

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
INSTITUTO POLITECNICO

NIVELACION DE PRECISION

Memoria para Optar al Título
Universitario en la Especialidad
de Topografía

LEONCIO VILLAR ALVAREZ

SANTIAGO - CHILE
1977

SEÑOR
LUIS SEPULVEDA
DIRECTOR
INSTITUTO POLITECNICO U. DE CHILE

P R E S E N T E

Estimado Señor:

Agradezco a Ud. y al personal del Instituto Politécnico de la Universidad de Chile las facilidades otorgadas durante las gestiones administrativas para rendir examen de grado.

Junto con ello hago llegar a Ud. un ejemplar de "Mivelación de Precisión" que espero en algún modo sea un aporte para los alumnos del, I.P.U.CH.

Saluda atentamente a usted,



LEONCIO VILLAR A.

Técnico Universitario Topógrafo

Santiago, 16 de Agosto de 1977.-



SUCH
V119
1977
el

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
INSTITUTO POLITECNICO



NIVELACION DE PRECISION

Memoria para Optar al Título
Universitario en la Especialidad
de Topografía

LEONCIO VILLAR ALVAREZ



SANTIAGO - CHILE
1977

A G R A D E C I M I E N T O S

SEAN MIS AGRADECIMIENTOS PARA EL PROFESOR
GUIA SR. PEDRO CASTRO VENEGAS; PARA EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE GEO-
DESIA DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE Y A SU PERSONAL POR LA AYUDA PRESTADA Y
AL SR. JOSE DIAZ G. DEL DEPARTAMENTO DE I.D.I.E.M. POR SU COLABORACION
ESPONTANEA.

I N D I C E

CAPITULO I : CONSTRUCCION DE LA RED DE P.R. DE CONTROL ALTIMETRICO DE PRECISION

1.0.-	Introducción	1
1.1.-	Antecedentes	1
1.2.-	Construcción de la red	3

CAPITULO II : INSTRUMENTAL PARA LA NIVELACION DE PRECISION

2.0.-	Equipo Wild	7
2.1.-	Equipo Zeiss	11

CAPITULO III : MEDICIONES EN LA RED DE CONTROL ALTIMETRICO

3.0.-	Preparativos	15
3.1.-	Procedimiento usado con el equipo WILD	17
3.2.-	Procedimiento usado con el equipo ZEISS	20
3.3.-	Datos de terreno	
-	Mediciones del operador 1 con nivel WILD NA2...	22
-	Mediciones del operador 2 con nivel WILD NA2...	34
-	Mediciones del operador 1 con nivel ZEISS Ni2..	49
-	Mediciones del operador 2 con nivel ZEISS Ni2..	60
-	Mediciones para controlar movimientos altimétricos entre los monolitos de referencia MR1 - MR2 - MR3	70

CAPITULO IV : CALCULOS

4.0.-	Cálculos de desniveles con los datos de los operadores 1 - 2 y niveles WILD NA2	71
-------	---	----

4.1.-	Cálculo de ϵ y e_p para cada tramo de la red. Operador 1 y nivel WILD NA2.....	73
	Cálculo de ϵ y e_p para cada tramo de la red. Operadores 1 - 2 y niveles ZEISS Ni2	74
4.2.-	Compensaciones de la red.	
	- Compensación consecutiva por inspección	75
	- Compensación simultánea por estimación	79

CAPITULO V : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.0.-	Comprobación y correcciones	
	5.0.1.- Horizontalidad de la línea de puntería	85
5.1.-	La elección de las miras de nivelación	88
5.2.-	Horas de la medición e itinerario	89
	5.2.1.- Horas de la medición	89
	5.2.2.- Itinerario	89
	5.2.3.- Distancia instrumento - mira	90
	5.2.4.- Tolerancia entre las distancias instru- mento - miras	91
5.3.-	Método de nivelación y control de mediciones ...	94
	5.3.1.- Métodos	94
	5.3.2.- Controles de la nivelación de precisión	99
5.4.-	Conclusión final	99

BIBLIOGRAFIA	100
--------------------	-----

CAPITULO I

CONSTRUCCION DE LA RED DE P.R. DE CONTROL

ALTIMETRICO DE PRECISION

1.0.- INTRODUCCION.-

Existía la necesidad de construir una red de puntos de referencia de control altimétrico de precisión apoyada en monolitos de concreto con fines docentes. Sobre esta red, y con un equipo compuesto de 2 operadores, dos niveles automáticos de diferentes precisiones con sus respectivas placas plano-paralelas y juego de miras invar se debe:

- a) Determinar cotas con variaciones regulares horarias y en diferentes condiciones atmosféricas.
- b) Realizar métodos de compensación de la nivelación,
- c) Recomendar metodología para el uso racional del instrumental.

1.1.- ANTECEDENTES.-

Debido a la necesidad de conocer las características de suelo, en los lugares en que se iban a instalar los monolitos de referencia que conforman la red de control altimétrico de precisión se solicitó la experiencia del Sr. José Díaz G. Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelo del Departamento de I.D.I.E.M. de la Facultad, quien accedió gentilmente.

MECANICA DE SUELO

Breve informe de mecánica de suelo en la periferia de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, para la colocación de puntos de referencia, para una nivelación de precisión a cargo del Sr. Leoncio Villar.

Los monolitos fueron fundados a una profundidad media de 0.40 m. sobre un suelo arcillo-limoso, de color café, plasticidad media a alta, consistencia media, estructura de migajón y vesicular, humedad media.

En general toda la zona presenta en la superficie rellenos heterogéneos (algunos escombros, trozos de ladrillos etc.), conteniendo también bastantes raíces, por encontrarse árboles en todo el sector.

Fueron explorados todos los pozos hasta la cota de fundación, encontrándose en aquellos que están ubicados en jardines, una humedad alta a saturada por estar gran parte del año con regadío permanente. Esto corresponde principalmente a los pozos en que se ubicaron los monolitos de referencia números: MR1 - MR2 - MR3 - M1 - M7 - M8 - M9 - M10 - M11 - MR4 - MR5 - M13 - M14 - M15 y M16.

El nivel freático en esta zona de la ciudad esta muy profundo por lo que no tendría influencia directa el agua en estos suelos.

Los MR colocados están propenso a cambios por factores que se enumeran a continuación.

- 1) Compactación del suelo por sismos. En los últimos tiempos, o sea, desde que fueron colocados los MR a la fecha, la ciudad de Santiago no ha sido afectada por ningún sismo.
- 2) Compactación del suelo por vibraciones de tráfico u otras causas.
- 3) Movimientos por crecimientos de raíces.
- 4) Movimiento de raíces (flexión del árbol).
- 5) Cambios volumétricos de la arcilla por vibraciones en el contenido de humedad (expansión y contracción), riego, lluvias, etc..
- 6) Cambios volumétricos del suelo por variaciones de temperatura, incluso por variaciones simultáneas de contenido de humedad.
- 7) Reducción volumétrica por compresabilidad de estratos arcillosos bajo el MR, importante sólo si la fundación del MR es más densa que el suelo que debe excavar para su construcción.

1.2.- CONSTRUCCION DE LA RED DE CONTROL ALTIMETRICO.-

La red, ubicada en los alrededores de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, está compuesta de 24 monolitos (Fig. 1). Estos monolitos son cubos de 0,20 m. a los cuales se les empotró en el centro de una de sus caras, un tornillo de 4 cms. de largo por 4 mm. de diámetro, de bronce para evitar deterioros por la humedad ambiente, sobresaliéndoles sólo la cabeza que servirá de apoyo a la mira de nivelación. Estos cubos con sus correspondientes tornillos están ubicados en hoyos de 0.30 x 0.30 y 0.40 mts. de profundidad, de tal manera que su cara superior queda a 0.10 mts. bajo el nivel del suelo, la altura le fue dada con mezcla de cemento dosificada en la proporción de 1: 3: 6, cemento, arena y ripio respectivamente; la mezcla rodea al cubo hasta el nivel de su cara superior formando un collar.

Sobre el tornillo de bronce y a manera de protección se puso un anillo de "rocalit" que tiene las siguientes medidas:

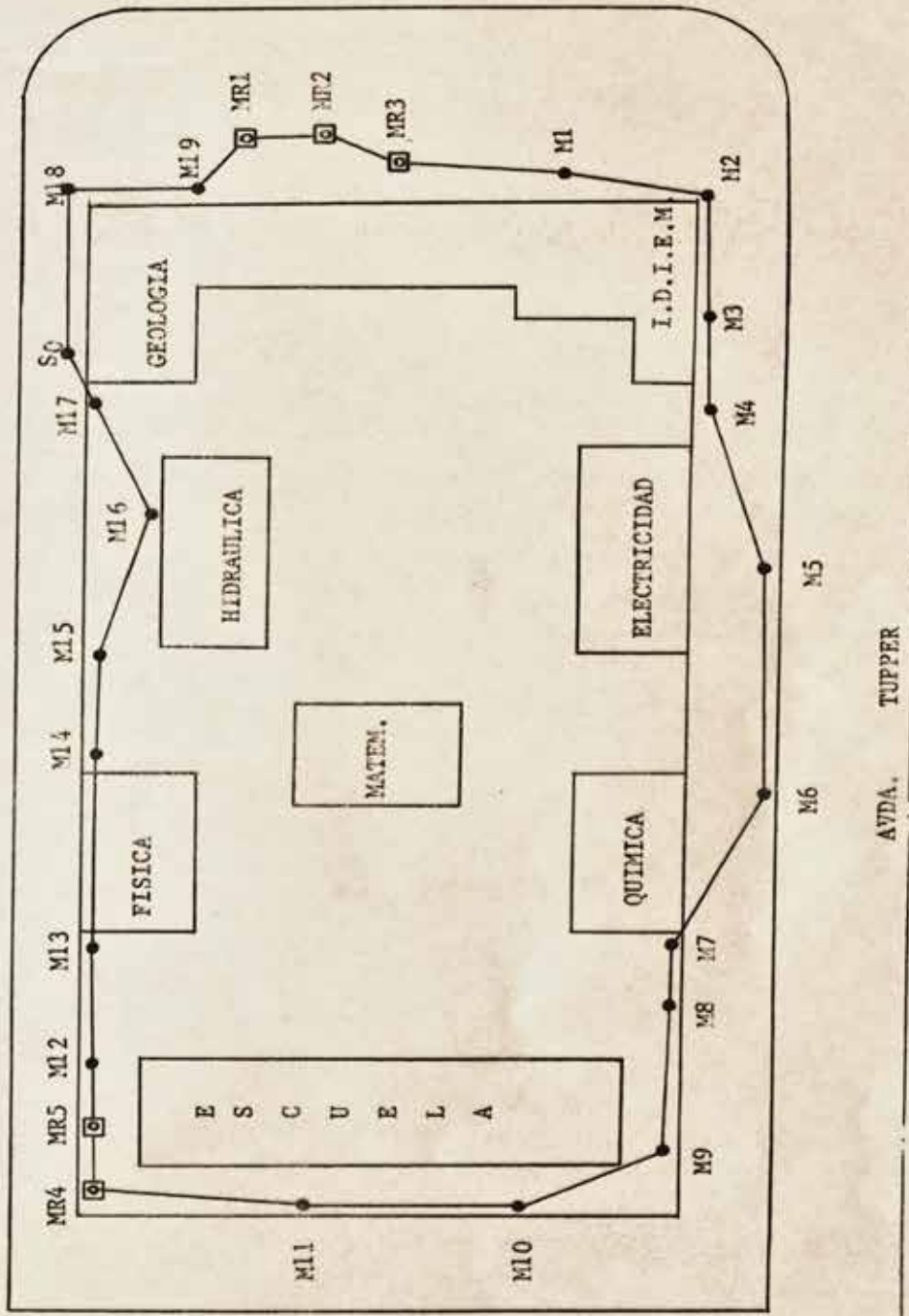
diámetro	15 cms.
altura	10 cms.
grosor	1.5 cms.

Previendo retención de aguas por causas de lluvias se inserto un tubo de cañería ad - hoc, en la parte inferior del anillo.(fig. 2).

En la red construída hay dos tipos de monolitos: monolitos simples (M) y monolitos de referencia (MR). Los MR, están ubicados sobre losas de cemento de 0,50 x 0,50 y 0,10 mts. de alto. La finalidad de estas losas es evitar errores en la determinación de cotas de los monolitos simples por problemas de asentamiento de suelo en los lugares donde están ubicados los MR (Fig. 3).

Para mayor seguridad, en la zona del MR1, que es el de partida (cota 100,00000), se ubicaron otros 2 MR (MR2 y MR3) a distancias relativas entre sí, de tal forma que los 3 MR son visibles desde una sola posición instrumental, pudiendo de esta manera detectar los movimientos en altura entre ellos. Además de este grupo de 3 MR, existen dos más (MR4 y MR5), ubicados entre sí aproximadamente a 31.7 mts., pero en el extremo opuesto de la red (ver croquis de situación de monolitos en fig. 1).

AVDA. BLANCO ENCALADA



AVDA. BEAUCHEFF

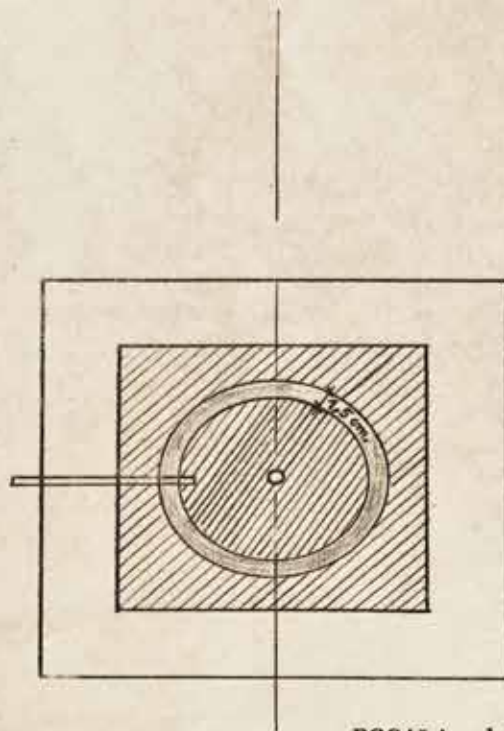
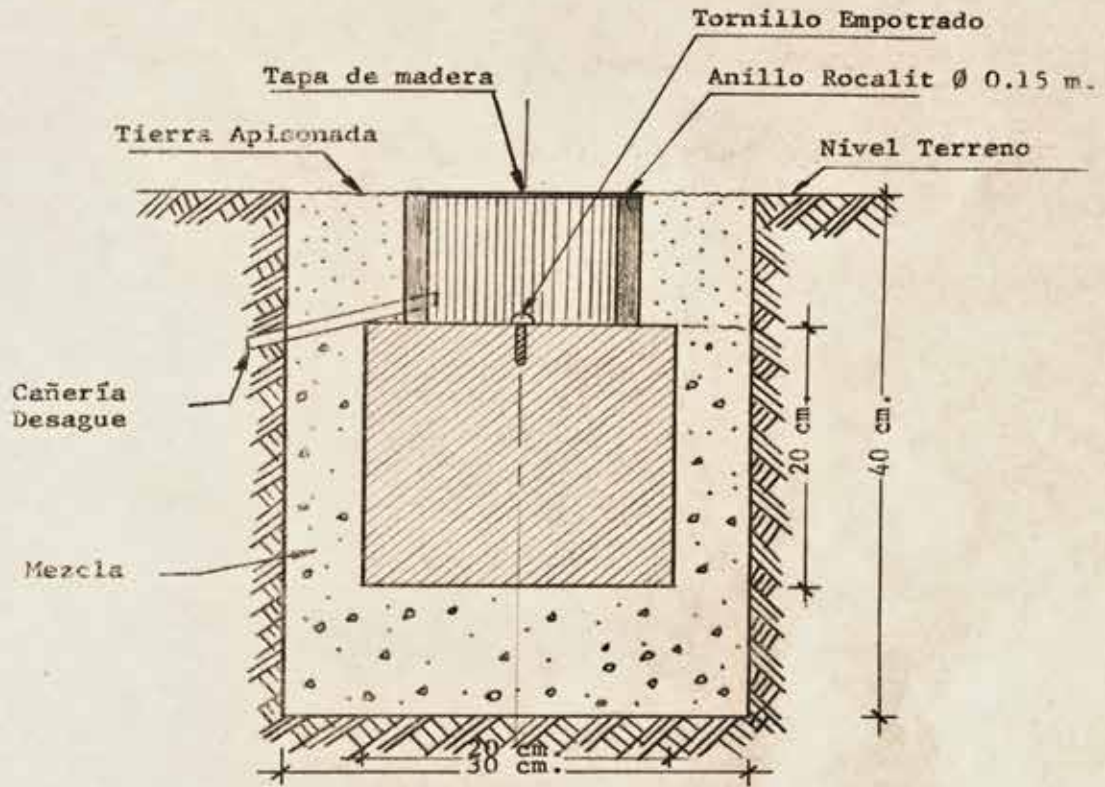
AVDA. TUPPER

PARQUE O'HIGGINS

FIG. 1

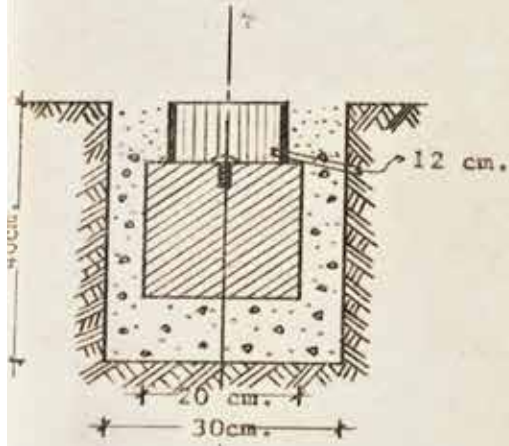
MONOLITO SIMPLE (M)

ELEVACION Y PLANTA



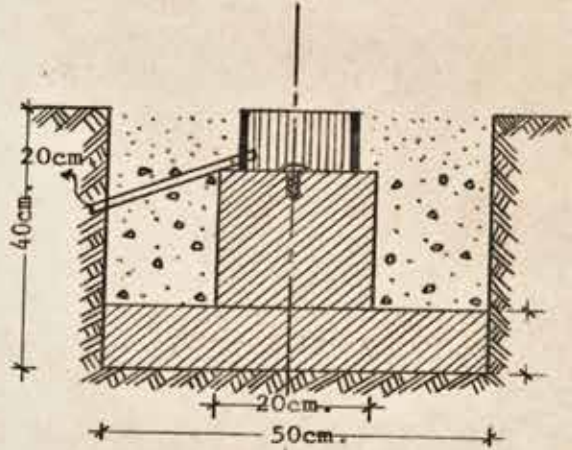
ESCALA 1: 50

MONOLITO SIMPLE



ELEVACION

MONOLITO DE REFERENCIA



PLANTA

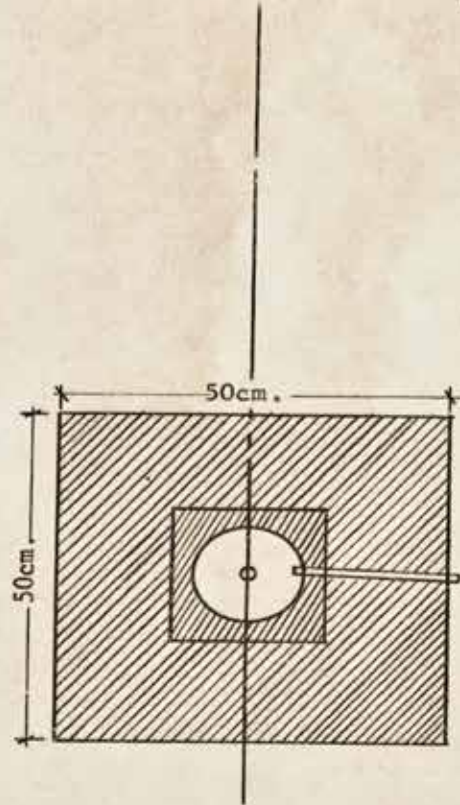
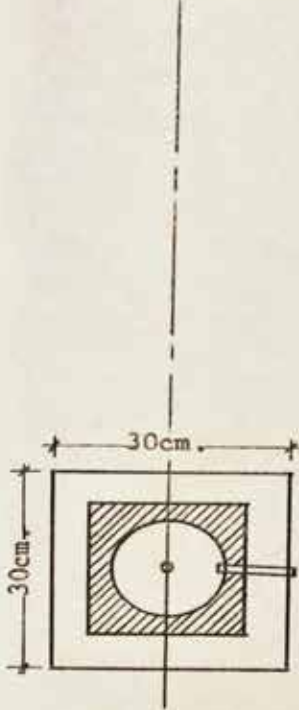


FIG. 3

CAPITULO II

INSTRUMENTAL PARA NIVELACION DE PRECISION

2.0.- Equipo WILD

El equipo WILD se compone de:

- Nivel automático NA2
- Trípode GST 20, patas extensibles,
- Micrómetro de placa plano-paralelas GPM 1
- Miras invar de nivelación GPLE 3 con burbuja esférica y bípodes.

NIVEL AUTOMATICO WILD NA2.-

En este tipo de nivel se sustituyó la ampollita de nivel por un compensador óptico-mecánico que nivela automáticamente la línea de puntería. Basta con centrar un nivel esférico.

El compensador puede oscilar libremente dentro de un ángulo de inclinación del anteojo de $\pm 10'$. Como medida de seguridad el instrumento posee un boton pulsador para comprobar el funcionamiento del dispositivo automático.

El dispositivo automático, consta en esencia de un péndulo colgante con prisma unidas al carter por cintas cruzadas pretensadas.

El prisma se encuentra entre la lente del enfoque y la placa de la retícula (Fig. 4).

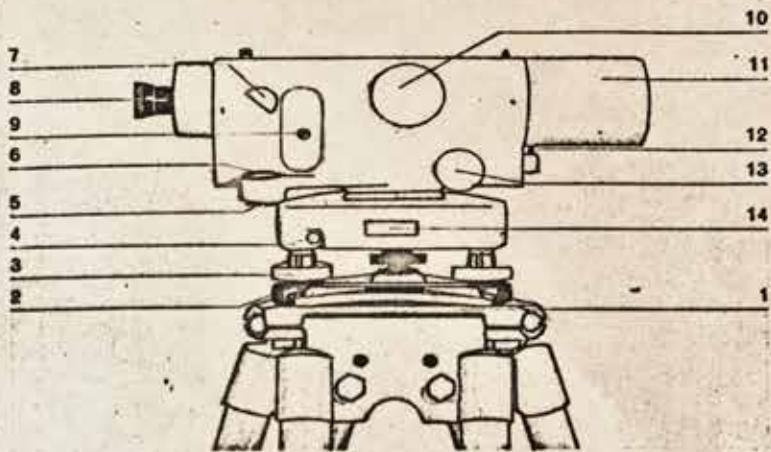
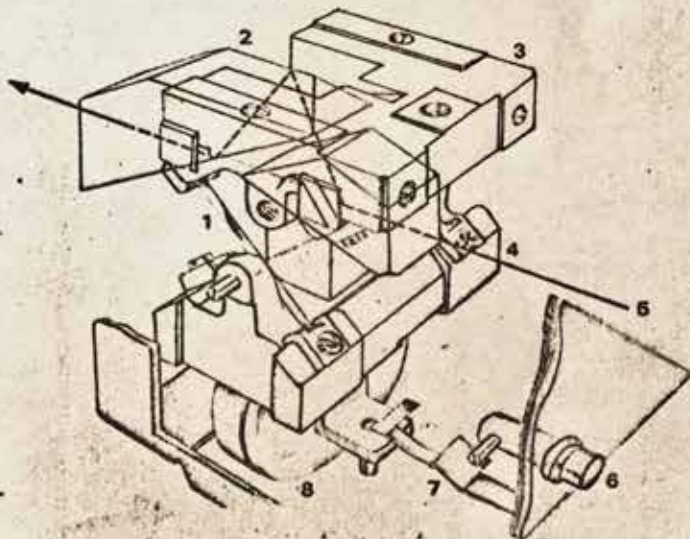


Fig. 1 NA 2 visto del lado derecho

- | | |
|---|--|
| 1 Plataforma base | 13 Tornillo de afinamiento |
| 2 Placa resorte | 14 Ranura para la fijación en el estuche |
| 3 Tornillo nivelante | 15 Anillo moleteado del círculo horizontal |
| 4 Tornillo de ajuste para el 3 | 16 Microscopio de lectura del círculo horizontal |
| 5 Tornillo de corrección para el nivel esférico | 17 Ocular del microscopio 16 |
| 6 Nivel esférico | 18 Tornillo de ajuste del compensador |
| 7 Espejo para observar el nivel | 19 Tornillo para la corrección del compensador (sellado) |
| 8 Ocular del anteojo | 20 Ocular para la lectura del micrómetro |
| 9 Tapa del dispositivo de corrección | 21 Botón para el micrómetro |
| 10 Botón para el enfoque | 22 Montura de la placa planoparalela |
| 11 Quitasol | 23 Tornillo para la fijación del 22 |
| 12 Tornillo de seguridad para el quitasol | |



Esquema de funcionamiento del compensador NA2/NAK2

- | |
|---|
| 1 Cintas de suspensión |
| 2 Prisma tejado |
| 3 Armazón |
| 4 Cuerpo del péndulo con prisma |
| 5 Línea de puntería |
| 6 Pulsador para el control del funcionamiento |
| 7 Resorte |
| 8 Cilindro para amortiguar |

FIG 4

MICROMETRO DE PLACA DE CARAS PLANO - PARALELAS GPM1

Es un accesorio que se embute y se fija al tubo objetivo. Consiste en un cristal de planos paralelos que permite desplazar paralelamente la puntería horizontal en una división completa de la mira.

Se puede medir; en el momento de estar nivelada la línea de puntería, la sección existente entre el hilo horizontal y la división más próxima de la mira.

El desplazamiento paralelo se hace mediante un mecanismo que trasmite su movimiento a una escala micrométrica en el cual pueden leerse los mm., las décimas de mm. y apreciar a estima la centésima.

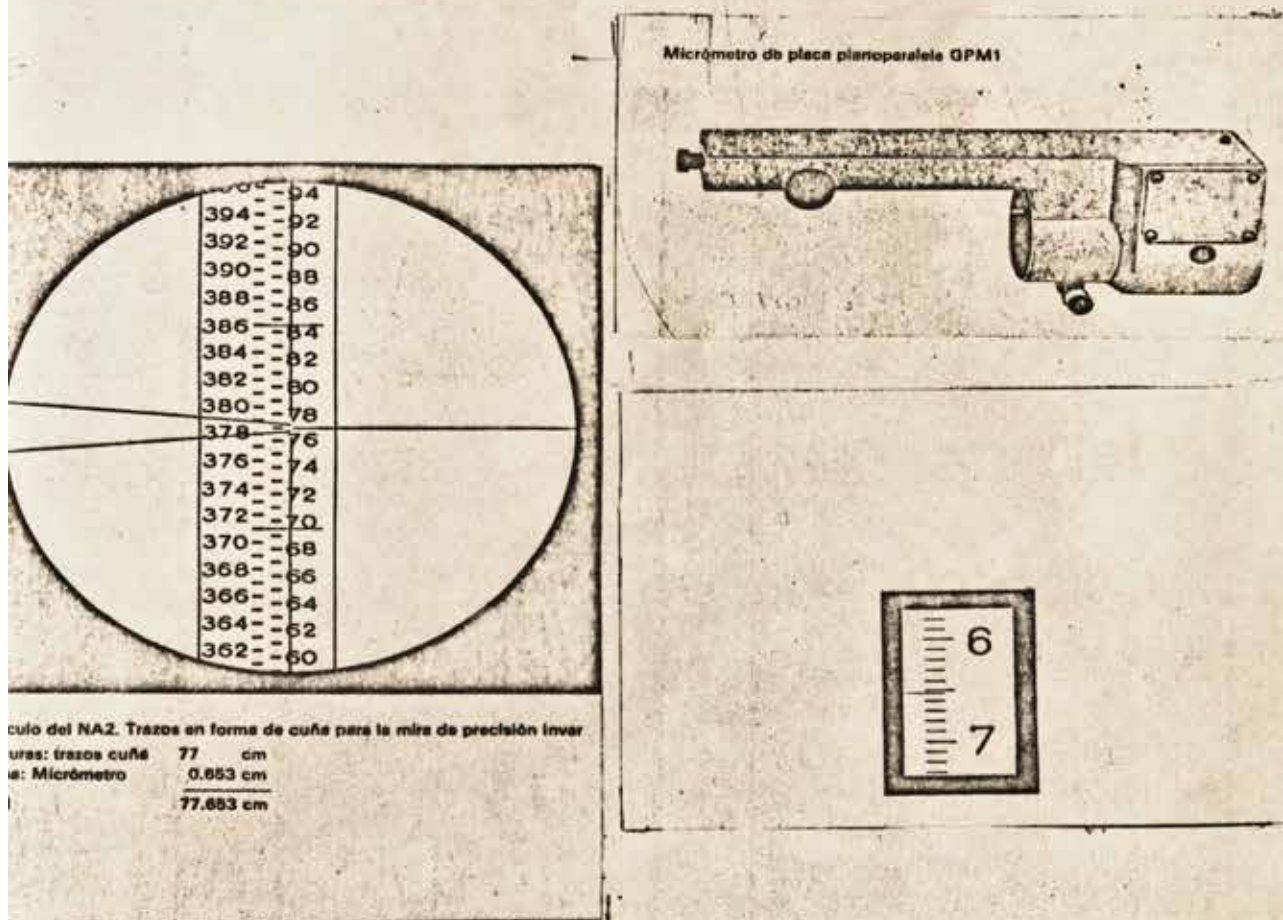


FIG. 5

MIRAS INVAR GPLE 3 CON BURBUJA Y BIPODE

Son miras de doble división de trazos, con cifras reales o directas, de 3 mts. y división de 1 cm.

El invar, es una aleación de hierro y níquel, en proporción de 64% y 36% respectivamente, también se agregan en pequeñas cantidades manganeso y carbón.

La aleación una vez que se ha dejado fraguar y enfriar tiene las siguientes características físicas:

Densidad	8
Coefficiente de elasticidad	16000 Kg./mm ²
Coefficiente termoelástico	500x10 ⁶
Coefficiente de dilatación	1 x 10 ⁶

El metal invar, se presta especialmente para servir de base para regla graduadas ya que al variar la temperatura prácticamente no altera su longitud. El valor del coeficiente de dilatación (1 x 10⁶) es por metro y 1°C.

La mira invar para nivelación lleva dos divisiones de trazos desplazados una con respecto a otra y de numeraciones distinta. El valor del desplazamiento es entonces una constante cuyo valor es K= 3.01450 y sirve de control para eliminar errores de lecturas grandes.

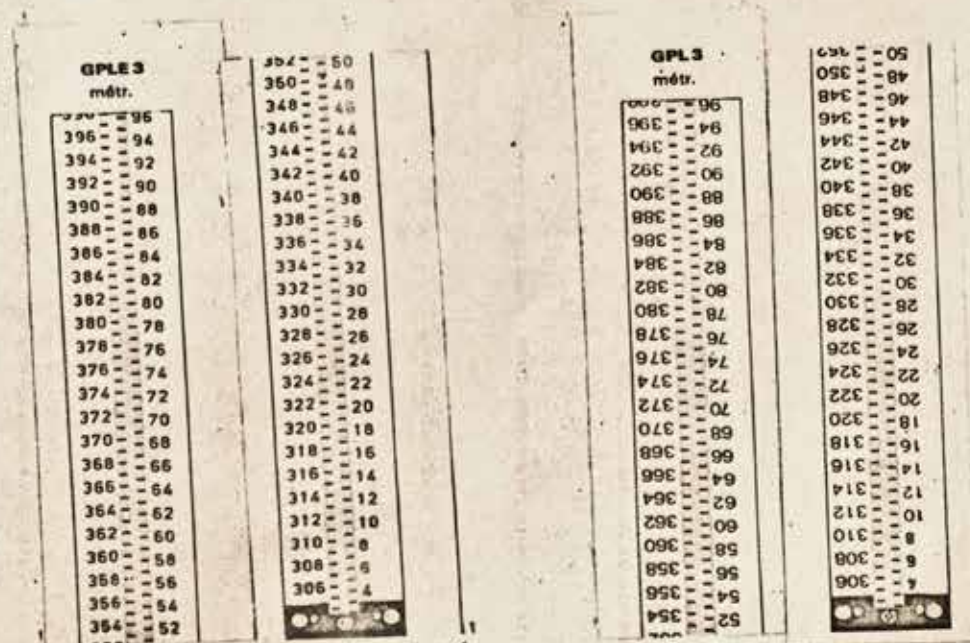


FIG. 6

2.1.- Equipo ZEISS.-

El equipo ZEISS se compone de:

- Nivel automático Ni 2
- Trípode ZEISS
- Micrómetro de placa plano - paralela
- Miras invar de nivelación L 1 con burbuja esférica.

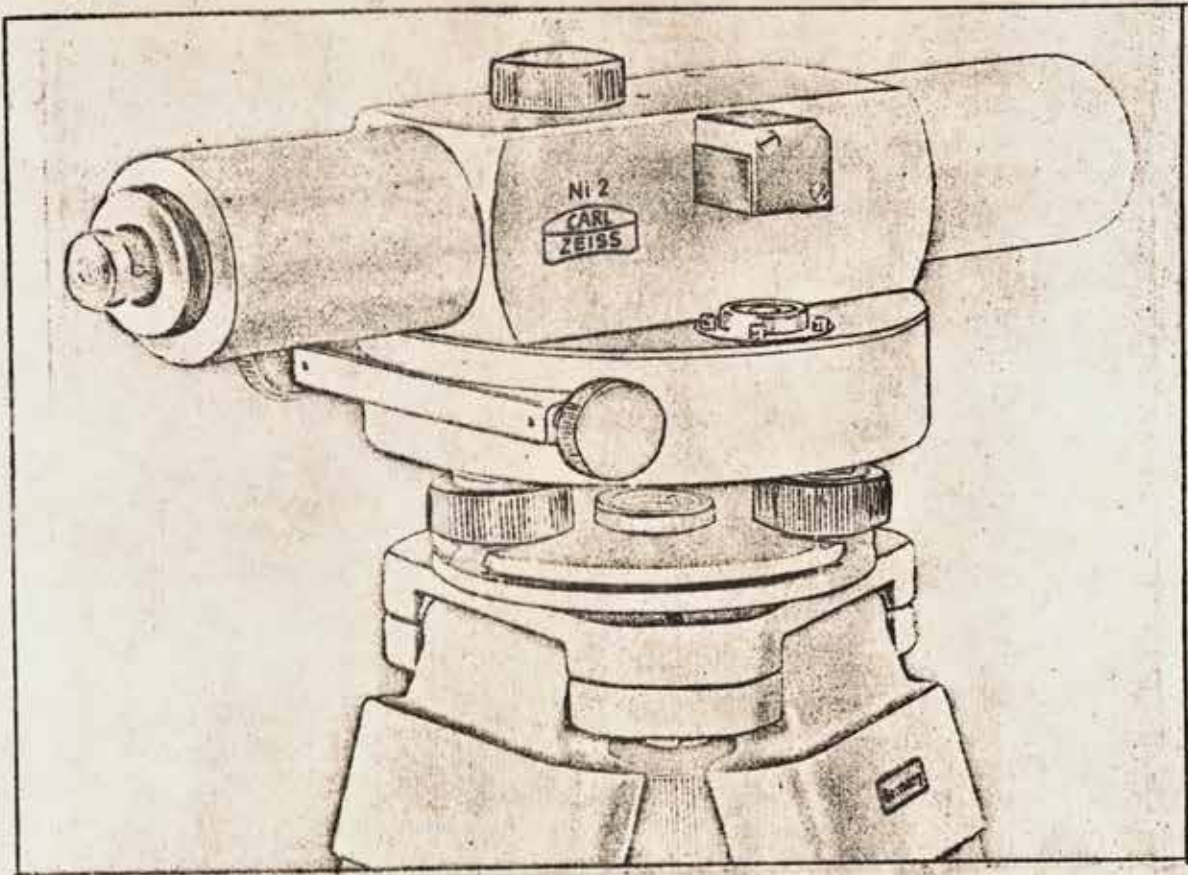
NIVEL AUTOMATICO Ni 2.-

Con este tipo de nivel se obtiene automáticamente la visual horizontal, a causa de un sistema pendular insertado en el circuito óptico del anteojo.

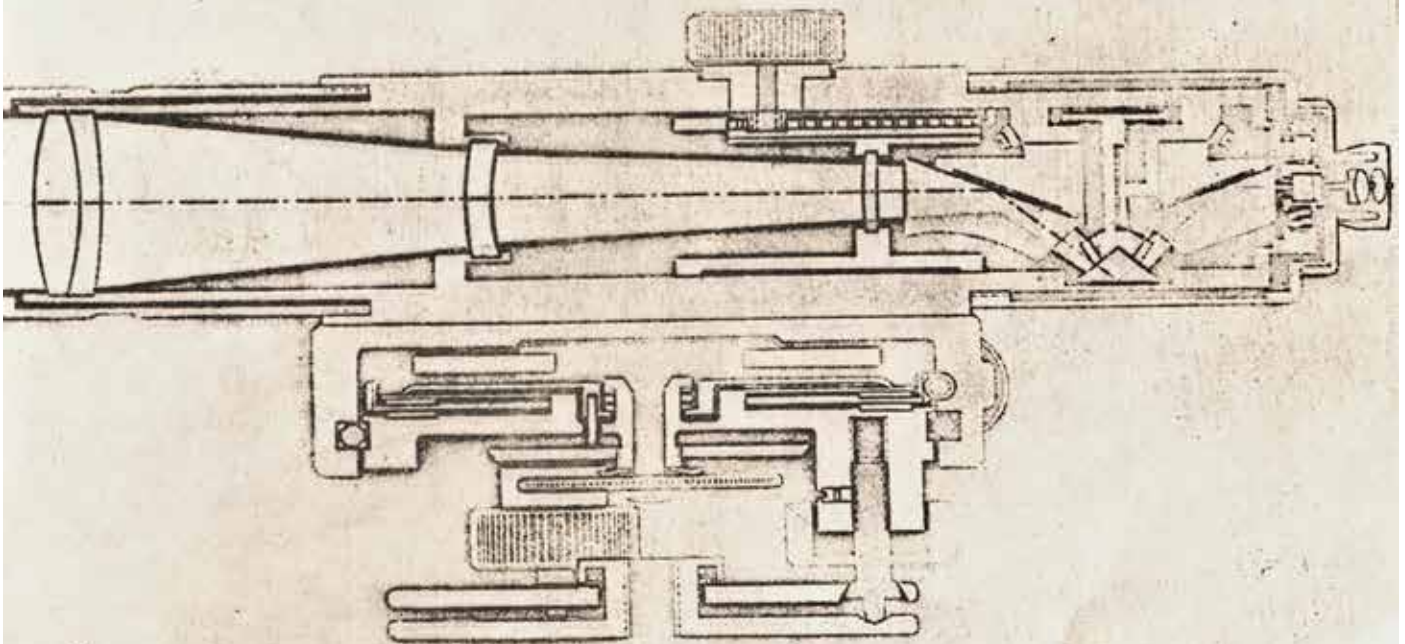
El sistema pendular o compensador, puede oscilar libremente dentro de un ángulo de inclinación de $\pm 15'$.

Para obtener una horizontabilidad aproximada del anteojo se le ha dotado de una ampollita de nivel de poca precisión.

El sistema compensador, se compone de 3 prismas, de los cuales el de adelante y el de atrás están fijamente montados. El prisma central con un cilindro amortiguador está suspendido libre de fricción de 4 alambres muy resistentes de material inoxidable.



NIVEL ZEISS N 12 AUTOMATICO



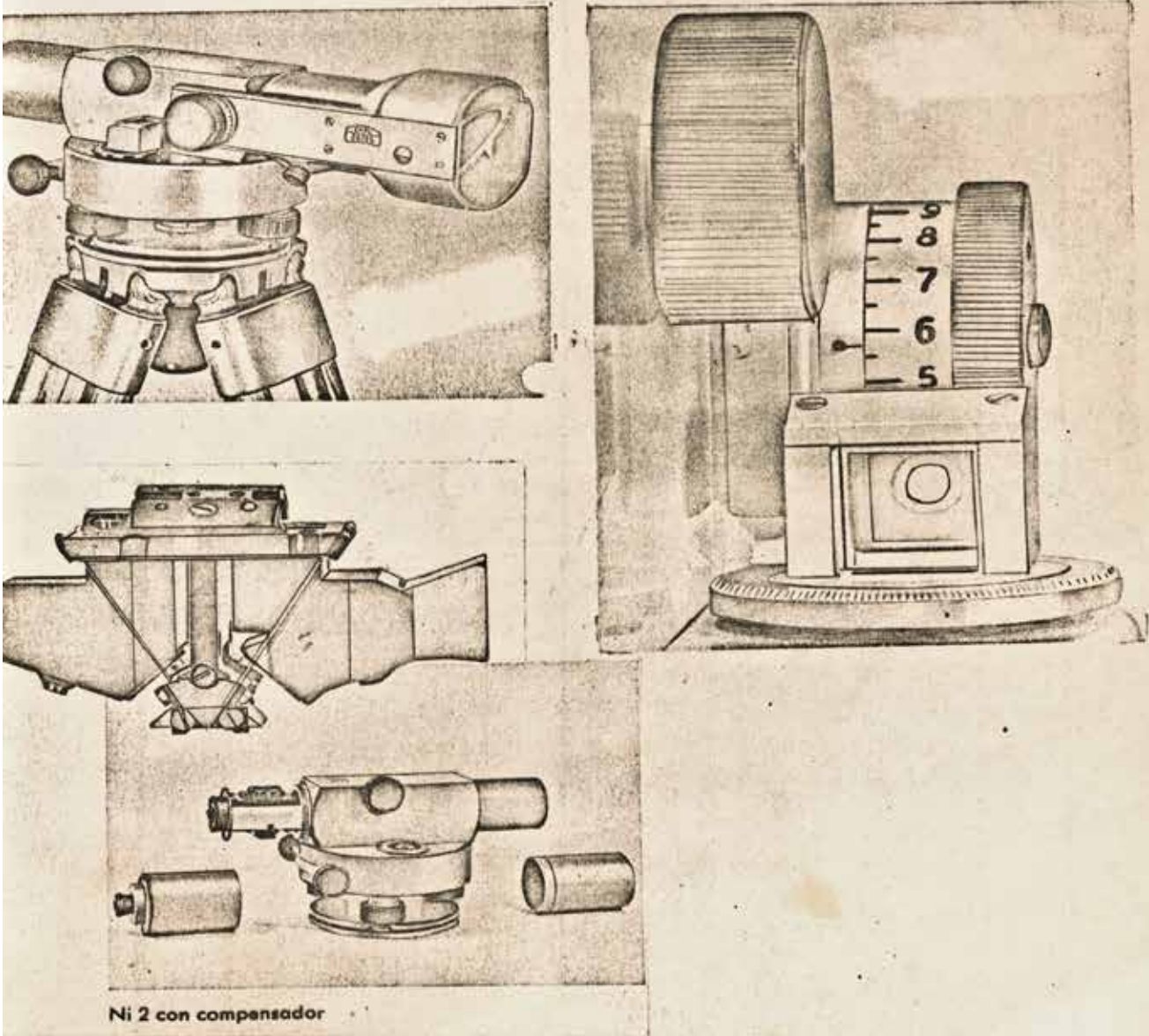
CORTE TRANSVERSAL DEL Ni 2

MICROMETRO DE PLACA PLANO - PARALELA ZEISS.-

Es un dispositivo adicional para el Ni 2 que se emplea particularmente para intervalo de medición de 5 mm. (Fig. 8).

MIRAS INVAR DE NIVELACION L 1.-

División ajedrezada negra con intervalos de 5 mm., cifras reales o directas longitud 3 mts. (Fig. 9).



CARACTERISTICAS TECNICAS

	N 12 ZEISS	NA 2 WILD
<u>Exactitud de medición.-</u>		
Con placa plana	hasta $\pm 0.3 \text{ mm. } \sqrt{D}^*$	$\pm 0.4 \text{ mm}^{**}$
Sin placa plana	hasta $\pm 0.7 \text{ mm. } \sqrt{D}^*$	$\pm 1.5 \text{ mm.}$

Anteojo.-

Aumento	32	30
Abertura	40 mm.	45 mm.
Campo visual a 100 m.	2.3 m.	2.45 m.
Constante de multiplicación	100	100
Constante de adición	0	0
Distancia mínima de enfoque	3,3 m,	2,0 m.

Compensador.-

Angulo de inclinación libre	$\pm 10'$	$\pm 15'$
Exactitud de balance	$\pm 0.2''$	$\pm 0.3''$

Micrómetro de placa plano - paralela.-

Alcance	5 mm.	10 mm.
Intervalo	0.1 mm	0.1 mm.
Lectura a estima	0.1 mm.	0.01 mm.
Ventajas	Mide desplazamientos horizontal y vertical de la línea de punt.	IDEM.

* D, en Km.

** Error medio obtenido a 1 Km. para nivelación cerrada.

CAPITULO III

MEDICIONES EN LA RED DE CONTROL ALTIMETRICO

3.0.- Preparativos.-

En una nivelación el método a emplear queda definido por la exactitud que se desea, característica del terreno y el instrumental disponible.

En este caso se requiere una exactitud acorde con las bondades de los instrumentos usados, aunque influye mucho la precisión de estas, es importante la experiencia del operador.

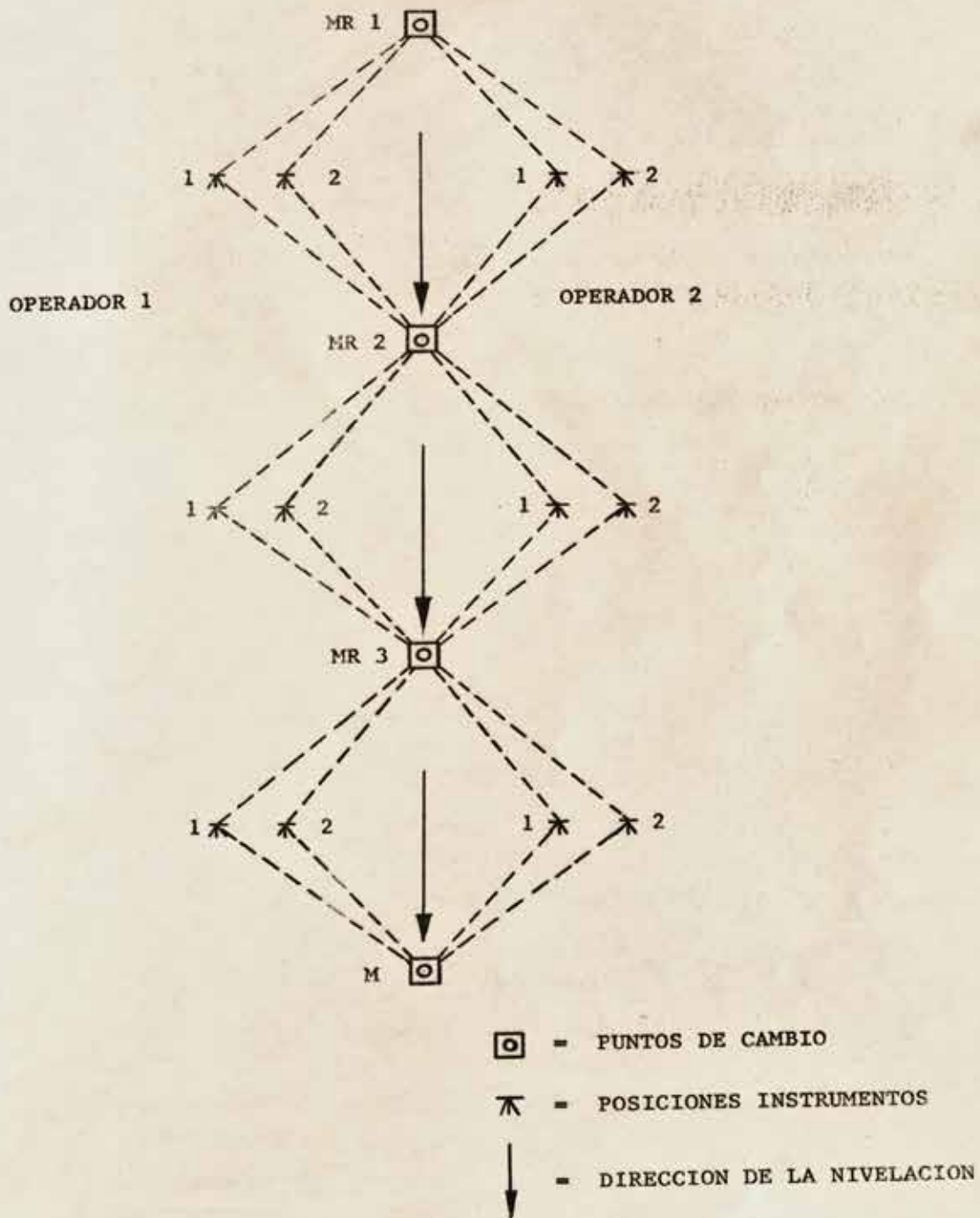
En general, se clasifica la nivelación en cuatro grados diferentes según su exactitud y especifican los criterios que han de emplearse. Según estos criterios nosotros requeriremos un error máximo tolerable de $0.0004 \sqrt{K}$ en Km. y empleamos el método de nivelación por doble posición instrumental porque es el método que más se adaptaba al material que se disponía.

El material utilizado se compone de:

- 2 Niveles automáticos WILD NA 2
- 2 Niveles automático ZEISS Ni 2
- Placas plano - paralelas
- Juegos de miras invar con burbuja esférica.
- Bípodes de miras
- Registros especiales
- Huincha metálica
- Sapos de nivelación
- Termómetros etc.

El personal que tomó parte en el trabajo estuvo compuesto de dos operadores y un alarife.

NIVELACION POR DOBLE POSICION INSTRUMENTAL



Entre las precauciones que se tomaron según las especificaciones para una nivelación de 1^{er} grado se destacan las siguientes:

- 1.- Determinar y corregir errores instrumentales.
- 2.- Durante la nivelación se debe evitar las lecturas en el primer metro de la mira para evitar la mayor refracción en las capas inferiores del aire.
- 3.- Corregir la burbuja esférica de la mira para asegurar su verticalidad y no tener problemas de lecturas erróneas, especialmente en el extremo superior de ella.
- 4.- Lecturas en los tres hilos del retículo.
- 5.- Usar bípodes.
- 6.- Distancia máxima instrumento - mira de 45 mts.
- 7.- Usar método de nivelación cerrada. En este caso se utilizó la nivelación por doble posición instrumental.
- 8.- Igualar distancia instrumento - mira.
- 9.- Usar placa plano - paralela.

3.1.- Procedimiento usado con el equipo WILD.-

La operatoria de la nivelación se hizo en el siguiente orden:

NIVEL AUTOMATICO WILD NA 2

Posición N° 1 del instrumento.

1.- Llenar registro de datos colocados en ellos:

- a.- Nombre del operador
- b.- Fecha
- c.- Tipo de instrumento y número
- d.- N° de placa plano - paralela
- e.- Tipo de miras y N° S.
- f.- Error instrumental
- g.- Temperaturas cada 15 minutos.

(Ver registro especial en pagina 18.....).

- 2.- Efectuar la lectura de atrás en la división izquierda de la mira (i) instalada en MR 1, anotando las lecturas de los 3 hilos y comprobando que la semi - suma del HS e Hi no sea diferente en 6 unidades (6 0,00006 mts.) con respecto a la lectura de hilo medio (H.M.). Así por ejemplo si: $\frac{H.S + Hi}{2} = \frac{322563}{2}$

= 1.61281 (semi suma)
1.61279 (hilo medio)
0.00002

La diferencia, en este caso con el hilo medio son 2 unidades están dentro de la exigencia. La operación aritmética debe quedar registrada en la columna correspondiente a los cálculos.

- 3.- Hacer la lectura adelante en la división izquierda de la mira (i) instalada en MR 2 y anotar en la misma forma anterior anotando además la hora en la columna correspondiente del registro.
- 4.- Hacer una lectura atrás nuevamente, pero en la división derecha de la mira (D) instalada en MR 1, anotando los valores en el lugar correspondiente del registro, en la misma forma que (2).
- 5.- Efectuar la visual de adelante, en la división derecha de la mira (D) y la hora.
- 6.- Calcular rápidamente los desniveles del tramo y compararlos.

Posición N° 2 del instrumento.-

- 7.- Cambiar de registro y modificar altura del instrumento por medio de las patas del trípode, o bien, cambiando de lugar el instrumento cuidando de mantener igual distancia instrumento - miras.
- 8.- Efectuar los pasos señalados en los puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 6. De esta manera, para poder obtener un desnivel promedio en un tramo tendremos 24 lecturas en 8 grupos de 3 (ver registro), obteniéndose 2 desniveles con las lecturas de la división izquierda de la mira y 2 desniveles con la división derecha. El promedio de estos 4 desniveles sólo será afectado por la compensación de la figura.
- 9.- Transportar la mira instalada en MR 1 a el monolito siguiente (MR 3) pasando por MR 2,

- 10.- Los operadores se trasladan a la próxima estación.
- 11.- Instalado en el punto medio del segundo tramo (MR 2 - MR 3) y así sucesivamente hasta completar el circuito cerrándolo en el monolito de referencia MR 1.

3.2.- Procedimiento usado con el equipo ZEISS.-

Posición N° 1 del instrumento.

1.- Completar registro colocando en ello los siguientes datos:

- a) Nombre del Operador
- b) Fecha
- c) Tipo de instrumento y número
- d) N° de placa plano - paralela
- e) Tipos de miras y N°S.
- f) Error instrumental
- g) Temperatura cada 15 minutos.

2.- Hacer una lectura instalada en MR 1, anotando las lecturas de los 3 hilos, y comprobar que la semi-suma del hilo superior e hilo inferior no sea diferente en 3 unidades (δ 0.0003) con respecto a la lectura de hilo medio, así por ejemplo si:

$$\frac{HS + Hi}{2} = 3.0049$$

$$\text{lect. hilo medio} = \underline{3.0047}$$

= 0.0002. En este caso la diferencia es de sólo 2 unidades y está dentro de la exigencia. La operación aritmética debe quedar registrada en la columna correspondiente a los cálculos.

3.- Hacer una lectura, anotando en la misma forma hecha anteriormente, agregando en este punto la hora en la columna correspondiente del registro.

Posición N° 2 del instrumento.

4.- Cambiar de registro y modificar altura del instrumento, o bien cambiándolo de lugar cuidando mantener igual distancia instrumento - mira.

5.- Efectuar los pasos señalados en los puntos 1, 2 y 3.

De esta manera, para obtener un desnivel promedio en un tramo tendremos 12 lecturas en cuatro grupos de a 3, (ver registros), obteniéndose 2 desniveles. El promedio de estos 2 desniveles será afectado por la compensación de la figura.

6.- Transportar la mira instalada en MR 1 a el monolito siguiente (MR 3) pasando por MR 2.

7.- Los operadores se trasladan a la próxima estación.

8.- Instalado en el punto medio del segundo tramo (MR 2 - MR 3) se repiten todos los puntos anteriores hasta completar el circuito cerrándolo en el monolito de referencia N° 1 (MR 1.).

3.3.- DATOS DE TERRENO

D A T O S D E T E R R E N O

NIVEL NA2 OPERADOR 1

NIVELACION DE PRECISION

Operador L. VILLAR A.

Fecha 3 DICIEMBRE 1976

- 23 -

LECTURAS DE ATRAS			LECTURAS DE ADELANTE			HORA
Hilos Axiales	Promedios	Hilo Medio	Hilos Axiales	Promedios	Hilo Medio	
144319			186567			
135918	135914	135918	178228	178228	178228	13.35
127510		301473	169889		301459	
445799			488033			
437391	437394	437391	479687	479689	479687	13.39
428990					471345	
146558			188800			
138169	138163	138169	180460	180459	180460	13.44
129768		301431	172119		301458	
147992			490263			
439600	439606	439600	481918	481921	481918	13.55
431221					473579	
154210			188970			
146780	156776	146780	181583	181579	181583	14.14
139342		301450	174189		301440	
455657			490419			
448230	448224	448230	483023	483024	483023	14.19
440791					475640	
152110			186880			
144686	144680	144686	179492	179489	179492	14.23
137250		301454	172098		301450	
453568			488323			
446140	446135	446140	480942	480936	480942	14.27
438703					473549	
149982			202259			
142431	142430	142431	195127	195129	195127	14.45
134878		301450	187729		301460	
451431			503981			
443881	443875	443881	496587	496581	496587	14.52
436320					489580	
148310			200801			
140758	140753	140758	193469	193469	193469	14.55
133197		301444	186077		301450	
449760			502312			
442202	442204	442202	494919	494914	494919	14.59
434648					487516	
163732			195692			
156740	156734	156740	188442	188440	188442	15.27
149737		301449	181179		301446	
465178			497140			
458189	458183	458189	489888	489883	489888	15.31
451189					482627	
161850			193798			
154849	154849	154849	186545	186540	186545	15.35
147849		301441	179283		301455	
463296			195258			
456290	456292	456290	488000	488000	488000	15.38
449289					480742	

INST. NA2 N° 151517

Micrometro N° 10780

Miras GPLE3 N° Metr.

Embr. Incentro 000077

* Desplazamiento entre divisiones = 3.01450

3 Diciembre 1976

HORA	Temperatura	
	Humada	Seca
8.00	13.00	18.0
8.30	13.40	18.8
9.00	13.40	18.4
9.30	13.8	20.8
10.0	14.4	20.8
10.30	14.8	21.8
11.0	15.0	22.0
11.3	15.5	24.0
12.0	15.8	24.0
12.30	16.2	25.4
13.0	16.4	26.0
13.30	16.6	26.8
14.0	16.8	26.8
14.30	16.8	26.9
15.0	16.8	27.0
15.3	16.6	27.2
16.0	16.6	27.9
16.3	16.5	28.2
17.0	16.2	27.8

NIVELACION DE PRECISION

Operador LEONCIO VILLAR A.

Fecha 3-4-DICIEMBRE 1976

- 25 -

LECTURAS DE ATRAS				LECTURAS DE ADELANTE			HORA	
Hilos AXIALES	Promedios	Hilo Medio	Hilos AXIALES	Promedios	Hilo Medio			
Q	125711	115894	115898	134840	125116	125121	1514	
	115898		301444	125121				301443
	106078			115392				
R	427151	417336	417342	436284	426562	426564	1517	
	417342			426564				
	407522			416841				
Q	125109	115299	115298	134239	124512	124510	1519	
	115298		301433	124510				301433
	105480			114785				
R	426553	416732	416731	435688	425959	425953	1520	
	416731			425953				
	406911			416230				
Q	163087	152204	152201	169709	160275	160278	1045	
	152201		301488	160278				301478
	141322			150841				
ER	464570	453687	453689	471182	461752	461756	1053	
	453689			461756				
	442804			452323				
Q	163922	153014	153020	170475	161060	161064	1105	
	153020		301437	161064				301457
	142100			151649				
R	465373	454461	454457	471930	462520	462521	1113	
	454457			462251				
	443550			453110				
Q	143942	135120	135121	1123518	1150311	115028	1125	
	135121		301447	115028				301461
	126299			106544				
R	445389	436568	436568	424963	416481	416489	1133	
	436568			416480				
	427748			408000				
Q	143203	134397	134397	122760	114271	114272	1141	
	134397		301453	114272				301450
	125594			105782				
R	444658	435844	435850	424211	415725	415722	1150	
	435850			415722				
	427030			407240				
Q	133688	125843	125848	124049	116263	116263	11546	
	125848		301440	116263				301444
	117999			108477				
R	435131	427283	427288	425499	417709	417709	11548	
	427288			417707				
	419436			409919				
Q	139452	131362	131364	129810	121795	121801	11558	
	131364		301445	121801				301439
	123272			113780				
R	440899	432805	432809	431259	423238	423240	11559	
	432809			423240				
	424711			415217				

INSTA2 N° 151517

Micrometro N° 10780

Mira GPLE 3 N° Metr

Espejo Inclin N. 0.00077

4-Diciembre- 1976

HORA	Temperatura	
	Humeda	Seca
9.00	12.6	19.0
9.30	12.8	20.4
10.0	13.4	21.8
10.30	13.8	22.8
11.0	15.0	24.0
11.30	15.2	24.4
12.0	15.4	26.2
12.30	16.4	26.4
13.0	17.6	26.6
14.30	17.8	26.8
15.0	18.0	27.4

Operador LEONCIO VILLAR A.

Fecha 1-2- DICIEMBRE 1976

LECTURAS DE ATRAS			LECTURAS DE ADELANTE			HORA	
Hilos AXIALES	Promedios	Hilo Medio	Hilos Axiales	Promedios	Hilo Medio		
Q	176616	176617 301443	150886	142434	142430 301435	1025	
			184743				142430
			176617				133982
R	478063	478060	452329	443871	443865	1045	
			486190				443865
			478060				435413
ZQ	176717	176716 301458	151000	142545	142550 301440	1046	
			184833				142550
			176716				134090
ER	478170	478174	452458	443992	443990	1055	
			486292				443090
			478174				435527
Q	155233	155230 301467	158935	150821	150822 301456	118	
			162297				150822
			155230				142708
ER	456693	456697	460390	452274	452278	1124	
			463764				452278
			456697				444152
ZQ	152916	152915 301455	156604	148485	148489 301444	1130	
			159980				148489
			152915				140367
ER	454375	454370	458059	449935	449933	1139	
			461442				449933
			454370				441813
ZQ	178232	178233 301447	140928	136002	136000 301449	1047	
			183144				136000
			178233				131076
ER	479675	479680	442272	437444	437449	1051	
			484593				437449
			479680				432517
ZQ	177011	177007 301456	139700	134769	134762 301458	1056	
			181923				134762
			177007				129838
ER	478460	478463	441155	436217	436220	1059	
			483379				436220
			478463				431279
ZQ	162814	162812 301452	170929	162371	162370 301460	1109	
			171989				162370
			162812				153813
ER	464261	464264	472381	463825	463830	1113	
			473433				463830
			464264				455269
ZC	161279	161279 301459	169429	160868	160872 301453	1116	
			170458				160872
			161279				152308
DER	462734	462738	470876	462319	462325	1121	
			471908				462325
			462738				453763

INST NA2 N° 15151
 Microscopio N° 10780
 Microscopio N° METR
 Error Instrumento 0.00077

1-Diciembre 1976

HORA	Temperaturas	
	Humeda	Seca
1045	16.0	21.8
11.30	16.2	23.0
12.15	16.4	24.8
13.30	16.6	26.0
14.15	16.8	26.4
15.0	17.0	27.0
1545	17.2	28.8
16.30	17.4	28.1
16.55	17.8	28.2

NIVELACION DE PRECISION

Operador LEONCIO VILLAR A.

Fecha 3-DICIEMBRE- 1976

LECTURAS DE ATRAS			LECTURAS DE ADELANTE			HORA
Hilos AXIALES	Promedios	Hilo Medio	Hilos Axiales	Promedios	Hilo Medio	
183578	178587	178589 301454	141727	136880	136876 301452	1408
178589			136876			
173597			132034			
485023	480042	480043	443173	438327	438328	1412
480043			438328			
475062			433481			
181391	176411	176412 301456	139548	134694	134698 301445	1416
176412			134698			
171431			129840			
482843	477865	477868	440991	436139	436143	1421
477868			436143			
472888			431288			
170478	161790	161791 301452	154652	144986	144980	1456
161791			144980			
153103			135321			
471928	463243	463243	154670	145010	145010	1502
463243			145010			
454558			135351			
168923	160231	160237 301454	153119	143146	143440 301458	1509
160237			143440			
151538			133173			
470372	461685	461691	454576	444904	444898	1520
461691			444898			
452998			435233			
154720	147560	147554 301456	178257	171628	171624 301456	1534
147554			171624			
140400			165000			
456172	449011	449010	479715	473078	473080	1541
449010			473080			
441851			466442			
156413	149246	149250 301447	179958	173321	173326 301452	1547
149250			173326			
142080			166685			
447860	450696	450697	481403	474772	474778	1551
450697			474778			
443533			468141			

INST N° 2 N° 151511

Microm. Topico N° 10780

Mira. GPLE 3 N° Metr

Error Instrumento 0.00077

2-Diciembre-1976

HORA	Temperatura	
	Humeda	Seca
8.45	11.4	14.0
9.30	13.2	16.0
10.15	13.3	19.2
11.0	13.4	20.7
11.45	13.6	22.0
14.0	15.5	27.0
14.45	16.4	28.0
15.30	16.6	29.0
16.45	16.8	30.0

NIVELACION DE PRECISION

Operador LEONCIO VILLAR A. _____

Fecha 4-DICIEMBRE-1976 _____

- 33 -

etición de la nivelación en tramos M8-M9; M9-M10.

Div Mira	LECTURAS DE ATRAS			LECTURAS DE ADELANTE			HORA
	Hilos AXIALES	Promedios	Hilo Medio	Hilos Axiales	Promedios	Hilo Medio	
IZO	130848	121599	121598 452	122533	112327	112327	1004
	121598			112327			
	112351			102122			
DER	432293	423047	423050	413783	413786	413783	1009
	423050						
	431801						
IZO	129960	120713	120713 454	121670	111466	111469	1015
	120713			111469			
	111467			101260			
DER	431400	422164	422167	423120	412915	412918	1019
	422167			412918			
	412919			402710			
ZO	180068	170041	170038 463	152833	143023	143020	1030
	170038			143020			
	160018			133213			
DER	481534	471501	471501	454316	444483	444479	1035
	471501			444479			
	461478			434660			
IZO	179573	169551	169548 471	152345	142525	142527	1041
	169548			142527			
	159530			132706			
DER	481046	471017	471019	453833	444005	444001	1044
	471019			444001			
	460989			434178			
IZO							
DER							
ZO							
DER							
ZO							
DER							
ZO							
DER							

INST NA2 No 151517

Microm topico No 10780

Mirar GPLE 3 No Metr.

Error Inspeccion 0.00077

ciembre-197

Temperatura	
Humada	Seca
0	20
2	22
	22

D A T O S D E T E R R E N O

NIVEL NA2 OPERADOR 2

D A T O S D E T E R R E N O

NIVEL NI2 OPERADOR 1

NIVELACION DE PRECISION

Operador LEONCIO VILLAR A.

Fecha 11- DICIEMBRE- 1976

- 50 -

LECTURAS DE ATRAS				LECTURAS DE ADELANTE			HORA
Div Nive	Hilos AXIALES	Promedios	Hilo Medio	Hilos Axiales	Promedios	Hilo Medio	
ZQ							
DER	30151	28449	28448	38558	36916	36919	245
	26748						
	30054	28350	28350	38473	36832	36833	250
ZQ	26647						
DER							
ZQ							
DER	31343	29858	29856	38303	36820	36818	307
	28374						
ZQ	31534	30049	30047	38476	36995	36996	305
	28564						
DER							
ZQ							
DER	30112	28548	28545	40522	39098	39098	327
	26985						
ZQ	29895	28329	28327	40321	38902	38900	331
	26763						
DER							
ZQ							
DER	33217	31795	31794	39598	38125	38127	341
	30373						
ZQ	32884	31453	31456	39258	37785	37788	346
	30023						
DER							

INST NI2 N° 53671

Misura optica N° B/n

Misura NEDO N° 1-2

Error Instrumento 0.0008

11-Diciembre-1976

HORA	Temperaturas	
	Humeda	Seca
11.30	17.4	28.2
12.0	16.6	28.8
12.3	17.4	30.6
13.0	17.8	30.2
13.3	17.4	30.8
14.0	17.6	32.8
14.3	17.4	31.8
15.3	19.8	32.2
16.3	18.1	31.4
17.01	18.1	31.2
17.3	17.4	30.2

NIVELACION DE PRECISION

Operador LEONCIO VILLAR A. - - -

Fecha 10-11- DICIEMBRE- 1976

LECTURAS DE ATRAS				LECTURAS DE ADELANTE			HORA
Div Mira	Hilos AXIALES	Promedios	Hilo Medio	Hilos Axiales	Promedios	Hilo Medio	
ZQ							
DER	31407	39262	39263	41062	38935	38935	1400
	27117			36809			
ZQ	31618	29471	29473	41259	39133	39133	1406
	27325			37008			
DER							
ZQ							
DER	29458	27031	27030	37565	34913	34912	900
	24602			32260			
ZQ	30493	28061	28060	38602	35944	35946	910
	25628			33290			
DER							
ZQ							
DER	31328	30237	30238	34093	33001	33000	928
	29147			31910			
ZQ	31012	29925	29927	33789	32696	32697	934
	28838			31604			
DER							
ZQ							
DER	30185	28225	28225	35667	33656	33660	945
	26266			31646			
ZQ	30030	28076	28078	35513	33499	33499	950
	26122			31484			
DER							

INST NI2 N° 53671
 Microscopio N° 8/N
 Nivel NEDO N° 1.2
 Error Inocum 0.0008

10-DICIEMBRE- 1976

HORA	Temperatura	
	Humeda	Seca
9.16	14.0	22.4
9.30	14.0	22.4
10.0	14.0	21.4
10.30	14.6	21.4
11.0	15.8	23.0
11.30	15.4	24.2
12.0	17.2	26.4
12.30	17.4	28.6
14.0	16.2	30.1
14.30	15.4	31.0
15.30	15.4	31.5

NIVELACION DE PRECISION

Operador LEONCIO VILLAR ALVAREZ.

Fecha 10-11-DIC.-1976.-

- 55 -

LECTURAS DE ATRAS				LECTURAS DE ADELANTE			HORA
Div	Hilos ATAJALES	Promedios	Hilo Medio	Hilos ATAJALES	Promedios	Hilo Medio	
ZO							
DER	33805	32344	32344	35393	34014	34011	1154
	30883			32636			
ZO	35180	33715	33713	36763	35385	35383	59
	32250			34007			
DER							
ZO							
DER	29750	28437	28437	31788	30467	30466	1100
	27124			39147			
ZO	31036	29722	29720	33073	31751	31748	06
	28408			30429			
DER							
ZO							
DER	33971	33003	33003	31636	30715	30714	15
	32035			29795			
ZO	34557	33606	33604	32247	31318	31316	25
	32656			30389			
DER							
ZO							
DER	34097	33090	33087	38343	37376	37378	1210
	32083			36410			
ZO	34415	33410	33410	38665	37695	37697	16
	32406			36725			
DER							

INST NI 2 No 53671
 Miresa topica No 8/n
 Miresa NEDO No 1-2
 Error Inocua 0.0008

HORA	Temperatura	
	Humeda	Seca



D A T O S D E T E R R E N O

NIVEL NI2 OPERADOR 2

CONTROLES DE MR 1 - MR 2 - MR 3.-

CONTROL N°1 (3- DIC. -1976).

NIVEL NA 2

OPERADOR 1				OPERADOR 2		
LECTURAS				LECTURAS		
NIRA	MR 1	MR 2	MR 3	MR 1	MR 2	MR 3
	172553	160627	182399	167754	156912	177680
	165889	154470	175816	161130	149688	171034
	159231	148313	169222	154510	142464	164392
	474002	462071	483860	469206	458359	479131
	467339	455913	477278	462586	451132	472490
	460681	449767	470687	455963	443901	465848

CONTROL N° 2 (11- DIC. -1976)

NIVEL Ni 2

OPERADOR 1				OPERADOR 2		
LECTURAS				LECTURAS		
P. i.	MR 1	MR 2	MR 3	MR 1	MR 2	MR 3
	34208	31837		32620	30320	
1	32894	30606		31233	28937	
	31583	29374		29841	27548	
	34049	31675	36057	33897	31577	35683
2	32734	30446	34723	32479	30188	34464
	31420	29213	33390	31060	28803	33243

Posición instrumental.

C A P I T U L O I V

C A L C U L O S

4.0.- CALCULO DE DESNIVELES (NIVEL NA 2 OPERADOR 1 - 2)

OPERADOR	1				2			
	1		2		1		2	
POSICION INSTRM.	1		2		1		2	
DESNIV. TRAMO	Δh_1	Δh_2	Δh_3	Δh_4	Δh_1	Δh_2	Δh_3	Δh_4
MR1 - MR2	0.11456	0.11441	0.11453	0.11442	0.11438	0.11430	0.11432	0.11426
MR2 - MR3	-0.21358	-0.21359	-0.21364	-0.21364	-0.21389	-0.21387	-0.21347	-0.21340
MR3 - M ₁	-0.05667	-0.05657	-0.05669	-0.05658	-0.05638	-0.05641	-0.05623	-0.05620
M1 - M2	-0.42310	-0.42296	-0.42291	-0.42308	-0.42314	-0.42324	-0.42331	-0.42332
M2 - M3	-0.34803	-0.34793	-0.34806	-0.34802	-0.34773	-0.34781	-0.34800	-0.34818
M3 - M4	-0.52696	-0.52706	-0.52711	-0.52717	-0.52693	-0.52710	-0.52673	-0.52684
M4 - M5	-0.31702	-0.31699	-0.31696	-0.31710	-0.31696	-0.31698	-0.31686	-0.31690
M5 - M6	-0.48339	-0.48339	-0.48349	-0.48352	-0.48304	-0.48304	-0.48313	-0.48325
M6 - M7	-0.39419	-0.39409	-0.39389	-0.39401	-0.39434	-0.39434	-0.39397	-0.39386
M7 - M8	-0.13814	-0.13818	-0.13816	-0.13817	-0.13819	-0.13821	-0.13830	-0.13835
M8 - M9	-0.27051	-0.27059	-0.27061	-0.27040	-0.27103	-0.27093	-0.27062	-0.27069
M9 - M10	-0.09223	-0.09222	-0.09212	-0.09222	-0.09187	-0.09197	-0.09214	-0.09217
M10 - M11	-0.08044	-0.08064	-0.08077	-0.08067	-0.08080	-0.08079	-0.08080	-0.08080
M11 - MR4	0.20125	0.20128	0.20093	0.20079	0.20074	0.20075	0.20080	0.20079
MR4 - MR5	0.09585	0.09581	0.09563	0.09569	0.09575	0.09567	0.09559	0.09553
MR5 - M12	0.12698	0.12695	0.12699	0.12699	0.12661	0.12667	0.12664	0.12673
M12 - M13	0.25356	0.25367	0.25349	0.25361	0.25306	0.25306	0.25319	0.25329
M13 - M14	0.65783	0.65787	0.65782	0.65784	0.65755	0.65740	0.65773	0.65761
M14 - M15	1.26600	1.26591	1.26604	1.26599	1.26602	1.26603	1.26613	1.26602
M15 - M16	0.34187	0.34195	0.34166	0.34184	0.34188	0.34183	0.34187	0.34183
M16 - M17	0.04408	0.04419	0.04426	0.4437	0.4414	0.04412	0.04434	0.04441
M17 - So	0.42233	0.42231	0.42245	0.42243	0.42223	0.42225	0.42260	0.42266
So - M18	0.00442	0.00434	0.00407	0.00413	0.00456	0.00456	0.00452	0.00457
M18 - M19	-0.08266	-0.08238	-0.08247	-0.08260	-0.08268	-0.08267	-0.08262	-0.08256
M19 - MR1	-0.10100	-0.10100	-0.10088	-0.10088	-0.10069	-0.10068	-0.10098	-0.10104

4.0.- CALCULO DE DESNIVELES (NIVEL NA 2 OPERADOR 1 - 2)

OPERADOR	1				2				
	1		2		1		2		
	POSICION INSTRM.	DESNIIV. TRAMO	Δh_1	Δh_2	Δh_3	Δh_4	Δh_1	Δh_2	Δh_3
MR1 - MR2		0.11456	0.11441	0.11453	0.11442	0.11438	0.11430	0.11432	0.11426
MR2 - MR3		-0.21358	-0.21359	-0.21364	-0.21364	-0.21389	-0.21387	-0.21347	-0.21340
MR3 - M ₁		-0.05667	-0.05657	-0.05669	-0.05658	-0.05638	-0.05641	-0.05623	-0.05620
M1 - M2		-0.42310	-0.42296	-0.42291	-0.42308	-0.42314	-0.42324	-0.42331	-0.42332
M2 - M3		-0.34803	-0.34793	-0.34806	-0.34802	-0.34773	-0.34781	-0.34800	-0.34818
M3 - M4		-0.52696	-0.52706	-0.52711	-0.52717	-0.52693	-0.52710	-0.52673	-0.52684
M4 - M5		-0.31702	-0.31699	-0.31696	-0.31710	-0.31696	-0.31698	-0.31686	-0.31690
M5 - M6		-0.48339	-0.48339	-0.48349	-0.48352	-0.48304	-0.48304	-0.48313	-0.48325
M6 - M7		-0.39419	-0.39409	-0.39389	-0.39401	-0.39434	-0.39434	-0.39397	-0.39386
M7 - M8		-0.13814	-0.13818	-0.13816	-0.13817	-0.13819	-0.13821	-0.13830	-0.13835
M8 - M9		-0.27051	-0.27059	-0.27061	-0.27040	-0.27103	-0.27093	-0.27062	-0.27069
M9 - M10		-0.09223	-0.09222	-0.09212	-0.09222	-0.09187	-0.09197	-0.09214	-0.09217
M10 - M11		-0.08044	-0.08064	-0.08077	-0.08067	-0.08080	-0.08079	-0.08080	-0.08080
M11 - MR4		0.20125	0.20128	0.20093	0.20079	0.20074	0.20075	0.20080	0.20079
MR4 - MR5		0.09585	0.09581	0.09563	0.09569	0.09575	0.09567	0.09559	0.09553
MR5 - M12		0.12698	0.12695	0.12699	0.12699	0.12661	0.12667	0.12664	0.12673
M12 - M13		0.25356	0.25367	0.25349	0.25361	0.25306	0.25306	0.25319	0.25329
M13 - M14		0.65783	0.65787	0.65782	0.65784	0.65755	0.65740	0.65773	0.65761
M14 - M15		1.26600	1.26591	1.26604	1.26599	1.26602	1.26603	1.26613	1.26602
M15 - M16		0.34187	0.34195	0.34166	0.34184	0.34188	0.34183	0.34187	0.34183
M16 - M17		0.04408	0.04419	0.04426	0.4437	0.4414	0.04412	0.04434	0.04441
M17 - So		0.42233	0.42231	0.42245	0.42243	0.42223	0.42225	0.42260	0.42266
So - M18		0.00442	0.00434	0.00407	0.00413	0.00456	0.00456	0.00452	0.00457
M18 - M19		-0.08266	-0.08238	-0.08247	-0.08260	-0.08268	-0.08267	-0.08262	-0.08256
M19 - MR1		-0.10100	-0.10100	-0.10088	-0.10088	-0.10069	-0.10068	-0.10098	-0.10104

CALCULO DE DESNIVELES (NIVEL Ni 2)

OPERADOR	1		2	
POSICION INSTRUMT.	1	2	1	2
TRAMO \ DESNIV.	$\Delta h1$	$\Delta h2$	$\Delta h1$	$\Delta h2$
MR1 - MR2	0.1144	0.1144	0.1142	0.1145
MR2 - MR3	-0.2145	-0.2143	-0.2136	-0.2137
MR3 - M1	-0.0569	-0.0566	-0.0563	-0.0562
M1 - M2	-0.4235	-0.4241	-0.4231	-0.4238
M2 - M3	-0.3481	-0.3474	-0.3482	-0.3476
M3 - M4	-0.5276	-0.5286	-0.5270	-0.5282
M4 - M5	-0.3166	-0.3166	-0.3166	-0.3167
M5 - M6	-0.4836	-0.4830	-0.4843	-0.4826
M6 - M7	-0.3941	-0.3943	-0.3941	-0.3943
M7 - M8	-0.1381	-0.1385	-0.1379	-0.1386
M8 - M9	-0.2717	-0.2710	-0.2700	-0.2702
M9 - M10	-0.0921	-0.0925	-0.0922	-0.0923
M10 - M11	-0.0817	-0.0819	-0.0809	-0.0809
M11 - MR4	0.2005	0.2005	0.2003	0.2013
MR4 - MR5	0.0950	0.0949	0.0958	0.0959
MR5 - M12	0.1265	0.1263	0.1261	0.1274
M12 - M13	0.2543	0.2525	0.2538	0.2534
M13 - M14	0.6575	0.6562	0.6572	0.6570
M14 - M15	1.2659	1.2656	1.2667	1.2666
M15 - M16	0.3413	0.3416	0.3421	0.3408
M16 - M17	0.0445	0.0442	0.0449	0.0449
M17 - So	0.4222	0.4225	0.4230	0.4230
So - M18	0.0039	0.0040	0.0040	0.0036
M18 - M19	-0.0833	-0.0835	-0.0829	-0.0836
M19 - MR1	-0.1014	-0.1014	-0.1005	-0.1016

4.1.- CALCULO DE ϵ Y e_p PARA CADA TRAMO

NIVEL NA 2 OPERADOR 1.

TRAMOS	X_o m. \pm	mm. \pm	e_p mm. \pm
MR1-MR2	0.11448	0.08	0.05
MR2-MR3	-0.21361	0.03	0.02
MR3-M1	-0.05663	0.06	0.04
M1 - M2	-0.42301	0.07	0.06
M2 - M3	-0.34801	0.05	0.04
M3 - M4	-0.52707	0.09	0.06
M4 - M5	-0.31702	0.06	0.04
M5 - M6	-0.48345	0.07	0.04
M6 - M7	-0.39404	0.15	0.10
M7 - M8	-0.13816	0.02	0.01
M8 - M9	-0.27053	0.09	0.06
M9 - M10	-0.09220	0.05	0.03
M10- M11	-0.08063	0.13	0.09
M11- MR4	0.20106	0.24	0.16
MR4- MR5	0.09574	0.10	0.07
MR5 -M12	0.12698	0.02	0.01
M12-M13	0.25358	0.08	0.05
M13-M14	0.65784	0.02	0.01
M14-M15	1.26598	0.05	0.04
M15-M16	0.34183	0.02	0.01
M16-M17	0.04420	0.12	0.08
M17- So	0.42237	0.12	0.08
So - M18	0.00424	0.17	0.11
M18-M19	0.08253	0.12	0.08
M19- MR1	0.10094	0.07	0.05

X_o = Media aritmética
 ϵ = Error cuadrático medio
 e_p = Error probable

- 74 -
 CALCULO DE \bar{E} Y e_p PARA CADA TRAMO

NIVEL N^o 2 OPERADOR 1-2

TRAMOS	X_o m.	mm ₊	e_p mm ₊
MR1 - M2	0.1144	0.1	0.08
MR2 - MR3	-0.2140	0.8	0.5
MR3 - M1	-0.0565	0.3	0.2
M1 - M2	-0.4236	0.4	0.3
M2 - M3	-0.3478	0.4	0.3
M3 - M4	-0.5278	0.7	0.5
M4 - M5	-0.3166	0.0	0.0
M5 - M6	-0.4834	0.7	0.5
M6 - M7	-0.3942	0.0	0.0
M7 - M8	-0.1383	0.3	0.2
M8 - M9	-0.2707	0.8	0.5
M9 - M10	-0.0923	0.2	0.1
M10 - M11	-0.0813	0.5	0.4
M11 - MR4	0.2004	0.0	0.0
MR4 - MR5	0.0954	0.5	0.3
MR5 - M12	0.1266	0.6	0.4
M12 - M13	0.2535	0.8	0.5
M13 - M14	0.6570	0.6	0.4
M14 - M15	1.2662	0.5	0.4
M15 - M16	0.3414	0.5	0.4
M16 - M17	0.0446	0.3	0.2
M17 - So	0.4227	0.4	0.3
So - M18	0.0039	0.2	0.1
M18 - M19	0.0833	0.3	0.2
M19 - MR1	0.1012	0.4	0.3

X_o = Media aritmética

\bar{E} = Error cuadrático medio

e_p = Error probable

4.2.- Compensaciones.-

En estas nivelaciones hemos utilizados hasta ahora elementos de precisión que nos darían una exactitud de 1^{er} orden. Estos elementos son:

- Instrumentos de precisión
- Métodos de precisión. Como es la nivelación cerrada con lecturas en los 3 hilos, además de todas las precauciones tomadas (cap. III).

Para una exactitud de este tipo el límite del error se expresa como:

$$L = 0.0015 \sqrt{K}$$

donde K, es la distancia en Kms.

Los cálculos se han hecho en base a 2 métodos de compensación.

- 1.- Compensación consecutiva por inspección.
- 2.- Compensación simultánea por estimación.

1.- Compensación consecutiva por inspección.-

La figura 11 es un croquis simplificado que representa la red de nivelación. Esta red consta de 8 vértices ABCDEFGH, por donde pasan las diferentes líneas de nivelación.

- Los vértices A y D son fijos.
- Las flechas continuas indican el sentido de las líneas de nivelación.
- Las flechas punteadas indican el sentido que se han usado las líneas de nivelación para los efectos de compensación.
- Las diferencias de alturas entre vértices (Δh), se dan para cada línea de acuerdo con el sentido elegido para ella.

Orden del cálculo.-

- a) Calcular cota promedio (\bar{C}) del vértice D, desde el vértice A ($C = 100.00000$), pasando por los tramos AB, BC y CD (C_1) y desde el vértice A, calculamos C_2 , pasando por los tramos AH, HG, GF, FE y ED.

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

- b) Cálculos de desniveles Δh_1 , Δh_2 , Δh_3 , Δh_4 y desnivel promedio ($\Delta \bar{h}$).

$$\Delta \bar{h} = \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4}{4}$$

- c) Cálculo de cotas C_1 , C_2 , C_3 , C_4 y \bar{C}

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{4}$$

- d) Cálculo de distancias con estadías.
e) Cálculo de error límite.

El límite de error se expresa de la siguiente manera:

$$L = 0.0015 \sqrt{K}$$

K, dijimos era la distancia en Kms.

Puesto que el tramo AD se cierra nivelando 2 veces (niv. cerrada) la longitud del tramo.

Por lo tanto

$$L = 0.0015 \sqrt{2K}$$

Si tomamos el promedio aritmético de todos los desniveles ($\Delta \bar{h}$) rechazaremos cualquier nivelación que difiera de este promedio en más de un 150% del error límite. La fórmula definitiva entonces queda:

$$150\%L = 0.0015 \sqrt{2K}$$

- Compensación consecutiva por inspección.

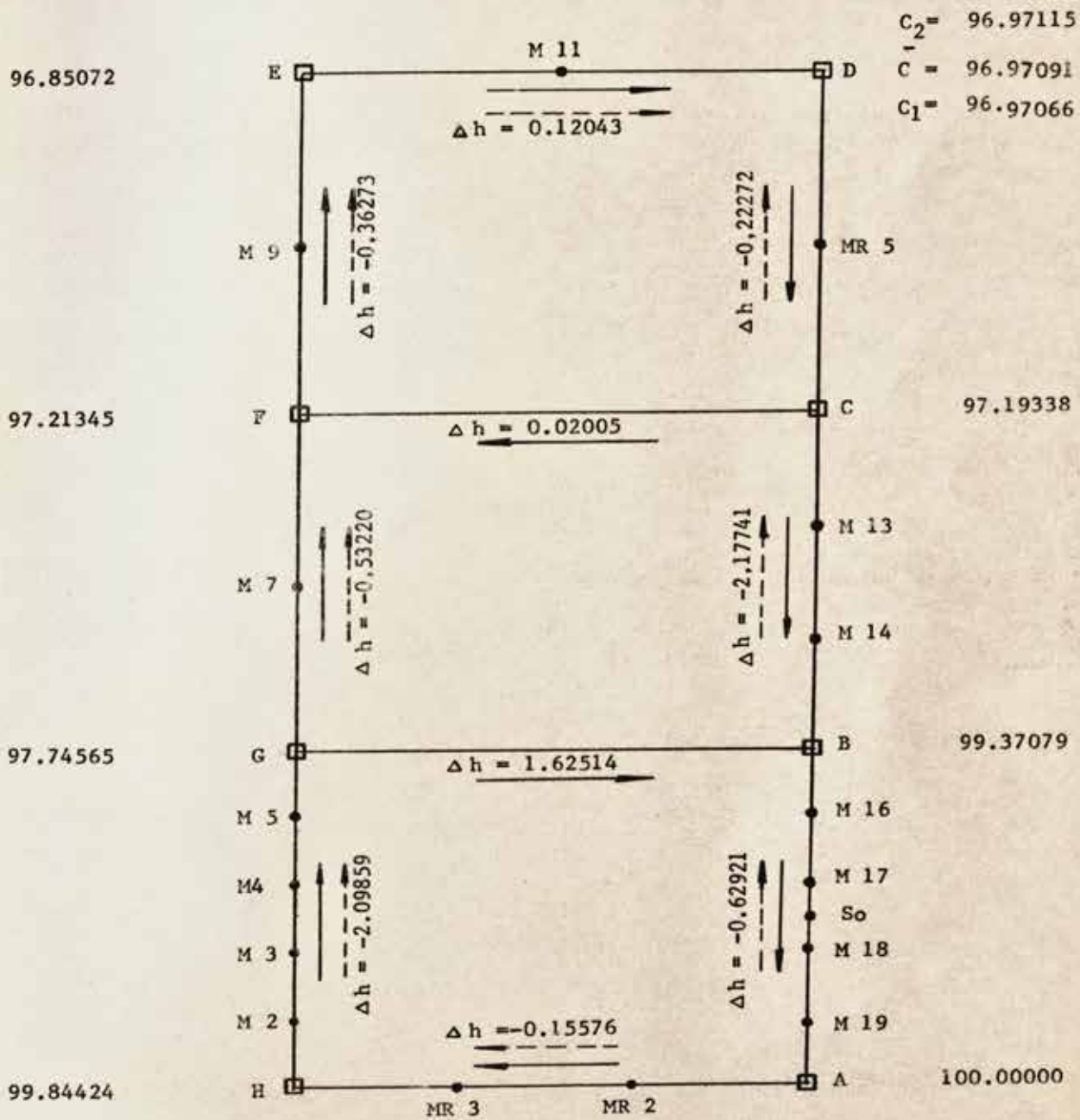
La C.C.I, se realiza en el siguiente orden:

- 1.- línea ABCD
- 2.- línea EFGHA
- 3.- línea GB
- 4.- línea FC.

CROQUIS

RED DE NIVELACION

COMPENSACION CONSECUTIVA POR INSPECCION



□ = VERTICES DE LA RED
• = PUNTOS INTERMEDIOS
NIVEL = WILD NA 2
OPERADOR = N° 1

FIG. 11

RESUMEN DE COTAS

OPERADOR 1	OPERADOR 2	
MR1 = 100.00000	100.00000	C.C.I.
MR2 = 100.11448	100.11432	NIVEL NA 2
MR3 = 99.90087	99.90066	OPERADOR 1 y 2
M 1 = 99.84423	99.84437	
M2 = 99.42120	99.42111	
M3 = 99.07319	99.07318	
M4 = 98.54612	98.54628	
M5 = 98.22910	98.22936	
M6 = 97.74549	97.74633	
M7 = 97.35160	97.35212	
M8 = 97.21325	97.21396	
M9 = 96.94292	96.94305	
M10 = 96.85049	96.85112	
M11 = 96.77009	96.77021	
MR4 = 96.97091	96.97109	
MR5 = 97.06641	97.06697	
M12 = 97.19361	97.19341	
M13 = 97.44697	97.44675	
M14 = 98.10481	98.10433	
M15 = 99.37084	99.37035	
M16 = 99.71262	99.71224	
M17 = 99.75685	99.75649	
So = 100.17923	100.17893	
M18 = 100.18347	100.18348	
M19 = 100.10094	100.10085	

Compensación Simultánea por estimación.-

La figura 12 es un croquis de la red con sus 8 vértices ABCDEFGH.

- A y D son vértices fijos
- La red está constituida por los circuitos I, II, III.

Con el objeto de obtener el signo correcto del cierre, todos los circuitos fueron calculados en el mismo sentido. En este caso el sentido es contrario a las agujas del reloj.

- Las flechas continuas indican el sentido de las líneas de nivelación.
- Las flechas punteadas indican el sentido en que se han usado las líneas de nivelación para los efectos de compensación.
- Las diferencias de alturas (Δh) entre vértices se dan para cada línea de acuerdo con el sentido elegido para ella.
- El cierre para cada circuito se anota al centro de cada circuito.
- La suma de los errores de dos o más circuitos adyacentes es igual al error del lazo formado por las líneas exteriores de este circuito.

Orden de Cálculo.-

- a) Calcular la cota promedio (\bar{C}) del punto D.

Desde el vértice A, con cota 100.0000 calculamos D, pasando por los tramos AB, BC y CD (C_1).

Desde el vértice A, calculamos D, pasando por los tramos AH, HG, GF, FE y ED.

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2}{2}$$

- b) Cálculo de desniveles Δh_1 , Δh_2 , Δh_3 y Δh_4 y desnivel promedio $\Delta \bar{h}$.

$$\Delta \bar{h} = \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4}{4}$$

c) Cálculo de cotas C_1 , C_2 , C_3 , C_4 y cota promedio \bar{C} .

$$\bar{C} = \frac{C_1 + C_2 + C_3 + C_4}{4}$$

d) Cálculo de distancia con estadías

e) Cálculo del error límite.

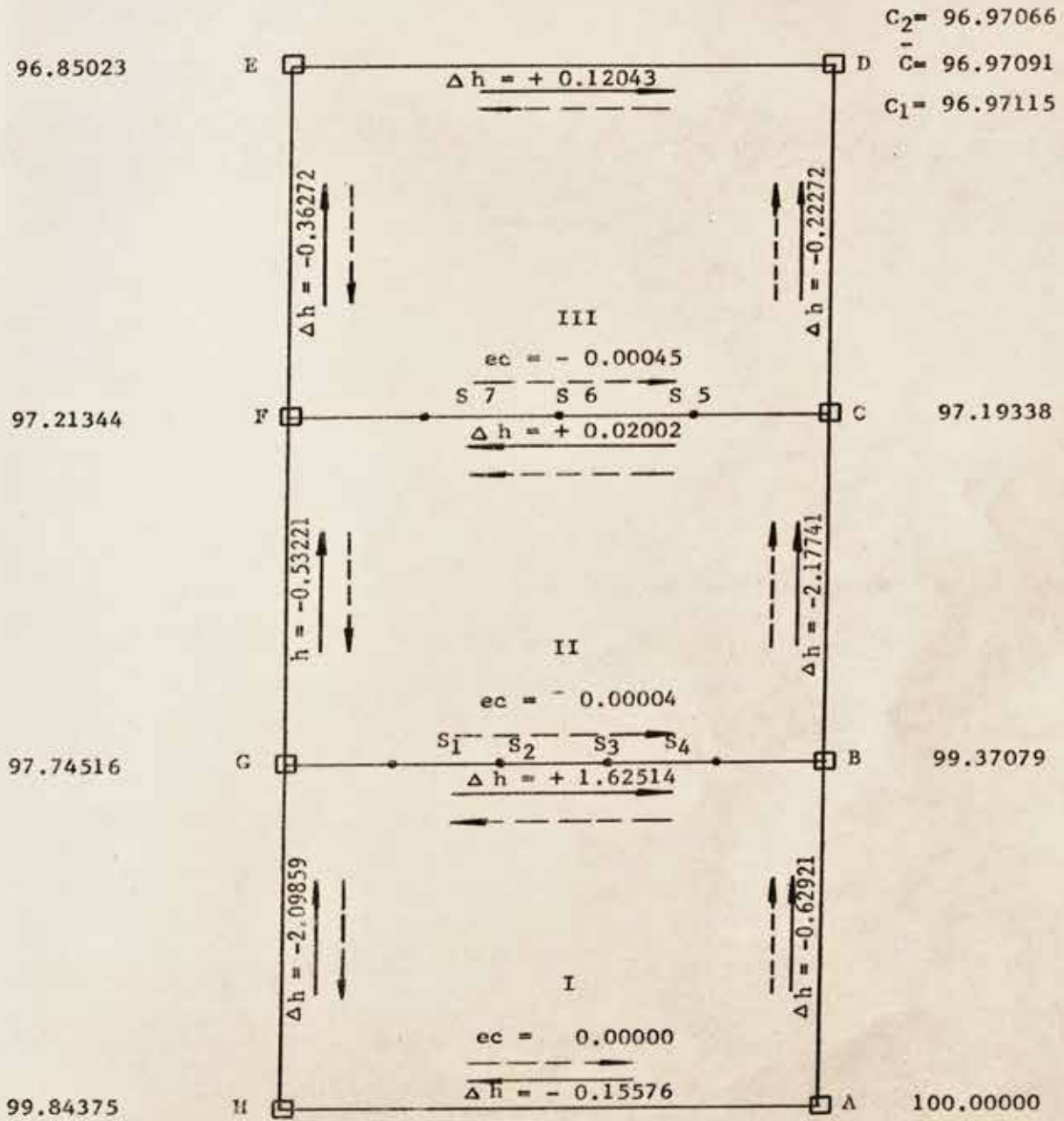
f) Compensación consecutiva por inspección en el siguiente orden.

Circuito I : ABGHA

Circuito II : BCFGB

Circuito III : CDEFC

CROQUIS
RED DE NIVELACION
COMPENSACION SIMULTANEA POR ESTIMACION



□ = VERTICES DE LA RED
NIVEL = WILD NA 2
OPERADOR = N° 1

FIG. 12

RESUMEN DE COTAS

OPERADOR 1	OPERADOR 2	
MR1 = 100.00000	100.00000	C.S.E.
MR2 = 100.11448	100.11432	NIVEL NA 2
MR3 = 99.90087	99.90066	OPERADOR N°1 y 2
M1 = 99.84424	99.84434	
M2 = 99.42120	99.42111	
M3 = 99.07319	99.07318	
M4 = 98.54612	98.54628	
M5 = 98.22910	98.22936	
M6 = 97.74564	97.74597	
M7 = 97.35160	97.35212	
M8 = 97.21339	97.21369	
M9 = 96.94292	96.94305	
M10 = 96.85042	96.85096	
M11 = 96.77009	96.77021	
MR4 = 96.97078	96.97097	
MR5 = 97.06641	97.06697	
M12 = 97.19340	97.19334	
M13 = 97.44697	97.44675	
M14 = 98.10481	98.10433	
M15 = 99.37079	99.37048	
M16 = 99.71262	99.71224	
M17 = 99.75685	99.75649	
So = 100.17923	100.17893	
M18 = 100.18347	100.18348	
M19 = 100.10094	100.10085	

RESUMEN DE COTAS COMPENSADAS DE LOS VERTICES DE LA RED.

VERTICE	NIVEL NA 2			NIVEL NI 2		
	* OPERADOR	OPERADOR	** OPERADOR	OPERADOR	OPERADOR	OPERADOR
	C.C.I. 1	C.C.I. 2	C.S.E. 1	C.C.I. 1	C.C.I. 2	C.S.E. 1
MRI	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000	100.00000
M1	99.84423	99.84437	99.84424	99.8435	99.8444	99.8433
M6	97.74549	97.74633	97.74564	97.7468	97.7456	97.7458
M8	97.21325	97.21396	97.21339	97.2150	97.2131	97.2147
M10	96.85049	96.85112	96.85042	96.8518	96.8508	96.8529
M14	96.97091	96.97109	96.97078	96.9707	96.9707	96.9722
M12	97.19361	97.19341	97.19340	97.1925	97.1934	97.1948
M15	99.37084	99.37035	99.37079	99.3718	99.3711	99.3724

* COMPENSACION CONSECUTIVA POR INSPECCION

** COMPENSACION SIMULTANEA POR ESTIMACION

CONTROL DE MOVIMIENTOS DE ALTURA ENTRE LOS
MONOLITOS DE REFERENCIA MR 1 - MR 2 - MR 3.

		Control N° 1	Control N° 2	Control N° 3
		H	H	H
		2 - DIC. - 1976	3 - DIC. - 1976	11 - DIC. - 1976
MR 1	MR 2	0.11438	0.11435	0.1144
MR 1	MR 3	- 0.09924	- 0.09918	- 0.0993
MR 2	MR 3	- 0.21363	- 0.21354	- 0.2139

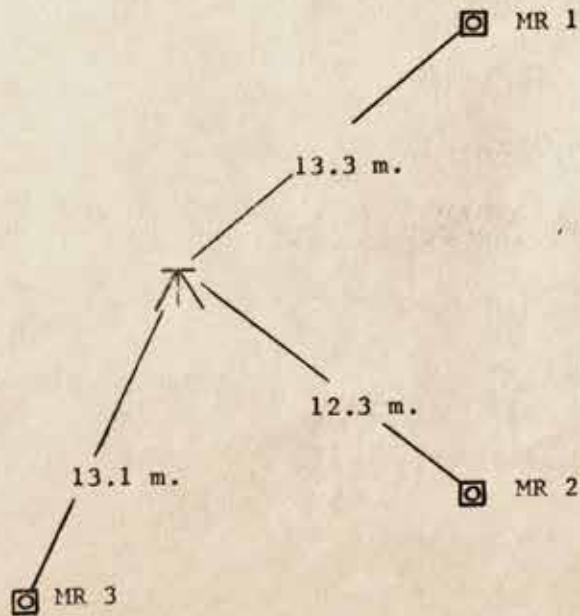


FIG. 13

Las conclusiones y recomendaciones se harán en el siguiente orden:

- 5.0.- Comprobación y correcciones
- 5.1.- La elección de las miras de nivelación
- 5.2.- Horas de la medición e itinerario
- 5.3.- Método de nivelación
- 5.4.- Conclusión final.

5.0.- Comprobación y correcciones.-

5.0.1.- Horizontalidad de la línea de puntería.-

Es de importancia el ajuste de la línea de puntería y de su nivel esférico. Cuando el instrumento no está bien corregido su característica principal es el de un error proporcional a la distancia.

Recomendaciones:

- a) Las visuales largas son peligrosas
- b) Es absolutamente necesario instalar el instrumento a igual distancia de las dos miras.
- c) La horizontalidad de la línea de puntería puede hacerse por métodos conocidos como el "Método del punto medio", o bien, el "Método de las estaciones conjugadas", teniendo presente hacer las lecturas con placa plano - paralelas, la distancia instrumento miras no mayor de 20 m. y repetir 2 ó más veces periódicamente uno de los métodos indicados para conseguir una buena determinación del error residual de ajuste.
- d) En los niveles automáticos, la burbuja esférica puede ser causa de errores sistemáticos, cuando el instrumento no posee un prisma sobre el nivel esférico produciéndose un centrado defectuoso por paralaje.
- e) Control del compensador.-

Este es un control periódico para comprobar la libre oscilación del prisma compensador.

Consista en golpear suavemente sobre el objetivo del anteojo y observando la mira por el ocular se vé como la línea de puntería se desplaza e inmediatamente vuelve a equilibrarse. En algunos instrumentos traen un botón de seguridad que basta con pulsarlo para comprobar la oscilación.

Según los datos técnicos, las exactitudes de balance del compensador (α) son de $\pm 0''.2$ y $\pm 0''.3$ para el nivel Zeiss y Wild respectivamente.

Si instalamos la mira a diferentes distancias del instrumento podemos conocer en que forma el ángulo de inclinación (α) producido por el balance del compensador afecta a las lecturas en la mira. Supondremos que los valores de α aumenten al doble ($\pm 0''.4$ y $\pm 0''.6$) y que en el momento de leer en la mira el instrumento no este afectado por ningún otro error.

Errores de lectura por balance del Compensador

DISTANCIA α	10 m.	20 m.	30 m.	35 m.	40 m.	50m.	70m	90m	120m.
$\pm 0''.6$	* ± 0.03	± 0.06	± 0.09	± 0.10	± 0.12	± 0.15	± 0.21	± 0.27	± 0.36
$\pm 0''.4$	± 0.02	± 0.04	± 0.06	± 0.07	± 0.08	± 0.10	± 0.14	± 0.18	± 0.24

* Error de lecturas en mm.

Para un ángulo de inclinación $\alpha = \pm 0'''.6$ y una distancia instrumento - mira de 35 m. el error de lectura es de ± 0.10 mm.

Para un $\alpha = 0''.4$ y una distancia instrumento - mira de 35 m. el error de lectura es de ± 0.07 mm.

ERRORES EN LECTURAS
POR
BALANCE DEL COMPENSADOR

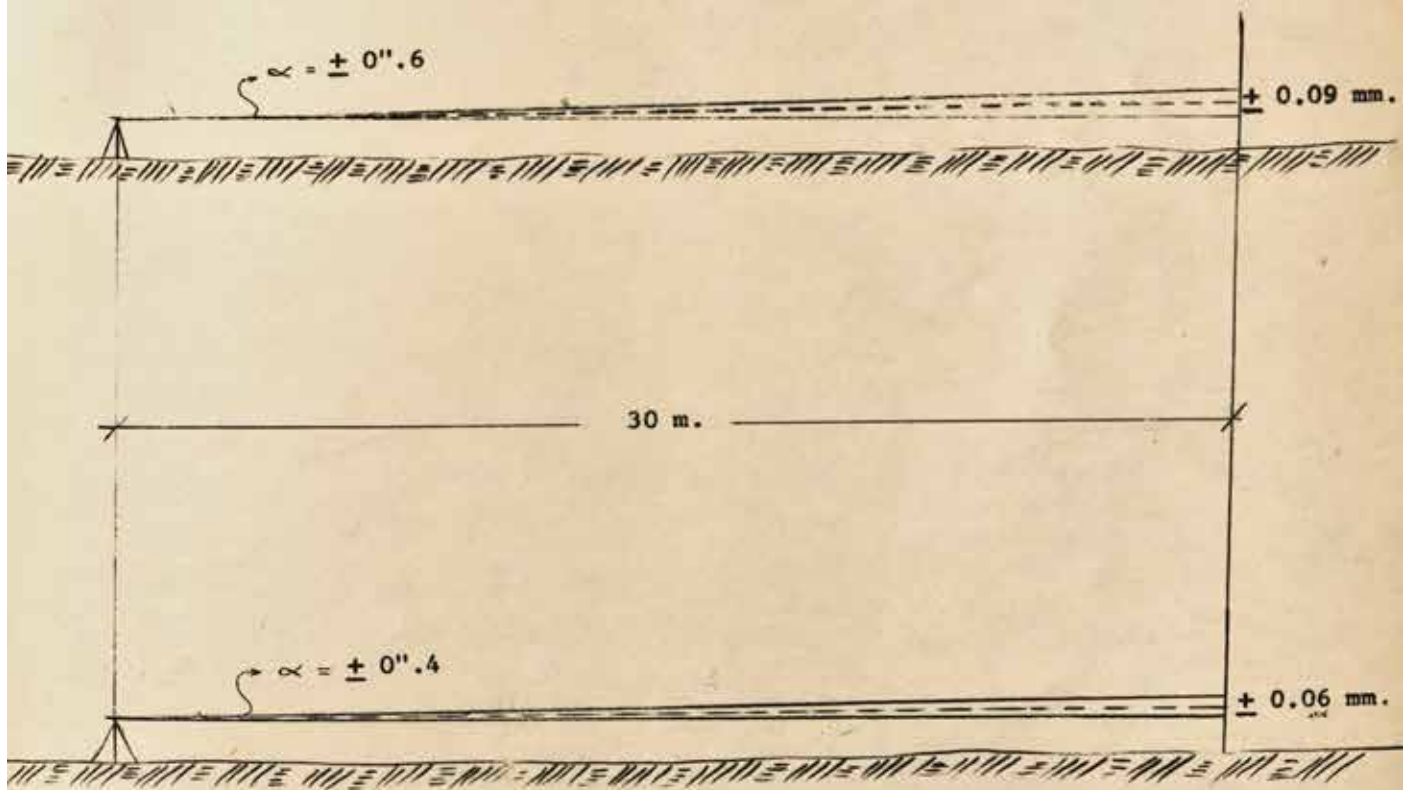


FIG. 14

Significa entonces que necesariamente debe equipararse en distancia las visuales de atrás con las visuales de adelante.

- f) Los tornillos nivelantes deben girar con regularidad y no con demasiada libertad.

- g) Las patas del trípode deben ser rígidas ya que las patas extensibles tienen desgaste la que puede ser origen de errores accidentales. Para los dos tipos de trípodes las patas no deben estar muy apretadas ni muy sueltas. Para comprobarlo se coloca el trípode sobre el suelo con las patas separadas normalmente y levantarlo por su plataforma, suspendido de esta manera deben seguir manteniendo la misma separación.

El terreno que se elija para instalar el instrumento debe asegurar su estabilidad e inmovilidad cuidando de hundir las patas del trípode hasta lo que se puede aplicándole a cada una de ellas el mismo peso para que no se produzca una descomposición de fuerza que signifique inclinar la visual del instrumento.

También se recomienda como precaución no pisar ni golpear cerca de las patas del trípode.

Errores debido a la temperatura.-

- h) Los niveles automáticos son instrumentos de construcción perfeccionadas en el que se usan elementos de bajo coeficiente de dilatación de tal forma que el desajuste en la posición relativa de los elementos geométricos por esta causa nula. Si es necesario trabajar a temperaturas extremas se debe corregir el instrumento en ese ambiente.

i) Error por mal enfocamiento del retículo.-

Sucede este error cuando no se ha enfocado la mira, debido a lo cual la imagen no se produce exactamente en el plano del retículo, lo que trae consigo una indeterminación de la lectura.

Recomendación:

Enfocar cuidadosamente la mira antes de leer, colocando el ojo en distintas posiciones del ocular comprobando que la lectura de la mira no varíe.

5.1.- La elección de las miras de nivelación.-

Para este tipo de nivelación se considera sólo las miras con cinta invar, por las bondades especificadas en el capítulo II, principalmente porque la dilatación del metal invar ($\alpha = 1 \times 10^{-6}$) está sobre la precisión de los instrumentos usados (1×10^{-4} y 1×10^{-3}).

En lo que respecta al cuidado de las miras es conveniente hacer las siguientes indicaciones:

- a) Miras con divisiones correspondiente al rango de desplazamiento paralelo de la placa plana.
 - b) Detectar posibles diferencias de graduación entre el par de miras, haciendo lecturas en las dos sobre un mismo punto, o bien, contrastando la cinta invar de la mira con un patrón de longitud aplicando la corrección correspondiente. Si la mira es demasiado larga se suma la corrección al desnivel, si es demasiado corta se resta.
- Controlar la burbúja del nivel esférico para asegurar la verticalidad visualizando la mira de frente y perfil por el ocular del anteojo y teniendo como referencia el hilo vertical del retículo.
 - Es fundamental el uso de bípodes para mantener la mira perfectamente vertical.
 - Instruir a los ayudantes para la perfecta limpieza de la base de ellas en el momento de colocarlas sobre los puntos de cambio.

- Cuando es necesario seguir algún itinerario en donde no se hayan ubicados puntos de cambio especiales debe usarse un disco metálico con un punto central o cabeza de perno esférico sobre el cual se coloca la mira.

5.2.- Horas de la medición e itinerario.

5.2.1.- Horas de la medición.- En nivelación de precisión la refracción atmosférica es determinante. Esta se produce debido al movimiento constante de las masas de aire, teniendo estas masas diferentes densidades que influyen en la nivelación:

- a) Al desviar la trayectoria recta de la visual transformándola en curva hacia abajo.
- b) Al producir inestabilidad en las lecturas.

Generalmente para el cálculo se combina refracción y curvatura terrestre, pero el error no se puede eliminar igualando las distancias de las visuales de atrás con las de adelante como en el de curvatura. La refracción cambia con frecuencia rápida, aumentando su efecto cuando la visual pasa cerca del suelo. Por estas causas es imposible eliminarla totalmente, pero puede reducirse procurando:

- a) Nivelar con cielos cubiertos y estabilidad atmosférica.
- b) Que la visual este a una altura mayor de 0.50 m. del suelo.
- c) Hacer las lecturas en interválos de tiempo corto, entre las visuales de atrás y las visuales de adelante.

5.2.2.- Itinerario.-

- a) Puntos de cambio.-

Es necesario marcar con anterioridad los puntos de cambio.

En la presente práctica estos están materializado por 24 monolitos de concreto que configuran la red de control altimétrico, pero en general los puntos de cambio deben ser estacas metálicas con cabeza de material inoxidable y deben estar en lugares protegidos de golpes. La cabeza de la estaca debe ser esférica para que la mira gire siempre sobre el mismo punto y para evitar que la mira resbale de la parte más alta de la cabeza esférica se recomienda atornillar un anillo de sujeción que por debajo de la base mantenga a la mira.

b) Posiciones instrumentales.-

Es necesario marcar con anterioridad a la nivelación el punto medio medido con huincha entre los puntos de cambio para evitar sistemáticos por equiparar las distancias entre las visuales.

5.2.3.- Distancia instrumento - mira.-

Se trata de determinar distancias para visuales que nos den una seguridad frente a las lecturas.

Si hacemos lecturas en puntos extremos, vemos que a la distancia mínima de enfoque, la lectura se hace dificultosa porque el campo visual es reducido, y todo lo contrario, si ponemos una mira a 100 metros o más del instrumento, las divisiones de la mira resultan demasiado pequeñas para un buen calaje con los hilos de la cuña del retículo.

Entre los datos de terreno obtenidos hay varios tramos en los cuales se buscó una distancia tal que el operador no tenga incertidumbre en las lecturas por campo visual reducido o por ajuste de cuña.

Si se observa en el cuadro correspondiente al tramo S 5-S 6, el instrumento está instalado a 16 m. de ambas miras, la distancia está medida con estadías y los hilos de la cuña del retículo encuadran perfectamente en la división de la mira, como así también se ajustan en el centro de las divisiones de la mira los hilos extremos sin necesidad de mover el tornillo micrométrico la placa plana - paralela para cada una de las lecturas.

Resulta entonces:

$$\frac{H_s + H_i}{2} = H_m$$

Hs = Hilo superior

Hm = hilo medio

Hi = hilo inferior

TRAMO S5 - S6 (WILD NA 2 OPERADOR 1)

LECTURAS ATRAS				LECTURAS ADELANTE			
TRAMO	DIV. MIRA	HILOS AXIALES	PROMEDIO	HILO MEDIO	HILOS AXIALES	PROMEDIO	HILO MEDIO
S5	IZQ.	<u>164323</u>	156323	156323	<u>144732</u>	136732	136732
		<u>156323</u>			<u>136732</u>		
		148323			128732		
S6	DER.	<u>465773</u>	457773	457773	<u>430174</u>	438174	438174
		<u>457773</u>			<u>438174</u>		
		449773			446174		

5.2.4.- Tolerancia entre las distancias instrumento - miras.

En base a tramos de 32 m. vemos que sucede en la obtención de los desniveles con los excesos o defectos de la distancia de atrás con respecto a la distancia de adelante, considerando diferentes errores de ajuste residual.

* e.r.a. mm.	DIST m.	** Δ l m.	e_A mm.	e_B mm.	Δ mm.
0.50	16.0	0.00	0.250	0.250	0.00
1.00	16.0		0.500	0.500	0.00
0.50	15.9	0.10	0.248	0.252	0.004
1.00	15.9		0.497	0.503	0.008
0.50	15.8	0.2	0.247	0.253	0.006
1.00	15.8		0.494	0.506	0.012
0.50	15.7	0.3	0.245	0.255	0.009
1.00	15.7		0.491	0.509	0.018
0.50	15.6	0.4	0.244	0.256	0.012
1.00	15.6		0.487	0.512	0.025
0.50	15.5	0.5	0.242	0.258	0.016
1.00	15.5		0.484	0.516	0.032
0.50	15.4	0.6	0.241	0.259	0.018
1.00	15.4		0.481	0.519	0.038
0.50	15.3	0.7	0.239	0.261	0.020
1.00	15.3		0.478	0.522	0.044
0.50	15.2	0.8	0.240	0.260	0.023
1.00	15.2		0.475	0.525	0.050
0.50	15.1	0.9	0.236	0.264	0.028
1.00	15.1		0.472	0.528	0.053
0.50	15.0	1.0	0.234	0.266	0.032
1.00	15.0		0.469	0.531	0.062
0.50	14.9	1.1	0.233	0.267	0.034
1.00	14.9		0.466	0.534	0.068
0.50	14.8	1.2	0.231	0.269	0.038
1.00	14.8		0.462	0.538	0.076
0.50	14.7	1.3	0.230	0.270	0.040
1.00	14.7		0.459	0.541	0.082
0.50	14.6	1.4	0.228	0.272	0.044
1.00	14.6		0.456	0.544	0.088
0.50	14.5	1.5	0.227	0.273	0.046
1.00	14.5		0.453	0.547	0.094
0.50	14.4	1.6	0.225	0.275	0.050
1.00	14.4		0.450	0.550	0.100
0.50	14.2	1.8	0.222	0.278	0.056
0.50	14.0	2.0	0.219	0.281	0.062
0.50	13.8	2.2	0.216	0.284	0.068
0.50	13.6	2.4	0.213	0.287	0.075
0.50	13.4	2.6	0.209	0.291	0.082
0.50	13.2	2.8	0.206	0.293	0.088
0.50	13.0	3.0	0.203	0.297	0.094
0.50	12.8	3.2	0.200	0.300	0.100

* Error de ajuste residual.
 ** Diferencia entre las distancias de la visual de atrás con respecto a visual de adelante.

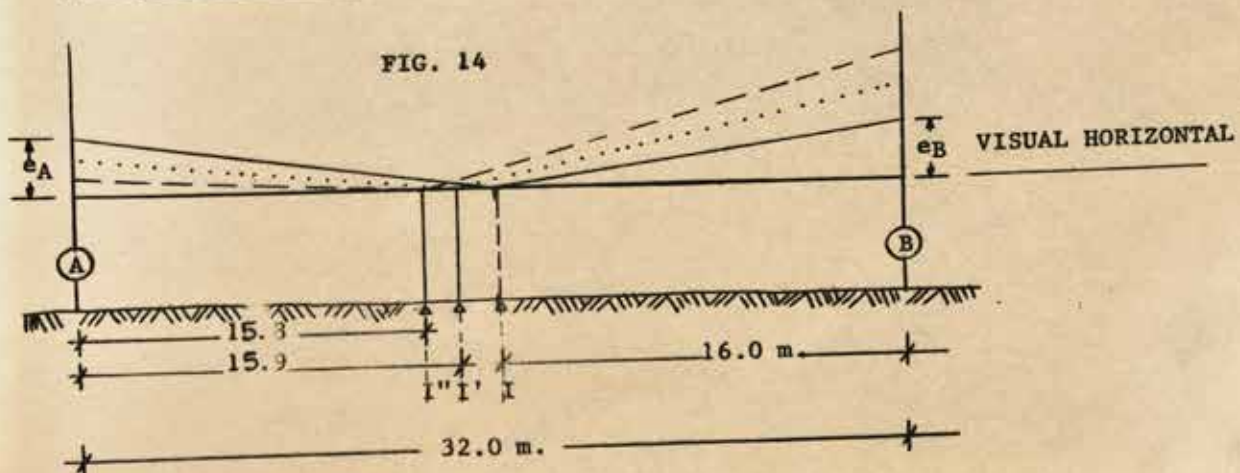


FIG. 14

Para las nivelaciones con error residual de ajuste y diferencia de distancia (Δl) entre la visual de atrás con respecto a la visual de adelante podemos afirmar según el cuadro anterior:

- 1.- Con el instrumento instalado a igual distancia de las miras A y B el error residual de ajuste se anula.
- 2.- El error de desnivel obtenido es proporcional a la diferencia de distancia (Δl) entre la visual de atrás con respecto a la visual de adelante.
- 3.- Para un mismo Δl , el error de desnivel a obtener es proporcional a la magnitud de los errores residuales de ajuste.

La instalación del instrumento a igual distancia de las miras implica la anulación de los errores residual de ajuste, el error por inclinación del compensador y el error por curvatura terrestre.

Este último error tiene influencia en la nivelación debido a la discrepancia que hay entre la relación de altura de puntos a través de visuales horizontales y superficies de nivel de circulares, este error es proporcional al cuadrado de la distancia entre el instrumento y el punto y vale:

$$e = \frac{D^2}{2R}$$

D = Distancia
R = radio terrestre.

radio ecuatorial: 6378,388 m.
radio polar : 6356.911 m.

Como referencia diremos que para visuales de

20 mts. el valor de $e = 0.03$ mm.
25 m. el valor de $e = 0.05$ mm.
30 m. el valor de $e = 0.07$

40 m	el valor de	$e = 0.12$
50 m.	el valor de	$e = 0.20$
60 m.	el valor de	$e = 0.28$
70 m.	el valor de	$e = 0.38$
80 m.	el valor de	$e = 0.50$
100 m.	el valor de	$e = 0.78$

5.3.- Método de nivelación y Control de mediciones.-

5.3.1.- Método.-

Evidentemente deberá usarse un método de nivelación que nos permita exigencias en cuanto a comprobación de la exactitud de los valores medidos y esto significa usar un tipo de nivelación cerrada, eligiéndose una de ellas según el material que se disponga y según el criterio personal para desarrollar el trabajo.

En cada visual deben hacerse tres lecturas en la mira con placa plano - paralela y 6 lecturas en las miras que tienen dos divisiones de trazos desplazados una con respecto a otra y de numeración distinta (miras wild, tipo GPLE 3). Fig. N° 6.

Los niveles de precisión están equipados de hilos estadimétricos y existen 2 formas de trazos en el retículo: Sencillo y de cuña (fig. N° 15). Cada uno de ellos tiene ventajas. El trazo sencillo es más rápido en el ajuste para la lectura, pero ese ajuste queda de acuerdo a la apreciación de cada lector en las divisiones de la mira, en cambio, el trazo de cuña es más preciso en el ajuste de la cuña de la división de la mira pero toma más tiempo por tener que accionar sobre el tornillo tangencial lateral para obtener la debida intersección.

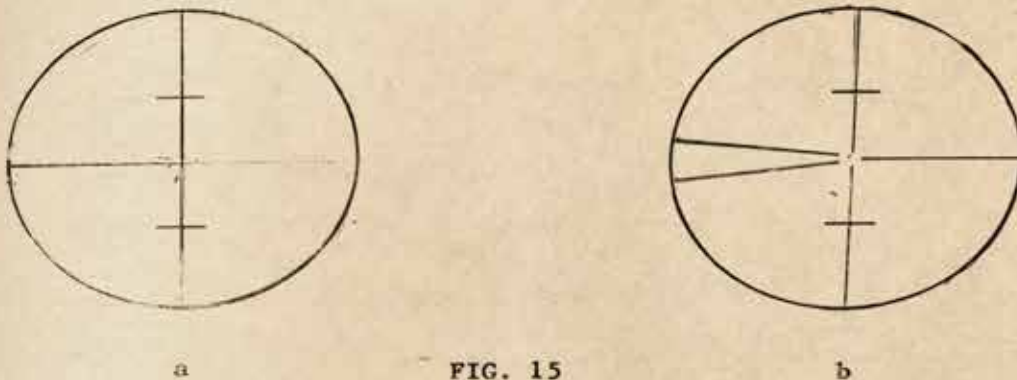


FIG. 15

Con el retículo con el trazo (b), puede usarse el trazo sencillo que se encuentra frente al trazo de cuña.

5.3.2.- Controles en la Nivelación de Precisión.-

Al repetir una medición, el valor obtenido generalmente no es el mismo. Esto da origen a incertidumbre en las cifras que expresamos como un "error". Las causas de las variaciones de las medidas son muy diversas. Descontando las faltas o errores groseros, están todas las causas que producen errores sistemáticos y accidentales. En un caso particular contribuyen varias causas, pero no todas, con el resultado que las medidas varían. O dicho de otra forma: existen las diferencias entre varias medidas, aún cuando el operador no se equivoque. Aclarando que equivocación es un error grosero.

Las pequeñas variaciones en las medidas son inherentes al proceso de medición y estas variaciones en las medidas se deben a errores y la incertidumbre en las cifras es el resultado de los mismos. Si decimos por ejemplo que la estabilidad de un compensador es un nivel automático es $\pm 0.4''$, se está diciendo que se midió el promedio de varias mediciones con el resultado de $0''$ y que en base a la variación entre las mediciones se estima que el error en la medición es $0''.4$, que es el equivalente a una incertidumbre de cuatro décimas de segundo.

Si decimos por ejemplo que el error medio obtenido para 1 Km. de nivelación doble con placa - plano - paralela es ± 0.4 mm., es está diciendo que se midió el promedio de varias mediciones con el resultado de 0.00 mm, y que en base a la variación entre las mediciones se estimo que el error en las mediciones es de ± 0.4 mm. que es el equivalente a una incertidumbre de cuatro dé cimas de milímetro.

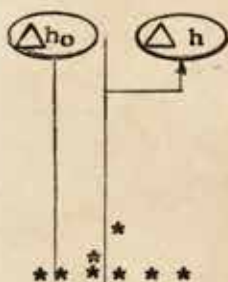
Si se representa el resultado de una medición en la forma $X \pm e$, donde e es el error, significa que el valor verdadero (X_0) de la magnitud X que se ha medido, tiene una probabilidad de estar en el rango desde $X + e$ hasta $X - e$, o sea, se está diciendo que el error está en los límites indicados.

Si conociera el valor verdadero (Δh_0) de un tramo de nivelación y hacemos mediciones con resultados (Δh). Por supuesto nunca conoceremos el valor de Δh_0 , la diferencia $\Delta h_0 - \Delta h = e$, es el error real que tampoco conocemos. Ahora hemos dicho que el error en una medición se debe a diversas causa. Evidentemente tales causas hacen que las medidas sean mayor o menor que el valor verdadero con igual probabilidad. Hay errores que no se pueden saber en que dirección actúan y varían arbitrariamente de magnitud. Estos errores son los clasificados como accidentales, pero también existen los errores sistemáticos cuyas causas se conocen por lo que se puede reducir al mínimo empleando mé todos apropiados.

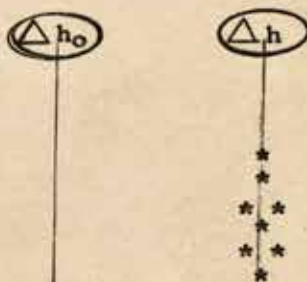
Entonces si los errores accidentales son grandes la variación de una medición a otra es grande pero, el promedio está cerca del valor verdadero.

Si los errores sistemáticos son grandes el promedio está lejos del valor verdadero.

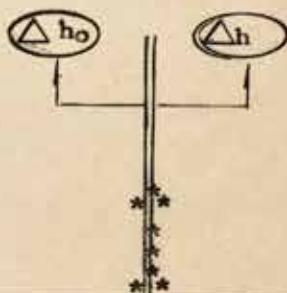
Para que la medición resulte exacta en los trabajos de alta precisión se debe hacer lo posible por eliminar los errores sistemáticos. Y la medición sera 'precisa' si tienen pocos errores accidentales.



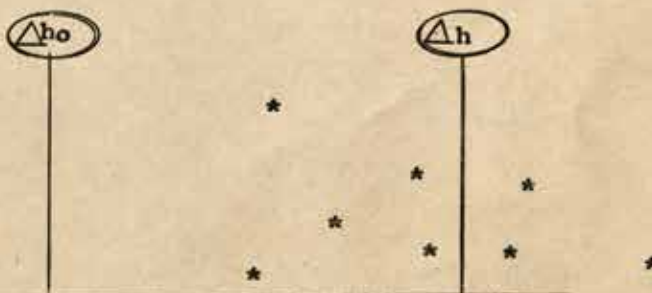
Medición de poca precisión pero buena exactitud.



Medición de buena precisión pero poca exactitud.



Medición de buena precisión y buena exactitud.



Medición de mala precisión y mala exactitud.

Δh_0 = Desnivel verdadero supuestamente conocido.
 Δh = Desnivel promedio obtenido.

Al tomar el promedio aritmético (X_0), de varias medidas se supone que todas son igualmente buenas y esto es válido solamente cuando todas las medidas son independientes entre si, o bien, se justifica el uso del promedio aritmético para medidas independientes de la misma magnitud y tomada con instrumentos de igual precisión.

$$X_0 = \frac{\sum X}{n}$$

X_0 = promedio aritmético

X = valores obtenidos

n = cantidad de valores obtenidos

El error estimado para una magnitud que depende de la magnitud de los errores accidentales, o sea, la estimación de la precisión se puede expresar como un error absoluto.

En general, podemos decir que los controles de la nivelación de precisión tiene por objeto lograr una seguridad en los resultados obtenidos descartando con estos controles las faltas o errores groseros que falsifican la medición como son:

- 1° Faltas en anotación de registro
- 2° Faltas por confusión de lecturas
- 3° Faltas por golpes en el instrumento
- 4° Confusión de puntos de cambio.

Como vemos, las recomendaciones son obvias y sólo debemos tener presente que la magnitud de las inexactitudes por estas faltas no se pueden aceptar y como consecuencia obligan al rechazo y repetición de la medición.

5.4.- CONCLUSION FINAL.-

El trabajo ejecutado como práctica para la obtención de título en la especialidad de Topografía tiene como finalidad la construcción de una red de control altimétrico en la que se debe acotar cada monolito con variaciones regulares horarias y bajo diferentes condiciones atmosféricas, compensar la figura y recomendar un método para el uso óptimo del instrumental.

Las características principales del equipo de nivelación utilizado con respecto a los equipos normalmente usados en nivelación de precisión son:

La sustitución del nivel tubular y el tornillo de trabajo por un dispositivo que permite horizontalizar la visual con mayor rapidez y el uso de la placa plano - paralela que permite mayor precisión en las lecturas sobre las miras con cinta invar y divisiones especiales.

La práctica adquirida recomienda programar cuidadosamente una nivelación de precisión considerando las especificaciones que para ella se dan, especialmente los puntos que tienen relación con los errores en la nivelación.

La red, compuesta de monolitos de concreto especialmente construída para esta práctica podría estar propensa a variaciones altimétricas por los factores que se enumeran en el informe de mecánica de suelos. Esto sólo es posible detectarlo con controles periódicos y teniendo como referencia un P.R. empotrado en uno de los edificios antiguos de la Facultad en donde el asentamiento sea nulo y a su vez este, podría acotarse con relación al nivel medio del mar ligándolo a un P.R. del Instituto Geográfico Militar.

Sí las variaciones altimétricas fueran notorias podría pensarse en diseñar un nuevo tipo de monolito de referencia basándose en un nuevo estudio de suelo, este podría tener una losa de mayor superficie para disminuir el asentamiento, o bien, podrían colocarse pernos empotrados en los edificios de la Facultad.

Las mediciones de terreno obtenidas con cuatro niveles automáticos con sus respectivos juegos de miras, dos operadores, la repetición de algunos tramos de la red, además del tiempo tomado para cada serie de lecturas en cada tramo y la temperatura ambiente recogida durante el desarrollo del trabajo posibilitan diferentes formas de compensación de la red y una investigación más acabada sobre la influencia de factores externos en el desarrollo de la nivelación de precisión.

De esta manera, podemos decir que la red de control altimétrico de precisión construída se justifica porque la práctica en ella nos permite recomendaciones para el uso racional de los equipos de nivelación y porque el lugar elegido para su construcción dá las facilidades para el uso de ella con fines docentes. Esta podría ser patrón oficial del Departamento de Geodesia, poniéndolo a disposición de otros organismos que requieran contrastación de sus instrumentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- F. DOMINGUEZ GARCIA - TEJEROS : TOPOGRAFIA GENERAL Y APLICADA
- JORDAN : TRATADO DE TOPOGRAFIA
- R. E. DAVIS, FOOTE AND KELLY : TRATADO DE TOPOGRAFIA
- NEDO : SURVEYING EQUIPMENT
- M. E. PUENTE : BASE DE CONTRASTACION Y EXPERIENCIA
CON HILO INVAR
- R. URRA Y G. GEISSE : APUNTES DE TOPOGRAFIA. CENTRO DE GEO-
DESIA. UNIVERSIDAD DE CHILE.
- WILD MANUAL : NIVEL AUTOMATICO DE INGENIERIA
- WILD FOLLETO : NIVEL AUTOMATICO UNIVERSAL NA 2.
- WILD FOLLETO : MIRAS PARA NIVELACION Y TAQUIMETRIA
- ZEISS MANUAL : LA EXPERIENCIA AL SERVICIO DE LA
PRACTICA CON EL NIVEL ZEISS N° 2
DE LINEA DE MIRA AUTOMATICA HORI-
ZONTAL.
- ZEISS FOLLETO : INSTRUMENTOS GEODESICOS.
