

PRÁCTICA DE CAMPO 1

CONTROL DE **INSTRUMENTAL**

Grupo: Alderete, Valentin - Casares, Joaquin - Varela, Valentina

Docente: Ing. Agrim. Alberto Mamrut

ÍNDICE

ÍNDICE	2
OBJETIVO	3
MARCO TEÓRICO	3
METODOLOGIA E INSTRUMENTAL	7
CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL TRABAJO DE CAMPO	9
PARTE 1: ERROR DE EJE DE COLIMACIÓN	10
PARTE 2: NORMA ISO 17123-2:2001	11
CONCLUSIÓN	14
BIBLIOGRAFÍA	15
ANEXO	15

OBJETIVO

Determinar la existencia o ausencia de error en el eje de colimación de un nivel automático a partir del método inglés y evaluar la precisión de dicho instrumental mediante la aplicación de normas técnicas.

MARCO TEÓRICO

En esencia, nivelar consiste en la medición de distancias respecto a una superficie de referencia. Dependiendo de las características del caso de estudio, esta superficie podrá tomar la forma de un elipsoide, esfera, geoide, plano, entre otros. Para una gran parte de los casos abarcados por la topografía, y en particular los comprendidos por el presente informe, modelar la superficie terrestre empleando un plano horizontal de referencia y midiendo distancias respecto a este en el sentido de la vertical (línea de la plomada por el punto de estudio) resulta satisfactorio.

Los instrumentos usuales para relevamientos enmarcados en dicho modelo teórico son el nivel óptico o equialtímetro y las miras. El primero restringe la visual del observador a un plano horizontal por el punto de estación, estableciendo el llamado plano colimador, y las miras (reglas graduadas) permiten medir la distancia vertical desde el punto dónde se apoyan hasta el plano colimador.

Pese a ser útil para muchos casos de aplicación, la simplicidad de considerar una superficie de referencia plana conlleva algunos errores inherentes al modelo que siempre deberán ser considerados para evaluar si corresponde despreciarlos, compensarlos o realizar un cambio de modelo. Dentro de estos errores propios del modelo plano se encuentran el error de esfericidad y el error de refracción.

Error de esfericidad: considerar un plano horizontal como superficie de referencia implica asumir las líneas verticales por puntos de estudio como paralelas, lo cual es irreal debido a la curvatura de la superficie terrestre. Esta variación de sentido entre verticales genera una diferencia entre la distancia apreciada por el plano colimador y la distancia real, que aumentará cuanto más lejos se encuentre el observador de la mira. Modelando la superficie terrestre como una esfera y la superficie de referencia como una esfera concéntrica con la Tierra que pasa por el observador (lo cual tampoco es real pero sí más próximo que un plano), Figura 1A, podemos establecer:

$$\text{Pitágoras} \Rightarrow (R + h)^2 + L^2 = (R + h + c)^2$$

Siendo: R el radio de la Tierra, h la altura del instrumento, L la distancia sobre el plano colimador desde el observador a la mira y c el error de esfericidad.

Luego, como $h \ll R$ consideramos que h se encuentra en R

$$\Rightarrow R^2 + L^2 = (R + c)^2$$

Y como c es muy pequeño despreciamos el término $c^2 \Rightarrow c \approx \frac{L^2}{2R}$

Aplicando la relación obtenida a distintas distancias obtenemos:

L	20m	30m	100m	1.000m	10.000m
c	0.03mm	0.07mm	0.78mm	7.84cm	7.84m

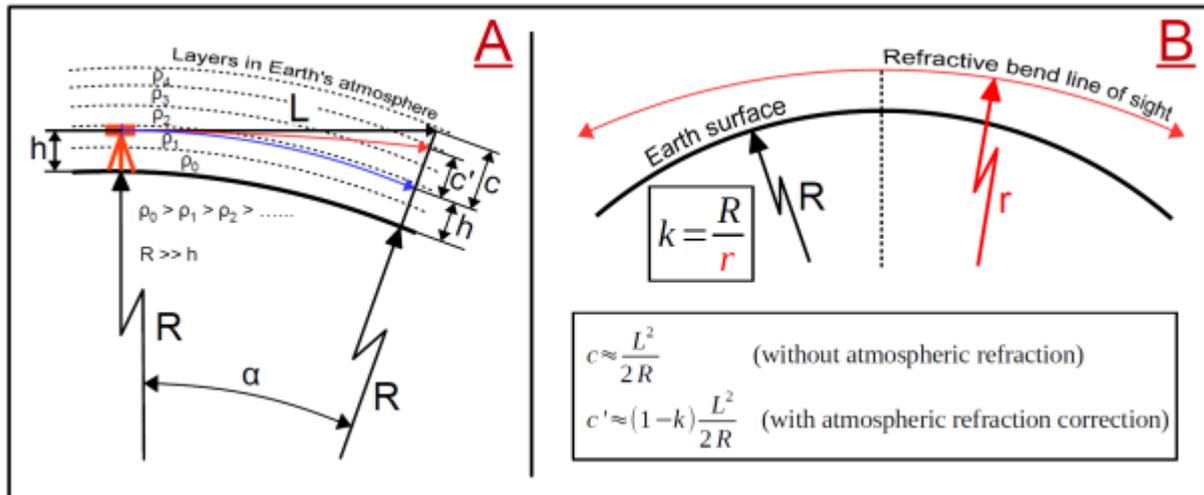


Figura 1. Fuente: Surveying and mapping.

Error de refracción: debido a que la densidad atmosférica aumenta en relación con la proximidad a la superficie terrestre, el índice de refracción de la atmósfera también (fenómeno descrito por la ley de refracción de Snell y el principio de recorrido de menor distancia de Fermat), haciendo que la luz se curve hacia la Tierra y por tanto curvando el plano colimador. La figura 1A representa en rojo la verdadera línea de visión que describe el observador. Obsérvese que este error ocurre en sentido opuesto al error de esfericidad, por lo que considerando el efecto combinado de ambos se obtiene: $c' \approx (1 - k) \frac{L^2}{2R}$

Donde K será una constante a determinar de manera empírica, dependiente de la variación de la densidad atmosférica. Considerando un factor K frecuentemente empleado de 0.13 obtenemos:

L	20m	30m	100m	1km	10km
c	0.03mm	0.07mm	0.78mm	7.84cm	7.84m
c'	0.03mm	0.06mm	0.68mm	6.82cm	6.82m

Existen diversos tipos de niveles, para esta práctica se empleará un nivel automático de marca Kolidá modelo KL32.

Un **nivel de anteojo, nivel óptico o equialtímetro** es un instrumento topográfico que permite determinar el desnivel entre dos puntos mediante visuales horizontales dirigidas a miras verticales. Está constituido por un nivel tubular adosado a un anteojo astronómico, de forma tal que el eje de colimación sea paralelo al eje del nivel tubular. Este instrumento va montado sobre un trípode mediante un tornillo ad-hoc y gira alrededor de un eje de rotación.

Distintos tipos de niveles se diferencian entre sí de acuerdo a su precisión, antigüedad y fabricante.

En la Figura 2 pueden apreciarse los componentes principales de un nivel del tipo automático, como el que usaremos en esta instancia.



Figura 2: componentes principales de un nivel automático.

En estos equipos, el anteojo se encuentra rígidamente unido a la plataforma nivelante; no poseen un eje horizontal ni un nivel tubular. La horizontalidad del eje de colimación se consigue mediante un mecanismo compensador situado en el interior del anteojo, que de forma automática proporciona la visual horizontal (Figura 3).

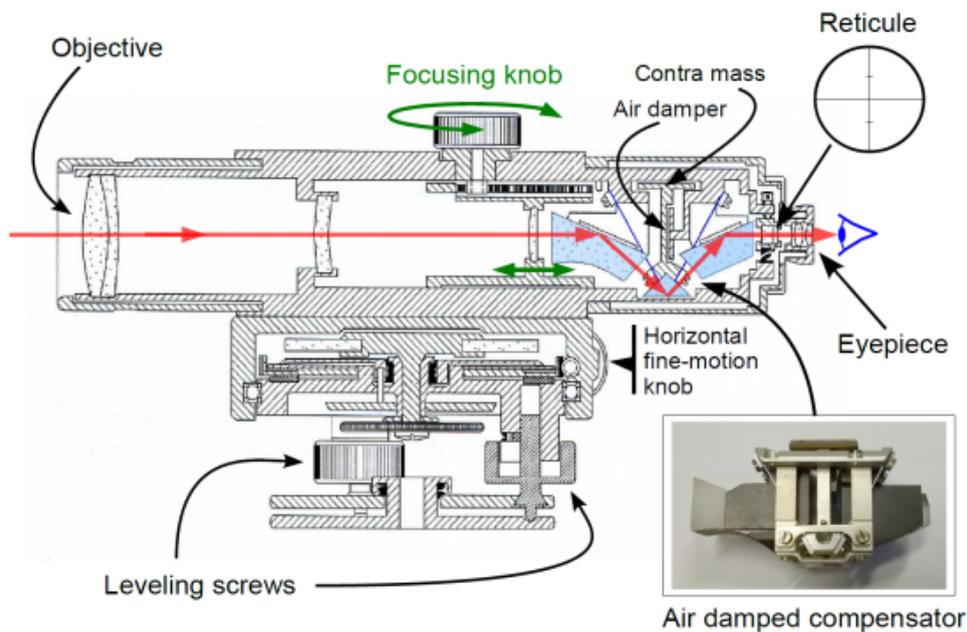


Figura 3. Diagrama de componentes de un nivel automático, incluido el mecanismo compensador ("air damped compensator"). *Surveying and mapping.*

El **error de colimación** es el más importante de los errores instrumentales que afectan a los niveles ópticos. Se trata de un error del tipo sistemático que afecta a las lecturas de mira. A causa del error de colimación, las lecturas efectuadas sobre las miras tendrán valores mayores o menores a los correctos. Éste error del instrumento es debido a que, en condiciones de medición, el eje de colimación forma un ángulo con la horizontal. Si un nivel tiene error de colimación, la magnitud y signo de éste error se mantiene constantes; mientras que el efecto ε en las lecturas varía en función de la distancia a la mira.

Debido a la naturaleza angular de este tipo de error, a mayor distancia entre nivel y mira, mayor error en las lecturas efectuadas.

En los niveles automáticos, una vez centrada la burbuja del nivel esférico y por lo tanto dentro del rango de trabajo del compensador, la visual horizontal que atraviesa al centro óptico del objetivo no pasará por el retículo. La posición del retículo no es la correcta, por lo tanto la lectura de hilo medio no se corresponde con una visual horizontal.

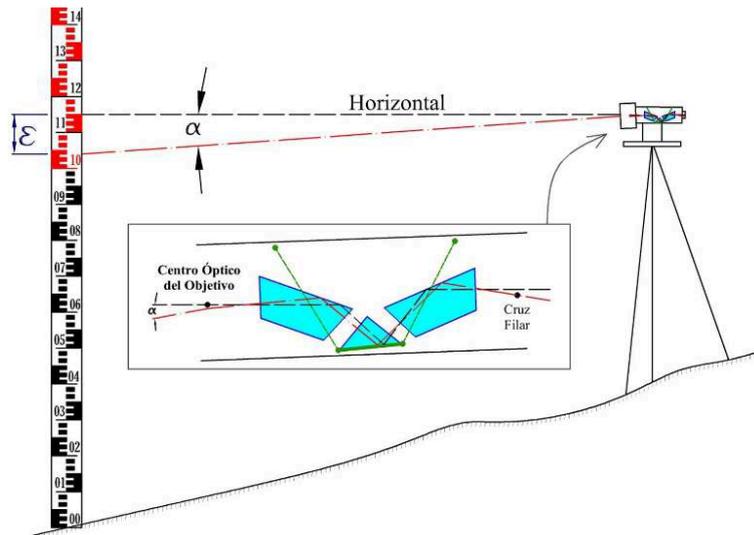


Figura 4. Esquema del error de plano de colimación.

METODOLOGIA E INSTRUMENTAL

- Nivel óptico



- Trípode



- Mira



- Niveleta
Para verticalizar las miras.



- Cinta métrica
Para marcar los segmentos utilizados en la nivelación.



- Galápagos
Para materializar los extremos de los segmentos.

CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL TRABAJO DE CAMPO

Se mencionan algunas consideraciones horizontales a ambas partes prácticas así como otras generales al trabajo con niveles:

Influencia de factores climáticos: el trabajo con niveles automáticos es sensible a algunos factores climáticos, entre ellos:

-Viento: dificulta la verticalización de las miras, especialmente cuanto mayor su altura, y compromete la verticalidad del nivel, particularmente al usar trípodes livianos o poco afirmados al suelo.

-Gradiente de temperatura: gradientes de temperatura pronunciados sobre la superficie de trabajo pueden ocasionar variaciones abruptas en el índice de refracción atmosférico, afectado el error de refracción. Esto es habitual en condiciones de alta radiación y sobre terrenos con gran capacidad calorífica, es por ello que la norma ISO 17123-2:2001 identifica al hormigón y asfalto como superficies no aptas para su aplicación.

-Temperatura y radiación, dependiendo de la tecnología empleada por el nivel automático, el mecanismo de compensación puede verse afectado por diferencias respecto a la temperatura normal, en particular aquellos que utilizan tecnología de amortiguación con aire para controlar la oscilación del plano nivelador. Por ello se recomienda no someter el equipo a radiación excesiva además de permitirle aclimatarse a las condiciones de trabajo previo a su uso; algunos fabricantes recomiendan un minuto de aclimatación por cada grado centígrado de diferencia respecto a la temperatura normal.

Condiciones de trabajo: el trabajo de campo fue realizado en la mañana del sábado 24/08. Las condiciones de temperatura y vientos fueron favorables. Para proteger al equipo de la radiación directa se optó por trabajar a la sombra del ala Sur del edificio de la FING, Figura 5 y 6. A su vez, dicha ubicación presentaba la ventaja de un relieve con poco desnivel, lo que permitió trabajar con miras bajas reduciendo la dificultad de verticalización de las mismas y los errores asociados. Finalmente, se procuró trabajar siempre por encima del medio metro de las miras para reducir el impacto del error de refracción.

Error de esfericidad y refracción despreciables: apoyado en el desarrollo teórico abordado en el marco teórico se consideran errores despreciables para ambas partes; en ambos casos resultan errores menores a la décima del milímetro, un orden menor a las precisiones del trabajo.

PARTE 1: ERROR DE EJE DE COLIMACIÓN

El **método inglés** es un método para determinar si existe o no error de eje de colimación.

Para el empleo del método se marcan dos puntos a una distancia que permita visualizar cómodamente con el nivel y realizar una nivelación geométrica simple. En nuestro caso, utilizamos un segmento de 40m de largo que replanteamos empleando una cinta métrica.

En primer lugar se estacionó el nivel equidistante a los extremos del segmento, donde se ubicaran cada una de las miras. A partir de estas lecturas se determina el desnivel.

Luego, se traslada el nivel y se estaciona a una distancia corta (1m aprox.) de uno de los extremos del segmento. En este nuevo punto se vuelven a visar ambas miras y determinar el desnivel.



Figura 5. Croquis del segmento utilizado. A la izquierda el nivel equidistante a las miras y a la derecha a 1 metro de la mira B.

OBS.	EQUIDISTANTES			A 1 M de la mira A		
	L_A (cm)	L_B (cm)	ΔH_v (cm)	L_A' (cm)	L_B' (cm)	$\Delta H_v'$ (cm)
1	76.5	173.4	96.9	47.8	144.6	96.8
2	75.7	172.5	96.8	47.8	144.7	96.9
3	80.7	177.5	96.8	47.5	144.3	96.8
	PROMEDIO		96.8	PROMEDIO		96.8

$$\Delta H_v = \Delta H_v' + 2\epsilon \Rightarrow \epsilon = \frac{\Delta H_v - \Delta H_v'}{2} = 0$$

PARTE 2: NORMA ISO 17123-2:2001

La norma ISO 17123-2:2001 establece un procedimiento sistemático para determinar la desviación estándar del instrumento de nivelación empleado.

En una primera parte se realizan 20 observaciones con las miras en una posición, y luego se intercambian las miras y se realizan 20 observaciones más.



Medidas 1 a 20



Medidas 21 a 40

Figura 6. Segmento 60 metros

Observaciones primera serie

	L_A (cm)	L_B (cm)	Δ_H (cm)	r (cm)	r^2
1A	47.8	190.2	142.4	0.1	0.004
2A	48.3	191.0	142.7	-0.2	0.058
3A	48.5	190.8	142.3	0.2	0.026
4A	52.3	194.8	142.5	0.0	0.002
5A	52.5	194.9	142.4	0.1	0.004
6A	52.5	194.8	142.3	0.2	0.026
7A	52.6	195.0	142.4	0.1	0.004
8A	52.7	195.0	142.3	0.2	0.026
9A	52.6	195.2	142.6	-0.1	0.020
10A	52.8	195.4	142.6	-0.1	0.020
11A	65.5	208.2	142.7	-0.2	0.058
12A	65.9	208.3	142.4	0.1	0.004
13A	65.8	208.3	142.5	0.0	0.002
14A	64.4	206.6	142.2	0.3	0.068
15A	64.5	206.8	142.3	0.2	0.026
16A	63.5	206.2	142.7	-0.2	0.058
17A	64.0	206.5	142.5	0.0	0.002
18A	63.7	206.1	142.4	0.1	0.004
19A	64.2	206.7	142.5	0.0	0.002
20A	64.2	206.7	142.5	0.0	0.002
		PROMEDIO	142.46	$\sum_{j=1A}^{20A}$	0.408

Observaciones segunda serie

	L_A	L_B	Δ_H	r	r^2
1B	47.3	189.8	142.5	-0.2	0.031
2B	52.4	194.7	142.3	0.0	0.001
3B	52.5	194.8	142.3	0.0	0.001
4B	47.2	189.6	142.4	-0.1	0.006
5B	53.4	195.6	142.2	0.1	0.016
6B	53.5	195.8	142.3	0.0	0.001
7B	53.7	196	142.3	0.0	0.001
8B	52.8	195.1	142.3	0.0	0.001
9B	53.3	195.7	142.4	-0.1	0.006
10B	53.2	195.5	142.3	0.0	0.001
11B	53.5	195.7	142.2	0.1	0.016
12B	53.7	196.1	142.4	-0.1	0.006
13B	54.0	196.4	142.4	-0.1	0.006
14B	53.6	196.0	142.4	-0.1	0.006
15B	53.9	196.3	142.4	-0.1	0.006
16B	53.2	195.4	142.2	0.1	0.016
17B	53.6	195.9	142.3	0.0	0.001
18B	53.6	195.7	142.1	0.2	0.051
19B	52.3	194.7	142.4	-0.1	0.006
20B	47.1	189.5	142.4	-0.1	0.006
		PROMEDIO	142.325	$\sum_{j=1B}^{20B}$	0.177

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1A}^{20B} r_j^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1A}^{20B} r_j^2}{38}} = 0.124cm$$

$$S_{ISO-LEV} = \frac{s}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1000m}{60m}} = 0.359cm$$

CONCLUSIÓN

1- En la primera parte, nos planteamos como objetivo determinar si existe o no error en el eje de colimación en el nivel utilizado. Empleando el método inglés, calculamos el desnivel entre ambos extremos de un segmento dado, y puesto que el desnivel en ambos puntos de estación que indica el método fue el mismo, podemos concluir que el instrumento no tiene error en el eje de colimación.

2- En la segunda parte, nos planteamos controlar el instrumento según la norma ISO 17123-2:2001.

Las series de observaciones y los cálculos estipuladas por el procedimiento que indica la norma fueron realizadas con éxito y obtuvimos que la desviación estándar por km en nivelaciones dobles es de $S_{ISO-LEV} = 3.59 \text{ mm}$.

Si comparamos este valor con las especificaciones dadas por el fabricante (ver anexo), las cuales indican que para este modelo KOLIDA KL 32 dicha desviación es de 1.00 mm, observamos que se obtuvo un valor casi 4 veces mayor. Sin embargo, esto resulta dentro de lo esperable puesto que la precisión obtenida está asociada no sólo al nivel sino al conjunto completo: nivel, reglas, condiciones climáticas e idoneidad de los operarios, entre otros. El valor proporcionado por el fabricante es obtenido en condiciones óptimas, distintas a las que presentaba nuestra aplicación de la norma, haciendo que no sea una comparación directa.

Tomando esto en cuenta, se concluye que la práctica resultó exitosa y se obtiene un insumo valioso para futuros relevamientos respecto a la precisión del equipo bajo condiciones de trabajo replicables.

BIBLIOGRAFÍA

- Surveying and mapping, Christian Tiberius, Hans van der Marel, René Reudink & Freek van Leijen
- [Automatic level compensators, Cody Corporations](#)
- Fundamentos de Instrumental - Dpto. de Agrimensura - Facultad de Ingeniería - UNLP.
- Kolda Autolevel KL Series

ANEXO

- Especificaciones del fabricante para el nivel KOLIDA KL32

SPECIFICATION							
Model	KL20	KL22	KL24	KL26	KL28	KL30	KL32
Standard deviation for 1km double run leveling	2.5mm	2.0mm	2.0mm	1.5mm	1.5mm	1.5mm	1.0mm
Image	Erect						
Magnification	20x	22x	24x	26x	28x	30x	32x
Objective aperture	34mm	34mm	36mm	36mm	36mm	38mm	38mm
Field of view	1° 20'	1° 20'	1° 20'	1° 20'	1° 20'	1° 20'	1° 20'
Minimum focus	0.5m						
Multiplication constant	100	100	100	100	100	100	100
Additive constant	0	0	0	0	0	0	0
Compensator range	±15'	±15'	±15'	±15'	±15'	±15'	±15'
Compensator setting accuracy	±0.6"	±0.6"	±0.6"	±0.6"	±0.6"	±0.6"	±0.6"
Sensitivity of bubble	8' / 2mm	10' / 2mm	10' / 2mm	10' / 2mm	10' / 2mm	10' / 2mm	10' / 2mm
Horiz. circle-reading	1' or 1gon						