

Cátedra Fundamentos de InstrumentalErrores Sistemáticos y Accidentales presentes en la medición con instrumental topográficoI. Errores Sistemáticos en la medición de distancias con cinta

Los errores sistemáticos son aquellos que pueden ser eliminados o atenuados aplicando alguna teoría física o expresión matemática que los defina.

1. **Error de pendiente:** Cuando se toma la distancia geométrica, en vez de la distancia reducida.

2. **Error de graduación por falta de contraste:** Se debe a la incorrecta longitud de la cinta, por lo que no debe medirse con una cinta sin conocer su longitud contrastada, sobre todo si ha sufrido roturas y reparaciones. El contraste debe efectuarse aunque sea en forma expeditiva comparándola con una cinta nueva de la cual se posea el certificado de contraste correspondiente. Es posible determinar su longitud con una incertidumbre de 2 a 3 mm., suficiente en la mayoría de los casos.

$$\epsilon_G = (1 - l') \times L \quad (1) \text{ donde:}$$

$l$  = long. real de la cinta;

$l'$  = long. nominal de la cinta.

$L$  = long. medida en el terreno.

3. **Error por falta de alineación:** cuando el delantero no está bien alineado, al clavar la ficha lo hace fuera de alineación, cometiendo un error acumulativo, siendo en todos los casos la longitud real menor que la medida tomada (error positivo).

$$l^2 = l'^2 + a^2 = (l - \Delta l)^2 + a^2 \Rightarrow l^2 = l'^2 - 2l\Delta l + \Delta l^2 + a^2 \Rightarrow \Delta l = \frac{a^2}{2l - \Delta l}$$

Si en el denominador despreciamos  $\Delta l$  dada su pequeñez frente a  $2l$  nos queda:

$$\epsilon = \Delta l \cong \frac{a^2}{2l} \quad (2)$$

Esta expresión también es válida para el caso que " $a$ " sea el desnivel entre los extremos de la cinta.

4. **Error por catenaria:** cuando la cinta no está apoyada sobre el terreno sino suspendida de sus extremos adopta la forma de catenaria, originando un error que como el anterior es acumulativo siendo la longitud real menor que la medida. Este error es más característico en las mediciones geodésicas y poco frecuentes en Topografía.

$$\epsilon_c = l - c = \frac{c^3 \cdot p^2}{24 \cdot F^2} \quad (3) \text{ donde:}$$

$c$  = long. de la cuerda;

$l$  = long. de la cinta;

$P$  = peso por unidad de long. de la cinta;

$F$  = fuerza aplicada.

5. **Error por temperatura:** cuando la cinta es utilizada a temperaturas mayores o menores a las de calibración de fábrica, debido a esta variación de temperatura la cinta se contrae o dilata generando

un cambio en la longitud de la misma.. Esta variación lineal  $\Delta l$  es de aproximadamente 0,5 mm. por cintada y por grado de diferencia de temperatura.

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad (4) \text{ donde:}$$

$$l_t = l_0(1 + \alpha \cdot \Delta t) \Rightarrow \Delta l = l_t - l_0 \Rightarrow$$

$l_0$  = longitud de contraste

$l_t$  = longitud de la cinta a.  $t^0$  .c

$\alpha$  = coeficiente de dilatación lineal  $\alpha \cong \frac{1}{80.000}$  a  $\frac{1}{100.000}$

$\Delta t$  = diferencia e/ la temperatura de contraste y la de la cinta

**6. Error por tensión:** ocurre cuando una cinta es tensionada a una fuerza mayor a la de calibración de fábrica (5kg), generando un estiramiento de la misma. Al contrastarse una cinta nueva se consigna en una de sus manijas el valor de la fuerza de tracción aplicada; si hay diferencias con dicho valor cuando se tensa en el terreno se origina un error determinado por:

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta F \cdot l}{E \cdot S} \quad (5) \text{ donde:}$$

$\Delta F$  = diferencia e/ la fuerza aplicada y la de contraste.

$E$  = módulo de elasticidad o de Young =  $2 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>

$S$  = sección de la cinta

$l$  = long. de la cinta

Tiene también un valor aproximado de 0,5mm por cintada y por kg. de diferencia entre la fuerza aplicada y la de contraste. En general se toma para nuestro país 20°C y 5 Kg. Como temperatura y tracción de contraste. De todos los errores sistemáticos enumerados el más importante es el de temperatura, los demás inciden menos y tienden a compensarse mutuamente.

## II. Errores Accidentales en la medición de distancias con cinta

Los errores sistemáticos no corregidos, en general pequeños (por ejemplo, pendiente y catenaria) quedan como residuos y junto a aquellos inherentes al hecho mismo de medir (errores accidentales) son evaluados a través de los errores medios. Son de menor incidencia que los sistemáticos.

**1. Error de alineación:** La falta de alineación entre el punto de inicio y el punto final, provoca al medir, una distancia mayor a la real. Puede reducirse, clavando bien las fichas, haciendo la alineación correctamente y manteniendo recta la cinta.

**2. Error de verticalidad del marcado:** La fichas deben clavarse perpendiculares a la línea que se mide, pero inclinadas 45° respecto al terreno. El tipo de suelo, a veces dificulta el marcado.

**Observación:** El método aceptado para reducir los errores en trabajos de precisión reside en efectuar varias medidas de la misma línea con distintas cintas, a diferentes horas del día y en sentido contrario. Con atención cuidadosa de los detalles puede obtenerse una precisión de 1/ 2000 a 1 /10000.

### III. Errores Groseros en la medición de distancias con cinta

Se presentan en el relevamiento de campo y dependen fundamentalmente del operador, ya sea por las limitaciones propias de los sentidos humanos, por cansancio o inexperiencia. La medida afectada por este tipo de error debe eliminarse en campo de lo contrario no puede ser desestimada en gabinete sin antes aplicar algún método que permita excluirla. Por ejemplo:

1. Confundir marcas en el terreno
2. Error de lectura
3. Error de anotación
4. Errores aritméticos al sumar distancias parciales

### IV. Tolerancias lineales

Se llama Tolerancia al máximo error admitido en la medición de una magnitud. La tolerancia lineal se expresa en función del error medio accidental, del error sistemático y de la magnitud medida.

$$T = \pm a \sqrt{Ma^2 + Ms^2} \quad \text{donde:}$$

$$Ma = \alpha \sqrt{L} \quad (\text{accidental});$$

$$Ms = \beta L \quad (\text{sistemático})$$

L = longitud a medir;

a,  $\alpha$ ,  $\beta$  son valores empíricos que varían de acuerdo a la finalidad del trabajo y a las condiciones del terreno.

Reemplazando se llega a la expresión del error medio que tomamos como tolerancia

$$T = \pm a \sqrt{(\alpha^2 L) + (\beta L)^2} \quad (6)$$

En general, reparticiones oficiales o privadas encargadas de ejecutar o supervisar trabajos topográficos son las que fijan el límite máximo de error tolerable, que varía en función de las zonas y de las condiciones en que se realiza la medición.

**Ejemplo:** las tolerancias establecidas por el Ministerio de Obras Públicas de la Pcia. de Bs. As. son las siguientes (L y T en metros):

Zona	Condiciones	Tolerancia (T)
Urbana	Favorables	$0,015 \sqrt{0,3 L + 0,0005 L^2}$
	Desfavorables	$0,02 \sqrt{0,3 L + 0,0005 L^2}$
Suburbana	Favorables	$0,02 \sqrt{0,3 L + 0,0005 L^2}$
	Desfavorables	$0,03 \sqrt{0,3 L + 0,0005 L^2}$
Rurales	Favorables	$0,01 \sqrt{1,5 L + 0,003 L^2}$
	Desfavorables	$0,015 \sqrt{1,5 L + 0,003 L^2}$
	Muy desfavorables	$0,02 \sqrt{1,5 L + 0,003 L^2}$

**Errores Sistemáticos en la medición angular con teodolito****Errores Axiales** (desarrollado en otro apunte)

- 1) **De colimación**
- 2) **De inclinación de eje secundario**
- 3) **De verticalidad del eje principal**

**Error de índice.**

**Errores Accidentales en la medición angular con teodolito**

En la determinación de una dirección con un teodolito, se cometen varios tipos de errores accidentales:

1. **Error de Bisección o Puntería:** es inversamente proporcional al aumento del anteojo y está dado por la expresión:

$$m_b = \frac{K''}{A} \left( 1 + \frac{4A}{100} \right) \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (7) \text{ donde:}$$

K = constante del anteojo según el tipo de puntería

A = Aumentos del aparato

n = número de veces que hagamos la observación

2. **Error de Lectura:** depende del sistema de lectura empleado (nonio, micrómetro, etc.) y para un sistema óptico-mecánico es:

$$m_l = \frac{2}{3} m \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (8) \text{ donde:}$$

m = la menor división leída.

n = el número de observaciones.

3. **Error de Dirección:** se produce por no estacionar en el punto establecido ni visar al punto de interés:

$$m_d = \frac{e_s + e_e}{D} \gamma'' \quad (9) \text{ donde:}$$

D = distancia medida

e<sub>s</sub> = error en la posición de la señal sobre el punto observado.

e<sub>e</sub> = error en el estacionamiento.

Por lo tanto, el error en la medición de un ángulo obtenido por diferencia de dos direcciones es:

$$m_\alpha = \sqrt{(m_b^2 + m_l^2 + m_d^2)} \quad (10)$$