN(C)} = \frac{DIS3}{SEN(A)} \qquad \text{DESPEJANDO} \qquad SEN(C) = \frac{DIS3}{DIS1 * SEN(A)}$$

Para calcular la dirección de la 1ª referencia y la estación con lo que posteriormente se calcularán las coordenadas de la estación se tiene .

$$DIR2 = DIR1 + C$$

Para calcular la distancia de la estación a cada una de las radiaciones , así como la dirección de la radiación para así poder determinar sus coordenadas se tiene :

$$\frac{DR}{SEN(C)} = \frac{DIS1}{SEN(180° - AR - C)} \qquad DR = \frac{SEN(C) * DIS1}{SEN(180° - AR - C)}$$

$$DIR3 = DIR2 + AR$$

Con las coordenadas de la 1ª referencia , que son dato , y las de cada uno de los vértices observados , que los calcula el subprograma , se puede calcular la distancia y desnivel entre estos vértices

La nomenclatura empleada es la que sigue :

DIS1 = Distancia a la primera referencia que se observa (dato) .

DIS2 = Distancia a la segunda referencia que se observa (dato) .

DIS3 = Distancia entre referencias (calculada) .

A = Angulo entre las dos referencias (dato) .

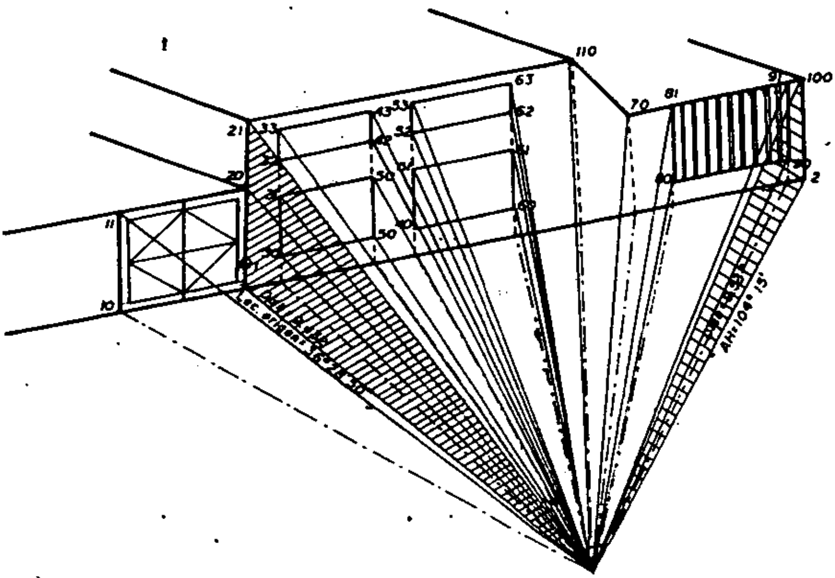
C = Angulo interno del triángulo formado por la estación y las dos referencias , el correspondiente al de la primer referencia (calculado) .

DIR1 = Dirección del plano vertical (dato) .

DIR2 = Dirección de la primera referencia a la estación .

DIR3 = Dirección de la estación a la radiación que se observa .

Como todos los subprogramas contenidos en este capítulo ;el uso de los programas es tan variado como lo sean las necesidades en el campo y la imaginación del usuario ; a manera de ejemplo y deseando resaltar la versatilidad del subprograma ; supóngase que se desea levantar la fachada de un edificio para remodelación ; se podría dibujar en forma directa al obtener la distancia sobre el plano de la primer



Esquma (III . 6 . 1) .

Coordenadas referencia (1) X=615.361 *Y=394.236* *Z=135.261*
#De la referencia derecha=1 *Lectura origen = 36 28'*
Distancia horizontal a la izquierda=9.432 *Distancia horizontal a la derecha=9.537*
Ángulo vertical a la referencia izquierda=97 57' *Altura de instrumento=1.73*
#De la segunda referencia=2 *Ang. entre referencias=104 15'*
Angulo vertical referencia izq.=101 16'
Direccion del plano vertical=80 36' 23"

P. Obs.	ANGULO HORIZONTAL	ANGULO VERTICAL	DISTANCIA	DESNIVEL	COORDENADAS		
					X	Y	Z
Est. 200					615.361	403.668	134.8482
2					625.7971	395.9625	134.7149
10	205 31'	99 15'	-2.5063	-0.4531	612.8883	393.8269	134.8079
11	205 31'	89 10'	-2.5063	1.4774	612.8883	393.8269	136.7384
20	36 29'	89 21'	0.0033	1.4242	615.3642	394.2365	136.6852
21	36 29'	79 49'	0.0033	2.9844	615.3642	394.2365	138.2454
30	39 18'	98 27'	0.5416	-0.0266	615.8953	394.3244	135.2344
31	39 18'	90 28'	0.5416	1.2427	615.8953	394.3244	136.5037
32	39 18'	85 23'	0.5416	2.0533	615.8953	394.3244	137.3143
33	39 18'	81 21'	0.5416	2.6926	615.8953	394.3244	137.9536
40	51 20'	99 33'	2.5526	-0.0605	617.8794	394.6526	135.2005
41	51 20'	90 25'	2.5526	1.2568	617.8794	394.6526	136.5178
42	51 20'	84 53'	2.5526	2.0578	617.8794	394.6526	137.3188
43	51 20'	80 05'	2.5526	2.7473	617.8794	394.6526	138.0083
50	57 16'	99 45'	3.4323	-0.049	618.7473	394.7962	135.2120
51	57 16'	90 32'	3.4323	1.2421	618.7473	394.7962	136.5031
52	57 16'	84 44'	3.4323	2.0577	618.7473	394.7962	137.3187
53	57 16'	78 55'	3.4323	2.868	618.7473	394.7962	138.129
60	73 23'	99 48'	5.6759	-0.0253	620.9608	395.1624	135.2357
61	73 23'	90 37'	5.6759	1.2323	620.9608	395.1624	136.4933
62	73 23'	84 32'	5.6759	2.0686	620.9608	395.1624	137.3296
63	73 23'	78 03'	5.6759	2.9503	620.9608	395.1624	138.2113
70	93 59'	88 37'	8.7159	1.5254	623.9600	395.6586	136.7864
80	98 57'	99 21'	9.5701	-0.1461	624.8028	395.798	135.1149
81	98 57'	88 29'	9.5701	1.5556	624.8028	395.798	136.8166
90	103 03'	98 02'	10.3393	0.0029	625.5617	395.9235	135.2639
91	103 03'	88 55'	10.3393	1.495	625.5617	395.9235	136.756
100	104 15'	89 51'	10.5779	1.3422	625.7971	395.9625	136.6032
110	84 10'	76 96'	7.1986	3.1538	622.4631	395.4109	138.4148

Ejemplo (III 6 1)

referencia al punto observado ; así como su desnivel , lo cual nos permite dibujar en forma rápida tomando estas dos distancias como un par de coordenadas . Si la fachada constase de varios planos verticales uno atrás de otro bastara con dar el mismo azimut que el del primer plano vertical para que todos estén relacionados entre si ; ademas al tener coordenadas de todos los vértices se podrían calcular áreas , se podrían rotar o trasladar las coordenadas de los puntos contenidos en el plano , facilitando su en dibujo isométricos etc.

Para hacer uso de este subporgrama será necesario que en la sección de distancias horizontales y desniveles se escoja la opción (6) que corresponde a este subprograma .

Las unidades y sistemas de referencia tanto de entrada de datos como de salida de resultados serán ; para los ángulos grados , minutos y segundos ; direcciones rumbos ; ángulos verticales sistema horizontal 1 ; las distancias horizontales y tres dimensiones .

Nota cuando las distancias horizontales a la referencia son negativas indica que el punto se encuentra a la izquierda de la primera referencia

III . 7 Determinación de desniveles en forma indirecta .

Este subprograma nos permite calcular la diferencia de alturas entre dos vértices cualquiera siempre que estos estén contenidos en la misma vertical .

La determinación de la diferencia de elevaciones se hará de forma indirecta pensando en aquellas ocasiones en que el acceso a uno de los vértices sea imposible o muy riesgoso .

Los datos que son necesarios para poder hacer uso de este subprograma son los que a continuación se detallan .

Se requiere la distancia de la estación al vértice de fácil acceso; que como se sabe podrá ser para este programa horizontal inclinada o por intervalo estadimétrico , este ultimo no es recomendable a menos que la precisión del levantamiento sea muy baja o el dato sea deseado nada mas para reconocimiento .

Además de la distancia se medirán los ángulos verticales tanto a la referencia como al vértice del cual queremos conocer la cota .

La determinación del desnivel entre ambos vértices es el resultado que se obtiene al hacer uso de este subprograma .

En el dibujo (III . 7 . 1) se presentan algunos esquemas que dan la idea de aplicación de este subprogrma .

El algoritmo que se utiliza para poder obtener el desnivel entre los vértices observados es el que se describe en los párrafos siguientes .

Con la distancia que se mide al vértice de referencia y con el ángulo vertical medido a este mismo vértice se calcula la distancia inclinada si la medida no es así . Como todos los subprogramas utilizan el sistema cenital de referencia para los ángulos verticales y para este programa en específico es mas conveniente utilizar como sistema de referencia las alturas tal como son medidas con un tránsito , debido a la lógica del programa se transformarán del sistema cenital al sistema de alturas .

Como ahora se conoce el ángulo entre el horizonte del observador y la recta que pasa por el vértice de la elevación remota .; se podrá calcular fácilmente la diferencia de alturas entre el plano del observador y el del vértice observado (nivel de la referencia) ; la distancia horizontal también deberá ser calculada para que con ella y el ángulo vertical de la segunda referencia y haciendo uso de la ley de los senos se calcule la diferencia de alturas entre el plano del horizonte del observador y el vértice del que se requiere la altura (nivel del punto inaccesible) , conociendo estos dos desniveles entre el plano del horizonte y estos dos vértices observados la determinación del desnivel se reduce a hacer la diferencia algebraica de estas dos cantidades siendo el valor de estas negativas cuando el punto observado ya sea la referencia o el punto inaccesible estén por debajo del plano del horizonte .

Para entender mejor lo descrita en este algoritmo que se acaba de mencionar , se presentarán las siguientes ecuaciones ocupadas en la solución de este problema .

La nomenclatura usada en las ecuaciones que a continuación se presentan , han sido tomadas de las usadas en los esquemas que aparecen en los dibujos (III . 7 . 1) .

Para calcular el desnivel entre el plano del horizonte del observador y la referencia así como para calcular la distancia horizontal hacemos uso de la ley de senos de la siguiente manera :

$$\frac{DISI}{SEN \quad 90^\circ} = \frac{DESN1}{SEN \quad AV1} = \frac{DISH}{SEN \quad (90 - AV1)}$$

Despejando tenemos :

$$DESN1 = \frac{DISI * SEN(AV1)}{SEN \quad 90} \qquad DEN1 = DISI * SEN \quad (AV)$$

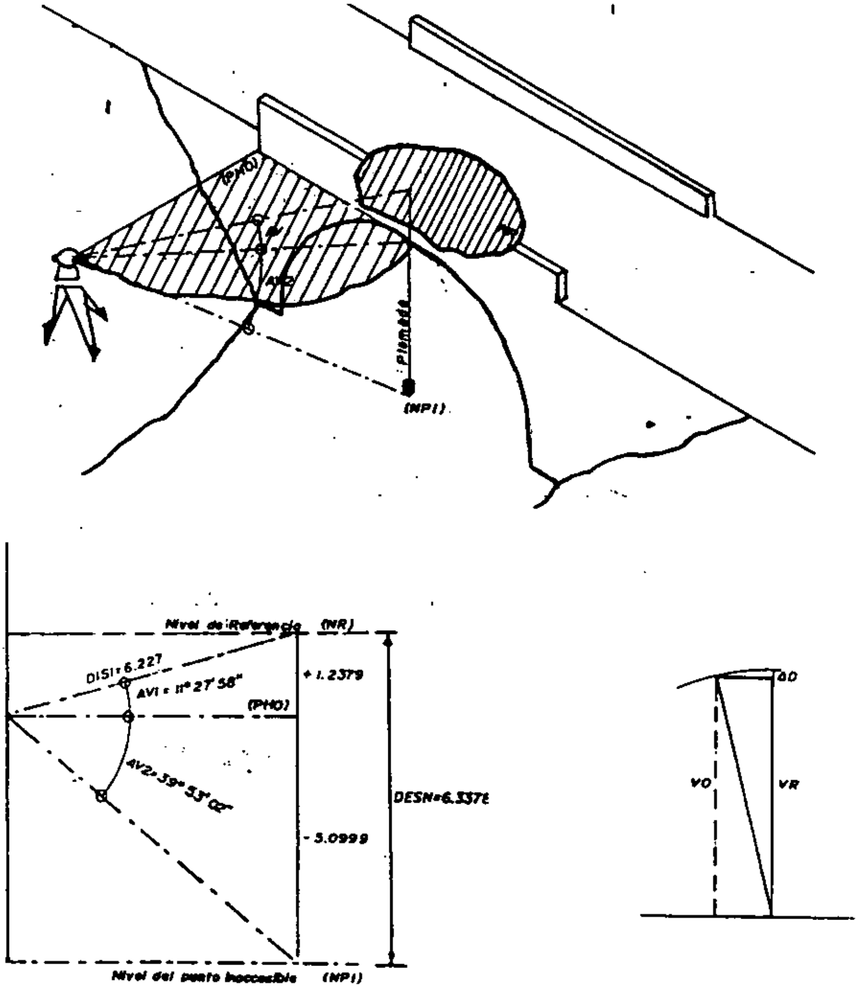
$$DISH = \frac{DISI * SEN \quad (90^\circ - AV1)}{SEN \quad 90^\circ} \qquad DISH = DISI * COS \quad (AV)$$

Como ahora se conoce el valor del ángulo vertical 2 (AV2) y la distancia horizontal el desnivel 2 (DESN2) se calcula de la siguiente manera .

$$TAN \quad (AV2) = \frac{DESN2}{DISH} \qquad DESN2 = DISH * TAN \quad (AV2)$$

Para obtener la diferencia de alturas total se realiza una diferencia algebraica :

$$DESN = DESN2 - DESN1$$



Descripción de las abreviaturas :

NR	Nivel de la referencia.
NPI	Nivel del punto inaccesible.
PHO	Plano horizontal del observador
AV1	Ángulo vertical 1, es el ángulo a la referencia.
AV2	Ángulo vertical 2, es el ángulo al punto inaccesible.
DISI	Distancia inclinada.
DISH	Distancia horizontal.
DESN1	Desnivel (1).
DESN2	Desnivel (2).
DESN	Desnivel total, (El resultado que se busca).

Este esquema muestra de que forma influye el hecho de que la vertical no sea la misma para la referencia y el vértice inaccesible.

Descripción de las abreviaturas :

VO Vertical del punto observado.

VR Vertical de la referencia.

Δ_{AD} Variación de la altura.

Esquma (III . 7 . 1) .

Las aplicaciones que podemos dar a este subprograma serán en muy diversas circunstancias ; pero tendrán como común denominador querer conocer la altura de un punto al cual no se tenga acceso , del cual conozcamos un vértice accesible que este contenido sobre la misma vertical ya sea en forma natural o atraves de una plomada , o cualquier otro medio como podría ser una poligonal si se requiriese la diferencia de alturas y no se contara con un nivel .

Las precisiones que podemos alcanzar al hacer uso de este subprograma dependen de varios factores , como lo son el tipo de instrumental usado al medir los ángulos , ya que la aproximación del instrumento es factor determinante de la precisión .

Es de importancia fundamental el conocer la distancia entre la estación y el vértice al cual se tiene acceso con la mayor precisión posible ya que los cálculos basan la determinación de las alturas , en la solución de un triángulo rectángulo en el cual se conocen sus tres ángulos y una distancia que precisamente es la que se ha medido ; por ello un error en la determinación de la distancia nos provocara errores en el calculo del desnivel .

Recuérdese que la solución del problema toma como condición que ambos puntos estén contenidos dentro de la misma vertical ; si esto no se cumple disminuirá la precisión que se obtenga .

La condición de que el eje azimutal sea perpendicular al de alturas , así como que el eje de alturas sea perpendicular a la linea de colimación , deberán de tomarse muy en cuenta ; ya que en este caso será muy importante que el equipo este bien ajustado si se quiere obtener una buena precisión .

El problema de que el instrumento este desajustado se podría solucionar haciendo observaciones en ambas posiciones del instrumento con lo cual el error es eliminado .

Es de importancia el realizar la elección correcta del vértice de observación , tomando en cuenta lo siguiente, si se miden ángulos muy obtusos la variación del desnivel será mayor . Para una variación angular (Δa) tenemos una variación en la distancia (Δd) ; teniendo la misma incertidumbre en el ángulo la variación de la distancia vertical será mayor en caso de que el ángulo sea muy obtuso a diferencia de si el ángulo es agudo .

Todas estas observaciones son hechas con al intención de dar a conocer que los subprogramas , no deben ser usados indiscriminadamente y que los resultados dependen del conocimiento de como funcionan , del cuidado con que se realicen las observaciones . Estos subprogramas solo nos ayudan a hacer un calculo rápido y seguro; entonces debemos considerar las bondades del método para observar si su uso es adecuado , si superan las tolerancias requeridas o no ; para decidir con juicio si se pueden utilizar para el caso en que se desea ocupar.

A continuación mostramos un ejemplo de aplicación de este subprograma el cual esta referido a los dibujos contenidos en este subcapítulo , las unidades a emplear serán los cuatro sistemas de referencias para los ángulos verticales , algunas de las unidades con que se miden los ángulos y las distancias serán inclinadas , horizontales o a través del intervalo estadimétrico .

En cada ejemplo se indicará el sistema y unidad que se ha empleado .

Ejemplo.

Datos	**Resultados**	**Unidades**
Distancia = 6.103	Desnivel =-6.3379	Sistema de referencia para los ángulos verticales (Horizontal II)
Ángulo vertical a la referencia = 11° 27´ 58"		Unidades de los ángulos verticales Grados , Minutos , Segundos
Ángulo vertical al 2° vértice = -39 53´ 02"		Distancia Horizontal .
Distancia = 6.227	Desnivel =-6.3376	Sistema de referencia para los ángulos verticales (Cenital)
Ángulo vertical a la referencia = 78.533888		Unidades de los ángulos verticales Grados y décimas de Grado
Ángulo vertical al 2° vértice = 129.883888		Distancia Inclinada .
Distancia = 6.130	Desnivel =-6.3379	Sistema de referencia para los ángulos verticales (Horizontal I)
Ángulo vertical a la referencia = 203.84199		Unidades de los ángulos verticales Milésimas
Ángulo vertical al 2° vértice = 5690.95310		Distancia Horizontal .
Distancia = 0.064	Desnivel =-6.3837	Sistema de referencia para los ángulos verticales (% de Pendiente)
Ángulo vertical a la referencia = 20.2836		Unidades de los ángulos verticales % De Pendiente .
Ángulo vertical al 2° vértice = -83.5652		Distancia Intervalo Estadimétrico .

Para hacer uso de este subprograma será necesario que en la sección de distancias horizontales y desniveles se elija la opción (7) , que corresponde a la determinación de desniveles en forma indirecta .

III . 8 Cálculo de distancias de dos vértices conocidos al pie de la perpendicular definida por esta recta y la recta que pasa por un vértice obligado .

En este subprograma se conocen dos vértices con sus coordenadas , los cuales definen una recta ; desde una estación fuera de la misma se realiza la medición de las distancias de los vértices de coordenadas conocidas a el punto donde se hace estación , ademas de medir el ángulo existente entre la primera referencia que será el vértice que se encuentra a la izquierda del observador y la segunda referencia que será el punto del lado derecho ; con estos tres datos se calculan las coordenadas de la estación .

Se tomarán los datos correspondientes a las radiaciones de las cuales se requiere obtener la distancia del pie de la perpendicular a cada una de las dos referencias ademas de obtener la distancia mínima del vértice observado a la recta definida por los dos vértices de coordenadas conocidas .

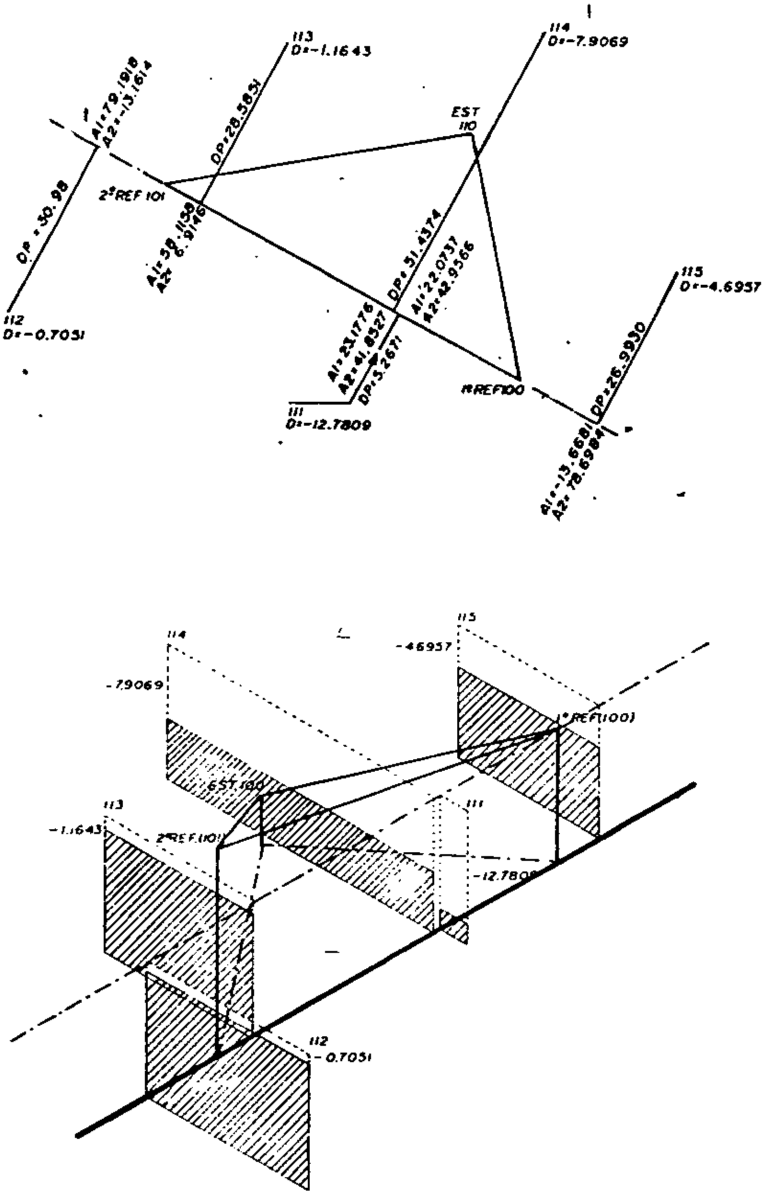
Resumiendo se obtendrá atravez de esta subrutina las coordenadas de la estación donde se encuentra el teodolito , la distancia del pie de la perpendicular a cada una de las referencias , la distancia mínima entre el vértice observado y la recta , se calculan las coordenadas del vértice radiado las cuales de requerirse tendrán que ser consultadas en la subrutina de coordenadas .

Como se observa en lo que se acaba de mencionar , los datos necesarios para hacer uso de esta subrutina serán las coordenadas de los vértices de referencia las cuales como sabemos se deberán anexar en el subprograma de adición de coordenadas , el ángulo entre ambos vértices , así como los datos necesarios para el cálculo de cada radiación de acuerdo con la configuración que se haya establecido .

En el esquema (III 8 1) se muestra gráficamente un ejemplo de aplicación de este subprograma .

Para conocer de que forma funciona el subprograma , se describe a continuación el algoritmo que muestra la secuencia que utiliza la subrutina para dar solución al problema que se ha planteado .

Como se conocen las tres distancias del triángulo cuyos vértices son la estación y los dos vértices de referencia ; siendo una de ellas calculada que es la existente entre los dos vértices de coordenadas conocidas y las otra dos medidas en campo , además de conocer el ángulo entre ambas referencias se conocen un dato más de los indispensables para hacer el cálculo de coordenadas de la estación , el cual será usado para determinar la precisión con que se ha obtenido la ubicación de la estación .



Esquma (III . 8 . 1) .

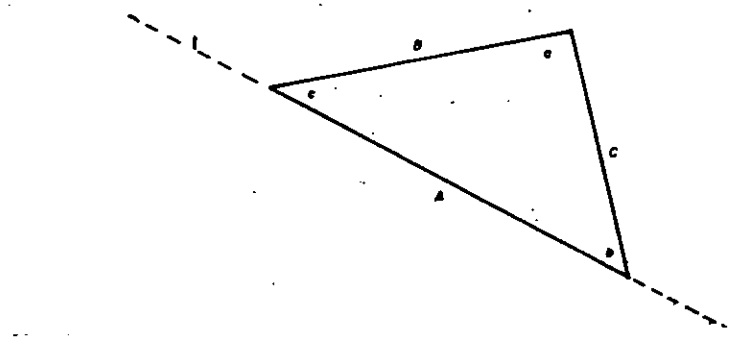
Como se conocen las tres distancias y un ángulo se hace uso de la ley de los senos y se calcula el valor del ángulo existente entre la recta de referencia y la que une a la estación con la referencia del lado izquierdo , por la condición de cierre de un triángulo se calcula el tercer ángulo interno del triángulo. Haciendo nuevamente uso de la ley de los senos se calcula la distancia entre la estación y la segunda referencia , este valor seguramente será diferente al que se ha medido en campo , de esta diferencia se obtendrá la precisión con la que se ha ubicado la posición de la estación ; ver esquema (III . 8 . 2) .

Ya obtenidas las coordenadas de la estación se calcula la dirección de la recta que une la estación con la primera referencia , a la cual se le suma el ángulo medido a la radiación ; con lo que obtenemos la dirección de la recta la cual tiene como origen la estación y el punto observado será la radiación , además en campo se mide la distancia entre ambos vértices con lo cual se calcula las coordenadas del vértice radiado ; como se conocen las coordenadas de la primera referencia y las de la radiación se podrá calcular el azimut de la recta y su distancia ; por diferencia de azimutes entre esta recta y la dirección de la de referencia obtendremos el ángulo entre ambas .

Como condición para que sea la distancia mínima entre una recta y un vértice , se sabe que la recta deberá ser perpendicular a la que se toma como referencia por tanto el valor de este ángulo será de noventa grados y como ya conocemos un ángulo del triángulo , el otro es calculado usando la condición de cierre de un triángulo ; la distancia entre la primera referencia y la radiación es conocida puesto que ya se cálculo , por lo que haciendo uso de la ley de senos calculamos la distancia de la estación al pie e la perpendicular así como la distancia mínima que son los resultados que deseamos obtener . Ver figura (III . 8 . 3) .

Nótese que siempre se menciona que el primer vértice que debe observarse es el que se encuentra en el lado izquierdo lo cual es muy importante que así se realice porque de no ser así los cálculos que se obtengan no serán correctos .

Las ecuaciones quedan solución a este subprograma se presentan a continuación junto con los esquemas (III . 8 . 2) y (III . 8 . 3) .

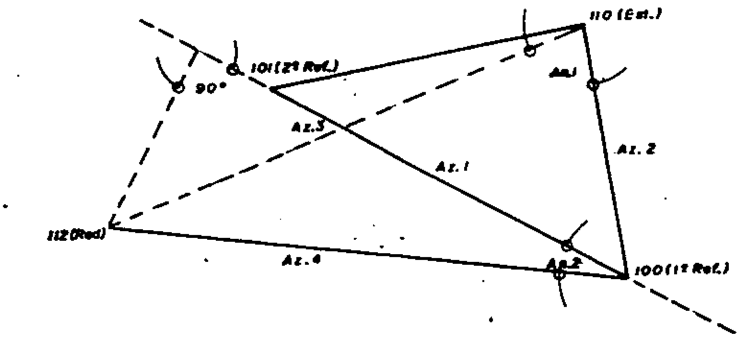


$$\frac{DIST\ \ A}{SIN\ \ (a)} = \frac{DIST\ \ B}{SIN\ \ (b)} \qquad b = ASC\left[SIN\ \ (a) * DIST\ \ B / DIST\ \ (A)\right] \qquad C = 180° - a - b$$

$$DIST\ \ (B) = \frac{DIST\ \ (A) * SIN\ \ (b)}{SIN\ \ (a)} \qquad PRESICIÓN = \frac{DIST\ \ (B_{calculada})}{DIST\ \ (B_{calculada}) - DIST\ \ (B_{medida})}$$

Nomenclatura empleada :
A = Distancia calculada por coordenadas
B = Distancia medida en campo a la segunda referencia .
C = Distancia medida en campo a la segunda referencia:
a = Ángulo medido en campo .
b = Ángulo calculado Haciendo uso de la ley de senos .

Esquema (III . 8 . 2) .



AZ1 = Azimut calculado por coordenadas ya que son datos que se conocen de las dos referencias .
AZ2 = Azimut que se obtiene sumandole a (AZ1) , el ángulo (b) que en el esquema anterior se mostro como se calcula .
AZ3 = Azimut de la estación a la referencia se obtiene sumandole a (AZ2) , el ángulo de dicha radiación .
Como se conoce (AZ3) Y la distancia a la radiación ya que se mide en campo se calculan las coordenadas de la radiación .
AZ4 = Azimut de la primera referencia al vertice observado , este se obtiene por medio de las coordenadas de la primera referencia y las de la radiación .
An1 = Angulo a la radiación medido en campo .
An2 = Angulo entre la recta de referencia y la recta formada por el vertice que se observa y la primera referencia An2 = Az1 - Az4

$$DIST.\ \ MINIMA = DIST_{(1^{a}\ REF\ -\ RAD)} * SEN\ \ (An_2)$$

$$DIST.\ \ 1^{a}\ \ REF = DIST_{(1^{a}\ REF\ -\ RAD)} * COS\ \ (An_2)$$

$$DESNIVEL = Z_{(RADIACIÓN)} - Z_{(1^{a}\ REFERENCIA)}$$

Esquema (III . 8 . 3)

La precisión que se obtenga al darle posición a la estación será presentada como resultado y se preguntará si se desea continuar ya que si la precisión es muy baja y se sale del límite tolerable no convendrá continuar con la medición de los vértices .

La precisión que se obtenga de los vértices dependerá de la precisión con que se midan las distancias , de la mínima aproximación del teodolito , las distancias podrán ser medidas en cualquiera de las tres formas en que lo permite el programa , pero no nos olvidemos de que la precisión dependerá directamente de la forma en que se determinen las distancias . Es de importancia que la elección del la estación sea adecuado ya que si el ángulo medido entre las dos referencias es demasiado obtuso la determinación de las coordenadas de la estación está más propensa ha disminuir su precisión .

Las aplicaciones prácticas que se le puedan dar a este subprograma serán tan variadas como casos concretos se puedan presentar en campo , en donde sean deseados como resultados los que se mencionan en este subcapítulo , a manera de ejemplo supóngase que en una vialidad existen las coladeras para drenaje las cuales necesitan ser referenciadas con respecto al eje de la misma , se definirían dos vértices que pertenecieran a esta recta y haciendo estación en un vértice que en donde fuese cómodo y sin tanto peligro como el que existe al eje de la vialidad se ubicara la estación ; se miden las distancias a las referencias y el ángulo entre ambas ; ademas de los datos de las radiaciones a cada coladera ; obteniendo las medidas que se necesitan en forma cómoda

Recuérdese que las coordenadas de estos vértices radiados también son calculados por si son necesarios para otros usos como pueden ser determinación de áreas , direcciones , etc.

Para hacer uso de este subprograma será necesario que en la sección de distancias horizontales y desniveles se elija la opción (8) que es la que ejecuta este subprograma .

El siguiente ejemplo es una muestra de aplicación practica del subprograma , las unidades que se emplean son las mismas tanto para los datos como para los resultados .

Para los ángulos gones , las direcciones serán rumbos , el sistema de referencia para los ángulos verticales horizontal II, las distancias serán inclinadas , y se tomaran en cuenta las tres dimensiones .

Ejemplo

Datos .

Datos del punto ubicado a la izquierda	*(100) .*	*x=995.315*	*y=932.163*	*z=100.000*
Datos del punto ubicado a la derecha	*(101) .*	*x=964.678*	*y=964.678*	*z=107.991*

Altura de instrumento = 1.62

Pto.	H . M .	Ángulo	Dist.	Ángulo	Dist.	Dist	Dist.	Desnivel
Obs.		Vertical	Incl.	Horizontal	Minima	1° Ref.	2° Ref.	
100	1.69	12.555555	40.78	22.222222				
101	1.3	11.111111	50.8	124.211111				
111	1.7	-8.361522	36.5	60.225415	5.2675	22.0737	42.9566	-12.781
112	1.25	5.362816	81.36	111.352618	30.9208	78.1918	-13.1614	-0.7051
113	1.30	12.401615	33.25	162.153618	28.5851	58.1158	6.9146	-1.1643
114	0.60	-3.073618	20.85	273.698777	51.4374	23.1776	41.8527	-7.9069
115	1.00	4.201507	39.5	372.456163	26.993	-13.6681	78.6984	-4.6957
			Precisión al ubicar la estación = 1681					

CAPíTULO IV

Solución de problemas básicos de topografía y astronomía

Las tareas y actividades que realiza el ingeniero topógrafo , en el ejercicio de la profesión son muy variadas , los métodos que se pueden emplear , el instrumental y la forma en que se desean presentar los resultados son diversos , así que es imposible crear un programa que pueda resolver todos los problemas , a menos de que el mismo resuelva un trabajo específico , el cual se realiza de la misma forma siempre ;pero como este programa esta pensado como apoyo para cualquier usuario , en el tratamos de incluir los métodos que con mayor frecuencia se emplean utilizando variantes para que el usuario tenga oportunidad de elegir la solución que mas se ajuste a sus necesidades .

Recordemos que parte de la topografía se encarga de determinar las posiciones en el espacio de los vértices , así como las relaciones existentes entre los mismos , tal como distancia dirección y desnivel ;etc. Comúnmente se usa un sistema de referencia ortogonal de tres dimensiones , para ubicar la posición de los vértices se asocian a este sistema tres valores numéricos que son las denominadas coordenadas del vértice en las cuales se basan la mayoría de los cálculos en la topografía .

En este capítulo se incluyen programas que nos permiten calcular atraves de datos obtenidos en campo las coordenadas , ademas se incluyen otros que hacen uso de estas coordenadas para calcular elementos como distancia , dirección desnivel , área etc. tareas muy comunes en la topografía .

La presentación de los resultados ya sea en pantalla o impresos es de suma importancia por tal motivo , en el subcapítulo de edición de coordenadas se permite visualizar los resultados de coordenadas líneas o polígonos, para que su consulta sea mas fácil .

En los levantamientos topográficos es de suma importancia tener un control del mismo y determinar numéricamente el grado de confiabilidad , por tal motivo una de las primeras tareas que se realizan al hacer un levantamiento , por lo regular es realizar la medición de una poligonal de apoyo , de la cual se determinará su precisión se realizara un ajuste , esta poligonal servirá de apoyo para hacer el levantamiento de los detalles en este capítulo el inciso diez resuelve el calculo de poligonales de apoyo ..

Realizar el cálculo de curvas es común cuando el trabajo esta encaminado al proyecto o trazo de caminos , en este capítulo se incluyen el cálculo de las curvas mas comúnmente empleadas en caminos como son , la curva circular simple, compuesta ,clotoide , vertical ; ademas de incluir el cálculo de los elementos más comunes de las curvas cuando se tienen determinados datos .como podría ser cuando el grado máximo , o un punto obligado etc.

Todo levantamiento requiere de ubicarlo en el espacio y orientarlo ,la ubicación de un levantamiento se realiza a través de observaciones astronómicas o mediante mediciones con equipo electrónico (G.P.S) . la orientación también puede hacerse a través de observaciones a las estrellas , así como también con observaciones al sol , en levantamientos topográficos la determinación de la dirección de una línea generalmente se hace a través de observaciones al sol en dos posiciones del aparato , método sencillo que permite obtener la dirección con una aproximación satisfactoria para casi cualquier tipo de levantamiento topográfico.

La ubicación de levantamientos topográficos generalmente usan un sistema de referencia arbitrario , aunque en algunas ocasiones se obtienen en forma aproximada las coordenadas geográficas o en la proyección Universal Transversa de Mercator , (U.T.M) determinándolas gráficamente en una carta topográfica , como la finalidad de esta tesis es resolver los problemas básicos de topografía , no se incluyen programas que determinen las coordenadas geográficas a través de observaciones astronómicas , porque estas caen dentro del campo de la geodesia , y se salen de los fines que se pretenden alcanzar .

Lo que incluye la tesis en lo referente a astronomía es la determinación de la dirección de una línea así como la corrección a las observaciones y la actualización de anuarios lo cual es tarea frecuente en levantamientos de carácter topográfico .

Tomando en cuenta lo anteriormente dicho y resumiendo , este capítulo trata de contener el cálculo de lo que se realiza en forma mas común dentro de la topografía comprendido en tres secciones fundamentales , los cálculos que usan o determinan coordenadas , una sección que contiene los cálculos mas comúnmente usados en caminos y por último los de observaciones astronómicas que estan ligados en forma intima ala determinación de direcciones atraves de observaciones hechas al sol .

I V . 1 Adición de coordenadas.

Este subprograma tiene como función el adicionar coordenadas de los vértices o definir líneas., cuando se hace uso de este subprograma aparece un menú que nos permite elegir si lo que se desea adicionar son coordenadas o si se desea definir líneas .

Para adicionar las coordenadas se eligirá la opción (1) del menú de este subprograma , para adicionar los valores de las coordenadas , primeramente se proporcionara el número de vértice , a continuación se introducirán los valores de las coordenadas (X , Y) , el valor de la elevación (Z) solo será solicitado cuando al establecer las unidades de trabajo se halla elegido el uso de las tres dimensiones .

Es conveniente hacer la siguiente aclaración , en los subprogramas donde se calculan o lean coordenadas , se recurrirá a un archivo , en el cual se registraran los resultados o se leerán los datos sin necesidad de ser tecleados lo que ayuda a evitar errores personales.

En un levantamiento topográfico como mínimo deberán de ser proporcionadas las coordenadas de la estación y la referencia , o bien de la estación y la dirección de la línea , por ello es indispensable incluir la opción que nos permita adicionar los valores de las coordenadas de los vértices , en algunas ocasiones se tendrán que adicionar las coordenadas ya que estas no han sido calculadas en este programa , sino que son datos que ya han sido calculados con anterioridad , estos deberán ser introducidos manualmente para que después puedan ser usados en cualquiera de los subprogramas que los utilicen como datos.

Algunos subprogramas piden como datos el número de la estación o de la referencia , con dichos números se lee del archivo el registro correspondiente que deberá contener las coordenadas correspondientes a dicho vértice , por ello muchas veces es necesario primero , hacer uso de este subprograma donde se adicionan estos datos y después hacer uso del subprograma que se necesita .

Las características que tienen los registros son las siguientes , se graban en archivos de tipo aleatorio , el número de la radiación será el número del registro , como el archivo es de tipo aleatorio la longitud del mismo depende del último registro, grabado o leído , por tal motivo al elegir el número de los vértices es importante no brincarse números de registro ya que estos ocuparan espacio en la memoria y estarán vacíos , sin ninguna utilidad .

La cantidad de vértices que pueden almacenarse dependerá de la cantidad de memoria disponible en la calculadora o computadora .

Es importante hacer notar que debido a la forma en que se ha conformado el programa los identificadores para los vértices solo podrán ser numéricos y nunca alfanuméricos .

Como los nombres de los vértices no pueden ser alfanuméricos se pude añadir un comentario de diez caracteres como máximo pero que nos permite clasificar la información ya que como se vera en el subcapítulo de edición podremos editar solo los vértices que contengan un comentario específico .

Hay un registro por cada vértice el número de registro será el mismo que el del número de vértice y cada uno de los registros contendrá como datos almacenados las coordenadas (X , Y , Z) que corresponden a dicho vértice , el archivo no puede tener dos registros con el mismo número , esto es importante ya que si repetimos el número de vértice el registro se sobre escribirá borrando la información del anterior .

Para hacer la adición de líneas se elegirá un número con el cual se identificará la misma . Como datos para definirla se necesita el número de estación y el número de la referencia ; con los cuales se calcularán los siguientes resultados , las distancias , horizontal , inclinada y desnivel , cuando les direcciones de salida son rumbos , se determinará el cuadrante , por último se calcula el valor de la dirección ; todos los datos y resultados antes mencionados serán grabados en registros que pertenecerán al archivo de líneas el cual será consultado con el número de identificación de dicha línea.

La dirección será grabada en radianes pero al ser consultada en el subprograma de edición será transformada a las unidades que se eligieron para los resultados .

El tipo de archivo para el registro de líneas es igual que el archivo de coordenadas , por consiguiente , el número total de líneas que podrá contener el programa quedara restringido por el espacio de memoria libre que tenga el hardware que se ocupe ; los números de línea que no sean usados ocuparan espacio en la memoria aunque estos estén vacíos , así que es recomendable hacer uso de números consecutivos para no dejar registros sin uso, ya que ocuparán espacio de memoria sin guardar información que tenga alguna utilidad .

Al modificar las coordenadas de algún vértice si este pertenece a alguna línea será necesario que se redefina esta , de no ser así los valores del registro que contiene los datos de la línea serán incorrectos , puesto que los cálculos de distancia desnivel etc. son hechos con los valores de las coordenadas que contiene este archivo en el momento en que se define la línea .

Las ventajas de definir líneas radica en que la presentación de resultados o la impresión de información , será mas sencilla si las líneas estan definidas , ya que se presentará toda la información entre ambos puntos en un solo registro , por ejemplo al definir una línea ya no será necesario consultar por separado la distancia el desnivel y la dirección ya que todos estos datos se podrán consultar en forma simultánea , además que si se tiene un conjunto de líneas , podrán ser consultadas por bloques , pudiéndose imprimir .

A continuación se presenta un ejemplo de uso de la adición de coordenadas.

```
ELIGE QUE DESEAS ADICIONAR
(1) COORDENADAS
(2) LÍNEAS ? 1
NÚMERO DE VÉRTICE ?100
COORDENADA ( X , Y , Z ) = ? 6241.5010
 ? 2416.2340
 ? 1412.1680
DESEAS ALGÚN COMENTARIO ? EJEMPLO
CONTINUAR (N) ? N
```

El siguiente es un ejemplo de adición de líneas .

```
ELIGE QUE DESEAS ADICIONAR
(1) COORDENADAS
(2) LÍNEAS ? 2
NÚMERO DE LA LÍNEA ? 1
NÚMERO DE LA ESTACIÓN ? 100
NÚMERO DE LA REFERENCIA ? 101
DESEAS SEGUIR ADICIONANDO MAS LÍNEAS (N) ? N
```

I V . 2 Edición de coordenadas .

En el subprograma de edición de coordenadas se podrá consultar ya sea en pantalla , en forma impresa o en ambas al mismo tiempo ; los resultados contenidos en los archivos de coordenadas , líneas y poligonales en diferentes modalidades .

En este subprograma tenemos disponibles siete opciones que nos permitirán visualizar o imprimir datos bajo distintas condiciones .

Primero se deberá elegir dentro de estas tres alternativas ; que los datos solo aparezcan en pantalla , que estos sean impresos , o bien ambas cosas. Las seis opciones de edición serán las siguientes . Que los resultados presentados sean coordenadas , líneas o polígonos ; los que podemos consultar uno a uno , o bien por bloque .

La primera y segunda opción de este programa se refieren a la edición de coordenadas solas o por bloque , (1) o (2) respectivamente , la forma como son presentados los registros es por columnas antes de cada coordenada se presenta el número de vértice , se presentan tres columnas con las coordenadas en el siguiente orden primero , la coordenada (X) , acontinuacion la (Y) y la siguiente será la coordenada (Z) , la cual será presentada solo en el caso de que se haya elegido trabajar con las tres dimensiones , si al grabar el vértice se le asigno algún comentario este también será presentado .

Las opciones (3) y (4) permiten presentar en pantalla o imprimir los datos relacionados con líneas en la primera opción se editan una por una , mientras en la otra se presentan por bloque , la forma de presentar los resultados de las líneas consiste en presentar el número con el cual se identifica a la línea , posteriormente se tiene el número de estación ,a continuación el de la referencia , después aparece la distancia horizontal , la inclinada , y el desnivel , por ultimo se presenta la dirección ; la cual contendrá las unidades y sistema de referencia que se eligieron en la sección de sección de unidades ; el cuadrante solo será mostrado cuando las unidades de salida sean rumbos.

Las unidades de la dirección serán calculadas al momento de ser presentadas ya que en el registro serán grabadas como azimutes y las unidades angulares serán radianes. .

La edición de polígonos estará contenidos en la opción (5) y (6) que respectivamente al igual que en los casos anteriores serán uno por uno o por bloque ; los resultados que nos serán mostrados son el número que identifica al polígono , después se mostrará todas las líneas que correspondan al contorno del polígono , los cuales contendrán el número del punto anterior , el siguiente , la distancia horizontal , la inclinada , el desnivel , y la dirección la cual al igual que en el caso de las líneas se presentaran en las unidades que correspondan a las elegidas como unidades de salida ; por último presentara el área del polígono ; la edición de polígonos es casi como el editar el conjunto de líneas que definen el contorno de un polígono la diferencia radica en que las líneas que lo conforman estan grabadas en bloques que facilitan su consulta en pantalla pero sobre todo que nos permiten imprimirlo como bloque , además de que nos presenta el área del mismo .

El hecho de poder editar en cualquiera de los tres casos registro por registro o bloque de registros nos presenta ciertas ventajas ; cuando se presenta registro por registro podemos hacerlo en cualquier orden , pueden estar los registros juntos o separados . Cuando los datos se presentan por bloque podemos consultar muchos registros pero estos tienen que ser consecutivos .

Cuando se elige que los registros sean presentados en pantalla por bloque se presentarán tantos registros como renglones tenga la pantalla , cuando los datos son mandados a impresión únicamente podrán imprimirse en forma continua bloques del tamaño que sea , pero cuando se elige que los datos sean impresos y visualizados en pantalla esto se hará por grupos de registros iguales al número de renglones de la pantalla ; pudiendo detener la impresión si al fin de la presentación de datos por pantalla se elige esta opción en el momento que se solicita la confirmación para continuar o detener .

La opción número (7) , nos permite hacer consultas de registros que tengan algún texto que los identifique , al hacer uso de este subprograma , nos preguntara el texto que deseamos que busque , y nos presentará todos aquellos registros que contengan el texto indicado.

Este es el programa mas importante en lo que a presentación de resultados se refiere ; ya que esta destinado exclusivamente a presentar los contenidos de los archivos de coordenadas , líneas y polígonos .

A continuación se presentan ejemplos de impresión de registros de los tres archivos antes mencionados .

Ejemplo de impresión de registros del archivo de coordenadas .

X100= 6421.5010	Y100= 2416.2340	Z100= 1412.1680
X101= 6428.5994	Y101= 2409.1904	Z101= 1415.4290
X102= 6421.5558	Y102= 2402.0920	Z102= 1419.5310
X103= 6414.4574	Y103= 2409.1356	Z103= 1410.3830

Ejemplo de impresión de registros del archivo de líneas .

1	100	101	10.0000	10.5183	3.2610	134g 46m 40.73s
2	101	102	10.0000	10.8086	4.1020	224g 46m 40.74s
3	102	103	10.0000	13.5531	-9.1480	314g 46m 40.73s
4	103	100	10.0000	10.1580	1.7850	44g 46m 40.73s

Ejemplo de impresión del archivo de polígonos .

1	1	2	100.0000	101.9804	20.0000	0g 0m 0.00s
1	2	3	100.0000	100.4988	-10.0000	90g 0m 0.00s
1	3	4	100.0000	101.9804	-20.0000	180g 0m 0.00s
1	4	1	100.0000	100.4988	10.0000	269g 59m 0.00s
SUPERFICIE			10000.000			

Ejemplo de impresión de registros que contienen un texto especifico .

X 2= 100.0000	Y 2= 200.0000	Z 2= 120.0000	UNO
X 3= 200.0000	Y 3= 200.0000	Z 3= 110.0000	UNO
X 4= 200.0000	Y 4= 100.0000	Z 4= 90.0000	UNO

IV . 3 Cálculo de distancia por coordenadas .

Este subprograma nos presentará la distancia horizontal e inclinada existente entre dos vértices independientemente del número de dimensiones que se estén manejando , aunque es obvio que si los cálculos y las coordenadas solo las tenemos en dos dimensiones ambas distancias serán iguales ,

El algoritmo de este subprograma es muy sencillo , primeramente se proporcionan el número de vértice de la estación y posteriormente el de la referencia con dichos números se leen del archivo de coordenadas las que corresponden a dichos vértices calculando la distancia horizontal e inclinada haciendo uso de las ecuaciones siguientes.

DISH=[(X1-X2)^2+(Y1-Y2)^2]^0.5

DISI=[(X1-X2)^2+(Y1-Y2)^2+(Z1-Z2)^2]^0.5

Para poder hacer uso de este subprograma es necesario que las coordenadas de los vértices ya estén grabadas en el archivo de coordenadas ya que al ejecutarse este subprograma solo preguntará el número de la estación y el de la referencia , con los cuales se leerán los registros correspondientes sin dar opción a introducir los valores de las coordenadas de dichos vértices.

Al determinar la distancia entre los vértices no se grabará información en ningún registro , a diferencia de cuando se definen lineas , esto tiene la ventaja de que podemos hacer consultas sin necesidad de grabar los resultados en un archivo , ya que en algunas ocasiones la memoria que se tenga disponible sea pequeña y pueda no desearse estar grabando los resultados .

Otra ventaja que presenta el uso de este subprograma es que si lo único que se desea conocer entre ambos vértices es la distancia se puede consultar ésta de manera directa sin tener que recurrir a hacer cálculos innecesarios o presentar información que no sea deseada en ese momento .

El siguente es un ejemplo de uso de esta subrutina.

Datos de la estación				
Número 56	*Coordenadas*	*X=1329.0523*	*Y=5228.0932*	*Z=102.0846*
Datos de la referencia				
Número 51	*Coordenadas*	*X=1296.4540*	*Y=5261.4540*	*Z=101.1427*
Distancia horizontal	***46.9816***			
Distancia inclinada	***46.9911***			

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

IV . 4 Cálculo del área por coordenadas .

Al hacer uso de este subprograma se calcula el área de un polígono , este puede estar contenido en un plano horizontal o vertical lo cual es la primera opción que nos presenta este subprograma .

Se deben conocer las coordenadas de los vértices , ya sea que estas hayan sido calculadas haciendo uso de alguno de los subprogramas o bien que se hayan introducido al programa por medio del teclado .

Al calcular las áreas será necesario describir la secuencia de vértices que definen el polígono , aprovechando esta situación se incluye la opción de grabar registros donde se almacenan datos tales como estación , punto observado , distancia entre vértices , desnivel , dirección ,superficie , los cuales son resultados que en forma general se necesitan de un polígono , cada polígono del cual se genere un registro que contenga su descripción será reconocido por un número ; solo podrán grabarse archivos para polígonos que estén contenidos en un plano horizontal ;de los polígonos contenidos en un plano vertical solo se calculara el área sin ser grabada esta en ningún archivo .

Al cuantificar el área de polígonos que estén contenidos en planos verticales ; estos deberán estar orientados en el sentido este oeste ; esto debido al algoritmo empleado ya que se intercambian los valores contenidos en la variable (Y) por los contenidos en (Z) .

Si se quieren calcular coordenadas sobre un plano vertical , pero la orientación de este no es en el sentido Este Oeste , bastará con conocer el valor del ángulo entre la orientación de esta plano y la dirección Este Oeste y haciendo uso del programa de rotación de coordenadas girarlo hasta hacerlo coincidir con la dirección que se ha mencionado , posteriormente el plano puede regresarse a su posición original girando las coordenadas contenidas en éste ; el mismo ángulo que se giro pero con signo contrario .

Para calcular el área se indica el primer vértice del polígono , el cual puede ser cualquiera de los que contenga , posteriormente se solicitará el número del último este debe ser uno de los dos vértices que formen una línea con el primero , se proporcionará en secuencia el número de los vértices que conforman el polígono , siguiendo el sentido contrario hacia donde esta el último , en el momento en que sea tecleado el subprograma interpretará que la descripción del polígono habrá concluido y presentara el valor de la superficie del polígono . Al decidir el sentido de descripción del polígono es conveniente que se tome en cuenta que las direcciones calculadas , observarán dicho sentido .

En la parte inicial de este subprograma se pregunta si se desea sea grabar la descripción del polígono así como los datos asociados a este , solo cuando el plano en que está contenido el polígono es horizontal , el motivo obedece a que si el espacio en memoria es limitado , o el uso de la información que se graba no tiene importancia alguna los registros no sean grabados.

La consulta de polígonos deberá realizarse en el subprograma de edición donde como ya se describió podrá consultarse con diferentes opciones

En lo que respecta al número de archivo no existen restricciones pero es importante aclarar que no podrán repetirse los números de polígono ; si en alguno de los polígonos se modifica la secuencia o cambian el contenido de las coordenadas de alguno de sus vértices ; deberá re definirse con otro número ya que de no ser así el programa siempre leerá los primeros registros que encuentre en el fichero con el número de polígono indicado que para este caso particular tendrá los resultados erróneos . El número de polígonos que puedan grabarse solo depende de la capacidad de memoria que aun este disponible

Para hacer el cálculo de la superficie se hace uso de la siguiente ecuación.

$$2S=X1*(Yn-Y2)+X2*(Y1-Y3)+X3*(Y2-Y4)\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots+Xn*(Yn-1-Y1)$$

Para ejemplificar el uso de este programa y retomando los datos de coordenadas calculados en el subcapítulo (III . 3) , se crea el mismo polígono , pero definiéndolo con sentido inverso al del ejemplo eligiéremos la opción de grabar la información para poder hacer uso de el programa de impresión y poder presentar los resultados .

Para hacer la presentación de los resultados hacemos uso del subprograma de edición , los resultados que se muestran en seguida son un ejemplo de los que se obtienen al definir un polígono en este subcapítulo ; las unidades que se emplean para este ejemplo son las mismas que las usadas en el capitulo que hemos tomado como referencia

EL POLÍGONO ESTA CONTENIDO EN (1) UN PLANO HORIZONTAL (2) UN PLANO VERTICAL?1
DESEAS GUARDAR LA INFORMACIÓN EN UN ARCHIVO (S/N) ? S
NÚMERO DE POLÍGONO ? 15
NÚMERO DEL PRIMER VÉRTICE ? 418
NÚMERO DEL ÚLTIMO VÉRTICE ?419
NÚMERO DEL VÉRTICE SIGUIENTE ?423
NÚMERO DEL VÉRTICE SIGUIENTE ? 422
NÚMERO DEL VÉRTICE SIGUIENTE ? 421
NÚMERO DEL VÉRTICE SIGUIENTE ? 420
NÚMERO DEL VÉRTICE SIGUIENTE ? 419
SUPERFICIE = 6235.217

La presentación de los resultados haciendo uso del subprograma de edición es :

15	418	423	86.5088	86.5161	1.1221	CUADRANTE=NE	57.77909736
15	423	422	54.6088	54.6124	-0.6221	CUADRANTE=NE	35.00742767
15	422	421	29.9422	29.9511	-0.7311	CUADRANTE=NE	65.97931319
15	421	420	21.6229	22.3374	-5.6046	CUADRANTE=NE	32.08592012
15	420	419	72.4405	72.5247	3.4936	CUADRANTE=NE	44.71963906
15	419	418	66.1095	66.1509	2.3421	CUADRANTE=NE	46.49323770

SUPERFICIE = 6235.217

Acontinuacion presentamos un ejemplo donde se calcula el área de un polígono contenido en un plano vertical ; se toma como ejemplo el subcapítulo III . 6 . Como este plano no esta orientado en el sentido Este Oeste , por ser el rumbo del plano NE 80 g 36 m 23 s , hacemos uso del subprograma de rotación y lo giramos un ángulo de 9g 23m 37s con lo cual hacemos que la orientación de este plano coincida con la Este Oeste

EL POLÍGONO ESTA CONTENIDO EN (1) UN PLANO HORIZONTAL (2) UN PLANO VERTICAL?2
NÚMERO DEL PRIMER VÉRTICE ? 30
NÚMERO DEL ÚLTIMO VÉRTICE ? 31
NÚMERO DEL VÉRTICE SIGUIENTE ? 40
NÚMERO DEL VÉRTICE SIGUIENTE ? 41
NÚMERO DEL VÉRTICE SIGUIENTE ? 31
SUPERFICIE = 2.601

Las coordenadas de los vértices que intervienen para calcular el área ya rotados , los consultamos en el subprogama de edición y son :

X1030=	615.9362	Y1030=	393.8262	Z1030=	135.2344
X1031=	615.9362	Y1030=	393.8262	Z1030=	136.5037
X1032=	617.9472..	1030=	393.8262	Z1030=	135.2005
X1033=	617.9472	Y1030=	393.8262	Z1030=	136.5178

El cálculo de áreas en la topografía es algo de lo que se realiza con mayor frecuencia por tal motivo se le dio algunas variantes que lo hagan mas versátil .

IV . 5 Cálculo de direcciones definidas por dos vértices de coordenadas conocidas .

El cálculo de la dirección de una linea definida por dos vértices de los cuales se conocen sus coordenadas es una actividad que se realiza con demasiada frecuencia , por ejemplo para hacer la descripción del perímetro de un polígono , cuando se realiza el cálculo de radiaciones , cuando se proyectan caminos etc. ; como es una operación que se realiza con frecuencia la incluimos como un subcapítulo donde el cálculo de la dirección se reduce a especificar el número de la estación y el de la referencia , el subprograma lee los registros de coordenadas que se identifiquen con estos números , tomará los valores que se encuentren almacenados en dicho archivo y determinará la dirección existente entre ambos vértices .

Como se mencionó en el párrafo anterior los registros serán leídos del archivo de coordenadas , así que antes de hacer uso de este subprograma se deberán calcular en algún otro , o bien introducir por medio del teclado las coordenadas de los vértices de los cuales se desea conocer la orientación

Es muy importante que el orden de la estación y de la referencia sean proporcionados de manera correcta ya que si se invierte el orden , la dirección de la línea se invertirá .

La dirección será presentada en pantalla en las unidades y sistemas de referencia de salida que se establezcan en la sección de elección de unidades .

Al hacer uso de este subprograma el resultado no será grabado en ningún archivo así es que habrá necesidad de apuntarlo , o bien si se quiere tener como dato grabado se podrá hacer uso de la definición de líneas , donde uno de los registros es precisamente la dirección de esta .

El algoritmo que se usa para obtener la dirección de una línea consiste en determinar la diferencia de ordenadas y de abscisas las cuales se dividen , a este resultado se le calcula la función inversa de la tangente lo cual nos proporciona el valor del ángulo comprendido entre el eje (Y) y la línea de la cual se ha calculado la dirección , después se verifica que signo tiene la diferencia de ordenadas y abscisas para poder determinar en que cuadrante se encuentran , dependiendo del cuadrante se le suma o resta el valor adecuado , para poder obtener el azimut correcto , el cual será topográfico, y las unidades serán los grados y décimas de grado pero se presentará el resultado en las unidades y sistema de referencia que se haya elegido , por lo que a este azimut se le transformará antes de ser presentado , a las unidades de salida que se hayan establecido .

Para realizar el cálculo de la dirección se ocupara las siguiente ecuaciones , las cuales estan relacionadas con la figura (IV . 5 . 1).

$$TAN\,\alpha = \frac{x_n - x_e}{y_n - y_e}$$

Por medio de esta ecuación se determina el ángulo entre el eje (Y) y la recta de la cual se desea conocer la orientación .

Para poder calcular la orientación de la recta es necesario conocer el cuadrante en el que se encuentra ésta , para ello se hace uso del signo de sus proyecciones .

Las condiciones que permiten conocer el cuadrante en al cual pertenece la recta y las ecuaciones operaciones aritméticas que permiten conocer el valor del azimut son :

Cuando	$X_n - X_e = +$	y	$y_n - y_e = +$	Entonces	$AZ = \alpha_n$
Cuando	$X_n - X_e = +$	y	$y_n - y_e = -$	Entonces	$AZ = 180 - \alpha_n$
Cuando	$X_n - X_e = -$	y	$y_n - y_e = -$	Entonces	$AZ = 180 + \alpha_n$
Cuando	$X_n - X_e = -$	y	$y_n - y_e = +$	Entonces	$AZ = 360 - \alpha_n$

Acontinuacion se presenta un ejemplo que nos muestra como funciona este subprograma .

Datos de la estación				
Número 56	*Coordenadas*	*X=1329.0523*	*Y=5228.0932*	*Z=102.0846*
Datos de la referencia				
Número 51	*Coordenadas*	*X=1296.4540*	*Y=5261.4540*	*Z=101.1427*
Las unidades en que se expresa el resultado para este caso son:				
Las unidades angulares Grados , Minutos , Segundos				
El sistema de referencia Azimut topográfico				
Dirección =	*316g 14m 29.66s*			

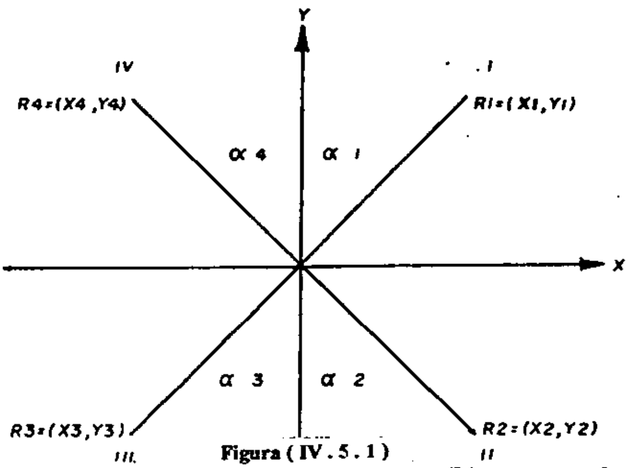


Figura (IV . 5 . 1)

IV . 6 Cálculo de radiaciones .

En este subcapítulo se calculan las coordenadas de radiaciones . Para poder hacer uso de este subprograma se requiere en todo caso las coordenadas de la estación las cuales serán leídas del archivo a traves del número de la estación , por lo que es indispensable que antes de hacer uso de este subprograma se verifique en el de edición , si las coordenadas asociadas a ese número de vértice son correctas ; de no ser así entonces indicar los valores correctos en el subprograma de adición de coordenadas ; se indica la orientación de la línea que se toma como referencia , observando que la dirección sea la que va de la estación a la referencia , en caso de que este dato no se conozca podrá hacerse uso del subprograma de cálculo de direcciones , siempre y cuando se conozcan las coordenadas de la referencia ; o bien podrá ser la dirección de referencia arbitraria o determinada de cualquier otra forma , después de proporcionar la dirección de la referencia se indicara el valor de la lectura del circulo horizontal a la referencia (lectura origen) , la cual será útil en el caso de que se tenga un aparato que mida direcciones ya que no siempre es fácil poner la lectura inicial en cero ; si el instrumento puede ponerse en cero con facilidad se dará la lectura origen con este valor ; todos los datos antes mencionados serán solicitados solo en una ocasión por estación . Para cada radiación se solicitarán como datos en todo caso el ángulo horizontal a la radiación , el cual al restarle la lectura origen nos dará el ángulo horizontal entre la referencia y la radiación , la distancia , el número de vértice y si se desea se puede agregar un comentario de hasta de diez caracteres que clasifican al vértice .

Solo en el caso de que se desee calcular la coordenada (Z) de los vértices ; se solicitará la altura de instrumento , el valor del hilo medio y el del ángulo vertical

Todos los datos antes mencionados deberán observar las unidades y sistemas de referencia que se han elegido en la sección de elección de unidades .

Dentro de las opciones que se tienen al hacer el cálculo de radiaciones están ; obtener dos o tres dimensiones , las direcciones pueden ser azimut topográfico , astronómico o rumbos ; las unidades angulares grados minutos y segundos , grados y décimas de grado , radianes , gones , milésimas , o en unidades de tiempo ; los sistemas de referencia para los ángulos verticales , cenitales , con noventa grados en el cenit , el sistema de referencia ocupado por los tránsitos , o en porciento de pendiente ; las distancias , horizontales , inclinadas , o a través de un intervalo estadimétrico . Todas estas opciones nos permiten hacer este subprograma mucho mas versátil ya que no importa el tipo de instrumental que se use , ni el método empleado ya que este se ajusta a las necesidades mas comunes .

Al calcular las radiaciones no se necesita hacer transformaciones de unidades o cambios entre sistemas de referencia ya que estas se realizarán en forma automática al definir las unidades con que se desea trabajar .

Todas las coordenadas calculadas en este subprograma serán grabadas en el archivo de coordenadas , ademas de ser presentados en pantalla.

Al realizar el cálculo de coordenadas se podrá asignar algún texto al vértice lo que nos permite en ese mismo momento clasificar la informaron , por ejemplo si la radiación pertenece a un árbol se le podrá asignar al vértice esta palabra como texto lo que nos permitirá hacer en forma posterior la consulta de todos los vértices que contengan como texto la palabra árbol ; lo cual nos permitirá visualizar o imprimir únicamente los registros que contengan información de árboles .

Las coordenadas se irán presentando como ya se mencionó al ir haciendo el cálculo , pero si se desea hacer la consulta de la información por bloques de datos o se desea imprimir podrá realizarse utilizando el subprograma de edición .

El algoritmo que se usa para hacer el cálculo de las radiaciones es ; primeramente tener las coordenadas de la estación , la dirección de la linea de referencia , para ubicar la estación en el espacio y orientar la linea de referencia ; con la lectura origen y la de la radiación obtendremos el ángulo horizontal , con el ángulo horizontal se calcula la dirección de la radiación sumando este valor a la dirección de la linea de referencia , sin importar de que manera se mida la distancia se calculará la inclinada , y el ángulo vertical será transformada a cenital ; en el caso de que solo se determinen dos dimensiones el valor del ángulo horizontal es de noventa grados , con estos datos se calculan las proyecciones en cada uno de los tres ejes (X , Y , Z) , las cuales se suman algebraicamente a las coordenadas de la estación con lo que se obtienen las de la radiación .

A continuación se presentan las ecuaciones que se ocupan para realizar el cálculo de las coordenadas . a las cuales estan asociadas a la figura (IV . 6 . 1) .

AH =-LEC. P. O.- LEC . ORIGEN

DR. RAD= DR. REF + AH

DISH=SEN (AV) * DISI

PX= DISH * SIN (DR. RAD)

PY=DISH * COS (DR. RAD)

PZ=DISI * COS (AV)

Xr=Xe+PX

Yr=Ye+PY

Zr=Ze+PZ+AI-HM

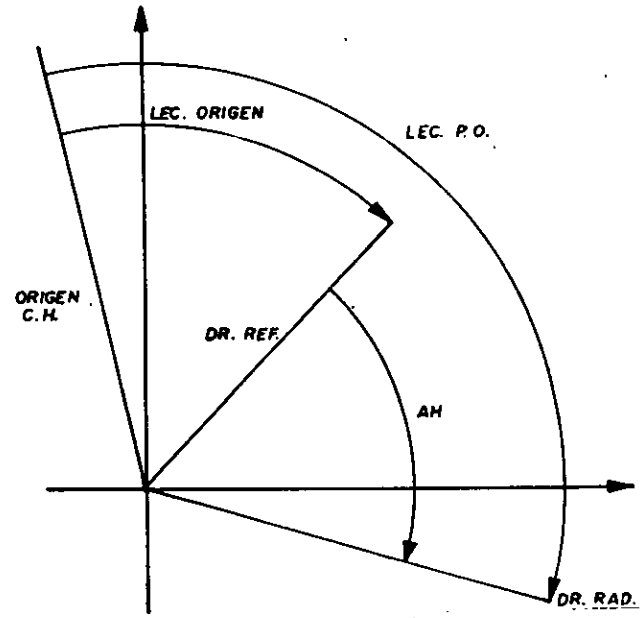


Figura (IV . 6 . 1)

A continuación se presenta un ejemplo donde se hace uso de este subprograma .

Las unidades del ejemplo son , para los ángulos los gones , las direcciones rumbos , el origen de los ángulos verticales el cenit , distancias inclinadas y se hace uso de las tres dimensiones .

Datos de la estación :							
Número 50		*Coordenadas*			*X=1326.532*	*Y=5263.159*	*Z=100.315*
Orientación de la línea de referencia:				*SW 63.5241*			
Lectura origen				*30.2618*			
Altura de instrumento				*1.67*			
Horizontal	***Inclinada***	***Medio***	***Vertical***	***Radiación***	***(X)***	***(Y)***	***(Z)***
63.1896	30.618	1.63	98.3619	51	1295.9717	5261.4540	101.1427
99.5815	25.301	1.52	101.9513	52	1304.5344	5275.6348	99.6896
173.9916	59.216	1.58	103.1618	53	1333.2564	5321.9185	97.4652
252.172	71.315	2.00	97.597	54	1395.9391	5279.3222	102.6762
315.6214	18.201	1.00	99.9516	55	1339.6257	5250.5166	100.9988
362.1699	35.163	0.59	98.7514	56	1329.0523	5228.0932	102.0846
398.8362	38.209	1.50	101.1618	57	1308.0760	5229.7103	99.7877
415.1618	47.351	1.50	102.1517	58	1239.9322	5228.9040	98.8861

IV . 7 Cálculo de coordenadas de vértices medidos con cinta .

Este subprograma nos permite calcular las coordenadas de vértices que han sido levantados en campo con cinta únicamente ; siempre y cuando lo que se haya levantado tenga como figura geométrica fundamental, en todos los casos , un triángulo ya que en base a estos se podrá realizar el cálculo .

Los datos que son necesarios para poder hacer uso de este subprograma serán , las tres distancias del triángulo , las coordenadas de dos de los vértices que le pertenezcan ; las coordenadas deberán estar grabadas en su respectivo archivo .

Si se desconocen las coordenadas de los vértices se podrán calcular si se conoce la orientación de la línea y la coordenada del vértice que se establece como estación ,ya que se puede hacer uso del subprograma de radiaciones .

En la situación de que no se conozcan los datos antes mencionados se podrán elegir datos arbitrarios y calcular coordenadas arbitrarias , de tal forma que al calcular la distancia por medio de las coordenadas , esta coincida con la el lado del triángulo que se tomará como línea base .

Cuando tenemos un conjunto de triángulos ligados entre si , solo será necesario dar las coordenadas de dos vértices ya que conforme se calculan las coordenadas de los vértices que se han medido ; serán grabadas sus coordenadas en el archivo correspondiente de donde serán tomadas , para el calculo del triángulo subsecuente .

El algoritmo que se usa para dar solución al problema que plantea este subprograma , consiste primeramente en calcular con los datos de las de la estación y la referencia la orientación de la de la recta que se toma como referencia

Es importante que sea proporcionado en forma adecuada el orden de la estación y el de la referencia a ya que si el orden se altera los resultados estarán girados 180 grados .

Una vez que la orientación de la línea se ha calculado , se solicitará la distancia de la estación al vértice por ubicar y la de la referencia al mismo punto ; es también muy importante no confundir el orden de las distancias , ya que los resultados que se obtengan serán erróneos .

Como se puede calcular la distancia entre la estación y la referencia ya que se conocen sus coordenadas y ademas las otras dos distancias del triángulo son los datos que acabamos de proporcionar ; se calcula el ángulo interno del triángulo que corresponde al vértice de la estación , haciendo uso de las tres distancias

Posterior a esto se pregunta si el punto observado se encuentra a la derecha o a la izquierda de la recta que se ha tomado como referencia , tomando en cuenta el sentido de esta , para poder decidir si el vértice que se ubica esta a la derecha o a la izquierda , con lo que se determina si el ángulo se suma o se resta a la orientación de la recta de referencia , para obtener la orientación de la recta que une la estación con el punto observado . El ángulo se sumará cuando el vértice por ubicar se encuentre a la derecha y se restará en el caso contrario .

Ahora se tienen los datos suficientes para calcular las coordenadas del vértice , ya que se conocen las coordenadas de la estación , la orientación de la recta y la distancia al vértice del cual deseamos conocer sus coordenadas , calculándolas tal y como si se tratase de una radiación .

Para hacer mas entendible lo que se ha explicado en el algoritmo que se acaba de describir , se presenta acontinuacion el esquema (IV . 7 . 1) con las ecuaciones que intervienen para darle solunción al problema .

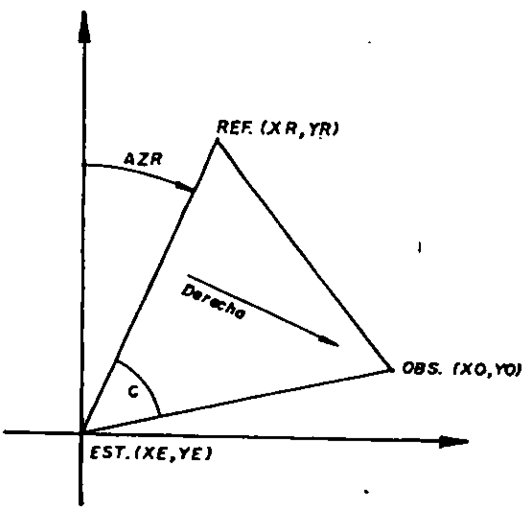


Figura (IV .7 .1)

$$TAN\,(AZR) = \frac{x_r - x_e}{y_r - y_e}$$

Interpretando el cuadrante al que corresponde tal como explica en el subcapitulo (IV . 3) .

$$a = \sqrt{(x_e - x_r)^2 + (y_e - y_r)^2}$$

Ya que se conocen las coordenadas de la estación y la referencia .

.Para calcular (C) tenemos que :

$$COS(C) = \frac{a^2 + b^2 + c^2}{2bc}$$

donde (b , c) son los datos y (a) ya ha sido calculado

Como se conoce si el vértice esta a la derecha o izquierda , se sabe si al azimut se le suma o resta (C) respectivamente

Conociendo el azimut de esta recta y la distancia se calculan las proyecciones y coordenadas.

DE LA FIGURA :

AZR = Azimut de la referencia .

(a) Distancia de la estación a la referencia .

(b , c) Distancias de la estación y referencia al punto observado respectivamente .

Las aplicaciones que se pueden dar a este subprograma son muy variadas , pueden ir desde hacer un levantamiento planimétrico con cinta exclusivamente , como puede ser el de terrenos en el caso de catastro ; levantamiento de detalles cuando nos apoyamos en alguna poligonal , determinación de las coordenadas de un vértice desde el cual se hará el replanteo de algunos puntos cuando se tienen las coordenadas de dos vértices de los cuales se conocen las coordenadas pero desde los cuales no es posible centrarse ; etc. .

Es de suma importancia que al hacer uso de este subprograma los resultado sean coordenadas ya que si tenemos estas como datos podemos hacer uso de cualquier subrutina que los requería como tales , por ejemplo calcular áreas distancias , direcciones , generación de archivo de rectas o polígonos etc. .

La precisión que se pueda alcanzar dependerá en gran medida de que los triángulos sea lo mas equiláteros posible evitando al máximo medir triángulos que tengan ángulos demasiado agudos , ya que este tipo de triángulos son muy inestables y pueden provocar errores angulares grandes aun cuando el error en las distancias sea pequeño , provocando giros .e incertidumbre en la ubicación de vértices calculados por este método .

También es de mucha importancia que al obtener las medidas se observen todos los cuidados que se requieren para medir distancias . tal como el uso de plomadas evitar la catenaria medir distancias horizontales cuidar el alineamiento etc. .

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de este subprograma , mostrando al final las coordenadas de los vértices que dan origen a los resultados que obtenemos en el ejemplo.

NÚMERO DE LA ESTACIÓN ? 5
NÚMERO DE LA REFERENCIA ? 6
PUNTO ALA (1) DERECHA (2) IZQUIERDA ? I
NÚMERO DEL PUNTO OBSERVADO ? 8
ESCRIBES ALGÚN COMENTARIO ? TRIÁNGULO

X8=	70.0000	Y8=	140.0000	Z8=	0.0000

Coordenadas.

X5=	100.0000	Y5=	100.0000	Z5=	0.0000
X6=	100.0000	Y6=	140.0000	Z6=	0.0000
X8=	70.0000	Y8=	140.0000	Z8=	0.0000

IV . 8 Rotación de coordenadas .

Cuando se calculan radiaciones y la orientación de la linea que se tiene como referencia es incorrecta , las coordenadas de los vértices que se calculan también lo serán ; ya que tendrán un giro .

Cuando la orientación de la referencia sea incorrecta calculado se con esta las radiaciones , tendrán que teclearse nuevamente los datos de estas para obtener las coordenadas correctas .Como esto es poco práctico se creo este subprograma que permite girar las coordenadas un ángulo determinado .

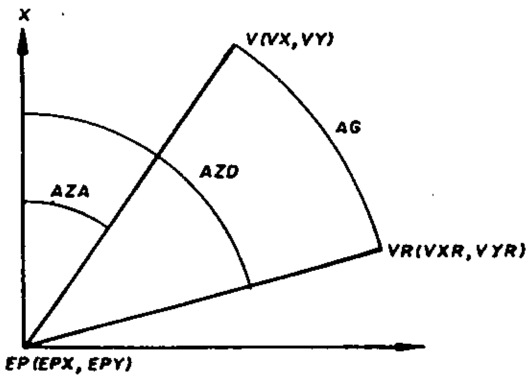
Con este subprograma solamente será necesario indicar el numero desde el cual se desea realizar la rotación así como el ultimo ; ademas de indicarse la estación desde la cual se radiaron los vértices , a la cual se le ha dado el nombre de estación pivote porque desde aquí se giraran los vértices que se han de rotar , después se indicara el ángulo de giro el cual será positivo siempre que este se considere en el sentido de las manecillas del reloj , si el sentido es contrario el ángulo deberá de indicarse como negativo .

Las coordenadas de los vértices rotados en este subprograma no serán mostrados , dentro del mismo la consulta de los resultados deberá hacerse en el subprograma de edición de coordenadas .

La razón de que en este subprograma y en el anterior no se presenten las coordenadas es que por lo regular , se deberán hacer la combinación de rotación y traslación , cuando los datos iniciales sean incorrectos , otro de los motivos es que el subprograma de edición fue creado precisamente para hacer mas fácil la consulta de resultados ; por ello la presentación de las coordenadas de los vértices rotados deberá hacerse precisamente en dicho subprograma .

El algoritmo que resuelve este subprograma calcula la orientación entre la estación pivote y cada una de las radiaciones así como su distancia ; después suma algebraicamente el ángulo de giro que se ha indica como dato , positivo cuando es a la derecha y negativo en caso contrario .Este resultado es la orientación de la recta ya girada y como se conoce la distancia se calculan las proyecciones , las que se suman algebraicamente a las coordenadas de la estación pivote con lo que se resuelve el problema .

Las ecuaciones que se usan para realizar la traslación son las que se muestran y estan asociadas a la figura (IV . 8. 1)



$$DVR = \sqrt{(EPX - VX)^2 + (EPY - VY)^2}$$

$$AZA = TAN^{-1}\left[(EPX - VX)/(EPY - VY)\right]$$

$$PX = DVR * SEN(AZD)$$
$$PY = DVR * COS(AZD)$$

Por último las coordenadas se calculan así .

$$VXR = EPX + PX$$
$$VYR = EPY + PY$$

El significado de las variables ocupadas en la son:

DVR = distancia al vértice por rotar

AZA = azimut antes de rotar .

AZD = azimut después de rotar .

PX -PY = proyecciones en el eje (X) y (Y)

AG = ángulo de giro .

VXR = coordenada (X) del vértice rotado .

VYR = coordenada (Y) del vértice rotado .

Figura (IV . 8 . 1)

El siguiente ejemplo muestra la traslación de un bloque de coordenadas .

Las siguientes son las coordenadas de los vértices sin rotar , se tomara como estación pivote el vértice cien y el ángulo de giro será de 45° 13' 20" .

DATOS	*Estación pivote = 100*	*Ángulo de giro 45° 13' 20"*

Estación .	Coordenada (X)	Coordenada (Y)	Comentario
100	100.0000	100.0000	Rotación
101	100.0000	110.0000	Rotación
102	110.0000	110.0000	Rotación
103	110.0000	100.0000	Rotación
104	110.0000	90.0000	Rotación
105	100.0000	90.0000	Rotación
106	90.0000	90.0000	Rotación
107	90.0000	100.0000	Rotación
108	90.0000	110.0000	Rotación

las coordenadas de los vértices después de haber sido rotados son los que se presentan en la siguiente tabla .

Estación .	Coordenada (X)	Coordenada (Y)	Comentario
100	100.0000	100.0000	Rotación
101	107.0984	92.9564	Rotación
102	100.0548	85.8580	Rotación
103	92.9564	92.9016	Rotación
104	85.8580	99.9452	Rotación
105	92.9016	107.0436	Rotación
106	99.9452	114.1420	Rotación
107	107.0436	107.0984	Rotación
108	114.1420	100.0548	Rotación

IV . 9 Traslación de coordenadas .

En este subprograma se pueden trasladar las coordenadas de un bloque de vértices en los tres ejes (X , Y , Z) .

Es muy común que al hacer el cálculo de las radiaciones , se elijan coordenadas arbitrarias o se toman como coordenadas de la estación vértices que no han sido ajustados , o bien que las coordenadas de la estación o la referencia sean incorrectas , etc. Para no tener que calcular las coordenadas de estos vértices lo cual implicaría tener que teclear nuevamente los datos de campo de las radiaciones , se hace uso de este subprograma .

Para realizar la traslación de coordenadas es necesario indicar desde que vértice se realizará la traslación y cual será el ultimo ; así como las cantidades , que deben modificarse en cada uno de los ejes , los cuales pueden ser (2 , o , 3) , de acuerdo a si se estan tomando en cuenta dos o tres dimensiones .

El valor en (X) , (Y) , (Z) . serán positivos respectivamente si la traslación se realiza hacia el este , norte , o su cota es mayor , siendo negativos en caso contrario es decir si el vértice se encuentra al oeste , al sur , o si las cotas son menores . es conveniente hacer notar que la cantidad y signo de cada eje es independiente . es decir que el eje (X) puede ser positivo y el eje (Y) negativo ademas de tener cantidades distintas .

Al hacer la traslación los valores de las nuevas coordenadas no serán presentadas en este subcapítulo para su consulta se utilizará el subprograma de edición , el cual nos presenta mas opciones y hace mas fácil su lectura o impresión : para saber que la traslación de los vértices ha terminado el programa nos mandara un mensaje de que la traslación ha sido concluida .

El algoritmo para la traslación de coordenadas es muy sencillo solo consiste en sumar algebraicamente a cada una de las coordenadas del bloque de vértices las cantidades que deberán modificarse en cada uno de los ejes .

Las ecuaciones que se presentan a continuación son las usadas para hacer la traslación de coordenadas y estan asociadas al esquema (IV . 9 . 1) .

PXt=PX+Tx

PYt=PY+Ty

PZt=PZ+Tz

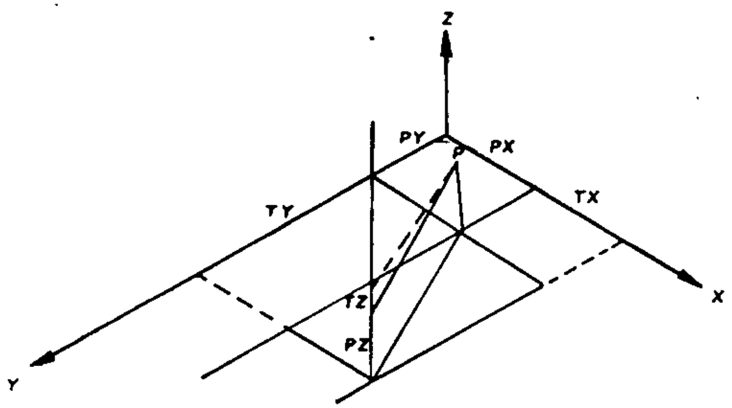


Figura (IV . 9 . 1)

A continuación se muestra un ejemplo donde se trasladan un bloque de vértices .

Las coordenadas que se presentan acontinuacion pertenecen a las coordenadas de los vértices que se han calculado con coordenadas arbitrarias , los valores de la traslación serán :

Tx= 6321.501	Ty= 2316.234	Tz= 1312.168

Estación .	Coordenada (X)	Coordenada (Y)	Coordenada (Z)
100	100.0000	100.0000	100.0000
101	107.0984	92.9564	103.2610
102	100.0548	85.8580	107.3630
103	92.9564	92.9016	98.2150
104	85.8580	99.9452	95.2580
105	92.9016	107.0436	93.1620
106	99.9452	114.1420	97.1930
107	107.0436	107.0984	99.8850
108	114.1420	100.0548	101.3160

La siguiente tabla nos muestra las coordenadas de los vértices después de ser trasladados.

Estación .	Coordenada (X)	Coordenada (Y)	Coordenada (Z)
100	6241.5010	2416.2340	1412.1680
101	6428.5994	2409.1904	1415.4290
102	6421.5558	2402.0920	1419.5310
103	6414.4574	2409.1356	1410.3830
104	6407.3590	2416.1792	1407.4260
105	6414.4026	2423.2776	1405.3300
106	6421.4462	2430.3760	1409.3610
107	6428.5446	2423.3324	1412.0530
108	6435.9030	2416.2888	1413.4840

IV . 10 Ajuste de poligonales .

En este subprograma se calculan y ajustan poligonales , las cuales pueden ser de tres tipos , poligonales cerradas , abiertas con o sin puntos de control , estas ultimas en realidad no se ajustan , solo se calculan las coordenadas de los vértices con los datos tal y como se han proporcionado .

El ajuste de las poligonales se puede hacer por el método del tránsito o de la brújula , lo cual queda a criterio del usuario ; solo se ajustan las poligonales cerradas o la que tienen puntos de control .

Los datos que se requieren para la utilización del programa , son número de estación , número de la referencia y ángulo horizontal para cada uno de los vértices ; distancias , de cada uno de los lados , estas podrán ser horizontales verticales o a través de un intervalo estadimétrico

Si en la configuración de unidades se elige la opción de trabajar con las tres dimensiones se solicitara el ángulo vertical , la altura de instrumento y la del vértice observado .

También se requiere como dato la orientación de la primera recta de la descripción del polígono , para poder calcular los azimutes de los lados de la poligonal ; por ultimo es necesario que se proporcione las coordenadas de la primera estación , en el caso de que estas no sean correctas se deben indicar las verdaderas en el subprograma de adición de coordenadas .

Tanto los datos como los resultados que se obtienen por medio de este subprograma , son grabados en un archivo . Los datos que son grabados es : la estación , el punto observado , la distancia inclinada , el ángulo vertical ; si se ha elegido que solo se trabaja con dos dimensiones el ángulo vertical que es grabado en el archivo es de 90° , que corresponde al horizonte considerando el sistema de referencia vertical de distancias cenitales ; esta observación es muy importante ya que en la elección de unidades deberá elegirse este mismo sistema de referencia para los ángulos verticales .

Como se tiene el ángulo vertical y la distancia inclinada se calcula y graba la distancia horizontal y el desnivel ,así como el ángulo horizontal de cada vértice

Los primeros registros del archivo de poligonales estan destinados para los datos , los cuales pueden ser modificados ; si esto sucede se modificarán todos los cálculos posteriores , grabando los nuevos resultados en el mismo archivo .

Como resultados de este subprograma se obtienen la sumatoria de ángulos , el cierre angular teórico , el error de cierre angular , los ángulos compensados , estos últimos solo en el caso de que la poligonal sea cerrada .

En todos los casos se calculan las orientaciones de los lados así como las proyecciones en los ejes (X , Y , Z) , sin corregir ; indicando el error en cada uno de los ejes , así como el error total y la precisión alcanzada .

Se calculan las correcciones de acuerdo con el método y tipo de poligonal elegido , en el caso de poligonales abiertas sin puntos de control todas las correcciones son iguales a cero ,

Tomando en cuenta estas correcciones se calculan nuevamente las proyecciones ; con las coordenadas del primer vértice se calculan las de los puntos restantes del polígono .

Una vez determinadas estas coordenadas se realiza un cálculo inverso para obtener distancias y orientaciones del perímetro , apartir de las coordenadas finales .

Es importante hacer notar que las coordenadas de los vértices del polígono serán grabadas en forma automática en el archivo de coordenadas por lo que se debe observar que estos números de vértice no sean ocupados en este archivo .

El algoritmo que da solución al programa varía de acuerdo al método y tipo de poligonal de que se trate , aunque en esencia son iguales .

Todos los casos siguen los mismos pasos , solo difieren en algunas características , las cuales serán descritas conforme se presenten en la descripción del algoritmo.

A continuación se describe el algoritmo que se sigue para realizar la compensación de poligonales .

Se le da un nombre al archivo donde se grabara la información de esta poligonal , a continuación se presenta la opción , de que la poligonal con que se va ha trabajar , sea nueva o ya exista y solo se desea consultarla .

Si la poligonal es nueva , se reciben los datos que ya se han mencionado , con el número de la primera estación se presentan las coordenadas que corresponden a este número en el archivo de coordenadas para que sean verificadas , y en caso de ser incorrectas , habrá que corregirlas .

Posterior a la recepción de datos , se presenta una tabla donde aparecen estos para que sean verificados , en caso de que sea necesario podrán modificarse los datos incorrectos , esta modificación se realiza eligiendo el registro que se desea modificar , indicando que dato del registro es incorrecto o modificando registros completos .

Después de la introducción , edición y corrección de datos , se procede a seleccionar el tipo de poligonal que puede ser una poligonal abierta o cerrada ; en el caso de que la poligonal sea cerrada se indicara si los ángulos son internos o externos , para poder calcular el cierre angular teórico ; con la diferencia entre este valor y la sumatoria de ángulos , se calcula el error de cierre angular , posteriormente se procede a compensar los ángulos repartiendo esta diferencia en partes iguales a cada uno de los ángulos .

Si la poligonal es abierta con o sin puntos de control no se realiza ninguna compensación angular .

Se solicita el dato de la orientación de la linea donde se inicia la descripción de la poligonal , y con los ángulos de cada uno de los vértices se calculan las orientaciones de cada uno de los lados , con estas orientaciones y las distancias , se calculan las proyecciones .

En el caso de las poligonales cerradas , la suma algebraica de estas proyecciones nos proporciona el error en cada uno de los ejes , se calcula el error total y la precisión del levantamiento .

En el caso que la poligonal sea abierta con vértices obligados , se calcula la distancia entre los vértices extremos de esta poligonal y se compara con la distancia calculada entre los dos vértices de coordenadas conocidas , la diferencia entre estas dos magnitudes será el error total , este error dividido entre la distancia conocida entre los vértices de control nos da la precisión del levantamiento .

Para conocer los errores en cada uno de los ejes , se le dará la dirección existente entre los vértices de control a la magnitud del error total y se calculan sus componentes (X , Y) , siendo estas los errores .

Las poligonales abiertas con vértices de control se calculan con una orientación en la primera recta igual a la dirección norte , con el origen en el vértice de coordenadas de partida , posteriormente se rotarán todos los vértices , un ángulo igual al formado entre la dirección norte y la orientación de la recta que une a los vértices de control .

Para las poligonales abiertas sin puntos de control , no se obtendrá ningún tipo de error , ya que faltan condiciones para que estos se puedan determinar .

Una vez conocidos los errores en cada uno de los ejes , se procede a elegir el método de compensación que sea mas adecuado al tipo de levantamiento que se haya realizado ; los dos métodos con que cuenta el programa son el del tránsito y la brújula .

Las ecuaciones que nos permiten calcular las correcciones , a cada una de las proyecciones son las que se presentan :

Método del tránsito .

Donde :
CY_{AB} = Corrección de la proyección (Y) del lado A-B .
EC_{Y} = Error de cierre en la proyección (Y) .
PY_{AB} = Proyección en (Y) del lado A-B .
ΣP_{Y} = Sumatoria aritmética de las proyecciones en (Y)
Para el caso de la corrección en (X) del lado A-B la nomenclatura en análoga .

Método de la brújula o de Bowdich

Donde :
CY_{AB} = Corrección de la proyección (Y) del lado A-B .
EC_{Y} = Error de cierre en la proyección (Y) .
L_{AB} = Longitud del lado A-B .
P = Perimetro .
Para el caso de la corrección en (X) del lado A-B la nomenclatura en análoga .

Haciendo uso de estas fórmulas para el caso de poligonales cerradas o abiertas con vértices de control , se calculan las correcciones correspondientes a cada uno de los lados ; para el caso de poligonales abiertas sin vértices de control se consideran estas correcciones iguales a cero .

Sumando algebraicamente estas correcciones a las proyecciones anteriormente calculadas , se obtienen las proyecciones corregidas ; como se tienen las coordenadas del vértice de partida y con los valores de las proyecciones corregidas se obtienen las coordenadas de cada uno de los vértices .

Todos los resultados que se han mencionado son guardados en el archivo de poligonales que se ha indicado al inicio del subprograma , pero además de ser grabadas en este , se grabaran en el archivo de coordenadas que se ha indicado al inicio del programa .

Ya que se han obtenido las coordenadas de cada uno de los vértices , se calculan las distancias y orientaciones de cada uno de los lados , es decir se realiza el cálculo inverso ; generalmente estos son los valores que se toman como datos para cálculos posteriores . Como ultima parte de este subprograma se pregunta si se desea seguir calculando mas poligonales , si esto es afirmativo nos regresa al inicio del subprograma en caso contrario , nos manda al menú de topografía .

El levantamiento y ajuste de poligonales , es casi imprescindible en los trabajos de topografía , ya que estos nos permiten controlar la calidad del levantamiento y sirven de apoyo para trazar , levantar detalles , controlar obras ,verificar proyectos , etc. .

Este subprograma cuenta con variantes , que lo hacen adaptable a muchas circunstancias , las cuales se presentan con frecuencia en campo y gabinete .

La información tanto de los datos como de los resultados será grabada en un archivo , para facilitar su corrección o su consulta .

Se pueden tener una infinidad de archivos de poligonal , ya que al inicio de cada una de ellos se preguntara el nombre con que se identificara al mismo .

En ocasiones las poligonales son muy extensas y una equivocación en el momento de introducir la información ; si no se cuenta con la posibilidad de editar y modificar los datos , provocaría que estos tendrían que indicarse nuevamente en su totalidad si se incurriese en algún error ; los datos quedan grabados en un archivo así que si algún dato estuviera equivocado y se verificará y detectará el error , no sería necesario indicar nuevamente todos los datos ; bastara con editar el archivo de datos de poligonal y modificar únicamente el dato errado .Cualquier dato puede ser corregido , lo que no es posible es eliminar registros y solo es posible añadir registros nuevos hasta el final del archivo sin poder insertarlo entre dos ya existentes ; por lo que hay que tener cuidado para que no falten ni sobren registros .

Los ángulos siempre tendrán que ser medidos en el sentido de las manecillas del reloj , pudiendo ser internos o externos .

Los tipos de poligonales con que cuenta el programa son los que se ocupan con mas frecuencia , las poligonales cerradas son generalmente envolventes del área de trabajo , las poligonales abiertas con vertieses de control generalmente nos permiten densificar una red en lugares que no son visibles desde la poligonal principal ; estos dos tipos de poligonales tienen la ventaja de que se puede estimar su precisión lo cual permite controlar la calidad del trabajo .

Las poligonales abiertas sin control nos permiten también densificar una red con la desventaja de que no se tiene ningún control en el levantamiento ni hay manera de determinar su precisión .

Con respecto a los métodos para realizar el ajuste ; la regla del tránsito es conveniente para realizar la compensación de una poligonal donde se miden con mayor precisión los ángulos que las distancias ; mientras que en el método de la brújula ambas magnitudes se determinan con la misma precisión .

Se determinan las coordenadas de cada uno de los vértices y serán grabadas en el archivo de coordenadas , lo que nos permitirá hacer uso de los resultados obtenidos en otros subprogramas en donde se requieren como datos estos resultados , tal es el caso de el cálculo de áreas , edición de polígonos , edición de coordenadas , cálculo de distancias , orientaciones , etc.

El cálculo inverso de los elementos es de suma utilidad ya que estos son los datos que se consideran correctos para cálculos posteriores .

Al igual que otros programas el hecho de poder elegir el tipo de unidades con que se desea trabajar es muy importante , ya que no importa si las distancias son horizontales , inclinadas o un intervalo estadimétrico , tampoco es importante el sistema de referencia con que cuenta el instrumental , ya que en forma interna el programa hará las transformaciones pertinentes de acuerdo a como se haya establecido en la sección de unidades .

Por todo lo anteriormente mencionado este subprograma es versátil y adaptable a muchas circunstancias y necesidades .

Para hacer uso de este subprograma en la sección de topografía deberá de elegirse la opción (1) que corresponde al subprograma de ajuste de poligonales .

A continuación se presentan tres ejemplos con cada una de las opciones de poligonal con que cuenta el programa , estos permiten dar una muestra de como funciona el programa ; los ejemplos tienen su representación gráfica en la figura (IV , 10 , 1) .

Las unidades que se emplean en este subprograma son dos dimensiones , ángulos en grados , minutos segundos y distancias horizontales .

Nombre :

Ejemplo de poligonal cerrada .

Coordenadas del vértice de partid: Est (1) = (10213650 , 2024.8750)

Dirección de la primera recta (1 - 2) = 92° 02' 00.00"

Error de cierre ángulo = - 00 00' 05.00" *Error en (X) = -0.0133* *Error en (Y) = 0.0000*

Método de ajuste (Brújula)

Error Total = 0.0133

Ángulos (Internos)

Precisión = 1 / 42897

ES	PO	DISI	ANG. VER.			DES.	DISH.	ANG. HOR.			ANG. COM			ACIMUT			PX	PY	CX	CY	PXC.	PYC.	COO X	COO Y	DISH.	ACIMUT		
1	2	76.124	90	00'	00.00"	0.0000	76.1240	89	08'	40.00"	89	08'	40.45"	92	02'	00.00"	76.0761	-2.7010	0.0018	0.0000	76.0779	-2.7010	1021.3650	2024.8750	76.1258	92	01'	59.84"
2	3	46.646	90	00'	00.00"	0.0000	46.6460	120	18'	11.00"	120	18'	11.45"	32	20'	11.45"	24.9505	39.4122	0.0011	0.0000	24.9516	39.4122	1097.4429	2022.1740	46.6466	32	20'	15.53"
3	4	23.42	90	00'	00.00"	0.0000	23.4200	149	00'	49.00"	149	00'	49.45"	1	21'	00.91"	0.5519	23.4135	0.0005	0.0000	0.5524	23.4135	1122.3945	2061.5862	23.4200	1	21'	05.72"
4	5	36.034	90	00'	00.00"	0.0000	36.0340	206	21'	34.00"	206	21'	34.45"	27	42'	35.36"	16.7556	31.9014	0.0008	0.0000	16.7564	31.9014	1122.9469	2084.9997	36.0344	27	42'	39.62"
5	6	42.079	90	00'	00.00"	0.0000	42.1790	244	10'	00.00"	244	10'	00.45"	91	52'	35.82"	42.1564	-1.3812	0.0010	0.0000	42.1574	-1.3813	1139.7033	2116.9011	42.1800	91	52'	35.66"
6	7	61.077	90	00'	00.00"	0.0000	61.0770	95	01'	42.00"	95	01'	42.45"	6	54'	18.27"	7.3430	60.6340	0.0014	0.0000	7.3444	60.6340	1181.8607	2115.5199	61.0772	6	54'	23.05"
7	8	64.812	90	00'	00.00"	0.0000	64.8120	85	25'	34.00"	85	25'	34.45"	272	19'	52.73"	-64.7584	2.6364	0.0015	0.0000	-64.7568	2.6364	1189.2051	2176.1539	64.8105	272	19'	52.89"
8	9	56.593	90	00'	00.00"	0.0000	56.5930	174	15'	28.00"	174	15'	28.45"	266	35'	21.18"	-56.4928	-3.3670	0.0013	0.0000	-56.4914	-3.3670	1124.4482	2178.7903	56.5917	266	35'	20.91"
9	10	38.376	90	00'	00.00"	0.0000	38.3760	101	09'	53.00"	101	09'	53.45"	187	45'	14.64"	-5.1777	-38.0251	0.0009	0.0000	-5.1768	-38.0251	1067.9568	2175.4233	38.3759	187	45'	09.85"
10	11	66.088	90	00'	00.00"	0.0000	66.0880	207	49'	31.00"	207	40'	31.45"	215	34'	46.09"	-38.4521	-53.7500	0.0015	0.0000	-38.4505	-53.7500	1062.7799	2137.3982	66.0871	215	34'	42.18"
11	1	58.848	90	00'	00.00"	0.0000	58.8480	147	18'	33.00"	147	18'	33.45"	182	53'	19.55"	-2.9658	-58.7732	0.0014	0.0000	-2.9644	-58.7732	1024.3294	2083.6482	58.8479	182	53'	14.75"
1																							1021.3650	2024.8750				

Nombre :

Ejemplo de poligonal con puntos de control

Coordenadas del vértice obligado de partida (3) = (1122.3945 , 2061.5862)
Coordenadas del vértice obligado de llegada (8) = (1124.4482 , 2178.7903)

Método de ajuste (Brújula)

Error en (X) = -0.0002 *Error en (Y) = -0.0134* *Error total = 0.0134* *Precisión = 1 / 14102*

ES	PO	DISI	ANG. VER.			DES.	DISH	ANG. HOR.	ANG. COM	ACIMUT	PX	PY	CX	CY	PXC.	PYC.	COO X	COO Y	DISH.	ACIMUT
3	21	51.327	90	00'	00.00"	0.0000	51.327	69 37' 26.00"		281 57' 46.27"	-50.2123	10.6369	0.0001	0.0036	-50.2122	10.6426	1122.3945	2061.5862	51.3277	281 58' 00.64"
21	22	61.635	90	00'	00.00"	0.0000	61.635	284 47' 53.00"		26 45' 39.27"	27.7523	55.0335	0.0001	0.0044	27.7524	55.0378	1072.1822	2072.2288	61.6389	26 45' 32.91"
22	23	20.037	90	00'	00.00"	0.0000	20.037	256 53' 07.00"		103 38' 46.27"	19.4714	-4.7272	0.0000	0.0014	19.4714	-4.7258	1099.9346	2127.2667	20.0367	103 38' 32.00"
23	8	56.471	90	00'	00.00"	0.0000	56.471	81 28' 35.00"		5 07' 21.27"	5.0421	56.2455	0.0001	0.0040	5.0422	56.2495	1119.4060	2122.5406	56.4750	5 07' 20.22"
8																	1124.4482	2178.7903		

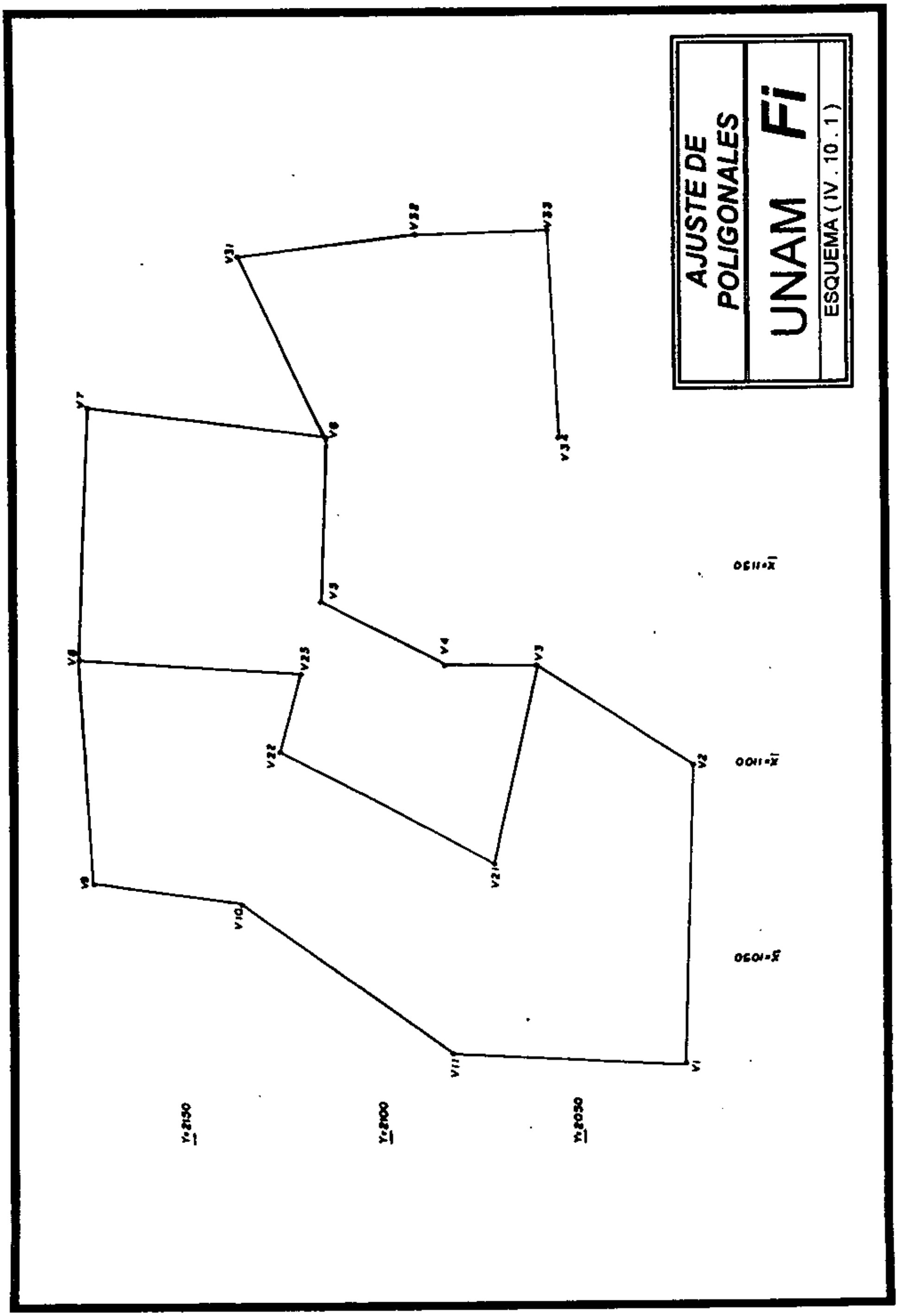
Nombre :

Ejemplo poligonal abierta sin puntos de contol .

Coordenadas del vértice de partida est (6) = (1181.8607 , 2115.5199)
Dirección de la primera recta (6 - 31) = 64 17' 23"

Método de ajuste (Brújula)

ES	PO	DISI	ANG. VER.			DES.	DISH.	ANG. HOR.	ANG. COM.	ACIMUT	PX	PY	CX	CY	PXC.	PYC.	COO X	COO Y	DISH.	ACIMUT
6	31	50.966	90	00'	00.00"	0.0000	50.9660	57 23' 00.00"		64 17' 23.00"	45.9203	22.1101					1181.8607	2115.5199	50.9960	64 17' 23.00"
31	32	47.583	90	00'	00.00"	0.0000	47.5830	268 40' 47.00"		172 58' 10.00"	5.8241	-47.2252					1227.7810	2137.6300	47.5830	172 58' 10.00"
32	33	31.871	90	00'	00.00"	0.0000	31.8710	184 35' 57.00"		177 34' 07.00"	1.3521	-31.8423					1233.6051	2090.4048	31.8710	177 34' 07.00"
33	34	53.106	90	00'	00.00"	0.0000	53.1060	269 52' 56.00"		267 27' 03.00"	-53.0534	-2.3020					1234.9572	2058.5625	53.1060	267 27' 03.00"
34																	1181.9037	2056.2005		


AJUSTE DE
POLIGONALES
UNAM
Fi
ESQUEMA (IV.10.1)
V1
V2
V3
V4
V5
V6
V7
V8
V9
V10
V11
V21
V22
V25
V31
V32
V33
X=1130
X=1100
X=1050
Y=2150
Y=2100
Y=2050

IV . 11 Replanteo de vértices .

Este subprograma contiene dos opciones la primera nos proporciona el valor angular y la distancia , la otra nos proporciona las distancias entre las dos referencias y el vértice ; en cualquiera de los dos casos los resultados nos permiten replantear en campo vértices de los que se conozcan sus coordenadas .

La finalidad del subprograma es obtener los datos que se requieren medir en campo para ubicar vértices ya sea cuando se usa teodolito o bien cuando solo contamos con una cinta .

Los datos necesarios para hacer uso de este subprograma serán , los números de la estación , referencia y vértice por replantear .

Las coordenadas de los vértices antes mencionados deben estar contenidas en la memoria , para ello estas podrán proporcionarse en el subprograma de adición de coordenadas o bien haber sido calculadas en algún otro subprograma .

El algoritmo usado para dar solución a este subprograma se describe a continuación .

Teniendo como datos las coordenadas de los tres vértices se calcula haciendo uso de estas , las tres distancias del triángulo que forman ; para el caso de que el replanteo se realice con cinta aquí queda resuelto el problema ya que para hacer el replanteo de un vértice , se necesitan solo las distancias que hay de las referencias al vértice por replantear .

En el caso de que el replanteo se realice con teodolito y cinta se requiere hacer una transformación de coordenadas rectangulares a polares , para ello con los datos de las tres distancias del triángulo , se calcula el ángulo interno que corresponde al vértice de la estación .

Con las coordenadas de la estación y las de la referencia se calcula la orientación de esta linea ; se solicita el valor de la lectura origen del teodolito , esto será de gran utilidad cuando se use equipo que mide direcciones y que la puesta en ceros del instrumento sea difícil .

La lectura del circulo horizontal del instrumento que sea correcta para hacer el replanteo del vértice se obtiene cuando al valor de la orientación de la recta de referencia se le suma o resta el ángulo del triángulo que se ha calculado y a este resultado se le resta la lectura origen .

Para determinar si el primer ángulo se suma o se resta ; se necesita conocer si el vértice se encuentra a la derecha o a la izquierda de la recta que se ha tomado como referencia , este problema se resuelve , calculando las proyecciones entre la estación y el vértice por replantear sumando el ángulo y después comparando contra las proyecciones obtenidas de la diferencia de coordenadas de los datos ; si estas son iguales el vértice por replantear se encuentra a la derecha de la recta de referencia e izquierda en caso contrario .

La figura (IV . 11 . 1) nos ejemplifica de manera gráfica , lo que se ha descrito en el algoritmo para hacerlo mas entendible ; a el se le agregan algunas ecuaciones que se usan para dar solución a este subprograma .

Primer caso cuando el replanteo se realiza ûnicamente con cinta .
Se calculan los lados (a , b , c) mediante la ecuación siguiente haciendo el cambio de variables necesario .

$$a = \sqrt{(xe - xR)^2 + (ye - yR)^2}$$

(b) representa el valor de la estación al vértice por replantear , mientras (c) lo es de la referencia al que se desea ubicar .
Estos son los resultados que se muestran para cuando el replanteo se hace con cinta .

Segundo caso replanteo con teodolito y cinta .
El calculo del azimut esta mas ampliamente explicado en el subcapitulo (IV . 3) la formula que se ocupa es .

$$AZ = TAN^{-1}[(Xe - XR)/(Ye - YR)]$$

El angulo a medir en campo se calcula de la manera siguiente :
LR=AZR+C-LO
Donde (C) se calcula como sigue :

$$C = COS^{-1}[(a^2 + b^2 + c^2)/(2ab)]$$

y la distancia a medir es (C)con lo que se tiene el angulo y la distancia datos necesarios para realizar un replanteo con transito y cinta .
Las abreviaturas usadas son :
(Xe , Ye) Coordenadas de la estación .
(XR , YR) Coordenadas de la referencia .
(a , b , c) Lados del triangulo .que forman los tres vertices .
(A , B , C) angulos internos del triangulo .
LO = lectura del circulo horizontal cuando se apunta a la referencia .
AZR = azimut de la estacion a la referencia .
LR = lectura del circulo horizontal a la radiación .

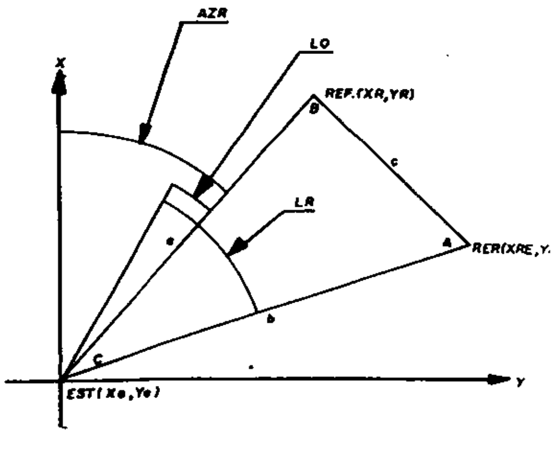


Figura (IV . 11 . 1)

El uso de este subprograma es muy amplio , todo trabajo de topografía donde se requiera hacer el replanteo de vértices que correspondan a un proyecto , donde los datos sean coordenadas , este programa nos proporciona en campo los valores que deben medirse directamente , para obtener la posición de los vértices por replantear ; haciendo una transformación de coordenadas rectangulares a polares o bien proporcionando las distancias que hay que medir en campo formando triángulos , para ubicar la posición de los vértices que se requieren conocer . Tanto en la construcción , como en caminos y en casi todos los trabajos de topografía donde se hace trazo o replanteo de vértices este subprograma tendrá aplicación .

Es importante hacer notar que cuando se elige la opción para hacer el replanteo por medio de un teodolito siempre se considera que el ángulo que se mide es a la derecha.

Es importante hacer notar que cuando se elige la opción para hacer el replanteo por medio de un teodolito siempre se considera que el ángulo que se mide es a la derecha.

EJEMPLO .

Datos :	X (100) = 102.356	Y (100) = 105.215	Z (100) = 0.000
	X (101) = 85.326	Y (101) = 64.996	Z (101) = 0.000
	X (102) = 151.117	Y (102) = 83.258	Z (102) = 0.000

Primera opción cuando el replanteo se hace con teodolito .

```
(1) TEODOLITO (2) CINTA ? 1
NÚMERO  DE  LA  ESTACIÓN ? 100
NÚMERO DE LA REFERENCIA ? 101
VÉRTICE  POR REPLANTEAR ? 102
LECTURA ORIGEN ( G , M , S ) ? 25
?30
?16
DISTANCIA AL VÉRTICE OBSERVADO = 53.477
LECTURA ANGULAR = 296° 47' 49.44"
CONTINUAR ( N ) ? N
```

Segunda opción cuando el replanteo se hace con cinta .

```
(1) TEODOLITO (2) CINTA ? 1
NÚMERO  DE  LA  ESTACIÓN ? 100
NÚMERO DE LA REFERENCIA ? 101
VÉRTICE  POR REPLANTEAR ? 102
DISTANCIA A LA ESTACIÓN      = 53.477
DISTANCIA A LA REFERENCIA  = 68.279
```

Para hacer uso de las opciones que contiene este subprograma será necesario en la sección de topografía se elija la opción numero (2) que corresponde a la opción de replanteo dentro de esta se eligira cualquiera de sus dos opciones

IV . 12 Programa de resección (Problema de los tres vértices) .

La finalidad de este subprograma es definir las coordenadas del vértice donde se coloque el teodolito , de manera indirecta . Estas coordenadas se pueden obtener de muy diversas formas , en este subprograma solo se incluyen dos de ellas , las cuales tienen mucha aplicación y son confiables .

Estas dos opciones con las que cuenta el programa son el , " Problema de los tres vértices " y otro método donde se observa a dos vértices de coordenadas conocidas obteniendo el ángulo entre los vértices mencionados ; así como las distancias que hay entre la estación y los dos vértices que se observan .

Cada una de estas dos opciones es un caso muy particular sus soluciones son muy distintas , pero se agrupan en un mismo subprograma , por que su finalidad es determinar de manera indirecta las coordenadas de un vértice cualquiera , donde se desea centrar el teodolito .

Debido a que son casos muy distintos se hará su descripción de manera independiente .

Para el caso del problema de los tres vértices serán necesarios como datos las coordenadas de tres vértices que sean visibles desde donde se desea instalar el , teodolito , iniciando por el vértice ubicado del lado izquierdo del observador , posteriormente el que se encuentra en medio , por ultimo el de la derecha , como en todos los subprogramas en el que se proporcionan números de vértice , con anterioridad se debió indicar las coordenadas de los mismos , ya sea que se hayan calculado en otro subprograma o bien que se indiquen a través del subprograma de adición de coordenadas .Posteriormente se solicita el dato del ángulo formado por el vértice ubicado a la izquierda la estación y el vértice de en medio ; y el ángulo formado por el de en medio , la estación y el de la derecha , con estos datos el subprograma hará el cálculo de las coordenadas de la estación .

Para determinar las coordenadas el programa tiene el siguiente algoritmo , haciendo uso de las ecuaciones que se presentan , las cuales estan asociadas al esquema (IV , 12 , 1) , Que a su vez es la representación gráfica del ejemplo que muestra la utilización del subprograma .

En el algoritmo primero solicita el número de los tres vértices de referencia en el orden que se ha expuesto y atravez de sus coordenadas calcula las distancias entre estas , así como sus direcciones y el ángulo que forman las dos rectas que definen estos tres vértices .

Se requiere también de dos ángulos que se miden en campo (p" , p') , Para hacer uso de las ecuaciones que acontinuacion se presentan , para poder obtener los ángulos (X , Y) .

Las ecuaciones que se muestran son usadas en el algoritmo del programa , aunque su demostración no se desarrolla .

$$SUM = P'' + P' + A$$

$$1/2(X+Y) = 180 - 1/2(SUM)$$

$$TAN\,(Z) = \frac{C}{B}\,\frac{SENP''}{SENP'}$$

$$1/2(X-Y) = TAN^{-1}\frac{1}{TAN\,(Z+45)}TAN\,(X+Y)$$

$$X = 1/2(X+Y) + 1/2(X-Y)$$

$$X + Y = 360 - SUM$$

$$Y = 360 - X - SUM$$

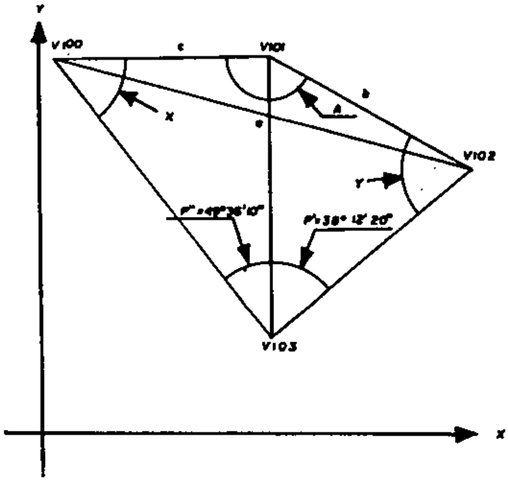


Figura (IV . 12 . 1)

Como se calculó la orientación de las rectas definidas por los vértices de coordenadas conocidas se le suma o resta el ángulo (X , Y) respectivamente , para obtener la orientación de las rectas que unen la estación con la referencia izquierda o derecha . Las distancias que corresponden a estas rectas se calculan haciendo uso de la ley de senos .

Como se conocen las coordenadas de la referencias , ademas de la distancias y la orientación de las rectas que unen la estación , se calculan las coordenadas de la estación , como si se tratase de una radiación común y corriente ya que se tienen los datos que se requieren .

Como comprobación del cálculo se presentan los resultados que se obtienen cuando se calculan las coordenadas utilizando el ángulo (X) y el (Y) esto solo con al intención de comprobar que el calculo es correcto .

Ejemplo

Datos :

Las coordenadas del los vértices que se toman como referencia .

# DE VÉRTICE	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)	NOTAS
100	100000.0000	100000.0000	Vértice izquierdo .
101	101642.8300	100000.0000	Vértice central.
102	102484.9681	99329.5325	Vértice derecho .

Datos que se obtienen por observaciones realizadas en campo .

Ángulo del lado izquierdo = 49° 36' 10"

Ángulo del lado derecho = 38° 12' 20"

Resultados :

# DE VÉRTICE	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)	NOTAS
103	101292.891	98330.913	Lado izquierdo .
104	101292.891	98330.913	Lado derecho .

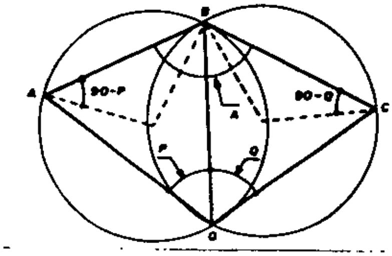
Es conveniente tomar en cuenta las siguientes condiciones para obtener resultados aceptables , al hacer uso de esta opción de este subprograma .

De preferencia la estación por ubicar debe de encontrarse dentro de las referencias (B , A , C) .

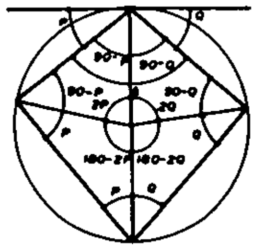
El caso mas desfavorable para el uso de este subprograma es cuando los vértices (B , A , C) y el vértice por replantear se encuentren sobre la misma circunferencia , pues si esto sucede el problema es indeterminado . Este caso tiene lugar cuando ABC +p"+p'= 180° figura (IV , 4 , 2) por formar entonces los cuatro vértices un triángulo inscrito a una círculo , pero también las posiciones en que la suma difiere poco de 180° son desfavorables por lo que debe evitarse que dicha suma este comprendida entre 170° y 190° , también es desfavorable la posición en que le punto esta muy distante de los vértices .

La segunda opción de este subprograma ; resuelve el problema cuando se conoce el ángulo entre las referencias y las distancias a estas es un programa que tendrá mucha utilidad cuando se cuente con equipo de medición electrónica ya que la determinación de distancias se puede hacer de forma rápida y confiable .

Como datos se necesitan los números de vértice de las referencias que se observan , primeramente el del lado izquierdo y después el del derecho , siempre en este orden , posteriormente se pide el ángulo entre las referencias , por ultimo se solicitan las distancias entre la estación y la referencia izquierda , así como la de la estación a la derecha .



(a)



(b)

Figura (IV . 12 . 2)

En la figura (a) se observa un método gráfico utilizado para resolver el problema de los tres vértices.

En la figura (b) se observa que cuando los cuatro vértices estan inscritos una circunferencia se tiene que 180° = P+Q+A y que el problema se indetermina ya que las circunferencias no se cortan ya que es la misma .

El algoritmo empleado para dar solución a este problema consiste en hacer uso de la ley de senos , para calcular el ángulo del triángulo formado por la estación y las referencias en el vértice que corresponde a la referencia izquierda .

Como se conocen las coordenadas de las referencias , se calcula la orientación y distancia formadas por la recta que une a estos vértices , tomando como estación el ubicado a la izquierda y como referencia el de la derecha .

A la dirección que se acaba de mencionar se le suma el ángulo que se ha calculado a través de la ley de senos para obtener la orientación de la recta que va de la referencia izquierda a la estación , y como se conoce la distancia de esta recta porque se proporciono como dato , se calculan las coordenadas de la estación , haciendo el cálculo de estas como si se tratase de una radiación en donde la estación es la referencia izquierda . la dirección será la que se ha calculado de esta referencia a la estación y la distancia es la que se proporciono como dato .

En esta opción como se tienen mas datos de los indispensables para hacer el cálculo , se determina la precisión que se alcanza al posicionar la estación ; esta se calcula , determinando la distancia entre las referencias , pero tomando como datos las dos distancias y el ángulo medidos en campo y comparándola contra la que se obtienen por coordenadas .

El esquema (IV , 12 , 3) es la muestra gráfica que nos ayuda a entender lo descrito en el algoritmo , las ecuaciones y el ejemplo que se presenta como aplicación de esta opción del subprograma .

$$\overline{100-101} = \sqrt{(X_{101}-X_{100})^2+(Y_{101}-Y_{100})^2}$$

Cálculo del azimut
(hay que interpretar el cuadrante).

$$\overline{100-101} = TAN^{-1}[(X_{100}-X_{101})/(Y_{100}-Y_{101})]$$

$$\frac{\overline{100-101}}{SEN \quad A} = \frac{\overline{DIST. \quad IZQ}}{SEN \quad B}$$

$$AZ \quad \overline{100-103} = AZ \quad \overline{100-101}+B$$

$$PX = SEN(AZ \quad \overline{100-103}) \quad DIST. \quad DER.$$

$$PY = COS(AZ \quad \overline{100-103}) \quad DIST. \quad IZQ.$$

Se calcula nuevamente la distancia de 100-101 .

$$\overline{100\,101'} = DIS \; IZQ^2 + DIS \; DER^2 - 2 \; DIS \; IZQ \; DIS \; DER \; COS \; A$$

La precisión se calcula de la sig . manera .

$$P = \frac{\overline{100-101}}{\overline{100-101}-\overline{100-101'}}$$

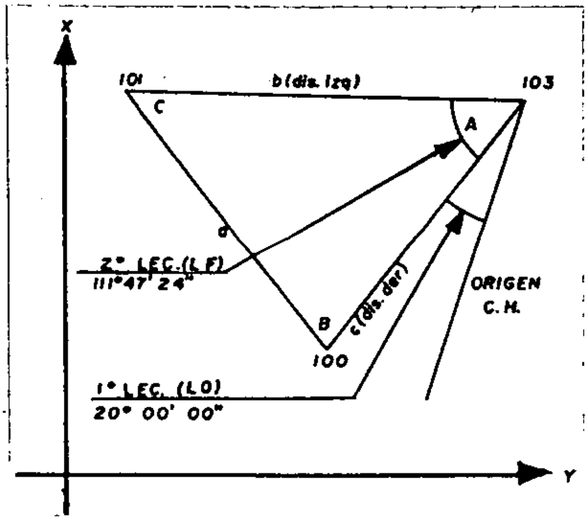


Figura (IV .12 . 3)

Datos :			
# DE VÉRTICE	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)	NOTAS
100	995.315	932.163	Lado izquierdo .
101	938.997	964.678	Lado derecho .
Lectura origen		= 20° 00' 00"	
Ángulo entre ambas referencias		= 111° 47' 24"	
Distancia a la referencia izquierda		= 39.989	
Distancia a la referencia derecha		= 50.028	

Resultados :		
# DE VÉRTICE	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)
103	988.548	971.575

Precisión = 1629

En esta opción del subprograma también es conveniente que el ángulo que se mide no sea ni muy agudo ni muy obtuso , ya que si este es el caso la precisión con que se obtenga el posicionamiento de la estación disminuirá , aunque en este caso se presenta en forma directa la precisión que se obtiene al darle coordenadas a la estación en que se instala el instrumento , lo que permite decidir si el vértice que se acaba de ubicar es confiable o no , para hacer uso de sus coordenadas .

Para ambas opciones contenidas en este subcapítulo se tienen aplicaciones similares , como es el hecho de que si se tienen vértices que pertenezcan a una triángulacion , una poligonal , o de algún levantamiento anterior , de las cuales se conozcan sus coordenadas , y que se puedan observar desde la estación , donde se necesite centrar el teodolito , ya sea para hacer el replanteo de algún vértice o levantamiento de detalles , o como comprobación de alguna poligonal abierta , o algún trazo etc. ya que se obtienen las coordenadas de la estación donde se encuentra el observador .

Estos métodos se adecuan a necesidades y tecnologías diversas , ya que si las distancias se obtienen con distanciométro , será mas conveniente hacer uso de la opción (2) en cambio si no se cuenta con este instrumento , se puede hacer uso de la (1) donde solo se requieren mediciones angulares , la desventaja de la opción (2) es que se requiere ver cuando menos tres vértices de coordenadas conocidas .

En cualquiera de los casos es conveniente observar de ser posible mas vértices de los necesarios , ya que se obtienen varios resultados que pueden complementarse con el fin de elevar la precisión , sobre todo en el caso del problema de los tres vértices ya que si por ejemplo se observaran cuatro , se obtendrian coordenadas en tres ocasiones calculadas de manera independiente , valores que se pueden promediar para obtener un mejor resultado .

Para hacer uso de cualquiera de las dos opciones que se han descrito será necesario que en la sección de topografía se elija la opción (3) que corresponde al subprograma de estacionamiento libre y que en este se elija la opción (1) que corresponde al problema de los tres vértices , o la (2) que soluciona el posicionamiento de un vértice cuando se conoce el ángulo entre dos referencias de coordenadas conocidas y las distancias a estos vértices .

I V . 13 Determinación de los valores de un triángulo conociendo solo tres de sus elementos .

Sabemos que cuando se conocen tres elementos de un triángulo ya sean estos ángulos o distancias ; excepto cuando se conocen solo los tres ángulos , se pueden calcular los elementos restantes .

En este subprograma tenemos cuatro casos estos surgen como una necesidad para resolver el triángulo de acuerdo con los datos que se tengan .

El primer caso resuelve un triángulo cuando se conocen las tres distancias , en le siguiente se conocen dos distancia y el ángulo que esta entre ambas rectas , también hay una opción para el caso en que se conozcan dos distancias y un ángulo que no es el que se encuentra entre ambas rectas ; por ultimo es el caso en que se conocen dos ángulos y una distancia .

Como se puede observar los datos que se requieren para este subprograma dependen de la opción que se elija .

En todos los casos se darán como resultados tres distancias , tres ángulos y el área .

Las variables que se ocupan para dar solución a estos problemas son para las distancias (a , b , c) ; para los ángulos (A , B , C) , siendo (a) la distancia del lado opuesto al ángulo (A) , igualmente (b) con (B) y (c) con (C) , tal como se indica en la figura (IV . 13 . 1) .

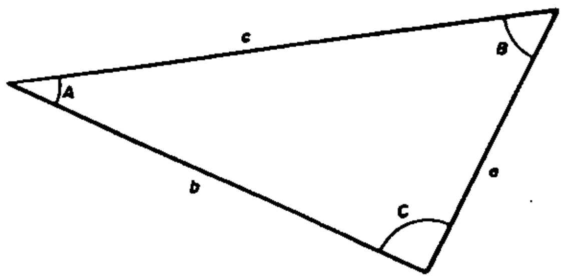


Figura (IV . 13 . 1)

El algoritmo será distinto de acuerdo a cada uno de los casos , a continuación se presentan junto con las ecuaciones que se emplean , así como un ejemplo de aplicación .

Para hacer el cálculo de la superficie como en todos los casos de antemano se calculan las distancias de los lados del triángulo mediante la siguiente ecuación .

s= a+b+c

S= SQR (s (s-a) (s-b) (s-c))

Cuando se conocen las tres distancias , los ángulos (A ,B) se calculan usando la siguiente ecuación , haciendo el respectivo cambio de variables para el ángulo (B) .

COS A = b^2+c^2-a^2)/(2*b*c)

El ángulo (C) se calcula restándole a ciento ochenta grados los ángulos (A B) .

EJEMPLO .	
DATOS	RESULTADOS
a = 36.52	a = 36.52
b = 28.64	b = 28.64
c = 15.42	c = 15.42
	A = 108° 11' 13.84"
	B = 48° 09' 48.00"
	C = 23° 38' 58.16"
	SUP = 209.738

Cuando se conocen dos distancias y el ángulo que existe entre ellas , para hacer uso de las subrutinas incluidas en este subprograma y con el fin de ahorrar espacio de memoria se procedió de la siguiente forma .

El lado (b) se hace coincidir con el eje de las (Y) dejando el vértice del triángulo en la coordenada (0 , 0) y el otro extremo en al (0 , di) siendo (di) la distancia del lado (b) , el ángulo que se proporciona como dato se considera como azimut de la linea (A) , con distancia igual a la del lado (c) calculando con estos datos sus coordenadas .

Por medio de las coordenadas calculamos la distancia del lado desconocido ; así como el azimut de la linea , para encontrar el valor del ángulo (B) , el cual es igual a la diferencia entre ciento ochenta menos la orientación de la recta que se ha calculado , el ángulo (C) se calcula restándole a ciento ochenta grados el valor del ángulo (A+B) para hacer mas claro el algoritmo que se ha descrito se presentan a continuación el esquema (IV . 13 . 2) y las ecuaciones que se le relacionan , así como un ejemplo .

Las proyecciones se calculan como sigue :

$$PX = SEN(A) * c$$

$$PY = COS(A) * c$$

Para calcular la distancia (a) :

$$a = \sqrt{(PX)^2 + (PY - di)^2}$$

Para calcular la dirección se usa la siguiente ecuación interpretando el cuadrante al cual pertenece :

$$DIR \quad A = TAN^{-1}[PX / (PY - di)]$$

El ángulo (C) es igual a :

$$C = 180 - DIR \quad A$$

El ángulo (B) es igual a :

$$A = 180 - A - C$$

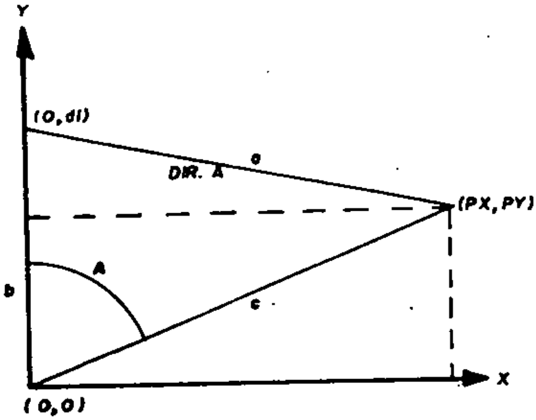


Figura (IV . 13 . 2)

EJEMPLO	
DATOS .	RESULTADOS .
a = 104.816	a = 104.816
b = 50.326	b = 50.326
A= 133° 05' 01.21"	c = 63.250
	A= 133° 05' 01.21"
	B = 20° 37' 52.46"
	C= 26° 17' 06.33"
	SUP = 1162.407

Cuando se tienen dos distancias y el ángulo que no es el que se encuentra en medio de ambas lineas , es el caso mas complicado ya que en coacciones se tiene dos triángulos que se ajustan a los datos proporcionados ; no siempre tenemos que dos triángulos cumplan con las condiciones . así es que solo en el caso de que si existan dos triángulos se presentaran resultados de ambos , en caso contrario solo se presentaran los resultados de uno , acontinuacion se describe el algoritmo empleado para dar solución a este problema .

Haciendo uso de la ley de senos se calcula el ángulo beta , siendo este ángulo en ocasiones doble es decir puede ser el ángulo que se obtiene directamente del despeje de la ley de senos , o bien la diferencia entre ciento ochenta grados menos el ángulo obtenido ya que como sabemos , el seno de un ángulo es igual al seno de su ángulo complementario , si este es el caso el ángulo gama también seria doble y se tendrían dos distancias distintas como resultados correctos para el triángulo que se proporciona como dato.

Acontinuacion se presenta el esquema (IV . 13 . 3) , al cual se le asocian las ecuaciones y un ejemplo que nos ayudan a explicar el algoritmo para dar solución a este problema .

Haciendo uso de la ley de senos :

$$\frac{a}{SEA(A)}=\frac{b}{SEN(B)}=\frac{c}{SEN(C)}$$

Para calcular el ángulo (B):

$$B=SEN^{-1}[(SEN(A) \quad b)/a]$$

Para calcular el ángulo (C) :_

$$C=180-A-B$$

Ya que el SEN (B) = SEN (180-B) tenemos que :

$$B'=180-B$$
$$C=180-B'-A$$

Si (C) es positivo existen dos triángulos que cumplen con las condiciones , en caso contrario triángulo es único .

Si C>0 Entonces :

$$C'=\frac{SIN(C') \quad a}{SIN(A)}$$

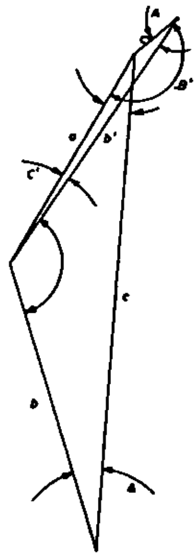


Figura (IV . 13 . 3)

EJEMPLO :		
DATOS :	RESULTADO 1 :	RESULTADO 2 :
a = 50.326	a = 50.326	a = 50.326
b = 60.454	b = 60.454	b = 60.454
A = 21° 18′ 54″	c = 101.594	c = 11.044
	A = 21° 18′ 54″	A = 21° 18′ 54″
	B = 25° 53′ 24.68″	B = 154° 06′ 35.32″
	C = 132° 47′ 41.32″	C = 04° 34′ 30.68″
	SUP = 1116.246	SUP = 121.324

Cuando conocemos una distancia y dos ángulos ; siendo este el caso mas sencillo ya que el ángulo faltante se obtiene haciendo la diferencia de ciento ochenta grados menos los valores de los ángulos proporcionados como datos .

También proporcionado como dato el lado (a) y haciendo uso de ley de los senos que a continuación se expresa es muy sencillo despejar para obtener las distancias que nos hacen falta .

Calculo del ángulo (C) :	Ley de los senos :
C=180° -A-B	$\frac{a}{SENA}=\frac{b}{SENB}=\frac{c}{SENC}$
Despejando .	
$b = \frac{a * SEN\ B}{SEN\ A}$	$c = \frac{a * SEN\ C}{SEN\ A}$

EJEMPLO :	
DATOS :	RESULTADOS :
a = 36.827	a = 36.827
A = 63° 28´ 59"	b = 40.878
B = 89° 19´ 26"	c = 22.532
	A = 63° 28´ 59"
	B = 89° 19´ 26"
	C = 33° 11´ 35"
	SUP = 412.073

En múltiples ocasiones y por muy distintos propósitos es necesario conocer distancias o ángulos de triángulos , cuando conocemos solo algunos datos los cuales no siempre son los mismos por lo que se incluyen las cuatro opciones , que son las que se pueden presentar cuando tenemos los elementos de un triángulo en forma incompleta , por lo cual sus aplicaciones serán múltiples y que pueden resolver muchos problemas que se presentan en campo .

Para hacer uso de las opciones que contiene este subprograma será necesario en la sección de topografía se elija la opción numero (4) que corresponde a la opción de solución de triángulos

I V . 14 Intersecciones entre rectas definidas por cuatro vértices .

Este subprograma determina las coordenadas del vértice generado por la intersección de dos rectas las cuales estan definidas por el numero de los vértices extremos de las rectas .

Como datos son necesarios únicamente los números de identificación de los vértices extremos de las rectas , las cuales deberán contener las coordenadas , ya sea que estas hayan sido calculadas en algún otro subprograma o bien que se proporcionen atraves del subprograma de adición de coordenadas .

El algoritmo que se emplea para dar solución a este subprograma fundamenta su solución en la geometría analítica , con las coordenadas de los vértices se calculan las ecuaciones generales de ambas rectas , posteriormente se encuentra la solución al sistema de ecuaciones formado por las rectas .

Los valores de la solución al sistema de ecuaciones , son las coordenadas del vértice de intersección .

El esquema (IV . 14 . 1) muestra en forma gráfica la solución de la determinación de coordenadas del vértice de intersección , al cual se le asocian las ecuaciones que se emplean para encontrar la solución del problema .

Para determinar los coeficientes de la ecuación general que corresponde a la recta uno tenemos que :

$a_1=Y_2-Y_1$

$b_1=X_2-X_1$

$C_1=(X_2-Y_1)-(X_1-Y_2)$

De la misma forma se calcula para la recta (2) y se tiene un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas :

$a_1X+b_1Y+c_1=0$

$a_2X+b_2Y+c_2=0$

Si multiplicamos la ecuación (1) por (b_2) y la ecuación (2) por (b_1) y después se restan tenemos :

$a_1b_2X+b_1b_2Y=-c_1b_2$

$a_2b_1X+b_1b_2Y=-c_2b_1$

$(a_1b_2-a_2b_1)X=-c_1b_2+c_2b_1$

Despejando X :

$$Xn=\frac{-c_1b_2+c_2b_1}{a_1b_2-a_2b_1}$$

De manera análoga se determina (Y) :

$$Yn=-Yn=\frac{-a_2c_1+a_1c_2}{a_2b_1-a_1b_2}$$

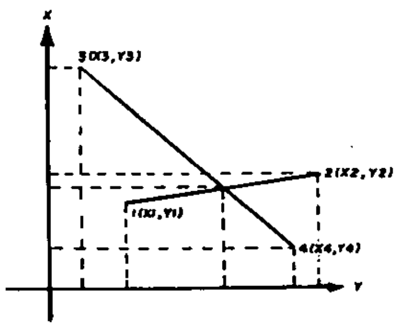


Figura (IV . 14 . 1)

Como puede observarse y debido a que la solución al problema es analítica , no importa el lugar donde se intercepten las rectas , ya sea que estas se corten dentro de los segmentos o fuera de ellos , ademas de que en el caso de que las rectas sean paralelas el sistema será indeterminado y por lo tanto nos indicara que las rectas nunca se cortan .

Por el mismo motivo antes mencionado no importa el orden en que se mencionen los vértices .

Las aplicaciones de este subprograma son múltiples , por ejemplo si en el momento en que se traza o replantea un camino se conocen las tangentes de una curva pero se desconocen las coordenadas del punto de inflexión (PI) se pueden observar dos vértices que correspondan a cada una de las tangentes y con ellas se podrá conocer las coordenadas del PI a través del uso de este subprograma ; o bien si en levantamiento de un predio un vértice no se observa desde donde se encuentra el teodolito se pueden observar dos vértices que sean visibles y que pertenezcan a dos linderos del predio y calculando las coordenadas de intersección de ambas rectas obtendremos las coordenadas del vértice que no se observa .

Para hacer uso de este subprograma será necesario que en la sección de topografía se elija la opción (5) que corresponde al calculo de intersecciones .

El siguiente ejemplo es una muestra de aplicación del subprograma de intersecciones .

EJEMPLO .			
Datos :	X (100) = 102.356	Y (100) = 105.215	Z (100) = 0.000
	X (101) = 85.326	Y (101) = 64.996	Z (101) = 0.000
	X (102) = 151.117	Y (102) = 83.258	Z (102) = 0.000
	X (103) = 100.215	Y (102) = 90.352	Z (102) = 0.000

DATOS DE LA PRIMERA RECTA
NUMERO DEL VÉRTICE ? 100
NUMERO DEL VÉRTICE ? 101
DATOS DE LA SEGUNDA RECTA
NUMERO DEL VÉRTICE ? 102
NUMERO DEL VÉRTICE ? 103
NUMERO DEL LA INTERSECCIÓN ? 104
X (104) = 96.294
Y (104) = 90.898
CONTINUAR (N) ? N

Para hacer uso de este subprograma será necesario que en la sección de topografía se elija la opción numero (5) que corresponde al cálculo de las coordenadas de la intersección de dos rectas .

IV . 15 Desecho de observaciones dudosas .

Cuando se hacen una serie de mediciones , por ejemplo para determinar la distancia entre dos puntos , hay diferencias entre cada una de las observaciones , por lo que es necesario conocer si los valores que se obtienen están dentro de un límite tolerable para considerar que el error es accidental o es una equivocación , de lo cual depende que la observación sea utilizada o descartada para determinar el valor mas probable de una magnitud , la cual corresponde a la media aritmética de las observaciones que estan dentro del limite para los errores accidentales .

Este programa determina el valor mas probable de una serie de observaciones , descartando los valores que exceden el limite aceptable de acuerdo con las leyes del azar de la probabilidad matemática , así como la determinación de parámetros , que nos permiten valorar las bondades de las observaciones .

Como datos serán necesarios todas las observaciones que se hayan realizado en campo del elemento a determinar , el nombre del archivo donde serán grabados tanto los datos proporcionados así como los resultados que se obtienen , así como la decisión de el tipo de magnitud que se mide ya que puede ser decimal o sexagesimal .

Antes de explicar el algoritmo que da solución al problema será conveniente hacer referencia a algunos conceptos para su mejor comprensión.

La precisión y la exactitud son dos cosas distintas , la primera se refiere al grado de perfección utilizado en instrumentos , métodos y observaciones ; mientras que la exactitud es el grado de perfección obtenida en la medición la cual se puede estimar a través de la precisión .

Al medir se cometen errores , los cuales pueden ser de tres tipos , equivocaciones , errores sistemáticos y errores accidentales .

Una equivocación es una falsa determinación del valor , la cual no es provocada por las limitaciones del observador , instrumento o método .

Un error sistemático es un error que bajo las mismas condiciones será siempre del mismo valor y signo . Los errores sistemáticos pueden encontrarse solamente conociendo las condiciones que los crearon , por lo tanto hay que esforzarse en descubrirlas condiciones que las han creado y cuando se conozcan se debe proceder por pasos sucesivos para compensarlos .

El error accidental de una sola determinación es la diferencia entre el valor verdadero y el valor de la observación , que esta libre de equivocaciones y errores sistemáticos .

Los errores accidentales representan el limite de la precisión en la determinación del valor , estos obedecen a las leyes del azar y por lo tanto deben ser tratados a través de las leyes de la probabilidad matemática .

A pesar de todos los esfuerzos por tratar de eliminar equivocaciones y errores sistemáticos , en la topografía nunca tendremos errores accidentales absolutamente puros . Muchas equivocaciones pequeñas son imposibles de descubrir y resulta imposible encontrar todas las condiciones que puedan originar pequeños errores sistemáticos . A pesar de todo ello la experiencia prueba que cuando los trabajos se realizan meticulosamente , la aplicación de las leyes del azar a la topografia es correcta .

Para estimar la exactitud de una serie de observaciones que se han obtenido con la misma precisión se pueden calcular con las leyes del azar . Si el numero de observaciones fuera infinito , y se gráfica los errores en un diagrama . obtendremos la curva de la probabilidad la cual representa la disposición mas probable de los errores para una precisión dada .

Esta curva proporciona por lo tanto , el medio mas exacto de estimar la exactitud futura de los diferentes tipos de medidas .

La figura (IV . 15 . 1) representa la curva de la probabilidad con algunos de sus valores mas notables .

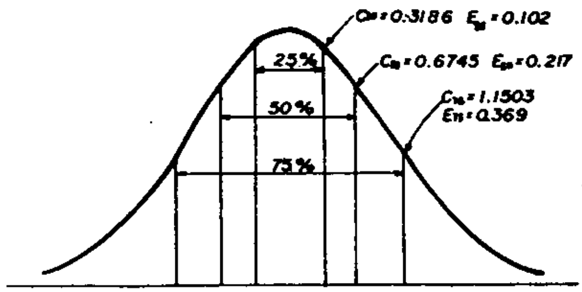


Figura (IV . 15 . 1)

La relación mas simple que existe entre el diagrama de frecuencias y su respectiva curva de la probabilidad es el error medio cuadrático , su valor es determinado de la forma siguiente .

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum V^2}{n-1}}$$

Donde :

$\sum V^2$ = Suma de los cuadrados de los errores .

Nota : Los errores se calculan apartir de la media de las medidas .

n = Número de medidas .

Una vez efectuado un cierto número de medidas de una magnitud se puede evaluar la precisión y estimar la exactitud calculando la magnitud del error limite para cualquier porcentaje dado , la forma de determinarlo será :

$$Ep = Cp\sqrt{\frac{\sum V^2}{n-1}}$$

Donde :

Ep - Porcentaje de error .

Cp - Constante numérica determinada apartir de la curva de la probabilidad .

$\sum V^2$ = Suma de los cuadrados de los errores .

n - número de medidas .

A continuación se dan los valores mas usados .

E_{50}	Error probable ( )	C_{50} =0.6745
$E_{68.27}$	Error medio cuadrático	$C_{68.27}$ =1.0000
E_{90}	Error del 90%	C_{90} = 1.6449

El error del 50 por 100 se denomina error probable , debido a que la probabilidad de que un error simple sea mayor que el error del 50 por 100 , es la misma probabilidad que sea menor , es pues particularmente útil para valorar cualquier serie dada de medidas , utilizado frecuentemente para expresar la precisión y exactitud alcanzada .

El error del 68.27 por 100 se denomina error medio cuadrático se emplea para comparar precisiones o exactitudes .

El error del 90 por 100 se utiliza para designar la precisión del instrumento de medida o de un método , dato importante pues interesa conocer el máximo de error que debe de esperarse .

El error probable de la media se determina a través de la siguiente expresión .

$$EPM = 0.6745\sqrt{\frac{\sum V^2}{n(n-1)}}$$

Donde

$\sum V^2$ =sumatoria de los cuadrados de los errores unitarios .

n = número de observaciones .

Todas las determinaciones que hemos mencionado el programa los proporciona como resultados , haciendo uso de las mismas ecuaciones ; para poder valorar la precisiones y exactitudes alcanzadas .

Para determinar que valores se deben de conservar y cuales hay que eliminar , se fundamenta en el principio de que todas las equivocaciones deberán de ser eliminadas y todos los errores accidentales deben de ser conservados , si un error accidental no importa de que cuantía es rechazado la exactitud del resultado quedara reducida .

Las equivocaciones de gran cuantía pueden ser fácilmente reconocidas y eliminadas las pequeñas equivocaciones son de difícil identificación pero su influencia es mínima .

Aveces los errores superiores a una magnitud establecida son rechazados automáticamente , procedimiento razonable siempre que no se eliminen tantos errores accidentales como equivocaciones , se debe evitar la selección arbitraria de los errores que han de ser rechazados .

Existen numerosos criterios para rechazar observaciones dudosas acontinuacion se da el criterio de Chauvent . Este criterio determina si el error mayor de una serie de observaciones debe ser o no aceptado en el caso de desechar la observación correspondiente se trabaja únicamente con las restantes el procedimiento se aplica entonces al mayor error en el nuevo conjunto . El proceso puede continuarse hasta que el mayor error existente en la serie resultante se conserve de acuerdo con la regla establecida .

En el criterio de Chauvenet , primeramente se determina la posición exacta del ultimo valor observado del cual se obtendrá el porcentaje del centro del intervalo de mayor error

Por lo tanto .

$$Emp = C p \quad \sigma$$

Donde :

Emp = Error máximo probable .

Cp = Constante numérica determinada apartir de la curva de la probabilidad para el porcentaje de la posición de la último observación .

σ = Error medio cuadrático de la serie de observaciones .

Chauvenet establece que cualquier error mayor que el error probable (Ep) tiene una probabilidad menor del 50 por 100 de verificarse y por consiguiente puede ser rechazado con seguridad puesto que (Ep) es la mayor magnitud aceptable .

Con este criterio se desechan las observaciones que exceden el error máximo permisible y con los valores restantes se realiza nuevamente el proceso hasta que todos los valores sean menores al máximo permitido , con los cuales se calcula el error probable , el error medio cuadrático , la precisión del instrumento , el error probable de la media . y el valor mas probable de la observación , los cuales son presentados como resultados .

En cualquier levantamiento topográfico . se realizan series de observaciones para tener control del levantamiento evitar equivocaciones y elevar la precisión , es importante que dichas series sean tratadas numéricamente en forma correcta , así que este subprograma tendrá una aplicación muy amplia sobre todo en levantamientos donde la precisión que se pretenda alcanzar sea elevada .

Para hacer este programa mas versátil se le incluyen dos variantes para que escoja el usuario , una es la posibilidad de que la magnitud sea decimal o sexagesimal ; además de que al hacer uso del subprograma se genera un archivo que contiene la serie de datos con que cuente la medición así como los resultados que se obtienen , lo cual nos permite consultar estos archivos con posterioridad .

Para hacer uso de este subprograma será necesario que en la sección de topografía , se elija la opción (6) que corresponde al subprograma que elimina observaciones dudosas .

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación , las unidades de las observaciones son decimales .

Ejemplo:

```
NOMBRE PARA LA SERIE DE OBSERVACIONES  ?  DIS1-2
QUE DESEAS
(1)  CALCULAR UNA SERIE NUEVA
(2)  CONSULTAR UNA YA EXISTENTE  ?  1
EL VALOR ES  (1)  ANGULAR  (2)  DECIMAL  ?  2
VALOR  1  DE LA SERIE  ?  10.0000
CONTINUAR ?
VALOR  2  DE LA SERIE  ?  10.2000
CONTINUAR ?
VALOR  1  DE LA SERIE  ?  10.4000
CONTINUAR ?
VALOR  1  DE LA SERIE  ?   9.8000
CONTINUAR ?
VALOR  1  DE LA SERIE  ?   9.6000
CONTINUAR ?
VALOR  1  DE LA SERIE  ?   8.0000
CONTINUAR ?
VALOR  1  DE LA SERIE  ?  11.2000
CONTINUAR ?  N
VAL         10.0000      DIF     0.0000      DI^2   0.0000  ACEPTADA    S
VAL         10.2000      DIF     0.2000      DI^2   0.0400  ACEPTADA    S
VAL         10.4000      DIF     0.4000      DI^2   0.1600  ACEPTADA    S
VAL          9.8000      DIF    -0.2000      DI^2   0.0400  ACEPTADA    S
VAL          9.6000      DIF    -0.4000      DI^2   0..1600 ACEPTADA    S
VAL          8.0000      DIF    -1.8857      DI^2   3.5559  ACEPTADA    N
VAL         11.2000      DIF     1.0000      DI^2   1.0000  ACEPTADA    N
ERROR   MEDIO   CUADRÁTICO  =  0.3162
ERROR               PROBABLE  =  0.2133
PRECISIÓN  DEL  INSTRUMENTO  =  0.5202
ERROR PROBABLE  DE LA MEDIA  =  0.0954
ERROR   MÁXIMO   ACEPTABLE  =  0.5202
VALOR MAS PROBABLE DE LA OBSERVACIÓN  =  10.000
CONTINUAR ?  N
```

IV. 16. Curva circular simple.

Este subprograma resuelve el cálculo de curvas circulares simples, determinando los elementos necesarios para su trazo y replanteo; cuando se conocen el kilometraje del PI, la deflexión y el radio,

Además de obtener las datos necesarios para realizar el replanteo de curvas circulares si se desea se pueden calcularse las coordenadas de los cadenamientos cerrados de la curva, esto con la finalidad de solucionar problemas tales como el que un obstáculo no permita la visibilidad desde el punto de comienzo de curva (PC); apartir de donde deseamos trazar la curva y se tenga la necesidad de medir una poligonal de apoyo o bien hacer uso de vértices de coordenadas conocidas para realizar el replanteo de estos vértices a través de las coordenadas, mencionando este caso solo a manera de ejemplo ya que puede tener muchos usos más.

Los datos que se requieren para el funcionamiento de este subprograma se dividen de acuerdo a los resultados que se desean obtener, como ya ha sido mencionado el subprograma cuenta con dos alternativas cuando se desean coordenadas de los cadenamientos cerrados, o bien solo se requieren los datos de deflexiones y cuerdas.

A continuación se enumeran los datos que se requieren en cualquiera de las dos alternativas que se han mencionado.

Kilometraje del punto de inflexión (KM PI)

Deflexión de la curva (Δ).

Radio de la curva (RC)

Distancia entre cadenamientos cerrados (C), el programa tiene de antemano el valor de 20.00 m. solo en caso de que se requiera otro valor será necesario especificarlo.

Los datos que se mencionarán a continuación solo será necesario especificarlo en el caso en que se requieran coordenadas de los cadenamientos cerrados.

Azimut de la tangente de entrada.

El vértice que corresponda al (PI) de la curva, el cual debe contener las coordenadas correspondientes a dicho vértice.

El número de vértice apartir del cual se grabaran las coordenadas de los cadenamientos cerrados.

Sentido de la curva (Derecha ó Izquierda) .

Los resultados que se obtienen al hacer uso de este subprograma son los siguientes .

El grado de la curva (GC).

La deflexión por metro (DXM) .

El valor de la subtangente (ST) .

Longitud total de la curva (LC) .

Kilometraje del punto de comienzo de la curva (KM - PC) .

Kilometraje del punto de terminación de la curva (KM - PT) .

Valor de la cuerda entre cadenamientos cerrados , de acuerdo con el valor elegido .

Para cada uno de los cadenamientos cerrados , se obtiene su kilometraje , la longitud de la curva , el valor de la cuerda desde el PC hasta el cadenamiento en cuestión , la deflexión ; únicamente en caso de que sean deseadas las coordenadas serán calculadas y presentadas .

A continuación se describe el algoritmo empleado para dar solución a este cálculo , así como las ecuaciones que se emplean en el mismo .

Las variable que se ocupan estan asociadas al esquema (IV . 16 . 1) .

Con los datos de la deflexión y el radio se calculan atraves de fórmulas la subtangente longitud de la curva , deflexión por metro , valor de las cuerdas , kilometraje del (PI) , punto donde termina la curva (PT) , y el valor de la cuerda . Lo que normalmente no se hace al calcular una curva es obtener las coordenadas de cada uno de los cadenamientos cerrados , lo cual se resuelve de la siguiente forma , después de haber calculado los elementos que se han mencionado hasta ahora .

Primeramente se solicita el numero de vértice que corresponde al PI para conocer sus coordenadas , se requiere como dato el azimut de la tangente de entrada , con lo cual se orienta , como ya se ha calculado el valor de la subtangente y se conoce la dirección de la tangente de entrada ; se calculan como si se tratase de una radiación las coordenadas del (PC) , ya que se conocen las coordenadas de la estación (PI) , la dirección (Azimut de la tangente de entrada menos ciento ochenta grados) y la distancia (ST) .

También las coordenadas de los cadenamientos cerrados se calculan como si fuesen radiaciones , siendo la estación en este caso las coordenadas del (PC) que se acaban de calcular , la dirección será igual a la orientación de la tangente de entrada más la deflexión que corresponde a ese cadenamiento , en el caso de que la curva sea derecha y restándolo en caso contrario ; la distancia de la radiación será el valor de la cuerda para dicho cadenamiento . El esquema (IV . 16 . 1) ejemplifica lo descrito en este algoritmo .

Las siguientes ecuaciones se emplean para calcular los elementos de la curva donde los ángulos estan expresados en radianes , las variables se utilizan se asocian a la figura (IV . 16 . 1)

$$ST = TAN(\Delta / 2) \quad R$$
$$LC = \Delta \quad R$$
$$Gc = CAD / RAD$$
$$\Delta Xm = \frac{1/2 \quad Gc}{CAD}$$
$$CUEn = 2 \quad R \quad SEN(\Delta n)$$

KM-PC =(KM-PI)-ST

KM-PT=(KM-PC)+LC

Para el cálculo de coordenadas:

XPC=XPI+[SEN(AZ+180) ST]

YPC=YPI+[COS(AZ+180) ST]

Xn=XPC+[SEN(AZ+Δ n) CUEn]

YN=YPC+[COS(AZ+Δ n) CUEn]

Las aplicaciones de este subprograma son fundamentalmente para el trazo de caminos , aunque puede ser usado en construcciones o en cualquier curva que se necesite trazar , por ello es que la distancia entre cadenamientos cerrados se tiene la alternativa para elegir la distancia que sea mas conveniente ya que no solo se piensa en el trazo de caminos donde un valor adecuado y normalmente manejado es los cadenamientos a cada 20.00 m. pero si lo que se desea trazar es una curva para construcción donde la longitud total de la curva es menor que el valor elegido entre cadenamientos cerrados seria absurdo usar este valor el cual tendria que ser menor para que tengamos cadenamientos intermedios que nos describan la curva .

Para hacer uso de este subprograma será necesario en la sección de curvas se elija la opción numero (1) que corresponde a la solución de curvas circulares simples

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de este subprograma , junto con el esquema (IV 16 2) ; mismo que es la representación gráfica del ejemplo .

CURVA CIRCULAR SIMPLE

DATOS:

Kilometraje del PI=68+354.20
Deflexion total=48 30 00.00
Sentido de la curva=D
Del PI y coordenadas del mismo: (99) (X)=10 000.000 (Y)=10 000.000

Radio de la circular=286.48
Distancia entre cadenamientos cerrados=20
Azimut de la tangente de entrada=59 30 00.00

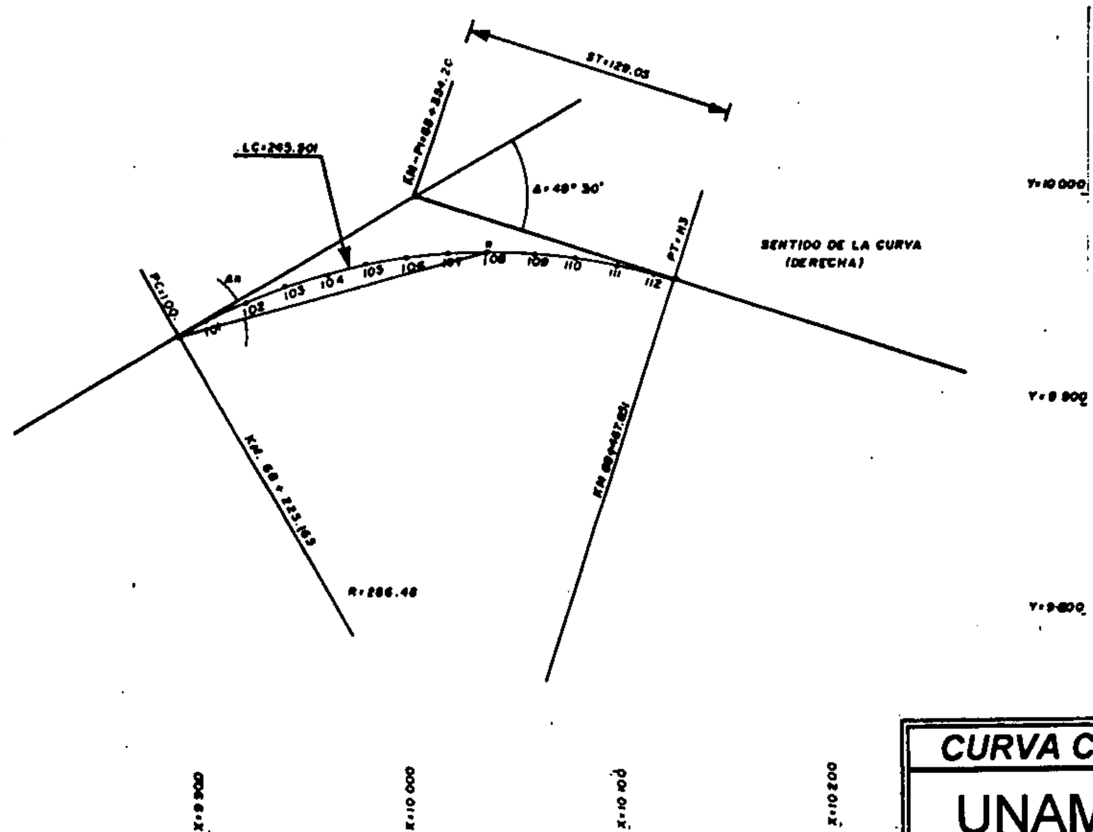
RESULTADOS:

Grado de la circular=04 00 00.00
Deflexion por metro=00 06 00.00

Longitud ente cadenamientos cerrados=19.996
Subtangente=129.05
Longitud de la curva=242.501

Kilometraje del PI=68+225.150
Kilometraje del PT=68+467.651

#DE PTO	CADENAMIENTO	LONGITUD DE CURVA	VALOR DE LA CUERDA	DEFLEXION	COORDENADAS EN (X)	COORDENADAS EN (Y)
PC-100	68+225.165	0	0		9888.807	9934.502
101	68+240.000	14.85	14.848	1 29 05.92	9901.792	9941.704
102	68+260.000	34.85	34.828	3 29 05.89	9919.835	9950.322
103	68+280.000	54.85	54.766	5 29 05.86	9938.436	9957.66
104	68+300.000	74.85	74.637	7 29 05.84	9957.503	9963.683
105	68+320.000	94.85	94.417	9 29 05.81	9976.944	9968.361
106	68+340.000	114.85	114.082	11 29 05.78	9996.664	9971.672
107	68+360.000	134.85	133.608	13 29 .05.76	10016.567	9973.599
108	68+380.000	154.85	152.972	15 29 05.72	10036.556	9974.133
109	68+400.000	174.85	172.149	17 29 05.70	10056.533	9973.271
110	68+420.000	194.85	191.116	19 29 05.67	10076.402	9971.018
111	68+440.000	214.85	209.85	21 29 05.64	10096.065	9967.384
112	68+460.000	234.85	228.329	23 29 05.61	10115.426	9962.388
PT113	68+467.651	242.501	235.325	24 15 00.00	10122.734	9960.121



CURVA CIRCULAR

UNAM ***Fi***

ESQUEMA (IV . 16 . 1)

IV . 17 . Curva circular compuesta .

Este subprograma resuelve el cálculo de curvas circulares compuesta , determinando los elementos necesarios para su trazo y replanteo : cuando se conocen el kilometraje del PI , la deflexión total de la curva , la deflexión de la primera curva y el radio de ambas .

Además de obtener las datos necesarios para realizar el replanteo de la curva si se desea se puede calcular las coordenadas de los cadenamientos cerrados , esto con la finalidad de solucionar problemas tales como el mencionado en la curva circular simple .

Los datos que se requieren para el funcionamiento de este subprograma se dividen de acuerdo a los resultados que se desean obtener . el subprograma cuenta con dos alternativas , cuando se desean coordenadas de los cadenamientos cerrados , o bien solo se requieren los datos de reflexiones y cuerdas .

A continuación se enumeran los datos que se requieren en cualquiera de las dos alternativas que se han mencionado .

Kilometraje del punto de inflexión (PI)

Deflexión total de la curva (Δt) .

Deflexión de la primera curva ($\Delta 1$) .

Radio de la primera curva (R1)

Radio de la segunda curva (R2)

Distancia entre cadenamientos cerrados (C) , el programa tiene de antemano el valor de 20.00 m. solo en caso de que se requiera otro valor será necesario especificarlo .

Los datos que se mencionaran a continuación solo será necesario especificarlo en el caso en que se requieran coordenadas de los cadenamientos cerrados .

Azimut de la tangente de entrada .

El vértice que corresponda al (PI) de la curva , el cual debe contener las coordenadas correspondientes a dicho vértice .

El número de vértice apartir del cual se grabaran las coordenadas de los cadenamientos cerrados .

Sentido de la curva (Derecha ó Izquierda) .

Los resultados que se obtienen al hacer uso de este subprograma son los siguientes .

El grado de ambas curvas (GC).

La deflexión por metro de ambas curvas (DXM).

El valor de ambas subtangentes (ST) .

Longitud total de las dos curvas (LC) .

Kilometraje del punto de comienzo de la curva (KM - PC) .

Kilometraje del punto de terminación de la primera curva (KM - CC) .

Kilometraje del punto de terminación de la curva (KM - PT) .

Valor de la cuerda entre cadenamientos cerrados , de acuerdo con el valor elegido .

Para cada uno de los cadenamientos cerrados , se obtiene su kilometraje , la longitud de la curva , el valor de la cuerda desde el PC hasta el cadenamiento en cuestión , la deflexión ; únicamente en caso de que sean deseadas las coordenadas serán calculadas y presentadas .

El algoritmo empleado para dar solución a este cálculo , así como las ecuaciones que se emplean en el mismo son muy parecidas a las usadas en el caso de la curva circular simple ; la única diferencia consiste en el cálculo de algunos de sus elementos los cuales se muestran en seguida para no ser repetitivo ; las ecuaciones que sean idénticas no se repetirán . y se podrán consultar en el subcapítulo de la curva circular simple .

El algoritmo que describe el cálculo de las coordenadas de los cadenamientos cerrados es tan similar al de la curva circular simple por tal motivo no se describirá para este subcapítulo .

Las variable que se ocupan para el cálculo de los elementos de la curva que difieren con la circular simple estan asociadas al esquema (IV . 17 . 1) y son .

$$\Delta 2 = \Delta t - \Delta 1$$
$$S1 = R1 \quad tan \quad 1/2\Delta 1$$
$$S2 = R2 \quad tan \quad 1/2\Delta 2$$

Haciendo uso de la ley de los senos tenemos las siguientes igualdades :

$$\frac{\overline{PI}-\overline{G}}{\text{sen}\,\Delta 2}=\frac{\overline{PI}-\overline{V}}{\text{sen}\,\Delta 1}=\frac{S1+S2}{\text{sen}(180-\Delta)}=\frac{S1+S2}{\text{sen}\,\Delta}$$

$$\overline{PI}-\overline{G}=\frac{\text{sen}\,\Delta 2*(S1+S2)}{\text{sen}\,\Delta}$$

$$\overline{PI}-\overline{V}=\frac{\text{sen}\,\Delta 1*(S1+S2)}{\text{sen}\,\Delta}$$

$$ST1=\overline{PI}-\overline{G}+ST1$$

$$ST2=\overline{PI}-\overline{V}+ST2$$

Las aplicaciones de este subprograma son iguales a las descritas en la curva circular simple , por lo que se remite a este capitulo .

Para hacer uso de este subprograma será necesario en la sección de curvas se elija la opción numero (2) que corresponde a la solución de curvas circulares compuestas

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de este subprograma , junto con el esquema (IV . 17 . 1) ; mismo que es la representación gráfica del ejemplo .

CURVA CIRCULAR COMPUESTA

DATOS:

Kilometraje del PI= 10+000.000
Deflexión total= 90 00 00.00
Deflexión 1° curva=54 00 00.00
Del PI y coordenadas del mismo= (199) (X)=5052.000 (Y)=9990.000
Distancia ente cadenamientos cerrados= 20.00m

Radio 1= 60
Radio 2= 116
Sentido de la curva= I
Azimut de la tangente de entrada= 120 00 00.00

RESULTADOS 1° CURVA:

Deflexión de la segunda curva= 36 00 00.00
Grado de la primera circular= 19 05 54.94
Deflexión por metro 1° circular= 00 28 38.87

Subtangente= 70.695
Longitud de curva= 56.549
Cuerda entre cadenamientos cerrados= 19.908

Kilometraje del PC= 9+929.305
Kilometraje del CC= 9+985.854
Kilometraje del PT= 10+058.739

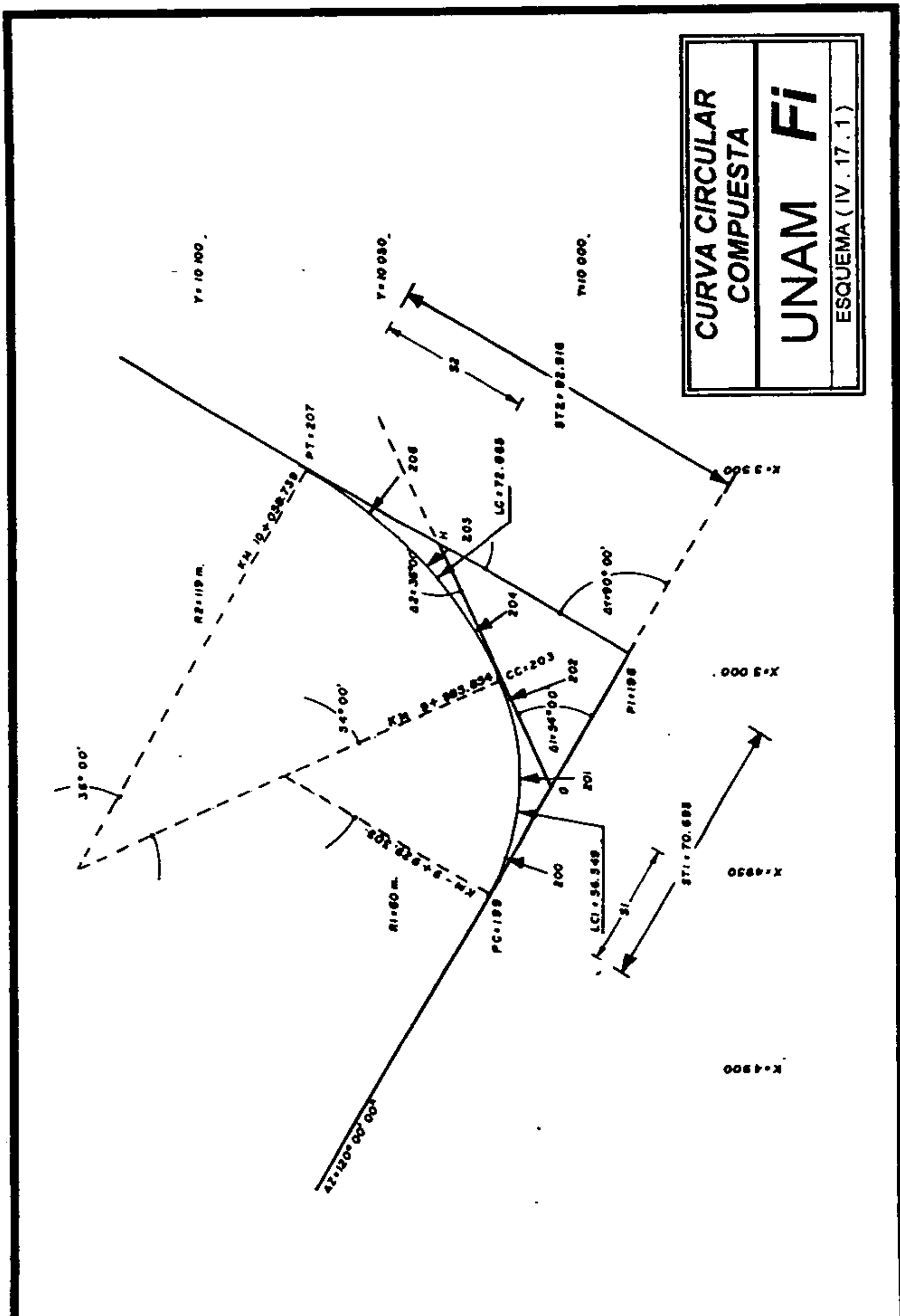
RESULTADOS SEGUNDA CURVA:

Grado de la segunda circular= 09 52 42.90
Deflexión por metro 2° circular= 00 14 49.07

Subtangente= 92.916
Cuerda entre cadenamientos cerrados= 19.975

Longitud de curva= 72.885

#DE PTO	CADENAMIENTO	LONGITUD DE CURVA	VALOR DE LA CUERDA	DEFLEXION	COORDENADAS EN (X)	COORDENADAS EN (Y)
PC-199	9+929.305	0	0		4990.776	10025.348
200	9+940.000	10.695	10.681	05 06 23.43	5000.465	10020.852
201	9+960.000	30.695	30.361	14 39 20.90	5020.055	10017.314
202	9+980.000	50.695	49.201	24 12 18.37	5039.725	10020.380
CC-203	9+985.854	56.549	54.479	27 00 00.00	5045.180	10022.497
204	10+000.00	14.146	14.138	03 29 37.16	5057.721	10029.024
205	10+020.00	34.146	34.023	08 25 58.61	5073.896	10040.744
206	10+040.00	54.146	53.656	13 22 20.05	5087.821	10055.066
PT-207	10+058.739	72.885	71.692	18 00 00.00	5098.457	10070.468


CURVA CIRCULAR
COMPUESTA
UNAM Fi
ESQUEMA (IV.17.1)

IV . 18 Curva Espiral .

Mediante el uso de este subprograma se podrá calcular curvas espirales cuando se tienen como datos el kilometraje del punto de inflexión (PI) , la deflexión total de la curva (Δt) y la velocidad de proyecto (Vp) .

Los resultados que se obtienen al hacer uso de este subprograma son los que a continuación se describen junto con las ecuaciones que se usan para su cálculo .

Las variables que se ocupan estan representadas en forma gráfica en el esquema (IV . 18 . 1) ; mismo que representa una curva espiral .

Primeramente deberán de elegirse dos parámetros los cuales dependen de la velocidad de proyecto y del criterio del proyectista ; los cuales son , el ancho de calzada (a) y (m) ; a continuación se presenta las tablas (IV . 18 . 1) y (IV . 18 . 2 .) , que contienen los valores recomendados de acuerdo con la velocidad del proyecto .

Velocidad (k.p.h.).	a
de 25 a 40	5.50
de 40 a 60	6.10
de 60 a 80	6.70
de 80 a 110	7.30

Tabla (IV . 18 1) .

Velocidad (k.p.h.).	m
25	54.20
30	58.37
35	62.53
40	66.70
45	70.86
50	75.03
55	79.19
60	83.36
65	87.52
70	91.69
75	95.85
80	100.02
85	104.18
90	108.35
95	112.51
100	116.68
105	120.84
110	125.00

Tabla (IV . 18 . 2) .

Para poder calcular el grado máximo aceptable para la curva circular (Gm) ; se debe calcular el radio mínimo (R m) mediante la siguiente ecuación :

$$Rm = 0.0282 * Vp^2$$

El grado máximo se calcula con la formula siguiente :

$$Gm = \frac{1145.92}{Rm}$$

El proyectista deberá elegir un grado de curvatura (Gc) , menor al grado máximo calculado tal que se ajuste a la geometría de las tangentes que se hayan proyectado .

Se sugiere en el programa la sobre elevación máxima del 12% (Sm) , aunque se da la opción de que se elija cualquier otro valor .

La sobre elevación que deberá tener la curva se calcula de la siguiente forma :

$$S = \frac{Gc}{Gm} * Sm$$

Se calcula la longitud de la espiral con los valores (a , m , S) ; haciendo uso de la siguiente ecuación .

$$Le = S * m * a$$

Se calcula el ángulo de la espiral " θe " .

$$\theta e = \frac{Le}{40} Gc$$

Se calcula (Xc) y (Yc) .

$$Xc = \frac{Le}{100}(100 - 0.003046\theta e^2)$$

$$Yc = \frac{Le}{100}(0.5817\theta e - 0.00001266\theta e^3)$$

Se calcula (P) y (K) .

$$P = Yc - Rc(1 - \cos\theta e)$$

$$K = Xc - Rc \quad \sin\theta e$$

Se calcula (Tc) según la siguiente expresión .

$$Te = (Rc + P)\tan\Delta t / 2 + K$$

La longitud de la curva circular es :

$$Lc = \frac{20\Delta c}{Gc} \qquad donde \qquad \Delta c = \Delta t - \theta e$$

Cálculo de kilometrajes :

KM TE = KM PI - Te

KM EC = KM TE + Le

KM CE = KM EC + Lc

KM ET = KM CE + Lc

Se divide la longitud de la espiral en 10 partes y se calcula (θ) para cada uno de los puntos .

$$\theta = \frac{\theta e}{Le^2} L^2 \qquad donde \quad (L) \quad ira \quad cambiando.$$

Se calcula para cada punto la deflexión (ϕ) .

$$\phi = \frac{\theta}{3}$$

En este subprograma no se desarrolla la forma en que se deducen las ecuaciones solo se explicara brevemente en que consiste una curva espiral .

El objeto principal de la curva espiral es el de pasar gradualmente de la tangente de entrada a la curva circular por lo que dicha espiral puede considerarse como una sucesión de curvas circulares simples cuyo radio disminuye al incrementar su longitud .

Cabe mencionar que este conjunto de segmentos circulares pose gran semejanza con la curva denominada " Clotoide " .

Con este paso gradual de la tangente a la circular se logra que el efecto de la fuerza centrifuga provocada por una curva a un vehículo en movimiento aminore su efecto .

Para hacer uso de este subprograma será necesario se elija la opción número (3) del menú de curvas .

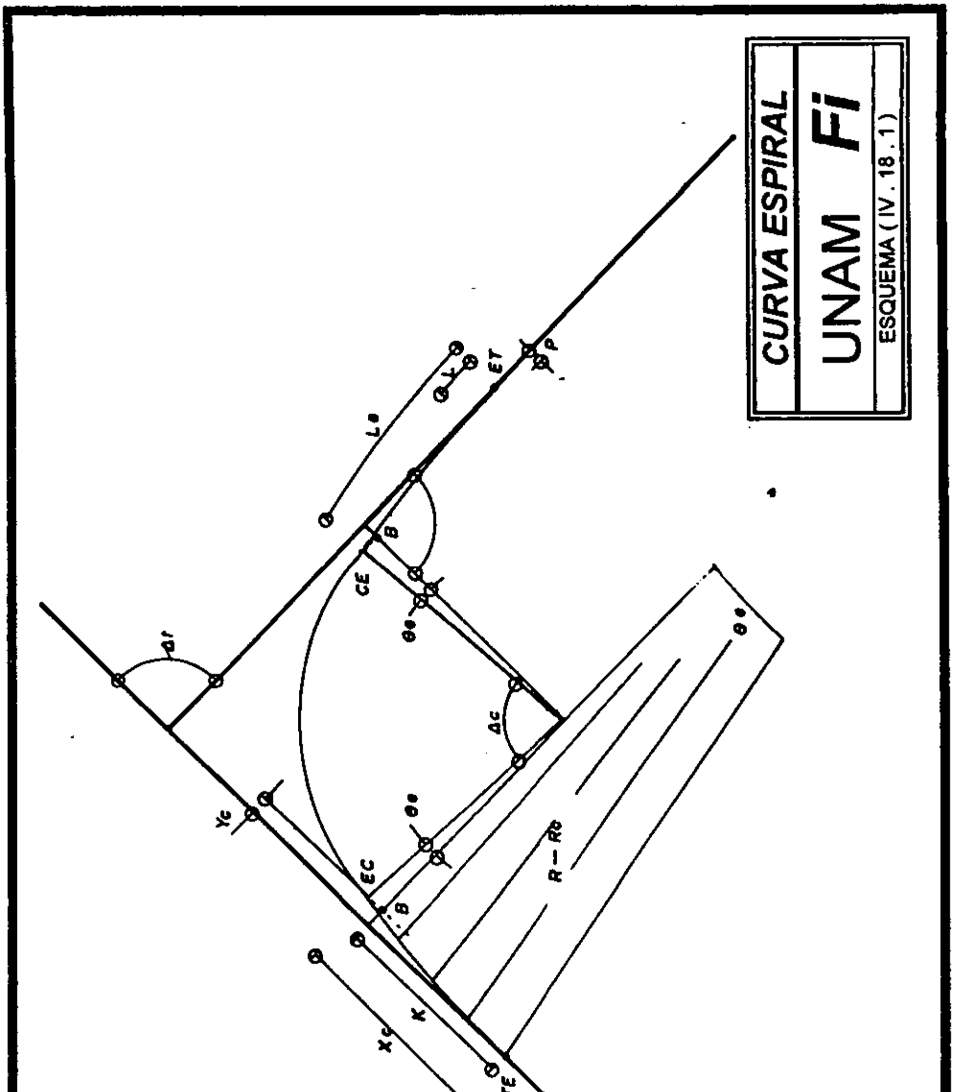
A continuación se presenta un ejemplo de aplicación ; junto con al figura (IV . 18 . 1) .

Ejemplo .

Datos
Km. del PI = 132+728.40 $\Delta t = 64° 40'$ Vp = 50 K .p. h.
Como la velocidad de proyecto es de 50 K . p . h . el valor correspondiente de (a) y de (m) tomado de las tablas es de :
a = 6.10 mts. y de m = 75.03

Resultados :
Radio mínimo = 70.5 mts .
Grado máximo (Gm) = 16° 15' 14.04"
De acuerdo alas condiciones geométricas del proyecto se adopta un grado de curvatura de 8° para la Curva circular .
Radio de la circular (Rc) = 143.239
Sobre elevación (S) = 5.9%
Longitud de la espiral (Le) = 27.032 mts .
Xc = 27.008 mts .
Yc = 0.8500 mts .
P = 0.2124 mts .
K = 13.512 mts .
Tangente de la espiral (Te) = 104.315 mts .
Deflexión de la circular (Δc) = 53° 51' 14.43"
Longitud de la curva circular (Lc) = 134.635
Kilometraje de la tangente espiral KM TE = 132+624.08
Kilometraje de la espiral circular KM EC = 132+651.12
Kilometraje de la circular espiral KM CE = 132+785.74
Kilometraje de la espiral tangente KM ET = 132+812.78
Valor de la longitud de la espiral entre 10 (L) = 2.704 mts .
Por último se obtienen los valores de L^2 , para poder calcular el valor de (θ y ϕ) de cada una de las diez partes en que se divide la espiral las que se muestran en la siguiente tabla .

L	θ	ϕ
2.704	00° 03' 15"	00° 01' 05"
5.408	00° 12' 59"	00° 04' 20"
8.112	00° 29' 12"	00° 09' 44"
10.816	00° 51' 55"	00° 17' 18"
13.520	01° 21' 07"	00° 27' 02"
16.220	01° 56' 49"	00° 38' 56"
18.930	02° 39' 00"	00° 53' 00"
21.630	03° 27' 40"	01° 09' 13"
24.340	04° 22' 50"	01° 27' 37"
27.040	05° 24' 29"	01° 48' 10"


CURVA ESPIRAL
UNAM
Fi
ESQUEMA (IV . 18 . 1)
Le
ET
TE
CE
EC
Yc
Xc
K
R — Rc
Δc
θe
B

IV . 19 Curva vertical .

Este subprograma da solución al cálculo de curvas verticales determinando los cadenamientos y cotas del vértice donde comienza la curva (PCV) , así como donde termina la misma (PTV) , además de calcular las cotas para todos los cadenamientos intermedios cerrados .

La curva vertical es una curva parabólica , que es de uso particularmente común en el trazo de caminos

El cálculo de curvas verticales es muy sencillo y basa su solución en la ecuación general de las parábolas , pero la determinación de la longitud mínima de las curva depende del tipo de camino que se este trazando así como de las condiciones que presenta la configuración del terreno de lo cual depende el trazo del proyecto .

Para hacer el programa versátil antes de hacer el cálculo de los elementos de la curva y de acuerdo con los datos con que se cuente y el uso que se le de al cálculo ; se tienen dos alternativas para determinar el radio de curvatura mínimo aceptable , la primera alternativa ocupa como datos la pendiente de entrada y salida , es una manera muy sencilla de calcular la longitud mínima pero que puede usarse para muchos tipos de caminos , la otra opción es hacer el cálculo tomando en cuenta otros factores tales como la velocidad de proyecto , el tiempo de reacción , las pendientes de entrada , de salida y el coeficiente de fricción longitudinal ; este cálculo es para el trazo de vialidades importantes carreteras autopistas vías rápidas etc.

Como es posible que algunos de estos datos sea desconocido se sugieren algunos valores para el tiempo de reacción (2.5 seg.) , el coeficiente de fricción (0.348) , los que aparecen entre paréntesis y son sugeridos para que sean usados cuando se desconozcan estos valores .

Con estos mismos datos que se han usado para determinar el valor de la longitud de la curva son los que se requieren para hacer el cálculo de las estaciones con cadenamientos cerrados ; solo se solicitan dos datos más que son la longitud total de curva , la cual puede ser la sugerida por el programa , o bien puede ser una longitud cualquiera definida por el usuario en base a las especificaciones propias de la obra , su criterio , determinada por las condiciones físicas del terreno etc. .

El algoritmo empleado para dar solución al cálculo de estas curvas , consiste primeramente en determinar el valor de la longitud mínima de la curva para lo que se cuenta con tres opciones , dos de ellas a través del cálculo , y otra en la cual se conoce o se calcula por otro medio el valor de la longitud de la curva

.

Las ecuaciones para determinar la longitud mínima son las que se presentan a continuación junto con la y figura (IV , 19 ,1) .

Hay dos formas de calcular la distancia minima de la curva ; la primera es :

LC=(PE-PS) 20.00

La segunda se calcula de la forma siguiente :

$$Dp = 0.278 \quad VP \quad TR + \frac{Vp^2}{254.88(f \pm PE)}$$

A=PE -PS

Calculo de la longitud minima para cuestas :

$$LC = 0.0025 \quad A \quad DP^2$$

Calculo de la longitud minima para columpio :

$$LC = \frac{A \quad DP^2}{120 \quad *3.5 \quad *DP}$$

El significado de las variables es :

PE - Pendiente de entrada .

PS - Pendiente de salida .

LC - Longitud de la curva .

DP - Distancia de parada .

VP - Velocidad de proyecto .

TR - Tiempo de reacción .

f - Coeficiente de fricción .

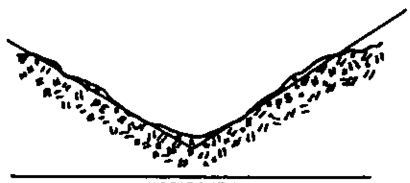


Figura (IV . 19 . 1)

Después de conocer el valor de la longitud de la curva , se calcula el número de estaciones cerradas de acuerdo con la distancia entre cadenamientos que se ha elegido .

$$N = \frac{L}{C}$$

Si (N) es fraccionario se le suma uno y si el resultado a su vez es un número impar se le suma también uno .

Posteriormente se presenta la longitud de la cuerda tomando en cuenta el número de cadenamientos cerrados .

Para realizar el cálculo de las estaciones de la curva , se solicita el valor de la longitud de esta que se determina tomando en cuenta las razones que ya se han expuesto .

Se calcula el valor de la constante K ; el kilometraje y la cota del (PCV) , mediante las siguientes ecuaciones .

$$KM\text{-}PCV = KM\text{-}PIV - 0.5 * Lc$$

$$ELEV\text{-}PCV = ELEV\text{-}PIV + (g1 * 0.5\,Lc)$$

$$K = \frac{A}{10 * N}$$

Para hacer el cálculo de los elementos de cada uno de los cadenamientos cerrados se repite de manera reiterativa el uso de las siguientes ecuaciones .

dx = distancia del PCV al cadenamiento que se calcula .

n = número de estaciones con cadenamiento cerrado que hay hasta el cadenamiento que se calcula .

$$ELEV\text{-}TAN\ g1 = ELEV\text{-}PCV + (g1 * dx)$$

$$Y(x) = K * n\text{^}2$$

$$ELEV\text{-}(x) = ELEV\text{-}TAN\ g1 \ {+}{-}\ Y(x)$$

El signo para sumar o restar el valor de Y(x) depende de si la curva es en columpio o en sima lo cual se determina observando si (g1) es mayor que (g2) lo que indica que la curva esta en sima . en el caso contrario está en columpio .

En la figura (IV . 19 . 2) . se presentan los elementos que intervienen en el cálculo de los elementos de la curva y a su vez son la representación gráfica del ejemplo que muestra el uso de este subprograma .

Las curvas parabólicas se emplean normalmente para obtener una transición más gradual entre lineas rasantes y subrasantes en el plano vertical , en el caso de carreteras o vías férreas , también son empleadas en el caso de curvas horizontales para efectos estéticos motivo por el cual el valor entre cadenamientos cerrados puede cambiar y se deja a la elección del usuario . para que sea ocupado el que se adecue más a las necesidades imperantes .

Para hacer uso de este subprograma será necesario que en la sección de curvas se elija la opción (4) que corresponde al cálculo de los elementos necesarios para el trazo de curvas parabólicas .

A continuación se muestra un ejemplo de aplicación de este subprograma cuyos datos se tienen en forma gráfica en la figura (IV . 19 . 2) .

DATOS

km-PIV=646.10 | Elev PIV = 1364.50 | Velocidad de Proyecto =70

Pendiente entrada = +3.5 % | Pendiente salida = -1.75% | Tiempo de reacción =2.5 seg.

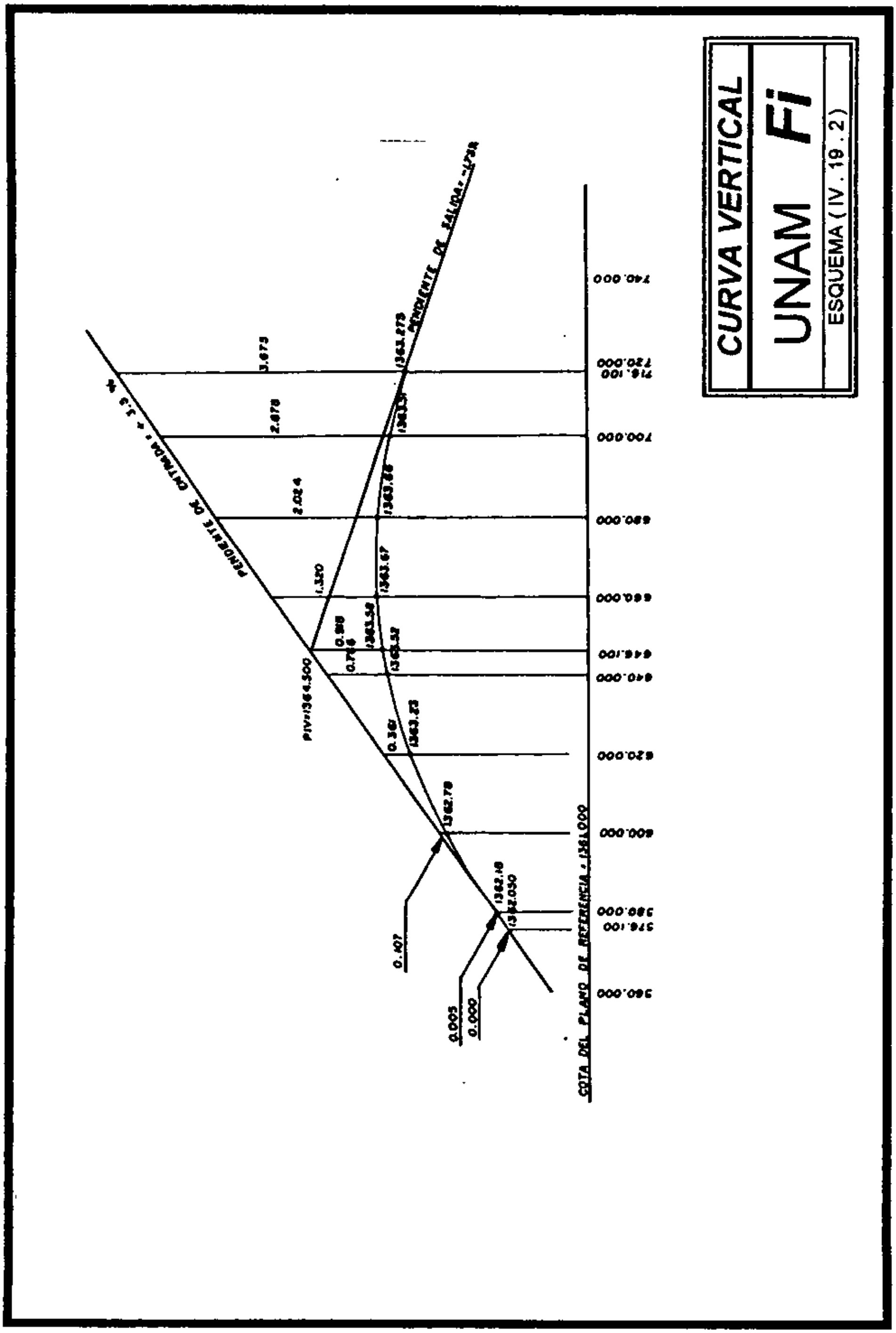
Coeficiente long. de fricción = 0.348

RESULTADOS:

A = 5.25% | Long. de la curva = 128.23 | Longitud Propuesta = 140

Numero de estaciones =7 | Valor del parámetro k= 0.075

Kilometraje	Cotas tg. de entrada.	n	n^2	Y	Cotas curva
576.100	1362.050	0.000	0.000	0.000	1362.050
580.000	1362.190	0.195	0.038	0.003	1362.180
600.000	1362.890	1.195	1.428	0.107	1362.780
620.000	1363.590	2.195	4.818	0.361	1363.230
640.000	1364.290	3.195	10.280	0.766	1363.520
646.100	1364.500	3.500	12.250	0.918	1363.580
660.000	1364.990	4.195	17.598	1.320	1363.670
680.000	1365.690	5.195	26.988	2.024	1363.660
700.000	1366.390	6.195	38.378	2.878	1363.510
716.100	1366.950	7.000	49.000	3.675	1363.275


CURVA VERTICAL
UNAM Fi
ESQUEMA (IV.19.2)
PIV=1364.500
560.000
576.100
580.000
600.000
620.000
640.000
646.100
660.000
680.000
700.000
716.100
720.000
740.000

IV . 20 Cálculo del radio de curvatura cuando se tiene un punto obligado .

Este subprograma es muy sencillo pero resuelve un problema que se presenta con frecuencia en el trazo de curvas horizontales cuando se conoce la deflexión de una curva y hay un vértice obligado por donde debe de pasar esta .

Como datos necesarios para poder determinar el radio de la curva circular que cumpla con las condiciones que se han mencionado , es necesario conocer el ángulo que existe entre la tangente de entrada y la recta que une el punto de inflexión vertical (PIV) , con el punto obligado así como la distancia de esta última recta .

Como resultado de este subprograma solo se obtendrá el radio de la curva circular que cumple con las condiciones .

El algoritmo empleado consiste en hacer uso de las ecuaciones (IV , 20 , 1) que estan relacionadas con el dibujo identificado con el mismo número , en donde se presentan las variables que son ocupadas en las ecuaciones .

$$R = \frac{\text{SEN PV}}{1 - \text{COS}\ (\ \alpha - \theta\ )}$$

$$\text{COS}\ \alpha = \frac{\text{COS}\ (\ \theta + 1/2\ \Delta\ )}{\text{COS}\ 1/2\ \Delta}$$

Ecuaciones (IV , 20 , 1) .

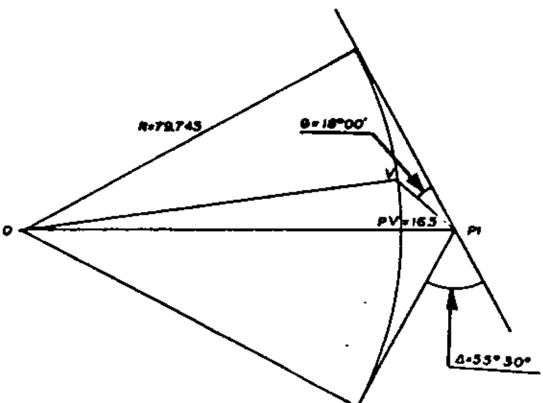


Figura (IV . 20 . 1)

La aplicación de este subprograma es determinar el radio de una curva que conecta dos tangentes establecidas y debe pasar por un punto fijo como podía ser el caso de un paso a desnivel , elevado o subterráneo , un puente existente etc.

A manera de ejemplo para el uso de este subprograma se presenta el siguiente cuya representación gráfica es la figura (IV . 20 . 1) .

Datos :
VALOR DEL ÁNGULO θ = 18° 00′ 00.00"
VALOR DEL ÁNGULO Δ = 55° 30′ 00.00"
DISTANCIA ENTRE EL PIV Y EL PUNTO OBLIGADO = 16.50

Resultados :
VALOR DEL RADIO = 142.250

Par hacer uso de este subprograma será necesario elegir de la sección de topografía la opción (5) que corresponde a la determinación del radio de curvatura cuando se tiene un punto obligado .

IV . 21 Cálculo de diversos elementos de una curva .

Cuando se trazan caminos , en ocasiones se desconocen algunos datos que son necesarios en campo ya sea para hacer algún trazo o verificación del mismo ; en ocasiones por las condiciones del terreno es mas fácil determinar otros elementos a través de los cuales se calcula el dato que nos interesa , o bien se debe de cumplir con ciertas condiciones que se deben respetar . Por ello en este subprograma se tienen diez opciones , que proporcionan como resultados diversos elementos ; teniendo también distintos datos .

Para cada una de estas opciones se ocupan diversas ecuaciones , la descripción de estas se expresan en la tabla (IV . 21 . 1) , en ella las columnas contienen el número de opción que corresponde al subprogama , los datos que se requieren , la ecuación que le da solución , los resultados que se obtienen ; en el mismo orden con que se acaban de describir .

En las columnas donde se describen los datos y resultados que se requieren ; se les asignan a las variables , valores numéricos , que corresponden a el ejemplo de uso de cada opción que proporciona esta sección del programa .

Es importante hacer notar que todas las variables que representan valores angulares en las ecuaciones expuestas estan en radianes , aunque esto no significa que al hacer uso del programa los datos tengan que ser expresados en estas unidades , ya que como en todos los subprogramas , se respetaran las unidades que se hayan elegido en la sección correspondiente a la elección de las mismas . La razón por la que se han elegido estas unidades en la presentación de las fórmulas , es que el programa siempre transforma los datos angulares a estas y en la codificación de las ecuaciones . .los valores angulares siempre son radianes .

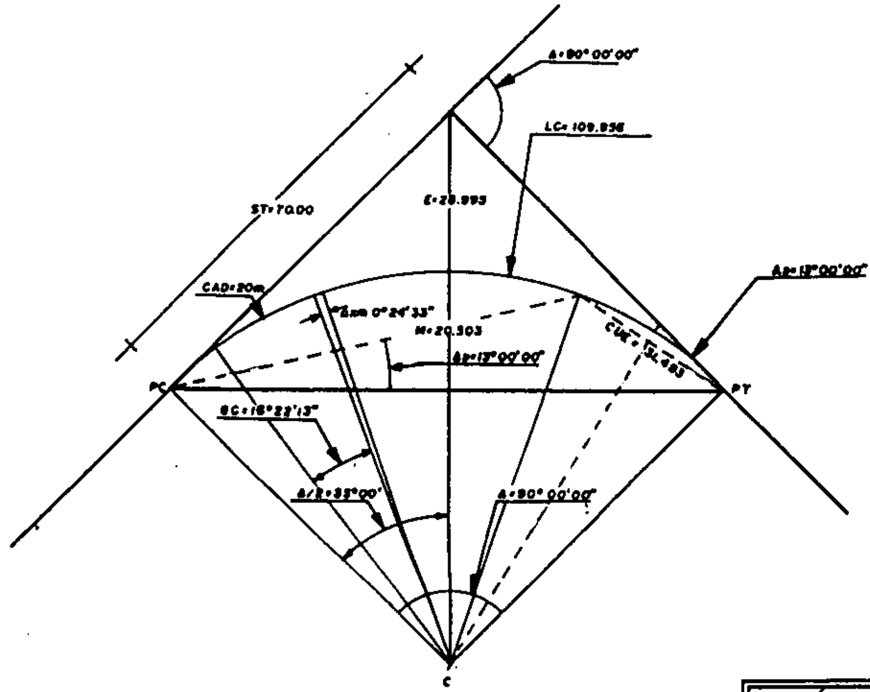
La representación gráfica de las variables usadas en las fórmulas estan indicadas en la figura (IV . 21 . 1) donde también se desarrolla la deducción de las fórmulas que dan solución a los problemas planteados.

Una característica particular del programa al momento de determinar elementos como el grado , la deflexión por metro y todas aquellas ecuaciones donde intervenga el valor entre cadenamientos cerrados , se solicita este ; ya que el programa no se limita ha considerar el cadenamiento cerrado con un valor de veinte metros , como por lo regular se adopta en el trazo de carreteras , en ocasiones este valor no será conveniente , por ejemplo si se trata de una curva muy pequeña , la longitud entre cadenamientos cerrados tendrá que ser menor para poder describir la curva .

La característica que se ha mencionado obliga que las ecuaciones difieran un poco de las tradicionales para el cálculo de curvas ya que el cadenamiento cerrado no se esta considerando la constante de veinte metros dejándola como una cantidad que se debe especificar.

Para hacer uso de este subprograma será necesario que de la sección de curvas se elija la opción seis que es la que le corresponde a la determinación de diversos elementos de una curva ; dentro de esta se deberá elegir cualquiera de las diez opciones con que cuenta este ; eligiéndolo a través del número que corresponda al cálculo que se desea .

OPCIÓN	DATOS REQUERIDOS		ECUACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS	
1	Δ R	90° 00´ 00.00" 70.000	$LC = \Delta * R$	LC	109.956 m.
2	CAD Δ Gc	20.000 90° 00´ 00.00" 16° 22´ 12.80"	$LC = \frac{CAD * \Delta}{Gc}$	LC	109.956 m.
3	CAD R	20.000 70.000	$Gc = \frac{CAD}{R}$	Gc	16° 22´ 12.80"
4	CAD Gc	20.000 16° 22´ 12.80"	$R = \frac{CAD}{Gc}$	R	70.000 m.
5	R Δ	70.000 90° 00´ 00.00"	$E = R\left[\left(\frac{1}{COS(\Delta/2)}\right) - 1\right]$	E	28.995 m.
6	R Δ	70.000 90° 00´ 00.00"	$M = R(1 - COS(\Delta/2))$	M	20.503 m.
7	Gc CAD	16° 22´ 12.80" 20.000	$Dxm = \frac{1/2Gc}{CAD}$	Dxm	0° 24´ 33.32"
8	R Δ	70.000 90° 00´ 00.00"	$ST = TAN(\Delta/2) * R$	ST	70.000 m.
9	R Δp	70.000 13° 00´ 00.00"	$CUE = 2*R*SEN(\Delta p)$	CUE	31.493 m.
10	LCp R	31.765 70.000	$\Delta p = LCp / R$ $CUE = 2*R*SEN(\Delta p*2)$	CUE	31.493 m.



CÁLCULO DE DIVERSOS ELEMENTOS DE UNA CURVA

UNAM **Fi**

ESQUEMA (IV . 21 . 1)

IV . 22 Corrección a observaciones por refracción paralaje y temperatura .

En este subprograma se corrigen las observaciones hechas a los astros para obtener las alturas o direcciones verdaderas de estos .

El determinar la orientación de una linea es de las actividades de la astronomía de posición que más comúnmente se ocupan en la topografía ; el último subprogrma determina el azimut de una línea por medio de observaciones que se realizan al sol ; dichas observaciones deberán ser corregidas por refracción , paralaje y semi diámetro ; que son las tres correcciones que efectúa este subprograma .

Aunque no sea necesario hacer todas las correcciones por que no se requiera o bien porque no se cuente con todos los datos necesarios , se realizan siempre las tres correcciones aunque algunas de estas sean nulas , esto se debe a que para poder calcular el valor verdadero de posición del sol se le sumaran a los datos las tres correcciones .

Los datos que se requerirán dependerán de las correcciones que se desean realizar ; es conveniente aclarar que los datos deberán estar en las unidades y sistema de referencia que se haya elegido en la sección de unidades .

Para calcular la corrección por refracción se requiere de el ángulo vertical , además de la temperatura y la presión , si no hay el instrumental para determinar estos valores podrán ser estimados , la temperatura se puede calcular y como una aproximación de la presión atmosférica podría proporcionarse la altitud del lugar , o bien si no se desea dar estos valores en forma aproximada se pueden omitir , en cuyo caso será calculado el valor de la refracción media la cual considera la temperatura igual a cero grados centígrados y la presión atmosférica de setecientos sesenta milímetros de mercurio .

Para calcular la corrección por paralaje solo es necesario conocer el ángulo vertical del sol , es conveniente recordar que esta corrección solo es aplicada a observaciones hechas a este astro , ya que si se trata de algún otro , esta corrección es prácticamente cero si este es el caso habrá que indicar que la observación no es al sol cuando lo solicite el subprograma .

La corrección por semi diámetro también es aplicable únicamente al sol , se requieren como datos el ángulo vertical al sol y su azimut , así como el valor del semi diámetro , el cual deberá ser consultado en un anuario ; si la corrección no se realiza a observaciones hechas al sol bastará con dar el valor de cero al semi diámetro del sol .

Como cada corrección es distinta se describirán las ecuaciones que les dan solución en el orden en que son presentadas en el programa . En cada caso se presentara un diagrama que muestra el origen de cada corrección así como la deducción de las ecuaciones y una breve explicación de su uso.

La corrección por refracción esta motivada por el fenómeno físico que provoca que un rayo de luz que sea desviado al pasar de un medio a otro de densidad distinta .

En el caso particular de los astros el rayo de luz que viaja en el vacío es desviado al entrar en la atmósfera , la cual tiene una densidad distinta ; esto provoca que la posición aparente del astro se aproxime más a la vertical del observador ; lo que origina que la corrección sea aditiva en el caso de la distancia cenital y negativo cuando se miden alturas .

El estudio físico matemático de este fenómeno es muy complejo así que solo se describirá en forma elemental , par ello servirá de apoyo la figura (IV . 22 . 1) , junto con las ecuaciones y deducciones que se le asocian .

Esta figura supone que la tierra es plana que la atmósfera y el vacio estan perfectamente definidos el haz luminoso del astro incide en el punto (B) y se refracta haciendo que el astro este en la dirección (O'S') que es donde se encuentra en forma aparente el astro .

De la figura se tiene que :

$$Z = Z' + R \qquad \text{o'}$$
$$A = A' - R$$

De acuerdo con las leyes de la refracción se tiene que :

$\mathrm{SEN}\ Z' = \mu\ \mathrm{SEN}\ Z$ *Donde :*

$\mu = 1.000294$ *y es el coeficiente de refracción atmosférica cuando la temperatura es de (0° C) y la presión es de 762 mm/hg .*

$$\mathrm{SEN}\ (Z+R) = \mu\ \mathrm{SEN}\ Z$$
$$\mathrm{SEN}\ Z \cdot \mathrm{COS}\ R + \mathrm{COS}\ Z \cdot \mathrm{SEN}\ R = \mu\ \mathrm{SEN}\ Z$$

Cuando R es muy pequeño se tiene :

$\mathrm{SEN}\ R = R$ *y* $\mathrm{COS}\ R = 1$ *y entonces*

$$\mathrm{SEN}\ Z + \mathrm{COS}\ Z \cdot R = \mu \cdot \mathrm{SEN}\ Z$$
$$\mathrm{COS}\ R = (\mu - 1) \cdot \mathrm{SEN}\ Z$$
$$R = [(\mu - 1) \cdot \mathrm{SEN}\ Z] / \mathrm{COS}\ Z$$
$$R = (\mu - 1) \cdot \mathrm{TAN}\ Z$$

(Refracción Media) $R = 0.000294 \cdot \mathrm{TAN}\ Z$

Como la refracción varia en función de la temperatura y la presión habrá que aplicarles los siguientes factores :

Factor Barométrico $B = P / 762$

Factor Termométrico $T = 1 / (1+0.004 \cdot t)$

Finalmente la ecuación queda $R = 0.000294 \cdot \mathrm{TAN}\ Z \cdot B \cdot T$

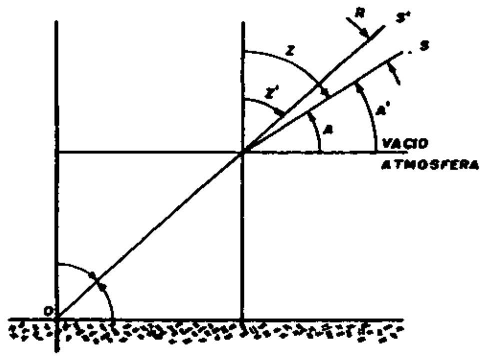


Figura (IV .22 . 1)

Corrección por paralaje ; los datos que se observan son medidos desde la superficie de la tierra y debe aplicárseles una corrección para que este quede referido al centro de la tierra , el cual constituye el centro del sistema de referencia , la figura (IV. 22 . 2) muestra en forma gráfica el fenómeno de la paralaje al cual se asocian el desarrollo matemático que se usa para determinar la formula que determina el valor de la corrección

De la figura tenemos :

$$\frac{SEN\ P}{O\text{-}CT} = \frac{SEN\ (180-Z)}{S\text{-}CT}$$

Donde $O\text{-}CT$ = *Radio Terrestre*
$O\text{-}CT$ = *6378 Km.*
$S\text{-}CT$ = *Distancia promedio de la tierra al sol .*
$S\text{-}CT$ = *149500000 Km.*

$$SEN\ P = \frac{O\text{-}CT\ SEN\ (180 - Z)}{S\text{-}CT}$$

$$SEN\ P = \frac{6378}{149500000} * SEN\ Z$$

$$P = 0.000043986206\text{9}\ SEN\ A$$

De manera análoga se procede para determinar el valor del ángulo paraláctico cuando conocemos la altura ; quedando como sigue :

$$P = 0.0000439862069 * COS\ A$$

La constante esta expresada en radianes , esto es importante porque los cálculos en al computadora se hacen en estas unidades y posteriormente se transforman .

Si las ecuaciones se expresen en segundos quedan como sigue :

$$P = 8.8 * SEN\ Z$$
$$P = 8.8 * COS\ Z$$

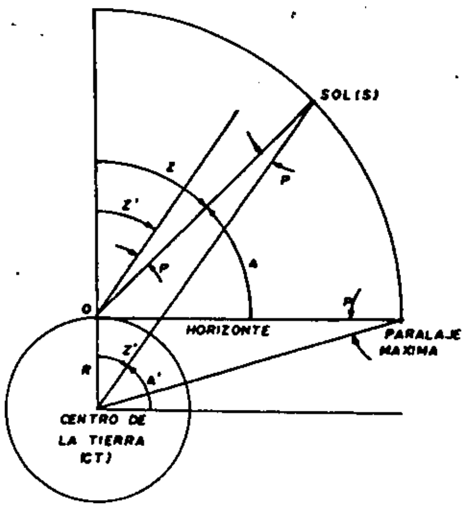


Figura (IV . 22 . 2)

La corrección por semi diámetro se aplica a los astros cuyo diámetro aparente es muy grande ya que de ellos se observa un limbo , nos estamos refiriendo en especifico al sol y la luna .

Se aplica esta corrección a las alturas cuando se observa al limbo superior (positivo) o inferior (negativo) y a los azimutes cuando se observa el limbo izquierdo (positivo) y derecho (negativo) ; en la figura (IV . 22 . 3) se muestra gráficamente el fenómeno que da origen a esta corrección así como la deducción de sus fórmulas .

Para corregir las alturas se tiene :

$$Sm = Ss - 1/2 * d$$
$$Sm = Si - 1/2 * d$$

Si fuesen distancias zenitales solo Cambian los signos .

Para las alturas se tiene :

$$AZ = AZ \ (+-) \ \delta AZ$$

Por la ley de senos :

$$\frac{SEN \ \delta AZ}{SEN \ 1/2 \ d} = \frac{SEN \ Z}{SEN \ 90^\circ}$$

$$SEN \ \delta AZ = \frac{SEN \ 1/2 \ d * SEN \ Z}{SEN \ 90^\circ}$$

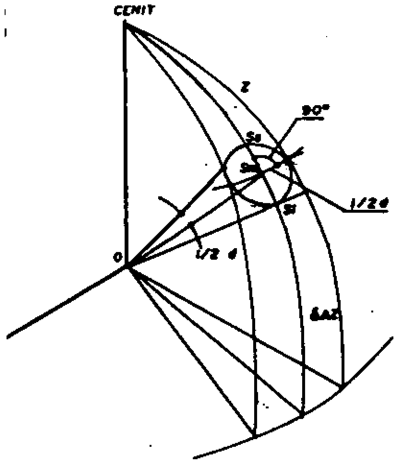


Figura (IV . 22 . 3)

En las observaciones solares es común eliminar las correcciones por semi diámetro cuando se observa en ambos lados del sol en un tiempo pequeño y tomando los promedios , ya que el sol ha variado muy poco los promedios de las observaciones que corresponden al promedio .

Como podemos observar las correcciones que se calculan en este subprograma estan encaminadas fundamentalmente a corregir las observaciones que se realizan al sol ya que el programa del subcapitulo (IV , 24) , requiere de que los datos que se proporcionen estén corregidos , para poder determinar el azimut de una línea .

La corrección por refracción será aplicable a la observación de cualquier astro , mientras que la del paralaje y semi diámetro solo cuando se trate de observaciones al sol , pudiendo estas ser iguales a cero ya sea porque se observa a otro astro que no sea el sol , o por el método que se ha empleado , el siguiente ejemplo es una muestra de aplicación de este subprograma , en donde se determinaran la altura y azimut verdaderos del sol .

Para hacer uso de este subprograma hay que elegir en la sección de astronomía la opción dos que corresponde a la corrección a observaciones hechas al sol o a un astro cualquiera .

IV . 23 Actualización de anuarios .

Este subprograma se encarga de actualizar las declinaciones del sol contenidas en un anuario de un año cualquiera ; al valor que corresponde al de la fecha en que se realiza la observación .

Como datos para hacer uso de este subprograma son necesarios los siguientes , la fecha y hora del levantamiento , el año del anuario que se ocupa , la declinación la variación horaria que contiene el anuario : se obtienen como resultados la diferencia de horas , la corrección que se le aplica ala declinación , y el valor de la misma corregida .

El algoritmo usado para dar solución a este problema es la aplicación de las ecuaciones que se describen a continuación ; en esta descripción se detalla el fundamentando y origen de las mismas .

Para determinar la declinación del sol de un año determinado , haciendo uso de un anuario que no corresponda al año en que se realiza la observación , deben determinarse el número de horas que deben agregarse a la de observación para obtener aquella en la cual el sol ocupe la misma posición que tenia en el año del anuario .

Si el año trópico se compusiera exactamente de trescientos sesenta y cinco días las mismas tablas podrían servir para todos los años , pero como este es igual a 365.2422 días es decir +5.813 horas hay que tomar en cuenta esta fracción .

Tomando como base el año del anuario se ve que a las 5.813 horas del primero de enero del año siguiente , habrá terminado el año trópico así que restando este valor a la hora de observación se obtendrá la hora a la cual en la misma fecha el valor de la declinación del anuario será igual a la que se busca .

Cuando el año que sigue al anuario es bisiesto se intercala un día que es el de la fecha del 29 de febrero , así que para las fechas comprendidas entre el primero de marzo al 31 de diciembre habrá que agregar por esta causa 24 horas a la observación .

Si el año no es bisiesto no se hubiera intercalado un día ; por tal motivo el segundo año trópico apartir del anuario haría terminado alas 11.626 horas (5.813+5.813); del primero de enero del segundo año después del anuario . Pero si el siguiente año al del anuario es bisiesto , se tendría que haber agregado 24 horas en el 29 de febrero de año siguiente al del anuario , y el segundo año trópico terminara el dia primero de enero a las 12.374 horas resultado que surge de restar 5.813 horas y sumarle 24 , en el primer año . la resta por cambiar de año , y la suma por el día que se intercala por ser año bisiesto , además de restar nuevamente 5.813 horas del segundo año .

Las reglas que determinan el número de horas que difiere la terminación del año trópico con el civil , misma que se necesita para poder actualizar el anuario son :

Para las fechas del primero de marzo al 31 de diciembre de los años bisiestos ; y durante todas las fechas de los años comunes , la corrección en horas que habrá que aplicarle al año juliano para obtener la hora del año trópico es :

$$C = 24N - 5.813n$$

Donde:

n = Número de años entre el anuario y el día de la observación

N = Número de años bisiestos entre el año de observación y el del anuario .

C= Corrección .

Si la fecha fuera del primero de enero al 28 de febrero de los años bisiestos hay que restar 24 horas a C transformándose la ecuación anterior en la siguiente :

$$C = 24(N-1) - 5.813\,n$$

Para encontrar la declinación en la fecha del 29 de febrero de los años bisiestos se toma la declinación del primero de marzo y se le aplica la corrección correspondiente al periodo comprendido del 1° de enero al 28 de febrero .

Es conveniente hacer la aclaración de que los anuarios en general estan referidos al meridiano 90 WG que es el meridiano que rige la mayor parte de la república Mexicana ; pero si la hora de paso esta referida al meridiano de Greenwuich , habrá que sumarle seis horas , por el mismo motivo si se usa otro meridiano como es el 105° que es el que rige al estado de Baja California habrá que agregar siete horas si se refiere al de Greenwuich o una si es el 90° .

Por último para encontrar la declinación del sol que es lo que se persigue en este subcapítulo , se tendrá que observar el número de horas que difiere el año trópico con el año civil , y se multiplica por la variación horaria y se suma algebraicamente al valor de la declinación con la que se obtiene la declinación corregida a la hora de observación .

El siguiente es un ejemplo que muestra el uso de este subprograma.

AÑO DE LA OBSERVACIÓN ? 1991

MES DE LA OBSERVACIÓN ? 11

AÑO DEL ANUARIO ? 1990

LA DIFERENCIA EN HORAS Y DÉCIMAS DE HORA PARA ACTUALIZAR EL ANUARIO ES -5.81316

HARÁ DE OBSERVACIÓN (H , M , S) .? 10

? 15

? 17

HORA QUE MARCA EL ANUARIO PARA LA EFEMÉRIDES QUE SE ACTUALIZA (H , M ; S) ? 11

? 43

? 36

VALOR DE LA EFEMÉRIDES QUE SE ACTUALIZA EN (H , M , S) ?15

? 45

? 30

VARIACIÓN HORARIA MARCADA EN EL ANUARIO (H , M , S) ? 0

? 0

? -45.6

VARIACIÓN DEL TIEMPO EN HORAS Y DÉCIMAS DE HORA -7.28510

LA EFEMÉRIDES CORREGIDA ES 15 g 51 m 02.20s

CONTINUAR (N) ? N

IV . 24 Cálculo del azimut por observaciones al sol .

En este subprograma se determina la orientación de una recta , a través de la determinación de la orientación del sol , por medio de observaciones que se realizan al mismo .

Para determinar la orientación de una recta se necesitan como datos , el ángulo entre la señal y el sol , medido en el sentido de las manecillas del reloj con el origen del circulo horizontal en la señal y la lectura que corresponda a la dirección que tenga el sol en el momento de la observación ; el ángulo vertical del sol el cual podrá tener como sistema de referencia , cualquiera de los cuatro con los que cuenta el programa ; la latitud del lugar la cual podrá consultarse en alguna carta topográfica o bien determinarse por otro medio ; la declinación del sol para el momento de la observación el cual podrá ser obtenido al hacer uso del subprograma de actualización de anuarios y por ultimo si la observación se ha hecho por la mañana o por la tarde .

Como resultados en este subprograma se obtendrá la orientación de la línea asi como la orientación del sol en el momento de la observación .

El algoritmo para dar solución al problema , es tan sencillo como recibir los datos que se han mencionado y a través de la ecuación (IV . 24 , 1) , encontrar el valor del ángulo (A) , que aparece en la figura (IV. 24 . 1) a través del cual se calcula el azimut del sol . y con el ángulo que existe entre la referencia y el sol se determina la dirección de la línea de referencia ; las ecuaciones y condiciones que se observan para este cálculo así como el ejemplo de uso del subprograma estan asociadas a la figura antes mencionada .

El cálculo del azimut de una línea es una tarea que se presenta con suma frecuencia en los trabajos de topografía , este subprograma tiene la propiedad de que se puede elegir el sistema de referencia y las unidades que mas se ajusten a las necesidades del usuario ya que se tienen diversos sistemas de referencia para los ángulos , así como distintos sistemas de unidades tanto para la recepción de datos así como para la presentación de resultados .

Este subprograma por lo regular necesitará de los subprogramas de la sección de astronomía los cuales nos sirven para corregir las observaciones que se realizan directamente en campo , tal es el caso de corrección por refracción paralaje , y semidiámetro , así como también la necesidad de obtener la declinación del sol en le momento de la observación para el día indicado .

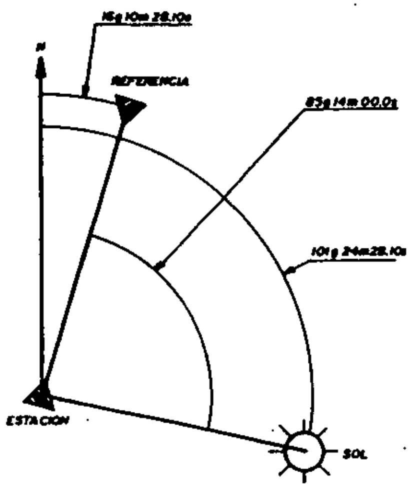


Figura (IV . 24 . 1)

$2S = (\alpha + \phi + \beta)$

$$\sqrt{\frac{SEN(S-\alpha)*SEN(S-\phi)}{COS(S-\phi)*COS(S)}}$$

Siendo :

α = ángulo vertical .
ϕ = latitud del lugar .
β = declinación del sol es decir 90°- δ
A = orientación del sol .

Si las observaciones se hacen en la mañana :
OR EST-PO = A - ANG. PO-SOL

Si la orientación se realiza por la tarde :
A = 360° - A
OR EST-PO = A + ANG. PO-SOL

Para obtener los mejores resultados en este subprograma es necesario tomar en cuenta las características que se mencionan a continuación , cuando el azimut del sol es muy grande este método es muy recomendable ; razón por la cual las observaciones deberán hacerse o muy temprano o muy tarde evitando las observaciones entre las 10:00 y las 14:00 hrs. esto se debe a que un error de 1' en la latitud genera un error de hasta 4' o 5' en el azimut , mientras que si se observa alrededor de las 9:00 o las 15:00 hrs. el error solo será. de 1' ; reduciéndose si la observación se hace antes o después de las horas que se acaban de mencionar .

Para hacer uso de este subprograma será necesario que en la sección de astronomía se elija la opción (3) que corresponde al cálculo de la orientación de una línea por medio de observaciones al sol.

A continuación se muestra un ejemplo de aplicación de este subprograma .

Las unidades del ejemplo son , para los ángulos grados , minutos , segundos ; las direcciones azimutes , el sistema de referencia para los ángulos verticales alturas .

```
ÁNGULO    SEÑAL    SOL    ( G , M , S )  ?  85
?  14
?  00
ÁNGULO  VERTICAL  AL  SOL  ( G , M , S )  ?  40
?  18
?  06
LATITUD    DEL    LUGAR    ( G , M , S )  ?  18
?  47
?  50
DECLINACIÓN    DEL    SOL    ( G , M , S )  ?  3
?  45
?  43.98
LA OBSERVACIÓN SE REALIZA ( 1 )  AM  ( 2 )  PM  ?  1
LA ORIENTACIÓN   DEL   SOL   ES  =  101g  24m  28.10s.
LA ORIENTACIÓN DE LA LÍNEA ES  =   16g  10m  28.10s.
CONTINUAR (S/N)  ?  N
```

IV . 25 Anexo .

En este anexo se incluye un disco para computadora que contiene el copilador de (GW BASIC) , así como la codificación de los programas que contiene esta tesis bajo el nombre de (TOP . EXE) , el cual es el programa ejecutable que nos permite hacer los cálculos que se mencionaron a lo largo de este trabajo.

Si desea tener informacion del disco que contiene el programa favor de comunicarse al 8 45 14 72 con Sergio de la Peña Z.

CAPITULO V

Conclusiones .

En la actualidad es muy importante encontrar medios que permitan mayor productividad en cualquier actividad profesional o trabajo ; esto es posible en la topografía a través de la innovación en métodos o equipos de trabajo y últimamente con la aparición de los sistemas de computo se , han elaborado sistemas que permiten conocer resultados directamente en campo , o bien permiten registrar los datos para hacer un proceso automático de la información de forma posterior ; lo que permite abreviar tiempo y ser mas competitivo .

A través de los programas y subrutina que contiene este trabajo se pretende obtener en el mismo campo los resultados que a menudo son procesados hasta la oficina , dichos resultados son grabados en registros en el medio electrónico empleado , para que estos puedan ser usados en cálculos posteriores ya sea en este u otro medio de procesamiento electrónico de datos .

El programa esta codificado para poder ser leído por muchos medios electrónicos , desde calculadoras de bolsillo , colectores de datos . computadoras , para hacerlo adaptable y versátil ; aunque tiene la desventaja de que el equipo debe cumplir con las características de manejar el lenguaje y en caso de pasar información de un medio electrónico a otro . que exista la forma de hacerlo .

La estructura del programa permite su modificación para adaptarse a las necesidades del usuario ; esta estructuras es a base de subprogramas y subrutina , lo que permite crear , modificar o quitar partes del programa para adaptarlo a las necesidades del usuario , por lo que este trabajo puede ser perfeccionado o cambiado con ello es un trabajo que no termina .

Por último la finalidad de esta tesis es generar una herramienta que facilite las tareas de campo y el procesamiento de información de gabinete , haciendo uso de medios electrónicos portátiles , que nos permiten hacer los cálculos en forma automática , de las tareas que se presentan en forma mas común dentro de la topografía .

Bibliografía .

Métodos Topográficos .

Ricardo Toscano .

Editorial Porrua .

Introducción a la Topografía .

Austin Barry .

Editorial Limusa .

Elementos de Astronomía de Posición .

Manuel Medina Peralta .

Editorial Limusa .

Fundamentos de topografía .

Schmidth Rayner .

Editorial CECSA .

Topografía .

Dante Alcantara García .

Editorial Mc Graw Hill

Topografía Moderna .

Russell C. Brinker , Paul R. Wolf .

Editorial Harla

Topografía para Ingenieros .

Philip kissman .

Editorial Mc. Graw Hill .

Surveying .

Francis H. Moffitt , Harry Bouchard .

Harper & Row .

BASIC .

L . Joyanes Aguilar .

Editorial Mc. Graw . Hill .