1
2 ej.

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

RED DE NIVELACION TRIGONOMETRICA

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA

P r e s e n t a :

José Victorino Agueros González

México, D. F. 1988

I N D I C E PAGINA

INTRODUCCION

DESDE LOS TIEMPOS MAS REMOTOS, EL HOMBRE SIEMPRE SE HA VISTO EN LA NECESIDAD DE RESOLVER LOS DIFERENTES TIPOS DE PROBLEMAS QUE SE LE HAN VENIDO PRESENTANDO, Y POR TAL MOTIVO HA TENIDO QUE RECURRIR A CALCULOS Y OPERACIONES MATEMATICAS PARA LOGRAR SU PROPOSITO. SIN EMBARGO, CONFORME HA EVOLUCIONADO SE HA DADO CUENTA QUE CADA VEZ LE ES MAS DIFICIL SOLUCIONAR SUS PROBLEMAS PUESTO QUE, EL GRADO DE DIFICULTAD QUE ESTOS PRESENTAN TAMBIEN HA IDO EN AUMENTO, LO CUAL LO HA LLEVADO A CREAR EN IGUAL PROPORCION DISTINTOS MECANISMOS Y PROCEDIMIENTOS QUE LE SIRVAN COMO HERRAMIENTA DE TRABAJO Y A LA VEZ LE PERMITAN EFECTUAR DICHOS CALCULOS Y OPERACIONES CON MAYOR PRECISION Y EN EL MENOR TIEMPO POSIBLE

COMO RESPUESTA HA ESTA NECESIDAD Y DEBIDO AL VELOZ DESARROLLO QUE EN LOS ULTIMOS AÑOS HA REGISTRADO LA INDUSTRIA DE LAS COMUNICACIONES SURGE LA COMPUTADORA, LA CUAL REPRESENTA HOY EN DIA UN PODEROSO INSTRUMENTO DE CALCULO QUE ABARCA CASI TODOS LOS CAMPOS DE LA ACTIVIDAD HUMANA. DENTRO DE LA INGENIERIA AL IGUAL QUE EN CUALQUIER OTRA AREA SU USO SE VUELVE INDISPENSABLE, MAS BIEN OBLIGA AL INGENIERO A QUE ADQUIERA UN AMPLIO CONOCIMIENTO Y MANTENERSE ACTUALIZADO EN TORNO A ESTE CAMPO TANTO COMO SUS MEDIOS SE LO PERMITAN

EN LA ACTUALIDAD LA INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE, EN VIRTUD DE LA FALTA DE UN MEJOR APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES CON QUE CUENTA EL PAIS, PUESTO QUE SE CARECE DE UNA BUENA PLANEACION CARTOGRAFICA Y GEODESICA DE TODO EL TERRITORIO NACIONAL, LO QUE PROVOCA UNA REPERCUCION EN LA NECESIDAD DE UNA MAYOR PARTICIPACION DEL INGENIERO DE ESTA DICCIPLINA EN LA ELABORACION DE INFORMACION QUE DE EL SE REQUIERE CON PRONTITUD, EFICACIA Y PRECISION PARA SOLVENTAR ASI LA SITUACION QUE SE ESTA VIVIENDO

EN EL PROBLEMA QUE SE EXPONE SE PROPONE CALCULAR Y AJUSTAR UNA RED DE NIVELACION TRIGONOMETRICA EMPLEANDO MATRICES, ASI COMO REDUCIR SUS DISTANCIAS AL NIVEL MEDIO DEL MAR. LO QUE SIGNIFICA, QUE PARA SU SOLUCION TENDRAN QUE REALIZARSE GRAN VARIEDAD DE ---- CALCULOS NUMERICOS SIENDO LA MAYOR PARTE DE ELLOS EN FORMA MATRICIAL. SI TODA ESTA TAREA LA CUANTIFICARAMOS EN TIEMPO Y DINERO -

REPRESENTARIA UN CALCULO EXTENSO, RUTINARIO Y DEMASIADO COSTOSO.- SIN EMBARGO, CON EL AUXILIO DE LOS MODERNOS SISTEMAS DE COMPUTO - SE REDUCE NOTABLEMENTE EL TIEMPO Y COSTO DEL PROCESAMIENTO

LA SOLUCION DE ESTE PROBLEMA NOS SIRVE PARA DETERMINAR REDES DE NIVELACION, AUNQUE PRINCIPALMENTE SE UTILIZA PARA CONOCER ELEVACIONES DE LOS PUNTOS DE LA RED GEODESICA HORIZONTAL Y PARA LA - REDUCCION A LA SUPERFICIE DE CALCULO DE DISTANCIAS MEDIDAS CON -- DISTANCIOMETROS ELECTRONICOS. COMO SE PUEDE NOTAR, CUALQUIERA QUE SEA LA APLICACION QUE SE LE DE A LA NIVELACION, ESTA GENERA LA - PROPAGACION DEL CONTROL GEODESICO VERTICAL LO QUE IMPLICA CONTAR-CON UNA RED MAS COMPLETA QUE PERMITA PLANEAR Y PROYECTAR EN FORMA PRECISA Y CONFIABLE LAS DIVERSAS OBRAS QUE EMPLEAN ESTE TIPO DE - INFORMACION, COMO PUEDEN SER:

a) LOCALIZACION Y TRAZO DE VIAS DE COMUNICACION
b) EXPLOTACION DE RECURSOS MINERALES
c) CONSTRUCCION DE OLEODUCTOS Y GASODUCTOS
d) PROPAGACION DE APOYO TERRESTRE PARA RESTITUCION FOTOGRAMETRICA, ETC.

COMO SE PUEDE OBSERVAR, EXISTE GRAN VARIEDAD DE APLICACIONES DE LA COMPUTADORA EN LA INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA INCLUYENDOSE ESTE EJEMPLO PARA DAR UN ENFOQUE OBJETIVO DE LAS POSIBILIDADES DE ESTA PROFESION UTILIZANDO EQUIPOS DE PROCESAMIENTO ELECTRONICO

LISTA DE FIGURAS

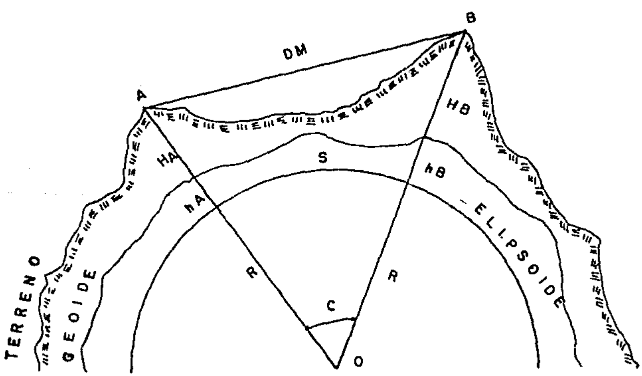
C A P I T U L O I

IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION

EN EL POSICIONAMIENTO GEODESICO VERTICAL LA MEDICION DE DISTANCIAS Y ANGULOS VERTICALES SE EFECTUA A DIFERENTES ALTITUDES EN LA SUPERFICIE TERRESTRE, POR LO QUE ES NECESARIO TENERLOS EN UN MISMO MARCO DE REFERENCIA, SIENDO ESTE EL GEOIDE EL CUAL ESTA REPRESENTADO POR LA SUPERFICIE LIBRE DEL MAR Y SU EXTENSION EN LA PARTE CONTINENTAL MEDIANTE DELGADOS CANALITOS QUE SIN ROZAMIENTO COMUNICARIAN DOS CUERPOS OCEANICOS. SIN EMBARGO PARA LA MAYORIA DE LAS OPERACIONES GEODESICAS PUEDEN CALCULARSE SUS DIFERENTES ELEMENTOS SIN ERROR APRECIABLE, CONSIDERANDO LA TIERRA COMO UN ELIPSOIDE DE REVOLUCION. TENIENDO COMO CARACTERISTICAS QUE EL EJE MENOR DEL ELIPSOIDE REPRESENTATIVO DE LA FORMA DE LA TIERRA SERA EL EJE DEL MUNDO, MIENTRAS QUE LOS MERIDIANOS ADOPTARAN LA FORMA DE ELIPSES Y LOS PARALELOS SERAN CIRCULOS MENORES PERFECTOS.

PARA COMPRENDER MEJOR EL PROBLEMA VAMOS A DIBUJAR UN DIAGRAMA QUE DESCRIBA LO QUE SE ESTA TRATANDO.



F I G U R A 1.1.1

DONDE:

DM : DISTANCIA OBSERVADA
A,B : PUNTOS SOBRE EL TERRENO
HA,HB: ALTURAS ORTOMETRICAS DE LOS PUNTOS A y B RESPECTIVAMENTE
S : DISTANCIA ELIPSOIDAL
hA,hB: ALTURAS GEOIDALES CORRESPONDIENTES A LOS PUNTOS A y B
R : RADIO DE CURVATURA DE LA SECCION ELIPSOIDAL S
O : CENTRO DE LA TIERRA
C : ANGULO ESPACIAL DE LAS PROYECCIONES DE LAS DOS NORMALES EN EL PLANO DE PROYECCION, DADAS POR LOS 3 PUNTOS A, B y O.

SE LLAMA ALTITUD DE UN PUNTO A LA DIFERENCIA VERTICAL ENTRE DICHO PUNTO Y LA SUPERFICIE DE LAS AGUAS DEL MAR. ESTA SUPERFICIE SE CONSIDERA PROLONGADA POR DEBAJO DE LOS CONTINENTES, LA DISTANCIA VERTICAL CORRESPONDE A LA DISTANCIA MINIMA Y SE DEBE MEDIR SOBRE LA VERTICAL QUE PASA POR EL PUNTO CONSIDERADO.

LA SUPERFICIE DE AGUA DE LOS OCEANOS CONSIDERANDO QUE SE CONTINUA POR DEBAJO DE LOS CONTINENTES CONSTITUYE UNA SUPERFICIE DE NIVEL Y A ELLA SE REFIEREN LA ALTITUD DE TODOS LOS PUNTOS CONSIDERADOS, POR ESTA RAZON SE PUEDE HACER PASAR POR CADA PUNTO DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA UNA SUPERFICIE DE NIVEL, LAS CUALES DEBEN SER PARALELAS Y CONCENTRICAS A LA SUPERFICIE LIBRE DEL MAR, POR LO TANTO LA DIFERENCIA DE NIVEL ENTRE DOS PUNTOS ES LA DISTANCIA VERTICAL ENTRE LAS SUPERFICIES DE NIVEL QUE PASAN POR ESTOS PUNTOS.

CONFORME A LO EXPUESTO. EL PROBLEMA A TRATAR RADICA EN QUE A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS EN EL CAMPO CORRESPONDIENTES A UNA NIVELACION TRIGONOMETRICA SE LLEGUE A DETERMINAR LAS ELEVACIONES DE LOS PUNTOS INVOLUCRADOS, CONOCIENDO UNA O VARIAS ELEVACIONES DE DICHOS PUNTOS. ASIMISMO REDUCIR LAS DISTANCIAS OBSERVADAS CORRESPONDIENTES, AL ELIPSOIDE REPRESENTATIVO DE LA FORMA DE LA TIERRA. CLARO REALIZANDO TODOS LOS CALCULOS PERTINENTES QUE IMPLICA EL PROBLEMA, MEDIANTE EL AUXILIO DE UNA COMPUTADORA QUE CONSTITUYE HOY EN DIA UNA PODEROSA HERRAMIENTA PARA EL EJERCICIO PROFESIONAL DEL INGENIERO.

1.2 ELEMENTOS DE LA FORMA DE LA TIERRA

PARA PODER REPRESENTAR LOS DATOS OBTENIDOS EN EL CAMPO SOBRE UN PLANO, ES NECESARIO EL CONOCIMIENTO DE LA FORMA DE LA TIERRA, ASI COMO SUS DIMENSIONES. LA FORMA GEOMETRICA QUE MAS SE ASEMEJA A LA DE LA TIERRA Y QUE POR SU SENCILLEZ MATEMATICA SE HA ACEPTADO HOY EN DIA, ES LA DE UN ELIPSOIDE DE REVOLUCION EN DONDE EL EJE MAS CORTO ES EL EJE DE ROTACION DE LA TIERRA. ESTE ELIPSOIDE ES ORIGINADO POR UNA ELIPSE QUE GIRA SOBRE EL EJE DE ROTACION.

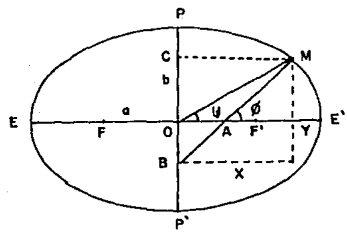


FIGURA 1.2.1

DONDE:

PP'M : ELIPSOIDE DE REVOLUCION FORMA REPRESENTATIVA DE LA TIERRA

EPE'P' : UNA SECCION MERIDIANA

M : UN PUNTO CUALQUIERA SOBRE EL ELIPSOIDE

X,Y : COORDENADAS ORTOGONALES DEL PUNTO M

a : SEMIEJE MAYOR DE LA ELIPSE

b : SEMIEJE MENOR DE LA ELIPSE

F,F' : FOCOS DE LA ELIPSE

A,B : PUNTOS DE INTERSECCION DE LA NORMAL DEL LUGAR EN EL PUNTO M CON LOS EJES

R=MO : SEMIEJE DEL PUNTO M, CUYOS ANGULOS CON LOS SEMIEJES MAYOR Y MENOR SON IGUALES

O : CENTRO DE LA TIERRA

$\alpha = \frac{a-b}{a}$: ACHATAMIENTO O COMPRESION POLAR

$e = OF/a$: EXCENTRICIDAD DE LA ELIPSE

$N=MB$, $n=MA$: NORMALES, MAYOR Y MENOR RESPECTIVAMENTE

$\phi = \sphericalangle MAE$ LATITUD GEODESICA O GEOGRAFICA

$\psi = \sphericalangle MOE$ LATITUD GEOCENTRICA

1.3 CALCULO DE LOS ELEMENTOS DEL ELIPSOIDE

PUEDE SEGUIRSE UNA SECUENCIA DE CALCULOS PARA OBTENER LA REPRESENTACION ANALITICA DE LOS DIVERSOS ELEMENTOS DEL ELIPSOIDE. LA QUE SE DESCRIBE A CONTINUACION NO ES LA UNICA, PERO EXPONE, EN PARTE, LA DESARROLLADA POR EL ING. FRANCISCO DIAZ COVARRUBIAS EN SU MONUMENTAL TRATADO DE GEODESIA Y ASTRONOMIA.

EN LA FIGURA 1.2.1 Y SABIENDO QUE LA EXCENTRICIDAD DE LA ELIPSE MERIDIANA ES LA DISTANCIA DEL CENTRO HACIA UNO DE LOS FOCOS. O SEA:

$$e = \frac{OF}{a} \qquad (1.2.2)$$

PERO $OF = \sqrt{a^2 \quad b^2}$ POR LO QUE

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \qquad (1.2.3)$$

DESPEJANDO b^2

$$b^2 = a^2\ (1-e^2) \qquad (1.2.4)$$

SABEMOS QUE LA ECUACION DE LA ELIPSE CON CENTRO EN EL ORIGEN ESTA DADA POR:

$$\frac{X^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \qquad (1.2.5)$$

SUSTITUYENDO (1.2.4) EN (1.2.5) Y DESPEJANDO Y^2

$$y^2 = (a^2 - X^2)\ \ (1-e^2) \qquad (1.2.6)$$

QUE ES LA ECUACION DE LA ELIPSE MERIDIANA

EN EL TRIANGULO BCM SE TIENE

$$\text{SEN } (90° - \text{Ø}) = \text{COS Ø} = \frac{X}{N}\ ;\ \ X = N \text{ COS Ø} \qquad (1.2.7)$$

$$\text{SEN Ø} = \frac{y}{n}\ ;\ \ y = n \text{ SEN Ø}$$

QUE SON LAS COORDENADAS ORTOGONALES DEL PUNTO M EN FUNCION DE LA LATITUD GEODESICA O GEOGRAFICA, NORMAL MAYOR Y LA NORMAL MENOR. ANALOGAMENTE, OBTENEMOS LAS COORDENADAS ORTOGONALES DEL PUNTO M EN FUNCION DEL SEMIEJE CENTRAL Y LA LATITUD GEOCENTRICA, ESTO ES:

$$X=R\cos\psi$$
$$Y=R\,\mathrm{sen}\,\psi \qquad (1.2.8)$$

DANDO UN INCREMENTO d x A X, SE OBTENDRA OTRO dy PARA Y , Y SE - TENDRA:

$$\tan\emptyset = -\frac{dx}{dy} \qquad (1.2.9)$$

DIFERENCIANDO AHORA (1.2.6) SE TIENE

$$\frac{dx}{dy} = -\frac{Y}{X(1-e^2)} \qquad (1.2.10)$$

IGUALANDO (1.2.9) Y (1.2.10) Y DESPEJANDO Y

$$y = x\,(1-e^2)\,\mathrm{TAN}\,\emptyset \qquad (1.2.11)$$

SUSTITUYENDO (1.2.7) EN (1.2.11) Y ELEVANDO AL CUADRADO

$$y^2 = N^2\,(1-e^2)^2\,\mathrm{SEN}^2\,\emptyset \qquad (1.2.12)$$

IGUALANDO (1.2.6) Y (1.2.12) Y DESPEJANDO N SE TIENE

$$\boxed{N = \frac{a}{(1-e^2\mathrm{SEN}^2\emptyset)^{1/2}}} \qquad (1.2.13)$$

QUE ES LA EXPRESION DE LA NORMAL MAYOR, HACIENDO

$$r = (1-e^2\mathrm{SEN}^2\emptyset)^{1/2} \qquad (1.2.14)$$

SUSTITUYENDO (1.2.7) EN (1.2.11) E IGUALANDO EN (1.2.7)

$$n\,\mathrm{SEN}\,\emptyset = N\,(1-e^2)\,\mathrm{SEN}\,\emptyset \qquad (1.2.15)$$

SUSTITUYENDO (1.2.13) Y (1.2.14) EN (1.2.15) Y DESPEJANDO n

$$\boxed{n = \frac{a\,(1-e^2)}{r}} \qquad (1.2.16)$$

QUE ES LA EXPRESION DE LA NORMAL MENOR.

DE (1.2.11)

$$\frac{y}{x} = (1-e^2)\,\mathrm{TAN}\emptyset \qquad (1.2.17)$$

MIENTRAS QUE DE (1.2.8)

$$\frac{y}{x} = \text{TAN } \psi \qquad (1.2.18)$$

IGUALANDO (1.2.17) Y (1.2.18)

$$\boxed{\text{TAN } \psi = (1-e^2) \text{ TAN } \phi} \qquad (1.2.19)$$

QUE ES LA EXPRESION QUE NOS PERMITE CALCULAR LA LATITUD GEOCENTRICA EN FUNCION DE LA GEOGRAFICA O VICEVERSA.

C A P I T U L O II

MODELO MATEMATICO DE NIVELACION TRIGONOMETRICA

2.1 CONCEPTO GENERAL

EN ESTA CLASE DE NIVELACION SE MIDEN ANGULOS VERTICALES Y DISTANCIAS HORIZONTALES O INCLINADAS. SI LAS DISTANCIAS SE DETERMINAN POR METODOS INDIRECTOS, HAY QUE TENER PRESENTE QUE LOS DISTANCIOMETROS ELECTROMAGNETICOS MIDEN, GENERALMENTE DISTANCIAS INCLINADAS.

LOS ANGULOS VERTICALES SE PUEDEN MEDIR A PARTIR DEL HORIZONTE (ANGULOS DE ALTURA) O A PARTIR DEL CENIT (DISTANCIA CENITAL) SIENDO ESTO ULTIMO LO MAS CONVENIENTE. EL ANGULO VERTICAL SE DEBE MEDIR VARIAS VECES, LA MITAD DE ELLAS EN POSICION DIRECTA Y LA OTRA MITAD EN POSICION INVERSA; ASI SE OBTENDRA UNA MEJOR ESTIMACION DEL VALOR DEL ANGULO, ELIMINANDO ADEMAS, POSIBLES ERRORES -- POR FALTA DE CORRECCION DEL INSTRUMENTO.

2.2 CASO GENERAL. NIVELACION TRIGONOMETRICA RECIPROCA

CONSIDERANDO DOS PUNTOS SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE -- A y B CUYAS ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR SON HA y HB RESPECTIVAMENTE SE DESEA CONOCER POR MEDIO DE LA NIVELACION TRIGONOMETRICA LA DIFERENCIA DE NIVEL DN ENTRE DICHOS PUNTOS (VER FIGURA -- 2.2.1).

DEBIDO AL EFECTO DE REFRACCION ATMOSFERICA, LA VISUAL ENTRE A y B NO SIGUE LA LINEA RECTA, SINO EL ARCO $\widehat{AB}$ CUANDO SE OBSERVA DESDE A, LA DIRECCION DE LA VISUAL HACIA B ES TANGENTE A DICHO ARCO EN EL PUNTO A. ASI PUES, LA DISTANCIA CENITAL LEIDA ES Z1 DE IGUAL FORMA, CUANDO SE OCUPA LA ESTACION B EL -- ANGULO LEIDO ES Z2.

OBSERVACIONES RECIPROCAS

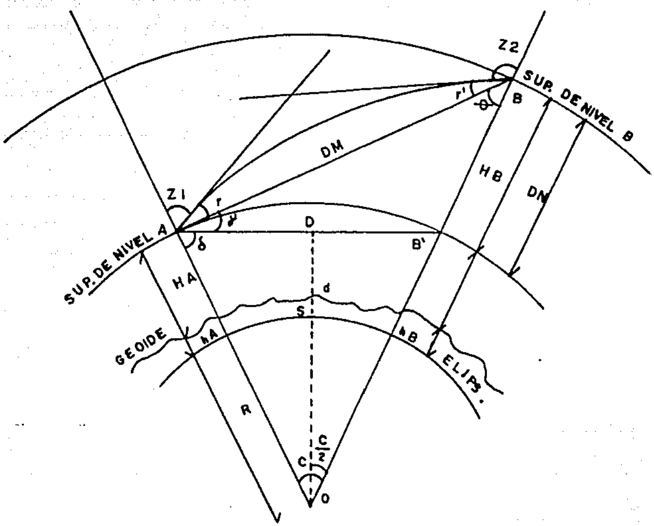


FIGURA 2.2.1

DONDE:

$Z1, Z2$; DISTANCIAS CENITALES OBSERVADAS DESDE LOS PUNTOS A y B - RESPECTIVAMENTE

r; VALOR DE LA REFRACCION EN EL PUNTO A

r'; VALOR DE LA REFRACCION EN EL PUNTO B

$\overline{OA}$; VERTICAL DE LUGAR QUE PASA POR EL PUNTO A

$\overline{OB}$; VERTICAL DE LUGAR QUE PASA POR EL PUNTO B

D; DISTANCIA HORIZONTAL A LA ALTITUD DEL VERTICE A

γ; ANGULO DEFINIDO EN EL PUNTO A POR LA DISTANCIA INCLINADA OBSERVADA Y SU PROYECCION HORIZONTAL

θ; ANGULO DEFINIDO EN EL PUNTO B POR LA DISTANCIA INCLINADA OBSERVADA Y LA VERTICAL DE LUGAR QUE PASA POR DICHO PUNTO

d; DISTANCIA DEL LADO CONSIDERADO REDUCIDO AL GEOIDE

DN; DIFERENCIA DE NIVEL ENTRE LOS PUNTOS A y B

δ; ANGULO DEFINIDO EN EL PUNTO A POR LA VERTICAL $\overline{OA}$ Y LA DISTANCIA D

LOS DEMAS SIMBOLOS QUE INTERVIENEN EN LA FIGURA TIENEN EL SIGNIFICADO YA DEFINIDO (VER FIGURA 1.1.1.)

DE LA FIGURA 2.2.1 OBSERVAMOS QUE EN EL TRIANGULO ABB' SE TIENE

$$\frac{DN}{SEN\,\gamma} = \frac{AB'}{SEN\,\theta} \; ; \quad DN = AB' \frac{SEN\,\gamma}{SEN\,\theta} \qquad (2.2.2)$$

Y EN EL TRIANGULO AB'O SE OBTIENE

$$AB' = 2(R+HA)\ SEN\ C/2 \qquad (2.2.3)$$

DETERMINANDO LOS ANGULOS θ Y γ, TENEMOS PARA θ EN EL PUNTO B

$$\theta = 180° - Z2 - r' \qquad (2.2.4.)$$

DEL TRIANGULO ABO

$$\theta = 180°-C-180°+Z1+r \; ; \; \theta = Z1+r-C \qquad (2.2.5)$$

PROMEDIANDO (2.2.4) Y (2.2.5)

$$\theta = 90° - \frac{(C+Z2-Z1)}{2} \qquad (2.2.6)$$

YA QUE LA LINEA OBSERVADA NO ES MUY GRANDE COMPARADA CON EL RADIO DE LA TIERRA, ENTONCES PODEMOS HACER

$$r = r'$$

DESDE EL PUNTO A SE TIENE QUE PARA γ

$$\gamma = 180° - (Z1 + r + 90° - C/2) \; ; \; \gamma = 90° - Z1 - r + C/2 \qquad (2.2.7)$$

EN EL TRIANGULO ABB'

$$\gamma + \theta + 90° + C/2 = 180° \qquad (2.2.8)$$

SUSTITUYENDO (2.2.4) EN (2.2.8) Y DESPEJANDO γ

$$\begin{aligned} \gamma &= 180° - 90° - C/2 + Z2 + r - 180° \\ \gamma &= -90° - C/2 + Z2 + r \end{aligned} \qquad (2.2.9)$$

PROMEDIANDO (2.2.7) Y (2.2.9)

$$\gamma = \frac{Z2 - Z1}{2} \qquad (2.2.10)$$

SUSTITUYENDO (2.2.3), (2.2.6) Y (2.2.10) EN (2.2.2)

$$DN = 2(R + HA) \operatorname{SEN} C/2 \; \frac{\operatorname{SEN} \left(\frac{Z2 - Z1}{2}\right)}{\cos \left(\frac{C + Z2 - Z1}{2}\right)} \qquad (2.2.11)$$

PARA DETERMINAR C SE APLICA

$$\operatorname{SEN} C/2 = \frac{AB'}{2(R + HA)} \qquad (2.2.12)$$

O LO QUE ES LO MISMO

$$\boxed{DN = D \; \frac{\operatorname{SEN} \left(\frac{Z2 - Z1}{2}\right)}{\cos \left(\frac{C + Z2 - Z1}{2}\right)}} \qquad (2.2.13)$$

QUE ES LA EXPRESION QUE NOS SIRVE PARA CALCULAR LA DIFERENCIA DE NIVEL ENTRE DOS PUNTOS, CUANDO SE OBSERVAN LOS EXTREMOS DE LA LINEA.

CUANDO LAS OBSERVACIONES SON RECIPROCAS, EL ANGULO DE REFRACCION ATMOSFERICA SE ELIMINA EN LAS ECUACIONES (2.2.6) Y --- (2.2.10) Y POR LO TANTO SU EFECTO

2.3 NIVELACION TRIGONOMETRICA NO RECIPROCA

CASO EN EL QUE SE OBSERVA UN SOLO EXTREMO DE LA LINEA

EN ALGUNAS OCASIONES NO ES POSIBLE OCUPAR LAS DOS ESTACIONES PARA OBSERVAR LAS DISTANCIAS CENITALES (FIGURA 2.3.1), ENTONCES EL PROBLEMA CONSISTE EN DETERMINAR LA DIFERENCIA DE NIVEL DN, ENTRE DICHAS ESTACIONES

OBSERVACIONES NO RECIPROCAS

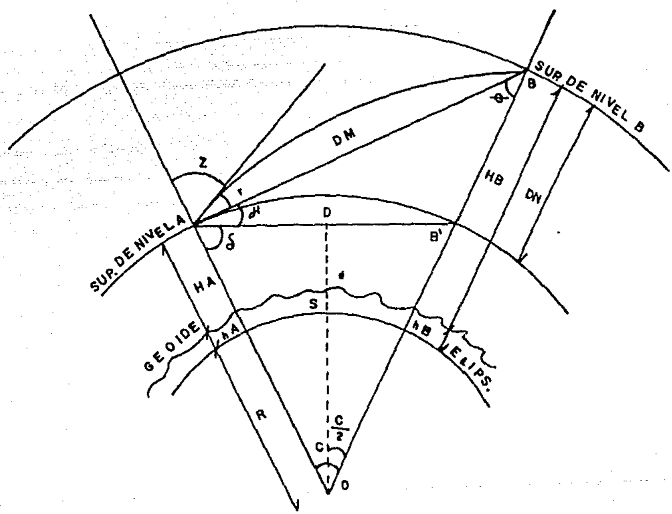


FIGURA 2.3.1

LOS SIMBOLOS QUE INTERVIENEN EN LA FIGURA TIENEN EL SIGNIFICADO YA DEFINIDO (VER FIGURAS 1.1.1 Y 2.2.1)

EN LA FIGURA

$$\delta + \gamma + r + Z = 180° \quad ; \quad Z = 180° - (\gamma + r + \delta) \qquad (2.3.2)$$

PERO EN EL TRIANGULO AB'O SE TIENE

$$2\delta + C = 180° \quad ; \quad \delta = 90° - \frac{C}{2} \qquad (2.3.3)$$

AHORA BIEN, BIOT HA DEMOSTRADO QUE, PARA UN MISMO ESTADO DE LA ATMOSFERA, LA REFRACCION VARIA PROPORCIONALMENTE AL ANGULO QUE DEFINEN LAS VERTICALES DE LOS DOS LUGARES DESDE DONDE SE OBSERVA

$$r = mC \qquad (2.3.4)$$

EN LA QUE m ES UNA CONSTANTE LLAMADA COEFICIENTE DE REFRACCION.

CUANDO EL ARCO SE CONFUNDE CON LA CUERDA SE TIENE

$$\text{SEN } \frac{1}{2} C = \frac{D}{R} \quad ; \quad C = \frac{D}{R} \qquad (2.3.5)$$

PASANDO (2.3.5) A ARCO

$$C = \frac{D}{R \text{ SEN } 1''} \qquad (2.3.6)$$

SUSTITUYENDO (2.3.3), (2.3.4) Y (2.3.6) EN (2.3.2)

$$Z = 90° - \gamma + \left(\frac{1}{2} - m\right) C = 90° - \gamma + \frac{D\left(\frac{1}{2} - m\right)}{R \text{ SEN } 1''} \qquad (2.3.7)$$

SI HACEMOS

$$q = \frac{\left(\frac{1}{2} - m\right)}{R \text{ SEN } 1''} \quad ; \quad \gamma = 90° - Z - qD \qquad (2.3.8)$$

SACANDO LAS TANGENTES A (2.3.8).

$$\text{TAN } \gamma = \text{CTAN}(Z + qD) \quad ; \quad \text{TAN } \gamma = \text{CTAN } Z - qD \qquad (2.3.9)$$

POR OTRO LADO EN EL TRIANGULO ABB' SE TIENE

$$\text{TAN } \gamma = \frac{DN}{D} \quad ; \quad DN = D\text{TAN } \gamma \qquad (2.3.10)$$

SUSTITUYENDO (2.3.9) EN (2.3.10)

$$\boxed{DN = DCTANZ\text{-}qD^2} \qquad (2.3.11)$$

SIENDO (2.3.11) LA EXPRESION QUE NOS SIRVE PARA CALCULAR LA DIFERENCIA DE NIVEL ENTRE DOS PUNTOS, CUANDO SE OBSERVA UN SOLO EXTREMO DE LA LINEA

EN ESTE CASO LA DISTANCIA CENITAL DEBERA CORREGIRSE POR LOS EFECTOS DE CURVATURA Y REFRACCION

C A P I T U L O III

CORRECCIONES A LAS MAGNITUDES OBSERVADAS

LAS MEDICIONES DE LOS DISTINTOS OBSERVABLES FISICOS, ESTAN AFECTADOS POR ERRORES QUE SE DEBEN PRINCIPALMENTE A LAS SIGUIENTES CAUSAS

a) ERRORES INSTRUMENTALES; DEBIDO A LA IMPERFECCION DE LOS APARATOS QUE SE EMPLEAN

b) ERRORES PERSONALES; SE DEBEN GENERALMENTE A LA FORMA PECULIAR DE OBSERVAR

c) ERRORES ATMOSFERICOS; DEBIDO AL MEDIO QUE RODEA A LA EJECUCION DE LA MEDIDA

d) ERRORES EN LO QUE SE MIDE; LAS DISTINTAS CANTIDADES OBSERVABLES

e) ERRORES EN EL PROCEDIMIENTO DE MEDIDA; PARA QUE UN NUMERO, ATRIBUIDO A UNA CANTIDAD FISICA TENGA SENTIDO, DEBE IR ACOMPAÑADO, EXPLICITA O IMPLICITAMENTE DEL PROCEDIMIENTO SEGUIDO

DE LO EXPUESTO PROCEDENTEMENTE, TENEMOS QUE, CADA VEZ QUE SE EFECTUA EL CONJUNTO DE OPERACIONES REQUERIDAS PARA MEDIR UNA DETERMINADA MAGNITUD, SE OBTENDRA UN NUMERO QUE SOLAMENTE EN FORMA APROXIMADA, REPRESENTA LA MEDIDA BUSCADA. POR LO TANTO, CADA RESULTADO DE UNA MEDICION ESTA AFECTADO POR UN CIERTO ERROR

3.1 CORRECCION POR CURVATURA DE LA TRAYECTORIA

AUNQUE LA CARACTERISTICA QUE HACE APROPIADAS LAS ONDAS LUMINOSAS Y LAS MICRO-ONDAS RADIOELECTRICAS PARA LA MEDIDA DE DISTANCIAS ES, PRECISAMENTE, LA DE PROPAGARSE DE UN MODO DIRECTO. LA REALIDAD ES QUE LA DISTANCIA MEDIDA ENTRE DOS PUNTOS POR ESTOS METODOS NO ES LA MAS CORTA, O SEA LA LONGITUD DEL SEGMENTO RECTILINEO QUE LOS UNE, SINO QUE ES FUNCION DE LA CURVATURA DE LA TRAYECTORIA DE LA RADIACION

DEBIDO A QUE LA DISTANCIA MEDIDA ES FUNCION DE LA VELOCIDAD DE LAS ONDAS A TRAVES DEL MEDIO POR EL QUE SE PROPAGAN, EN NUESTRO CASO LA ATMOSFERA PROXIMA O TROPOSFERA, COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.1.1, POR LO TANTO TENDREMOS QUE TENER EN CUENTA LO SIGUIENTE:

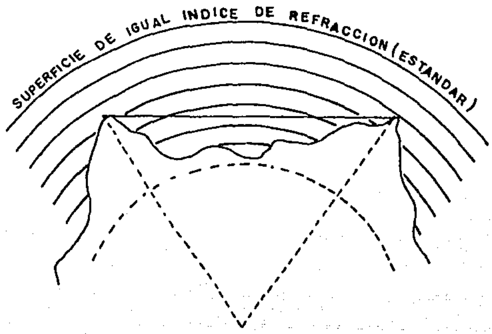


FIGURA 3.1.1

A) EN PRIMER LUGAR LA VARIACION DEL INDICE DE REFRACCION, SEGUN EL MODELO TEORICO DE ATMOSFERA ESTANDAR, EN ESFERAS CONCENTRICAS A LA TIERRA, PRODUCE UNA CURVATURA DE LA TRAYECTORIA SEGUIDA POR LAS ONDAS Y POR CONSIGUIENTE UN AUMENTO DE LA DISTANCIA OBSERVADA, POR LO QUE HABRA DE APLICARSE A LA MEDIDA UNA CORRECCION SUSTRACTIVA, CUYA MAGNITUD SE DEDUCE FACILMENTE COMO SE VERA POSTERIORMENTE QUE EL ARCO DM DE RADIO R' SE LE DEBE APLICAR LA CORRECCION

$$DD= - \frac{\overline{DM}^3}{24R'^2} = - \frac{\overline{DM}^3}{24\frac{R^2}{K^2}} = \frac{-K^2\overline{DM}^3}{24R^2} \qquad (3.1.2)$$

PARA PASAR A SU CORRESPONDIENTE CUERDA, Y DE ESTA CUERDA SE PASARIA AL ARCO DE RADIO R, APLICANDO LA CORRECCION

$$DD = \frac{\overline{DM}'^3}{24R^2} \qquad (3.1.3)$$

DONDE LA SUSTITUCION DE $\overline{DM}'$ (DISTANCIA ELIPSOIDAL) POR $\overline{DM}$ (DISTANCIA MEDIDA, SEGUN LA TRAYECTORIA), ES TOTALMENTE IRRELEVANTE. LUEGO LA CORRECCION TOTAL DD BUSCADA SERA:

$$DD = -\frac{K^2\overline{DM}^3}{24R^2} + \frac{\overline{DM}'^3}{24R^2} \backsimeq \frac{\overline{DM}'^3}{24R^2}(1-K^2) \qquad (3.1.4)$$

B) EN SEGUNDO LUGAR, AL TOMAR COMO INDICE DE REFRACCION EL CALCULO A PARTIR DE LOS DATOS METEREOLOGICOS OBSERVADOS EN LOS EXTREMOS DE LA DISTANCIA MEDIDA, EN VEZ DE EN TODA LA TRAYECTORIA, O POR LO MENOS EN SU PUNTO MEDIO, SE COMETE UN ERROR POR DEFECTO EN EL INDICE, PUESTO QUE LA CURVATURA DE LAS SUPERFICIES DE IGUAL INDICE DE REFRACCION ES MAYOR QUE LA DE LA TRAYECTORIA SEGUIDA POR LAS ONDAS (VER FIGURA 3.1.1), COMETIENDO UN ERROR POR EXCESO EN LA DISTANCIA

AHORA BIEN, SAASTAMOINEN DEDUJO UN TERMINO ADICIONAL, DEBIDO AL HECHO DE QUE EL CALCULO DE LAS DISTANCIAS ELECTROMAGNETICAS- UTILIZA LA MEDIA DE LOS INDICES DE REFRACCION nA y nB OBSERVADOS- EN LOS EXTREMOS DEL LADO, ESTO ES, APLICA EL INDICE CORRESPONDIENTE A LA ALTITUD MEDIA, SIENDO ASI QUE EL INDICE DE REFRACCION MEDIO $\bar{n}$ A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA ES MAYOR QUE AQUEL, POR SER -- $R' > R$ SAASTAMOINEN HA DEMOSTRADO QUE

$$\frac{1}{\bar{n}} = \frac{1}{n_m}\left[1 - \frac{K(1-K)}{12R^2}\overline{DM}^2\right] \qquad (3.1.5)$$

DONDE:

$\bar{n}$= INDICE MEDIO DE REFRACCION

$n_m = (n_A + n_B)/2$

K= COEFICIENTE DE REFRACCION R/R' QUE SE SUPONE CONSTANTE

$\overline{DM}$= DISTANCIA MEDIDA

DICHA EXPRESION CONDUCE AL TERMINO ADICIONAL

$$DDa = \frac{-K(1-K)\overline{DM}^2}{12R^2} \qquad (3.1.6)$$

QUE SUMADA A LA CORRECCION TOTAL, PROPORCIONA EL DEFINITIVO VALOR

$$DD = \frac{(1-K)^2}{24R^2}\ \overline{DM}^3 \qquad (3.1.7)$$

ES IMPORTANTE SUBRAYARLO, ESTA SE APLICA A LA MEDIDA DIRECTA $\overline{DM}$ - PARA PASAR AL ARCO ELIPSOIDAL, O DICHO DE OTRA FORMA, INCLUYE LA CORRECCION DE CUERDA AL ARCO

POR CONSIGUIENTE, SI SOLO SE DESEA LA DISTANCIA GEOMETRICA (CASO QUE SE PRESENTA EN GEODESIA TRIDIMENCIONAL O EN UNA BASE DE CALIBRACION), LA CORRECCION QUE HABIA DE APLICARSE POR CURVATURA DE LA TRAYECTORIA SE REDUCIRIA A:

$$\boxed{DD = -\frac{K(2-K)}{24R^2}\ \overline{DM}^3} \qquad (3.1.8)$$

OBTENIDA, RESTANDO DE LA EXPRESION (3.1.7), LA CORRECCION DE CUERDA AL ARCO, O BIEN SUMANDO LAS EXPRESIONES (3.1.2) Y (3.1.6)

DE LA TRAYECTORIA SEGUIDA POR EL RAYO, QUE CONSIDERAMOS - CIRCULAR, SU VALOR OSCILA ENTRE K=0.16 (R'=6R, PARA ONDAS LUMINOSAS) Y K=0.25 (R'=4R, PARA MICRO-ONDAS), ES DECIR, MAYOR CURVATURA EN LAS MICRO-ONDAS

C) POR ULTIMO SE DEBEN CONSIDERAR LAS VARIACIONES DEL INDICE DE REFRACCION EN EL MOMENTO Y LUGAR DE LA MEDICION, POR LOS FACTORES METEREOLOGICOS, TEMPERATURA, PRESION Y HUMEDAD, COMO SE VERA (POSTERIORMENTE) MAS ADELANTE

3.2 CORRECCION POR CURVATURA TERRESTRE

COMO LA SUPERFICIE DE NIVEL QUE PASA POR EL PUNTO DE OB-- SERVACION SIGUE APROXIMADAMENTE LA SUPERFICIE TERRESTRE Y DADO -- QUE LA VISUAL EN DICHO PUNTO ES TANGENTE A LA SUPERFICIE DE NIVEL SE INTRODUCE UN ERROR DEBIDO A LA CURVATURA (a) ESTE PROBLEMA - SE ILUSTRA EN LA FIGURA 3.2.1

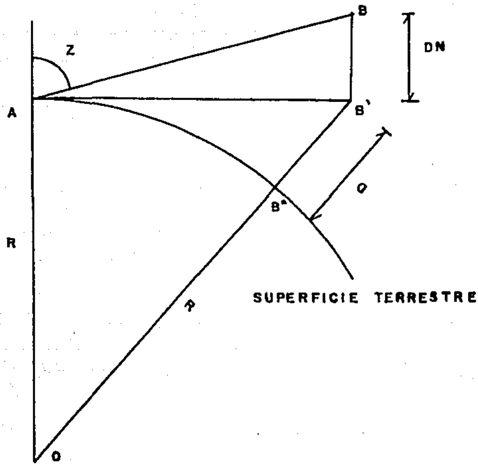


FIGURA 3.2.1

COMO LA DISTANCIA $\overline{AB}$ ES MUY PEQUEÑA COMPARADA CON EL RADIO DE LA TIERRA, POR LO QUE LA LINEA OB'B PUEDE CONSIDERARSE COMO RECTA, DE ACUERDO CON EL TEOREMA DE PITAGORAS SE TIENE

$$(R+a)^2 = R^2+\overline{AB}^2$$

$$a^2+2aR+R^2=R^2+\overline{AB}^2 \qquad (3.2.2)$$

SIENDO (a) DEMASIADO PEQUEÑO, PUEDE DESPRECIARSE EL VALOR DE a^2, POR LO QUE EL EFECTO DE CURVATURA TERRESTRE QUEDA EXPRESADO COMO

$$\boxed{a = \frac{\overline{AB}^2}{2R}} \qquad (3.2.3)$$

3.3 CORRECCION POR REFRACCION

EN LA FIGURA 3.3.1 PUEDE VERSE QUE LA POSICION REAL DEL PUNTO B ES P'; EL DESNIVEL ENTRE DOS PUNTOS (b) CORRESPONDE A LA CORRECCION POR REFRACCION. EL OBJETO OBSERVADO APARENTA SIEMPRE ESTAR A UN NIVEL MAS ALTO DE LO QUE EN REALIDAD ESTA.

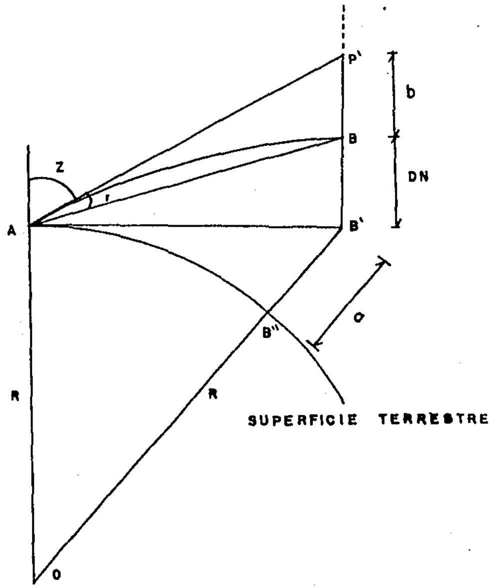


FIGURA 3.3.1.

EN LA FIGURA 3.3.1 EL COEFICIENTE DE REFRACCION ESTA DADO POR LA RELACION ANGULAR

$$\frac{\measuredangle P'AB}{\measuredangle AOB'} = \frac{m}{2} \; ; \; \measuredangle P'AB = \frac{m}{2} \measuredangle AOB' \qquad (3.3.2)$$

PERO

$$\measuredangle AOB' = \frac{AB}{R} \qquad (3.3.3)$$

SUSTITUYENDO (3.3.3) EN (3.3.2)

$$\measuredangle P'AB = \frac{m}{2} \frac{AB}{R} \qquad (3.3.4)$$

MIENTRAS QUE EL ERROR POR REFRACCION ESTA DADO POR

$$b = AB \nsim P'AB \tag{3.3.5}$$

SUSTITUYENDO (3.3.4) EN (3.3.5)

$$\boxed{b = \frac{\overline{AB}^2}{2R}\, m} \tag{3.3.6}$$

DONDE m ES LA CONSTANTE DE REFRACCION, LA CUAL ES FUNCION DE LA TEMPERATURA Y LA PRESION ATMOSFERICA SU VALOR VARIA ENTRE 0.08 Y 0.20

3.4 CORRECCION POR ALTURA DE LA SEÑAL Y DEL INSTRUMENTO

CUANDO LAS VISUALES DE UN VERTICE A OTRO SEAN SIMULTANEAS,- LAS DISTANCIAS CENITALES MEDIDAS DEBERAN IR AFECTADAS DE UNA CORRECCION EN EFECTO, SI UN OBSERVADOR SITUADO EN EL VERTICE A (FIGURA - 3.4.1) HACE UNA OBSERVACION AL TOPE DE UNA SEÑAL DE ALTURA t, CON - UNA ALTURA INSTRUMENTAL i. MIENTRAS EL OBSERVADOR SITUADO EN B OB- SERVA UNA SEÑAL DE DISTINTA ALTURA COLOCADA EN A Y CON OTRA ALTURA INSTRUMENTAL, NO CABE DUDA, QUE LAS DISTANCIAS CENITALES DEBERAN IR AFECTADAS DE UNA CORRECCION AS

3.4.1 OBSERVACIONES RECIPROCAS

EL VALOR DE DICHA CORRECCION QUE ES DEL ORDEN DE SEGUNDOS - DE ARCO, SE DEDUCE FACILMENTE A PARTIR DE LA FIGURA

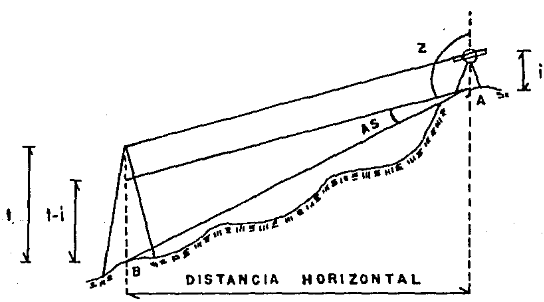


FIGURA 3.4.1

SE TIENE QUE AS

$$\text{SEN AS} = \frac{t-i}{DH} \tag{3.4.2}$$

PASANDOLO A ARCO

$$\boxed{(AS)'' = \frac{t-i}{DH\,SEN\;1''}} \qquad (3.4.3)$$

QUE ES EL VALOR DE DICHA CORRECCION CUYO SIGNO SERA EL QUE TENGA - LA DIFERENCIA $t - i$

ESTA CORRECCION PUEDE EVITARSE EMPLEANDO SEÑALES CON LA -- MISMA ALTURA Y COLOCANDO LOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA CON ALTURAS -- INSTRUMENTALES PROXIMAMENTE IGUALES

3.4.2 OBSERVACIONES NO RECIPROCAS

CUANDO LAS OBSERVACIONES DE LAS DISTANCIAS CENITALES NO - SON RECIPROCAS, SE REQUIERE TAMBIEN UNA CORRECCION POR ALTURAS, -- DEL INSTRUMENTO Y SEÑAL, QUE CONSISTE SIMPLEMENTE EN SUMAR LA MAGNITUD $t - i$ A LA ALTITUD RELATIVA CALCULADA. SI $Z > 90^{\circ}$, O RESTARSELA, SI $Z < 90^{\circ}$. EN EFECTO, A LA SIMPLE INSPECCION DE LA FIGURA --- 3.4.2 SE DEDUCE

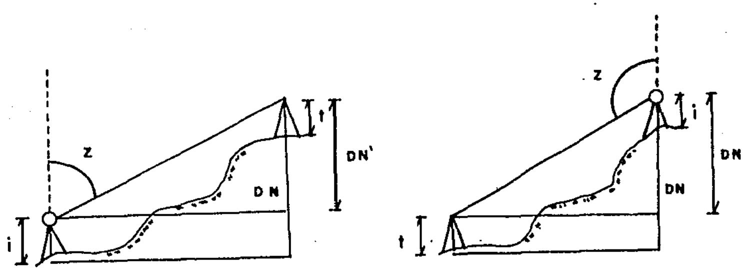


FIGURA 3.4.2

PARA $Z < 90^{\circ}$:

$$\boxed{DN = DN' - (t-i)} \qquad (3.4.4)$$

PARA $Z > 90^{\circ}$:

$$\boxed{DN = DN' + (t-i)} \qquad (3.4.5)$$

LAS EXPRESIONES (3.4.4) Y (3.4.5) NOS DAN EL VALOR DE LA CORRECCION INDICADA.

3.5 CORRECCION POR FACTORES METEREOLOGICOS

LAS CONDICIONES DE LA ATMOSFERA QUE AFECTAN LA PROPAGACION DE LA LUZ Y LAS MICRO-ONDAS SON LA TEMPERATURA DEL AIRE, LA PRESION ATMOSFERICA Y LA HUMEDAD DEL MEDIO AMBIENTE. UN CONOCIMIENTO DE ESTOS ELEMENTOS PERMITE LA DETERMINACION DEL INDICE DE REFRACCION DEL AIRE.

TANTO LOS INSTRUMENTOS COMO LOS MODOS DE CALCULO, CONSIDERAN TRES TIPOS DE UNIDADES EN TEMPERATURA: GRADOS CENTIGRADOS °C, FAHRENHEIT °F Y ABSOLUTOS O KELVIN °K. EN UN PROGRAMA DE CALCULO, LO MAS COMODO ES INTRODUCIR UNA SOLA FORMULA Y HACER PREVIAMENTE LAS TRANSFORMACIONES QUE CONVENGAN, TENIENDO EN CUENTA QUE

$$°C + \frac{5}{9}(°F - 32)$$

$$°F = \frac{9}{5}(°C) + 32$$

$$°K = °C + 273.15$$

EN CUANTO A LA PRESION ATMOSFERICA PUEDE SER MEDIDA EN PULGADAS, MILIMETROS DE Hg O MILIBARES; LAS RELACIONES ENTRE ELLAS SON:

1 ATMOSFERA STANDARD = 1013.25 mb = 760 mm Hg = 29.921 in. Hg

LAS ECUACIONES PARA DETERMINAR EL INDICE DE REFRACCION SE PRESENTA EN DIFERENTES FORMAS EN DIVERSOS ARTICULOS Y PUBLICACIONES. SIN EMBARGO, TODAS APORTAN VALORES SIMILARES.

LA ECUACION SIGUIENTE NO ES LA UNICA YA QUE ESTA LIMITADA POR LA HUMEDAD DEL MEDIO AMBIENTE EN EL INTERVALO DE -5 A + 120° F

$$\boxed{m = \frac{77.6}{T}\left(P + \frac{4810\,W}{T}\right)}$$

DONDE:

$$W = WS - 0.00068\ PAT\ (1 + 0.00115TW)$$

$$WS = 0.7 + 0.0054(TW+30)^2 + 0.0000036(TW+20)^4$$

$$T = Td + 273$$

$$AT = Td - TW$$

MIENTRAS QUE LAS UNIDADES Y SIMBOLOGIA

- W EN MILIBARES: TENSION DEL VAPOR DE AGUA EN EL AIRE
- WS EN MILIBARES: TENSION MAXIMA DEL VAPOR DE AGUA A LA TEMPERATURA HUMEDA.
- T EN °C : TEMPERATURA SECA ABSOLUTA
- AT EN °C : DIFERENCIA ENTRE TEMPERATURAS(SECA MENOS HUMEDA)
- Td EN °C : TEMPERATURA SECA
- TW EN °C : TEMPERATURA HUMEDA
- P EN MILIBARES =P EN in.HgX33.864=P EN mm Hgx1.33323; PRESION ATMOSFERICA

UNA VEZ OBTENIDO EL INDICE DE REFRACCION, APLICAREMOS LA CORRECCION POR FACTORES METEREOLOGICOS A LA DISTANCIA MEDIDA, MEDIANTE LA ECUACION.

$$\boxed{DM=DM'+DM'\left(\frac{320-m}{10^6}\right)}$$

DONDE:

DM= DISTANCIA INCLINADA CORREGIDA, EN METROS
DM'= DISTANCIA MEDIDA SIN CORREGIR, EN METROS
m = INDICE DE REFRACCION

DETERMINANDO FINALMENTE LA DISTANCIA INCLINADA CORREGIDA POR FACTORES METEREOLOGICOS

3.6 CORRECCION POR DESNIVEL

UNA VEZ QUE LA DISTANCIA MEDIDA SE CORRIGE POR CURVATURA TERRESTRE, REFRACCION Y FACTORES METEREOLOGICOS, HABRA QUE DETERMINAR LA PROYECCION HORIZONTAL DE LA DISTANCIA MEDIDA, YA QUE GENERALMENTE LOS DISTANCIOMETROS ELECTROMAGNETICOS MIDEN DISTANCIAS INCLINADAS.

SEAN, $\overline{AB}$ LA DISTANCIA INCLINADA CORREGIDA, $\overline{AB}'$ LA DISTANCIA HORIZONTAL O REDUCIDA Y DN LA DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE A y B, DETERMINADA POR LA NIVELACION.DESIGNANDO POR C LA CORRECCION POR DESNIVEL SE TENDRA

$$C=\overline{AB} - \overline{AB}'=\overline{DM} - D \qquad (3.6.2)$$

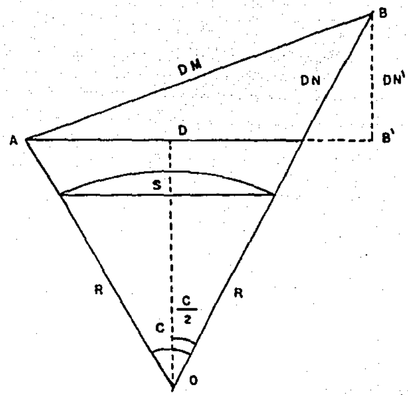


FIGURA 3.6.1

EN EL TRIANGULO RECTANGULO ABB'

$$D = (\overline{DM}^2 - \overline{DN}^2)^{1/2} \tag{3.6.3}$$

DIVIDIENDO (3.6.3) ENTRE $\overline{DM}$.

$$\frac{D}{\overline{DM}} = \left(\frac{\overline{DM}^2 - \overline{DN}^2}{\overline{DM}^2}\right)^{1/2} \quad ; \quad D = \overline{DM}\left(1 - \frac{\overline{DN}^2}{\overline{DM}^2}\right)^{1/2} \tag{3.6.4}$$

DE ACUERDO CON EL TEOREMA BINOMIAL SE TIENE

$$(x+y)^n = x^n + nx^{n-1}y + \frac{n(n-1)}{2!}x^{n-2}y^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!}x^{n-3}y^3 + \;.\;.\;.\;.$$

SI HACEMOS

$$(x+y)^n = \left(1 - \frac{\overline{DN}^2}{\overline{DM}^2}\right)^{1/2} \tag{3.6.5}$$

DESARROLLANDO Y CONSIDERANDO HASTA EL TERCER TERMINO (3.6.5)SE - TIENE

$$\left(1 - \frac{\overline{DN}^2}{\overline{DM}^2}\right)^{1/2} = 1 - \frac{\overline{DN}^2}{2\overline{DM}^2} - \frac{\overline{DN}^4}{8\overline{DM}^4} \tag{3.6.6}$$

SUSTITUYENDO (3.6.6) EN (3.6.4)

$$D = \overline{DM} - \frac{\overline{DN}^2}{2\overline{DM}} - \frac{\overline{DN}^4}{8\overline{DM}^3} \tag{3.6.7}$$

DE DONDE

$$\boxed{C = \overline{DM} - D = \frac{\overline{DN}^2}{2\overline{DM}} + \frac{\overline{DN}^4}{8\overline{DM}^3}} \qquad (3.6.8)$$

COMO SE VE ESTA CORRECCION ES SIEMPRE DE SIGNO NEGATIVO, SIENDO - (3.6.7) LA EXPRESION QUE NOS DA LA DISTANCIA REDUCIDA AL HORIZONTE

EN TANTO QUE SI SE CONSIDERA $\overline{DM}$ FIJA Y SE DIFERENCIA EL -- TERMINO PRINCIPAL EN (3.6.8) RESULTA

$$\frac{\overline{DN}}{\overline{DM}} d\ (\overline{DN}) \qquad (3.6.9)$$

DONDE $d(\overline{DN})$ SE MULTIPLICA POR EL COCIENTE $\overline{DN}$ / $\overline{DM}$. SI ESTE ES GRANDE (LO QUE OCURRE EN LADOS CORTOS Y/O DESNIVELES CONSIDERABLES), - UN ERROR EN $\overline{DN}$ REPERCUTE SENSIBLEMENTE EN LA CORRECCION Y, POR ENDE, EN LA PRECISION DE LA DISTANCIA REDUCIDA AL HORIZONTE

COMO EL DESEO DE PRECISION ES CADA VEZ MAYOR, DEBEMOS CONSIDERAR EL ERROR QUE SE GENERA POR SUPONER EL ANGULO EN B' = 90°,- PARA TENERLO EN CUENTA SE HARA EN LA DIFERENCIAL DE LA CORRECCION- OBTENIDA EN (3.6.9)

$$d\ (\overline{DN}) = \overline{DN}' - \overline{DN} = \overline{DN} \cos \frac{C}{2} - \overline{DN} \qquad (3.6.10)$$

SUSTITUYENDO C/2 POR $\overline{DM}$/2R Y DESARROLLANDO EN SERIE

$$d(\overline{DN}) = \overline{DN} \left[1 - \frac{\overline{DM}^2}{8R^2} +. \ . \ . \right] - \overline{DN} \qquad (3.6.11)$$

O BIEN

$$d(\overline{DN}) = - \frac{\overline{DM}^2}{8R^2} \overline{DN} \qquad (3.6.12)$$

CON LO QUE EL TERMINO ADICIONAL QUE HABRIA DE AGREGARSE A LA CO--- RRECCION OBTENIDA EN (3.6.8), SERIA

$$\boxed{- \frac{\overline{DM}}{8R^2} DN^2} \qquad (3.6.13)$$

COMPLETANDO ASI LA CORRECCION POR DESNIVEL

C A P I T U L O IV

MODELO MATEMATICO DE REDUCCION DE DISTANCIAS AL NIVEL DEL MAR

4.1 DEFINICION

A FIN DE HACER COMPARABLES 2 O MAS LADOS MEDIDOS A DIFERENTES ALTITUDES SOBRE LA SUPERFICIE TERRESTRE, ES NECESARIO TENERLOS EN UN MISMO MARCO DE REFERENCIA. ESTAS SE REDUCEN A UNA SUPERFICIE DE NIVEL QUE SE ASEMEJE A LA FORMA DE LA TIERRA, PARA REALIZAR EN ELLA LOS CALCULOS CORRESPONDIENTES

4.2 REDUCCION DE DISTANCIAS A PARTIR DE LA DISTANCIA HORIZONTAL

A LAS LONGITUDES DE LOS LADOS QUE PROPORCIONE EL INSTRUMENTO EMPLEADO, ADEMAS DE LAS CORRECCIONES YA MENCIONADAS Y APLICADAS. SE REDUCEN LAS DISTANCIAS HORIZONTALES A NIVEL MEDIO DEL MAR --- (GEOIDE), COMO SIGUE

EN LA FIGURA 4.2.1, SE TRATA DE HALLAR d, A PARTIR DE LA DISTANCIA REDUCIDA AL HORIZONTE D. LLAMANDO

Hm = ALTITUD MEDIA ENTRE LOS PUNTOS CONSIDERADOS

SE TIENE

$$\frac{d}{R} = \frac{D}{R+Hm} \qquad (4.2.2)$$

DE DONDE

$$d = R\frac{D}{R+Hm} = D\frac{1}{1+\frac{Hm}{R}}$$

O BIEN

$$d = D\left(1+\frac{Hm}{R}\right)^{-1} \qquad (4.2.3)$$

SI HACEMOS

$$(x+y)^n = \left(1+\frac{Hm}{R}\right)^{-1} \qquad (4.2.4)$$

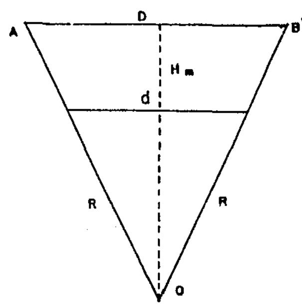


FIGURA 4.2.1

HACIENDO EN (4.2.4) EL RAZONAMIENTO DEL TEOREMA BINOMIAL Y CONSIDERANDO HASTA EL TERCER TERMINO, SE TIENE

$$\left(1+\frac{Hm}{R}\right)^{-1} = 1 - \frac{Hm}{R} + \frac{Hm^2}{R^2} \qquad (4.2.5)$$

SUSTITUYENDO (4.2.5) EN (4.2.3)

$$d = D\left(1-\frac{Hm}{R}+\frac{Hm^2}{R^2}\right) = D - \frac{DHm}{R} + \frac{DHm^2}{R^2} \qquad (4.2.6)$$

POR CONSIGUIENTE, LA CORRECCION QUE DEBE APLICARSE A LA DISTANCIA REDUCIDA AL HORIZONTE PARA HALLAR LA REDUCIDA AL NIVEL DEL MAR ES

$$\boxed{D - d = \frac{DHm}{R} - \frac{DHm^2}{R^2}} \qquad (4.2.7)$$

QUE ES SIEMPRE UNA CORRECCION NEGATIVA. SIENDO (4.2.6), LA EXPRESION QUE NOS PROPORCIONA LA DISTANCIA REDUCIDA AL NIVEL DEL MAR.

PARA APLICAR ESTA CORRECCION CON UNA MAYOR PRECISION PUEDE TOMARSE EL VALOR DE R SEGUN EL ACIMUT AZ DE LA LINEA MEDIDA. - SE OBTIENE ESTE VALOR $R\alpha$ A PARTIR DE LA FORMULA DE EULER

$$\boxed{\frac{1}{R\alpha} = \frac{COS^2 AZ}{RM} + \frac{SEN^2 AZ}{N}} \qquad (4.2.8)$$

DONDE

$RM = a(1 - e^2) / (1 - e^2 SEN^2 \emptyset)^{3/2}$, RADIO DE CURVATURA EN EL MERIDIANO

$N = a / (1 - e^2 SEN^2 \emptyset)^{1/2}$, NORMAL MAYOR A LA LATITUD $\emptyset$

a= SEMIEJE MAYOR DEL ELIPSOIDE DE REFERENCIA

e= EXCENTRICIDAD DE LA ELIPSE

VER INCISO 1.2 Y 1.3.

SIN ENBARGO, EN ESTE CASO UTILIZAREMOS EL VALOR MEDIO DE - $R\alpha$, YA QUE NOS REPRESENTA EL PROMEDIO DE TODOS LOS RADIOS DE - ACIMUT AZ, A UNA LATITUD $\emptyset$ LA CUAL TAMBIEN SERA PROMEDIO PARA LA REPUBLICA MEXICANA

TAMBIEN EN ESTA REDUCCION PUEDE HACERSE EL REPARO DE QUE, EN LA DEDUCCION DE LA MISMA, DEBIA HABERSE PARTIDO DE $\overline{DM}$ Y NO DE D, DIFERENCIANDO LA CORRECCION (4.2.7), RESPECTO A D, SE OBTIENE:

$$dC = \frac{Hm}{R}\, d(D) \qquad (4.2.9)$$

Y HACIENDO

$$d(D) = D - \overline{DM} = (\overline{DN}^2 / 2\,\overline{DM}) \qquad (4.2.10)$$

RESULTA

$$\boxed{dC = -\frac{Hm\,\overline{DN}^2}{2\,\overline{DM}\,R}} \qquad (4.2.11)$$

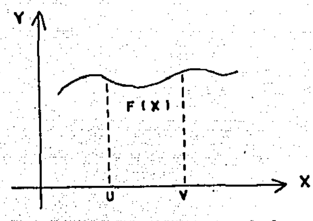
CON LO QUE ESTE ES EL VALOR DEL TERMINO COMPLEMENTARIO QUE DEBE SUMARSE A LA EXPRESION (4.2.7)

AHORA BIEN, LA OMISION DE LA SUMA DE ESTE TERMINO CORRECTIVO MAS EL HALLADO EN (3.6.13), EN LINEAS HASTA DE 500 Km. (MAXIMA DISTANCIA EN SISTEMAS TIERRA - AIRE) Y DESNIVELES DE 10 Kms. - ORIGINA UN ERROR MENOR DE 10^{-6}. EN DISTANCIAS MENORES DE 50 Km., - EL ERROR DEBIDO A LOS TERMINOS ENCONTRADOS ES MENOR DE 10^{-8}, POR LO QUE AMBOS PUEDEN SER DESPRECIADOS

4.3 VALOR MEDIO DEL RADIO DE CURVATURA

SE REFIERE AL RADIO DE CURVATURA PROMEDIO DE TODOS LOS RADIOS DE ACIMUT AZ A UNA LATITUD ϕ

EL VALOR MEDIO DE UNA FUNCION F(X), DENTRO DE LOS LIMITES U Y V, ESTA DADO POR LA EXPRESION



$$\frac{1}{U-V}\int_{U}^{V} F(X)\,dX \qquad (4.3.2)$$

FIGURA 4.3.1

VAMOS A CONSIDERAR QUE

$$\begin{aligned} F(x) &= R_{\alpha} \\ d\,x &= d_{\alpha} \end{aligned} \qquad (4.3.3)$$

LOS LIMITES SON: DE CERO A 2π, ρ EL VALOR MEDIO DE DOS ACIMUTES A UNA LATITUD ϕ, SUSTITUYENDO (4.3.3) EN (4.3.2) Y CONSIDERANDO LO ANTERIOR SE TIENE

$$\rho = \frac{1}{2\pi}\int_{0}^{2\pi} R_{\alpha}\; d_{\alpha} \qquad (4.3.4)$$

POR OTRA PARTE, CONSIDERANDO UNA ESFERA DE RADIO IGUAL AL DE CURVATURA DE LA ELIPSE, QUE TENGA LA MISMA TANGENTE QUE LA CURVA EN EL PUNTO COMUN Y QUE ESTE EN EL MISMO LADO DE LA TANGENTE COMO SE ILUSTRA A CONTINUACION EN LA FIGURA 4.3.2

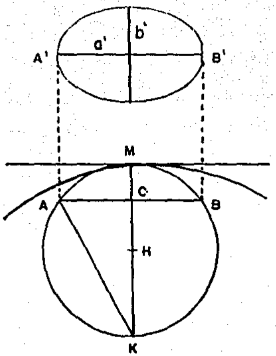


FIGURA 4.3.2

EN LA FIGURA 4.3.2:

LA DISTANCIA MC ES MUY PEQUEÑA, MIENTRAS QUE LOS TRIANGULOS $\widehat{ACM}$ Y $\widehat{ACK}$ -- SON SEMEJANTES, POR LO TANTO

$$\frac{MC}{AC} = \frac{AC}{CK} \Longrightarrow MC = \frac{\overline{AC}^2}{CK} \qquad (4.3.5)$$

SI CONSIDERAMOS QUE

$$CK \doteq 2MH \doteq 2R \qquad (4.3.6)$$

SUSTITUYENDO (4.3.6) EN (4.3.5).

$$MC = \frac{\overline{AC}^2}{2R} \qquad (4.3.7)$$

AHORA BIEN, SI LA ELIPSE CORRESPONDE AL PRIMER VERTICAL, ENTONCES

$$MC = \frac{a^2}{2N} \qquad (4.3.8)$$

Y SI CORRESPONDE AL MERIDIANO SE TENDRA

$$MC = \frac{b^2}{2RM} \qquad (4.3.9)$$

POR LO QUE PARA UNA SECCION DE ACIMUT CUALQUIERA SERA

$$MC = \frac{s^2}{2R\alpha} \qquad (4.3.10)$$

IGUALANDO (4.3.9) Y (4.3.10)

$$\frac{b^2}{2RM} = \frac{s^2}{2R\alpha} \Longrightarrow R\alpha = \frac{s^2}{b^2}\,RM \qquad (4.3.11)$$

SUSTITUYENDO (4.3.11) EN (4.3.4).

$$\rho = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{S^2}{b^2}\, RM\, d\alpha \tag{4.3.12}$$

SABEMOS QUE EL AREA DE LA ELIPSE ESTA DADA POR LA INTEGRAL

$$A = \frac{1}{2}\int_0^{2\pi} S^2\, d\alpha = \pi\, ab \tag{4.3.13}$$

(4.3.13) EN (4.3.12)

$$\rho = \frac{a\ RM}{b} \tag{4.3.14}$$

IGUALANDO (4.3.8) Y (4.3.9)

$$\frac{a^2}{2N} = \frac{b^2}{2RM}\ ;\ \frac{a^2}{b^2} = \frac{N}{RM}\ \therefore\ \frac{a}{b} = \sqrt{\frac{N}{RM}} \tag{4.3.15}$$

SUSTITUYENDO FINALMENTE (4.3.15) EN (4.3.14)

$$\boxed{\rho = \sqrt{N \cdot RM}} \tag{4.3.16}$$

SIENDO (4.3.16), LA EXPRESION QUE NOS DA EL VALOR MEDIO DE R_α (VER INCISOS 1.3 Y 4.2)

4.4 REDUCCION DE DISTANCIAS EN FUNCION DE LA DISTANCIA RECTA INCLINADA

SI SE DESEA REDUCIR LAS DISTANCIAS MEDIDAS AL ELIPSOIDE REPRESENTATIVO DE LA FORMA DE LA TIERRA, TENEMOS QUE CONSIDERAR LOS PROCEDIMIENTOS EN LOS CUALES NO ES NECESARIO REDUCIR LA DISTANCIA, AL HORIZONTE Y EN CONSECUENCIA AL NIVEL MEDIO DEL MAR, YA QUE EN ELLOS SE SIMPLIFICAN OPERACIONES TRABAJANDOSE CON LA DISTANCIA INCLINADA CORREGIDA (VER INCISO 3.5), ES DE RESALTAR QUE LAS DISTANCIAS SE REDUCEN AL ARCO ELIPSOIDAL Y NO A LA CUERDA QUE SUBTIENDE DICHO ARCO, CREANDO CON ELLO EL NIVEL DE COMPARACION

EN EL METODO QUE SE EXPONE A CONTINUACION, SE HACE LA REDUCCION DE LA DISTANCIA INCLINADA CORREGIDA AL ARCO ELIPSOIDAL EN DOS PASOS. PRIMERO SE REDUCE DICHA DISTANCIA A LA CUERDA ELIPSOIDAL Y POSTERIORMENTE SE CONVIERTE A ARCO APLICANDOLE LA CORRECCION RESPECTIVA

4.4.1 DETERMINACION DE LA CUERDA ELIPSOIDAL EN FUNCION DE LA DISTANCIA INCLINADA CORREGIDA

EL CASO QUE NOS OCUPA SE ILUSTRA EN LA SIGUIENTE FIGURA - 4.4.1

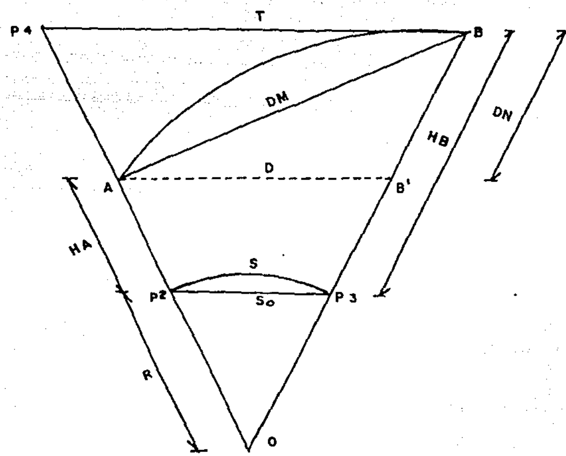


FIGURA 4.4.1

RECORDANDO LA GEOMETRIA ELEMENTAL, EL CUADRADO DE LA DIAGONAL DM DE UN TRAPECIO AP_4BB', SE REPRESENTA COMO

$$\overline{DM}^2 = DT + \overline{DN}^2 \qquad (4.4.2)$$

DE LOS TRIANGULOS OP_2P_3, OAB' y OP_4B. LOS VALORES DE D y T PODEMOS REPRESENTARLOS EN FUNCION DE So DE LA SIGUIENTE MANERA

$$D = \frac{R+HA}{R} So$$

$$T = \frac{R+HB}{R} So \qquad (4.4.3)$$

SUSTITUYENDO (4.4.3) EN (4.4.2) SE TIENE

$$\overline{DM}^2 = \frac{(R+HA)(R+HB)}{R^2} So^2 + \overline{DN}^2 \qquad (4.4.4)$$

COMO QUEREMOS CONOCER EL VALOR DE So DESPEJEMOSLO DE LA FORMULA -- (4.4.4)

$$\boxed{So = \left[\frac{(\overline{DM}^2 - \overline{DN}^2)R^2}{(R+HA)(R+HB)}\right]^{1/2}} \qquad (4.4.5)$$

QUE ES EL VALOR DE LA CUERDA ELIPSOIDAL BUSCADO

AHORA BIEN, EL SEGUNDO PASO CONSISTE, EN QUE A PARTIR DE LA CUERDA ELIPSOIDAL OBTENIDA EN (4.4.5), SE LLEGUE A DETERMINAR EL - ARCO ELIPSOIDAL QUE SUBTIENDE DICHA CUERDA

ESTO LO LOGRAREMOS MEDIANTE UNA CORRECCION DEDUCIDA POR -- LAURILA. LA CUAL CONTEMPLA EL CASO INVERSO, YA QUE LLEVA A CABO LA REDUCCION DEL ARCO A LA CUERDA ELIPSOIDAL (VER INCISO 4.5). SIN EMBARGO, SI LA UTILIZAMOS APLICANDOLA CON EL SIGNO CONTRARIO AL -- QUE TIENE, OBTENDREMOS EL ARCO A PARTIR DE LA CUERDA ELIPSOIDAL. - QUEDANDO ASI SOLUCIONADO NUESTRO PROBLEMA

4.4.2 REDUCCION DE LA DISTANCIA DEL ARCO A LA CUERDA ELIPSOIDAL

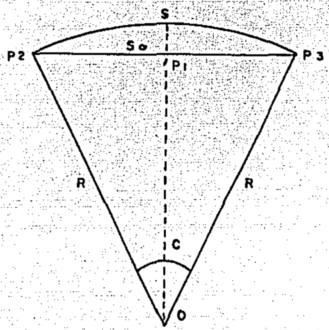


FIGURA 4.5.1

EN LA FIGURA 4.5.1

EXPRESANDO C EN FUNCION DEL ARCO S Y EL RADIO, SE TIENE.

$$C = \frac{S}{R} \qquad (4.5.2)$$

POR OTRO LADO DEL TRIANGULO OAP_1, TENEMOS

$$So = 2R \text{ SEN } C/2 \qquad (4.5.3)$$

SUSTITUYENDO (4.5.2) EN (4.5.3).

$$So = 2R \text{ SEN } \frac{S}{2R} \qquad (4.5.4)$$

AHORA, SI SEN $\frac{S}{2R}$ ES EXPRESADO EN SERIES DE EXPANSION SE TENDRA

$$\text{SEN } \frac{S}{2R} = \frac{S}{2R} - \frac{S^3}{48R^3} + \ldots. \qquad (4.5.5)$$

UTILIZANDO DOS TERMINOS, (4.5.5) EN (4.5.4)

$$So = 2R \left(\frac{S}{2R} - \frac{S^3}{48R^3}\right) \qquad (4.5.6)$$

POR LO QUE LA CUERDA ELIPSOIDAL QUEDA EXPRESADA DE LA FORMA SIGUIENTE

$$\boxed{So = S - \frac{S^3}{24R^2}} \qquad (4.5.7)$$

POR CONSIGUIENTE LA CORRECCION QUE DEBE APLICARSE AL ARCO ELIPSOIDAL PARA OBTENER LA CUERDA ELIPSOIDAL SERA

$$\boxed{\Delta S = S - So = \frac{S^3}{24R^2}} \qquad (4.5.8)$$

LA CUAL SIEMPRE VA A SER DE SIGNO NEGATIVO

4.5 METODO DE WONG Y LAURILA

CONFORME LO EXPUESTO EN ESTE CAPITULO, SE HA HECHO LA REDUCCION DE LA DISTANCIA CORREGIDA AL ARCO ELIPSOIDAL EN VARIOS PASOS, PERO -- TAMBIEN EXISTE UN SEGUNDO METODO DEDUCIDO POR WONG (1949) Y LAURILA (1960) QUE PROPORCIONA EL VALOR DEL ARCO PARA LINEAS DE CUAL--- QUIER LONGITUD DE UNA SOLA VEZ Y DE FORMA PRECISA

LA DEDUCCION MENCIONADA QUEDA SINTETIZADA EN LA FORMULA -- SIGUIENTE

$$\boxed{S = \left[\frac{12\ R^2 M}{12(R+HA)(R+HB) - M} \right]^{1/2}} \qquad (4.6.1)$$

DONDE:

$$M = \overline{DM}^2 - \overline{DN}^2 \qquad (4.6.2)$$

EN LAS EXPRESIONES ANTERIORES, LOS SIMBOLOS QUE INTERVIENEN TIENEN SU SIGNIFICADO YA DEFINIDO

LA DEMOSTRACION DE ESTA FORMULA SE ENCUENTRA EN LA OBRA DE SIMO LAURILA TITULADA " ELECTRONIC SURVEYING AND MAPPING", PAG. - 250

C A P I T U L O   V

AJUSTE DE NIVELACION TRIGONOMETRICA POR METODO DE MINIMOS CUADRADOS

5.1 GENERALIDADES

UNO DE LOS PROBLEMAS FUNDAMENTALES QUE SE PRESENTAN EN GEODESIA AL EFECTUAR MEDICIONES DEL CUALQUIER TIPO. (EN ESTE CASO DE DESNIVELES), ES DE SABER CONTROLAR LOS ERRORES INHERENTES QUE DE CUALQUIER FORMA SE PRESENTAN

PARA CONOCER Y CUANTIFICAR ESTOS ERRORES ES NECESARIO HACER USO DEL CALCULO DE LAS PROBABILIDADES, ES DECIR, DE LOS AJUSTES QUE SE REQUIERAN PARA LA OBTENCION DE RESULTADOS OPTIMOS, DE ACUERDO A LAS PRECISIONES REQUERIDAS. PARA ELLO ANALIZAREMOS EL METODO DE MINIMOS CUADRADOS APLICADO A LA NIVELACION TRIGONOMETRICA

5.2 METODO TRADICIONAL DE MINIMOS CUADRADOS

EN PRIMERA INSTANCIA ESTUDIAREMOS EL METODO TRADICIONAL, CONSIDERANDO SOLO UNA LINEA DE NIVELACION, O SEA EL DESNIVEL EXISTENTE ENTRE DOS PUNTOS DE COTA CONOCIDA (BANCOS DE NIVEL). VER FIGURA 5.2.1

SEAN LOS PUNTOS A y B, DOS BANCOS DE NIVEL DE ALTITUD CONOCIDA Y QUEREMOS LLEVAR UNA NIVELACION DEL PRIMERO AL SEGUNDO. PARA LOGRARLO CUANDO LA DISTANCIA QUE SEPARA A LOS BANCOS SE UTILIZAN OTROS PUNTOS INTERMEDIOS LLAMADOS PUNTOS DE LIGA

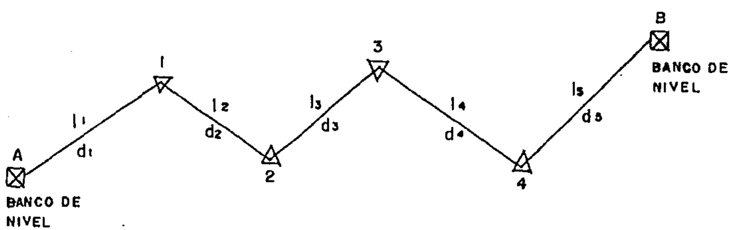


FIGURA 5.2.1)

CUANDO ESTO SUCEDE SE DICE QUE LA LINEA DE NIVELACION ESTA DIVIDIDA EN SECCIONES

EN LA FIGURA 5.2.1, SEAN l1, l2, l3, . . . , ln LAS LONGITUDES DE LA LINEA DE NIVELACION. d1, d2, d3,. . ., dn LOS DESNIVELES ENTRE LOS PUNTOS CONTIGUOS.

SI DESIGNAMOS AL DESNIVEL ENTRE EL BANCO DE NIVEL A y EL EL BANCO DE NIVEL B POR Dn, ENTONCES

$$Dn=d1+d2+d3+. . . .+dn \qquad (5.2.2)$$

PERO d1, d2, d3, . . .,dn SON LOS DESNIVELES OBSERVADOS Y POR LO TANTO ESTARAN AFECTADOS DE ERROR. PARA QUE ESTA CONDICION SEA RIGUROSA SE DEBE TENER

$$Dn=d1+V1+d2+V2+d3+V3+. . .+dn+Vn \qquad (5.2.3)$$

DONDE V1, V2, V3,..., Vn SON LAS CORRECCIONES QUE HAY QUE APLICARLES A LOS DESNIVELES PARA TENER LOS VALORES MAS PROBABLES DE LOS MISMOS. DE (5.2.3) TENEMOS

$$V1+V2+V3+. . .+Vn=Dn-(d1+d2+d3+. .+dn) \qquad (5.2.4)$$

SI HACEMOS

$$V1+V2+V3+. . .+Vn = W \qquad (5.2.5)$$

DONDE W ES LA DISCREPANCIA ENTRE EL DESNIVEL DE LOS PUNTOS EXTREMOS Y LA SUMA DE LOS DESNIVELES PARCIALES, LOS CUALES DEBEMOS AJUSTAR.

POR OTRO LADO SABEMOS QUE LOS VALORES MAS PROBABLES DE LAS INCOGNITAS OBSERVADAS TENDRAN LOS PESOS RESPECTIVOS P_1, P_2 P_3. . ., Pn Y SERAN AQUELLOS EN QUE LA SUMA DE LOS CUADRADOS DE SUS RESIDUOS, ES UN MINIMO, ES DECIR

$$P1V1^2+P2V2^2+P3V3^3+. . .+PnVn^2=MINIMO \qquad (5.2.6)$$

QUE ES LA CONDICION DEL MINIMO PARA OBSERVACIONES PESADAS. COMO LOS PESOS SON INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LAS LONGITUDES DE LOS LADOS, POR LO QUE (5.2.6) QUEDA COMO

$$\frac{V1^2}{l1}+\frac{V2^2}{l2}+\frac{V3^2}{l3}+. . .+\frac{Vn^2}{ln}= MINIMO \qquad (5.2.7)$$

SUMANDO (5.2.7) A LA EXPRESION (5.2.5) MULTIPLICADA POR LA CORRELATIVA -2K, SE TIENE

$$\frac{V1^2}{l1}+\frac{V2^2}{l2}+\frac{V3^2}{l3}+\ldots+\frac{Vn^2}{ln}-2K(V1+V2+V3+\ldots+Vn-W)=MINIMO \qquad (5.2.8)$$

DONDE -2K, ES LLAMADO COEFICIENTE MULTIPLICADOR O CORRELATIVA DE LAS ECUACIONES DE CONDICION. DEBIDO A QUE SUPONEMOS QUE AL MULTIPLICAR LA ECUACION POR LA CORRELATIVA ENCONTRAREMOS LOS VALORES MAS PROBABLES DE LOS DESNIVELES.

PARA HACER QUE LA EXPRESION (5.2.8) SEA UN MINIMO, LAS PRIMERAS DERIVADAS RESPECTO A CADA UNA DE LAS V'S DEBE SER CERO

$$\begin{aligned}
\frac{2V1}{l1} &= 2K \quad ; \quad V1 = l1K \\
\frac{2V2}{l2} &= 2K \quad ; \quad V2 = l2K \\
\frac{2V3}{l3} &= 2K \quad ; \quad V3 = l3K \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad\qquad (5.2.9) \\
\frac{2Vn}{ln} &= 2K \quad ; \quad Vn = lnK
\end{aligned}$$

SUSTITUYENDO (5.2.9) EN (5.2.5)

$$l1K + l2K + l3K + \ldots + lnK = W \qquad (5.2.10)$$

DE DONDE

$$K(l1+l2+l3+\ldots+ln) = W \qquad (5.2.11)$$

O BIEN

$$K\sum_{1}^{n} l = W \qquad (5.2.12)$$

TENIENDO FINALMENTE

$$\boxed{K = \frac{W}{\sum_{1}^{n} l}} \quad y \quad \boxed{V = \frac{W}{\sum_{1}^{n} l}\, l} \qquad (5.2.13)$$

POR LO QUE PARA OBTENER LA CORRECCION A LOS DESNIVELES, BASTA MULTIPLICAR EL VALOR DE K POR LA LONGITUD CORRESPONDIENTE

5.3 METODO DE MINIMOS CUADRADOS USANDO MATRICES, MEDIANTE ECUACIONES DE OBSERVACION

CASO GENERAL

TAMBIEN ESTE METODO SE PUEDE DESARROLLAR EN FORMA MATRICIAL, POR LO QUE LO HACE MAS MODERNO Y FUNCIONAL, TENIENDO LA VENTAJA DE QUE SE TRABAJE EN UNA RED Y NO SIMPLEMENTE EN UNA LINEA DE NIVELACION, PERMITIENDO CON ELLO AJUSTAR DE UNA SOLA VEZ TODOS LOS PUNTOS INVOLUCRADOS

PRIMERO DESARROLLAREMOS EL ALGEBRA MATRICIAL REQUERIDA EN LA SOLUCION DE ESTE PROBLEMA, TENEMOS QUE LAS ECUACIONES DE OBSERVACION SERAN:

$$\begin{aligned} a1x1+a2X2+a3X3+. \; .+aqXq &= d1 \\ b1X1+b2X2+b3X3+. \; .+bqXq &= d2 \\ C1X1+C2X2+C3X3+. \; .+CqXq &= d3 \\ . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \\ n1X1+n2X2+n3X3+. \; .+nqXq &= dn \end{aligned} \qquad (5.3.1)$$

EMPLEANDO MATRICES (5.3.1) TENDRA LA FORMA

$$\begin{bmatrix} a1 & a2 & a3 & . & . & aq \\ b1 & b2 & b3 & . & . & bq \\ C1 & C2 & C3 & . & . & Cq \\ . & . & . & . & . & . \\ n1 & n2 & n3 & & & nq \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X1 \\ X2 \\ X3 \\ .. \\ Xq \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d1 \\ d2 \\ d3 \\ .. \\ dn \end{bmatrix} \qquad (5.3.2)$$

O SEA

$$AX = D \qquad (5.3.3)$$

DONDE:

A: MATRIZ DE DISEÑO (COEFICIENTES DE LAS INCOGNITAS DE DIMENSIONES $n \times q$)

X: VECTOR DE INCOGNITAS (COLUMNA DE PARAMETROS DESCONOCIDOS - CON DIMENSIONES $q \times 1$)

D: VECTOR DE PARAMETROS OBSERVADOS (COLUMNA DE LOS TERMINOS - CONSTANTES DE DIMENSIONES $n \times 1$)

COMO SE INDICA EN LAS DIMENSIONES, EXISTEN n OBSERVACIONES Y q PARAMETROS DESCONOCIDOS (INCOGNITAS)

PARA QUE LA CONDICION SEA RIGUROSA APLIQUEMOS LAS CORREC-CIONES A LOS PARAMETROS OBSERVADOS PARA TENER LOS VALORES MAS PROBABLES, QUEDANDO (5.3.3) COMO SIGUE

$$AX = D + W \qquad (5.3.4)$$

DONDE:

W: VECTOR DE RESIDUOS (COLUMNA DE LOS n RESIDUOS CON DIMENSIONES $n \times 1$)

LA EXPRESION MATRICIAL DEL MINIMO, CUANDO TODAS LAS OBSERVACIONES SON DE PESOS DIFERENTES ES:

$$W^T PW = \text{MINIMO} \qquad (5.3.5)$$

DONDE:

P: MATRIZ DE PESOS (CUADRADA, DIAGONAL LA CUAL ESTA INTEGRADA POR LOS PESOS, DE DIMENSIONES $n \times n$)

W^T: TRANSPUESTA DE W CON DIMENSIONES $1 \times n$

DESPEJANDO DE (5.3.4) A W Y SUSTITUYENDOLA EN (5.3.5), SE TIENE:

$$(AX - D)^T P(AX - D) = \text{MINIMO} \qquad (5.3.6)$$

REALIZANDO OPERACIONES CON MATRICES EN (5.3.6)

$$(X^T A^T - D^T)\ P\ (AX - D) = \text{MINIMO} \qquad (5.3.7)$$

$$(X^T A^T P - D^T P)(AX - D) = \text{MINIMO} \qquad (5.3.8)$$

$$X^T A^T PAX - D^T PAX - X^T A^T PD + D^T PD = \text{MINIMO} \qquad (5.3.9)$$

EN LA EXPRESION ANTERIOR

$$D^T PAX = X^T A^T PD \qquad (5.3.10)$$

SUSTITUYENDO (5.3.10) EN (5.3.9)

$$X^T A^T PAX - 2X^T A^T PD + D^T PD = \text{MINIMO} \qquad (5.3.11)$$

PARA HACER LA EXPRESION (5.3.11) SEA IGUAL A CERO ENCONTRAREMOS LA PRIMERA DERIVADA RESPECTO A X^T

$$2A^T PAX - 2A^T PD = 0 \qquad (5.3.12)$$

DESPEJANDO X DE (5.3.12)

$$\boxed{\hat{X} = (A^T PA)^{-1} A^T PD} \qquad (5.3.13)$$

QUE ES LA EXPRESION DE LAS INCOGNITAS AJUSTADAS(PESOS) EN TANTO -- QUE LA EXPRESION DE LOS RESIDUOS SERA

$$\boxed{\begin{aligned} \hat{W} &= A\hat{X} - D \\ \hat{D} &= D + \hat{W} \end{aligned}} \qquad (5.3.14)$$

DONDE:

$\hat{X}$: VECTOR DE INCOGNITAS AJUSTADAS

$\hat{W}$: VECTOR DE RESIDUOS AJUSTADOS

$\hat{D}$: VECTOR DE PARAMETROS AJUSTADOS

MIENTRAS QUE PARA EL CALCULO DE LA VARIANZA SERA:

$$\boxed{\hat{\sigma}_o^2 = \frac{\hat{W}^T P \hat{W}}{n - q}} \qquad (5.3.15)$$

DONDE:

$\hat{\sigma}_o^2$: VARIANZA DE PESO UNITARIO

$n-q$: GRADOS DE LIBERTAD

$\hat{W}^T$: TRANSPUESTA DE $\hat{W}$

ASI TENEMOS FINALMENTE LA MATRIZ DE VARIANZAS Y COVARIANZAS

$$\boxed{\hat{\sigma}_x = \sqrt{\hat{\sigma}_o^2 (A^T PA)_x^{-1}}} \qquad (5.3.16)$$

5.4 AJUSTE UTILIZANDO ECUACIONES DE CONDICION

COMO SE VIO PRECEDENTEMENTE SE PUEDE HACER ESTE AJUSTE MEDIANTE ECUACIONES DE OBSERVACION, SIN EMBARGO TAMBIEN SE PUEDE DESARROLLAR A BASE DE ECUACIONES DE CONDICION:

PARTIENDO DE LA FORMA MATRICIAL PARA LAS ECUACIONES DE CONDICION $AW = D$

$$W^T PW = \text{MINIMO} \tag{5.4.1}$$

IGUALANDO LA EXPRESION (5.3.3) A CERO, MULTIPLICANDOLA POR LA CORRELATIVA $-2K^T$ QUE ES UN VECTOR COLUMNA Y SUMANDOLA A LA EXPRESION (5.3.5). TENEMOS

$$W^T PW - 2K^T (AW - D) = \text{MINIMO} \tag{5.4.2}$$

PARA IGUALAR (5.4.2) A CERO, OBTENGAMOS LA PRIMERA DERIVADA RESPECTO A W

$$W^T P - K^T A = 0 \tag{5.4.3}$$

APLICANDO PROPIEDADES DE LA MATRIZ TRANSPUESTA Y COMO P ES UNA MATRIZ CUADRADA Y DIAGONAL

$$PW = A^T K \tag{5.4.4}$$

DESPEJANDO W DE (5.4.4) Y SUSTITUYENDO EN (5.3.3)

$$A(P^{-1}(A^T K)) - D = 0 \tag{5.4.5}$$

REALIZANDO OPERACIONES Y DESPEJANDO K

$$K = (AP^{-1}A^T)^{-1} D \tag{5.4.6}$$

DESPEJANDO W DE (5.4.4) Y SUSTITUYENDO (5.4.6), SE TIENE

$$W = P^{-1}A^T(AP^{-1}A^T)^{-1} D \tag{5.4.7}$$

OBTENIENDO FINALMENTE

$$\boxed{Da = D + P^{-1}A^T(AP^{-1}A^T)^{-1} D} \tag{5.4.8}$$

DONDE:

Da: LECTURAS CORREGIDAS

D : LECTURAS MEDIDAS

5.5 TOLERANCIA PARA NIVELACION TRIGONOMETRICA

EN VIRTUD DE QUE LA NIVELACION TRIGONOMETRICA SE ENCUENTRA EN RELACION PERMANENTE CON LA NIVELACION GEOMETRICA, SE DARA A CONTINUACION SOLO ALGUNAS ESPECIFICACIONES ACERCA DE SU UTILIZACION EN TRABAJOS DE TRIANGULACION, TRILATERACION Y POLIGONALES; HACIENDO LA INDICACION DE QUE SI SE DESEA MAS INFORMACION SOBRE LAS ESPECIFICACIONES SE CONSULTE LAS NORMAS TECNICAS PARA LEVANTAMIENTOS GEODESICOS

LAS LINEAS QUE CONFORMEN LA RED GEODESICA VERTICAL DEBERAN PROYECTARSE EN TODOS LOS CASOS COMO CIRCUITOS CERRADOS O DE MODO QUE PRINCIPIEN Y TERMINEN EN BANCOS DE NIVEL PERTENECIENTES A NIVELACIONES DE ORDEN DE EXACTITUD IGUAL O MAYOR QUE EL DE LA NIVELACION OBJETO DEL LEVANTAMIENTO. CUANDO POR RAZONES DE ACCESO LEJANO NO SEA POSIBLE EL USO DE NIVELACION GEOMETRICA, LAS DETERMINACIONES SE HARAN POR NIVELACION TRIGONOMETRICA

LOS PUNTOS DE ELEVACION TRIGONOMETRICA SE DEBERAN LIGAR A BANCOS DE NIVELACION GEOMETRICA, CON ESPACIAMIENTO ENTRE FIGURAS COMO SE INDICA EN LA TABLA 5.5.1, EN LA CUAL SE ESPECIFICAN ADEMAS EL NUMERO DE DETERMINACIONES POR JUEGO DE ANGULOS VERTICALES, LA TOLERANCIA CON RESPECTO AL PROMEDIO DE ESTAS DETERMINACIONES Y LA DISCREPANCIA PERMISIBLE ENTRE MEDIDAS RECIPROCAS

T A B L A 5.5.1

	ORDEN DE NIVELACION TRIGONOMETRICA				
C O N C E P T O	1º	2ºC.I	2ºC.II	3ºC.I	3ºC.II
No. DE FIGURAS ENTRE ELEVACIONES CONOCIDAS	4 a 6	6 a 8	8 a 10	10 a 15	15 a 20
DETERMINACIONES POR JUEGO	4	4	3	3	3
TOLERANCIA ENTRE DETERMINACIONES	± 3"	± 3"	± 3"	± 5"	± 5"
TOLERANCIA ENTRE MEDIDAS RECIPROCAS	10"	10"	10"	10"	20"

CUANDO LA LIGA SE HAGA POR PROCEDIMIENTOS TRIGONOMETRICOS, LA DISCREPANCIA ENTRE LA ELEVACION DETERMINADA Y LA CONOCIDA NO DEBERA SER MAYOR QUE

$$\boxed{T = 0.3\ (D)\ ^{1}/_{2}} \qquad (5.5.2)$$

DONDE:

T; TOLERANCIA, LA CUAL ESTA DADA EN METROS

D: DESARROLLO DE LA NIVELACION Y ESTA DADA EN KILOMETROS

CAPITULO VI

PROGRAMA DE COMPUTO

SE LE LLAMA PROGRAMA A LA SERIE DE INSTRUCCIONES ESCRITAS - EN ALGUNO DE LOS LENGUAJES DISPONIBLES EN LA INSTALACION DE COMPUTO, POR MEDIO DE LAS CUALES SE LOGRA QUE LA COMPUTADORA REALICE TODAS - LAS OPERACIONES O DECISIONES SEÑALADAS EN DICHAS INSTRUCCIONES

A) PROGRAMA FUENTE

GENERALMENTE SE NOMBRA PROGRAMA FUENTE AL CONJUNTO DE INS-- TRUCCIONES ESCRITAS EN ALGUN LENGUAJE PROPIO DE LA COMPUTADORA, LAS CUALES HAN SIDO TRANSCRITAS PARA SER INTERPRETADAS POR LOS DISPOSI- TIVOS DE LECTURA DE LA COMPUTADORA

B) PROGRAMA OBJETO

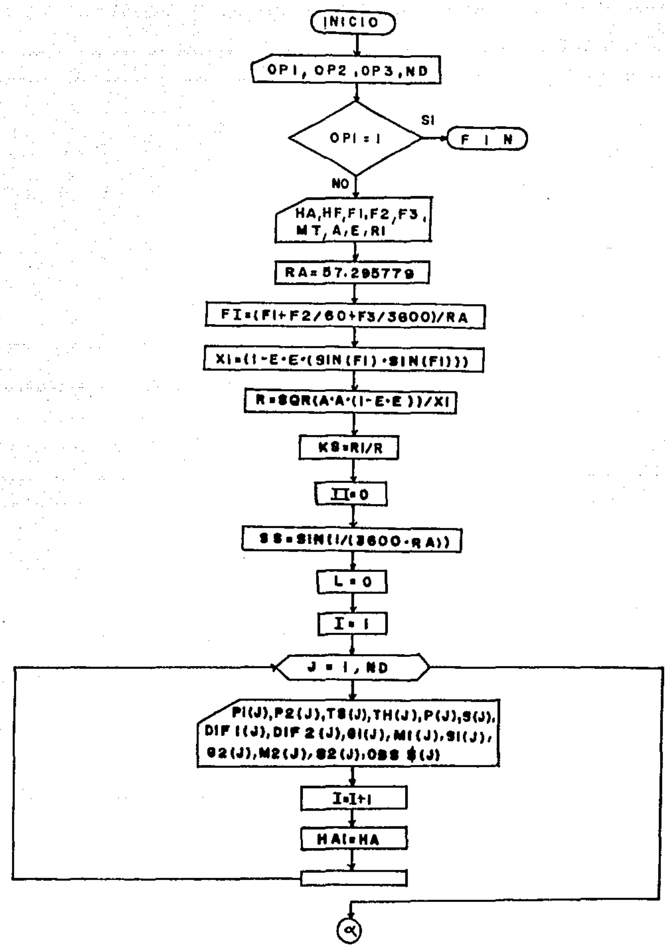
RECIBE ESTE NOMBRE EL CONJUNTO DE INSTRUCCIONES QUE COMPO-- NEN UN PROGRAMA FUENTE Y QUE FUERON TRADUCIDAS AL LENGUAJE DE MAQUI NA POR MEDIO DEL COMPILADOR CORRESPONDIENTE

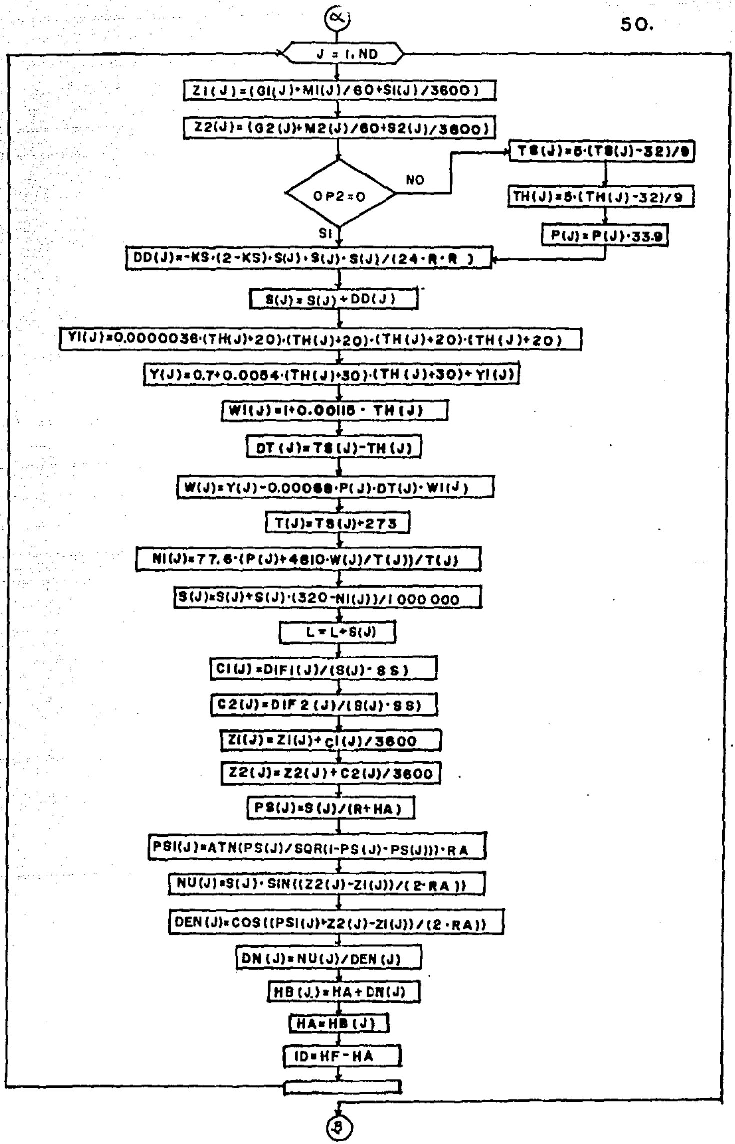
6.1 DIAGRAMA DE FLUJO

UN DIAGRAMA DE FLUJO ES LA REPRESENTACION GRAFICA DE UN CON JUNTO DE ACCIONES QUE DETERMINAN LA SECUENCIA DE LOS PASOS A SEGUIR EN LA SOLUCION DE UN PROBLEMA ESPECIFICO Y EN DONDE SE CONTEMPLAN - LOS SIGUIENTES ELEMENTOS

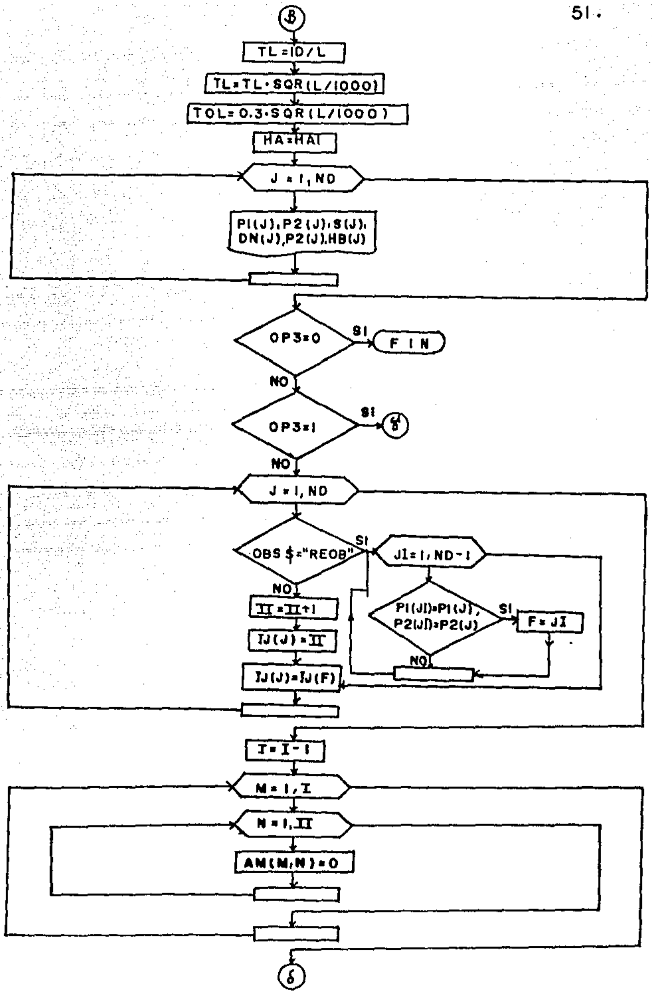
1. INICIO
2. ESPECIFICACION DE LOS DATOS DE ENTRADA
3. OPERACIONES A REALIZAR CON LOS DATOS O DECISIONES A TOMAR
4. ESPECIFICACION DE SALIDA (RESULTADOS)
5. FIN

COMO HASTA AHORA NO EXISTEN REGLAS O ESTANDARES QUE INDIQUEN CLARA- MENTE LA INTERPRETACION O USO QUE DEBA DARSE A TODAS LAS FIGURAS -- GEOMETRICAS QUE USUALMENTE SE UTILIZAN, SE OPTO POR EMPLEAR LAS MAS CONOCIDAS DENTRO DE NUESTRO AMBITO

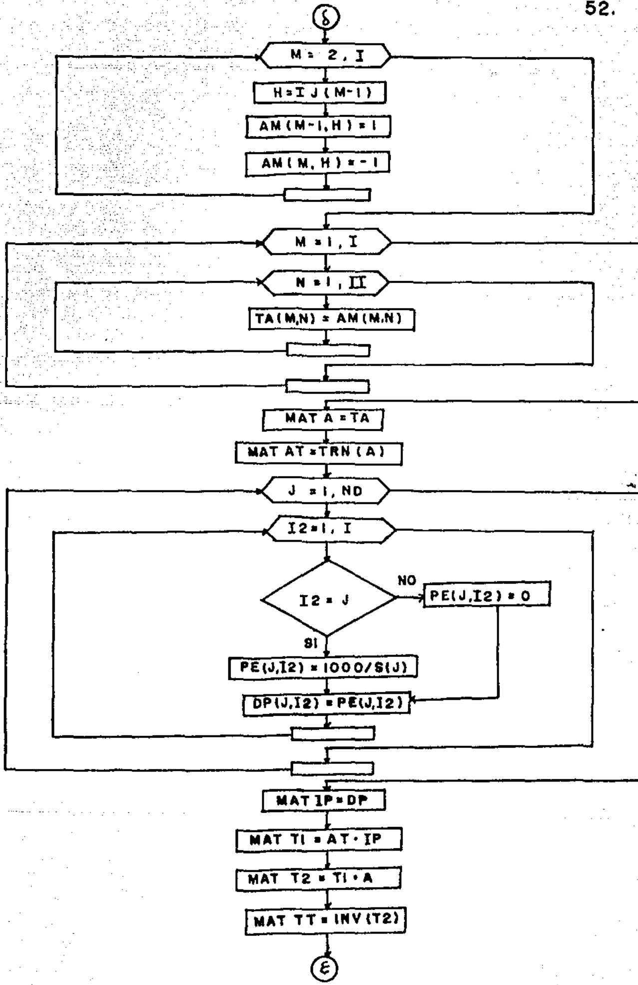

INICIO
OP1, OP2, OP3, ND
OP1 = 1
SI
F I N
NO
HA, HF, F1, F2, F3, MT, A, E, R1
RA = 57.295779
FI = (F1+F2/60+F3/3600)/RA
X1 = (1-E*E*(SIN(FI)*SIN(FI)))
R = SQR(A*A*(1-E*E))/X1
KS = R1/R
II = 0
SS = SIN(1/(3600*RA))
L = 0
I = 1
J = 1, ND
P1(J), P2(J), TS(J), TH(J), P(J), S(J), DIF 1(J), DIF 2(J), G1(J), M1(J), S1(J), G2(J), M2(J), S2(J), OBS $(J)
I = I+1
HA1 = HA
α

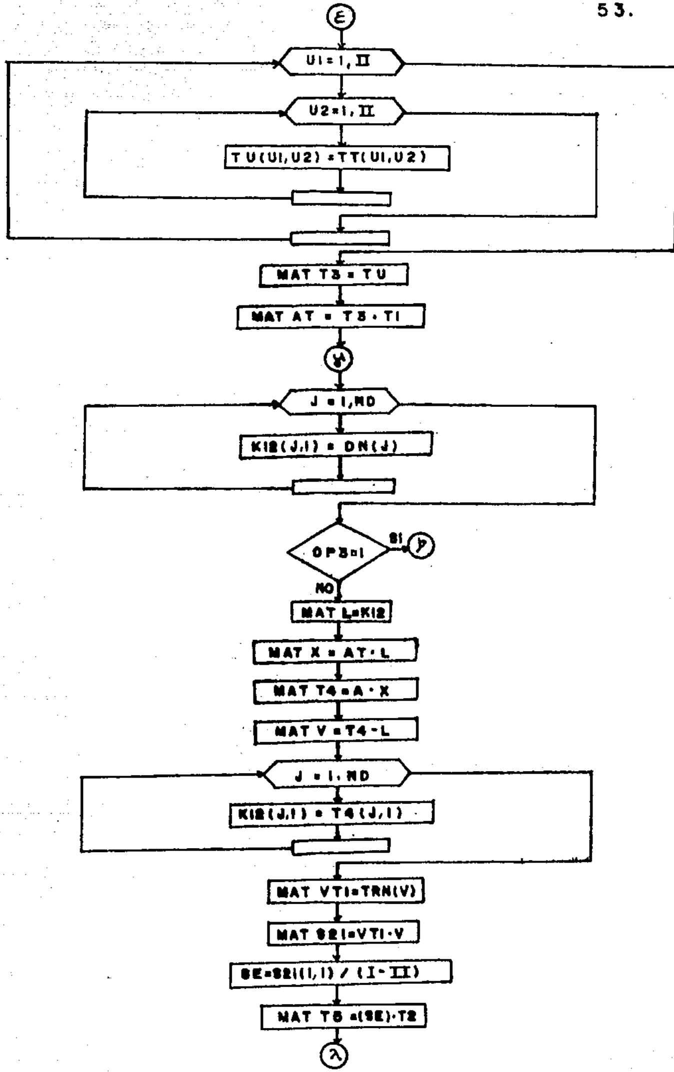


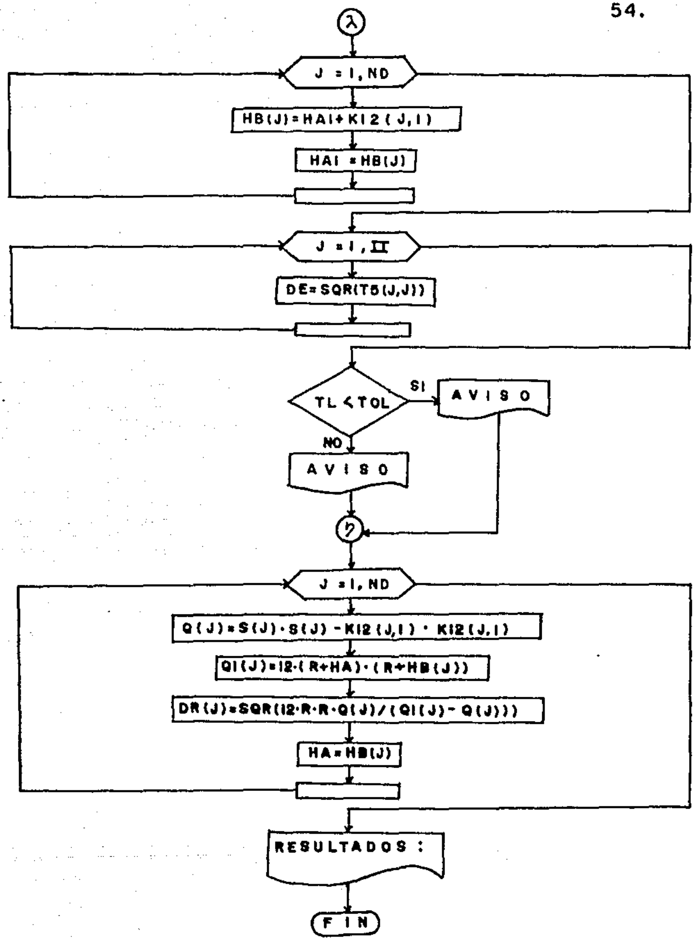
α
J = 1, ND
Z1(J)=(G1(J)+M1(J)/60+S1(J)/3600)
Z2(J)=(G2(J)+M2(J)/60+S2(J)/3600)
OP2=0
NO
SI
TS(J)=5·(TS(J)-32)/9
TH(J)=5·(TH(J)-32)/9
P(J)=P(J)·33.9
DD(J)=-KS·(2-KS)·S(J)·S(J)·S(J)/(24·R·R)
S(J)=S(J)+DD(J)
Y1(J)=0.0000036·(TH(J)+20)·(TH(J)+20)·(TH(J)+20)·(TH(J)+20)
Y(J)=0.7+0.0064·(TH(J)+30)·(TH(J)+30)+Y1(J)
W1(J)=1+0.00115·TH(J)
DT(J)=TS(J)-TH(J)
W(J)=Y(J)-0.00066·P(J)·DT(J)·W1(J)
T(J)=TS(J)+273
N1(J)=77.6·(P(J)+4810·W(J)/T(J))/T(J)
S(J)=S(J)+S(J)·(320-N1(J))/1 000 000
L=L+S(J)
C1(J)=DIF1(J)/(S(J)·SS)
C2(J)=DIF2(J)/(S(J)·SS)
Z1(J)=Z1(J)+C1(J)/3600
Z2(J)=Z2(J)+C2(J)/3600
PS(J)=S(J)/(R+HA)
PSI(J)=ATN(PS(J)/SQR(1-PS(J)·PS(J)))·RA
NU(J)=S(J)·SIN((Z2(J)-Z1(J))/(2·RA))
DEN(J)=COS((PSI(J)+Z2(J)-Z1(J))/(2·RA))
DN(J)=NU(J)/DEN(J)
HB(J)=HA+DN(J)
HA=HB(J)
ID=HF-HA
β



TL=ID/L
TL=TL·SQR(L/1000)
TOL=0.3·SQR(L/1000)
HA=HA1
J=1,ND
P1(J),P2(J),S(J),
DN(J),P2(J),HB(J)
OP3=0
SI
FIN
NO
OP3=1
SI
NO
J=1,ND
OBS$="REOB"
SI
J1=1,ND-1
P1(J1)=P1(J),
P2(J1)=P2(J)
SI
F=J1
NO
NO
II=II+1
IJ(J)=II
IJ(J)=IJ(F)
I=I-1
M=1,I
N=1,II
AM(M,N)=0


δ
M = 2, I
H = I J (M-1)
AM (M-1, H) = 1
AM (M, H) = -1
M = 1, I
N = 1, II
TA (M,N) = AM (M,N)
MAT A = TA
MAT AT = TRN (A)
J = 1, ND
I2 = 1, I
I2 = J
NO
PE(J,I2) = 0
SI
PE(J,I2) = 1000/S(J)
DP(J,I2) = PE(J,I2)
MAT IP = DP
MAT T1 = AT · IP
MAT T2 = T1 · A
MAT TT = INV (T2)
ε


ε
UI = I, II
U2 = I, II
TU(UI,U2) = TT(UI,U2)
MAT T3 = TU
MAT AT = T3 + TI
γ
J = I,ND
KI2(J,I) = DN(J)
OP3 = I
SI
γ
NO
MAT L=KI2
MAT X = AT · L
MAT T4 = A · X
MAT V = T4 - L
J = I, ND
KI2(J,I) = T4(J,I)
MAT VTI=TRN(V)
MAT S2I=VTI·V
SE=S2I(I,I) / (I - II)
MAT T5 =(SE)·T2
λ


λ
J = I, ND
HB(J)=HAI+KI2(J,I)
HAI = HB(J)
J = I, II
DE=SQR(T5(J,J))
TL < TOL
SI
AVISO
NO
AVISO
J = I, ND
Q(J)=S(J)·S(J) - KI2(J,I) · KI2(J,I)
QI(J)=I2·(R+HA)·(R+HB(J))
DR(J)=SQR(I2·R·R·Q(J)/(QI(J)- Q(J)))
HA=HB(J)
RESULTADOS :
F I N

6.1.1 GLOSARIO DE VARIABLES

6.1.1 LISTA DE OPCIONES

OP1; TIPO DE NIVELACION
- =0 TRIGONOMETRICA NO RECIPROCA
- ≠0 TRIGONOMETRICA RECIPROCA

OP2; TRANSFORMACION DE UNIDADES
- =0 CONVIERTE AL S.I.U.
- ≠0 NO CONVIERTE

OP3; DETERMINACION DE AJUSTE
- =0 NO EXISTE ELEVACION DE REFERENCIA
- =1 EXISTE ELEVACION DE PARTIDA O LLEGADA
- =2 AJUSTE DE NIVELACION

6.1.2 DATOS GENERALES DE LA NIVELACION

ND; NUMERO DE DISTANCIAS

HA; ELEVACION DE SALIDA

F1,F2,F3; LATITUD DEL LUGAR DE OBSERVACION EN GRADOS, MINUTOS Y SEGUNDOS

MT; COEFICIENTE DE REFRACCION PROMEDIO DE LA REPUBLICA MEXICANA

6.1.3 CONSTANTES DEL ELIPSOIDE DE CLARKE 1866

A; SEMIEJE MAYOR

E; EXCENTRICIDAD DE LA ELIPSE

R1; RADIO MEDIO

6.1.4 MAGNITUDES OBSERVADAS

P1,P2; NUMEROS DE ESTACION DE LA DISTANCIA MEDIDA

TS; TEMPERATURA SECA

TH; TEMPERATURA HUMEDA

P; PRESION ATMOSFERICA

S; DISTANCIA ENTRE LOS PUNTOS P1 y P2

DIF1,DIF2; DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE INSTRUMENTO Y SEÑAL ESTANDO SITUADOS EN LOS PUNTOS P1 y P2 RESPECTIVAMENTE

G1,M1,S1; DISTANCIA CENITAL DE P1 EN GRADOS, MINUTOS Y SEGUNDOS

G2,M2,S2; DISTANCIA CENITAL DE P2 EN GRADOS, MINUTOS Y SEGUNDOS

OBS$; NOMBRE DE REFERENCIA PARA OBSERVACION O REOBSERVACION

6.1.5 CALCULO DE CORRECCIONES, DESNIVELES Y ELEVACIONES

RA; VALOR DE UN RADIAN EN GRADOS
R; RADIO MEDIO DE CURVATURA
KS; FACTOR DE REFRACCION
SS; VALOR DEL SENO DE 1"
Z1,Z2: DISTANCIAS CENITALES EN LOS PUNTOS P1 Y P2 RESPECTIVAMENTE
DD; CORRECCION POR CURVATURA DE LA TRAYECTORIA
A1; CORRECCION POR REFRACCION
B1; CORRECCION POR CURVATURA Y REFRACCION
N1: VALOR DEL INDICE DE REFRACCION
C1,C2: CORRECCIONES POR DIFERENCIA DE ALTURA ENTRE INSTRUMENTO Y SEÑAL PARA Z1 Y Z2
DN; DESNIVEL ENTRE LOS PUNTOS P1 Y P2
HB; ELEVACION DEL PUNTO P2

6.1.6 AJUSTE MATRICIAL POR EL METODO DE MINIMOS CUADRADOS

MAT A; MATRIZ DE DISEÑO
MAT AT; MATRIZ DE DISEÑO TRANSPUESTA
MAT IP; MATRIZ DE PESOS
MAT T1; PRODUCTO DE MATRICES AT × IP
MAT T2; PRODUCTO DE MATRICES T1 × A
MAT T3; MATRIZ INVERSA DE ECUACIONES NORMALES (INVERSA DE LA MATRIZ T2)
MAT AT; PRODUCTO DE MATRICES T3 × T1
MAT L; VECTOR DE DESNIVELES
MAT X; VECTOR DE ELEVACIONES AJUSTADAS (PRODUCTO DE MATRICES AT × L)
MAT T4; PRODUCTO DE MATRICES A × X
MAT V; VECTOR DE RESIDUOS (DIFERENCIA DE MATRICES T4-L)
MAT VT1: VECTOR DE RESIDUOS TRANSPUESTO
MAT S21; PRODUCTO DE VECTORES VT1 × V
SE; VARIANZA DE PESO UNITARIO
MAT T5; PRODUCTO ESCALAR SE POR LA MATRIZ T2
DE; DESVIACION ESTANDAR
DR; DISTANCIA REDUCIDA AL N. M. M.

6.2 PROGRAMA EN LENGUAJE BASIC

COMO SE PUDO OBSERVAR, MEDIANTE EL DIAGRAMA DE FLUJO SE EXPRESA EN FORMA GRAFICA LA SECUENCIA DE PASOS ORDENADOS QUE SE DEBEN REALIZAR PARA OBTENER LA SOLUCIOÑ DEL PROBLEMA PLANTEADO. POR LO TANTO, UN DIAGRAMA DE FLUJO ES UNA HERRAMIENTA IMPORTANTE EN LA PROGRAMACION, YA QUE PERMITE AL PROGRAMADOR PLANEAR LA SECUENCIA DE OPERACIONES EN UN PROGRAMA ANTES DE ESCRIBIRLO

6.2.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL LENGUAJE BASIC

ENTRE LAS PRINCIPALES VENTAJAS QUE TIENE ESTE LENGUAJE SE CONSIDERAN:

a) SU SIMPLICIDAD

b) LA FACILIDAD DE APRENDERLO

c) LA AUSENCIA DE FORMATOS DE LECTURA Y ESCRITURA

ESTAS MISMAS VENTAJAS PUEDEN SER CONSIDERADAS COMO DESVENTAJAS, EXCEPTO LA FACILIDAD DE APRENDIZAJE, ASI COMO LA AUSENCIA DE INSTRUCCIONES PARA EL MANEJO DE ARCHIVOS, LA FALTA DE ESTRUCTURAS COMPLEJAS, ETC.

DE ESTA MANERA UN PROGRAMA EN CUALQUIER LENGUAJE QUEDA CONFORMADO POR LA ESTRUCTURA SIGUIENTE

1. PROPOSICIONES DE ENTRADA

2. PROPOSICIONES DE SALIDA

3. PROPOSICIONES DE ASIGNACION ARITMETICA

4. PROPOSICIONES DE CONTROL O LOGICAS

```
10    REM CALCULO DE UNA RED DE NIVELACION TRIGONOMETRICA Y
20    REM REDUCCION DE DISTANCIAS AL N.M.M.
30    REM POR METODOS AUTOMATIZADOS
40    REM LEE OPCIONES Y NUMERO DE DISTANCIAS
50    INPUT OP1,OP2,OP3,ND
60    DIM P1(15),P2(15),TS(15),TH(15),P(15),S(15),DIF1(15),DIF2(15)
70    DIM G1(15),M1(15),S1(15),G2(15),M2(15),S2(15),Z1(15),Z2(15)
80    DIM DL(15),A1(15),B1(15),T1(15),Y(15),W1(15),DT(15),N(15)
90    DIM T(15),H1(15),C1(15),C2(15),PS(15),PS1(15),HU(15),DEN(15)
100   DIM OBS$(15),W(15),U1(15),DR(15)
110   DIM J(15),IJ(15),AM(15,14),A(15,14),AT(14,15),S21(14,14)
120   DIM T1(14,15),T2(14,14),T3(14,14),X(14,1),L(15,1),PE(15,15)
130   DIM V(15,1),VT1(1,15),T4(15,1),T5(15,15),TT(14,14),TU(14,14)
140   DIM DW(15),DN(15),K12(15,1),TA(15,14),DP(15,15),IP(15,15)
150   IF OP1=1 THEN 2790
160   REM LEE ELEVACION DE PARTIDA Y LLEGADA,LATITUD,COEF. DE REFRACCION
170   REM Y CONSTANTES DEL ELIPSOIDE DE CLARKE 1866
180   INPUT HA,HF,F1,F2,F3,KT,A,E,R1
190   FOR LL=1 TO 2
200   PRINT
210   NEXT LL
220   PRINT TAB(8);"NIVELACION TRIGONOMETRICA Y REDUCCION DE DISTANCIAS AL N.M.M."
230   PRINT
240   PRINT TAB(23);"FAC. DE INGENIERIA U.N.A.M."
250   FOR LI=1 TO 4
260   PRINT
270   NEXT LI
280   RA=57.295779
290   REM CALCULO DEL RADIO MEDIO DE CURVATURA
300   FI=(F1+F2/60+F3/3600)/RA
310   X1=(1-E*E*(SIN(FI)*SIN(FI)))
320   R=SQR(A*A*(1-E*E))/X1
330   REM CALCULO DE FACTOR DE REFRACCION
340   KG=R1/R
350   II=0
360   SS=SIN(1/(3600*RA))
370   L=0
380   I=1
390   PRINT TAB(19);" NIVELACION TRIGONOMETRICA RECIPROCA"
400   PRINT TAB(26);"MAGNITUDES OBSERVADAS"
410   PRINT
420   REM LEE MAGNITUDES OBSERVADAS
430   PRINT "ESTA. TEMPERATURA PRESION DISTANCIA     (I-S)       DISTANCIAS CENITALES"
440   PRINT "DE  A SECA  HUME. ATMOS.   MEDIDA    DIF1   DIF2 GR MI  SEG  GR MI  SEG"
450   PRINT
460   FOR J=1 TO ND
470   INPUT P1(J),P2(J),TS(J),TH(J),P(J),S(J),DIF1(J),DIF2(J)
480   REM LEE PUNTOS DE LA LINEA,TEMP. SECA,TEMP. HUM.,PRESION
490   REM DISTANCIA MEDIDA,DIFS. DE ALTURA ENTRE INSTRUMENTO Y SEÑAL
500   INPUT G1(J),M1(J),S1(J),G2(J),M2(J),S2(J),OBS$(J)
510   I=I+1
520   HA1=HA
530   NEXT J
540   FOR J=1 TO ND
550   REM IMPRIME MAGNITUDES OBSERVADAS
560   PRINT USING "##";P1(J);
570   PRINT USING "###";P2(J);
580   PRINT USING "###.##";TS(J);
590   PRINT USING "###.##";TH(J);
600   PRINT USING "####.###";P(J);
610   PRINT USING "#######.####";S(J);
620   PRINT USING "##.###";DIF1(J);
630   PRINT USING "###.###";DIF2(J);
```

```
640   PRINT USING "##.";G1(J);
650   PRINT USING "###";M1(J);
660   PRINT USING "###.##";S1(J);
670   PRINT USING "###";G2(J);
680   PRINT USING "###";M2(J);
690   PRINT USING "###.##";S2(J);
700   Z1(J)=(G1(J)+M1(J)/60+S1(J)/3600)
710   Z2(J)=(G2(J)+M2(J)/60+S2(J)/3600)
720   IF OP2=0 THEN 770
730   TS(J)=5*(TS(J)-32)/9
740   TH(J)=5*(TH(J)-32)/9
750   P(J)=P(J)*33.87
760   REM CORRECCION POR CURVATURA DE LA TRAYECTORIA
770   DD(J)=-KS*(2-KS)*S(J)*S(J)*S(J)/(24*R*R)
780   S(J)=S(J)+DD(J)
790   REM CORRECCION POR FACTORES METEREOLOGICOS
800   Y1(J)=0.0000036*(TH(J)+20)*(TH(J)+20)*(TH(J)+20)*(TH(J)+20)
810   Y(J)=6.3+0.0053*(TH(J)+30)*(TH(J)+30)+Y1(J)
820   W1(J)=1+0.00115*TH(J)
830   DT(J)=TS(J)-TH(J)
840   W(J)=Y(J)-0.00066*P(J)*DT(J)*W1(J)
850   T(J)=TS(J)+273
860   REM CALCULO DEL INDICE DE REFRACCION
870   N1(J)=77.6*(P(J)+4810*W(J)/T(J))/T(J)
880   REM CALCULO DE LA DISTANCIA INCLINADA CORREGIDA
890   S(J)=S(J)+S(J)*(320-N1(J))/1000000
900   L=L+S(J)
910   REM CORRECCION POR DIFS. DE ALTURA ENTRE INSTRUMENTO Y SEÑAL
920   C1(J)=DIF1(J)/(S(J)*SS)
930   C2(J)=DIF2(J)/(S(J)*SS)
940   Z1(J)=Z1(J)+C1(J)/3600
950   Z2(J)=Z2(J)+C2(J)/3600
960   PS(J)=S(J)/(R+HA)
970   REM CALCULO DE DESNIVEL
980   PST(J)=ATN(PS(J)/SQR(1-PS(J)*PS(J)))*RA
990   NU(J)=S(J)*SIN((Z2(J)-Z1(J))/(2*RA))
1000  DEN(J)=COS((PST(J)+Z2(J)-Z1(J))/(2*RA))
1010  DN(J)=NU(J)/DEN(J)
1020  REM CALCULO DE ELEVACIONES
1030  HB(J)=HA+DN(J)
1040  HA=HB(J)
1050  ID=HF-HA
1060  NEXT J
1070  REM DETERMINACION DE LA TOLERANCIA
1080  TL=ID/L
1090  TL=TL*SQR(L/1000)
1100  TOL=0.3*SQR(L/1000)
1110  HA=HAI
1120  FOR K=1 TO 6
1130  PRINT
1140  NEXT K
1150  PRINT TAB(12);"MAGNITUDES CALCULADAS"
1160  PRINT
1170  PRINT
1180  PRINT "ELEVACION INICIAL HI=";HA
1190  PRINT
1200  PRINT " EST. DISTANCIA  DESNIVEL   VERT.  ELEVACION"
1210  PRINT "  DE A INCLINADA  CALCULADO        SIN AJUSTAR"
1220  PRINT
1230  FOR J=1 TO NO
1240  PRINT USING "###";P1(J);
1250  PRINT USING "##.";P2(J);
1260  PRINT USING "#####.###";S(J);
```

```
1270  PRINT USING "#####.#.####";DH(J);
1280  PRINT USING "####";P2(J);
1290  PRINT USING "#######.####";HH(J);
1300  PRINT
1310  NEXT J
1320  FOR WK=1 TO 5
1330  PRINT
1340  NEXT WK
1350  REM DETERMINACION DEL AJUSTE
1360  IF OP3=0 THEN 2780
1370  REM NO EXISTE ELEVACION DE REFERENCIA
1380  IF OP3=1 THEN 2160
1390  REM EXISTE SOLO ELEVACION DE PARTIDA O LLEGADA
1400  PRINT " AJUSTE DE NIVELACION TRIGONOMETRICA"
1410  PRINT " METODO DE MINIMOS CUADRADOS"
1420  PRINT " EN FORMA MATRICIAL"
1430  PRINT
1440  PRINT " DISCREPANCIA EN DESNIVEL POR AJUSTAR";ID
1450  PRINT
1460  REM GENERACION DE LA MATRIZ DE DISEÑO
1470  FOR J=1 TO ND
1480  IF OBS$(J)="REDU" THEN 1520
1490  II=II+1
1500  IJ(J)=II
1510  GOTO 1560
1520  FOR JI=1 TO ND-1
1530  IF P1(JI)=P1(J) AND P2(JI)=P2(J) THEN F=JI
1540  NEXT JI
1550  IU(J)=IJ(F)
1560  NEXT J
1570  I=I-1
1580  PRINT "I=";I;
1590  PRINT "II=";II;
1600  PRINT
1610  PRINT
1620  FOR M=1 TO I
1630  FOR N=1 TO II
1640  AM(M,N)=0
1650  NEXT N
1660  NEXT M
1670  FOR M=2 TO I
1680  N=IJ(M-1)
1690  AM(M-1,N)=1
1700  AM(M,N)=-1
1710  NEXT M
1720  PRINT TAB(12);"MATRIZ DE DISEÑO (A)"
1730  PRINT
1740  FOR M=1 TO I
1750  FOR N=1 TO II
1760  PRINT AM(M,N);
1770  TA(M,N)=AM(M,N)
1780  NEXT N
1790  PRINT
1800  NEXT M
1810  PRINT
1820  PRINT
1830  MAT A=TA
1840  MAT AT=TRN(A)
1850  PRINT "DIAGONAL PRINCIPAL DE LA MATRIZ DE PESOS"
1860  PRINT
1870  REM GENERACION DE LA MATRIZ DE PESOS
1880  FOR J=1 TO NL
1890  FOR II=1 TO I
```

```
1900  IF I2=J THEN 1930
1910  PF(J,I2)=0
1920  GOTO 1950
1930  PF(J,I2)=1000/S(J)
1940  PRINT USING "#.#####";PF(J,I2)
1950  HP(J,I2)=PF(J,I2)
1960  NEXT I2
1970  NEXT J
1980  MAT IP=DP
1990  MAT T1=AT*IP
2000  PRINT
2010  MAT T2=T1*A
2020  MAT TT=INV(T2)
2030  PRINT TAB(17);"MATRIZ INVERSA DE ECUACIONES NORMALES"
2040  PRINT
2050  FOR U1=1 TO I1
2060  FOR U2=1 TO I1
2070  TU(U1,U2)=TT(U1,U2)
2080  PRINT USING "###.#";TU(U1,U2);
2090  NEXT U2
2100  PRINT
2110  NEXT U1
2120  PRINT
2130  PRINT
2140  MAT T3=TU
2150  MAT AI=T3*T1
2160  FOR J=1 TO ND
2170  K12(J,1)=BN(J)
2180  NEXT J
2190  IF OP3=1 THEN 2560
2200  MAT L=K12
2210  MAT X=AI*L
2270  MAT T4=A*X
2230  MAT V=T4-L
2240  FOR J=1 TO ND
2250  K12(J,1)=T4(J,1)
2260  NEXT J
2270  MAT VT1=TRN(V)
2280  MAT S21=VT1*V
2290  SE=S21(1,1)/(1-II)
2300  MAT T5=(SE)*T2
2310  PRINT "VALORES AJUSTADOS "
2320  PPINT "ELEVACION   D.E. *"
2330  PRINT
2340  FOR J=1 TO ND
2350  HB(J)=HA1+K12(J,1)
2360  HA1=HH(J)
2370  NEXT J
2380  FOR J=1 TO II
2400  PRINT USING "####.####";HB(J);
2410  DE=SQR(T5(J,J))
2420  PRINT USING "####.####";DE
2430  NEXT J
2440  PRINT
2450  PRINT "VARIANZA DE PESO UNITARIO"
2460  PRINT USING "#####.####";SE
2470  PRINT
2480  PRINT "*.D.E. :DESVIACION ESTANDAR"
2490  IF TI<TOL THEN 2520
2500  PRINT "SE COMPENSO FUERA DE TOLERANCIA"
2510  GOTO 2530
2520  PRINT "SE COMPENSO DENTRO DE TOLERANCIA"
2530  FOR WI=1 TO 6
```

```
2540  PRINT
2550  NEXT I
2560  PRINT TAB(7); " REDUCCION DE DISTANCIAS AL N.M.P."
2570  PRINT
2580  PRINT "  EST.  DESNIVEL  DISTANCIA    VERT.   ELEVACION "
2590  PRINT "  HE "            HB HI HA H."
2600  PRINT
2610  FOR J=1 TO ND
2620  O(J)=S(J)*S(J)-K12(J,1)*K12(J,1)
2630  O1(J)=12*(R+HA)*(R+HB(J))
2640  DR(J)=SQR(12*R*R*O(J)/(O1(J)-O(J)))
2650  HA=HB(J)
2660  NEXT J
2670  FOR J=1 TO ND
2680  PRINT USING "###";P1(J);
2690  PRINT USING "###";P2(J);
2700  PRINT USING "######.####";K12(J,1);
2710  PRINT USING "#######.###";DR(J);
2720  PRINT USING "######";P2(J);
2730  PRINT USING "#########.####";HB(J)
2740  NEXT J
2750  PRINT
2760  PRINT
2770  PRINT TAB(2);"ACOTACIONES EN METROS"
2780  GOTO 2840
2790  PRINT
2800  PRINT TAB(5);"LA RAZON POR LA QUE NO TRABAJA EL PROGRAMA ES"
2810  PRINT TAB(5);"PORQUE SE INCLUYO DENTRO DE LA OPCION UNO OPI=0"
2820  PRINT TAB(5);"LO QUE INDICA QUE SE TRATA DE UN CASO DE NIVELACION"
2830  PRINT TAB(5);"DIFERENTE A LA TRIGONOMETRICA RECIPROCA"
2840  END
```

6.3 INSTRUCCIONES DE USUARIO

6.3.1 PROLOGO

PARA PROBAR EL EMPLEO Y LA GRAN AYUDA QUE REPRESENTA LA COMPUTADORA, COMO HERRAMIENTA DE CALCULO, EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS DENTRO DE LA INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA, SE RESOLVERAN A CONTINUACION LAS OPERACIONES QUE DAN LUGAR AL CALCULO DE UNA RED DE NIVELACION TRIGONOMETRICA RECIPROCA Y LA REDUCCION DE SUS DISTANCIAS AL NIVEL MEDIO DEL MAR, TENIENDO COMO OPCION EL AJUSTE DE LA MISMA.

EN ESTE PROGRAMA SE CONSIDERA QUE EL USUARIO ESTA FAMILIARIZADO CON EL LENGUAJE DE PROGRAMACION BASIC, ASI COMO EL FORMATO Y MODO DE OPERACION DE SUS INSTRUCCIONES. ACLARANDO QUE LOS TERMINOS UTILIZADOS SON LOS MAS COMUNMENTE APLICADOS DENTRO DE CUALQUIER SISTEMA DE COMPUTO QUE MANEJE EL LENGUAJE DE PROGRAMACION BASIC.

6.3.2 RECOPILACION DE INFORMACION

ANTES DE PROCEDER A CALCULAR SE TIENE QUE RECABAR LA INFORMACION CORRESPONDIENTE A LA NIVELACION, ES DECIR, SE DEBE TENER EL REGISTRO CONVENIENTE, A FIN DE CONTAR CON LOS DATOS DEFINITIVOS

6.3.3 DATOS GENERALES DE LA NIVELACION Y DEL ELIPSOIDE A EMPLEAR

EN ESTA FASE SE DEBE HABER DETERMINADO

1. EL TIPO DE OPCIONES A UTILIZAR
2. NUMERO DE DISTANCIAS QUE CONTIENE LA NIVELACION
3. EL VALOR DE LA LATITUD DE LA ZONA DE TRABAJO

ASI COMO TENER BIEN IDENTIFICADO EL ELIPSOIDE REPRESENTATIVO DE LA FORMA DE LA TIERRA A USAR. LOS DATOS INDICADOS TENDRAN QUE APARECER EN LA FORMA SECUENCIAL COMO SE SEÑALA

6.3.4 DATOS DE LA SECCION DE OBSERVACION

PARA ESTE PUNTO SE TIENE QUE CONOCER

1. NUMEROS DE ESTACION QUE CORRESPONDEN A LA SECCION
2. CONDICIONES METEREOLOGICAS DE LA OBSERVACION

3. EL VALOR DE LA DIFERENCIA DE ALTURAS, ENTRE INSTRUMENTO Y SEÑAL EN CADA ESTACION DE OBSERVACION

4. PROMEDIO DE LA DISTANCIA CENITAL OBSERVADA EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES DURANTE LA MEDICION

ANALOGAMENTE COMO LA FASE ANTERIOR, DICHOS DATOS DEBERAN APARECER SECUENCIALMENTE EN LA FORMA INDICADA, COMPLETANDO ASI LA SERIE DE DATOS.

6.3.5 PROCEDIMIENTO DE OPERACION EN EL SISTEMA VAX11-780

PARA ENTENDER MEJOR ESTA PARTE ES NECESARIO EXPLICAR QUE - ES UNA COMPUTADORA

UNA COMPUTADORA ES UNA MAQUINA CON GRAN VELOCIDAD PARA -- REALIZAR OPERACIONES Y CON ALTA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE IN FORMACION PERO QUE NECESITA QUE LE DIGAMOS QUE SECUENCIA DE PASOS HAY QUE SEGUIR

UNA VEZ COMPRENDIDA LA DEFINICION DE COMPUTADORA, DESCRI- BIREMOS EN FORMA BREVE ALGUNAS DE LAS INSTRUCCIONES QUE NOS SIR-- VEN PARA CORRER UN PROGRAMA. ES DE ACONSEJARSE QUE SI NECESITA - MAYOR INFORMACION AL RESPECTO, SE CONSULTE LA "GUIA DE ACCESO AL SISTEMA VAX11-780"

1. MENSAJES DEL SISTEMA

LO PRIMERO QUE SE VERA AL ENTRAR AL SISTEMA SERA UN MEN- SAJE QUE DIRA

BIENVENIDO AL SISTEMA VAX/VMS V3.3

C E C A F I

POSTERIORMENTE SE PODRAN DESPLEGAR MENSAJES DEL SISTEMA AL - USUARIO, TALES COMO ADVERTENCIAS, MENSAJES VARIOS, ETC... APARE- CERA EL PROMPT "INDICADOR" EL CUAL ES UN $ (QUE ESTA EN EL D.C.L. O DIGITAL COMMAND LENGUAJE). CUANDO ESTO SUCEDE, SE DICE QUE EL- USUARIO HA ENTRADO EN SESION, LO QUE SIGNIFICA QUE PUEDE HACER - USO DE LOS RECURSOS DE LA COMPUTADORA

2. PRIMERAS INSTRUCCIONES DE COMANDO

EL SITEMA VAX11-780 UTILIZA UN SIMBOLO PARA ESPECIFICAR SUS DISTINTOS MODOS DE OPERACION, ENTRE ESTOS TIENE

a) COMANDOS DEL SISTEMA

CARACTERIZADOS POR UN SIGNO DE PESOS A LA IZQUIERDA
$

b) COMANDOS DEL EDITOR

CARACTERIZADOS POR UN ASTERISCO A LA IZQUIERDA
*

c) COMANDOS DENTRO DEL EDITOR

CARACTERIZADOS POR EL MENSAJE DE ⌊EOB⌋ EN LA PARTE INFERIOR DE LA PANTALLA
⌊ EOB ⌋

DENTRO DE LAS INSTRUCCIONES BASICAS DE OPERACION DEL SISTEMA VAX,- DEBEMOS CONSIDERAR DIR y EDT

LA INSTRUCCION DIR ES LA FORMA ABREVIADA DE DIRECTORY, EL CUAL -- MUESTRA EL NUMERO DE PROGRAMAS Y ARCHIVOS QUE SE TIENE, POR SU NOMBRE, CARACTERISTICAS Y VERSIONES. EL NOMBRE DEL DIRECTORIO ES EL MISMO QUE DEL USERNAME PERO PUEDE TAMBIEN SER EL DE ALGUN SUBDIRECTORIO

EL NOMBRE DEL ARCHIVO LO ASIGNA EL USUARIO MEDIANTE UN NOMBRE QUE INDIQUE LA FINALIDAD DE DICHO ARCHIVO, ESTE PUEDE SER DE 1 A 9 LETRAS Y NUMEROS SIN INCLUIR CARACTERES ESPECIALES. LA EXTENSION - (TIPO) TAMBIEN SE LA ASIGNA EL USUARIO CUANDO SE PIENSA ESCRIBIR- UN PROGRAMA EN ALGUN LENGUAJE EN PARTICULAR, YA SEA BASIC, FORTRAN, PASCAL O DATOS.

EL USUARIO DEBERA ASIGNAR LA EXTENSION CON LAS PRIMERAS 3 LETRAS - DEL LENGUAJE QUE SE ESTA UTILIZANDO, SUPONGAMOS QUE QUEREMOS DAR - EL NOMBRE AL PROGRAMA, A ESTE SE LE VA A LLAMAR RECIPROCA Y SE ESCRIBIRA EN LENGUAJE BASIC

RECIPROCA . BAS

PARA SABER QUE ARCHIVOS SE TIENE EN EL DIRECTORIO O SUBDIRECTORIO, DEBEMOS TECLEAR

$ DIR <RETURN> (IMPLICA PRESIONAR LA TECLA RETURN)

LA INSTRUCCION EDT SE UTILIZA PARA CREAR EL PROGRAMA O ARCHIVO. POR LO QUE SE DEBERA ESCRIBIR EL COMANDO EDT CUANDO SE ESTA EN MODO COMANDO DEL SISTEMA, SU FORMATO ES

$ EDT < RETURN >

Y APARECE EN EL DISPLAY

. . . . $ FILE

EN ESTE MOMENTO SE TIENE LA CAPACIDAD DE DAR EL NOMBRE Y LA EXTENSION AL PROGRAMA LO CUAL SE DEBERA HACER, Y PRESIONAR < RETURN > , EN ESE MOMENTO APARECE EL LETRERO

INPUT FILE DOES NO EXIST └ EOB ┘
*

EN ESTE MOMENTO SE DEJA DE ESTAR EN EL DCL PARA ESTAR EN EL MODO-EDITOR SE PUEDE CREAR Y/O MODIFICAR ARCHIVOS MEDIANTE LOS COMANDOS PROPIOS DEL EDITOR

PARA PODER SALIR A DCL (COMANDO DEL SISTEMA) SE TIENEN 2 - OPCIONES PRINCIPALES QUE SON: QUIT y EXIT, TENIENDO COMO FORMATOS LA FORMA

* QUIT < RETURN >
* EXIT <RETURN >

LA INSTRUCCION QUIT BORRA LA QUE SE HAYA ESCRITO, SI ES LA PRIMERA VEZ QUE SE LLAMA POR EDT AL PROGRAMA, EN CASO CONTRARIO DEJA - LA VERSION ANTERIOR.Y EL COMANDO EXIT GRABA EL ARCHIVO O PROGRAMA EN EL AREA DE TRABAJO POR LO QUE SE PODRA CONTAR CON EL EN EL DIRECTORIO

PARA PODER ESTAR DENTRO DE LOS COMANDOS DEL EDITOR ES NECESARIO COLOCAR UNA C y PRESIONAR LA TECLA <RETURN > COMO SIGUE:

* C < RETURN >

ESTO DEJA UNA HOJA EN BLANCO DONDE SE PODRAN ESCRIBIR PROGRAMAS O ARCHIVOS, DEJANDO EN LA PANTALLA EL MENSAJE

└ EOB ┘

Y EN ESE INSTANTE EL USUARIO ESTARA DENTRO DEL EDITOR DE CARACTE-

RES, HABIENDOSE DEJADO EL MODO DE LINEA DEL COMANDO EDITOR. ESTE MENSAJE DE ⌊EOB⌋ INDICA LA DIMENSION DEL ARCHIVO EN EL QUE SE ESTA OPERANDO. CUANDO ESTE ESCRIBIENDO EL PROGRAMA EL USUARIO DEBERA TOMAR EN CUENTA LOS FORMATOS DEL LENGUAJE BASIC. UNA VEZ TERMINADO DE TECLEAR EL PROGRAMA SE DARA EL COMANDO DE SALIDA DEL MODO CARACTER AL MODO LINEA, MEDIANTE EL CONTROL Z

CTR - Z

OPRIMIENDO LAS 2 TECLAS AL MISMO TIEMPO

3. COMPILACION

LA COMPILACION ES EL PROCEDIMIENTO MEDIANTE EL CUAL LA COMPUTADORA CAMBIA LOS PROGRAMAS QUE SE CREARON MEDIANTE EL EDITOR A LENGUAJE MAQUINA O BINARIO, REALIZANDO LA DETECCION DE ERRORES DURANTE ESTE PROCESO. ESTE PROCEDIMIENTO CUANDO SE REALIZA EN VAX CONSTA DE DOS PARTES DIFERENTES

LA PRIMERA GENERA LA EXTENSION OBJ u OBJETO, QUE ES LA - TRADUCCION DE LOS PROGRAMAS REALIZADA POR EL COMPILADOR. EN ESTA PARTE ES DONDE SE IDENTIFICAN LOS ERRORES DE PROGRAMACION, SI EL PROGRAMA NO TUVO ERRORES, EL COMPILADOR REALIZA LA TRADUCCION PERFECTAMENTE

LA SEGUNDA GENERA LA EXTENSION EXE DEL PROGRAMA MEDIANTE - LA INSTRUCCION LINK, EN ESTE MOMENTO EL PROGRAMA ESTA LISTO PARA CORRER, LO QUE HACE ESTA INSTRUCCION ES LIGAR EL MODULO OBJETO -- CON OTROS MODULOS OBJETOS NECESARIOS PARA LA CORRIDA

PASOS A SEGUIR PARA EL LENGUAJE DE PROGRAMACION EN BASIC

```
$ BAS  NOMBRE DEL PROGRAMA     <RETURN>
$ LINK NOMBRE DEL PROGRAMA     <RETURN>
```

4. EJECUCION DE PROGRAMA

a) DANDO DATOS POR TERMINAL

CUANDO EL USUARIO MANDE EJECUTAR SU PROGRAMA, PODRA PROPORCIONAR LOS DATOS MEDIANTE LA TERMINAL Y DEBERA HACERLO SIGUIENDO- EL FORMATO ESPECIFICADO (VER PUNTOS 6.3.3 Y 6.3.4)

LA FORMA DE CORRER EL PROGRAMA ES

```
$ RUN  NOMBRE DEL PROGRAMA     <RETURN>
```

COMO EL PROGRAMA ESTA HECHO EN BASIC APARECERA UNA INTERROGACION-(?) PIDIENDO LOS DATOS

b) CREACION DE ARCHIVO DE DATOS

CUANDO EL PROGRAMA REQUIERE MUCHOS DATOS COMO EN ESTE CASO ES MEJOR CREAR ARCHIVOS DE DATOS (.DAT) MEDIANTE EL EDITOR PARA - POSTERIORMENTE ASIGNARLOS AL CANAL DE ENTRADA DE DATOS DEL PROGRAMA, EL FORMATO PARA CREARLO ES

$ EDT NOMBRE DE ARCHIVO . DAT < RETURN >

Y CREAR EL ARCHIVO QUE CONTENGA LOS DATOS SIGUIENDO LOS FORMATOS INDICADOS EN EL PROGRAMA (VER PUNTOS 6.3.3 Y 6.3.4)

b.1 ASIGNACION DE INPUT y OUTPUT

NORMALMENTE LA ENTRADA DE DATOS Y LA SALIDA DE RESULTADOS DE LA - CORRIDA DE UN PROGRAMA SE EFECTUA ASIGNADA A PANTALLA, LO QUE SE VA A REALIZAR EN ESTE CASO ES CAMBIAR ESA ASIGNACION NORMAL DEL - SISTEMA, A UNA ASIGNACION DE UN ARCHIVO PERSONAL EN DISCO

EL SISTEMA DE ENTRADA ES SYS$INPUT Y EL DE SALIDA SYS$OUTPUT

LA APLICACION PRACTICA ES TENER LOS DATOS DE UN PROGRAMA - GRABADO EN UN ARCHIVO, MEDIANTE LA INSTRUCCION SYS$INPUT, ASIMISMO LA DE ALMACENAR LOS RESULTADOS DEL PROGRAMA EN UN ARCHIVO --- SYS$OUTPUT

LAS INSTRUCCIONES DE COMANDOS DEL SISTEMA: ASSIGN SYS$INPUT Y ASSIGN SYS$OUTPUT PERMITEN ASIGNAR LOS DATOS CONTENIDOS EN UN - ARCHIVO .DAT A UN PROGRAMA Y CREAR ARCHIVOS CON LOS RESULTADOS - DEL PROGRAMA

DENTRO DEL FORMATO GENERAL DE SYS$OUTPUT SE ENCUENTRA

$ ASSIGN NOMBRE DEL ARCHIVO .RES SYS$OUTPUT

SI SE DESEA SE PUEDE PONER .LIS EN LUGAR DE .RES ES INDIFERENTE.- CUANDO SE REQUIERA IMPRIMIR EL ARCHIVO, SE DEBE CITAR EL NOMBRE - DEL ARCHIVO .RES Y ESTE APARECERA EN EL DIRECTORIO Y SE PUEDE MANDAR A IMPRIMIR, EN EL SE ENCUENTRAN LOS RESULTADOS, ACLARANDO QUE CUANDO SE ESTE EN ESTE MODO NO APARECE NINGUN RESULTADO EN LA PANTALLA SINO QUE SE ENVIARA AL ARCHIVO DE SALIDA.

TODA INSTRUCCION ASSIGN DEBE LLEVAR UN RESPECTIVO DEASSIGN

QUEDANDO FINALMENTE CONFORMADA LA ESTRUCTURA DE EJECUCION DEL PROGRAMA COMO SIGUE:

```
$ ASSIGN   NOMBRE DEL ARCHIVO .DAT   SYS$INPUT
$ ASSIGN   NOMBRE DEL ARCHIVO .RES   SYS$OUTPUT
$ RUN      NOMBRE DEL PROGRAMA
$ DEASSIGN   SYS$INPUT
$ DEASSIGN   SYS$OUTPUT
```

5. IMPRESION DE ARCHIVOS

LA INSTRUCCION PRINT PERMITE DESTINAR A LA IMPRESORA ARCHIVOS Y PROGRAMAS PARA SU IMPRESION. ESTA ES UNA INSTRUCCION DE COMANDOS DEL SISTEMA DCL, POR LO TANTO, SE DEBE DAR CUANDO ESTE EL - PROMPT $

EL FORMATO GENERAL ES

$ PRINT NOMBRE DEL PROGRAMA O ARCHIVO. EXTENSION; VERSION

DESPUES EL SISTEMA GENERA UN AVISO DE ENTRADA DE IMPRESION

JOB nnn ENTERED ON SYS$PRINT

DONDE nnn ES EL NUMERO DE LISTADO DE IMPRESION QUE LA IMPRESORA LE ASIGNA AL PROGRAMA

CUANDO EL LISTADO A TERMINADO DE SALIR POR LA IMPRESORA, LA COMPUTADORA ENVIARA EL MENSAJE CORRESPONDIENTE

SI SE DESEA ESCRIBIR VARIOS ARCHIVOS BAJO LA MISMA CARATULA DE SALIDA, LO QUE SE TIENE QUE HACER ES ASIGNARLOS DESPUES DE LA - INSTRUCCION PRINT SEPARADOS POR COMAS (,) O POR EL SIGNO MAS (+),- EL FORMATO ES

$ PRINT ARCHIVO UNO, ARCHIVO DOS + ..., ARCHIVO n <RETURN>

SI NO SE INDICA LA VERSION, LA COMPUTADORA ENTIENDE QUE SE QUIERE-MANDAR A IMPRIMIR LA ULTIMA VERSION. ESTA RESTRINGIDO POR EL SISTEMA, Y NO TIENE SENTIDO, MANDAR A IMPRIMIR ARCHIVOS DEL TIPO .OBJ Y . EXE

6. SALIENDO DEL SISTEMA

LA INSTRUCCION LOGOFF SIRVE PARA DESPEDIRSE DEL SISTEMA -- VAX11-780, Y SE DEBE UTILIZAR AL FINALIZAR LA SESION DE TERMINAL.

SE PUEDE EMPLEAR EL COMANDO LOGOFF O SU ABREVIATURA LOG O EL SIMBO LO LO

FORMATOS

```
$ LOGOFF    < RETURN >
$ LOG       < RETURN >
$ LO        < RETURN >
```

APARECERA UN MENSAJE DE DESPEDIDA DEL SISTEMA Y LA CONEXION CON VAX ACABA DE CONCLUIR

6.4 EJEMPLO DE CALCULO

DESPUES DE HABER DESCRITO EL ORDEN QUE DEBEN GUARDAR LOS DATOS PARA LA EJECUCION DEL PROGRAMA, SE DARA A CONTINUACION LA FORMA QUE TENDRA QUE TENER EL MODELO DEL ARCHIVO DE DATOS. COMENZANDO POR DELIMITAR LAS CARACTERISTICAS QUE DEBEN LLEVAR LOS MISMOS PARA SU INTRODUCCION

6.4.1 INSERCION DE DATOS

PARA INTRODUCIR LOS VALORES DE LAS VARIABLES CON QUE TRABAJA ESTE PROGRAMA (PUDIENDOSE HACER POR CUALQUIERA DE LAS 2 FORMAS VISTAS EN EL PUNTO 6.3.5.4 DE ESTE CAPITULO), SE DARA SIN IMPORTAR SU FORMATO DE LECTURA, SOLO TENDRAN QUE INCLUIRSE EN EL ORDEN QUE SIGUE

1. PARA DATOS GENERALES DE LA NIVELACION Y ELIPSOIDE A EMPLEAR:

   EN PRIMERA INSTANCIA SE DEBE TECLEAR EL SIGNIFICADO DE LAS VARIABLES

   OP1,OP2,OP3,ND
   HA,HF,F1,F2,F3,MT,A,E,R1

2. PARA CADA SECCION DE OBSERVACION:

   ACTO SEGUIDO SE TECLEARAN LAS CANTIDADES QUE CORRESPONDAN A LAS VARIABLES DE LA PRIMERA SECCION DE OBSERVACION

   P1,P2,TS,TH,P,S,DIF1,DIF2,G1,M1,S1,G2,M2,S2,OBS$

EN VIRTUD DE QUE ESTAS VARIABLES SE ENCUENTRAN DENTRO DE UN CICLO ITERATIVO DE LECTURA DE DATOS, SE CONTINUARA, SUMINISTRAN---

DO LOS DATOS REFERENTES A LA SIGUIENTE SECCION DE OBSERVACION Y ASI SUCESIVAMENTE HASTA TERMINAR CON EL TOTAL DE DATOS

3. UNIDADES:

PUESTO QUE EL PROGRAMA TRABAJA DENTRO DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SIU), LAS CANTIDADES TENDRAN QUE ADOPTAR LAS UNIDADES SIGUIENTES

OP1,OP2,OP3,ND,MT,P1,P2 . . . . . .ADIMENSIONALES
HA,HF,A,E,R1,S,DIF1,DIF2 . . . . .EN METROS
F1,G1,G2 . . . . .EN GRADOS DE ARCO
F2,M1,M2 . . . . .EN MINUTOS DE ARCO
F3,S1,S2 . . . . .EN SEGUNDOS DE ARCO
TS,TH . . . . .EN °C o °F
P . . . . .EN MILIBARES.

6.4.2 LISTADO DE PRUEBA

EN EL ARCHIVO DE DATOS QUE SE MUESTRA, SE PUEDE APRECIAR ALGUNAS DE LAS INDICACIONES MAS IMPORTANTES COMO LO SON:

1. SE TRATA DE UNA RED DE NIVELACION TRIGONOMETRICA RECIPROCA
2. CONVIERTE LA TEMPERATURA SECA Y HUMEDA DE GRADOS FARENHEIT A GRADOS CENTIGRADOS, MIENTRAS QUE LA PRESION ATMOSFERICA LA TRANSFORMA DE PULGADAS DE MERCURIO A MILIBARES
3. SON QUINCE (15) EL NUMERO DE SECCIONES DE OBSERVACION
4. EL PUNTO DE PARTIDA EQUIVALE TAMBIEN AL PUNTO DE LLEGADA
5. EL VALOR DE LA LATITUD ES DE 22°
6. AJUSTA LA RED DE NIVELACION, LA CUAL SE ENCUENTRA DENTRO DE TOLERANCIA

```
0,1,2,15
299.5000,295.5000,22.0,9.0,06,6378206.4,0.082271854,6370997.2
1,2,89.08,74.78,29.425,17873.4590,0.197,0.170
90,59,56.61,87,08,23.38,"SIMP"
2,3,76.41,69.50,29.650,13340.1745,0.120,-0.100
[illegible]
3,4,83.69,77.95,29.460,15789.2935,0.307,-0.112
89,17,37.71,96,49,55.33,"SIMP"
4,5,93.09,81.08,29.585,29500.5350,0.193,-0.065
90,27,59.92,89,45,36.67,"SIMP"
5,6,71.76,67.06,28.600,10459.5055,0.005,-0.170
90,04,45.46,90,00,16.76,"SIMP"
6,7,76.81,74.06,29.450,6572.3905,-0.520,0.530
90,05,30.58,89,57,23.09,"SIMP"
7,8,93.61,74.39,29.450,17806.2735,0.010,0.190
89,57,43.15,90,10,46.49,"SIMP"
8,9,84.95,64.21,29.710,9249.7155,0.095,-0.050
90,10,40.59,89,53,41.59,"SIMP"
9,10,82.04,67.61,29.600,7735.8495,-0.160,-0.010
89,57,34.14,90,00,18.89,"SIMP"
10,11,79.66,65.34,29.635,7290.8555,0.060,-0.080
89,48,00.13,90,10,07.93,"SIMP"
11,12,82.78,65.44,29.635,12305.9115,0.075,0.490
89,48,02.23,90,16,19.24,"SIMP"
12,13,85.15,66.11,29.665,13937.4870,0.270,0.110
90,27,25.27,89,39,36.59,"SIMP"
13,14,79.79,64.90,29.640,18964.3670,-0.070,0.352
89,45,30.12,90,23,41.95,"SIMP"
14,15,93.95,77.78,29.645,15971.8715,0.150,-0.040
90,06,45.39,89,56,54.84,"SIMP"
15,1,85.04,77.43,29.260,7418.4950,-0.080,0.237
88,40,40.34,91,23,00.07,"REDU"
```

6.4.3 RESULTADOS

COMO SE PUEDE OBSERVAR EL ARCHIVO DE SALIDA O DE RESULTADOS ESTA COMPUESTO POR BLOQUES, CADA UNO DE LOS CUALES CONSTA DE SU ENCABEZADO CORRESPONDIENTE Y EN EL CUAL SE HACE MENCION DE LO QUE CONTIENE. ASI PUES SE DARA A CONTINUACION EL ORDEN DE APARICION DE DICHOS GRUPOS

BLOQUE 1 DATOS O MAGNITUDES OBSERVADAS

BLOQUE 2 MAGNITUDES CALCULADAS

BLOQUE 3 AJUSTE DE LA RED DE NIVELACION

- 3.1 MATRIZ DE DISEÑO
- 3.2 DIAGONAL PRINCIPAL DE LA MATRIZ DE PESOS
- 3.3 MATRIZ INVERSA DE ECUACIONES NORMALES
- 3.4 VALORES AJUSTADOS

BLOQUE 4 SOLUCION DEL PROBLEMA O RESULTADOS

EN VIRTUD DE QUE EL PROGRAMA NO ESTA LIMITADO A DETERMINADO NUMERO DE SECCIONES DE OBSERVACION ES DE TOMAR EN CUENTA, QUE SI SE TRABAJA CON MAYOR CANTIDAD DE DATOS QUE LOS EMPLEADOS EN ESTE EJEMPLO, ES RECOMENDABLE MODIFICAR LOS FORMATOS DE LECTURA E IMPRESION, ADEMAS DE CONSIDERAR LA CAPACIDAD DE LA COMPUTADORA A EMPLEAR

NIVELACION TRIGONOMETRICA Y REDUCCION DE DISTANCIAS AL N.M.M.

FAC. DE INGENIERIA U.N.A.M.

NIVELACION TRIGONOMETRICA RECIPROCA

MAGNITUDES OBSERVADAS

ESTA. DE	A	TEMPERATURA SECA	HUME.	PRESION ATMOS	DISTANCIA MEDIDA	(I-S) DIF1	DIF2	DISTANCIAS CENITALES GR	MI	SEG	GR	MI	SEG
1	2	89.08	71.78	29.425	17873.4590	0.197	0.120	90	59	56.63	89	0	23.38
2	3	76.91	69.50	29.650	13346.1745	0.120	-0.100	90	3	30.18	90	2	31.96
3	4	83.69	77.85	29.460	15789.2935	0.307	-0.112	89	17	37.71	90	49	65.00
4	5	93.09	91.08	29.585	29500.5350	0.193	-0.065	90	27	59.92	89	45	38.07
5	6	71.70	67.66	29.600	10459.5055	0.005	-0.170	90	4	45.46	90	0	16.78
6	7	79.81	74.00	29.450	6572.3905	-0.520	0.539	90	5	30.58	89	57	23.69
7	8	93.61	74.39	29.450	17806.2735	0.010	-0.190	89	57	43.15	90	16	46.49
8	9	84.95	69.71	29.710	9249.7155	0.095	-0.050	90	10	40.59	89	53	41.59
9	10	62.04	67.61	29.606	7735.8465	-0.160	-0.010	89	57	34.14	90	6	16.80
10	11	79.66	65.34	29.635	7290.8555	0.060	-0.080	89	48	0.19	90	16	7.93
11	12	82.28	65.44	29.635	12305.9115	0.075	0.496	89	46	2.29	90	16	19.24
12	13	85.15	66.11	29.665	13937.4820	0.270	0.110	90	27	25.27	89	39	36.59
13	14	79.29	64.90	29.640	18964.3670	-0.020	0.352	89	45	30.12	90	23	44.95
14	15	93.05	77.28	29.645	15971.9715	0.150	-0.040	90	8	45.39	89	58	54.83
15	1	85.06	72.43	29.260	7818.4950	-0.080	0.237	88	40	46.34	91	23	8.67

MAGNITUDES CALCULADAS

ELEVACION INICIAL H1= 299.5

EST. DE	A	DISTANCIA INCLINADA	DESNIVEL CALCULADO	VERT.	ELEVACION SIN AJUSTAR
1	2	17872.913	-290.0524	2	9.4476
2	3	13345.730	-1.9935	3	7.4541
3	4	15786.319	211.7299	4	219.1839
4	5	29499.771	-181.8894	5	37.2946
5	6	10459.218	-0.9001	6	36.3945
6	7	6577.071	-7.2319	7	23.1678
7	8	17805.952	33.9013	8	57.0641
8	9	9249.506	-22.9202	9	34.1439
9	10	7735.763	9.9135	10	44.0574
10	11	7290.813	29.7584	11	73.8158
11	12	12305.907	54.4084	12	128.2242
12	13	13937.571	-97.0007	13	31.2235
13	14	18964.272	105.6830	14	136.9065
14	15	15971.316	-22.9589	15	113.9476
15	1	7818.293	184.8330	1	298.7807

AJUSTE DE NIVELACION TRIGONOMETRICA
METODO DE MINIMOS CUADRADOS
EN FORMA MATRICIAL

DISCREPANCIA EN DESNIVEL POR AJUSTAR .719324

I= 15 II= 14

MATRIZ DE DISEÑO (A)

1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

DIAGONAL PRINCIPAL DE LA MATRIZ DE PESOS

0.05595
0.07493
0.06334
0.03390
0.09561
0.15716
0.05616
0.10811
0.12927
0.13716
0.08126
0.07175
0.05273
0.06261
0.12791

MATRIZ INVERSA DE ECUACIONES NORMALES

16.3	15.1	13.6	11.2	10.3	9.7	8.1	7.3	6.7	6.0	5.0	3.7	2.1	0.7
15.1	26.5	24.0	19.5	18.0	16.9	14.2	12.8	11.6	10.5	8.6	6.5	3.6	1.2
13.6	24.0	36.2	29.4	27.0	25.5	21.4	19.3	17.5	15.9	13.0	9.8	5.5	1.8
11.2	19.5	29.4	47.9	44.0	41.5	34.9	31.4	28.5	25.8	21.2	16.0	8.9	2.9
10.3	18.0	27.0	44.0	50.0	47.2	39.6	35.7	32.4	29.3	24.1	18.2	10.1	3.3
9.7	16.9	25.5	41.5	47.2	50.8	42.6	38.4	34.9	31.5	25.9	19.5	10.9	3.6
8.1	14.2	21.4	34.9	39.6	42.6	50.6	45.7	41.5	37.5	30.8	23.3	12.9	4.2
7.3	12.8	19.3	31.4	35.7	38.4	45.7	49.5	45.0	40.7	33.4	25.2	14.0	4.6
6.7	11.6	17.5	28.5	32.4	34.9	41.5	45.0	47.6	43.3	35.6	26.8	14.9	4.9
6.0	10.5	15.9	25.8	29.3	31.5	37.5	40.7	43.3	45.7	37.6	28.3	15.8	5.2
5.0	8.6	13.0	21.2	24.1	25.9	30.8	33.4	35.6	37.6	41.6	30.9	17.2	5.7
3.7	6.5	9.8	16.0	18.2	19.5	23.3	25.2	26.8	28.3	30.9	33.8	18.8	6.2
2.1	3.6	5.5	8.9	10.1	10.9	12.9	14.0	14.9	15.8	17.2	18.8	21.0	6.9
0.7	1.2	1.8	2.9	3.3	3.6	4.3	4.6	4.9	5.2	5.7	6.2	6.9	7.5

VALORES AJUSTADOS

ELEVACION	D.E. *
9.5104	0.0731
7.5638	0.0752
219.3492	[illegible]
37.5635	0.0729
30.7002	0.1006
23.4916	0.0923
57.4555	0.0619
34.5679	0.0995
44.5085	0.1043
74.2925	0.0945
128.7442	0.0791
31.7925	0.0733
137.5422	0.0687
114.6395	0.0882

VARIANZA DE PESO UNITARIO
0.0109

* D.E. =DESVIACION ESTANDAR
SE COMPENSO DENTRO DE TOLERANCIA

REDUCCION DE DISTANCIAS AL N.M.M.

EST. DE	A	DESNIVEL	DISTANCIA AL N. M. M.	VERT.	ELEVACION
1	2	-289.9896	17870.137	2	9.5104
2	3	-1.9466	13345.714	3	7.5638
3	4	211.7854	15786.621	4	219.3492
4	5	-181.7857	29497.642	5	37.5635
5	6	-6.8633	10459.164	6	30.7002
6	7	-7.2086	6572.039	7	23.4916
7	8	33.9639	17805.812	8	57.4555
8	9	-22.8876	9245.501	9	34.5679
9	10	9.9406	7735.710	10	44.5085
10	11	29.7840	7290.684	11	74.2925
11	12	54.4516	12305.592	12	128.7442
12	13	-96.9517	13937.010	13	31.7925
13	14	105.7497	18963.731	14	137.5422
14	15	-22.9027	15970.962	15	114.6395
15	1	184.8605	7815.854	1	299.5000

ACOTACIONES EN METROS

6.4.4 ACLARACIONES Y RECOMENDACIONES SOBRE EL PROGRAMA

EN RAZON A QUE EL PROGRAMA ESTA DISEÑADO UNICA Y EXCLUSIVAMENTE PARA EL CALCULO DE NIVELACION TRIGONOMETRICA DE OBSERVACIONES RECIPROCAS ES INDISPENSABLE TOMAR EN CUENTA VARIAS INDICACIONES IMPORTANTES COMO SON:

1. LA VARIABLE ALFANUMERICA OBS$ DEBE CONTENER LA ABREVIATURA DE LA CLASE DE OBSERVACION QUE CORRESPONDA, YA SEA SIMPLE O REOBSERVACION E INCLUIRLA EN EL ARCHIVO DE DATOS CON UN MAXIMO DE 6 LETRAS DE LA PALABRA. SE DEBE RECORDAR QUE EN BASE A ESTA INFORMACION SE GENERA LA MATRIZ DE DISEÑO

2. EL PROGRAMA SOLO FUNCIONA CON DISTANCIAS CENITALES COMO ANGULOS VERTICALES

3. ES DE VITAL IMPORTANCIA HACER NOTAR QUE AL OPERAR CON FUNCIONES TRIGONOMETRICAS LA COMPUTADORA TRABAJA CON DATOS DADOS EN RADIANES Y NO SIEMPRE ES POSIBLE EFECTUAR LA OPERACION DIRECTAMENTE SINO QUE HAY QUE REALIZARLA CON AUXILIO DE OTRA FUNCION QUE PERMITA CALCULARLA TAL ES EL CASO EN LA OBTENCION DEL DESNIVEL

4. DENTRO DEL PROGRAMA NO SE LLEVAN A CABO LAS CORRECCIONES POR: CURVATURA TERRESTRE, REFRACCION ATMOSFERICA Y DESNIVEL, PUESTO QUE SE TRATA DE OBSERVACIONES RECIPROCAS MIENTRAS, QUE EL CALCULO DEL DESNIVEL SE HACE POR MEDIO DE LA EXPRESION QUE OPERA CON LA DISTANCIA INCLINADA CORREGIDA COMO DISTANCIA HORIZONTAL

5. EN LA RED DE NIVELACION DE ESTE EJEMPLO, EL PUNTO DE COMIENZO PERTENECE TAMBIEN AL PUNTO DE LLEGADA LO QUE IMPLICA QUE SU ELEVACION ES LA MISMA, ADEMAS DE NO CONTAR CON NINGUNA REOBSERVACION EN LOS PUNTOS DE LIGA

6. EL AJUSTE MATRICIAL HECHO A LA RED DE NIVELACION SE LLEVO A CABO EN BASE A SUS ECUACIONES DE OBSERVACION

7. COMO LA MATRIZ DE PESOS SE COMPONE SOLO CON ELEMENTOS EN SU DIAGONAL PRINCIPAL, LOS CUALES SON INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA LONGITUD DE LAS DISTANCIAS INCLINADAS CORREGIDAS SE OPTO PARA FACILIDAD DE MANEJO DE LAS CANTIDADES, DIVIDIR 1000 ENTRE DICHAS LONGITUDES

8. LA REDUCCION DE DISTANCIAS AL NIVEL MEDIO DEL MAR SE EFECTUA MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO DEDUCIDO POR WONG Y LAURILA, EN EL CUAL SE PASA LA DISTANCIA INCLINADA CORREGIDA AL ARCO GEOIDAL EN UN SOLO PASO

9. ES IMPORTANTE TOMAR EN CUENTA DE QUE SI SE TRABAJA CON UN NUMERO MAYOR DE DATOS QUE EL EMPLEADO EN ESTE EJEMPLO ES RECOMENDABLE TENER PRESENTE LO SIGUIENTE

   a) SE TENDRA QUE MODIFICAR LAS INSTRUCCIONES DIM, PUESTO QUE EXISTEN ARREGLOS DE VARIABLES QUE SON ASIGNADOS A INSTRUCCIONES MAT

   b) DEBIDO A QUE LAS INSTRUCCIONES MAT NO SON MANEJADAS POR CUALQUIER COMPUTADORA, SE SUGIERE INFORMARSE ANTES DE HACER USO DE ELLAS, ADEMAS DE TENER CONOCIMIENTO DEL NUMERO MAXIMO DE ELEMENTOS CON QUE PUEDE OPERAR

   c) SE DEBERA CAMBIAR LOS FORMATOS DE IMPRESION A FIN DE QUE SE ADECUEN AL NUEVO CALCULO. CABE HACER MENCION QUE EN ESTE EJEMPLO SE IMPRIMIO COMO MAXIMO 15 SECCIONES DE OBSERVACION Y SE OCUPO HASTA LA COLUMNA 72 EN LAS HOJAS DE IMPRESION

10. SI SE PRESENTA EL CASO DE QUE UNA LINEA O RED DE NIVELACION SOLO CUENTE CON ELEVACION DE LA ESTACION DE LLEGADA SE PUEDE INICIAR EN SENTIDO CONTRARIO ESTABLECIENDO LA ESTACION FINAL COMO ESTACION INICIAL

11. ES DE ESENCIAL IMPORTANCIA CONSIDERAR QUE PARA TRABAJAR EL AJUSTE DE CUALQUIER RED QUE TENGA MAS DE 2 ELEVACIONES DE REFERENCIA SE HAGA EN FORMA ITERATIVA, TOMANDO LINEAS DE NIVELACION DONDE SE CONOZCA LA ELEVACION DE SUS EXTREMOS PARA DE ESTE MODO AJUSTAR LAS ELEVACIONES DE LOS PUNTOS DE LIGA, TAL Y COMO OCURRE EN LA RED DE ESTE EJEMPLO DE CALCULO A EXCEPCION DE QUE AQUI LOS EXTREMOS DE LA RED SON LAS ELEVACIONES FIJAS

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

DESPUES DE HABER ANALIZADO Y EXPLICADO CONVENIENTEMENTE LOS LINEAMIENTOS A SEGUIR EN LA SOLUCION DEL PROBLEMA ANTES EXPUESTO, - RECORDEMOS EN FORMA GENERICA SU CONTENIDO:

- DENTRO DEL CAPITULO I, SE CONTEMPLO DE MANERA SUPERFICIAL LA FINALIDAD QUE SE PERSIGUE AL RESOLVER ESTE TIPO DE PROBLEMA, ADEMAS DE DESCRIBIR LA FORMA REPRESENTATIVA DE LA TIERRA

- EN LOS CAPITULOS II, III y IV, SE PRESENTAN LAS EXPRESIONES QUE NOS PERMITEN CALCULAR LAS ELEVACIONES DE LOS PUNTOS DE LIGA EN UNA RED DE NIVELACION, ASI COMO LAS FORMULAS PARA REDUCIR SUS - DISTANCIAS AL NIVEL MEDIO DEL MAR

- POSTERIORMENTE EN EL CAPITULO V, SE EXAMINA EL AJUSTE DE LA RED, POR EL METODO PARAMETRICO DE MINIMOS CUADRADOS EN FORMA MATRICIAL

- FINALMENTE EN EL CAPITULO VI, SE EJEMPLIFICA EL CALCULO DE UNA - RED DE NIVELACION MEDIANTE LA CREACION DE UN PROGRAMA DE COMPUTO, DISEÑADO EXCLUSIVAMENTE PARA EL CASO DE OBSERVACIONES RECIPROCAS. CABE RESALTAR QUE EL LENGUAJE DE PROGRAMACION BASIC ES EL EMPLEADO EN LA CREACION DE DICHO PROGRAMA

COMO SE PUEDE NOTAR AL UTILIZAR LA COMPUTADORA COMO INSTRUMENTO DE CALCULO EN LA SOLUCION DE PROBLEMAS, SE GARANTIZA NO TAN - SOLO LA CONFIABILIDAD DE LOS RESULTADOS SINO QUE TAMBIEN LA RAPIDEZ CON QUE ESTOS SE OBTIENEN, DADO QUE, EXISTEN VENTAJAS ENORMES DE -- OPERACION EN COMPARACION CON LOS METODOS TRADICIONALES

SE MENCIONA ESTE TIPO DE TRABAJO PARA COADYUVAR AL MEJORAMIENTO DE LA RED GEODESICA VERTICAL Y CONTAR ASI CON UNA PROGRAMACION Y EJECUCION ADECUADA DE LAS OBRAS QUE NECESITAN ESTE TIPO DE INFORMACION.

ENTONCES, PUESTO QUE LA META PRIMORDIAL DE CUALQUIER TRABAJO ES SU OBJETIVIDAD, SE HA CUMPLIDO CON ELLA EN RAZON A QUE, AL PROBAR LA - GRAN AYUDA QUE REPRESENTA LA COMPUTACION DENTRO DE LA CARRERA DE INGENIERO TOPOGRAFO Y GEODESTA SE BRINDA UNA ALTERNATIVA DIFERENTE EN TORNO A LAS PERSPECTIVAS DE TRABAJO EN ESTA PROFESION. EN VIRTUD -

DE LA DIFICIL Y CRITICA SITUACION ACTUAL DEL PAIS EN LA QUE LA INFLACION, EL DESEMPLEO, EL DESEQUILIBRIO EN LA BALANZA COMERCIAL, - EL ENDEUDAMIENTO EXTERIOR Y LA CONCENTRACION INDUSTRIAL EN DETERMINADAS ZONAS DEL PAIS CONFORMAN EL PANORAMA TAN SERIO EN QUE VIVIMOS

DEFINICION DE ALGUNOS CONCEPTOS IMPORTANTES

AJUSTE.- ADOPTAR EXACTAMENTE UNA COSA A OTRA

ARCO ELIPSOIDAL.- PORCION DE CURVA EN LA FIGURA GEOMETRICA A LA QUE SE REDUCEN LAS MEDIDAS HECHAS EN LA SUPERFICIE FISICA DE - LA TIERRA

AZIMUT.- ARCO MEDIDO A PARTIR DEL MERIDIANO HASTA EL CIRCULO VERTICAL QUE PASA POR EL ASTRO, DEFINIENDOSE EN EL CENIT DEL OBSERVADOR Y A PARTIR DEL NORTE

CIRCULO MAXIMO.- SON AQUELLOS QUE CONTIENEN EL DIAMETRO DE LA ESFERA, O SEA SON TODOS LOS CIRCULOS QUE PASAN POR SU CENTRO

CIRCULO MENOR.- LOS QUE NO SON MAXIMOS

CORRECCIONES.- SON LAS QUE SE APLICAN A UN VALOR OBSERVADO PARA SATISFACER CIERTAS CONDICIONES TEORICAS

CUERDA ELIPSOIDAL.- LINEA RECTA LLEVADA DE UN PUNTO A OTRO EN UN -- ARCO ELIPSOIDAL

DATUM.- PALABRA LATINA QUE SE USA PARA INDICAR ALGO EMPLEADO COMO - UN ELEMENTO FUNDAMENTAL PARA CALCULAR O MEDIR. EN GEODESIA SON LOS PUNTOS ORIGEN PARA POSICIONAMIENTO DE NUEVOS - PUNTOS Y PARA DEFINIR LAS DIMENSIONES DE LA TIERRA

DESNIVEL.- DIFERENCIA DE COTAS ENTRE DOS PUNTOS DE UNA NIVELACION

DESVIACION ESTANDAR.- SE LLAMA ASI A LA RAIZ CUADRADA POSITIVA DE - LA VARIANZA

DISCREPANCIA.- DIFERENCIAS ENTRE EL PROMEDIO DE UNA SERIE DE OBSERVACIONES Y LOS VALORES INDIVIDUALES DE CADA RESULTADO PARCIAL

DISTANCIA CENITAL.- ANGULO VERTICAL MEDIDO A PARTIR DEL CENIT DEL - OBSERVADOR HASTA EL OBJETO OBSERVADO

ECUACIONES DE CONDICION.- SON AQUELLAS DONDE LOS VALORES DEBEN SATISFACER EXACTAMENTE CIERTAS CONDICIONES Y SIEMPRE ES MENOR EL NUMERO DE ECUACIONES QUE EL DE INCOGNITAS

ECUACIONES DE OBSERVACION.- SON AQUELLAS QUE LIGAN A LA CANTIDAD OB SERVADA CON LA MEDIDA Y SU NUMERO SIEMPRE ES MAYOR QUE EL DE LAS INCOGNITAS INVOLUCRADAS

EJE DEL MUNDO.- ES LA PROLONGACION DEL EJE DE ROTACION DE LA TIERRA EN AMBAS DIRECCIONES, HASTA CONTENER LOS POLOS CELESTES

GEODESIA.- SIGNIFICA DIVISION DE TIERRAS SEGUN SU ETIMOLOGIA, ACTUAL MENTE SE DICE QUE ES LA CIENCIA QUE SE ENCARGA SOBRE LAS - INVESTIGACIONES DE LA FORMA Y DIMENSIONES DE LA TIERRA

HORIZONTE.- LINEA APARENTE QUE SEPARA AL MAR DEL CIELO, TAMBIEN ES LA SUPERFICIE TERRESTRE LIMITADA POR ESTA LINEA, O SEA EL CIRCULO MAXIMO QUE DIVIDE LA ESFERA EN DOS PARTES IGUALES

INCOGNITA.- CANTIDAD DESCONOCIDA DE UN PROBLEMA

LATITUD.- ES EL ANGULO DEL MERIDIANO MEDIDO A PARTIR DEL ECUADOR -- HACIA LOS POLOS HASTA EL CENIT DEL OBSERVADOR

MERIDIANO.- CIRCULO MAXIMO QUE CONTIENE AL EJE DEL MUNDO Y A LA VER TICAL DE LUGAR, O SEA QUE PASA POR LOS POLOS CELESTES, POR EL CENIT Y POR EL NADIR. CADA PUNTO DE LA TIERRA TIENE SU PROPIO MERIDIANO

NORMAL.- LINEA O PLANO PERPENDICULAR A LA TANGENTE EN EL PUNTO DE - CONTACTO

OBSERVACIONES RECIPROCAS.- MEDICIONES SEMEJANTES O EQUIVALENTES EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES

PARALELO.- CIRCULO MENOR DEL GLOBO TERRESTRE PARALELO AL ECUADOR

RADIAN.- UNIDAD ANGULAR QUE CORRESPONDE A UN ARCO DE LONGITUD IGUAL A SU RADIO

RED DE NIVELACION.- FORMA EN QUE DEBE DESARROLLARSE ESTA OPERACION, CUANDO SE PROYECTA UNA NIVELACION SE ELIGE LA CARRETERA O VIA DE FERROCARRIL MAS ADECUADA

SECCION.- CADA UNA DE LAS PARTES EN QUE SE DIVIDE UNA NIVELACION

SEÑAL.- PEQUEÑA ESTRUCTURA DE TRES APOYOS QUE SIRVE PARA HACER PUN- TERIA AL EFECTUAR LA OBSERVACION

SUPERFICIE DE NIVEL.- ALTURA TERRESTRE DE UN PUNTO DE NIVELACION, - REFERIDO AL NIVEL DEL MAR

VERTICAL DE LUGAR.- ES LA LINEA RECTA DEFINIDA POR LOS PUNTOS CENIT

Y NADIR, O SEA CONSTITUYE EL DIAMETRO DE LA ESFERA CELESTE. CUALQUIERA DE LOS SEMICIRCULOS MAXIMOS QUE SON PERPENDICULARES AL HORIZONTE

VARIANZA.- ES UNA MEDIDA DE ESPARCIMIENTO O DISPERSION DE LOS VALORES QUE PUEDEN TOMAR LA VARIABLE CONSIDERADA

B I B L I O G R A F I A

1. ELECTRONIC SURVEYING AND NAVIGATION
SIMO H. LAURILA. LONDRES, 1976

2. SURVEYING SEVENTH EDITION
BOUCHARD AND MOFFIH

3. MEDIDA ELECTRONICA DE DISTANCIAS
GERMAN VIDAL GARCIA. MADRID, 1978

4. GEODESIA E HIDROGRAFIA
VICENTE GANDARIAS. MADRID, 1956

5. GEODESIA GEOMETRICA
MEDIDA PERALTA. MEXICO, 1978

6. CORRECCIONES METEREOLOGICAS A DISTANCIAS MEDIDAS CON DISTANCIOMETRO
M. SOBERATS MASSANET

7. COMPUTER APLICATIONS OF NUMERICAL METHODS
KUO, SHAN SUN

8. GUIA DE ACCESO AL SISTEMA VAX
U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA

9. APUNTES DE COMPUTADORAS Y PROGRAMACION
FACULTAD DE INGENIERIA. MEXICO, 1985

10. APUNTES DE COMPUTACION APLICADA A LA INGENIERIA TOPOGRAFICA Y GEODESICA
FACULTAD DE INGENIERIA. MEXICO, 1985

11. PROGRAMA AJUSTBASE
DETENAL, OFNA. DE EVALUACION GEODESICA. MEXICO, 1983