

NOTA IMPORTANTE:

La entidad sólo puede hacer uso de esta norma para si misma, por lo que este documento NO puede ser reproducido, ni almacenado, ni transmitido, en forma electrónica, fotocopia, grabación o cualquier otra tecnología, fuera de su propio marco.

ININ/ Oficina Nacional de Normalización

NORMA CUBANA

NC

395: 2005

TAQUÍMETRO ELECTRÓNICO—MÉTODO DE VERIFICACIÓN

Electronic tachometer—Verification method

ICS: 17.180.30

1. Edición Enero 2005
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.
Cuba. Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048 Correo electrónico: nc@ncnorma.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC 395: 2005

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el NC/CTN – 2 de Metrología, en el que están representadas las siguientes instituciones:

Ministerio de la Industria Alimenticia.
Ministerio del Azúcar
Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias
Ministerio de la Industria Sidero Mecánica
Ministerio de Comercio Exterior
Instituto Superior Politécnico “José A. Echeverría”
Oficina Territorial de Normalización de Villa Clara
Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología
Oficina Nacional de Normalización.

- Consta de un Anexo Normativo A.

© NC, 2005

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, Vedado, Ciudad de La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba

Índice

1. Objeto.....4
2. Términos y Definiciones..... 4
3. Operaciones de Verificación.....5
4. Preparación y Condiciones para la verificación..... 7
5. Ejecución de la Verificación..... 7
6. Presentación de los resultados de la verificación..... 29
Anexo A..... 30
Bibliografía.....45

TAQUÍMETRO ELECTRÓNICO—MÉTODO DE VERIFICACIÓN

1 Objeto

Esta norma establece los métodos y medios de verificación de taquímetros electrónicos, en lo adelante taquímetro.

2 Términos y definiciones

A los fines de esta Norma Cubana se aplican los siguientes términos y definiciones

2.1 Taquímetro

Teodolito con dispositivo diseñados para determinar distancia y diferencia de altura entre puntos.

2.2 Taquímetro electrónico

Teodolito equipado con un dispositivo telemétrico electrónico. Este puede poseer un mecanismo de reducción y una pantalla digital. Puede estar conectado a un dispositivo para el registro de campo electrónico.

Puede escanear eléctricamente el círculo vertical y horizontal los cuales puedan ser leídos directamente con una pantalla digital y/o pueden ser almacenados en una memoria de datos.

2.3 Pantalla digital

Dispositivo que convierte la cantidad medida en un valor digital y lo muestra electrónicamente.

2.4 Telescopio

Dispositivo de puntería óptica que consta esencialmente de un objetivo, una lente de enfoque con mando, un retículo y un ocular ajustable

2.5 Compensador

Sistema óptico mecánico suspendido con láminas de acero que permite sustituir al nivel de índice del círculo vertical para las mediciones de ángulos verticales. Se denomina también índice vertical automático.

2.6 Distanciómetro

Parte integrada del taquímetro electrónico que permite medir las distancias entre él y el reflector.

2.7 Constante aditiva

Diferencia entre los valores convencionalmente verdaderos y los valores medidos por el distanciómetro, debido a la no coincidencia de los ejes verticales (de rotación) del distanciómetro y del reflector (prismas) con los puntos entre los cuales se propaga la señal (luz) y se mide el tiempo de propagación.

2.8 Frecuencia de escala de medida

Frecuencia de la señal modulada, la cual establece la unidad de escala de medida del distanciómetro.

3. Operaciones, métodos y medios de verificación

Las operaciones que se efectúen durante las verificaciones y los medios de medición que se utilizan se corresponderán con los que se establecen en la Tabla 1.

Tabla 1— Operaciones, métodos y medios de verificación

Denominación de las operaciones	Numero de los apartados	Métodos y medios de verificación	Tipos de taquímetros	Obligatoriedad de la ejecución de la operación de verificación del instrumento de medición
1	2	3	4	5
Examen exterior	5.1	Visual	Todos los tipos	Si
Comprobación del funcionamiento	5.2	Visual y manual	Todos los tipos	Si
Comprobación de los parámetros metrológicos	5.3			
Comprobación del funcionamiento del compensado	5.3.1	Examinador de niveles con valor de división de 0.2" – 0.5"	Todos los taquímetros con autocompensado.	Si
Comprobación de las frecuencias de escala de medida	5.3.2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fuente de alimentación regulable de CD con voltaje estabilizado y amplitud de 5 a 15 V y de 0 a 2 A como mínimo. Frecuencímetro con amplitud de 4 a 10 MHz, Señal mínima de entrada 100 mV de pico a pico, impedancia de entrada mayor o igual a 1 MΩ, Error relativo 10 ⁻⁷ % o menor.	Todos	SI
Prueba de aptitud	5.4	Base de comparación de distanciómetros, teodolitos y taquímetros o banco de colimadores	Todos	Si

4 Preparación y condiciones para la verificación

4.1 Preparación para la verificación

Antes de comenzar a verificar el taquímetro se somete a una limpieza exterior. El equipo y los medios de verificación deben encontrarse en el lugar de verificación no menos de 1 hora antes de comenzar ésta.

4.2 Condiciones para la verificación

4.2.1 Condiciones de Laboratorio

- a) Humedad relativa (60 ± 20) %.
- b) Temperatura (20 ± 5) °C . La temperatura no debe variar en más de 3°C/h.
- c) Tiempo mínimo de calentamiento del distanciómetro de 5 minutos.

4.2.2 Condiciones de Campo

- a) Variación permisible de la temperatura durante la verificación: 3 °C/h;
- b) Buenas condiciones de visibilidad;
- c) El taquímetro debe tener un tiempo mínimo de calentamiento de 5 minutos;
- d) Las mediciones para la determinación de la constante aditiva y exactitud se realizan preferiblemente en días con cielo cubierto, sin bruma y en hora del día de mayor estabilidad de la atmósfera;

5. Ejecución de la verificación

5.1 Examen exterior

La comprobación del estado exterior se realiza visualmente y se comprueba que:

- El instrumento y estuche no presenten deterioro de los mecanismos ni oxidaciones, los cuales dificultan el trabajo con el mismo;
- Las graduaciones de los oculares sean nítidas, claras y sin defectos físicos que afecten el buen funcionamiento del instrumento;
- El instrumento tenga el campo visual del anteojito limpio;
- Los accesorios se correspondan con lo señalado en la documentación técnica del instrumento;
- La marca y número del instrumento deben corresponder con el estuche del mismo.

5.2 Comprobación del funcionamiento

Se comprueba:

- El recorrido de los tornillos nivelantes sea suave y sin juego o saltos que dificulten su funcionamiento;
- Una vez ajustados los tornillos nivelantes, la base no tenga ningún juego;
- El dispositivo de fijación o freno del instrumento fije el mismo en la posición deseada.
- Al girar el instrumento sobre su eje vertical y el telescopio sobre su eje horizontal y perpendicular del eje vertical no tenga ningún tipo de roce, saltos o atascamiento en todo su recorrido;
- El funcionamiento del compensador en los taquímetros que lo posean, sea suave y sin atascamiento;
- La capacidad de trabajo del mando de enfoque se corresponda con sus características técnicas;
- Los oculares no tengan juego o desgaste en sus roscas;
- La batería funciona correctamente, para lo cual se mide la tensión de salida de la batería previamente cargada. La tensión de salida se debe encontrar entre 11,5 y 13 V;
- Exista continuidad eléctrica entre los extremos homólogos de los conductores de los cables de conexión. Así como el aislamiento eléctrico entre los diferentes conductores;
- La conexión entre los enchufes sea firme;
- Los selectores, conmutadores y teclas funcionen correctamente;
- El funcionamiento del distanciómetro sea correcto al realizar las mediciones. Para ello se procede a comprobar la respuesta del distanciómetro a las operaciones realizadas según el manual de empleo de cada taquímetro. Durante la comprobación se realiza el chequeo funcional para cada régimen de trabajo, aplicándose los programas de prueba para los equipos que lo tengan indicado por el fabricante y que aparecen en los manuales de operación. Esta comprobación se realiza en una base comparación de 1 a 10 m.

5.3 Comprobación de los parámetros metrológicos

5.3.1 Comprobación del funcionamiento del compensador

El rango de funcionamiento del compensador (RC) se determina por las diferencias db de la imagen del hilo del retículo, al inclinar el eje vertical en la dirección longitudinal. El valor db se obtiene como la diferencia de las lecturas del micrómetro ocular del colimador o el teodolito de

referencia al apuntar su telescopio al hilo horizontal del retículo del taquímetro a verificar en la posición vertical del eje de rotación (lectura b_i) estando la inclinación v_0 (lectura b_0):

$$db = b_i - b_0$$

La inclinación del eje de rotación del taquímetro se realiza en el examinador de niveles con el tornillo de rango 1" dando un estímulo de 30 " por el tornillo micrométrico.

Se recomienda la secuencia siguiente en la realización de las mediciones:

- Colocar el taquímetro a verificar y el colimador o el teodolito de referencia en posición de trabajo ($v_0 = 0$);
- Apuntar el telescopio del colimador o teodolito de referencia al retículo del taquímetro a verificar;
- Colocar el telescopio del taquímetro a verificar en posición horizontal (0° ó 90° del círculo vertical);
- Apuntar el anteojo del colimador o teodolito de referencia al hilo horizontal del retículo del telescopio del taquímetro a verificar y se toma la lectura por el micrómetro;
- Repetir las operaciones descritas en c) y d);
- Inclinar el eje de rotación del taquímetro a verificar con el examinador de niveles en 30 " hasta que contacte el compensador con los topes (hasta que el compensador queda suspendido);
- Ejecutar las mediciones en el recorrido de regreso.

La magnitud (RC) depende de cada taquímetro con compensador (según el fabricante).

La sensibilidad del compensador se determina por la fórmula:

$$m_c = \sqrt{\frac{\sum db^2}{2n} - \frac{\sum db^2_1 + \sum db^2_2}{8n}}$$

donde

$db = b' - b''$ diferencia de las lecturas por el microscopio ocular en los recorridos de ida y de vuelta para el mismo valor v ;

$db_1 = b'_1 - b''_2$ diferencia de las lecturas en dos coincidencias sucesivas de las rayas del círculo y de la escala en el recorrido de ida de las mediciones;

$db_2 = b''_1 - b'_2$ diferencia de las lecturas en dos coincidencias sucesivas de los rayos del círculo y de la escala en el recorrido de vuelta de las mediciones;

n número de inclinaciones del eje de rotación del taquímetro.

La incertidumbre de la determinación del rango del compensador se determina por la fórmula:

$$U_b = \sqrt{\frac{\sum db^2}{4n}}$$

donde

$$db = b_i - b_{pr} ;$$

$$b_{pr} = \sum b_i / n ;$$

$$b_i = \frac{b' + b''}{2}$$

El error del trabajo del compensador se calcula por la fórmula:

$$\Delta_C = \frac{\sum |\Delta_i|}{n}$$

donde

$\sum |\Delta_i|$ suma de todos los valores absolutos de Δ_i que representa la relación existente entre el valor del error correspondiente en segundo a un ángulo de inclinación determinado en minutos;

n cantidad de inclinaciones, sin incluir $\nu = 0$

5.3.2 Comprobación de la frecuencia de salida.

La comprobación de la frecuencia de salida se realiza mediante la medición de ésta con la ayuda del frecuencímetro. La salida del diodo transmisor del taquímetro se conecta al frecuencímetro comprobando los valores de frecuencia establecidos en el manual de operaciones del taquímetro.

Las desviaciones máximas permisibles entre los valores de frecuencia de salida y sus valores nominales se establecen por los fabricantes

5.4 Prueba de aptitud

5.4.1 Determinación de la incertidumbre de la medición del ángulo horizontal.

5.4.1.1 Prueba de laboratorio

En condiciones de laboratorio el ángulo horizontal se forma mediante las direcciones de los retículos de los auto colimadores, colimadores y se emplea con este objetivo el banco de colimadores, el ángulo β (ángulo horizontal) debe estar en los límites de $90^\circ \pm 30''$.

Se le ejecutan cuatro series de mediciones en 12 posiciones al taquímetro a verificar, cada una constará de dos semiposiciones. Entre cada posición es imprescindible reinstalar el círculo cada 15°.

La incertidumbre de la medición del ángulo horizontal se calcula mediante la fórmula:

$$U_{\beta} = \sqrt{\frac{\sum vv}{n-1}}$$

La incertidumbre resultante de las series de mediciones (N) se calculan por la fórmula :

$$U_{\beta} = \sqrt{\frac{\sum U_{\beta}^2}{N}}$$

Esta determinación se puede realizar con un ángulo de referencia conocido determinado con un teodolito dos veces más preciso que el taquímetro que se verifica.

5.4.1.2 Prueba de campo

5.4.1.2.1 Configuración de la prueba.

Se colocarán cinco tarjetas, (marcas) aproximadamente en el mismo plano horizontal, a una distancia entre 100 y 250 m del instrumento de forma tal que los ángulos sean los mas uniforme posible.

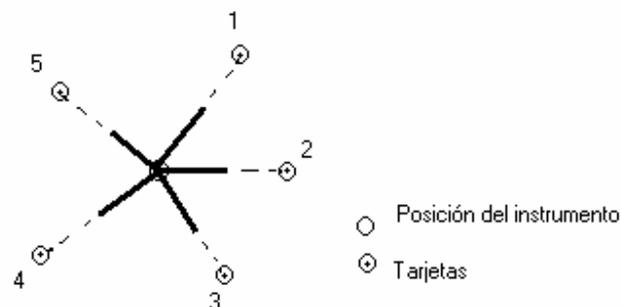


Figura 1— Configuración de la prueba

5.4.1.2.2 Procedimiento de las mediciones.

Se realizan cuatro series de mediciones, bajo diferentes condiciones de tiempo. Cada serie (I) de mediciones se conforman de 3 ($n = 3$) posiciones (j) y de 5 direcciones ($t = 5$) tarjetas (k).

Las tarjetas se observan en cada posición del telescopio, o sea en CI (I) y CD(II) en sentido al movimiento de las manecillas del reloj (1), (2), (3), (4), (5), y en el sentido contrario al movimiento de las manecillas del reloj (5), (4), (3), (2), (1). La lectura del círculo graduado se cambia cada 60° (67 gon) después de cada posición. Si no se puede hacer girar físicamente el círculo graduado, es

decir en el caso de los taquímetros electrónicos, entonces la parte inferior del taquímetro se podrá girar a 120° aproximadamente por la base nivelante.

5.4.1.2.3 Procedimiento de cálculos.

La evaluación de los valores de las direcciones medidas es un ajuste de las ecuaciones de observación. Dentro del marco de una serie de observaciones l , se define una dirección por $x_{j,k,1}$ o $x_{j,k,2}$, siendo el índice i el número de la tarjeta y el índice k el número de la posición. Cada una de las cuatros se evalúan por separado.

Se calculan todos los valores promedios por la fórmula:

$$x_{i,j} = \frac{x_{j,k1} + x_{j,k2} \pm 180^0}{2}; j = 1,2,3; k = 1...5$$

se obtienen ($x_{j,k}$) de las lecturas tanto de la posición CI como CD.

Se reduce los valores obtenidos de cada dirección en la dirección de la tarjeta No. 1 y se obtiene:

$$x'_{j,k} = x_{j,k} - x_{j,1} \quad j = 1,2,3; \quad k = 1.....5$$

Los valores promedios de las direcciones que se obtienen del producto de las tres posiciones ($n = 3$) hasta la tarjeta No. 1 son.

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k} \pm 180^0}{3}; \quad k = 1...5$$

se calculan las diferencias $d_{j,k}$

$$d_{j,k} = \bar{x}_k - x'_{j,k} \quad j = 1,2,3; \quad k = 1.....5$$

Para cada posición de las mediciones se obtiene los valores medios aritméticos.

$$\bar{d}_j = \frac{d_{j,1} + d_{j,2} + d_{j,3} + d_{j,4} + d_{j,5}}{5}; \quad j = 1,2,3$$

de las cuales resultan las correcciones (residuales)

$$r_{j,k} = d_{j,k} - \bar{d}_j \quad j = 1,2,3; \quad k = 1.....5$$

excepto por el error por redondeo del taquímetro, cada posición debe cumplir con la condición:

$$\sum_{k=1}^5 r_{j,k} = 0; \quad j = 1,2,3$$

La suma de los cuadrados de la correcciones de las series i de la mediciones es:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^5 r_{j,k}^2$$

Para las tres posiciones hasta las cinco direcciones (tarjeta), el grado de libertad es:

$$v_j = (3 - 1) \times (5 - 1) = 8$$

La desviación típica (Incertidumbre) U_k de la dirección $x_{j,k}$ tomada en una posición de la serie de mediciones i será

$$U_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}$$

La incertidumbre U_i de la dirección horizontal observada con una posición (media aritmética de la lectura en ambas posiciones del telescopio) se calcula a partir de las cuatros series ($m = 4$) de mediciones (i) con un grado de la libertad de:

$$v = 4 - v_i = 32$$

Entonces:

$$U_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 U_i^2}{4}}$$

y la condición será $S_{ISO-TAQ-HZ} = U$

5.4.1.3 Prueba estadística

Para la evaluación del cumplimiento de los permisibles de los resultados se le aplica la prueba estadística con un nivel de confianza de $1-\alpha = 0,95$ y de acuerdo con el grado de libertad asumido de $v= 32$, la cual debe cumplir con la hipótesis ($U \leq \delta$)

donde

δ Incertidumbre dada por el fabricante para cada taquímetro (error medio cuadrático de la medición de un ángulo).

Para la cual debe cumplirse la condición:

$$U \leq \delta \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(v)}{v}}$$

$$U \leq \delta \cdot \sqrt{\frac{\chi_{0,95}^2(32)}{32}}$$

$$\chi_{0,95}^2(32) = 46,19$$

$$U \leq \delta \cdot \sqrt{\frac{46,19}{32}}$$

$$U \leq \delta \cdot 1,20$$

El taquímetro que no cumpla con la condición anterior no se encuentra apto.

5.4.2 Determinación de la incertidumbre de la medición del ángulo vertical

5.4.2.1 Prueba de laboratorio

Durante esta prueba es necesario la determinación del lugar del L0 (LZ) del círculo vertical y se obtiene por los resultados de las mediciones del ángulo vertical (ángulo zenital) en dos posiciones del telescopio (CI y CD) por el retículo del colimador, si su construcción lo permite. Antes de efectuar la lectura por el círculo se calan las burbujas si el instrumento no es un taquímetro con compensador.

Los valores de L0 (LZ) se calculan por las formulas dadas por los fabricantes. Si la magnitud de L0 (LZ) es mayor de 15" el taquímetro necesita ajuste.

Para determinar este error se emplean autocolimadores, un banco de colimadores (tipo UK-1), ó colimadores. Al no haber auto colimadores o banco de colimadores se pueden emplear los telescopios de teodolitos con la condición de que su distancia focal sea 1,5 a 2 veces mayor a la distancia focal del taquímetro a verificar.

La incertidumbre U_{α} de la medición del ángulo vertical (ángulo cenital U_z) en las condiciones de laboratorio para un ángulo se obtiene sobre la base de k mediciones de los ángulos verticales ($k \geq 4$) en un rango de $\pm 30^\circ$.

Cada ángulo se obtiene por dos colimadores o en el banco de colimadores UK – 1, los cuales forman un solo eje óptico.

La incertidumbre U_{α} de las mediciones se calcula por las fórmulas:

$$U_m = \sqrt{\frac{\sum v^2}{2n}}$$

donde

$$v = |\alpha_A| - |\alpha_B|$$

n número de posiciones;

α_A, α_B ángulos de inclinación (cenital) opuestos recíprocamente.

Cada ángulo se mide en 6 posiciones ($n = 6$)

Para esta prueba se puede utilizar el método de los ángulos patrones que se forman por los colimadores. En éste caso, la incertidumbre de la determinación de los ángulos patrones debe ser 3 veces menor que la incertidumbre exigida para el taquímetro a verificar. La cantidad de ángulos no debe ser menor de 3 y el número de posiciones no menor de 6.

5.4.2.2 Prueba de campo

5.4.2.2.1 Configuración de la prueba.

El taquímetro que se someta a la verificación se sitúa frente a una pared que se halle señalado previamente con cuatro marcas, a una distancia que permita mover el telescopio fácilmente para hacer las lecturas por el. Las cuatro marcas deben formar un ángulo vertical de un rango aproximado de 30°. (Véase Fig. 2).

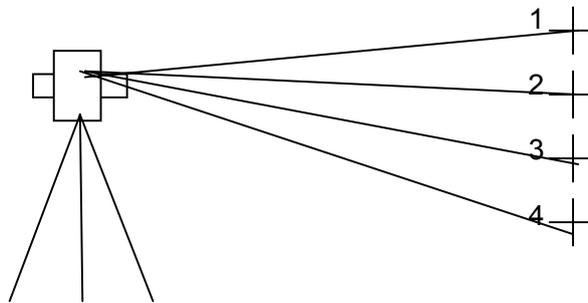


Figura 2—Configuración de la prueba

5.4.2.2.2 Procedimiento de las mediciones

Para este procedimiento se requiere medir cuatro series ($m = 4$) de mediciones (i) en distintos momentos del día, pero nunca en condiciones extremas. Se recomienda medir de 6 a 11 am y de 3 a 6 pm.

Las (4) tarjetas o marcas se observan en tres posiciones cada una de estas se componen de dos semiposiciones, o sea con telescopios en posición (CI) y (CD) se miden en el orden 1;2; 3 y 4 en ida y la otra semiposición (II) en sentido inverso o sea 4; 3; 2 y 1.

Las cuatro tarjetas ($t = 4$) se observan en cada una de las 3 posiciones.

La evaluación de las mediciones de las cuatro series se hace por medio del ajuste de las ecuaciones obtenidas.

En cada serie i de las mediciones el ángulo vertical (ángulo cenital) se define por $x_{j,k,I}$ y $x_{j,k,II}$, el índice k significa el número de la tarjeta y los índices I y II representan la posición del telescopio (CD o CI). Se ajustan las cuatro series que se evalúan por separado cada una.

Los cálculos se efectúan en el orden siguiente.

$$x'_{j,k} = \frac{x_{j,k,I} - x_{j,k,II} + 360^0}{2}$$

El error de indicación del ángulo vertical δ_i se calcula para cada series por separado

$$\delta_i = \frac{1}{nxt} \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^n \frac{x_{j,k,I} + x_{j,k,II} - 360^0}{2}$$

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^4 \delta_i}{4}$$

Los valores promedios del ángulo vertical que resulta de las posiciones para cada marca son:

$$\bar{x}_k = \frac{x'_{1,k} + x'_{2,k} + x'_{3,k} - 360^0}{3} \quad k = 1, \dots, 4$$

El error residual resultante se expresa por:

$$r_{j,k} = x'_{j,k} - \bar{x}_k \quad j = 1, 2, 3 \text{ y } k = 1, \dots, 4$$

Excepto por el error de redondeo del taquímetro las mediciones deben cumplir que:

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k} = 0$$

La suma de los cuadrados de los residuales de cada suma i de mediciones es:

$$\sum r_i^2 = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 r_{j,k}^2$$

Para tres (3) posiciones del ángulo vertical con cuatro (4) tarjetas el número del grado de libertad es de:

$$v_i = 4(3-1) = 8$$

La incertidumbre U_i del ángulo vertical $x_{j,k}$ obtenido en una serie se calcula.

$$U_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{v_i}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}$$

Para la incertidumbre U en todas las series de mediciones ($m = 4$), el número de grado de libertad es:

$$v = 4 v_i = 32$$

Entonces la desviación estándar experimental del ángulo vertical para todas las series ($m = 4$) es:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{V}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 \sum r_i^2}{32}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^4 U_i^2}{4}}$$

y la condición será $U_{ISO-TAQ-V} = U$

5.4.2.3 Prueba estadística

Para evaluar la comprobación del cumplimiento de los parámetros obtenidos para cada taquímetro y dar la aceptabilidad (aptitud) se aplica la condición siguiente :

$$U \leq \delta \times \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}}$$

$$U \leq \delta \times \sqrt{\frac{\chi^2_{0,95}(32)}{32}}$$

$$\chi^2_{0,95}(32) = 46,19$$

$$U \leq \delta \times \sqrt{\frac{46,19}{32}}$$

$$U \leq \delta \times 1,20$$

El taquímetro que no cumpla con la condición anterior no se encuentra apto δ es el valor del error medio cuadrático que da el fabricante para cada tipo de taquímetro.

Además se debe indicar la hipótesis error índice vertical igual a cero, para la cual se debe cumplir las condiciones siguientes:

$$|\delta| \leq U_{\delta} \times t_{1-\alpha/2} (v)$$

$$|\delta| \leq U_{\delta} \times t_{0,975} \quad (32)$$

$$U_{\delta} = \frac{U}{\sqrt{12} \times \sqrt{4}}$$

$$t_{0,975} (32) = 2,04$$

$$|\delta| \leq \frac{U}{\sqrt{48}} \times 2,04$$

$$|\delta| \leq U \times 0,3$$

5.4.3 Determinación de la constante aditiva y la incertidumbre de medición de las distancias

La determinación de la constante aditiva de los taquímetros se realiza mediante la medición de distancias en una base de comparación para distanciómetros con puntos de centración forzada, compuesta por seis tramos o sea de siete monumentos como mínimo. Se ejecuta empleando dos procedimientos que simultáneamente permiten determinar la incertidumbre típica de las mediciones (error medio cuadrático)

Teniendo en cuenta los métodos de verificación en bases de comparación existen dos casos:

1. Bases de comparación con longitudes conocidas de sus tramos (Método de medición directa);
2. Bases de comparación con longitudes no conocidas de sus tramos (Método de todas las combinaciones).

En cualquiera de los dos casos, las mediciones se realizan en un solo sentido.

La colocación del taquímetro y de los reflectores sobre los puntos de la base se realiza mediante centrado, forzado y nivelado.

Cada tramo de la base se mide en una serie compuesta por 10 lecturas del taquímetro, tomando los valores de presión atmosférica y de temperatura seca y humedad.

La diferencia entre la mayor y menor lectura de medición de distancia, respecto al promedio de la serie no excederán el valor de la incertidumbre de medición de distancia (m_p) establecidos por los fabricantes para cada taquímetro.

5.4.3.1 Determinación de la constante aditiva y la incertidumbre de medición de las distancias en las bases de comparación con longitudes conocidas

- Al realizar la determinación de la constante aditiva utilizando bases de comparación con longitudes conocidas, el taquímetro se sitúa en uno de sus puntos extremos de la base y el reflector se coloca sucesivamente en los restantes puntos de la misma, la cantidad mínima de tramos de medición será 6;
- La determinación de la constante aditiva se determina para todos los prismas componentes del taquímetro;
- El cálculo y evaluación de la constante aditiva se obtiene, determinando el promedio a partir de las constantes obtenidas en cada tramo medido mediante la fórmula:

$$C_i = \overline{X}_{i,j} - X_{i,j}$$

donde :

$\overline{X}_{i,j}$ longitud convencionalmente verdadera de cada tramo de la base;

$X_{i,j}$ longitud de cada tramo de la base, medida con el taquímetro.

El valor de la constante aditiva se obtiene, determinando el promedio de las constantes obtenidas en todos los tramos medidos por la fórmula.

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}$$

donde:

n cantidad de tramos medidos

La incertidumbre de determinación de la constante aditiva se obtiene por la fórmula:

$$U_{C_p} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{Kn}}$$

donde

v_i errores residuales que se calculan por la fórmula $v_i = C_i - C_p$;

k cantidad de serie de mediciones.

5.4.3.2 Determinación de la constante aditiva y la incertidumbre de medición de las distancias en bases de comparación con longitudes no conocidas.

Al realizar la determinación de la constante aditiva utilizando bases de comparación con longitudes no conocidas de sus tramos, la medición se realiza por el métodos de todas las combinaciones

posibles, situando el taquímetro y el reflector en diferentes puntos de la base, la cantidad total de puntos de la base será de 7 como mínimo, es decir, la cantidad mínima de tramos medidos será 21.

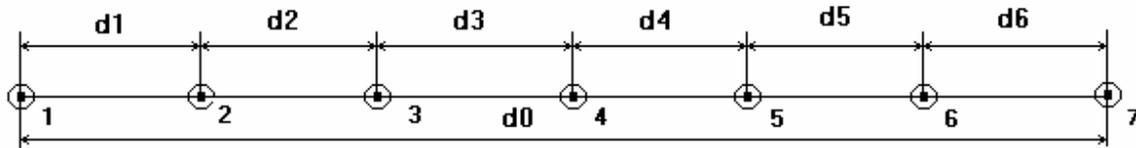


Figura 3 — Configuración de la prueba.

5.4.3.2.1 Procedimiento para las observaciones.

Se deberán medir en el mismo día las veintiuna distancias entre los siete puntos. Se debe utilizar el intercambio obligado de centrado para eliminar los errores de centrado.

La cantidad de prismas necesarios variará en dependencia de la distancia para cada tipo de distanciómetros (1, 3 u 11), con ello deberá garantizarse que sean medidas todas las distancias con una señal de salida máxima. Sólo se debe comenzar la observación de las distancias cuando sea buena la visibilidad y se cuente con poca insolación. La temperatura y la presión del aire se deben medir en cada tramo, para garantizar que se puedan calcular las correcciones atmosféricas.

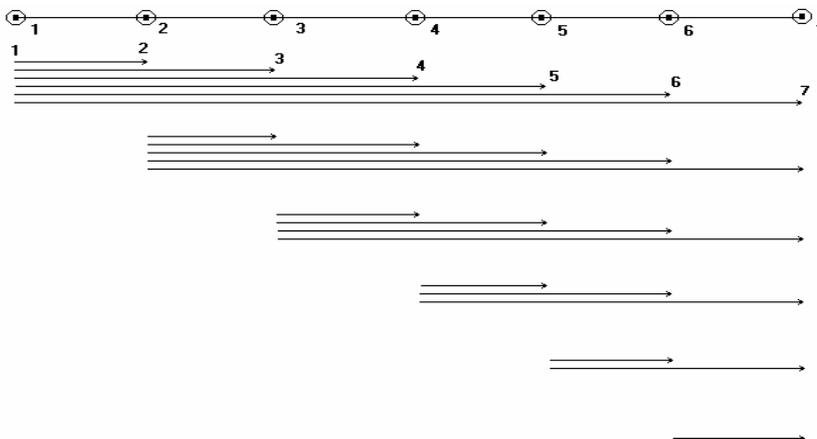


Figura 4— Configuración de las mediciones de prueba

5.4.3.2.2 Procedimiento para el cálculo.

Las mediciones (lecturas hechas en el instrumento taquímetro) $\tilde{x}_{p,q}$ se deben corregir por los efectos sistemáticos (corrección atmosférica, corrección de la inclinación). Esos valores corregidos $x_{p,q}$ deberán ser evaluados ajustando las ecuaciones de observación. Se consideran que todas las mediciones se realizan en condiciones de repetibilidad. Los parámetros son seis distancias independientes y la corrección del punto cero δ .

Los resultados se derivan de:

$$a_p = \sum_{q=1}^{7-p} x_{q,p+q} - \sum_{q=1}^p x_{q,7-p+q}; \quad p = 4,5,6$$

$$b_p = \frac{1}{7} \left(\sum_{q=p+1}^7 x_{p,q} - \sum_{q=1}^{p-1} x_{q,p} \right); \quad p = 1, \dots, 7$$

$$\delta = \frac{1}{35} \sum_{p=4}^6 (2p-7) \times a_p$$

donde:

δ corrección del punto cero

Los valores de $r_{p,q}$ son los residuales de las 21 distancias medidas $x_{p,q}$ corregidas por los efectos sistemáticos (correcciones por los valores de temperatura húmeda y seca y la presión atmosférica, sin incluir la reducción por el punto cero).

$$r_{p,q} = b_p - b_q - \frac{7+2(p-q)}{7} \cdot \delta - x_{p,q}; \quad p = 1, \dots, 6; \quad q = i+1, \dots, 7$$

$$\sum r^2 = \sum_{p=1}^6 \sum_{q=p+1}^7 r_{p,q}^2 = r_{1,2}^2 + r_{1,3}^2 + \dots + r_{6,7}^2$$

donde:

$\sum r^2$ suma de los cuadrados de todos los residuales $r_{p,q}$

$$v = n - u = 14$$

donde

v número de grados de libertad;

n número de mediciones (=21);

u número de los parámetros estimados (=7).

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{v}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{14}}$$

donde

s desviación estándar experimental (incertidumbre) de una medición de distancia

y la condición será $s_{ISO TAQ} = s \leq \text{error establecido por el fabricante } (\sigma)$

La desviación estándar experimental de la corrección por el punto cero δ es derivada de la igualdad:

$$s_{\delta} = \frac{s}{\sqrt{5}} = 0.45s$$

5.4.3.2.3 Pruebas estadísticas

Para interpretar los resultados de ambos procedimientos se llevan a cabo las pruebas estadísticas de:

- desviaciones estándar s de las distancias medidas en la base de comparación;
- corrección del punto cero del taquímetro (constante aditiva)

Los equipos deben cumplir con un nivel de confiabilidad de $1 - \alpha = 0.95$ y para un grado de libertad de $f = 14$.

A los resultados obtenidos se le aplica la prueba estadística y que debe cumplir la condición:

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}}$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(14)}{14}}$$

$$\chi^2_{0.95}(14) = 23.68$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{23,68}{14}}$$

$$s \leq \sigma 1.30$$

σ es el valor establecido por el fabricante

La otra condición que debe cumplir es:

$$|\delta - \delta_0| \leq s_\delta \times t_{1-\alpha/2}(\nu)$$

$$|\delta - \delta_0| \leq s_\delta \times t_{0,975}(14) \quad (14)$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{5}} = s \times 0.45$$

$$t_{0,975}(14) = 2.14$$

$$|\delta - \delta_0| \leq \frac{s}{\sqrt{5}} \cdot 2.14$$

En caso de que ν no sea igual a 14, los datos deben tomarse de las tablas estadísticas.

5.4.4 Determinación de la incertidumbre en la medición de las coordenadas x, y, z

Antes de comenzar las mediciones es importante que el operador (verificador) investigue cual es la precisión en uso del taquímetro.

El taquímetro y sus accesorios deben tener un estado aceptable y estar ajustado de acuerdo al método especificado en el por el fabricante en su pasaporte, así como el trípode y los reflectores.

Los resultados de esta prueba están influenciada por las condiciones metrológicas, específicamente por el gradiente de la temperatura. Las condiciones atmosféricas en el momento de las mediciones son determinadas (medida) para la introducción de las correcciones de acuerdo a las distancias. Estas condiciones incluyen la variación de la temperatura del aire, la velocidad del viento, la cobertura del terreno y la visibilidad.

5.4.4.1 Procedimiento de las mediciones

Este procedimiento se adopta para determinar los valores de la precisión para los taquímetros y sus accesorios en condiciones de campo.

El procedimiento está basado en las mediciones de las coordenadas en una prueba de campo que no se conocen los valores nominal de los puntos (estaciones) .

La desviación estándar experimental (error medio cuadrático) de las mediciones de las coordenadas de un solo punto es determinado por un ajuste de mínimo cuadrado.

Se recomienda el uso de puntos con centración forzada, que pueden intercambiarse durante las mediciones.

5.4.4.2 Configuración de la prueba.

Se usan tres trípodes (monumentos) concentración forzada, para que la posición de los puntos se mantengan estables, $P_j (j=1,2,3)$, que a su vez forman un triángulo con los lados de aproximadamente iguales longitudes (Figura 5)

Los lados deben estar de acuerdo al tipo de taquímetro, se recomiendan triángulos con lados de aproximadamente 100 m. Las alturas z_j deben formarse a diferentes alturas sobre la superficie terrestre.

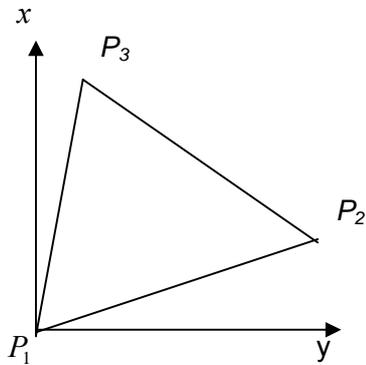


Figura 5— Configuración de la prueba.

5.4.4.3 Mediciones

Todas las coordenadas deben medirse en un mismo día. El uso de los puntos de centración forzada posibilita eliminar la incertidumbre por centración – reducción.

La temperatura del aire y la presión se miden antes de comenzar cada una de las mediciones y sirven para la corrección a cada distancia en la determinación de la coordenadas.

En total se miden tres series ($m = 3$) de mediciones, cada una requiere que el instrumento se sitúe en cada punto P_j ($n = 3$) del triángulo en un orden fijo por ejemplo:

$P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3 \rightarrow P_1 \rightarrow P_2$. El instrumento se nivela con cuidado. No procede la orientación por coordenadas en el sistema de coordenadas.

Los valores de la temperatura del aire y la presión deben medirse para hacer la corrección o la distancia medida con el distanciómetro. Las coordenadas (x, y, z) de la posición del instrumento en el punto inicial debe ser cero $(0,0,0)$

Las coordenadas de los reflectores (prismas) en los otros dos puntos P_k ($k = 1,2,3$) del triángulo son medidas en ambas posiciones del telescopio (CD y CI)

$$x_{i,j,k,l}, y_{i,j,k,l}, z_{i,j,k,l}, x_{i,j,k,ll}, y_{i,j,k,ll}, z_{i,j,k,ll} ; i = 1,2,3; j = 1,2,3; k = 1,2,3$$

Para las mediciones de la diferencia de altura z entre los puntos de centración forzada de referencia se determina las diferencias entre las alturas del instrumento y la altura de la tarjeta esta es una de las incógnitas a determinar. Además es necesario emplear reflectores de un mismo tipo.

Para que los cálculos estén libre de errores es necesario que la secuencia de las mediciones se cumplan estrictamente.

	i	j	k		i	j	k		i	j	k
$P_1 \rightarrow P_2$	1	1	2	$P_1 \rightarrow P_2$	2	1	2	$P_1 \rightarrow P_2$	3	1	2
$P_1 \rightarrow P_3$	1	1	3	$P_1 \rightarrow P_3$	2	1	3	$P_1 \rightarrow P_3$	3	1	3
$P_2 \rightarrow P_1$	1	2	1	$P_2 \rightarrow P_1$	2	2	1	$P_2 \rightarrow P_1$	3	2	1
$P_2 \rightarrow P_3$	1	2	3	$P_2 \rightarrow P_3$	2	2	3	$P_2 \rightarrow P_3$	3	2	3
$P_3 \rightarrow P_1$	1	3	1	$P_3 \rightarrow P_1$	2	3	1	$P_3 \rightarrow P_1$	3	3	1
$P_3 \rightarrow P_2$	1	3	2	$P_3 \rightarrow P_2$	2	3	2	$P_3 \rightarrow P_2$	3	3	2

Los valores promedio de la lectura en cada posición del círculo (CD y CI) del telescopio son obtenidas como cuasi-observaciones.

$$x_{i,j,k} = \frac{1}{2}(x_{i,j,k,l} + x_{i,j,k,ll}), \quad y_{i,j,k} = \frac{1}{2}(x_{i,j,k,l} + x_{i,j,k,ll}), \quad z_{i,j,k} = \frac{1}{2}(x_{i,j,k,l} + x_{i,j,k,ll}),$$

$$i = 1,2,3; \quad y = 1,2,3; \quad z = 1,2,3;$$

5.4.4.4 Procedimiento de cálculos

5.4.4.4.1 Exactitud de las coordenadas X y Y

En el orden de obtención de los resultados de las tres series de mediciones son comparados y es necesario la transformación de cada serie en la misma posición, por ejemplo, la primera posición de la primera serie.

Para el punto P_1 se toman las coordenadas (0,0) y para cada posición se hace la traslación por las formulas siguientes:

$$x'_{i,j,k} = x_{i,j,k} - x_{i,j,1}; \quad y'_{i,j,k} = y_{i,j,k} - y_{i,j,1}; \quad i = 1,2,3; \quad j = 1,2,3; \quad k = 1,2,3;$$

Para la primera posición de mediciones ($i = 1; j = 1$) la rotación no es necesaria. La transformación de las coordenadas de los dos puntos P_2 y P_3 , de el triángulo de prueba son obtenidas directamente de la traslación de coordenadas de la posición $j = 1$ de la serie $i = 1$

$$x''_{1,1,k} = x'_{1,1,k}, \quad y''_{1,1,k} = y'_{1,1,k}, \quad k = 2,3$$

Para cada una de las correspondientes posiciones $j = 1,2,3$ de las series $i = 1,2,3$, la rotación $\varphi_{i,j}$ con centro en P_1 es necesaria.

Es más factible la rotación en coordenadas polares. Para cada tarjeta $k = 2,3$, las coordenadas rectangulares son transformadas en coordenadas polares, por la formula:

$$t'_{i,j,k} = \arctan \frac{y'_{i,j,k}}{x'_{i,j,k}}$$

$$s_{i,j,k} = \sqrt{x'^2_{i,j,k} + y'^2_{i,j,k}}$$

La orientación de cada posición j de la serie i son expresadas por el valor medio.

$$t'_{i,j} = \frac{1}{2}(t'_{i,t,2} + t'_{i,j,3})$$

De la rotación el ángulo es:

$$\varphi_{i,j} = t'_{1,1} - t'_{i,j}; \quad i = 1,2,3; \quad j = 1,2,3$$

y la nueva orientación es:

$$t_{i,j,k} = t'_{i,j,k} + \varphi_{i,j}$$

las coordenadas transformadas son :

$$x''_{i,j,k} = s_{i,j,k} \times \cos t_{i,j,k}; \quad i = 1,2,3; \quad j = 1,2,3; \quad k = 2,3$$

$$y''_{i,j,k} = s_{i,j,k} \times \sin t_{i,j,k}; \quad i = 1,2,3; \quad j = 1,2,3; \quad k = 2,3$$

Las coordenadas ajustadas de P_1 y P_2 se obtienen:

$$\bar{x}''_k = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 x''_{i,j,k}; \quad k = 2,3$$

$$\bar{y}''_k = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 y''_{i,j,k}; \quad k = 2,3$$

Con los 36 residuales del ajuste, tenemos:

$$r_{x,i,j,k} = \bar{x}''_k - x''_{i,j,k}; \quad i = 1,2,3; \quad j = 1,2,3; \quad k = 2,3$$

$$r_{y,i,j,k} = \bar{y}''_k - y''_{i,j,k}; \quad i = 1,2,3; \quad j = 1,2,3; \quad k = 2,3$$

la suma de los cuadrados de los residuales es:

$$\sum r_{HZ}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 (r_{x,i,j,k}^2 + r_{y,i,j,k}^2)$$

Se obtienen 8 parámetros de rotación y cuatro valores de coordenadas de los puntos P_2 y P_3 , el número de incógnitas en el ajuste es $u = 8 + 4 = 12$. Entonces el número de grados de libertad es:

$$v_{HZ} = 36 - 12 = 24$$

La desviación estándar de una coordenada para una medición de una coordenada x o y observada en las dos posiciones del telescopio es

$$s_{HZ} = \sqrt{\frac{\sum r_{HZ}^2}{24}}$$

Por lo tanto

$$s_{ISO-TAQ-HZ} = s_{HZ}$$

5.4.4.4.2 Exactitud de la coordenada z

La coordenada z de P_1 en esta posición es igual a cero, las incógnitas del procedimiento de ajuste son las alturas z_2 y z_3 de los puntos P_2 y P_3 , y la diferencia de alturas δ entre la altura del instrumento y la altura del reflector.

Las tres incógnitas del ajuste ($u = 3$) son las alturas de P_2 y P_3

$$z_2 = \frac{1}{18} \begin{pmatrix} 2z_{1,1,2} + z_{1,1,3} - 2z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} + z_{1,3,2} \\ + 2z_{2,1,2} + z_{2,1,3} - 2z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ + 2z_{3,1,2} + z_{3,1,3} - 2z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{pmatrix}$$

$$z_3 = \frac{1}{18} \begin{pmatrix} z_{1,1,2} + 2z_{1,1,3} - z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - 2z_{1,3,1} + z_{1,3,2} \\ + z_{2,1,2} + 2z_{2,1,3} - z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - 2z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ + z_{3,1,2} + 2z_{3,1,3} - z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - 2z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{pmatrix}$$

$$\delta = \frac{1}{18} \begin{pmatrix} -z_{1,1,2} - z_{1,1,3} - z_{1,2,1} - z_{1,2,3} - z_{1,3,1} - z_{1,3,2} \\ -z_{2,1,2} - z_{2,1,3} - z_{2,2,1} - z_{2,2,3} - z_{2,3,1} + z_{2,3,2} \\ + z_{3,1,2} + 2z_{3,1,3} - 2z_{3,2,1} - z_{3,2,3} - 2z_{3,3,1} + z_{3,3,2} \end{pmatrix}$$

Con estos tres parámetros de los 18 residuales $r_{i,j,k}$ del ajuste se calcula:

$$\begin{array}{lll}
 r_{1,1,2} = z_2 - \delta - z_{1,1,2} & r_{2,1,2} = z_2 - \delta - z_{2,1,2} & r_{3,1,2} = z_2 - \delta - z_{3,1,2} \\
 r_{1,1,3} = z_3 - \delta - z_{1,1,3} & r_{2,1,3} = z_3 - \delta - z_{2,1,3} & r_{3,1,3} = z_3 - \delta - z_{3,1,3} \\
 r_{1,2,1} = -z_2 - \delta - z_{1,2,1} & r_{2,2,1} = -z_2 - \delta - z_{2,2,1} & r_{3,2,1} = -z_2 - \delta - z_{3,2,1} \\
 r_{1,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{1,2,3} & r_{2,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{2,2,3} & r_{3,2,3} = -z_2 + z_3 - \delta - z_{3,2,3} \\
 r_{1,3,1} = -z_3 - \delta - z_{1,3,1} & r_{2,3,1} = -z_3 - \delta - z_{2,3,1} & r_{3,3,1} = -z_3 - \delta - z_{3,3,1} \\
 r_{1,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{1,3,2} & r_{2,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{2,3,2} & r_{3,3,2} = z_2 - z_3 - \delta - z_{3,3,2}
 \end{array}$$

La suma de los cuadrados de los residuales se obtiene por:

$$\sum r_V^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 r_{i,j,k}^2$$

Con el número de los grados de libertad

$$v_V = 18 - 3 = 15$$

Finalmente, la desviación estándar de una coordenada z medida en ambas posiciones del telescopio es:

$$s_{ISO-TAQ-V} = \sqrt{\frac{\sum r_V^2}{15}}$$

5.4.4.5 Prueba estadística

Los resultados obtenidos deben cumplir las condiciones siguientes

Para las coordenadas x, y

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v_{HZ})}{v_{HZ}}}$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(24)}{24}}$$

$$\chi^2_{0.95}(24) = 36,42$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{36,42}{24}}$$

$$s \leq \sigma 1.23$$

σ es el valor establecido por el fabricante

para la coordenada z

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v_V)}{v_V}}$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(15)}{15}}$$

$$\chi^2_{0.95}(15) = 25.00$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{25.00}{15}}$$

$$s \leq \sigma 1.29$$

6 Presentación de los resultados de la verificación

6.1 Los resultados obtenidos en las operaciones de verificación se asientan en el registro de verificación (ver Anexo A).

6.2 Los taquímetros que cumplan con los requisitos establecidos en esta norma, se declaran aptos para su uso mediante la aplicación del sello de verificación de “**APTO PARA EL USO**” y la emisión del certificado de verificación. En el reverso del certificado de verificación se anotarán los datos obtenidos siguientes:

- Incertidumbre del trabajo del compensador;
- Valor del rango del compensador;
- Incertidumbre de la medición del ángulo horizontal;
- Incertidumbre de la medición del ángulo vertical;
- Valor de la constante aditiva;
- Incertidumbre de la medición de la distancia
- Incertidumbres de la coordenadas x , y , z

6.3 Los taquímetros que no cumplen con los requisitos establecidos en esta norma, se declaran no aptos para el uso, mediante la aplicación del sello de “**NO APTO PARA EL USO**”.

$$\sum (db_1)^2 =$$

$$\sum (db_2)^2 =$$

$$\sum db^2 =$$

$$m_c = \sqrt{\frac{\sum db^2}{2n} - \frac{\sum (db_1)^2}{8n} + \frac{\sum (db_2)^2}{8n}} =$$

$$U_b = \sqrt{\frac{\sum db^2}{4n}} =$$

$$\Delta_C = \frac{\sum |\Delta_i|}{n} =$$

5.3.2 Comprobación de la frecuencia de salida

nº	h ₁ frecuencia medida (hz)	h ₂ frecuencia nominal (Hz)	v = h ₂ · h ₁	v ²

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

5.4 Prueba de Aptitud

5.4.1 Determinación de la incertidumbre de la medición del ángulo horizontal

5.4.1.2 Prueba de Laboratorio

Nº POSICION	COLIMADOR	LECTURA DEL CIRCULO HORIZONTAL				β
		CI	CD	CI - CD	(CI +CD)	
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					
	1					
	2					

5.4.1.2 Prueba de campo

<i>j</i>	<i>k</i>	<i>x_{j,k,I}</i>	<i>x_{j,k,II}</i>	<i>x_{j,k}</i>	<i>x^l_{j,k}</i>	\bar{x}_k	<i>d_{j,k}</i>	<i>r_{j,k}</i>	<i>r²_{j,k}</i>
		oo ' "	oo ' "	oo ' "	oo ' "	oo ' "	"	"	" ² (")
1	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	Σ								
2	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	Σ								
3	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	Σ								
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	Σ								

$$U_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}$$

Nº de Serie	<i>U_i</i>	<i>U_i²</i>

$$U = \sqrt{\frac{\sum U_i^2}{4}} =$$

$$U_{ISO-TAQ-HZ} = U$$

$$U_{\alpha} = \sqrt{\frac{\sum v^2}{2nk}} =$$

$$\sum v^2 =$$

Resumen de los valores

Nº de Serie	$U_{\alpha,i}$	$U_{\alpha,i}^2$

$$U = \sqrt{\frac{\sum U_{\alpha,j}^2}{4k}} =$$

5.4.2.2 Prueba de Campo

j	k	$x_{j,k,I}$ ∞ ' "	$x_{j,k,II}$ ∞ ' "	$\delta_{j,k}$ "	$x'_{j,k}$ ∞ ' "	\bar{x}_k ∞ ' "	$r_{j,k}$ "	$r^2_{j,k}$ (") ²
	1							
	2							
	3							
	4							
	Σ							
	1							
	2							
	3							
	4							
	Σ							
	1							
	2							
	3							
	4							
	Σ							
	1							
	2							
	3							
	4							
	Σ							
Σr_i^2								

$$U_i = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}} =$$

Resumen de los valores

Nº de Serie	U_i	U_i^2
1		
2		
3		
4		

$$U = \sqrt{\frac{\sum U_i^2}{4}} = \quad U_{ISO-THEO-V} = U$$

5.4.2.3 Prueba Estadística

$$U \leq \delta \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}}$$

$$U \leq \delta \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(32)}{32}}$$

$$\chi^2_{0.95}(32) = 46,19$$

$$U \leq \delta \sqrt{\frac{46,19}{32}}$$

$$U \leq \delta \cdot 1,20 =$$

δ se toma del pasaporte técnico del instrumento

5.4.3 Determinación de la constante aditiva y la incertidumbre de medición de la distancia

Anotaciones de campo

Prisma:		Prisma:		Prisma:	
Tramo: k		Tramo: k		Tramo: k	
Datos de medicion	lecturas	Datos de medicion	lecturas	Datos de medicion	Lecturas
t _s °C		t _s °C		t _s °C	
t _h °C		t _h °C		t _h °C	
P Pa		P Pa		P Pa	
Hora h		Hora h		Hora h	
Promedio		Promedio		Promedio	
Correc. tP		Correc. tP		Correc. tP	
Dist.correg.		Dist.correg.		Dist.correg.	

Compendio de la determinación de la constante aditiva y la evaluación de la incertidumbre de la medición.

A. Método de la base de comparación con longitudes conocidas

nº	Tramo	Distancia real (m)	Distancia medida (m)	C _i (mm)	v _i (mm)	v _i ² (mm ²)

Σ =

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} =$$

$$U_c = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n}} =$$

Condiciones estadísticas:

$$a_4 = \sum_{q=1}^3 x_{q,4+q} - \sum_{q=1}^4 x_{q,3+q} =$$

$$a_5 = \sum_{q=1}^2 x_{q,5+q} - \sum_{q=1}^5 x_{q,2+q} =$$

$$a_6 = x_{1,7} - \sum_{q=1}^6 x_{q,1+q} =$$

$$b_1 = \frac{1}{7} \sum_{q=2}^7 x_{1,q} =$$

$$b_2 = \frac{1}{7} \left(\sum_{q=3}^7 x_{2,q} - x_{1,2} \right) =$$

$$b_3 = \frac{1}{7} \left(\sum_{q=4}^7 x_{3,q} - \sum_{q=1}^2 x_{q,3} \right) =$$

$$b_4 = \frac{1}{7} \left(\sum_{q=5}^7 x_{4,q} - \sum_{q=1}^3 x_{q,4} \right) =$$

$$b_5 = \frac{1}{7} \left(\sum_{q=6}^7 x_{5,q} - \sum_{q=1}^4 x_{q,5} \right) =$$

$$b_6 = \frac{1}{7} \left(x_{6,7} - \sum_{q=1}^5 x_{q,6} \right) =$$

$$b_7 = \frac{1}{7} \sum_{q=1}^6 x_{q,7} =$$

La corrección del punto cero se calcula.

$$\delta = \frac{1}{35} (a_4 + 3a_5 + 5a_6) =$$

Evaluación de la incertidumbre.

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha}(v)}{v}}$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{\chi^2_{0.95}(14)}{14}}$$

$$\chi^2_{0.95}(14) = 23.68$$

$$s \leq \sigma \sqrt{\frac{23,68}{14}}$$

$$s \leq \sigma \cdot 1,30 \leq$$

$$|\delta - \delta_0| \leq s_\delta \times t_{1-\alpha/2}(v) \leq$$

$$|\delta - \delta_0| \leq s_\delta \times t_{0.975}(14) \leq$$

$$s_\delta = \frac{s}{\sqrt{5}} = 0.45s$$

$$t_{0.975}(14) = 2.14$$

$$|\delta - \delta_0| \leq \frac{s}{\sqrt{5}} \cdot 2,14$$

5.4.4 Determinación de la incertidumbre de las coordenadas $x y z$

Tiempo:

Temperatura seca:

Presión atmosférica:

Compendio de las mediciones y los residuales(HZ)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>ijk</i>			x'	y'	t'	t	s	x''	y''	r_x	r_y
	m	m	m	m			m	m	m	m	m
1 1 1											
2											
3											
			$t'_{1,1} =$								
1 2 1											
2											
3											
			$t'_{1,2} =$				$= \varphi_{1,2}$				
1 3 1											
2											
3											
			$t'_{1,3} =$				$= \varphi_{1,3}$				
2 1 1											
2											
3											
			$t'_{2,1} =$				$= \varphi_{2,1}$				
2 2 1											
2											
3											
			$t'_{2,2} =$				$= \varphi_{2,2}$				
2 3 1											
2											
3											
			$t'_{2,3} =$				$= \varphi_{2,3}$				
3 1 1											
2											
3											
			$t'_{3,1} =$				$= \varphi_{3,1}$				
3 2 1											
2											
3											
			$t'_{3,2} =$				$= \varphi_{3,2}$				
3 3 1											
2											
3											
			$t'_{3,3} =$				$= \varphi_{3,3}$				
								\bar{x}''	\bar{y}''		

$$\sum r_{HZ}^2 =$$

$$S_{ISO-TAQ-HZ} =$$

$$v_{HZ} = 24$$

Medición de las coordenadas z

Tiempo:

Temperatura seca:

Presión atmosférica:

Compendio de las mediciones y residuales (V)

1 i	2 j	3 k	4 $z_{i,j,k}$ m	5 z_2	6 z_3	7 δ	8	9	10	11 $r_{i,j,k}$ m
1	1	2		2	1	-1	1	0	-1	
		3		1	2	-1	0	1	-1	
		1		-2	-1	-1	-1	0	-1	
	1	3		-1	1	-1	-1	1	-1	
1	2	1		-1	-2	-1	0	-1	-1	
		2		1	-1	-1	1	-1	-1	
	3									
3										
2	1	2		2	1	-1	1	0	-1	
		3		1	2	-1	0	1	-1	
		1		-2	-1	-1	-1	0	-1	
	1	3		-1	1	-1	-1	1	-1	
2	2	1		-1	-2	-1	0	-1	-1	
		2		1	-1	-1	1	-1	-1	
	3									
3										
3	1	2		2	1	-1	1	0	-1	
		3		1	2	-1	0	1	-1	
		1		-2	-1	-1	-1	0	-1	
	1	3		-1	1	-1	-1	1	-1	
3	2	1		-1	-2	-1	0	-1	-1	
		2		1	-1	-1	1	-1	-1	
	3									
3										

$$\sum r_V^2 =$$

$$S_{ISO-TAQ-V} =$$

$$v_V =$$

Observaciones

Calculado por: _____ Firma _____ Fecha _____

Revisado por: _____ Firma _____ Fecha _____

Aprobado: _____ Firma _____ Fecha _____

Bibliografía

- NC - 90 -01-53 Distanciómetros electro - ópticos. Métodos y Medios de verificación. Diciembre 1968.
- ISO 17123-4: 2001 Optics and optical instruments - Field procedures for testing and surveying instruments - Part 4: Electro – optical distance meters (EDM instruments)
- ISO 9849: 1991 Óptica e instrumentos Ópticos - Instrumentos geodésicos - Vocabulario.
- ISO 17123-3:2001 (E) Instrumentos geodésicos -Procedimientos de campo para determinar la precisión en el terreno – Parte 3: Teodolitos.