

# ANÁLISIS HISTÓRICO DE UN SIGLO DE INSTRUMENTACIÓN TOPOGRÁFICA CLÁSICA

Segunda mitad del siglo XIX y primera del siglo XX

-Partes III y IV-

**Ana María Flor Bertomeu**

## **Parte III**

### **SIGLO XX**

## Capítulo 9

### BREITHAUPT-KASSEL

La casa de instrumentos Breithaupt-Kassel, antiguamente llamada F.W.Breithaupt & Sohn, se fundó en 1762. Tiene su sede en la ciudad de Kassel, Alemania.

Esta casa de instrumentos destaca sobre las demás por su amplio catálogo de aparatos para todas las necesidades, ya que podemos encontrar instrumentos para personas sin formación hasta instrumentos de máxima precisión. Es de las pocas casas de instrumentos que diseñan modelos básicos para el aprendizaje de los alumnos. Además, podemos elegir el tipo de graduación (centesimal o sexagesimal) de, prácticamente, todos los instrumentos.

Se enorgullece de construir en el año 1798 el primer teodolito para minería con centrado forzoso.

#### 9.1. TEODOLITOS

##### 9.1.1. TEKAT

Es un teodolito de repetición provisto de un sistema doble de ejes cilíndricos de acero, que permite la aplicación de la medida angular de repetición y de la medida con limbo orientado. Con un anillo moleteado, dispuesto entre alidada y base, y estando los tornillos de presión aflojados, puede ajustarse el limbo horizontal a mano, en cualquier lectura. Los tornillos de presión y coincidencia del antejo, de la alidada y del limbo horizontal están montados sobre

ejes comunes. Esto contribuye al manejo fácil y rápido del instrumento. El eje principal del instrumento está colocado verticalmente mediante un nivel esférico especial muy preciso con prisma de observación, se ha probado que la nivelación mediante este nivel esférico, con sensibilidad de  $4' / 2 \text{ mm}$ , da precisiones en la medida de ángulos de  $30''$  en la escala sexagesimal y  $1^{\circ}$  en la escala centesimal.

Los limbos están formados por cristal óptico y se iluminan mediante un espejo plegable situado en un lateral del instrumento. Los limbos se leen mediante un microscopio situado al lado del anteojo. Las imágenes de las escalas, en color verde claro, de los limbos vertical y horizontal se pueden ver simultáneamente distinguiéndose por las siglas Hz (limbo horizontal) y V (limbo vertical). El limbo horizontal tiene un diámetro de 65 mm y el vertical de 47 mm, su graduación está hecha de grado en grado y la lectura por estimación se sitúa en  $30'' / 1^{\circ}$ .

El anteojo tiene un aumento de 18x, un diámetro libre de 30 mm y una longitud de 126 mm. Además, tiene un nivel debajo de él con una sensibilidad de  $30'' / 2 \text{ mm}$ .

El TEKAT, como se indica en la figura 9.1, se divide en las siguientes partes:

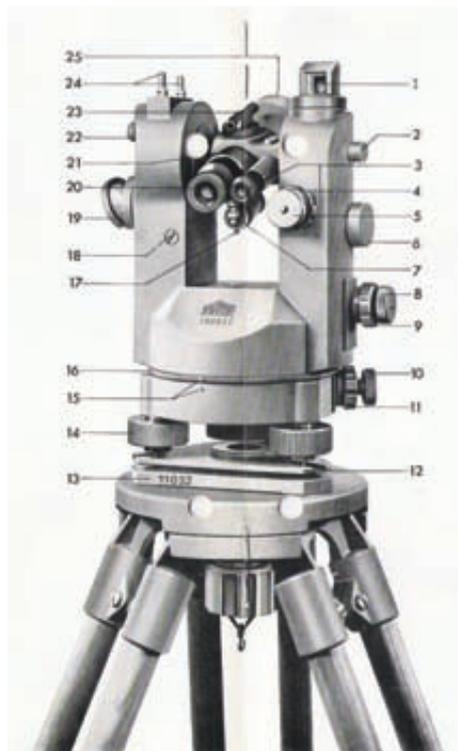


Figura 9.1: TEKAT

1. Nivel esférico con prisma de observación.
2. Portacontrapeso.
3. Ocular del microscopio.
4. Tornillo de presión del antejo.
5. Tornillo micrométrico del antejo.
6. Portacontrapeso.
7. Nivel del antejo.
8. Tornillo micrométrico superior.
9. Tornillo de presión superior.
10. Tornillo micrométrico inferior.
11. Tornillo de presión inferior.
12. Placa de presión.
13. Placa base.
14. Tornillos nivelantes de pie.
15. Boquillas de posición cero.
16. Anillo moleteado.
17. Punto de centraje.
18. Tornillo de cubierta para el ajuste del índice.
19. Espejo de iluminación.
20. Ocular del antejo.
21. Anillo de enfoque.
22. Portalámpara.
23. Tubito de puntería.
24. Pernos de fijación para la brújula tubular.
25. Objetivo del antejo.

### **9.1.2. GAVEC**

Este instrumento es un instrumento sencillo destinado a aquellos instrumentistas o ingenieros que no están relacionados con la topografía y en especial con las mediciones.

Como es un instrumento muy sencillo y poco interesante, ya que hay instrumentos más singulares, simplemente se le hace mención como un instrumento curioso de la casa Breithaupt-Kassel y así se afianza la afirmación de que esta casa tiene un instrumento para cada necesidad y no sólo para la topografía.

### **9.1.3. TEMIN**

TEMIN es un teodolito de repetición suspendido para la minería. Este instrumento de pequeñas dimensiones, 250 mm de altura y 160 mm de anchura, se usa para la construcción de, por ejemplo, túneles, galerías o pasos subterráneos. La ventaja de este aparato es que puede ser utilizado sin trípode y así poder suspenderlo mediante punzones de acero o pinzas de



Figura 9.2: GAVEC

acero en el techo de la galería o conducto subterráneo, tal y como figura en la figura 9.3. El instrumento está equipado con un manguito central para el acoplamiento de conos, de acuerdo con la norma DIN 21961<sup>1</sup>, junto con el que se suministran punzones y dispositivos de sujeción, con los cuales se puede hacer centrado forzoso. El teodolito suspendido se puede utilizar tanto suspendido, con sus agarres adecuados, o en posición normal insertado en un trípode, al que acoplaremos algún tipo de sujeción.

El dispositivo de suspensión con articulación esférica está combinado con un sistema de nivelación, el cual está compuesto por dos anillos Cardán<sup>2</sup> en forma de cuña, que permiten la nivelación del instrumento a través de dos tornillos de precisión, de movimiento rápido

<sup>1</sup>DIN 21961 “Mine surveying, slip-on pivots, slip-on caps for suspension theodolites, connecting dimensions” (*DIN 21961 Topografía de minas*).

El Deutsches Institut für Normung, DIN, con sede en Berlín, es el organismo nacional de normalización de Alemania. Elabora, en cooperación con el comercio, la industria, la ciencia, los consumidores e instituciones públicas, estándares técnicos (normas) para la racionalización y el aseguramiento de la calidad. La editorial Beuth-Verlag se encarga de la venta y distribución de las normas editadas por el DIN y de las normas de otros organismos de normalización, tanto nacionales como extranjeros. Una norma DIN de uso habitual es la DIN 476, que define los formatos (o tamaños) de papel y que ha sido adoptada por la mayoría de los organismos nacionales de normalización de Europa.

<sup>2</sup>La suspensión tipo Cardán es un soporte metálico que mantiene el instrumento sujeto al techo de la galería o mina. El inventor de este dispositivo fue el italiano Jerónimo Cardano (1501-1576).

y lento que hacen más fácil su manejo. Si el aparato está suspendido, se utiliza un nivel de burbuja esférico para una nivelación aproximada y un segundo nivel esférico, incorporado en el soporte del anteojo, sirve para la nivelación exacta. Los niveles tienen una sensibilidad de  $20' / 2$  el nivel esférico para el sistema de nivelación,  $4' / 2$  mm para el nivel esférico para la nivelación aproximada y  $30'' / 2$  mm para el nivel incrustado en el anteojo.

Los limbos están graduados sobre vidrio y son iluminados por medio de un espejo. Ambos limbos se leen mediante un único micrómetro que se encuentra junto al anteojo. Las cifras y graduaciones de estos limbos aparecen en posición horizontal, de modo que pueden leerse fácilmente en cualquier posición que adopte el instrumento. Para su iluminación dentro de la mina, se usan lámparas con baterías de níquel-cadmio. El limbo horizontal tiene un diámetro de 65 mm y el vertical de 47 mm, su intervalo de graduación es de  $1^s$  y el de la escala de  $10^c$ , además su lectura por estimación (error de lectura) es de  $1^c$  ( $30''$ ).

El anteojo, con una longitud de 130 mm y un fuerte aumento y poder de resolución, asegura una puntería muy precisa; más precisa incluso que la lectura de los limbos, por ello, mediante el método de repetición obtenemos muy buena precisión en ángulos. El retículo está provisto de la cruz reticular y además dos líneas estadimétricas horizontales para la medición de distancias horizontales con mira. Como hemos dicho anteriormente, en el anteojo tenemos un nivel esférico con marca para centrar, perfectamente protegido, para evitar que desprendimientos dentro de las minas puedan causarle algún tipo de daño. Las características técnicas del anteojo son: un aumento de 18x, una abertura del objetivo de 30 mm, pupila de salida de 1,7 mm, esplendor relativo de 3, campo de visión de 26 m cada 100 m y una distancia de enfoque mínima sin lentes frontales de 1,1 m y con lentes frontales de 0,6 m.

Las partes del instrumento son:

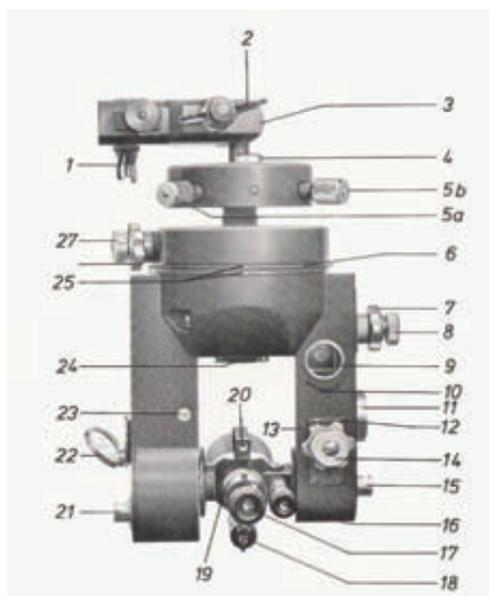


Figura 9.3: TEMIN

- |   |   |
|---|---|
| 1. Tornillo de sujeción.                              | 15. Soporte para la lámpara eléctrica.          |
| 2. Palanca de sujeción.                               | 16. Microscopio de lectura.                     |
| 3. Esfera de centrado.                                | 17. Ocular del antejo.                          |
| 4. Nivel esférico para la nivelación aproximada.      | 18. Nivel de burbuja del antejo.                |
| 5a. Tornillo de ajuste para la nivelación definitiva. | 19. Anillo para enfocar.                        |
| 5b. Tornillo de ajuste para la nivelación definitiva. | 20. Mira.                                       |
| 6. Aro moleteado para ajustar el limbo horizontal.    | 21. Soporte para la lámpara eléctrica.          |
| 7. Sujeción de la alidada.                            | 22. Espejo de iluminación.                      |
| 8. Tornillo para el movimiento lento de la alidada.   | 23. Tornillo de cabeza aplanada frente al       |
| 9. Nivel esférico para la nivelación definitiva.      | tornillo de ajuste del limbo vertical.          |
| 10. Tornillo de ajuste del nivel esférico.            | 24. Nivel esférico para nivelar (teodolito de   |
| 11. Ventanilla de iluminación para el nivel           | pie).   |
| esférico.   | 25. Marcas para colocar el limbo horizontal en  |
| 12. Sujeción del antejo.                              | la posición cero.                               |
| 13. Tornillo de cabeza aplanada frente al             | 26. Sujeción del limbo horizontal.              |
| tornillo de ajuste del eje basculante.                | 27. Tornillo para el movimiento lento del limbo |
| 14. Tornillo para el movimiento lento del antejo.     | horizontal.                                     |

### 9.1.4. TECOL

Este instrumento fue ideado principalmente para que los estudiantes realizaran sus prácticas, ya que, el instrumento, es un sistema combinado que permite juntar los distintos componentes, según la misión a realizar, de una forma rápida, sencilla y con gran exactitud, obteniendo así un teodolito (fig. 9.5), un nivel (fig. 9.4) o una alidada (fig. 9.4).

Todas estas piezas, de las cuales se compone TECOL, se pueden separar unas de otras y según las juntemos tendremos un instrumento topográfico u otro.

Si se adapta el anteojo al soporte sin limbo vertical y se monta sobre la base se tiene un nivel con horizontalización mediante un nivel de burbuja. Si se nivela por medio del nivel de burbuja del anteojo, con ayuda de los tornillos de base, se podrá determinar apuntando horizontalmente el desnivel la diferencia de alturas en una mira de nivelación, y con ayuda de los hilos estadimétricos, la distancia horizontal. Al mismo tiempo pueden efectuarse mediciones de ángulos horizontales.

Si se coloca el conjunto del teodolito sobre la regla paralela al eje, se obtiene una alidada, que puede moverse libremente sobre la plancheta. Esta permite cartografiar sobre el terreno.

Como características técnicas del instrumento podemos decir que el anteojo tiene 20 aumentos, enfoque interno y mide 148 mm. La abertura libre del objetivo es de 20 mm, el diámetro del campo visual a 1000 m es de 31m y la distancia de enfoque mínima es de 1,2 m. La estimación milimétrica es estimable hasta los 70 m y la lectura centimétrica se da hasta los 200 m. Al igual que en todos los instrumentos de la casa, los hilos estadimétricos corresponden con una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0. La sensibilidad de los niveles es de  $75''/2$  mm en el nivel del anteojo y de  $30''/2$  mm en el nivel esférico. En cuanto a los limbos, el horizontal tiene un diámetro de 110 mm y el vertical un diámetro de 91 mm,. El intervalo de la graduación es de  $1^\circ$  ó de  $1^g$  y la lectura en nonio de  $0,1^\circ$  ó de  $0,1^g$ , en ambos limbos.

A continuación mostramos las distintas partes y posibilidades del TECOL:

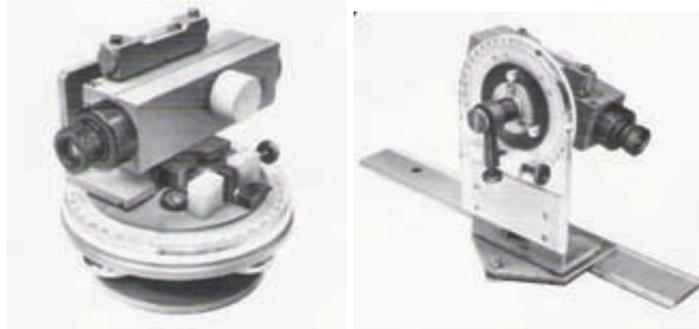


Figura 9.4: Nivel y alidada TECOL

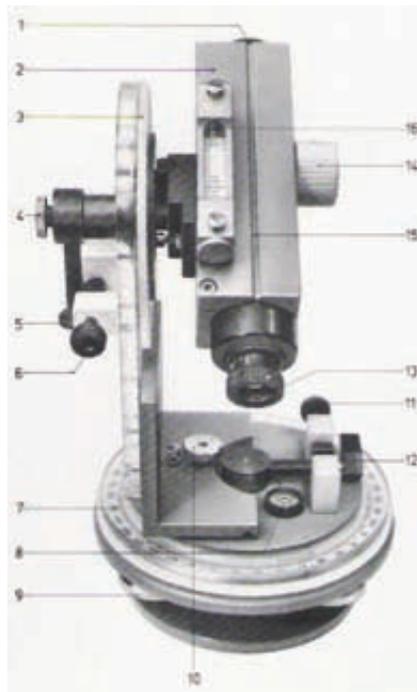


Figura 9.5: Teodolito TECOL

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| 1. Objetivo.                              | 9. Tornillo de base.              |
| 2. Anteojo.                               | 10. Sujeción del soporte.         |
| 3. Limbo vertical.                        | 11. Ajuste fino lateral.          |
| 4. Soporte del anteojo.                   | 12. Pinza lateral.                |
| 5. Pinza de sujeción del anteojo.         | 13. Ocular.                       |
| 6. Tornillo micrométrico para el anteojo. | 14. Enfoque.                      |
| 7. Limbo horizontal.                      | 15. Mira.                         |
| 8. Nivel esférico de burbuja.             | 16. Nivel de burbuja del anteojo. |

### 9.1.5. TEAUT

Este instrumento es casi omniuso, contando con los complementos de su amplio catálogo.

TEAUT es un teodolito óptico de repetición con índice automático de altura. Su campo de aplicación son las triangulaciones de III y IV orden, las mediciones de enlace astronómico y geodésico, las poligonaciones subterráneas y superficiales, así como las poligonaciones de precisión, los levantamientos catastrales de coordenadas polares, los trazados en construcciones como caminos, canales, puertos o líneas férreas, y levantamientos taquimétricos.

El aparato tiene un error medio de dirección midiéndose en dos posiciones del anteojo de  $\pm 10''$  ( $\pm 2''$ ) y un error medio de un ángulo medido con la repetición (tres veces) con el método de ida y vuelta de  $\pm 2''$  ( $\pm 1''$ ).

El anteojo del instrumento puede dar la vuelta de campana en ambos sentidos, situándose en ambas partes un visor óptico para la puntería aproximada con una distancia de enfoque comprendida entre 0- $\infty$ . Este anteojo, que produce una imagen derecha, tiene un aumento de 30 veces, una apertura del objetivo de 40 mm y un campo de visión a 1000 m de 21 m, correspondiente a un ángulo de visión de  $1,34^s/1,2^\circ$ . La distancia de enfoque mínima es de 1,9 m, la aproximación en  $\pm 0,5$  mm es de 110 m aproximadamente y la lectura en  $\pm 0,5$  cm se da hasta los 350 m. Los hilos estadimétricos tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0, al igual que los demás instrumentos de la casa. También podemos ajustar el ocular a nuestra vista, es decir, el instrumento está provisto de un anillo regulador de dioptrías.

Ambos limbos son de vidrio y tienen un diámetro de 72,5 mm el horizontal y de 47 mm el vertical. Estos limbos se leen mediante un microscopio situado al lado del ocular del anteojo, con un aumento de 80x para el limbo horizontal y de 125x para el limbo vertical. El intervalo de las divisiones es de  $1^\circ$  ó de  $1^s$ , la lectura directa es de  $1^\circ$  ó de  $20''$  y la apreciación es de  $0,1^\circ$  ó de  $2''$ . Para diferenciar las lecturas de los limbos, el horizontal lleva la anotación "Hz" y el vertical la anotación "V".

Todos los tornillos micrométricos y los tornillos de presión para el microscopio y la alidada están dispuestos coaxialmente a un lado del aparato para que resulten fáciles de alcanzar y

manejar. Los tornillos de presión y los tornillos micrométricos de repetición van protegidos. La plomada óptica es enfocable y va incorporada en la alidada, para poder apuntar al punto base. Para el trabajo en minas y en obras, se adapta otra plomada óptica a la parte superior del aparato.

Este teodolito lleva un sistema de ejes dobles y cilíndricos de acero para permitir la repetición en los ángulos, medidas de ángulos con muy buena exactitud y medidas de distancia con mira.

TEAUT va provisto de un índice automático de altura con un sistema de péndulos amortiguados por aire. Mediante este péndulo, podemos eliminar teóricamente toda la influencia de temperatura, de compensar la influencia de inclinaciones del eje principal y de simplificar el manejo del aparato. Este compensador tiene un ángulo de giro de  $\pm 15^{\circ}$  ( $\pm 8'$ ), un error de autoajuste del ángulo menor a  $\pm 3''$  y un tiempo de parada menor a 1 segundo.

El instrumento consta de dos niveles, un nivel tubular de  $45''/2$  mm de sensibilidad y un nivel esférico sobre la alidada para colocar verticalmente el eje vertical de  $5''/2$  mm de sensibilidad. Como accesorio podemos insertarle un nivel de anteojo de  $30''/2$  mm de sensibilidad para nivelaciones sencillas.

Como ya hemos dicho, este instrumento posee una gran variedad de accesorios como un asa, una brújula tubular, una brújula esférica, un filtro de color para el ocular del anteojo, iluminación eléctrica con contrapeso para ambos limbos, plomada óptica para trabajos en minas, etc.

TEAUT consta de las siguientes partes (fig. 9.6):

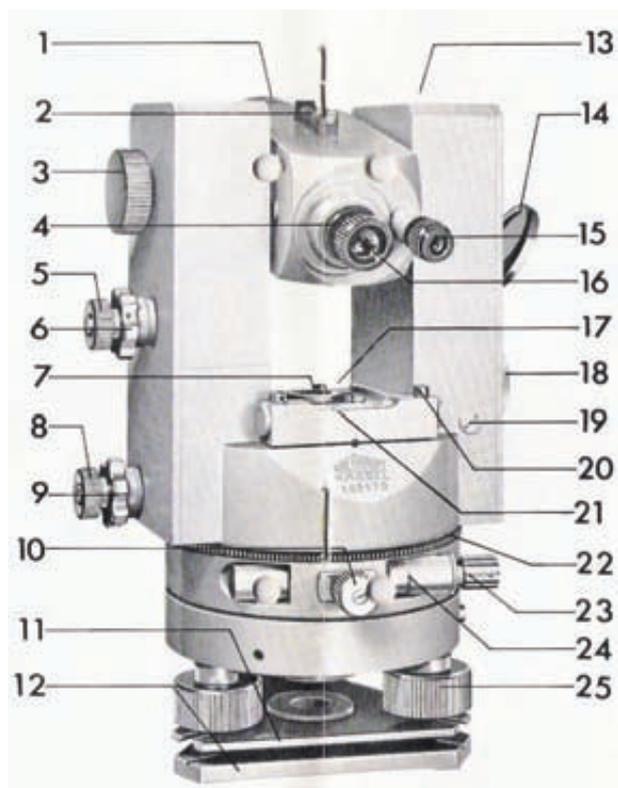


Figura 9.6: TEAUT

- |  |   |
|--|---|
| 1. Objetivo.   | 15. Ocular del microscopio para la lectura de los limbos graduados. |
| 2. Mira de aproximación.                                       | 16. Ocular del antejo.  |
| 3. Tornillo de enfoque.  | 17. Plomada óptica.   |
| 4. Anillo para la graduación de dioptrías.                     | 18. Micrómetro óptico.  |
| 5. Tornillo micrométrico para el antejo.                       | 19. Protector del tornillo de ajuste del índice.                    |
| 6. Tornillo de presión del antejo.                             | 20. Tornillo de ajuste del nivel tubular.                           |
| 7. Nivel esférico.   | 21. Nivel tubular.  |
| 8. Tornillo micrométrico para alidada.                         | 22. Anillo moleteado.   |
| 9. Tornillo de presión de la alidada.                          | 23. Tornillo micrométrico para el limbo.                            |
| 10. Tornillo de presión del limbo.                             | 24. Vaina protectora del tornillo micrométrico del limbo.           |
| 11. Placa tensadora.   | 25. Tornillo nivelador.   |
| 12. Placa centradora.  |   |
| 13. Casquillos para fijación de la asa y de la plomada óptica. |   |
| 14. Espejo iluminador.   |   |

## 9.2. BRÚJULAS

### 9.2.1. COCLA

Destinada a labores geológicas, geofísicas, mineras y tectónicas. Esta brújula está alojada en una caja de metal ligera, en la que podemos observar el limbo de la brújula, la aguja magnética y el imán anular.

La dirección la leeremos en el limbo horizontal de 50 mm de diámetro. Por debajo del limbo horizontal, hay un plástico transparente y resistente para que se puedan hacer lecturas tanto por arriba como por debajo, así se pueden hacer mediciones por encima de nuestras cabezas sin tener que girar la brújula, y por la parte de arriba está protegido por un cristal resistente a la luz solar. Este limbo está fabricado de plástico transparente y está graduado por arriba y por debajo con un intervalo de  $1^g$  o  $1^\circ$ , se lee en el sentido opuesto a las agujas del reloj.

La graduación de la declinación, con el tornillo de ajuste de la declinación dentro de un sector de  $\pm 30^\circ$ , permite eliminar la declinación local y así, podemos medir directamente los acimutes.

El sistema magnético de COCLA está compuesto por la aguja, pintada de rojo la parte Norte y de negro la parte Sur, y por un imán anular de polvo aglomerado. Este imán está totalmente rodeado por la caja amortiguadora, formada de cobre electrolítico, que está atravesada por el campo magnético del imán. Así pues el sistema magnético funciona de la siguiente manera: la variación del campo magnético que se produce al oscilar la aguja hace que a causa de la inducción aparezcan corrientes parasitarias en la caja amortiguadora, cuyos campos magnéticos frenan el movimiento del imán anular y hacen que de este modo las oscilaciones de la aguja magnética se detengan rápidamente.

La tapa sirve de placa de medición y puede girarse alrededor de un plano paralelo al limbo horizontal. Uno de los dos extremos de ese eje está graduado por cuadrantes y sirve como limbo vertical, con un diámetro de 25 mm, para el cálculo de ángulos de buzamientos. Hay marcada una línea de fe para la lectura del limbo, además está graduado en intervalos de  $5^g$  y las decenas impares están numeradas. Se asegura una exactitud de  $1^g(1^\circ)$  en las lecturas

efectuadas. El radio de giro de la tapa es de  $260^\circ$ , con un margen graduado de  $235^\circ$ , y tiene una muesca que sirve de punto de mira para trazar visuales.

El nivel esférico, de sensibilidad  $30''/2$  mm, también puede verse por arriba o por debajo, gracias a un espejo situado debajo de la montura del nivel.

En conclusión, este instrumento tiene la ventaja de hacer mediciones de rumbos y buzamientos al mismo tiempo.

### **9.2.2. BUMON**

BUMON es una brújula taquimétrica muy conocida en España, ya que, el Instituto Geográfico Nacional lo adaptó y usó para el relleno del Mapa Nacional, el Catastro y deslindes y líneas de término. Este instrumento sirve también para realizar levantamientos topográficos, mediciones forestales, determinación de puntos fijos taquimétricos en fotogrametría por intersecciones de la aguja de la brújula, para trabajos de nivelación y jalonamientos, pero sobretodo para trabajos en terrenos escarpados y abruptos.

Está compuesto de un anteojo, colocado lateralmente, excéntrico, analítico, con enfoque interior, cerrado herméticamente, con gran aumento (25x), gran luminosidad (apertura libre del objetivo de 30 mm) y buena resolución con distancia mínima de enfoque de 1 m. Sobre el anteojo hay un nivel reversible con una sensibilidad de  $30''/2$  mm. El hecho de que el anteojo esté colocado en un lateral de la brújula da la posibilidad de poder girarlo alrededor de su eje y permite visuales en terrenos muy abruptos.

El limbo horizontal, con un diámetro de 100 mm y una lectura por nonio de  $2^c$ , tiene una división de medio grado y el limbo vertical, con un diámetro de 60 mm y una apreciación de  $2^c$ , tiene una división de un quinto de grado. Ambos limbos están cubiertos y se leen mediante un microscopio.

La brújula, con un diámetro de 100 mm, es totalmente visible y va montada céntricamente sobre su eje. Las divisiones están hechas cada 10 grados y está numerada en sentido inverso a la esfera del reloj. Tiene un regulador de declinación y peso de inclinación en la aguja magnética, con un ajuste de declinación de  $30^\circ$  hacia la dirección E-W. La aguja tiene una

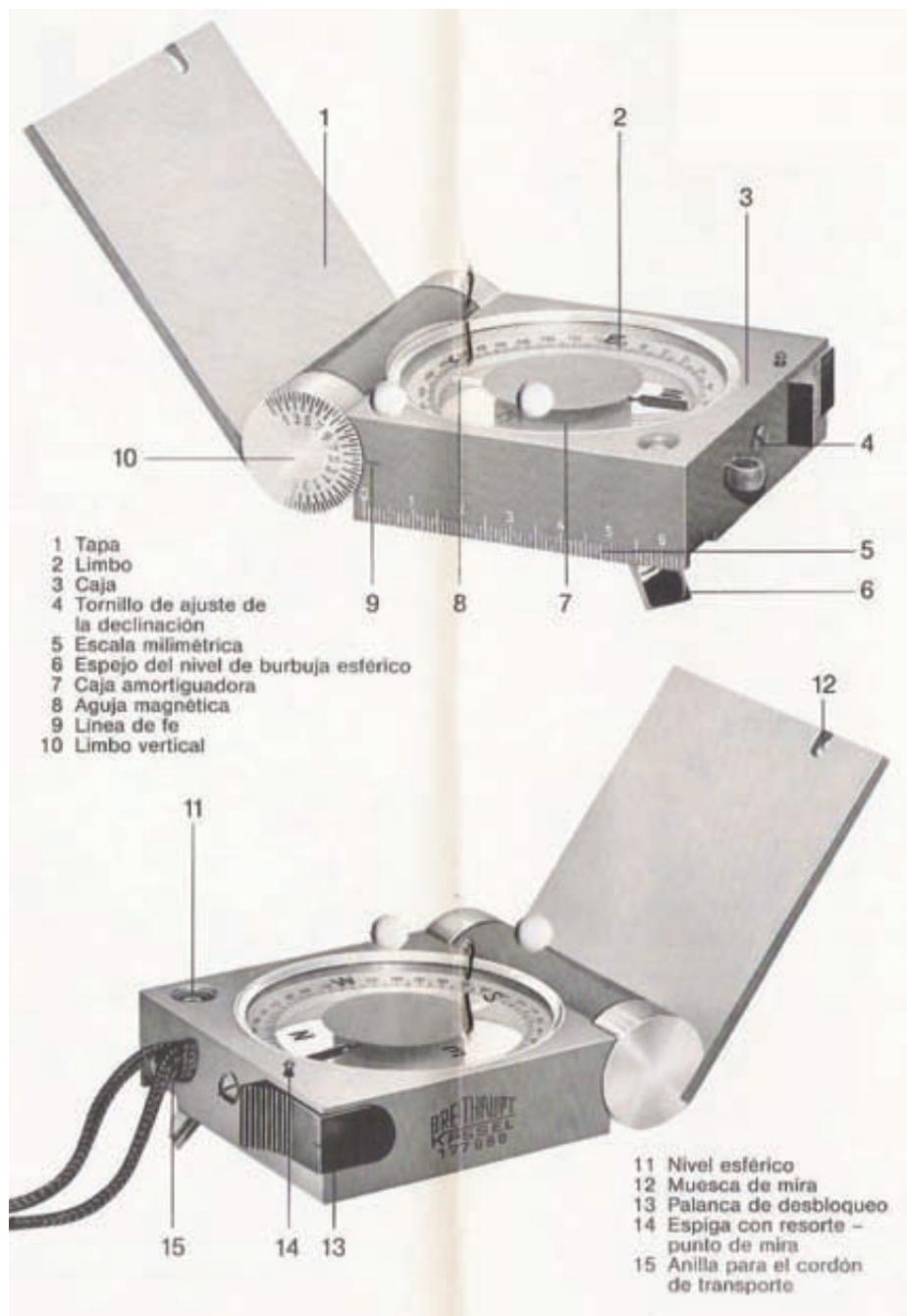


Figura 9.7: COCLA

longitud de 80 mm y para la nivelación de la brújula, hay dos niveles tubulares situados en forma de cruz y con tres tornillos de ajuste, con una sensibilidad de  $60''/2$  mm.

La brújula BUMON consta de (fig. 9.8):

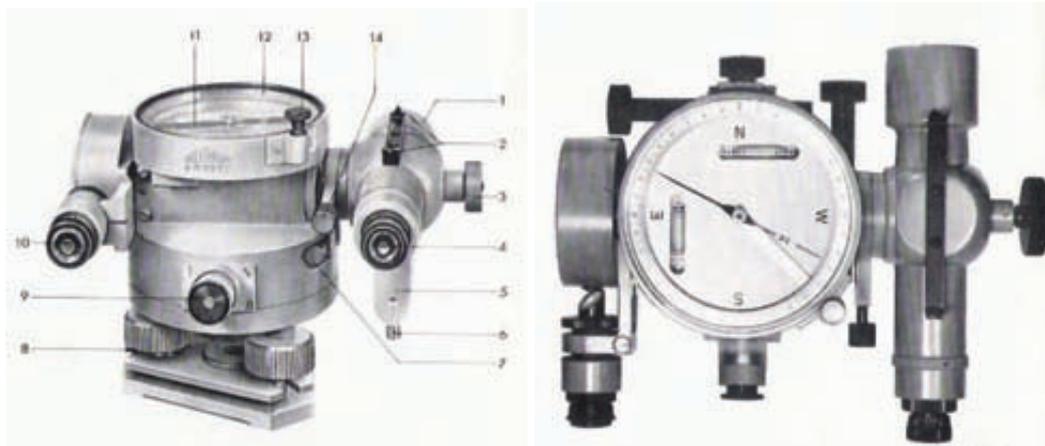


Figura 9.8: BUMON

- |   |  |
|---|--|
| 1. Objetivo del anteojo.                        | 8. Tornillos nivelantes.                       |
| 2. Punto y muesca de puntería.                  | 9. Lectura del limbo horizontal.               |
| 3. Anillo de enfoque.                           | 10. Lectura del limbo vertical.                |
| 4. Ocular del anteojo.                          | 11. Aguja magnética.                           |
| 5. Nivel de reversión del anteojo.              | 12. Ajuste de la declinación magnética.        |
| 6. Tornillo de ajuste.                          | 13. Dispositivo fijador de la aguja magnética. |
| 7. Caja de resorte para el ajuste fino lateral. | 14. Tornillo de presión del anteojo.           |

### 9.2.3. COPRI

Es una brújula con lectura prismática que se puede comparar con la exactitud de un teodolito sencillo, es decir, tiene muchísima exactitud, es una brújula tipo Schmalcalder.

Sus aplicaciones suelen ser topográficas aunque se destaca su aplicación en el ejército y es muy útil en orientación de antenas y sistemas de radioenlace.

Como ya hemos dicho, es una brújula tipo Schmalcalder, con lectura prismática de la esfera en el limbo oscilante que va unido a la aguja magnética. El limbo oscilante es de metal, tiene

subdivisiones de  $0,5^s$  ( $0,5^\circ$ ) y está numerado cada 10 grados centesimales (o sexagesimales). La aguja de la brújula, con un peso de inclinación ajustable en el lado Sur, y con indicación visual del Norte, se levanta de la púa, cuando no se va a utilizar, con ayuda del botón de bloqueo, para proteger tanto la púa como el ágata.

Todo este sistema va perfectamente protegido por una tapa de cristal, que hace que esté todo herméticamente cerrado, sujeta con un anillo de soporte fácilmente extraíble.

Para la medición de ángulos, la brújula prismática se monta sobre un trípode de espiga, al que se le ha añadido una rodilla, y se traza una visual hacia el objetivo mediante la ranura de mira y el hilo de dioptra. Al mismo tiempo, es decir simultáneamente, se procede a la lectura del limbo a través de un prisma esférico enfocable con una aumento de 12x. Un sistema de amortiguación por corriente de Foucault y un dispositivo de parada aseguran que las oscilaciones del limbo se frenen rápidamente.

Las características técnicas de este instrumento son: un diámetro exterior del limbo de 80 mm y de la caja de 106 mm, un error de lectura de  $0,5^s$ , una estimación de  $0,1^s$ , una exactitud de  $\pm 0,1^s$  y una sensibilidad del nivel esférico de burbuja de  $60'$ .

COPRI se compone de las siguientes partes:



Figura 9.9: COPRI.

1. Hilo de dioptra.
2. Anillo de sujeción.
3. Limbo.
4. Nivel esférico de burbuja.
5. Aguja magnética.
6. Botón de bloqueo.
7. Prisma esférico.
8. Ranura de mira.
9. Peso de inclinación.
10. Pinza vertical.
11. Pinza horizontal.
12. Casquillo de sujeción.

#### **9.2.4. COMPTA**

Este instrumento es una brújula colgante para minas con dispositivo de suspensión Cardán tipo Kassel que se utiliza para trazar planos de minas y otros trabajos de minería, túneles y galerías, también se usa para efectuar las mediciones necesarias para la voladura de cámaras en canteras y explotaciones al aire libre.

Tiene una exactitud menor a  $0,1^g$ , una gran precisión y se compone de la brújula y de la suspensión cardán tipo Kassel. La caja de la brújula es de metal ligero, dentro de ella está el limbo, graduado en un intervalo de  $1^g$  y numerado cada  $10^g$ , que avanza hacia la izquierda. El limbo puede ajustarse desde el exterior en un margen de  $\pm 30^\circ$  de declinación. Su error de lectura, ya que se hace por estimación, es de  $0,1^g$ .

La aguja magnética tiene una longitud de 80 mm, el lado Norte está pintado de rojo y sus puntas son agudas. Hay un contrapeso desplazable en el lado Sur para balancear la aguja y ponerla en dirección horizontal a la inclinación local, desmontando el anillo de retención y el cristal (que está tratado y no se carga con electricidad estática), se puede ajustar fácilmente la inclinación. Mediante un dispositivo de bloqueo se amortiguan las oscilaciones de la aguja y se levanta ésta de la púa, para protegerla contra las sacudidas cuando ya no se utiliza la brújula.

Los puntos cardinales E y W, están invertido según las normas internacionales.

A este instrumento se le puede añadir un clinómetro colgante para efectuar lecturas verticales.



Figura 9.10: COMPTA

### 9.2.5. CONAT

Esta brújula no es usada en topografía, sino que se usa para excursiones, senderismo o actividades al aire libre, por lo que no tendremos especial atención sobre ella. Simplemente, llama la atención en ella que su escala está graduada en milésimas artilleras, una graduación muy poco usada pero que se debe conocer.

Si nos fijamos en la figura 9.11, podemos ver que el instrumento consta de las siguientes partes:

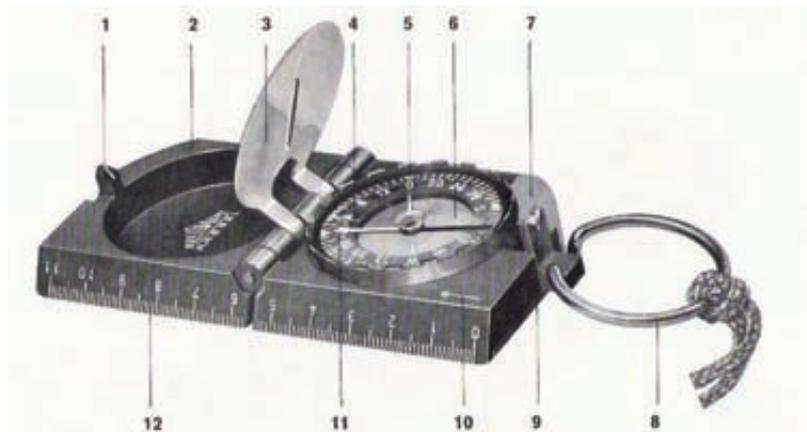


Figura 9.11: CONAT

1. Punto de mira.
2. Caja.
3. Espejo con raja de mira.
4. Indicador de dirección de marcha.
5. Línea blanca Este-Oeste.
6. Cápsula con líquido de amortiguación.
7. Plana de escribir.
8. Argolla para el pulgar.
9. Entalladura de mira.
10. Flecha de dirección.
11. Aguja magnética.
12. Borde de la regla con escala milimétrica.

### **9.2.6. COSTU**

COSTU es la brújula diseñada para estudiantes. Entre sus características está la protección frente a las caídas y, por ejemplo, para ello no llevan cristal sino plásticos. Es resistente al agua, y es más, funciona debajo del agua.

Mide como cualquier otra brújula geológica, ángulos horizontales y verticales, y puede utilizarse para mediciones de orientación, para la realización de croquis topográficos correctamente proyectados y para introducir detalles en mapas ya hechos, así como para cualquier tipo de medición y levantamientos geológicos.

Su característica principal frente a otras brújulas es la cápsula de plástico transparente con líquido amortiguador donde oscila la aguja, esto hace que la aguja se estabilice siempre y esté mucho más quieta que en otras. Además, al ser la cápsula transparente y al llevar el fondo de la caja unas aberturas, se puede observar el mapa a través de la brújula. Todo esto va en el interior de una caja de metal ligero, en cuyo fondo está el limbo horizontal de 360° y graduado en intervalos de 5° y numerados cada 30°, con lectura hacia la izquierda. Permite la lectura inmediata de todas las direcciones horizontales medidas, trazando visuales o dejando la brújula sobre el terreno, de la aguja con la posición de la punta Norte (pintada de blanco) de la aguja y sin tener que girar la cápsula de la brújula.

La caja se compone de una base y una tapa. En el eje de la tapa hay un espejo que permite observar la rosa de los vientos y la aguja magnética mientras se traza una visual. La lectura también se puede realizar desde abajo, es decir, podemos hacerlas por encima de nuestras ca-

bezas. Lleva una línea de fe para indicar la dirección, con ésta y girando la cápsula, podemos comprobar cualquier indicación errónea o desviación de la aguja.

El canto de apoyo, de 110 mm de longitud y escala milimétrica, sirve para dibujar o registrar direcciones. Paralela al canto de apoyo, está la muesca de mira para trazar visuales.

En la tapa de la brújula hay un inclinómetro de péndulo que sirve para determinar los ángulos cenitales. Está graduado en dos cuadrantes y numerado cada 10° ascendiendo hasta los 90°, en cualquier dirección.

El nivel de burbuja esférico tiene una sensibilidad de 1°/2mm. Además, tiene una precisión de ajuste y lectura de 1°.

Las partes de la brújula COSTU son las siguientes:

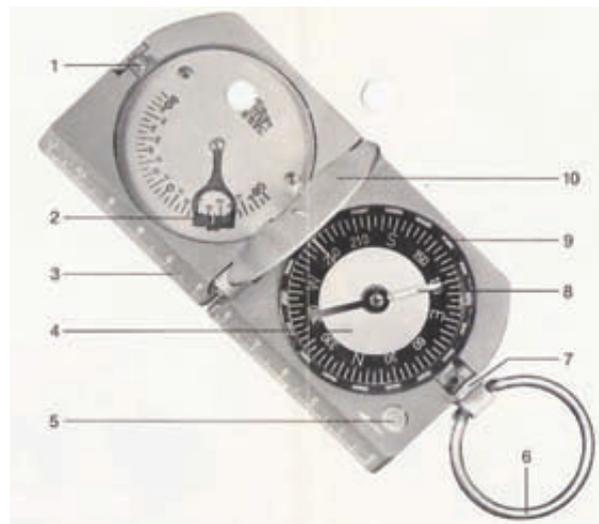


Figura 9.12: COSTU

- |                                   |                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Punto de mira.                 | 6. Anillo.                          |
| 2. Inclinómetro de péndulo.       | 7. Muesca de mira.                  |
| 3. Canto con escala micrométrica. | 8. Aguja magnética (extremo Norte). |
| 4. Cápsula con el líquido.        | 9. Indicador de la dirección.       |
| 5. Nivel de burbuja esférico.     | 10. Espejo con ranura de mira.      |

## **9.3. NIVELES**

### **9.3.1. NAKRE**

Este nivel es usado en trabajos de elevada exactitud para ingenierías y construcciones. También se puede usar para el trazado de ferrocarriles, carreteras y canales, además de en minas y en trabajo topográficos de levantamientos y replanteos.

El instrumento está compuesto, prácticamente, por un anteojo de enfoque de longitud invariable con gran aumento (30x), gran luminosidad, buena resolución y con una abertura libre de 40 mm. En el anteojo hay incorporados niveles tubulares y esféricos, debidamente protegidos, y con una sensibilidad de  $20''/2$  mm y  $6''/2$  mm, respectivamente. Además, la exactitud de ajuste por coincidencia es de  $0,5''$ . Lleva incorporados al anteojo, también, un tornillo de presión con el que se fija el anteojo, un tornillo lateral con regulación de marcha, tornillos de nivelación con rosca cubierta y regulación de marcha. Todos estos tornillos sólo se manejan con la mano derecha. Junto al ocular del anteojo, se puede efectuar la lectura por microscopio.

El limbo horizontal es de cristal, de 80 mm de diámetro y de una graduación de  $400^g$  ( $360^\circ$ ) con un intervalo de graduación de  $1^g$  ( $1^\circ$ ). La lectura tiene una apreciación de  $2^c$  ( $1'$ ).

También destacar, que el error medio por 1 km en nivelación doble es de  $\pm 2$  mm, lo cual indica la altísima precisión con la que trabajamos.

### **9.3.2. NAKUM**

Este nivel tiene como principal campo de aplicación la construcción. Tiene una construcción compacta y robusta con una gran estabilidad.

Las características que hacen a este instrumento idóneo para la construcción son: su anteojo de enfoque con gran luminosidad, gran aumento (25x) y buena resolución; sus niveles tubulares y esféricos tienen sensibilidades de  $30''/2$  mm y  $6''/2$  mm, respectivamente, y están incorporados al nivel y protegidos; y además, tiene tornillos de presión y coincidencia en el anteojo y en la base.



Figura 9.13: NAKRE



Figura 9.14: NAKUM

Su limbo horizontal ajustable tiene freno de fricción y una apreciación hasta  $0,1^{\circ}$ , el intervalo de graduación es de  $1^{\circ}$ .

También podemos apreciar que el error medio por nivelación doble en 1 km es de  $\pm 8$  mm, lo cual significa que es apropiado para cualquier tipo de obra en la que no se requiera una precisión excesivamente alta.

NAKUM consta de las siguientes partes (fig. 9.15):

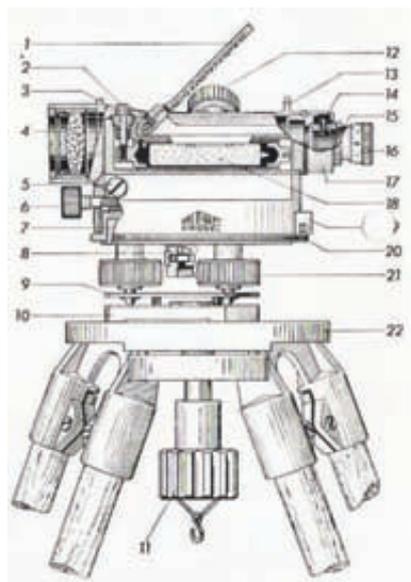


Figura 9.15: Partes de NAKUM

- |   |  |
|---|--|
| 1. Espejo para la lectura del nivel.              | 12. Botón de enfoque.                          |
| 2. Tornillo de ajuste del nivel.                  | 13. Muesca de mira.                            |
| 3. Punto de mira.                                 | 14. Ajuste del retículo.                       |
| 4. Objetivo.                                      | 15. Retículo.                                  |
| 5. Caja del resorte para el tornillo lateral.     | 16. Ocular.                                    |
| 6. Tornillo de presión.                           | 17. Tapa de protección.                        |
| 7. Base con limbo horizontal.                     | 18. Nivel tubular.                             |
| 8. Tornillo con fijación para el sistema de ejes. | 19. Lente de lectura para el limbo horizontal. |
| 9. Placa tensadora.                               | 20. Limbo horizontal ajustable.                |
| 10. Placa centradora.                             | 21. Tornillo de nivelación.                    |
| 11. Tornillo de fijación central.                 | 22. Cabeza del trípode.                        |

### 9.3.3. NIFIX

Básicamente este nivel está destinado a la construcción, por lo que su precisión será normal. Su error medio por kilómetro es de  $\pm 7$  mm.

Tiene un anteojo analítico con enfoque interno y un aumento de 20x. El anteojo tiene una distancia mínima de enfoque de 0,8 m y una distancia máxima de enfoque para apreciación

en milímetros de 270 m, además la abertura libre del objetivo es de 30 mm.

Lleva un nivel esférico y uno tubular con sensibilidades de  $15''/2$  mm y  $40''/2$  mm, respectivamente, incorporados y protegidos por la carcasa del instrumento.

No lleva tornillos nivelantes, en su lugar posee el sistema de cabeza de rótula para nivelar el instrumento. Para el ajuste exacto de la horizontal está el nivel esférico para una aproximación, el nivel tubular del anteojo y, para el ajuste exacto, el tornillo de inclinación.

El limbo, graduado de  $400^g$  o  $360^\circ$  (según nuestras preferencias), ajustable con lupa tiene una lectura directa de  $1^g$ .

Este nivel se compone de las siguientes partes:

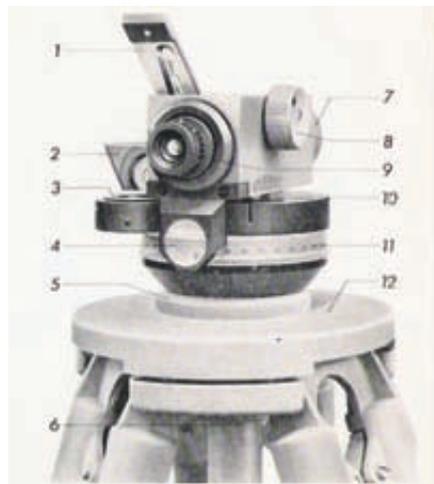


Figura 9.16: NIFIX

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. Espejo para la lectura del nivel tubular.  | 7. Objetivo.                  |
| 2. Espejo para la lectura del nivel esférico. | 8. Botón de enfoque.          |
| 3. Nivel esférico.                            | 9. Ocular.                    |
| 4. Lupa.                                      | 10. Tornillo de inclinación.  |
| 5. Cabeza de rótula.                          | 11. Limbo graduado ajustable. |
| 6. Tornillo central con gancho para plomada.  | 12. Cabeza del trípode.       |

### 9.3.4. AUCIR

El nivel automático de la casa por excelencia. Sirve para cualquier tipo de trabajo, especialmente para nivelaciones de gran precisión.

El instrumento tiene un anteojo analítico, de largo inalterable, con gran aumento, 27x, y óptica acromática.

Su nivelación es sencilla gracias a los tornillos nivelantes y el nivel esférico. La nivelación es afinada automáticamente, por el regulador de la línea de puntería incorporado, de gran precisión. El regulador de la línea de puntería se compone de dos elementos ópticos, que se pueden observar en la figura 9.18: el primero es un espejo pendular (3) con una inclinación de 45° sobre la horizontal y, el segundo, es un prisma rectangular fijado por encima (4). Los rayos de luz se reflejan por el espejo en rectángulo hacia arriba al prisma y desviados por este al ocular y retículo. El espejo pendular está suspendido de una cinta de torsión horizontal y transversalmente a la dirección de la visual. El centro de gravedad del péndulo que sostiene al espejo, está por debajo del punto de suspensión. El péndulo se halla pues en equilibrio estable. Las oscilaciones del péndulo son reducidas por un fuerte freno de corrientes parásitas. Por usar una cinta de muy bajo momento de torsión se consigue que el centro de gravedad del péndulo se halla en la vertical bajo el punto de suspensión aunque el instrumento esté algo inclinado. Por consiguiente la posición del péndulo es insensible a las fluctuaciones de las constantes del material; tales podrían producirse por cambios de temperaturas o oscilaciones de la fuerza de gravedad. El ajuste del instrumento es por eso muy estable.

Aparte de que, gracias a este sistema, la nivelación es más rápida y segura, este instrumento tiene otras ventajas como que no le influyen los cambios de temperatura, su manejo es muy sencillo, el prisma angular está bien protegido para la lectura del nivel esférico, tiene un tornillo sin fin para el ajuste fino lateral por freno de fricción y que es manejable por ambos laterales, y que lleva un parasol unido fijamente al anteojo. Además, al nivelar en línea en terrenos favorables y con dos miras, puede alcanzar un rendimiento de 2 km/h.

Los datos técnicos son: abertura libre del objetivo 33 mm, distancia mínima de enfoque

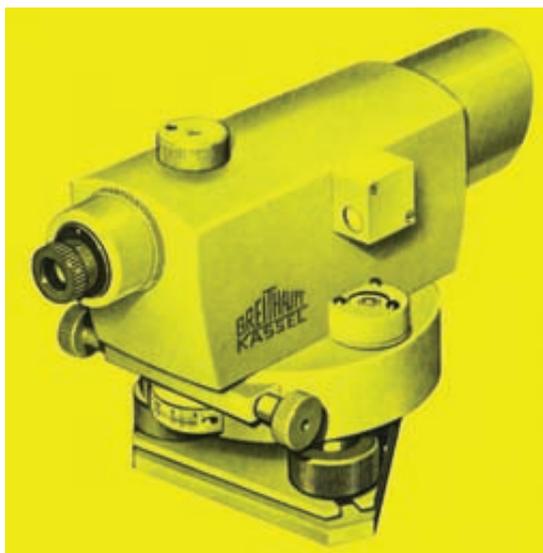


Figura 9.17: AUCIR

1,5 m, faltas medidas por kilómetro en nivelación doble desde  $\pm 2$  mm hasta  $\pm 3$  mm y sensibilidad del nivel esférico de  $8\frac{1}{2}$  mm. La lectura en centímetros es correcta hasta 250 m y la apreciación en milímetros hasta 120 mm. El limbo horizontal de metal tiene un diámetro de 105 mm, una división de  $400^s$  ó  $360^\circ$ , la graduación va de grado en grado y tiene una estimación de hasta  $0,1^s$  ó  $0,1^\circ$ .

El instrumento está compuesto por:

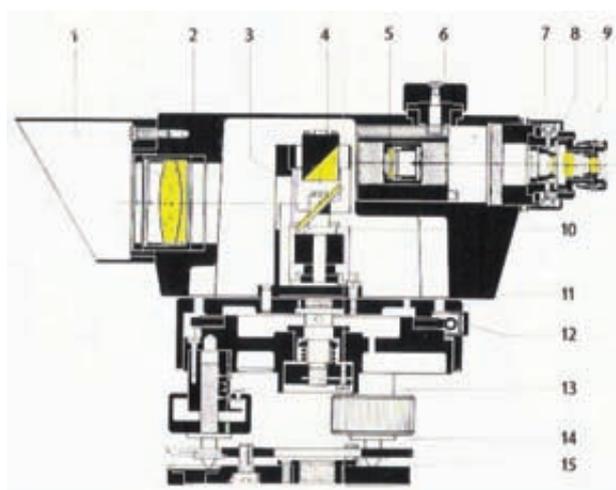


Figura 9.18: Corte de AUCIR

1. Lente objetiva.
2. Tubo del anteojo.
3. Péndulo compensador con espejo.
4. Prisma de desviación.
5. Lente de enfoque.
6. Tornillo de enfoque.
7. Tornillo de ajuste del retículo.
8. Retículo.
9. Lente ocular.
10. Freno de corriente parásita.
11. Tornillo sin fin para el ajuste lateral fino.
12. Corona dentada para el freno de fricción.
13. Tornillos de nivelación.
14. Placa de resorte.
15. Placa de centrado.

### **9.3.5. NABON**

Es un nivel de precisión para observaciones de redes de primer orden y que lleva un micrómetro con placa paralela.

El uso al que está destinado el nivel es a las nivelaciones que necesiten el mayor grado de exactitud. Algunos de sus usos pueden ser la determinación de daños producidos en movimientos de tierras en montaña; la construcción de aviones o tomar medidas en puentes, presas, etc.

Está construido totalmente herméticamente, lo que lo protege de forma extraordinaria de la humedad y el polvo, aunque eso haga que el peso total del instrumento sea un poco elevado; el instrumento pesa 6,6 kg, el trípode 7,5 kg y la caja de madera para el transporte 4,1 kg.

El instrumento consta de un anteojo con 42 aumentos, 50 mm de abertura libre del objetivo, enfoque interno y retículo de cuña. Tiene un nivel en el anteojo con longitud de burbuja constante que cuenta con una sensibilidad de  $8''/2\text{ mm}$ , además en la base del instrumento hay dos niveles en cruz con una sensibilidad de  $1''/2\text{ mm}$ . Posee un tornillo de presión para la sujeción del anteojo, tornillo de movimiento lento en el lateral y tornillo de inclinación de precisión. La lectura con el micrómetro de placa paralela ofrece una precisión de 0,05 mm, con una exactitud de ajuste por coincidencia de  $0,2''$  que se encuentra junto a la imagen de la mira. La placa paralela se puede separar del instrumento y la lectura se hace a miras de hilos

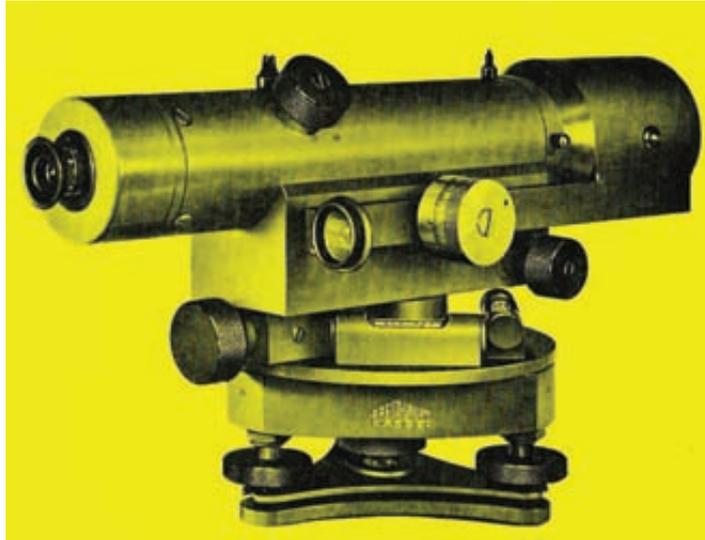


Figura 9.19: NABON

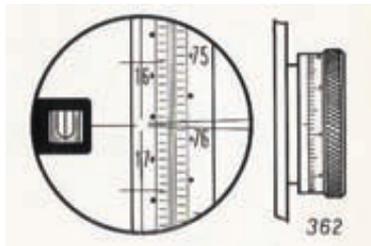


Figura 9.20: Detalle del campo de visión

invar que proporcionan un error medio por km de  $\pm 0,2 - \pm 0,3$  mm.

## 9.4. INSTRUMENTOS ESPECIALES

### 9.4.1. TODIS

Es un telémetro óptico de precisión con retículo y con mira de base, que forma parte del instrumento.

Se compone básicamente de la base inferior, los soportes, la regla de base con anteojo y portaprismas y la brújula totalmente visible y fija sobre el soporte.

La base inferior gira alrededor del eje vertical del instrumento y está situada sobre los tres tornillos nivelantes. En esta parte del instrumento se sitúa el limbo horizontal, cuya lectura se efectúa mediante una lente que se encuentra debajo del ocular del anteojo. El limbo está

dividido en medios grados. En la base inferior tenemos un nivel esférico con una sensibilidad de  $4''/2 \text{ mm}$ .

Los soportes contienen el limbo vertical, que está dividido en medios grados en un intervalo de  $-45^{\circ}$  a  $+45^{\circ}$  ó de  $-40^{\circ}$  a  $40^{\circ}$ , y el círculo de reducción.

La brújula de corona, de 80 cm de diámetro, se encuentra encima de los soportes y se lee mediante un espejo.

El telémetro consiste en una regla de base de forma T de 90 cm de largo, dividido en milímetros. En medio del riel está el anteojo, donde aparecen dos semi-imágenes del objetivo apuntado, desplazando los prismas movibles hacemos la coincidencia de las imágenes, entonces ya podemos efectuar la lectura.

El anteojo del instrumento tiene un aumento de 6 veces y un campo visual de  $1^{\circ}5'$  a  $2^{\circ}44'$ .

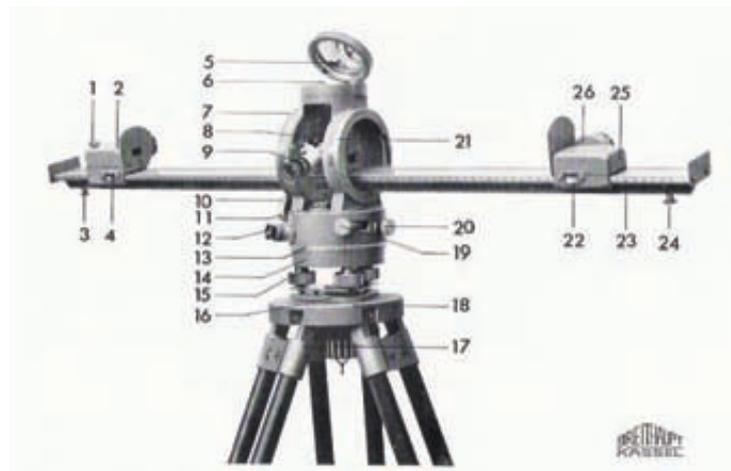


Figura 9.21: TODIS

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 1. Tornillo de rectificación de faltas de altura.     | 14. Base de tres tornillos.           |
| 2. Portaprismas I izquierdo.                          | 15. Tornillo de nivelación.           |
| 3. Tope para portaprismas I.                          | 16. Placa base de centralización.     |
| 4. Índice de lectura con lente.                       | 17. Tornillo de fijación central.     |
| 5. Espejo abatible.                                   | 18. Cabezal del trípode.              |
| 6. Botón de sujeción.                                 | 19. Tornillo de ajuste fino lateral.  |
| 7. Limbo vertical.                                    | 20. Tornillo aprisionador lateral.    |
| 8. Mira de orientación.                               | 21. Círculo de reducción.             |
| 9. Anteojo.   | 22. Índice de lectura con base.       |
| 10. Tornillo propulsor.                               | 23. Riel de la base.                  |
| 11. Nivel esférico.                                   | 24. Tope para portaprisma II derecho. |
| 12. Lente de lectura del limbo horizontal.            | 25. Portaprisma II derecho.           |
| 13. Anillo grafiado para cambiar el limbo horizontal. | 26. Cuña de medida II.                |

#### **9.4.2. DRESI**

Este instrumento es un colimador óptico que está destinado a la construcción y reparación de vías de ferrocarril con el objetivo de darles la altura correcta.

Este instrumento se compone de un anteojo giratorio por un eje vertical y basculante sobre un eje horizontal, un trípode y una mira que se monta sobre una barra tubular.

El anteojo tiene un aumento de 25 veces, una longitud total de 210 mm, un diámetro libre del objetivo de 40 mm y un campo visual de 1°40'. La distancia mínima de mira es de 1,2 m y la distancia máxima para la lectura de milímetros es de 100 m.

La altura del eje basculante encima del carril en posición cero del desplazamiento en altura es de 1,35 m, y el desplazamiento en altura es de 50 m. La altura del trípode sobre la vía es de 1,16 m.

La longitud de la mira es de 250 mm y está dividida cada 2 mm por recuadros.



Figura 9.22: DRESI

### 9.4.3. NECLI

NECLI es un eclímetro óptico de mano que sirve para medir inclinaciones.

Se puede aplicar a los siguientes trabajos topográficos: nivelaciones sencillas y con poca exactitud, determinación de alturas, levantamiento de perfiles longitudinales y transversales, preparación de proyectos en la construcción de obras lineales, reducción a la horizontal de distancias inclinadas, etc.

La parte esencial de este eclímetro es su anteojo refractado, en cuyo plano de la imagen está colocado un limbo graduado transparente con dos parejas de escalas, en total 4 graduaciones, que aparecen dos a dos simultáneamente con la imagen del objetivo. En una primera posición la imagen del objeto aparece junto con la graduación centesimal, para la medición de inclinaciones, y con la graduación en tanto por cien, para la determinación de alturas, de distancias e inclinaciones. La otra posición tiene la imagen junto con las graduaciones en grados sexagesimales, para la medida de inclinaciones, y la reducción de distancias a la horizontal, para la reducción a la horizontal de distancias inclinadas según la función  $100 \cdot (1 - \cos(h))$ . Cada una de las graduaciones va marcada con sus correspondientes símbolos para evitar equivo-

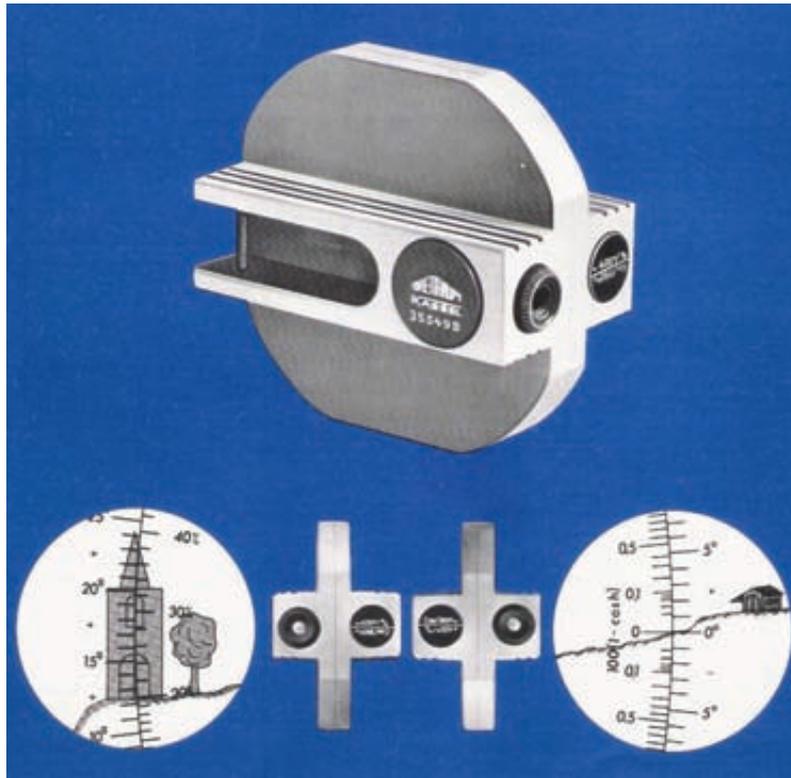


Figura 9.23: NECLI

caciones. Para cambiar de una posición a otra, simplemente giramos el eclímetro  $180^\circ$ . El limbo, protegido en el interior de la caja del instrumento, oscila libremente orientándose hacia la dirección de la plomada gracias a un peso pendular, independiente de la inclinación del anteojo. Para que las oscilaciones se pierdan rápidamente y así no perder tiempo, el instrumento tiene una amortiguación líquida.

Las características técnicas del instrumento son: un diámetro del limbo de 46 mm y una exactitud de la medición de  $\pm 0,2^\circ$ . Los intervalos de graduación para las escalas son de  $1^\circ$  para la escala sexagesimal y de  $1^s$  para la escala centesimal, con una estimación de  $0,1^\circ$  y  $0,1^s$  en su escala correspondiente. Los intervalos en las otras dos escalas dependen del sector del limbo en el que estemos, por eso la graduación en la escala en tanto por ciento varía entre el 1% y el 5% y en la escala de reducción a la horizontal varía entre  $\pm 0,02$  y  $\pm 1$ .

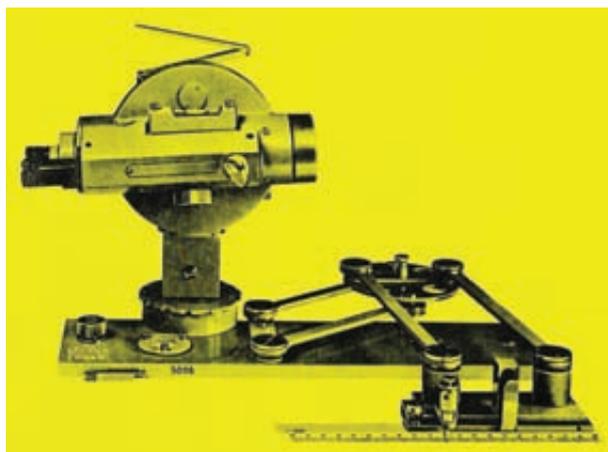


Figura 9.24: MERED

#### 9.4.4. MERED

Este instrumento es una alidada autorreductora, que está destinada a levantamientos topográficos mediante métodos gráficos o para levantamientos fotogramétricos de terrenos. La alidada, de pequeñas dimensiones, está pensada para que se pueda transportar fácilmente, aunque su peso sea de 3.8 kg. A ella se le aplica una regla “Piquoir” con escalas intercambiables de 1:1000, 1:2000, 1:5000 y 1:25000.

El anteojo de enfoque interno tiene un aumento de 25x, una abertura libre del objetivo de 40 mm, un campo visual de  $1,8^s$  ( $1^{\circ}40'$ ) con una imagen derecha, dispositivo de reducción con retículos curvos según funciones de seno y coseno, de fecha muy reducida y campo de medida de  $\pm 50^s$  con constantes para la medida de diferencias de altura de  $\pm 10$ ,  $\pm 20$  y  $\pm 50$ .

Posee un limbo vertical de cristal con una lectura directa de  $10^c$  ( $10'$ ) y una lectura por apreciación con microscopio de  $1^{\circ}$  ( $1^s$ ). Este limbo tiene un diámetro de 78 mm con una graduación cada  $1^s$  ( $1^{\circ}$ ) y una numeración sucesiva en distancias cenitales de  $50^s$  ( $45^{\circ}$ ) hasta  $150^s$  ( $135^{\circ}$ ) y de  $250^s$  ( $225^{\circ}$ ) hasta  $350^s$  ( $315^{\circ}$ ).

Tiene tornillos para los movimientos verticales y horizontales.

Además, la sensibilidad de los niveles son: para el nivel tabular del anteojo  $30''/2$  mm, para el nivel del limbo vertical como para el nivel transversal sobre pie de columna es de  $60''/2$  mm y el nivel esférico es de  $20''/2$  mm.

## Capítulo 10

### CARL ZEISS

Carl Zeiss (11 de septiembre de 1816 – 3 de diciembre de 1888) nació en Weimar, Alemania, como el quinto hijo de doce hermanos. Su padre, Johann Gottfried August Zeiss, fue un reputado artesano de ámbar y nácar, y su madre, Johanna Antoinette Friederike, era hija de un juez.

Todos sus hermanos optaron a estudios superiores de historia y filosofía, excepto Carl, que debido a unas dolencias físicas que no le permitían estar mucho tiempo sentado tuvo que decantarse por las tecnologías de aplicación. Así pues, cuando alcanzó la edad para ir a la Universidad, empezó allí sus estudios de mecánica. En 1834 se trasladó a Jena para estudiar junto al profesor Dr. Friedrich Körner y completar su formación científica. Por aquel entonces, Carl, ya destacaba como óptico, ya que su manejo con las lentes era envidiable. A partir del año 1838 y hasta el año 1845, estuvo trabajando en varios laboratorios de Alemania y Europa, mejorando su técnica y aprendiendo de los grandes ópticos de entonces.

El 10 de mayo de 1846, ya de vuelta en Jena, Zeiss pide la licencia para abrir su propia empresa, y tras un duro examen para ver si estaba capacitado, la consigue. Así pues, ese mismo año, Carl Zeiss abre su primer taller de mecánica de precisión y de óptica en la ciudad de Jena. Carl, empieza fabricando él solo sus primeros microscopios, balanzas, barómetros, termómetros y gafas, entre otras muchas cosas, que después vendía para vivir. Fue tal el éxito de sus instrumentos que en 1847, contrató a su primer ayudante, August Löber (1830-1912) y el que más tarde se convertiría en su mano derecha. La casa Zeiss, fue adquiriendo fama y

prestigio tanto que Zeiss empezó a contratar más gente. En esta época, la forma de trabajo era lo que hoy se llama “toyotismo”, cada empleado construía entero el instrumento, de ahí que cada instrumento estuviera firmado por su constructor. Pero esta situación cambió en 1857, cuando Löbers se encargó de dirigir a los trabajadores y la forma de trabajo pasó a ser lo que hoy se conoce como “fordismo”, “taylorismo” o “cadena de montaje”, en la que cada empleado estaba especializado en una parte del montaje. En 1857, se puso a la venta un microscopio de dos lentes y un objetivo, con un tubo en movimiento gracias a un tornillo, que le hizo ganar aún más fama mundial.

En 1866, Carl Zeiss se alía con un jovencísimo Ernst Abbe (23 de enero de 1840-14 de enero de 1905), con la idea de crear un objetivo óptico sencillo que pueda calcularse con las ecuaciones de la física óptica directamente, sin tener que pasar por las pesadas pruebas de ensayo-error. Abbe llegó a crear dos años más tarde, el sistema de lentes acromáticas para microscopios compuestos que eliminaba las aberraciones cromáticas primaria y secundaria debidas a variaciones en el índice de refracción del material de la lente, defecto que producía una imagen coloreada en los bordes. En 1872 desarrolló un sistema de lentes que hacían converger la luz hacia el objeto observable del microscopio, conocido como el condensador de Abbe. Esto permitió crear mejores y más económicos en costes. También están sus aportaciones en el campo de la óptica teórica, como la llamada relación de los senos, la cual establece las condiciones que deben satisfacer las lentes de un sistema óptico centrado para generar imágenes nítidas, libres de aberración esférica. Por todos estos inventos, Zeiss le pagó a Abbe una muy considerable cantidad, y en 1875 le concedió una parte de la fábrica.

En 1884, Otto Schott, Ernst Abbe, Roderich Zeiss y Carl Zeiss fundan la nueva empresa “Jeaner Glaswerk Schott und Genossen”. En 1889, un año después de la muerte de Zeiss, Ernst Abbe crea la “Carl Zeiss Stiftung” (la fundación Carl Zeiss), que en 1991 sería la única dueña de la empresa Carl Zeiss.

Cuando llega la separación de Alemania a causa de la Segunda Guerra Mundial, la empresa se divide en dos empresas, una en Alemania Occidental, en Oberkochen, y otra en Alemania Oriental, en Jena. Estas dos empresas son totalmente independientes la una de la otra, teniendo una relación competitiva por ser la única casa Zeiss. Entre algunos de sus conflictos,

se encuentra la creación del nivel automático Ni 2 por parte de la Zeiss de Oberkochen, del cual se “copió” el mecanismo por parte de la Zeiss de Jena naciendo el Ni 007. Con la caída del muro de Berlín, y por lo tanto, la reunificación de Alemania, las dos empresas Carl Zeiss se unen, otra vez, en una sola.

Hoy en día, la casa Zeiss sigue siendo una de las más importantes del mundo en la fabricación de instrumentos de precisión.

## **10.1. TEODOLITOS**

### **10.1.1. TH 2**

El Th 2 es un teodolito de segundo creado en la casa Zeiss de Alemania Occidental (Oberkochen). Tiene su aplicación en mediciones de precisión de ángulos en poligonaciones, en triangulaciones hasta del 2º orden, en comprobaciones de verticalidad, en mediciones de distancias con ayuda de la mira de base, en orientaciones astronómicas, en mediciones en construcción y obras civiles, y en la construcción de maquinaria cuando se precise exactitud de segundos.

La exactitud nominal del instrumento es de  $\pm 1''$  ó  $\pm 2,5''$ .

El anteojo analáctico produce una imagen derecha. Tiene un aumento de 30x, una abertura del objetivo de 40 mm de diámetro y una longitud total de 155 mm. El anteojo puede girarse por ambas posiciones. El campo visual es de 2,4 m por 100 m y la distancia mínima de visual es de 1,6 m. Los hilos estadimétricos tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición despreciable a partir de 2,5 m.

La lectura del limbo (fig. 10.2) está casi completamente digitalizada, con lo que evitamos los errores de lectura. Podemos orientar el limbo con ayuda de un tornillo de apriete y con el movimiento micrométrico. El ajuste se hace mediante coincidencia y a través de un microscopio de lectura. Este último, tiene una sensibilidad de 36x para el limbo horizontal, de diámetro 100 mm, y de 42x para el limbo vertical, de diámetro 85 mm. Para distinguir los limbos, cada uno lleva un color, el limbo horizontal es amarillo y el vertical azul. El intervalo

del micrómetro es de  $1^{\text{cc}}$  ó de  $1''$ . Los movimientos micrométricos horizontales y verticales están puestos en forma coaxial a sus correspondientes tornillos de apriete. Ambos sistemas son paralelos para una mayor comodidad de manejo.

El instrumento lleva un índice automático de altura, el cual lleva un compensador largo de péndulo con un margen de funcionamiento de  $\pm 2'$  y una exactitud de horizontalización de  $\pm 0,2''$ .

La base de rótula nos permite hacer una horizontalización aproximada bastante rápida, y la unión del instrumento y el trípode mediante una membrana nos crea una unión resistente a las torsiones.

La plomada óptica está incorporada en la alidada y nos ayuda a hacer un centraje más rápido y efectivo. Tiene un aumento de  $2x$  y un margen de enfoque desde  $0,55\text{ m}$  hasta  $\infty$ .

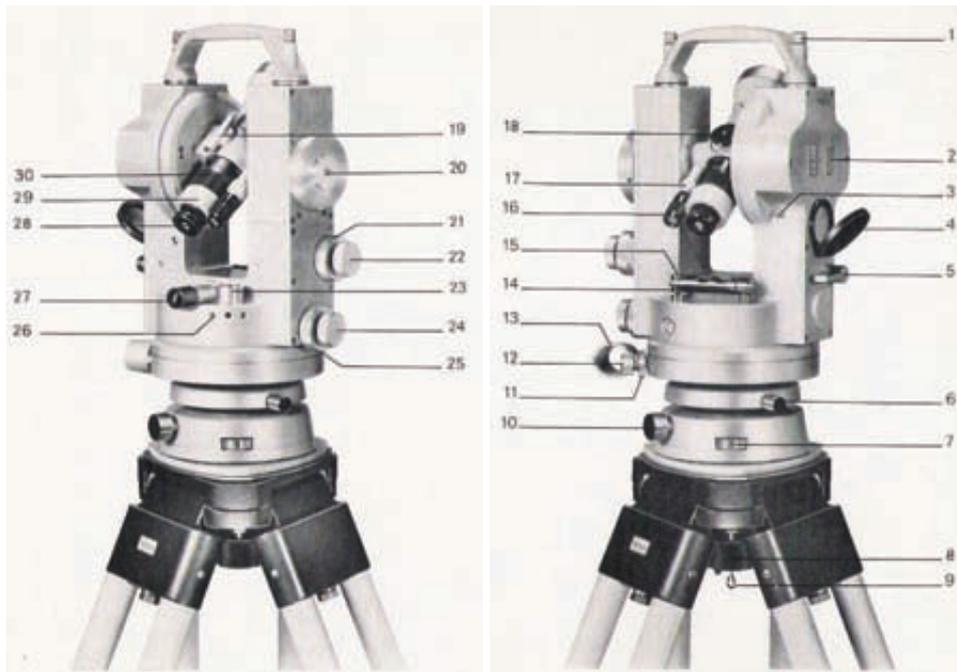


Figura 10.1: Th 2

1. Asa de transporte con tornillos de fijación.
2. Carriles de guía para montar el dispositivo de iluminación.
3. Tornillo de ajuste del índice automático de altura.
4. Espejo de iluminación.
5. Palanca de conmutación.
6. Tornillo de bloqueo para el perno de encaje.
7. Tornillo nivelador fino.
8. Tornillo de sujeción.
9. Gancho de plomada.
10. Tornillo para bloquear la base esférica.
11. Tornillo para bloquear el limbo.
12. Movimiento fino del limbo.
13. Caperuza de protección .
14. Nivel tubular de alidada.
15. Tornillos de ajuste del nivel tubular.
16. Ocular del microscopio.
17. Tornillo moleteado del microscopio.
18. Iluminación del campo visual.
19. Colimador de puntería.
20. Tambor micrométrico.
21. Tornillo para bloquear el limbo vertical.
22. Movimiento vertical fino.
23. Nivel esférico.
24. Movimiento lateral fino.
25. Tornillo para bloquear el movimiento lateral.
26. Tornillos para ajustar el nivel esférico.
27. Plomada óptica.
28. Ocular del antejo.
29. Caperuza anular.
30. Anillo de enfoque.

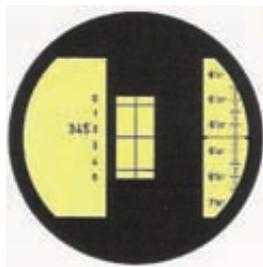


Figura 10.2: Limbo horizontal del Th 2

### 10.1.2. TH 3

El Th 3 es un teodolito con micrómetro de exactitud mediana, con dispositivo de repetición, y de peso reducido. Como es un teodolito de ingeniería, está especialmente indicado para los

trabajos de levantamientos en obras, triangulaciones de orden inferior, poligonaciones superficiales y subterráneas, y taquimetría. Este teodolito procede de la casa Zeiss de Alemania Occidental.

Este instrumento puede emplearse para tres clases de exactitud:

1. Bloqueo del micrómetro, estimación directa en el limbo graduado con exactitud de  $1'$  ó  $1^c$ . El error medio cuadrático de una dirección, medida una vez en ambas posiciones del anteojo, es de  $\pm 20''$  ( $\pm 50^{cc}$ ).
2. Hacer coincidencia con el micrómetro, estimación en el intervalo micrométrico con exactitud de  $0,1'$  ó  $0,1^c$ . El error medio cuadrático de una dirección, medida una vez en ambas posiciones del anteojo, es de  $\pm 3''$  ( $\pm 10^{cc}$ ).
3. Hacer coincidencia con el micrómetro, combinado con la medición de ángulos según el método de repetición. Se consigue la exactitud de segundos ( $m_w = \pm 1'' / \pm 3^{cc}$ ) con dos grupos de cuatro repeticiones.

El anteojo del Th 3 lleva un objetivo apocromático para conseguir una imagen libre de errores cromáticos. Tiene un aumento de 25 veces, una abertura del objetivo de 35 mm y produce una imagen inversa. La constante de multiplicación es de 100 y la constante de adición es despreciable a partir de 3,5 m. Este anteojo puede girarse alrededor de su eje transversal en ambos sentidos, tanto del ocular como del objetivo.

El nivel está equipado con dos niveles, un nivel transversal de alidada tubular con una sensibilidad de  $30''/2$  mm y un nivel esférico de  $15'/2$  mm.

El mecanismo de enfoque está dotado de un paso micrométrico que se intercala automáticamente al invertir el sentido de rotación. El paso micrométrico es cinco veces más lento que el paso rápido.

El enfoque aproximado y de precisión se activan mediante el mismo botón.

El mecanismo del movimiento lateral micrométrico es semejante al del mecanismo de enfoque, y su paso normal continúa siendo el mismo que hasta ahora; el paso micrométrico en cambio, se ha reducido en cinco veces.

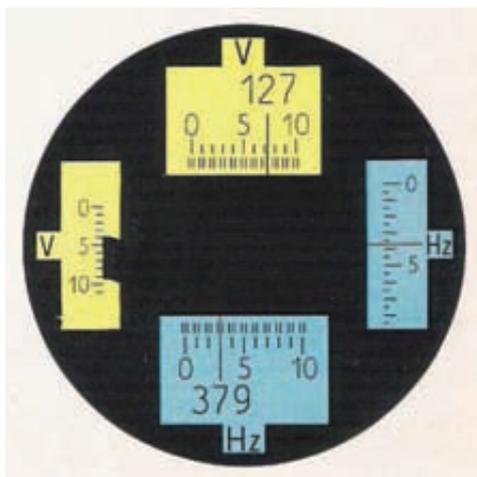


Figura 10.3: Campo visual microscopio Th 3

La lectura micrométrica, tanto para los ángulos verticales como para los horizontales, se efectúa con el mismo tambor y mediante coincidencia. El índice de lectura del micrómetro vertical se utiliza con un extremo de la burbuja del nivel para ajuste en altura.

En el microscopio de lectura de los limbos, que tiene un aumento de 25x, se ven ambos limbos simultáneamente (fig. 10.3). El limbo horizontal (Hz) tiene un diámetro de 78 mm y el limbo vertical (V) tiene un diámetro de 70 mm. La estimación de las escalas del microscopio es de  $\pm 1^c$  ( $\pm 0,5'$ ) y la estimación de las divisiones del micrómetro es de  $\pm 0,1^c$  ( $\pm 0,05'$ ). Para distinguir un limbo de otro, las divisiones del limbo horizontal son blancas y las del vertical amarillas. La iluminación se da mediante un único espejo. Para los trabajos nocturnos o subterráneos se coloca sobre el espejo una pequeña lámpara cilíndrica.

El instrumento tiene centrado forzoso y podemos acoplarle una plomada óptica en la base triangular como accesorio.

### 10.1.3. TH 4

El Th 4, creado por la casa Zeiss de Oberkochen, es un teodolito de ingeniería con lectura por microscopio de escala y de exactitud media. Este instrumento es apropiado para levantamientos en obras, levantamientos parcelarios, poligonaciones superficiales y subterráneas, taquimetría topográfica, triangulaciones de orden inferior, determinaciones de puntos de apoyo, mediciones de enlace astronómico-geodésicas o determinaciones trigonométricas de altura.

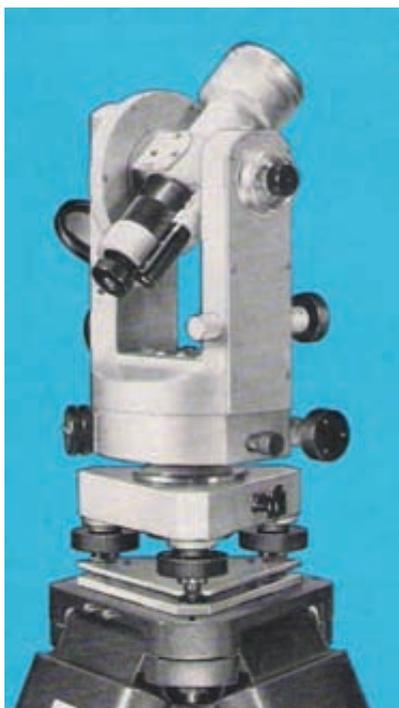


Figura 10.4: Th 3

Este instrumento tiene un error medio en una dirección, medida en dos posiciones del anteojo, de  $\pm 3''$  ó bien de  $\pm 10^{cc}$ .

El anteojo, apocromático y analáctico, da una lectura directa y tiene una longitud total de 150 mm. Tiene un aumento de 25 veces y una apertura de 35 mm de diámetro. El campo visual cada 100 m es de 3 m, correspondiendo a un ángulo visual de  $1,9^g$ , con un rango de enfoque desde 1,2 m hasta  $\infty$  y un tratamiento con capa antirreflectante ZEISS T, al igual que todos los instrumentos de la casa. Este anteojo puede dar la vuelta de campana por ambos lados, tanto por el del objetivo como por el del ocular. Los hilos estadimétricos corresponden a una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva a despreciar a partir de 3,5 m.

Los limbos horizontal y vertical se leen simultáneamente y tienen un color diferente para evitar confusiones. El diámetro del limbo horizontal es de 98 mm y el del limbo vertical es de 85 mm. La graduación de los limbos puede ser de  $360^\circ$  o de  $400^g$ , con un intervalo de apreciación para ambos limbos de  $0,1'$  ó de  $0,2^c$ , según la graduación elegida. La lectura de los limbos se realiza mediante un microscopio de lectura con un aumento de 70 veces y un tamaño aparente del intervalo de apreciación de 1 mm para  $1'$  ( $0,55$  mm para  $1^c$ ).

La horizontalidad del instrumento se realiza con ayuda de un pie con articulación esférica.

Este está unido al trípode mediante una pieza de desplazamientos en cruz que permite centrar el instrumento independientemente de su horizontalización. La dirección se busca con el colimador de puntería. El botón de enfoque tiene un movimiento aproximado y de precisión reunidos en el mismo botón. El eje del movimiento vertical de precisión es paralelo al eje del botón de bloqueo y al eje horizontal, por lo cual se facilita el manejo del instrumento.

El instrumento está provisto de un nivel tubular en la alidada de  $30''/2$  mm de sensibilidad, y un nivel esférico para la horizontalización aproximada de  $10''/2$  mm.

Al llevar un índice automático de altura se simplifica la medición de distancias cenitales. La distancia cenital máxima observable es de  $150^\circ$  ( $165^g$ ). Este índice automático, que se puede bloquear, está proyectado como compensador largo, con lo que su comportamiento es ventajoso al sufrir influencias por vibraciones. El sector de funcionamiento del compensador del índice automático de altura es de  $\pm 2'$  y la exactitud de la estabilización es menor de  $\pm 1''$ .

La unión al trípode se hace con una membrana, por lo cual, el teodolito tiene una resistencia favorable contra las torsiones y se pueden suprimir los tornillos calantes de marcha dura que descansan sobre tres puntos.

La plomada óptica está incorporada al eje vertical, facilitando el centrado del instrumento. En esta, hay enfoque separado del retículo y del blanco. El aumento es de 2 veces y tiene un sector de enfoque de 0,55 mm hasta  $\infty$ .

#### **10.1.4. TH 5**

El teodolito óptico Th 5, fabricado en Alemania Occidental, está indicado para la construcción de obras y los trabajos de ingeniería. Es especialmente ventajoso en trabajos de mediciones sencillas por distancias cortas o mediciones de orientación, siempre y cuando no optemos a una exactitud muy elevada.

El instrumento tiene una exactitud nominal de  $\pm 20''$  ó de  $\pm 50^{cc}$ , según tengamos el instrumento graduado en grados sexagesimales o centesimales.

El antejo apocromático, con un aumento de 25x y una abertura del objetivo de 35 mm, tiene una longitud total de 150 mm. A éste se le puede dar la vuelta de campana por ambos

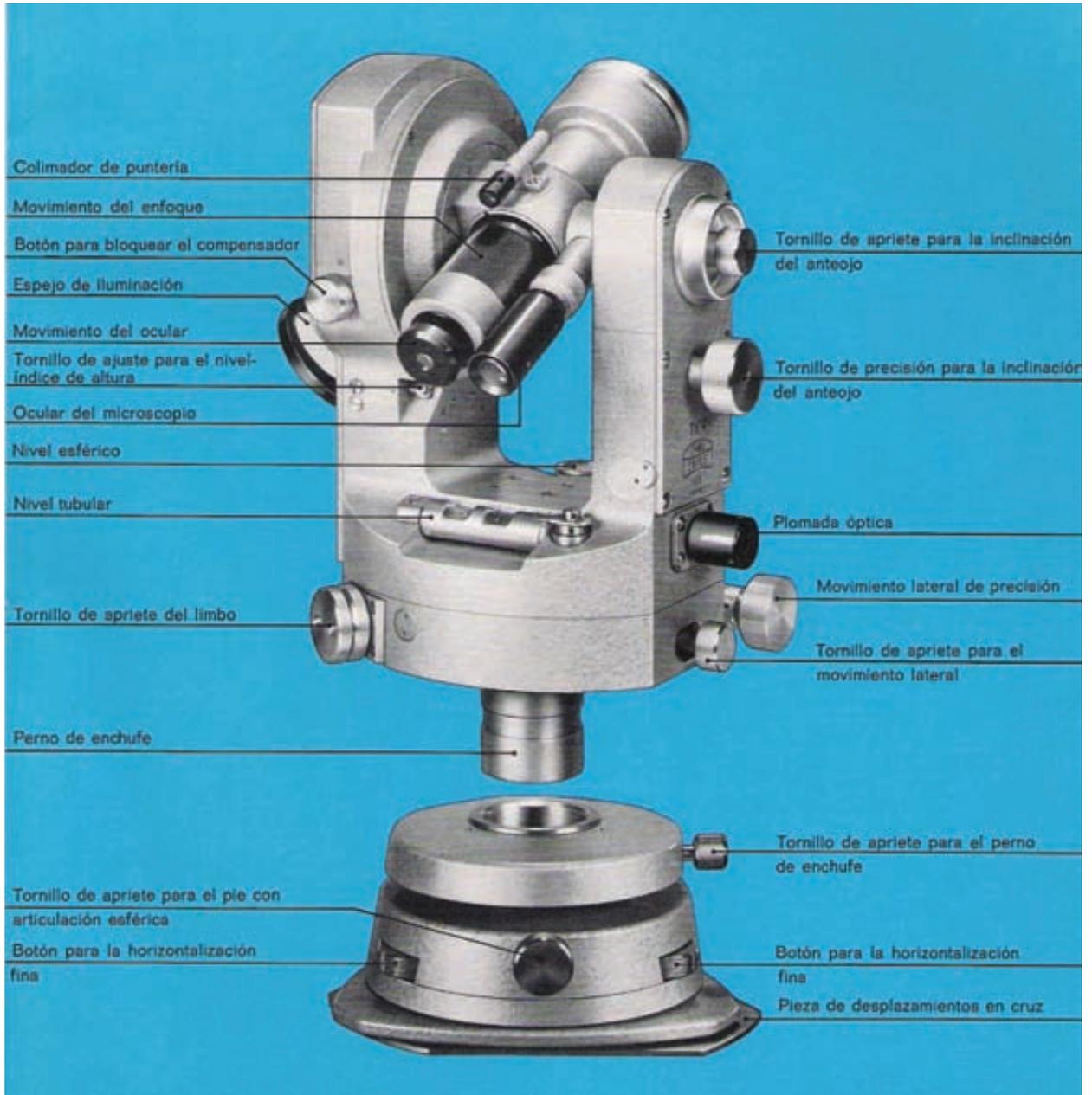


Figura 10.5: Th 4



Figura 10.6: Th 5

lados. El campo visual a 100 m es de 3 m y la distancia mínima de la visual es de 1,2 m. Los hilos estadiométricos corresponden a una constante de multiplicación de 100 y a una constante aditiva a despreciar desde 3,5 m.

El enfoque aproximado y de precisión están reunidos en el mismo botón. El dispositivo de repetición se puede utilizar de forma provisional para mediciones de mayor exactitud.

Las imágenes de los limbos vertical y horizontal son visibles simultáneamente y en colores distintos. Estos limbos tienen un diámetro de 78 mm el horizontal y de 70 mm el vertical, la unidad mínima de medición es de  $1'$  ó de  $1^c$ , según la graduación del teodolito. El microscopio de lectura se encuentra al lado del ocular y tiene un aumento de 25x.

El teodolito está provisto de dos niveles, uno tubular en la alidada de  $30''/2$  mm de sensibilidad, y otro esférico de  $15''/2$  mm de sensibilidad.

Además, podemos obtener distancias cenitales graduables sin medios auxiliares en un rango de  $35^\circ$  a  $145^\circ$ .

### 10.1.5. THEO 002

El teodolito astrogeodésico universal Theo 002 fue fabricado en la casa Zeiss de Jena. Este es un instrumento que permite resolver los trabajos principales para la determinación astrogeodésica de posición y tiempo, así como las mediciones del azimut en estaciones de campo (puntos de Laplace) en la red de triangulación de orden superior. Alguno de los trabajos que puede realizar son mediciones acimutales mediante la estrella polar, mediciones acimutales según el procedimiento Niethammer, determinaciones del tiempo mediante pasos por un meridiano, determinación del tiempo mediante pasos por un almicantarat, determinación de latitudes mediante la medición de diferencias de distancias cenitales (procedimiento Horrebow-Talcott), determinación de latitudes mediante la medición de distancias cenitales en el meridiano (método Sterneck), determinación de latitudes mediante la medición de distancias cenitales simétricas al primer vertical (método Pewzow), determinación simultánea de tiempo y latitud mediante pasos por un almicantarat (método de Gauss). Además de todos estos trabajos de observación astrogeodésicos, el teodolito Theo 002 es adecuado también para la medición de ángulos horizontales en redes de triangulación de orden superior. La precisión media de la medición de dirección es de  $\pm 0,03''$ .

El principio del teodolito Theo 002 está basado en la aplicación de compensadores de inclinación dentro de un anteojo de observación y en la marcha de los rayos formadores de la imagen para la indicación del limbo vertical con eliminación y reducción de las influencias de errores primarios y secundarios de los ejes vertical y horizontal en los resultados de la medición. Para ello, el anteojo de observación se compone de dos sistemas de anteojos que sirven para la observación de pasos de astros a través de un plano de observación vertical (meridiano) y a través de un plano de observación horizontal (círculo paralelo).

El anteojo de observación tiene un aumento, cambiando de ocular, de 75x, 59x ó 38x para los ángulos horizontales, un aumento de 65x, 50x ó 32x para los ángulos verticales y un diámetro libre del objetivo de 65 mm. El ángulo del campo visual para la medición de ángulos horizontales es de 40' y para los ángulos verticales es de 47'. La distancia de puntería mínima es de 4 km. El margen de inclinación con referencia al cenit es de  $\pm 100^\circ$ . Sobre el anteojo

se han situado dos visores ópticos para efectuar la puntería aproximada.

El limbo horizontal tiene un diámetro de 250 mm, un valor de división de 4' y una graduación de 360°. El limbo vertical tiene un diámetro de 200 mm, un valor de división de 4' y una graduación de 360°. La división del limbo se ha efectuado mediante el sistema de trazos dobles. Además, el margen del micrómetro es de 2', el valor de división es de 0,2" y la estimación de la lectura micrométrica es de 0,1". El aumento del microscopio de lectura para el limbo horizontal es de 50x y para el vertical es de 62,5x. Existe la posibilidad de registrar fotográficamente simultáneamente los limbos.

El teodolito, además, está compuesto por un anteojo buscador que está combinado con el anteojo de observación. Ambos tienen en común el retículo y el ocular. Accionando una palanca de conmutación, se puede intercalar un espejo desviador en la marcha de los rayos del anteojo de observación para buscar o medir alternativamente el punto de mira. El anteojo buscador tiene un campo visual con un ángulo de 2,7°, un diámetro libre del objetivo de 21 mm, una distancia mínima de enfoque de 10 m y un aumento de 18x, 14x y 9x. En la plataforma nivelante se encuentra un limbo buscador horizontal (A) con un valor de división de 1° y estimación de la lectura a 0,1°. El limbo buscador A puede graduarse en cualquier valor y puede apretarse en dicho punto. En el anteojo del teodolito se encuentra un limbo buscador vertical (Z) con un valor de división de 10' y una estimación de la lectura a 1'. La lectura del limbo buscador Z se realiza a través de un microscopio.

Los niveles del instrumento son los siguientes: un nivel en la alidada para la prehorizontalización del instrumento de 10"/2 mm de sensibilidad, un nivel de orientación para la orientación cenital del limbo vertical de 30"/2 mm de sensibilidad y un nivel buscador en el limbo buscador de 2"/2 mm de sensibilidad.

El instrumento consta de compensadores de inclinación automáticos para la indicación de la inclinación del eje vertical. El eje vertical cilíndrico con rodamiento de bolas de centraje queda parcialmente descargado por medio de un sistema especial, descargándose totalmente en su transporte. Los errores de tambaleo del eje vertical en su transporte, se compensan automáticamente gracias a un compensador de inclinación.

La horizontalización aproximada del teodolito se realiza con un nivel de 10" de sensibilidad, situado en la alidada del instrumento. Los compensadores de inclinación, de equilibrado automático, realizan la horizontalización fina.

El eje horizontal está situado sobre rodamientos de bolas de precisión y se descarga por completo durante el transporte mediante un sistema de descarga, incorporado en el instrumento. Los errores de tambaleo horizontales y verticales del eje horizontal se compensan automáticamente.

Los tornillos de desplazamiento macrométrico y micrométrico, dispuestos coaxialmente, para la graduación fina lateral y vertical están dispuestos en el lado ocular.

### **10.1.6. THEO 010 A**

El teodolito de segundos Theo 010 A, es una idea de la casa Zeiss de Jena y está diseñado para aplicarlo en tareas de levantamiento en escala nacional, proyectos a gran escala como la construcción de embalses, puentes y el urbanismo, construcciones químicas, construcción de centrales nucleares, trabajos de montaje en la construcción de máquinas grandes, de buques y de aviones, y en la comprobación de calidad de instalaciones de maquinarias y de sus partes.

El error medio de una dirección media en ambas posiciones del anteojo es de  $\pm 1''$  ó de  $\pm 3^{cc}$ , según tengamos graduado el teodolito en sexagesimal o centesimal.

El anteojo terrestre, con 30x de aumento y 40 mm de diámetro libre del objetivo, puede dar la vuelta de campana sobre el objetivo y el ocular. Este anteojo da una imagen derecha y tiene una longitud total de 180 mm. El ángulo del campo visual es de  $1,3^\circ$  y el campo visual a 1000 m es de 23 m. La distancia mínima de enfoque es de 1,5 m, y la distancia máxima de enfoque para la estima de 0,5 mm es de 120 m y para la lectura de  $\pm 0,5$  cm es de 500 m. El retículo, en el que se pueden emplear trazos simples o dobles, tiene unos hilos estadimétricos con una constante de multiplicación 100 y una constante de adición de 0. Para mediciones acimutales con ayuda del sol tenemos en el retículo un círculo, cuyo diámetro es un poco más pequeño que el diámetro aparente del sol.

El eje vertical se ha diseñado como un eje de acero semicinemático. Así, se dan solamente

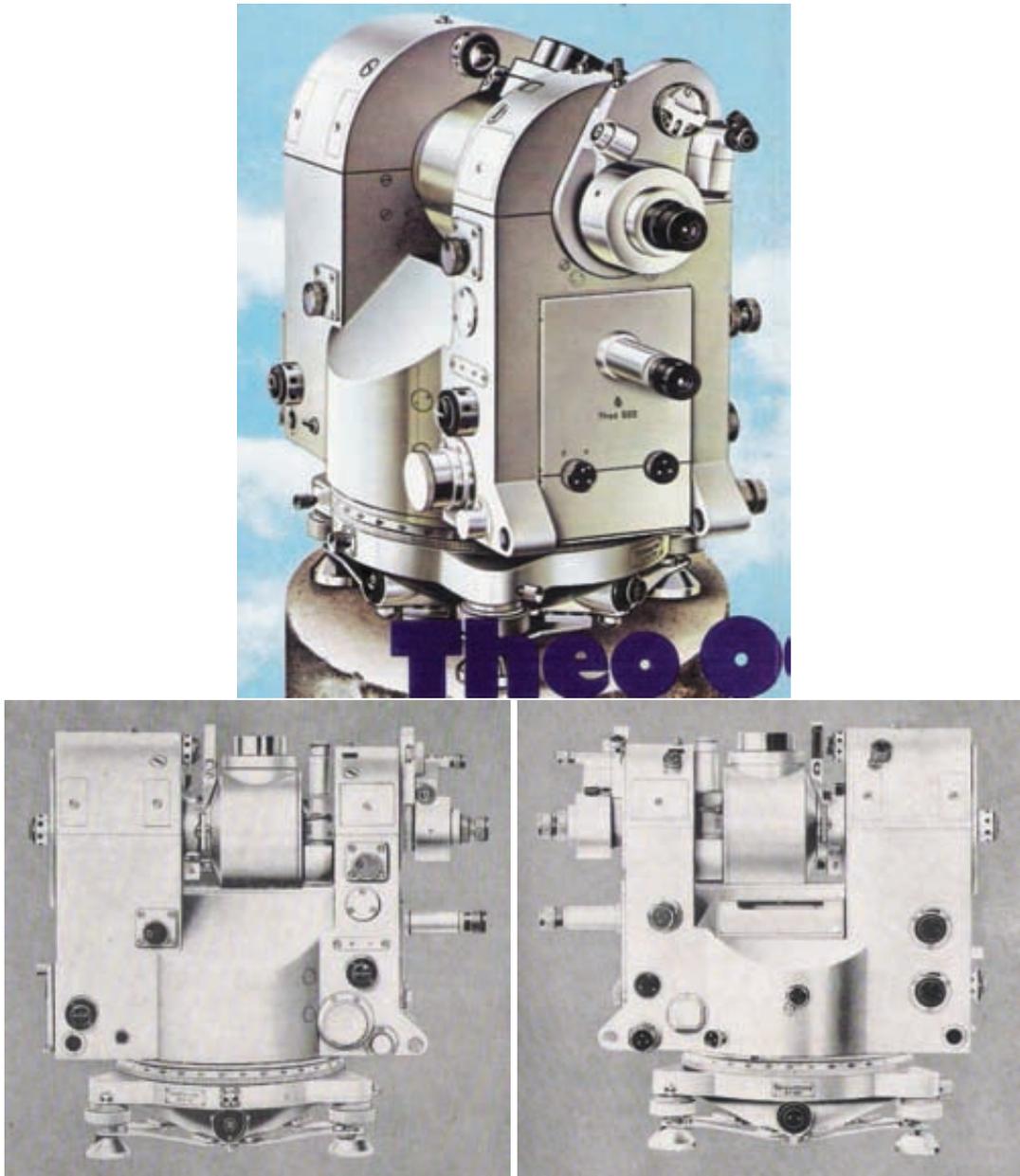


Figura 10.7: Theo 002

errores de oscilación muy pequeños, con lo que se aumenta considerablemente la exactitud de las mediciones angulares. El eje de inclinación, cuyos extremos son rectificadas en sólo un ciclo de trabajo, se mueve en dos cojinetes circulares en V.

Los limbos graduados se leen por la formación óptica de la media de puntos circulares diametrales, con ayuda de un micrómetro de cuña corrediza. Con esto, se eliminan las excentricidades del limbo graduado. Cuando coinciden los trazos dobles en el centro del campo visual, se realiza la lectura gracias a la indicación digital, la cual puede estimarse, si es necesario, a  $0,2^{cc}$  ó  $0,1''$ . El diámetro de ambos limbos es de 86 mm, con un intervalo de división del limbo de  $20^c$  ó de  $20'$ , y el valor de la división del micrómetro es de  $2^{cc}$  ó  $1''$ . La lectura de los limbos se realiza mediante un microscopio con un aumento de 42x para ambos limbos.

La estabilización del índice de altura se logra mediante un compensador de péndulo mecánico de oscilación rápida, con amortiguación por aire, suspendido de forma antichoque. Después del calado del nivel esférico se realiza la estabilización automática. Este péndulo automático libera al observador del difícil calado del nivel del índice de altura. El margen de funcionamiento del compensador es de  $\pm 4'$  y una exactitud de calado de  $\pm 0,3''$ .

El centrado forzoso se realiza mediante la unión por un gorrón de enchufe, de 34 mm, entre la plataforma nivelante y el aparato, asegura la eliminación de errores de centraje del instrumento.

El instrumento lleva incorporado una plomada óptica con un aumento de 2,1x, un margen de enfoque de 0,5 m a  $\infty$  y una exactitud de centraje a 1,5 m de  $\pm 0,3$  mm.

El instrumento puede ser completado con los siguientes accesorios: oculares cenitales, apoyos murales, prismas para visuales inclinadas, nivel para nivelaciones, plomada óptica para puntos cenitales y nadirales, brújula circular, brújula de orientación, plancheta cartográfica, equipo de autocolimación, bastón de centraje, etc.

### **10.1.7. THEO 010 B**

El Theo 010 B es un teodolito de segundo apropiado para las triangulaciones de segundo orden, las mediciones de enlace astrogeodésicas, las intersecciones geodésicas, las poligo-



Figura 10.8: Theo 010 A

nales, las mediciones de deformaciones, los replanteos, los jalonamientos de dirección, las determinaciones altimétricas y las mediciones de control y de comprobación. Este teodolito se creó en la casa Zeiss de Alemania Oriental.

El error medio de una dirección media en ambas posiciones del anteojo es de  $\pm 1''$  ó de  $\pm 3^{cc}$ , según tengamos graduado el teodolito en sexagesimal o centesimal.

El anteojo de tres lentes tiene un aumento de 30 veces y produce una imagen derecha de lados no invertidos. El diámetro libre del objetivo es de 40 mm, el ángulo del campo visual es de  $1,3^\circ$  y el campo visual a 1000 m es de 23 m. La distancia mínima de enfoque es de 1,5 m. El enfoque rápido y fino posibilita un reenfoque rápido de la distancia de puntería más corta a infinito mediante una sola vuelta del anillo moleteado de enfoque. Después del enfoque aproximado basta para el enfoque fino un cuarto de vuelta en el sentido contrario como máximo. Esto significa un perfeccionamiento esencial en la sensibilidad del enfoque y una aceleración del procedimiento de enfoque. El retículo del anteojo lleva trazos sencillos y dobles, con unos hilos estadimétricos con la constante de multiplicación  $K=100$  y una constante de adición de 0. Con ayuda de un círculo, cuyo diámetro es algo más pequeño que el diámetro aparente más pequeño del Sol, es posible efectuar determinaciones acimutales mediante las alturas solares.

La lectura de los limbos se basa en el principio de coincidencia de los trazos del limbo diametralmente opuestos, con cual aumenta la exactitud de medición y se elimina la influencia de la excentricidad del limbo. Los limbos van provistos de una división de trazos dobles.

Después de la coincidencia de los trazos dobles mediante el micrómetro se puede leer directamente el valor de dirección. Las imágenes de los limbos horizontal y vertical son de diferente color, para evitar equivocaciones. Por conmutación tan sólo quedará visible la indicación de un limbo graduado. Los limbos se pueden fabricar en graduación sexagesimal y centesimal. Ambos limbos tienen un diámetro de 86 mm y un intervalo de graduación de 20' ó de 0,2g. El valor de la graduación del micrómetro es de 20cc ó de 1" y una indicación micrométrica apreciable de 0,2cc ó de 0,1". Los limbos se leen mediante un microscopio de 42 aumentos. El accionamiento rápido y fino de los limbos está dispuesto coaxialmente y posibilita la graduación cómoda y rápida de cada indicación de dirección deseada.

La disposición de los dispositivos de apriete y los accionamientos finos sobre sendos ejes (coaxial), unos al lado de otros, facilitan el manejo con una sola mano. La puntería fina se consigue por el empleo de roscas de precisión

Para acelerar la medición de ángulos verticales se orientará el índice de altura con respecto a la línea de plomada por medio de un compensador de inclinación amortiguado aperiódicamente y con estabilización rápida. Para ello un sistema de objetivo del microscopio de lectura está suspendido de forma pendular en una articulación resortada. La precisión de estabilización del compensador es de  $\pm 0,3''$  y el tiempo de estabilización menor a un segundo. El margen de trabajo del compensador es de  $\pm 4'$ .

El eje vertical semicinemático tiene una longitud de eje conducido de 60 mm. El eje y el casquillo son de acero de la misma dureza. El cojinete de bolas de centraje del cabo superior del casquillo y la guía en el cabo inferior garantizan la precisión de giro y la estabilidad del eje vertical. Este sistema de eje vertical semicinemático, con un error máximo de tambaleo inferior a 1", es estable, no requiere mantenimiento y funciona incluso en condiciones de uso extremas. Los niveles del eje vertical tienen una sensibilidad de 20"/2 mm, el nivel tubular, y de 8"/2 mm, el nivel esférico.

El eje horizontal se compone de un tubo de precisión que gira en cojinetes redondos en V de los soportes. Con este eje horizontal se consiguen errores máximos de tambaleo con valores de 1" hasta 2" como máximo. No es necesario poner un nivel de caballete sobre el eje horizontal.

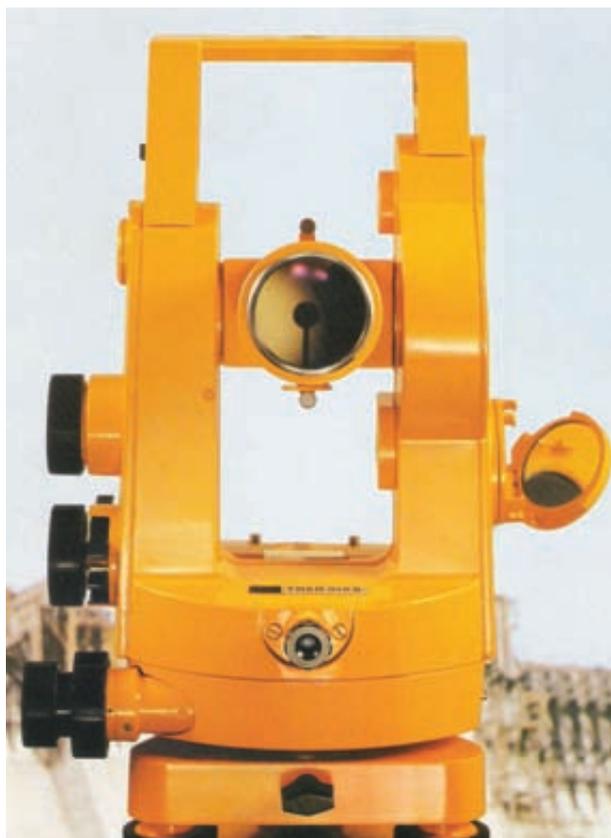


Figura 10.9: Theo 010 B

El centrado forzoso se realiza mediante un gorrón de enchufe de diámetro 34 mm.

La plomada óptica incorporada, con un aumento de 2,1x, tiene un margen de enfoque desde 0,5 m hasta  $\infty$ . La precisión de centraje a 1,5 m es de  $\pm 0,3$  mm.

### 10.1.8. THEO 020 A

El teodolito taquímetro Theo 020 A, creado en la Carl Zeiss de Alemania Oriental, es útil para tareas de la ingeniería civil y para la elaboración de proyectos en la construcción de viviendas, carreteras, vías ferroviarias y oleoductos, en la conservación de sustancias constructivas, trazados, proyectos de la agricultura y la silvicultura, etc. También es apropiado para tareas de levantamiento en la topografía y levantamientos de terrenos o catastrales, así como en mediciones ingeniero-técnicas en sectores especiales como trabajos subterráneos en minas, construcciones de máquinas y por montaje, etc.

El error medio de una dirección media en ambas posiciones del anteojo es de  $\pm 3''$  ó de

$\pm 10^c$ , según tengamos graduado el teodolito en sexagesimal o centesimal.

El anteojo terrestre, con 25x de aumento y 36 mm de diámetro libre del anteojo, puede dar la vuelta de campana sobre el objetivo y el ocular. La longitud total del anteojo es de 180 mm, el ángulo del campo visual es de  $1,3^\circ$  y el campo visual es de 23 m en una distancia de 1000 m. La distancia mínima de puntería es de 1,5 m y la distancia máxima de puntería para la estima a  $\pm 0,5$  mm es de 100 m y para la lectura a 0,5 cm es de 350 m. En la montura del objetivo así como en el ocular pueden enchufarse accesorios o piezas complementarias. El retículo, en el cual se pueden emplear prudentemente trazos simples o dobles, garantiza una buena puntería. Estos hilos estadimétricos tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0. Para las mediciones acimutales con ayuda del sol se encuentra en el retículo un círculo, cuyo diámetro es un poco más pequeño que el diámetro aparente del sol.

El instrumento consta de dos niveles, uno tubular con una sensibilidad de  $30''/2$  mm y otro esférico con una sensibilidad de  $8''/2$  mm.

El eje vertical ha sido diseñado como eje de acero semicinemático. Así, tenemos solamente errores de oscilación muy pequeños, por esto se aumenta considerablemente la exactitud de las mediciones angulares. El eje de inclinación, cuyos extremos son rectificadas en un ciclo de trabajo, se mueve en dos cojinetes circulares en V.

La estabilización del índice de altura se da mediante un compensador de péndulo mecánico de oscilación rápida, con amortiguación por aire, suspendido de forma antichoque. Después de calar el nivel esférico entra en acción la estabilización automática, librando al instrumentista de nivelar el índice de altura. El margen de funcionamiento del compensador es de  $\pm 4'$  y la exactitud del calado es de  $\pm 1''$ .

Ambos limbos graduados se leen a través de un microscopio de lectura que está situado justo al lado del ocular de anteojo. Este microscopio tiene un aumento de 70x en el limbo horizontal, y de 58x en el limbo vertical. Para evitar errores en las lecturas de las mediciones de ángulos horizontales, se puede tapar la imagen del limbo vertical. El diámetro de ambos limbos es de 86 mm, con un intervalo de división de  $1^\circ$  ó  $1^g$ , y un valor de división de la



Figura 10.10: Theo 020 A

escala de  $0,1'$  ó  $0,2^c$ .

La plomada óptica, montada en la parte superior del aparato, da una imagen derecha y de lados no invertidos. Tiene 2,1 aumentos, un margen de enfoque de 0,5 m a  $\infty$ , y una exactitud de centraje a 1,5 m de  $\pm 0,3$  mm.

El centrado forzoso se da mediante la unión por gorrón de enchufe, de 34 mm, entre la plataforma nivelante y el aparato garantizando la ausencia de errores de centrado del instrumento.

Para facilitar el visado aproximado, el instrumento lleva visores ópticos en ambas posiciones del anteojo. Para el manejo del anteojo lleva palancas de apriete de manejo común para fijarlo y tornillos micrométricos coaxiales para el movimiento lateral y de altura del anteojo. Además, los limbos llevan una mordaza de repetición para la orientación del limbo, se puede hacer medición de ángulos por el método de repetición y, también, transmisión mecánica de la dirección.

El instrumento puede ser completado con los siguientes accesorios: oculares cenitales, apoyos murales, prismas para visuales inclinadas, nivel para nivelaciones, plomada óptica para puntos cenitales y nadirales, brújula circular, brújula de orientación, plancheta cartográfica, equipo de autocolimación, bastón de centraje, etc.

### **10.1.9. THEO 020 B**

El teodolito de escalas Theo 020 B, es un instrumento apropiado para los trabajos geodésicos que requieren una precisión de décimas de minuto en la medición angular. Es muy útil en triangulaciones de orden menor, poligonizaciones, mediciones de deformación, jaloneamientos de dirección, replanteos, determinaciones altimétricas, taquimetría, y mediciones de control y de comprobación. Al igual que su predecesor, el Theo 020 A, fue fabricado en Jena.

Este teodolito da una exactitud de la medición de  $\pm 10^{cc}$  ó  $\pm 3''$  en la medida de una dirección, y de  $\pm 3^{cc}$  ó  $\pm 1''$  en las dos posiciones del anteojo de un ángulo repetido tres veces de día y vuelta.

El anteojo de tres lentes tiene un aumento de 30 veces y produce una imagen derecha y de lados no invertidos. El diámetro libre del objetivo es de 40 mm, el ángulo del campo visual de  $1,3^\circ$ , el campo visual a una distancia de 1000 m es de 23 m y la distancia de puntería más corta es de 1,5 m. El enfoque rápido y fino permite un reenfoque rápido de la distancia de puntería más corta a infinito mediante una sola vuelta del anillo moleteado. Después del enfoque aproximado basta para el enfoque fino un cuarto de vuelta como máximo en el sentido contrario. El retículo del anteojo va provisto de trazos sencillos y dobles para el enfoque óptimo. Los dos pares de hilos estadimétricos con la constante de multiplicación 100 y la constante de adición de 0, sirven para la medición óptica de distancias con mira vertical y horizontal. Con el círculo aplicado concéntricamente es posible efectuar determinaciones acimutales mediante las alturas solares.

La indicación por escalas del Theo 020 B permite abarcar con una sola mirada la indicación del limbo horizontal y vertical. El microscopio de lectura de los limbos, de 70x de aumento para el limbo horizontal y de 58x de aumento para el limbo vertical, posibilita la apreciación de las décimas en el intervalo. Las escalas están numeradas para facilitar su lectura y aparecen en el campo visual del microscopio de lectura en diferentes colores. Para evitar errores se puede tapar la imagen del limbo vertical. El instrumento puede ser adquirido con varias combinaciones de limbos como limbos graduados en  $400^g$  ó  $360^\circ$ , limbos graduados en  $360^\circ$  con intervalos de la escala de  $20''$ , limbo vertical en  $360^\circ$  y limbo horizontal en  $360^\circ$

con numeración hacia la derecha e izquierda, limbo horizontal en  $400^g$  y sin limbo vertical, y limbo horizontal en  $360^\circ$  con intervalos de la escala de  $20''$  y sin limbo vertical. En general, los limbos tienen un diámetro de 86 mm, un intervalo de graduación de  $1^g$  ó  $1^\circ$ , un valor de graduación de las escalas de  $1^c$  ó  $1'$  y unas indicaciones apreciables de las escalas de  $20^{cc}$  ó  $0,1'$ .

La orientación del limbo graduado horizontal se efectúa mediante la mordaza de repetición según "Mahler". La fuerza de apriete no acciona directamente, sino por medio de un muelle de lámina sobre la membrana de disco. Con la mordaza de repetición se pueden graduar direcciones de partida, y las direcciones pueden transmitirse mecánicamente de una estación a otra.

La situación de los dispositivos de apriete y de movimientos finos sobre sendos ejes (coaxial), unos al lado de otros, asegura el manejo con una sola mano. Una puntería fina se consigue empleando roscas de precisión.

El instrumento cuenta con un compensador de inclinación amortiguado aperiódicamente que se estabiliza rápidamente, para orientar el índice de altura con respecto a la línea de plomada. Con esto aceleramos la medición de los ángulos verticales. El rango de trabajo del compensador es de  $\pm 8^c$  ó  $\pm 4'$ , la precisión media del calado es de  $\pm 3^{cc}$  ó  $\pm 1''$ , y el tiempo del calado es menor a un segundo.

El eje vertical semicinemático tiene una longitud del eje conducido de 60 mm. Eje y casquillo son de acero de la misma dureza. El cojinete de bolas de centraje del cabo superior del casquillo y la guía en el cabo inferior garantizan una alta precisión de giro y la estabilidad del eje vertical. Este sistema de eje vertical semicinemático, con un error máximo de tambaleo inferior a  $1''$ , es estable y no requiere mantenimiento. Los niveles del eje vertical, tienen una sensibilidad de  $30''/2$  mm para el nivel tubular, y de  $8''/2$  mm para el nivel esférico.

El eje horizontal se compone de un tubo de precisión que gira en cojinetes redondos en V de los soportes. Los cojinetes se rectifican y ajustan mediante un procedimiento especial en el soporte de aparato acabado. En este eje horizontal se consiguen errores máximos de tambaleo desde  $1''$  hasta  $2''$  como máximo. No hace falta poner un nivel de caballete sobre el



Figura 10.11: Theo 020 B

eje horizontal.

El centrado forzoso se consigue con un gorrón de enchufe con un diámetro de 34 mm.

El instrumento está dotado de una plomada óptica con un aumento de 2,1 aumentos. El margen de enfoque está desde los 0,5 m hasta  $\infty$ . Después de dar la vuelta de campana al anteojo, ponerlo a  $180^\circ$  ó  $200^\circ$ , se consigue a 1,5 m una exactitud de centraje de  $\pm 0,3$  mm.

### **10.1.10. THEO 080**

El teodolito pequeño Theo 080, fabricado por la casa Zeiss de Jena, está pensado para los trabajos en el campo de la geodesia y minería. Sobre todo se emplea en las obras y construcciones, catastro y minería, pero también en los levantamientos en los campos geográficos, geofísicos y geológicos, así como en los levantamientos urbanos sencillos o en los levantamientos efectuados por los ingenieros de caminos, canales y puertos.

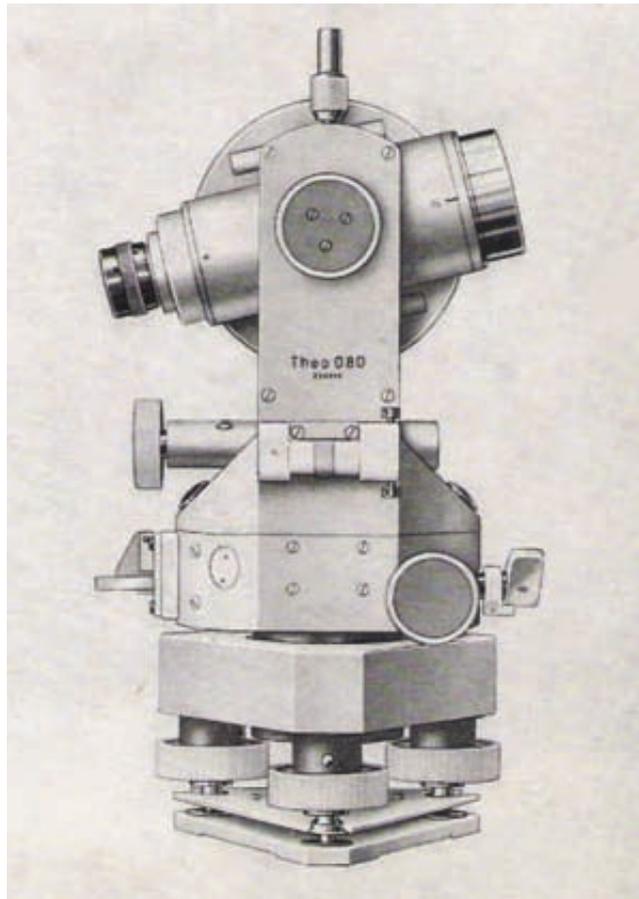


Figura 10.12: Theo 080

El error medio para una dirección medida en dos posiciones del anteojo con la graduación de  $360^\circ$  es de  $\pm 15''$ , con la graduación  $400^s$  es de  $\pm 45^{cc}$ .

El anteojo tiene un aumento de 16 veces y su longitud total es de 125 mm. Tiene un diámetro libre del objetivo de 32 mm y un ángulo del campo visual de  $2,6^\circ$ . La distancia mínima de enfoque es de 0,9 m y la distancia máxima de enfoque para una mira de 1 cm para la estimación de  $\pm 0,5$  mm es de 70 m aproximadamente, y para la lectura de  $\pm 0,5$  cm es de 250 m aproximadamente. Los hilos estadimétricos tienen una constante de multiplicación de 100 y 50, y una constante aditiva de 0.

El nivel longitudinal de reversión tiene una sensibilidad de  $2'/2$  mm.

Los limbos vertical y horizontal, tienen un diámetro de 61 mm, y se leen a través de un microscopio con un aumento de 19 veces. El valor de la graduación es de  $5'$  ó de  $10^c$ , según trabajemos en sexagesimal o en centesimal, y la estimación de la lectura es de  $0,5'$  ó de  $1^c$ .

### **10.1.11. THEO 080 A**

El pequeño teodolito Theo 080 A, es una mejora del Theo 080 de Jena. Este teodolito tiene su aplicación en mediciones de ángulos de precisión inferior, en poligonizaciones superficiales y subterráneas, como teodolito colgante en la topografía de minas, en trabajos para la medición de direcciones y jalonamientos en la construcción, en taquimetría para planos de situación y mapas topográficos en terreno llano, en mediciones geofísicas o geográficas, en aplomos hacia puntos cenitales y nadirales, y en mediciones astronómicas de enlace. Al estar el teodolito construido sin piezas de acero sirve muy bien para mediciones con brújulas.

En este instrumento el error medio de una dirección medida en ambas posiciones del anteojo es de  $\pm 45^{cc}$  ó  $\pm 15''$ .

El anteojo del instrumento tiene un aumento de 18 veces y proporciona una imagen derecha. El diámetro libre del objetivo es de 32 mm y el ángulo del campo visual de  $2,6^\circ$ . La distancia mínima de enfoque es de 0,9 m y el campo de observación a 1 km es de 45 m. El retículo está provisto de hilos estadimétricos para la medición óptica de distancias, con una constante de multiplicación de 100 y 50, y una constante de adición de 0.

Lleva un nivel de reversión para la perpendicularidad del eje vertical en posición de uso derecha o colgante, con una sensibilidad de  $2'/2$  mm.

El teodolito lleva incorporado un microscopio con trazo indicador para la lectura de sus dos limbos. Este microscopio de lectura puede dar la vuelta de campana independientemente del movimiento del anteojo. Las imágenes de los limbos son de distinto color para evitar equivocaciones entre las lecturas de los limbos horizontal y vertical. Tanto el limbo horizontal como el vertical, tienen un diámetro de 61 mm y un intervalo de graduación de  $0,1^s$  ó de  $5'$ , según tengamos el círculo en graduación centesimal o sexagesimal. La lectura a estima de los limbos es de  $1^c$  ó de  $0,5'$ . Además, los limbos tienen numeración doble para la posición derecha y colgante del teodolito. El teodolito lleva una mordaza de repetición para la orientación del limbo, se pueden hacer mediciones angulares por repetición y, también, transmisión mecánica de direcciones.

El eje vertical está taladrado axialmente para el centraje óptico del Theo 080 A sobre un

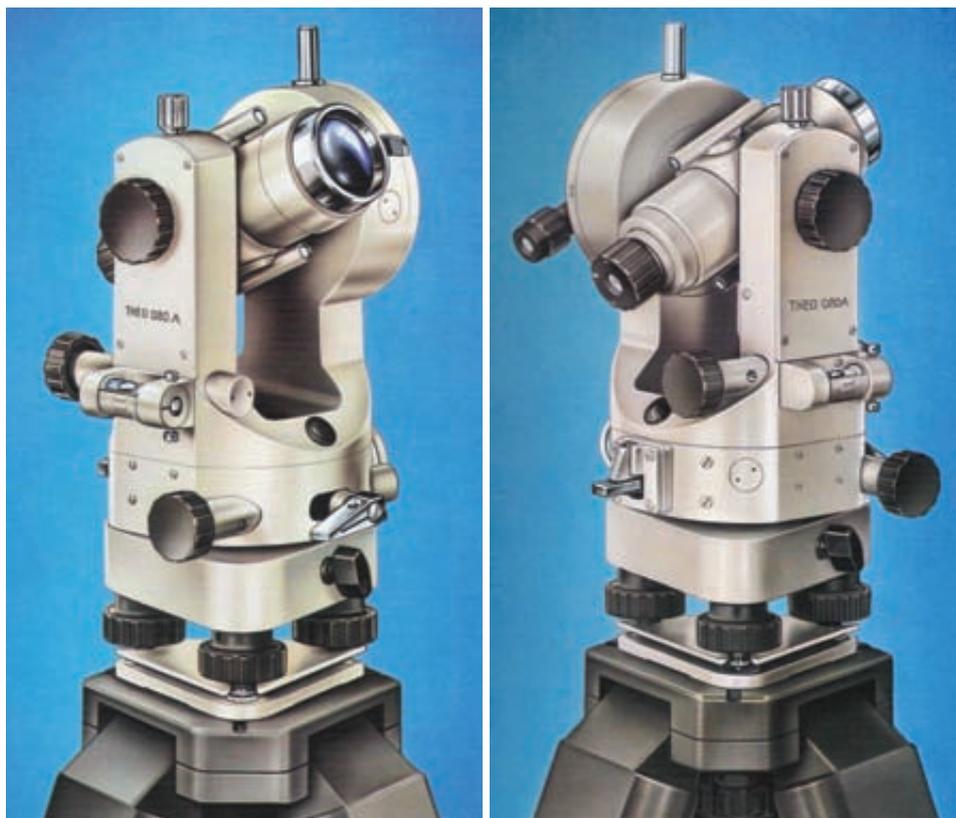


Figura 10.13: Theo 080 A

punto nadiral con ayuda del anteojo.

El instrumento se monta en su posición vertical mediante una plomada de hilo o mediante el visor óptico en posición inversa del anteojo.

El instrumento también consta de un círculo solar para determinaciones acimutales y de visores ópticos en ambas posiciones del anteojo para facilitar la puntería aproximada.

## 10.2. NIVELES

### 10.2.1. Ni 1

El Ni 1 es un nivel de alta precisión provisto de un micrómetro de placa planoparalela. Este nivel, fabricado en la casa Zeiss de Alemania Occidental, se aplica especialmente en nivelaciones de elevadísima exactitud para levantamientos altimétricos de primer y segundo orden, en nivelaciones de precisión sobre largas distancias, en alineaciones de precisión y nivelacio-

nes de superficies en construcción de maquinaria, en observaciones precisas de los cambios altimétricos de la superficie terrestre, en la verificación de fenómenos de hundimiento y en la deformación de construcciones.

Este instrumento tienen una exactitud nominal de  $\pm 0,2\text{mm}\sqrt{S(km)}$ , y la apreciación milimétrica en la división centimétrica es de hasta 150 m.

Al llevar el compensador ZEISS X, este nivel, tiene muy buena exactitud. La longitud del péndulo es de 1,1 m, al ser corto termina rápidamente las oscilaciones, dando así además gran insensibilidad contra vibraciones. El rango de funcionamiento del compensador es de  $\pm 8'$  y la exactitud en la estabilización del compensador es de  $\pm 0,1''$ .

El anteojo, de longitud 407 mm, tiene un aumento de hasta 50x, pudiéndose cambiar el ocular y conseguir aumentos de 30x y 40x. La distancia de visual mínima es de 1,4 m, la abertura del objetivo es de 50 mm y da una imagen derecha. El campo visual a 100 m es de 1,8 m. Los hilos estadimétricos están asociados con la constante de multiplicación de 100 y la constante aditiva es prácticamente cero.

El micrómetro, tiene un alcance de medición de 10 mm, una lectura directa de 1/100 del alcance y una lectura por apreciación de 1/10000 del alcance.

En este instrumento se ha suprimido el ajuste y la lectura de un nivel tubular.

Además, el instrumento consta de un paso alto de los tornillos calantes para permitir una rápida horizontalización aproximada; movimiento de precisión con botones dispuestos en ambos lados, para poder manejarlos tanto con la mano derecha como con aquella izquierda; prisma pentagonal para observar el nivel esférico, de sensibilidad  $5'/2$  mm, con sus lados no invertidos; "freno" de fricción regulable para el movimiento lateral aproximado; y movimiento lateral de precisión sin tope.

### **10.2.2. NI 2**

Este nivel automático de ingeniería y de alta precisión fue el primer nivel automático del mundo. Creado en la casa Zeiss de Alemania Occidental, ha sido útil para diversos trabajos



Figura 10.14: Ni 1

entre los cuales está la determinación de hundimientos en el reactor atómico de Seibersdorf (Austria).

Este instrumento tiene una exactitud nominal de  $\pm 0,3\text{mm}\sqrt{S(km)}$  con micrómetro, y de  $\pm 0,7\text{mm}\sqrt{S(km)}$  sin micrómetro. La apreciación milimétrica en miras con división centimétrica se da hasta, aproximadamente, los 120 m.

En el Ni 2, se introduce el dispositivo compensador. Así, basta con calar el nivel esférico para que el compensador oriente la visual automáticamente a la horizontal. Esta operación, con tal exactitud, sólo era posible en los antiguos instrumentos haciendo coincidencia en un nivel tubular a burbuja de gran sensibilidad.

El compensador consta en esencia de tres prismas, uno de los cuales se halla suspendido de cuatro alambres pudiendo oscilar libremente dentro de un cierto intervalo, con lo que regula el ángulo  $\beta$  en dependencia del ángulo  $\alpha$  de manera que los rayos que inciden horizontalmente representan la imagen en el centro del retículo. El amortiguamiento por aire, exento por completo de rozamientos, asegura una rápida disminución de las oscilaciones del péndulo, las cuales cesan por completo al cabo de medio segundo. Este compensador, pequeño y de poco peso, está alojado en el anteojo, y tiene un rango de funcionamiento de  $\pm 15'$  y la exactitud de horizontalidad del compensador es de  $\pm 0,25''$ . Esto significa que cuando se visa a una distancia de 50 m, resulta un error medio de solamente  $\pm 0,06$  mm.

Al haber que centrar un nivel esférico relativamente poco sensible,  $10'/2$  mm de sensibilidad, se dio a los tornillos calantes un paso grande. El nivel esférico puede observarse mediante un prisma, así, el centrado del nivel esférico es más cómodo.

Para dirigir la visual, no hay que mover ningún tornillo de fijación para accionar el movimiento lateral, sino que el anteojo se fija mediante un dispositivo de freno regulable en la dirección deseada. La visual se ajusta exactamente mediante un tornillo micrométrico lateral sin fin que puede funcionar con la mano derecha o con la izquierda, está a ambos lados.

El botón de enfoque tiene un movimiento rápido y otro lento, ambos son accionados por el mismo botón. El movimiento lento se intercala cada vez que cambia el sentido de giro por un cuarto de giro del botón.

El anteojo con enfoque interior, proporciona un imagen derecha, y tiene un aumento de 32 veces. El anteojo tiene una longitud de 270 mm, una abertura del objetivo de 40 m, un campo visual a 1000 m de 23 m y una distancia mínima de enfoque, sin lente adicional, de 3,3 m. Gracias a la disposición de las lentes del objetivo triple, el punto analáctico queda fijado de tal manera que, en las mediciones de distancia, prácticamente no se necesita tener en cuenta ninguna constante aditiva, por lo tanto el instrumento tiene una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de prácticamente 0.

El limbo del Ni 2, con un diámetro de 75 mm, puede estar graduado en grados centesimales o sexagesimales. La lectura se hace en el ocular de microscopio, con 17x de aumento, que se encuentra junto al ocular del anteojo. Los minutos pueden ser estimados en una escala de 10 minutos. Además, el limbo puede orientarse.

Este instrumento tiene un amplio abanico de complementos, los cuales lo convierten en un excelente aparato. Citaremos los accesorios más importantes del instrumento, ya que de otra forma, sería un texto muy extenso.

Uno de los accesorios para el instrumento es el micrómetro de placa plana, que permite ajustar exactamente el trazo horizontal sencillo del campo visual del anteojo en el centro de una división de 5 mm. Con el micrómetro de placa plana es posible alcanzar la exactitud de  $\pm 0,5$  hasta  $\pm 1$  mm.

Otro es el equipo para el cruce de valles por nivelación, con este se eliminan los inevitables errores de ajuste del instrumento. Para ello, se necesitan dos instrumentos Ni 2 en cada lado, montados sobre un trípode y en una base común.



Figura 10.15: Ni 2

El último accesorio, y el más importante, es el astrolabio, que acoplado al instrumento sirve para hacer determinaciones astronómicas de posición y tiempo.

### 10.2.3. NI 21

Este nivel automático es un modelo más económico del Ni 2. Fue fabricado en Alemania Occidental y puede ser aplicado en todas las nivelaciones de ingeniería, en la construcción de carreteras, canales, ferrocarriles, etc. En general, podemos decir que es útil para la construcción, así como nivelaciones de superficies muy extendidas.

La exactitud nominal del instrumento es de  $\pm 1 \text{ mm} \sqrt{S(Km)}$ .

El anteojo del nivel es analítico, acromático y proporciona una imagen derecha. Tiene unos aumentos de 32 veces, una abertura del objetivo de 40 mm y una longitud total de 270 mm. El campo visual a 1000 m es de 23 m y la distancia mínima de enfoque es de 3,3 m, sin lente adicional. El nivel lleva incorporado un retículo con unos hilos estadimétricos con una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de prácticamente 0.

Al igual que el Ni 2, el Ni 21 está provisto del compensador de cuatro articulaciones Zeiss. Este compensador tiene un margen de funcionamiento de  $\pm 15'$  y una exactitud en la horizontalización de  $\pm 0,3''$ .

El limbo horizontal puede estar graduado en  $360^\circ$  ó  $400^g$ , y tiene una unidad mínima de medición de  $0,1^\circ$  ó de  $0,1^g$ , según este graduado en sexagesimal o centesimal.

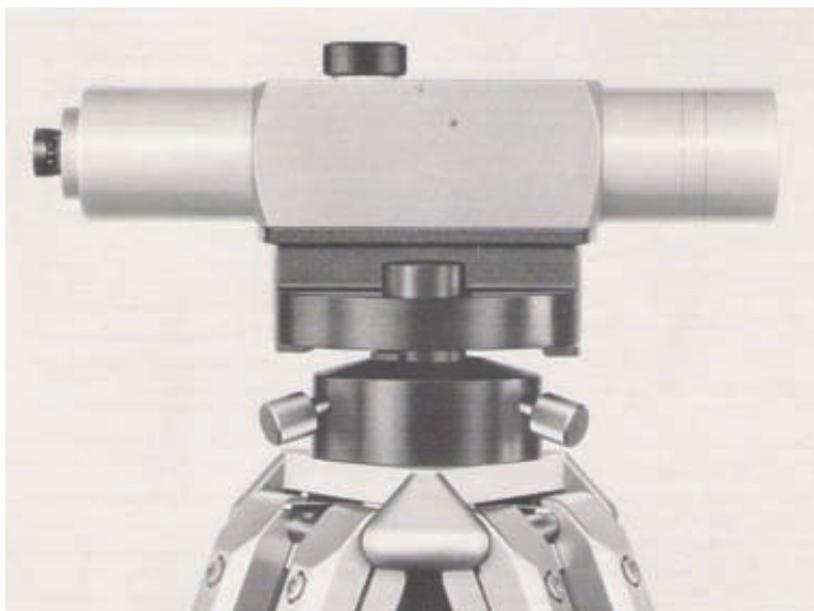


Figura 10.16: Ni 21

En el Ni 21, para realizar la horizontalización aproximada, hay dos tornillos calantes de paso muy fuerte. Se apunta a la mira sin tornillo de apriete ni movimiento micrométrico.

#### **10.2.4. NI 22**

El nivel automático para ingeniería Ni 22, es un modelo más económico del Ni 2 de Oberkochen. Aunque la precisión se ve variada, ambos instrumentos guardan características similares. Este nivel, Ni 22, está ideado para nivelaciones de alta precisión, nivelaciones de ingeniería en obras públicas y en el campo de la construcción, por ejemplo al tratarse de carreteras y puentes, nivelaciones geométricas.

La apreciación milimétrica en miras con división centimétrica se da hasta, aproximadamente, 120 m. El nivel tiene una exactitud nominal de  $\pm 1 \text{ mm}\sqrt{S(Km)}$ .

El anteojo del instrumento es analítico, acromático y proporciona una imagen derecha. Tiene 32 aumentos y una abertura del objetivo de 40 mm. La longitud total del anteojo es de 270 mm, con un campo visual a 1000 m de 23 m y una visual mínima, sin lente adicional, de 3,3 m. Los hilos estadimétricos corresponde a una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de prácticamente 0.

El Zeiss Ni 22 está provisto, al igual que el Ni 2, del compensador Zeiss de cuatro articulacio-

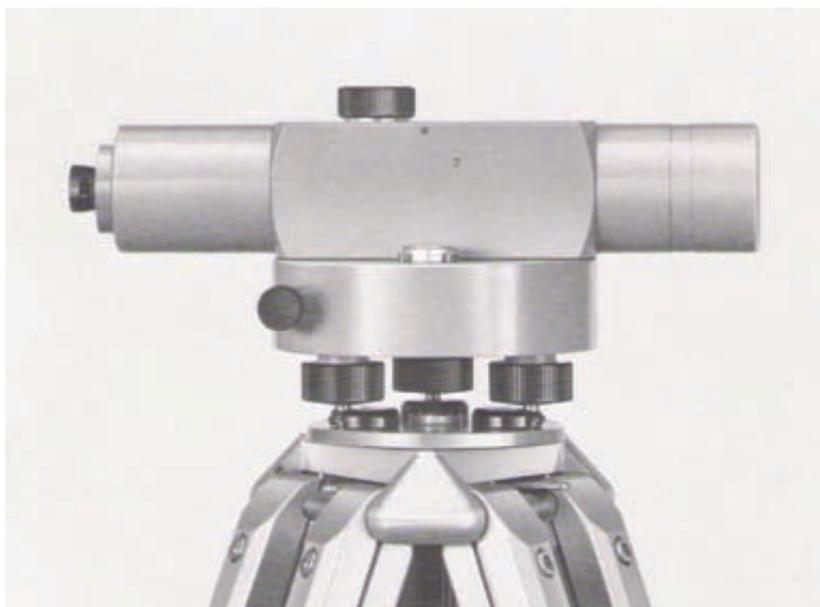


Figura 10.17: Ni 22

nes, o compensador “V” de Zeiss. Con esto se asegura la horizontalidad de la línea visual. El margen de funcionamiento del compensador es de  $\pm 15'$  y la exactitud en la horizontalización del compensador es de  $\pm 0,3''$ .

La sensibilidad del nivel esférico que lleva el nivel es de  $10'/2$  mm.

El manejo del Ni 22 es sencillo, los tornillos calantes tienen un paso muy alto para permitir una horizontalización aproximada rápida. El movimiento lateral micrométrico sin fin, con dos botones, se maneja tanto con la mano derecha como con la izquierda, y la fricción del movimiento lateral aproximado es regulable.

### 10.2.5. NI 3/ NI 3K

El nivel automático Ni 3, que es propiedad de la casa Zeiss de Alemania Occidental, es un intento de modernización del Ni 2 al que se le ha añadido una base con limbo horizontal. Se aplica principalmente en mediciones de alturas en construcciones de edificios y caminos, canales y puertos, en levantamientos de perfiles longitudinales y transversales, en nivelaciones poligonales en vías de comunicación y construcciones de gran longitud, y en nivelaciones de superficie para levantamientos de terreno.

Este nivel tiene una exactitud nominal de  $\pm 0,3\text{mm}\sqrt{S(\text{km})}$ , y un error medio para 1 km

de nivelación doble de  $\pm 1$  mm. Además, la apreciación milimétrica en miras con división centimétrica se da hasta aproximadamente los 120 m.

El anteojo, tiene un aumento de 32 veces, una abertura del objetivo de 45 mm y un campo visual a 100 m de 2,3 m. La longitud total del anteojo es de 270 m. La visual mínima se hace a 1,5 m. Los hilos estadimétricos corresponden a una constante de multiplicación de 100 y a una constante de adición de 0.

Al llevar un compensador, la horizontalización se hace más fácil para el operador. El margen de funcionamiento del compensador es de  $\pm 15'$  y la exactitud en la horizontalización de  $\pm 0,7''$ .

El Ni 3 no necesita tornillo de inclinación, ya que, el ángulo recto entre el eje de giro vertical y la visual del anteojo permanece siempre constante. En las nivelaciones de poligonales, los tornillos calantes cumplen la misión del tornillo de inclinación.

Así pues, se puede girar rápidamente el instrumento sin necesidad de soltar antes un tornillo de apriete. El movimiento de precisión lateral no está limitado y dos botones moleteados permiten manejarlo tanto con la mano derecha como con la izquierda. El movimiento de enfoque tiene un paso macrométrico y otro micrométrico, estando los dos en un solo botón.

El nivel esférico, con una sensibilidad de  $10'/2$  mm, está alojado en el centro del anteojo y protegido por una tapa con espejo, de modo que puede ser observado desde todos los lados sin necesidad de girar previamente el instrumento o cambiar el propio puesto.

Si queremos es posible hacerse con el nivel con un limbo graduado de  $400g$  ó  $360^\circ$ . Este limbo tiene un diámetro de 100 mm, un intervalo de graduación de  $1g$  ó  $1^\circ$  y una apreciación de  $0,1g$  ó  $0,1^\circ$ .

El Ni 3K, tiene las mismas características que el Ni 3, la única diferencia es que el primero es un nivel de obras con tornillo de inclinación. El alcance del tornillo de inclinación es de  $\pm 45'$ .



Figura 10.18: Ni 3

### 10.2.6. NI 4

El Ni 4 es un nivel automático destinado a la construcción, y que sirve para trabajos sencillos de trazado y controles en obras de construcción. El instrumento es robusto, el dispositivo automático no tiene alojamientos mecánicos. Este nivel fue fabricado en Alemania Occidental, en Oberkochen.

El anteojo, que da una imagen derecha, tiene un aumento de 16 veces, el diámetro del objetivo es de 20 mm y el campo visual a 100 m es de 3,5 m. La distancia mínima de visual es de 0,85 m y la apreciación milimétrica en la división centimétrica  $\pm 1$  mm se da hasta 100 m. Los hilos estadimétricos corresponden a una constante de multiplicación de 100 y a una constante de adición de +0,1 m.

Al ser un nivel automático sólo se necesita centrar el nivel esférico y ya se encuentra la visual en posición horizontal. El nivel esférico, necesario para la horizontalización aproximada, se observa por una lupa, de 3,5 veces aumentada, que se encuentra encima del ocular del anteojo. La sensibilidad del nivel esférico es de  $5'/2$  mm. Este nivel esférico es a la vez el compensador que actúa como una lente sobre el recorrido de los rayos dentro del anteojo. Una cuña giratoria puesta delante del objetivo simplifica el ajuste de la visual.

El enfoque se efectúa con el mismo botón tanto para la marcha rápida como para aquella fina, no posee tornillo de sujeción, para el movimiento lateral de aproximación el movimiento lateral fino puede manejarse tanto por la derecha como por la izquierda.

El Ni 4 puede pedirse con limbo horizontal graduado en sexagesimal o en centesimal. Los



Figura 10.19: Ni 4

intervalos son cada  $1^\circ$  ó cada  $1^s$  y pueden leerse por estimación con una exactitud de  $0,1^\circ$  ó  $0,1^s$ .

### 10.2.7. NI 42

El nivel automático Ni 42, es apropiado para las nivelaciones de exactitud media, como por ejemplo, en levantamientos planimétricos, taquimetría en terreno llano, medición de perfiles transversales y longitudinales, en obras de construcción y en minería. Al igual que el anterior, éste también fue ideado en la Zeiss de Alemania Occidental.

La exactitud nominal del instrumento es de  $\pm 5 \text{ mm} \sqrt{S(Km)}$ .

El anteojo analítico del instrumento tiene un aumento de 22 veces y proporciona una imagen derecha. La distancia mínima de la visual es de 1,20 m y el campo visual a 100 m es de 3,60 m.

El nivel lleva un compensador incorporado, en cojinetes de bolas, lo que hace que la visual esté perfectamente horizontal. Un indicador en el campo visual del anteojo permite leer la posición del compensador dentro de un sector de trabajo marcado. El rango del compensador es de  $\pm 1^\circ$  y la exactitud de la horizontalización automática es de  $-5''$ .

El instrumento tiene una apreciación milimétrica en la división centimétrica hasta los 80 m.

El nivel esférico de burbuja, que se encuentra incorporado en la base del nivel, se centra de forma aproximada con sólo dos tornillos calantes.



Figura 10.20: Ni 42

Para enfilar exactamente la mira, no hace falta el manejo de ningún tornillo de movimiento fino. Aunque el enfoque sí se gradúa con el único tornillo del instrumento situado en un lateral.

El limbo horizontal, que puede ser de  $360^\circ$  ó  $400^g$ , tiene una unidad mínima de división de  $0,1^\circ$  ó  $0,1^g$ . El instrumento lleva una lupa incorporada para leer los ángulos exactamente.

### 10.2.8. NI 52

El Ni 52, fabricado en la casa Zeiss de Oberkochen en la Alemania Occidental, está pensado para las obras en el sector de la construcción, por ello tiene un diseño robusto, una horizontalización rápida y un manejo cómodo y rápido.

La exactitud altimétrica del instrumento es de  $\pm 1$  mm hasta 50 m y la exactitud nominal de  $\pm 5 \text{ mm}\sqrt{S(\text{km})}$ . La estimación de los milímetros en miras con división de centímetros puede ser hasta unos 80 m.

El anteojo es giratorio con momento de giro ideal. Tiene 20 aumentos y una abertura del objetivo de 25 mm. El campo visual a 100 m es de 3,53 m y la distancia mínima de enfoque



Figura 10.21: Ni 52

es de 1 m. Al tener incorporado un sistema inversor de prisma, nos proporciona una imagen directa. Además, el anteojo es analítico y acromático. El retículo está provisto de trazos distanciométricos con una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de prácticamente 0.

El manejo rápido y cómodo se debe en parte a la horizontalización rápida mediante su base de rótula con un margen de inclinación de  $\pm 5^\circ$ . Para poner la visual exactamente horizontal, se hará mediante un tornillo de inclinación, con una inclinación de 20' por vuelta.

El instrumento dispone en total de dos mandos, uno para la puntería fina, como ya hemos dicho, y otro para el enfoque rápido, llegando hasta 1 m.

El nivel dispone de dos niveles, uno esférico con sensibilidad 30'/2 mm y otro tubular con sensibilidad 60'/2 mm. Podemos controlar la burbuja del nivel esférico mientras efectuemos las lecturas, ya que, hay dispuesto un espejo para hacernos más fácil la observación del nivel.

El limbo horizontal, que puede ser centesimal o sexagesimal, tiene un intervalo de graduación de  $1^\circ$  ó  $1^s$  con una unidad de estimación de  $0,1^\circ$  ó  $0,1^s$ .

### **10.2.9. NI 025**

El Ni 025 es un nivel compensador para trabajos de ingeniería y de obra. Sus campos de aplicación son las nivelaciones de líneas y superficies, los levantamientos de alturas y traslaciones de alturas a obras, los levantamientos de perfiles, los levantamientos taquimétricos

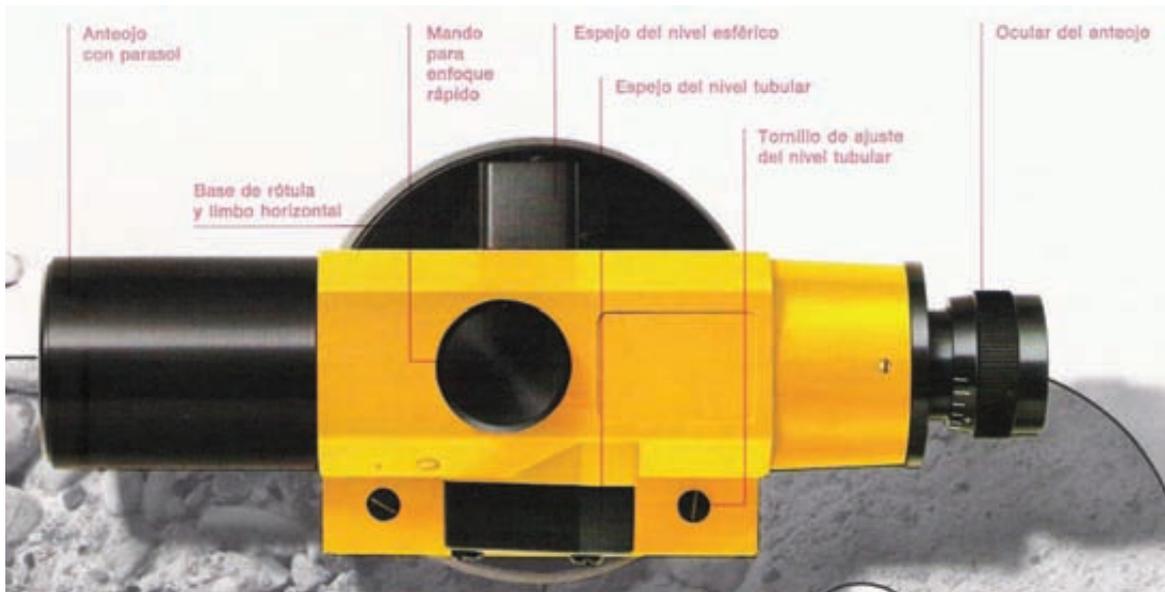


Figura 10.22: Composición del Ni 52

simples y trabajos de jalonamiento en terreno llano y las nivelaciones subterráneas. Este nivel fue creado en la casa Zeiss de Alemania Oriental.

Este instrumento tiene un error medio en una nivelación doble en 1 km de  $\pm 2,5$  mm.

La horizontalización de la línea visual se logra automáticamente por medio de un compensador optomecánico, situado entre la lente de enfoque y el ocular del anteojo, resistente a los golpes. Esta horizontalización automática garantiza una precisión en la horizontalización constante menor a  $0,5''$  en todo el margen funcional del compensador. El margen funcional del compensadores de  $\pm 10'$ , la exactitud del calado, como ya hemos dicho, es menor a  $0,5''$  y el tiempo del calado menor a 1 segundo.

El anteojo del instrumento produce una imagen derecha, tiene un aumento de 25 veces y una abertura del objetivo de 30 mm. Además, el ángulo del campo visual que produce es de  $1^{\circ}40'$ , el campo visual a 100 m es de 2,9 m y la distancia de puntería más corta es de 1,5 m. La máxima distancia de puntería con mira con división centimétrica para la estima de  $\pm 1$  mm es de 75 m aproximadamente, y para la estima de 0,5 mm es de 250 m aproximadamente. El retículo lleva los trazos estadimétricos de Reichenbach ( $K=100$ ), con una constante de adición de  $+0,1$  m.

El instrumento lleva un nivel esférico para la horizontalización aproximada con una sensibilidad de  $8'/2$  mm.

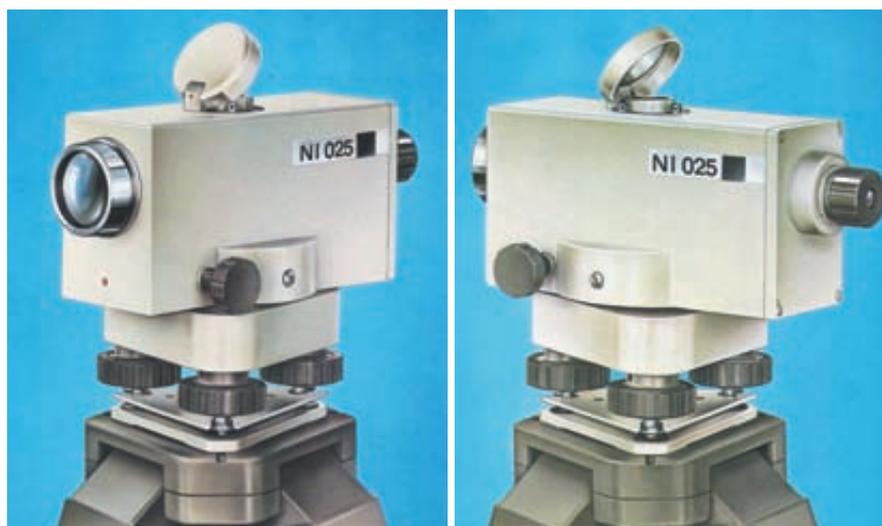


Figura 10.23: Ni 025

Después del apuntamiento aproximado mediante un acoplamiento de resbalamiento, del enfoque y el ajuste fino puede hacerse la lectura en la mira dentro de segundos.

El nivel se puede pedir con o sin limbo horizontal. El limbo tiene un diámetro de 50 mm, con un intervalo de graduación de  $10^{\circ}$  ó  $10'$  y una apreciación de la división de  $1^{\circ}$  ó  $1'$ , según la graduación escogida.

### **10.2.10. NI 030**

El Ni 030, fabricado en Jena, es un nivel de burbuja, está ideado para hacer cualquier tipo de nivelación desde nivelaciones sencillas hasta nivelaciones de ingeniería. Suele aplicarse principalmente en nivelaciones en construcciones de ingeniería, nivelaciones de superficies, levantamientos longitudinales y de perfiles transversales como base para los cálculos de masa, nivelaciones subterráneas, levantamientos taquimétricos del terreno y trabajos de jalonamiento en terreno llano, y nivelaciones en la construcción de maquinaria grande.

El nivel tiene un error medio para una nivelada de ida y vuelta de 1 km de  $\pm(2$  hasta  $3)$  mm.

Para la horizontalización de la línea visual, de este nivel, se usa un nivel tubular. El calado del nivel tubular se realiza con el tornillo de inclinación, cuyo movimiento giratorio se transmite mediante un sistema de palanca de gran transmisión al cuerpo de antejo. Situado al lado del ocular está la lupa para la observación de la coincidencia de la burbuja del nivel tubular, con

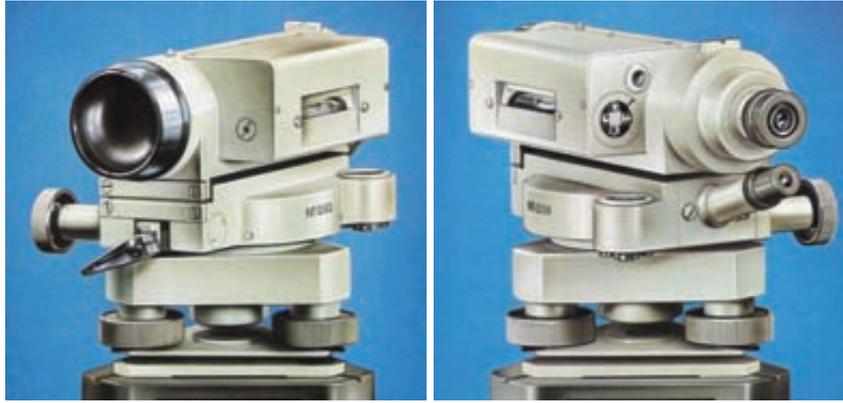


Figura 10.24: Ni 030

una sensibilidad de  $30''/2$  mm.

La sensibilidad del nivel esférico, que sirve para hacer la horizontalización aproximada, es de  $8'/2$  mm.

El anteojo, que produce una imagen invertida, tiene un aumento de 25 veces, un diámetro libre del objetivo de 35 mm y un ángulo del campo visual de  $1^{\circ}36'$ . La distancia de enfoque mínima es de 2 m y la distancia máxima de enfoque con miras de división centimétrica para la estima de 0,5 mm es de 100 m aproximadamente, y para la estima de 0,5 cm es de 350 m aproximadamente. El retículo está provisto de hilos estadimétricos para la medición de distancias según Reichenbach, constante de multiplicación 100 y constante de adición 0.

El eje vertical cilíndrico de acero está rectificando con alta precisión, lo que garantiza un giro siempre uniforme y exacto. Apretando con el dedo ligeramente la palanca de apriete, se retiene el movimiento lateral y, sin variar la posición de la mano, se puede accionar el tornillo para el movimiento fino lateral.

El Ni 030 puede entregarse con o sin limbo graduado horizontal. Si el nivel viene equipado con limbo, el microscopio de lectura, con un aumento de 15 veces, se encuentra debajo del ocular de anteojo. El limbo, de diámetro 75 mm, se ilumina a través de un prisma fijo incorporado que no se tapa por el observador. El intervalo de graduación es de  $1^s$  ó de  $1^{\circ}$ , el valor de división de la escala de lectura es de  $10^c$  ó de  $10'$  y la apreciación es de  $1^c$  ó de  $1'$ , según escojamos graduación centesimal o sexagesimal para el limbo.

### **10.2.11. NI 004**

El nivel Ni 004 de Jena es un nivel de precisión para nivelaciones de primer y segundo orden. Se puede aplicar este instrumento en nivelaciones de alta precisión (primer y segundo orden) y nivelaciones de enlace, en determinaciones altimétricas de puntos fijos en términos municipales y en fluviómetros en vías fluviales, en mediciones altimétricas de la geofísica, en observaciones altimétricas en lugares de depresión en cuencas mineras, y en mediciones altimétricas finas en construcciones superficiales y subterráneas, así como en la construcción de maquinaria pesada.

Podemos llegar a tener un error medio de  $\pm 0,4$  mm y en condiciones meteorológicas favorables el error medio puede reducirse hasta  $\pm 0,2$  mm.

El anteojo no está montado directamente a la caja del instrumento, de hecho el anteojo, el micrómetro y el nivel de coincidencia están envueltos por un caja. El cuerpo del anteojo está fabricado de una sola pieza maciza de acero. Este anteojo tiene un aumento de 44x y una longitud total de 375 mm. La abertura del objetivo es de 56 mm y el ángulo del campo visual es de  $1^\circ$ . La distancia mínima de puntería es de 3 m y la distancia máxima con el empleo de miras de nivelación de precisión con trazos de 1,6 mm de anchura de 120 m. Los hilos estadimétricos corresponden a una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0.

Al igual que el anteojo, el nivel de coincidencia tiene una montura de acero. La imagen de los cabos de la burbuja, aumentada 2,2 veces, puede verse en el ocular del anteojo. Después de accionar del nivel de coincidencia un botón conmutador, se puede observar también la posición de los cabos de la burbuja por otro observador con una lupa de 2,2 aumentos por el lado del nivel del anteojo. La sensibilidad del nivel de coincidencia es de  $10''/2$  mm. En la división, con un valor de  $2''$ , pueden medirse las desviaciones de las burbuja.

El micrómetro de placa plana se compone de una placa plano-paralela de cristal que, dentro de su montura, puede inclinarse mediante un tambor alrededor de un eje horizontal. Con ello, el rayo visual puede desplazarse paralelamente en altura, con lo cual se logra que un intervalo de la mira pueda encerrarse por la cuña del retículo y, con ello, efectuar la lectura



Figura 10.25: Ni 004

de la mira. La escala del tambor indica el valor del desplazamiento del rayo visual que debe agregarse como tercer o cuarto decimal, después de la coma, a la lectura efectuada en la mira; el quinto decimal se tiene que estimar. El margen de inclinación de la placa plana es de 5 mm. El tambor micrométrico está dividido en 100 partes, de modo que un desplazamiento del rayo visual puede leerse con una precisión de 0,05 mm. El micrómetro se lee mediante una lupa, con un aumento de 3x.

El eje cilíndrico vertical de acero está rectificado y asegura un funcionamiento uniforme y exacto. Una ligera presión del dedo sobre una palanca bloquea el movimiento lateral y, sin variar la posición de la mano, se puede accionar el tornillo para el movimiento fino lateral.

Aparte del nivel de coincidencia, el nivel lleva tres niveles más. El nivel esférico con una sensibilidad de  $25''/2$  mm y os niveles en cruz, con una sensibilidad de  $2''$ , que están sujetos a la caja y los puede ver perfectamente el observador. Estos últimos, se calan con los tornillos de la plataforma nivelante.

La alta precisión de medición no puede alcanzarse si no empleamos miras de precisión con cinta invar. El error medio con una mira de 1 metro es de  $\pm 0,01$  mm.

### **10.2.12. NI 007**

El Ni 007 es un nivel compensador creado por la casa Zeiss de Alemania Oriental. Este instrumento se aplica en nivelaciones de puntos fijos, en nivelaciones subterráneas, en todas las nivelaciones de ingeniería, en nivelaciones para la construcción de gran maquinaria, en

nivelaciones de extensión, en levantamientos longitudinales y transversales, y en levantamientos taquimétricos de terreno llano. Si el instrumento lo combinamos con el micrómetro de placa plana, también podemos usarlo en el encogimiento de las nivelaciones principales, la observación de alturas en los lugares de depresión de las cuencas mineras y en las mediciones de precisión de alturas en construcciones superficiales y subterráneas, así como de gran maquinaria.

Este nivel, en condiciones normales, puede alcanzar un error medio para una nivelación doble de 1 km, con el micrómetro de placa plana desacoplado y la aplicación de miras de nivelación con división centimétrica, de  $\pm 2$  mm. Con la utilización del micrómetro de placa plana en combinación con miras de precisión con cinta invar, divididas en intervalos de 0,5 cm, puede alcanzar un error medio para una nivelación doble de 1 km de  $\pm 0,5$  mm.

La nivelación automática (o sea estabilización de la línea de mira) se obtiene por un compensador óptico-mecánico de suspensión pendular y que está intercalado en la marcha de los rayos del anteojo. El compensador tiene un margen de funcionamiento de  $\pm 10'$ , un error medio de calado de  $\pm 0,15''$  y el tiempo del calado es menor a 1 segundo.

En el anteojo vertical del instrumento se encuentra la abertura de salida, el botón de enfoque, el tornillo micrométrico y la palanca de presión para el movimiento lateral, el tambor micrométrico con botón de presión y lupa de lectura, el microscopio de lectura del limbo horizontal, su espejo de iluminación, así como el ocular.

Este anteojo tiene unos aumentos de 31,5 veces y un diámetro libre de 40 mm. El campo visual a 100 m es de 2,3 m. La distancia mínima de puntería es de 2,2 m y la distancia máxima de puntería, con la mira dividida en centímetros enteros, para la estima de 1 mm es de 140 m aproximadamente, y para la lectura de 1 cm de 350 m aproximadamente. El retículo lleva unos hilos estadimétricos para la medición de distancia según Reichenbach, con constante de multiplicación de 100 y constante aditiva 0. Para nivelaciones de precisión se hace uso de la cuña del retículo. El punto analáctico para  $s = \infty$  se encuentra exactamente en el eje vertical (punto de intersección de los rayos en el prisma pentagonal) y la desviación del punto analáctico, al apuntar la distancia más corta de  $s = 2,2$  m, es tan pequeño (12 mm) que queda prácticamente sin influencia alguna tanto en la altimetría como en la planimetría.

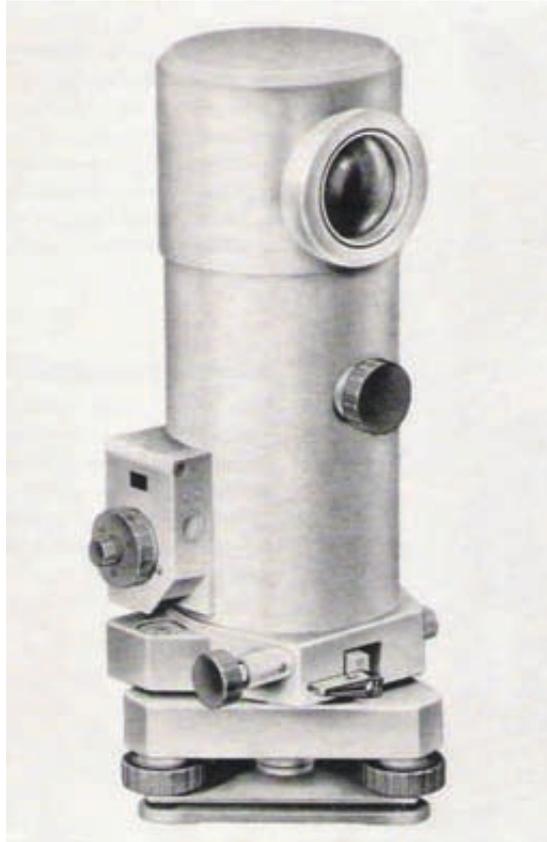


Figura 10.26: Ni 007

El micrómetro de placa plana tiene las divisiones hechas de metros en metros, el margen de medición es desde 0 hasta 5 mm, el valor divisorio es de 0,05 mm y el intervalo entre rayas divisorias de 0,8 mm.

La nivelación aproximada del Ni 007 se efectúa con el nivel esférico, de sensibilidad  $8\frac{1}{2}$  mm, que puede observarse a través de un prisma. Para enfilar un punto de mira de manera aproximada, usaremos un visor óptico libre de paralaje.

El Ni 007 se puede conseguir con o sin limbo, graduado en centesimal o en sexagesimal. El microscopio de lectura, con un aumento de 19x, para el limbo se halla dispuesto debajo del ocular del antejo. El limbo de cristal tiene un diámetro de 63,4 mm, el valor de escala es de  $10^c$  ( $10'$ ), y la lectura a estima es de  $1^c$  ( $1'$ ).

El eje vertical cilíndrico, de acero, está rectificadado con muy buena precisión y garantiza un movimiento uniforme. El movimiento lateral se retiene con una palanca de presión.

### **10.2.13. NI 040 A**

El nivel compensador NI 040 A creado en la casa Zeiss de Jena, se aplica en todos los trabajos de nivelación, en los cuales un error medio hasta de  $\pm 4$  mm para una nivelación doble de 1 km es admisible. Los principales campos de aplicación son los levantamientos altimétricos, la traslación de alturas y los trabajos de alineación en terrenos de obra, las nivelaciones de superficies, los levantamientos de perfiles longitudinales y transversales, sencillos levantamientos taquimétricos y trabajos de alineación en terreno llano, y nivelaciones subterráneas. Este nivel es uno de los cuatro que forman una serie de niveles de apariencia similar (fig. 10.27). A esta serie pertenecen el Ni 040 A, el Ni 021 A, el Ni 020 A y el Ni 005 A, ordenados de menor a mayor. Por lo tanto, este es el nivel más pequeño

El instrumento, con forma cuadrada, lleva una especie de asa incrustada que sirve para llevar la línea de puntería hacia la mira.

El antejo del instrumento, que tiene un aumento de 20 veces, da una imagen derecha. El diámetro libre del objetivo es de 32 mm y la distancia mínima de puntería es de 0,4 m. El instrumento está dotado de unos hilos estadimétricos, con una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0.

La realización de la horizontalización previa se hace por medio de un par de discos cuneiformes situados en la base del nivel. Para ello, giraremos las asas diametralmente opuestas del par de discos de modo que queden en ángulo recto de la desviación de la burbuja, luego movemos las asas juntamente en el sentido del desplazamiento requerido de la burbuja. El NI 040 A también podemos encontrarlo con horizontalización por pie de rótula en vez de por este método. Al lado del ocular tenemos una vista del nivel esférico, que tiene una sensibilidad de  $25'/2$  mm, así no hace falta que miremos el nivel por encima del instrumento. El instrumento viene equipado con un compensador bastante resistente a golpes y sacudidas. El margen de funcionamiento de  $\pm 30'$  del péndulo admite una horizontalización previa relativamente “gruesa”. El error medio de calado es de  $\pm 1''$  y el tiempo de calado es menor a 1 segundo.

El tornillo micrométrico sin fin está situado en los dos laterales, para poder ser manejable



Figura 10.27: Serie de instrumentos destacando Ni 040 A

desde ambos lados.

Con este nivel podemos usar las miras digitales, permitiendo prescindir del cálculo de errores de las rayas de graduación.

Para efectuar levantamientos taquimétricos y para jalonamientos en terreno plano, el NI 040 A lleva un limbo de metal provisto de una graduación de  $1'$  ó  $1''$ , con un error por estimación de  $10'$  ó  $0,1''$  con una numeración a dextrósum y otra a sinistrósum. Por medio de un anillo de ajuste es posible ajustar el limbo a una determinada dirección inicial.

#### 10.2.14. NI 020 A/NI 021 A

Estos dos niveles de Jena comparten características técnicas, a parte de una apariencia similar, por lo que describiremos uno y citaremos las diferencias del otro.

Siguiendo el orden de menor a mayor tamaño de instrumento (fig. 10.29), empezaremos por el Ni 021 A y terminaremos con el Ni 020 A.

Estos niveles son aplicados en nivelaciones en obras de ingeniería, nivelaciones de superficie, levantamientos de perfiles para el replanteo de vías y líneas, transferencia, jalonamiento y control de alturas en la ingeniería civil, levantamiento taquimétrico, nivelaciones subterráneas. Además, si le acoplamos un micrómetro de placa plana y usamos miras de precisión, podremos usarlo en levantamientos especiales de altura en áreas de hundimiento por explotación minera, levantamientos de altura de precisión en construcciones sobre y bajo el nivel



Figura 10.28: Ni 040 A

de tierra y en la construcción de maquinaria.

El instrumento tiene un error medio con nivelación doble en 1 km de  $\pm 2$  mm, y si lleva el micrómetro de placa plana el error se reduce a  $\pm 0,7$  mm.

El anteojo da una posición derecha y tiene un aumento de 31x, pudiéndose variar con un cambio de ocular a 25x. El diámetro libre del objetivo es de 37,5 mm y la distancia mínima de puntería es de 0,7 m, para el Ni 020 A, y de 0,9 m, para el Ni 021 A. Los hilos estadimétricos tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0.

La horizontalización previa del Ni 020 A se hace por medio de un par de discos cuneiformes situados en la base del nivel. Para ello, giramos las asas diametralmente opuestas del par de discos de modo que queden a ángulo recto de la desviación de la burbuja, después movemos las asas conjuntamente en el sentido del desplazamiento requerido de la burbuja. La sensibilidad del nivel esférico es de  $25'/2$  mm en ambos niveles. Aparte de esto, el Ni 020 A también se puede encontrar con horizontalización por pie de rótula o por plataforma nivelante de tres tornillos. El Ni 021 A se suministra con plataforma nivelante de tres tornillos. La

horizontalización previa está indicada mediante el nivel esférico dispuesto al lado del ocular. El Ni 020 A está dotado con un compensador con dispositivo de aviso, situado en la parte izquierda del campo visual, que muestra el funcionamiento del compensador. Cuando toda la superficie de los tres sectores de aviso aparece roja, será necesario verificar la horizontalización aproximada. El margen funcional del compensador es de  $\pm 15'$ , con error medio de calado de  $\pm 0,5''$  y un tiempo de calado menor a 1 segundo.

La horizontalización de precisión del Ni 021 A se efectúa por medio de un tornillo de inclinación y un nivel de coincidencia, con una sensibilidad de  $30''/2$  mm. La imagen de coincidencia de los extremos de la burbuja podemos verla en la parte derecha del campo visual a la altura de la raya horizontal.

Mediante un acoplamiento de resbalamiento y el accionamiento lateral micrométrico sin fin, el cual se puede manejar desde ambos lados, los niveles se alinean más rápidamente a la mira. El sistema de enfoque aproximado-fino hace mejorar la exactitud del ajuste.

Para las mediciones de alta precisión, podemos calar sobre el objetivo el micrómetro de placa plana, con una gama de 5 mm ó de 10 mm.

Con estos niveles también podemos usar las miras digitalizadas, que mejoran los resultados de nuestros trabajos.

Los niveles pueden llevar un limbo horizontal según nuestras preferencias, la gama de limbos para estos niveles es bastante amplia, y que se leen mediante un microscopio. A falta del limbo, los niveles se entregan con un visor rectangular que permite marcar ángulos rectos.

Ambos niveles llevan incorporada una plomada óptica en la plataforma nivelante de tres tornillos con una exactitud de centrado a los 1,5 m de  $\pm 0,3$  mm.

### **10.2.15. NI 005 A**

El nivel compensador Ni 005 A se aplica en todos los trabajos de nivelación, en los cuales un error medio hasta de  $\pm 0,5$  mm para una nivelación doble de 1 km es admisible. Sus campos de aplicación principales son las nivelaciones sobre puntos fijos, las mediciones especiales

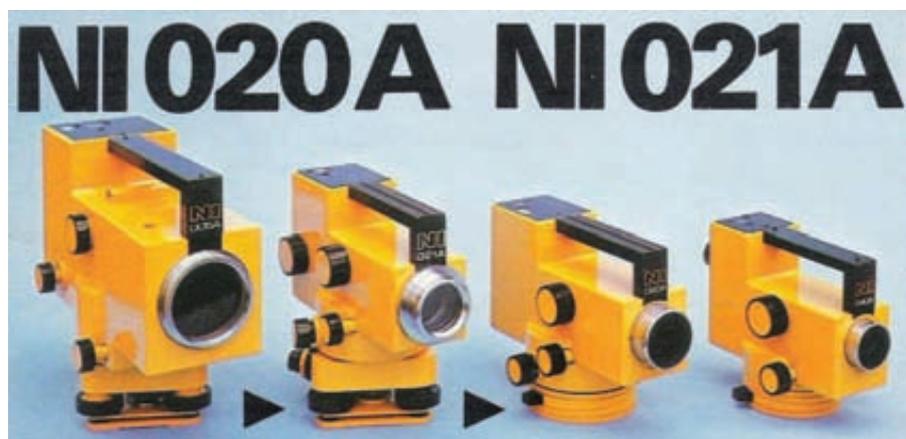


Figura 10.29: Serie de instrumentos destacando Ni 020 A y Ni 021 A



Figura 10.30: Ni 020 A y Ni 021 A

de altura de zonas de depresión, las nivelaciones en la construcción de maquinaria grande y en obras de instalación, y las nivelaciones de superficies.

El instrumento es el último nivel de la serie, y por lo tanto, el más grande en tamaño (fig. 10.31).

Está equipado con un compensador con dispositivo de aviso. Este dispositivo de aviso se puede ver en la parte izquierda del campo visual del anteojo, y su función es indicar el funcionamiento del compensador. Cuando toda la superficie de los tres sectores de aviso aparece roja, quiere decir que es necesario corregir la horizontalización aproximada. El compensador tiene un margen funcional de  $\pm 10'$ , un error medio de calado de  $\pm 0,3''$  y un tiempo de calado menor a 1 segundo.

El nivel esférico, con una sensibilidad de  $8'/2$  mm, puede calarse con pocas vueltas de los tres tornillos nivelantes de gran paso y se puede ver sobre el ocular para facilitar las lecturas. Por medio del acoplamiento de resbalamiento y el accionamiento lateral micrométrico sin fin, manejable en ambos laterales, se puede alinear el Ni 005 A rápidamente a la mira. El sistema de enfoque aproximado-fino produce una mejora del proceso de enfoque y mejora simultáneamente la delicadeza del ajuste.

El micrómetro de placa plana está incorporado en el Ni 005 A. La inclinación de la placa plana origina un desplazamiento en paralelo del rayo de puntería, de modo que el sector de la mira puede ser medido con exactitud. La placa plana está acoplada directamente con la escala micrométrica funcionalmente graduada, siendo el sistema así exento de errores de desplazamiento. La escala micrométrica está representada en la parte derecha del campo visual del anteojo. Si utilizamos las miras de precisión con graduaciones digitalizadas, resulta posible leer el sector de la mira digitalmente con una exactitud de décimas de milímetro.

El Ni 005 A se puede conseguir con un limbo horizontal de  $10'/0,1^g$ , o bien, de  $1'/1^c$ . La lectura por apreciación es de  $0,1'/20^{cc}$ , o bien de  $1'/1^c$ , respectivamente. El limbo de vidrio lleva un accionamiento circular que sirve para el ajuste de precisión. Además, lleva una numeración a *dextrorsum* y otra a *sinistrorsum*, cada una de las cuales es eclipsable discrecionalmente girando el anillo de diafragma situado en el ocular. Para evitar confusiones en



Figura 10.31: Serie de instrumentos destacando Ni 005 A



Figura 10.32: Ni 005 A

la lectura, las numeraciones están marcadas por flechas direccionales.

El anteojo tiene un aumento de 35x, aunque cambiando el ocular se puede variar. Da una imagen derecha y de lados no invertidos. El diámetro libre del objetivo es de 46 mm y tiene una distancia mínima de puntería de 0,9 m. Los hilos estadimétricos del retículo corresponden a una constante de multiplicación de 100 y a una constante de adición de 0.

El instrumento lleva incorporada una plomada óptica en la plataforma nivelante con una exactitud de centraje a 1,5 m de  $\pm 0,3$  mm.

### 10.2.16. NI 002

El nivel compensador de precisión Ni 002 de la casa de Alemania Oriental, sirve para las nivelaciones que requieran la máxima precisión. Sus campos de aplicación son las nivelaciones lineales de primer orden y segundo orden, la nivelación motorizada, los levantamientos de precisión de alturas en técnica y ciencia, y el montaje de buques, aviones y turbinas.

El error medio con nivelación de ida y vuelta de 1 km es desde  $\pm 0,2$  mm hasta  $\pm 0,3$  mm.

El sistema óptico de observación (prismas desviadores, sistema telescópico y ocular) no ejerce ninguna influencia sobre la situación de la línea visual, merced a lo cual resulta insensible a desajustes. La horizontalización de la línea visual se ajusta en fábrica, por lo que no necesita ser reajustada por el observador. Las influencias externas producen desviaciones mínimas de la posición nominal, tanto en los compensadores como en los niveles de burbuja.

La medida entre la posición directa e inversa del compensador da el horizonte cuasiabsoluto cuya desviación residual absoluta es menor de  $1''$ . El margen funcional del compensador es de  $\pm 10'$ , la exactitud media de calado es de  $\pm 0,05''$  y el tiempo de calado menor a un segundo. El horizonte cuasiabsoluto ha dado una serie de ventajas a los niveles como estacionamiento con “medición a pasos” durante la nivelación, porque la exactitud no es perjudicada ni siquiera por varios metros de diferencia entre las vistas hacia delante y hacia atrás; mayor seguridad de la nivelación, gracias a la exclusión de errores de estacionamiento; exactitud constante en terreno montañoso y en el levantamiento industrial con muy diferentes distancias de puntería; acortamiento del camino de nivelación, gracias a la adaptación óptima a las condiciones locales; supresión de la sombrilla adicional para el equipo; y, a pesar de la conmutación del compensador se necesitan sólo cuatro lecturas por estación.

Este nivel compensador lleva un micrómetro de objetivo. La escala micrométrica (5 ó 10 mm) y el objetivo están unidos y son desplazables verticalmente y a ángulo recto con la línea visual, por medio de una corredera. Con esto quedan excluidos de antemano los errores de desplazamiento que pueden ocurrir con los micrómetros de placa plana. Al mismo tiempo se cumple con esta disposición el principio del comparador de Abbe, favorable en cuanto se refiere a la frecuencia teórica de errores.

El anteojo del instrumento, tiene un aumento de 40 veces y da una imagen derecha y de lados no invertidos en ambas posiciones. El diámetro libre del objetivo es de 55 mm y el ángulo del campo visual vertical es de  $1^{\circ}16'$ . La distancia mínima de enfoque es de 1,5 m. Los hilos estadimétricos corresponden a una constante de multiplicación de  $100 \pm 1\%$  y una constante de adición de +0,4 m.

El NI 002 cuenta con un ocular giratorio que permite al observador medir las vistas hacia delante y hacia atrás sin tener que cambiar su propia posición. Gracias a un engranaje planetario que mueve un prisma especial dispuesto en la trayectoria de los rayos, las imágenes de la mira de precisión, del nivel esférico y del micrómetro aparezcan siempre derechas en el campo visual.

El nivel esférico translúcido para la horizontalización aproximada del nivel, con una sensibilidad de  $8'/2$  mm, está reproducido en el plano de la imagen del ocular giratorio. Todos los elementos visualmente observables (imagen de la mira con retículo, micrómetro y nivel esférico) se ven en el campo visual del anteojo de para facilitar su control.

Para que otro observador pueda también alinear el nivel a la mira de precisión, se incorporan dos visores rectangulares que funcionan según el principio de coincidencia.

El apuntamiento aproximado a la mira de precisión se realiza mediante el acoplamiento de resbalamiento, y el apuntamiento de precisión se efectúa, luego del apuntamiento aproximado, por medio del tornillo lateral micrométrico sin fin.

El sistema de enfoque aproximado-fino permite, por una parte cambiar el enfoque rápidamente en toda la gama comprendida entre 1,5 m e infinito, y por la otra ajustar con delicadeza la nitidez requerida para una medición de máxima precisión. El botón de enfoque se encuentra a ambos lados del instrumento.

Por medio de un adaptador especial se puede fijar al Ni 002 un dispositivo de iluminación, para iluminar el nivel esférico translúcido y el micrómetro en el campo visual del anteojo.

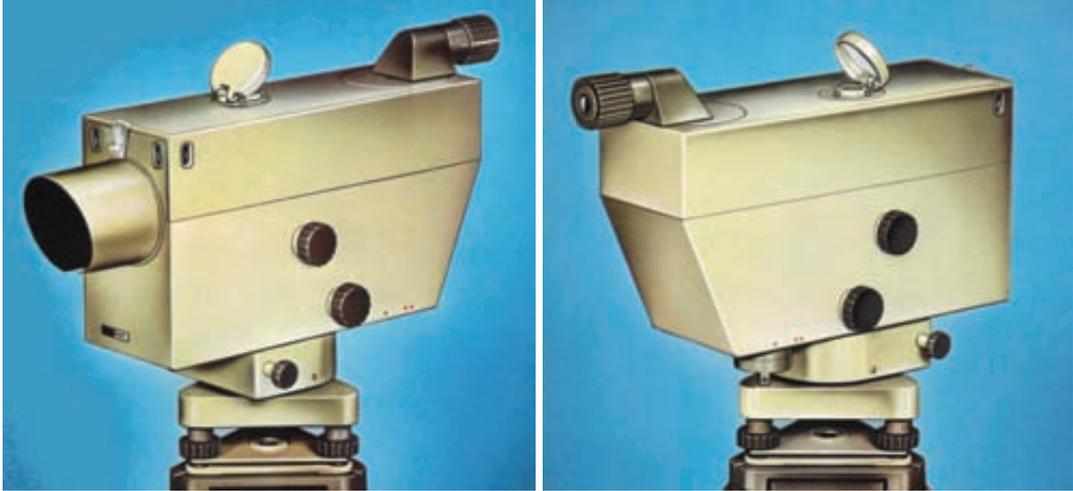


Figura 10.33: Ni 002



Figura 10.34: Medición con Ni 002 y el ocular girado

### **10.2.17. RENI 002A**

El RENI 002A es un nivel registrador de precisión creado en la casa Zeiss de Jena, apto para nivelaciones lineales de primer y segundo orden, nivelaciones desde automóviles, levantamientos de precisión de alturas en técnica y ciencia (como por ejemplo, para la medición de las deformaciones en presas), fundamentos de edificios altos y en zonas de hundimiento mineras, para la medición de los movimientos recientes de la corteza terrestre y, también, para el montaje de embarcaciones, aviones y turbinas.

El instrumento tiene programados doce procedimientos diferentes de nivelación, diez para nivelaciones lineales y dos para nivelaciones planimétricas. De estos procedimientos se elige el que interese antes de proceder al levantamiento, se fijan el orden y el número de las lecturas en las miras de precisión sobre cada una de las bases de nivelación. Así, mientras se está efectuando la nivelación, el RENI 002A controla automáticamente las mediciones respecto de su totalidad y orden correcto. Si cometemos algún error el instrumento nos lo indica acústica y ópticamente. Además se puede elegir entre nueve procedimientos de entrada o medición de las distancias de puntería y de corrección automática para compensar la curvatura de la Tierra y la refracción.

La lectura completa en una mira de precisión se compone del valor micrométrico (milímetros, décimas de milímetro y centésimas de milímetro) y del valor aproximado (metros, decímetros, centímetros) que se lee en la mira. Una vez hemos visado a la mira y apretado el botón correspondiente para hacer la medición, el valor micrométrico aparece en el indicador de diodos luminosos del campo visual del anteojo. El valor aproximado se introduce a través del teclado del nivel. El resultado de lectura total se guarda en la memoria del instrumento.

Una vez finalizada la medición, podemos obtener inmediatamente los cálculos que necesitamos, como los desniveles derivados de las graduaciones izquierda y derecha de la mira, el desnivel medio calculado, el desnivel total o las distancias.

Para la nivelación fina de la línea de la visual, el nivel está provisto de un compensador de inversión. El espejo plano de suspensión pendular a media distancia focal sirve a la vez de elemento compensador y de enfoque, refleja la imagen de la mira al retículo dispuesto so-

bre el objetivo del instrumento. Como el ajuste de la visual es estable, no hace falta que el operador efectúe un reajuste de la misma. Los errores de altura sistemáticos se eliminan, al realizar la nivelación de precisión, debido al principio del horizonte cuasi-absoluto. Dando giro a la palanca de conmutación, el compensador gira  $180^\circ$ , así la media entre las posiciones directa e inversa del compensador da por resultado el horizonte cuasi-absoluto, cuya desviación absoluta del punto cero es inferior a  $1''$ . Así pues, el margen de funcionamiento del compensador es de  $\pm 10'$ , la exactitud media de centraje es de  $\pm 0,05''$  y el tiempo de centraje es menor a 1 segundo.

El instrumento lleva un anteojo con un aumento del objetivo de 40x, aunque se puede cambiar por otro de 50x. El diámetro libre del objetivo es de 52 mm, el ángulo del campo visual vertical es de  $1^\circ 18'$  y la distancia mínima de puntería de 1,5 m. Los hilos estadimétricos llevan asociada una constante de multiplicación de 100 ( $\pm 1\%$ ) y una constante de adición de +0,25 m.

Al llevar ocular giratorio el observador puede, sin necesidad de cambiar de posición, medir las visuales hacia adelante y hacia atrás y accionar el teclado. Cualquiera que sea la posición del ocular, las imágenes de la mira y del micrómetro aparecen derechas y con los lados reales en el campo visual del anteojo.

La escala micrométrica del nivel es electrónica y va unida al objetivo. Ambos se desplazan verticalmente, formando ángulo recto con la visual. De esta manera se excluyen los errores de desplazamiento. Al mismo tiempo, esta disposición cumple con el principio del comparador de Abbe. El índice micrométrico es una rendija que se proyecta por medio de una lámpara de poca potencia y a través de un objetivo a la escala micrométrica electrónica. El valor micrométrico reproducido por el indicador de diodos luminosos se lee a través del sistema óptico de observación del nivel de anteojo en el campo visual del mismo directamente al lado de las muescas correspondientes al ajuste micrométrico.

El instrumento lleva incorporados dos visores rectangulares de imagen partida que facilitan al observador colocado al lado del instrumento apuntar éste con rapidez a la mira. El nivel esférico translúcido, con una sensibilidad de  $8'/2$  mm, se ve a través de un espejo rebatible giratorio. Para controlar la nivelación aproximada a la hora de apuntar a la mira se puede ver



Figura 10.35: RENI 002 A

la imagen del nivel esférico también debajo de los visores rectangulares.

Al llevar embrague de fricción, esto facilita el apuntamiento aproximado a la mira. El ajuste fino se consigue mediante el tornillo lateral sin fin micrométrico que va dispuesto a ambos lados.

El sistema de enfoque aproximado y fino permite cambiar rápidamente el enfoque entre 1,5 m e infinito y ajustar la nitidez requerida para las mediciones de precisión. El botón de enfoque se encuentra a ambas caras pequeñas del nivel.

El RENI 002 A tiene una fuente de alimentación interna que son dos baterías de níquel-cadmio. Una señal de aviso acústica y óptica indica el momento de cambiar las baterías. También se puede conectar a una fuente de alimentación externa mediante un cable.

## 10.3. TAQUÍMETROS

### 10.3.1. BRT 006

El taquímetro reductor de base BRT 006 de Jena, es un telémetro óptico con base en el aparato y con reducción automática. Este instrumento es útil para el levantamiento de detalles en zonas urbanizadas por el método polar, para trabajos técnicos de ingeniería, levantamientos topográficos o taquimétricos, levantamientos arquitectónicos o trabajos de ese estilo.

El error medio relativo para el trayecto de una distancia medida con coincidencia doble y reducción automática, suponiendo una buena figura de coincidencia, es de  $\pm 0,06\%$ . El error medio de una dirección medida una sola vez en ambas posiciones del anteojo es de  $\pm 15''$  ó  $\pm 40^{cc}$  y el error medio de una dirección medida una sola vez y en una sola posición del anteojo es de  $\pm 20''$  ó  $\pm 60^{cc}$ .

El anteojo, que tiene 15 aumentos, muestra una imagen derecha. Lleva un visor óptico para una puntería aproximada en ambas posiciones del anteojo. La distancia focal total es de 135 mm y la altura del eje horizontal es de 190 mm. El objetivo tiene un diámetro libre del objetivo de 19 mm y un ángulo del campo visual de  $2,7^\circ$ . El retículo tiene una constante de multiplicación de 200 y una constante de adición de 0.

El anteojo está unido al carril base y pueden inclinarse  $400^g$ , con esto se consigue hacer punterías muy inclinadas. El carril base, de longitud 305 mm, está dividido en intervalos de 0,5 mm con un valor de la división de 10 cm. Con una lupa de 3,5 aumentos se puede leer la división.

Los limbos horizontal y vertical tienen un diámetro de 90 mm, un valor de escala de  $5'$  ó  $5^c$ , una indicación a la estima de  $30''$  ó  $50^{cc}$  y el tamaño de una raya de la escala es de 1 mm en graduación centesimal y de 2 mm en graduación sexagesimal. El microscopio de lectura para leer los limbos, tiene un aumento de 30 veces, está situado debajo del ocular del anteojo y puede girarse alrededor de un eje horizontal.

El instrumento está compuesto de dos niveles, uno esférico de  $8'/2$  mm de sensibilidad y otro tubular de  $1'/2$  mm de sensibilidad.

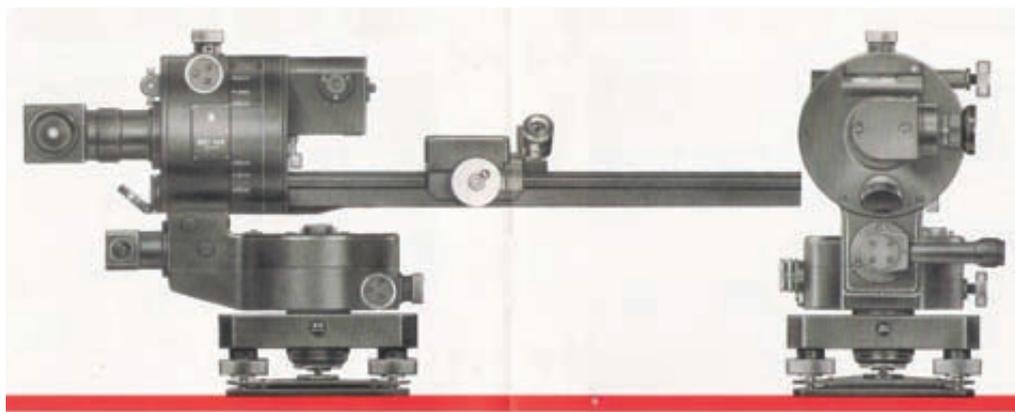


Figura 10.36: BRT 006

El instrumento está provisto de un botón de reiteración para poder emplear ese método con él.

### 10.3.2. DAHLTA 010 A

El taquímetro reductor DAHLTA 010 A es un instrumento perteneciente a la empresa de Alemania Oriental. Este instrumento es realmente útil para la confección de mapas, las mediciones de dirección para la ingeniería civil o geodesia, taquimetría, determinaciones de masas o mediciones angulares.

Este taquímetro tiene un error medio en una dirección medida en ambas posiciones del anteojo de  $\pm 3''$  ó  $\pm 10^{cc}$ , según la graduación elegida.

El anteojo tiene un aumento de 25x, una abertura libre del objetivo de 40 mm de diámetro y da una imagen derecha. En el campo visual del anteojo podemos ver las curvas en la posición directa del mismo (fig. 10.37). Estas curvas tienen unas constantes de multiplicación de 100 y 200 para las distancias, con un error medio para una distancia de 100 m de  $\pm 10$  cm y de  $\pm 20$  cm, respectivamente. Las constantes de multiplicación para los desniveles son de 10, 20, 50 y 100, con un error medio para un desnivel hasta 100 m de distancia de  $\pm 3$  cm,  $\pm 5$  cm,  $\pm 10$  cm y  $\pm 15$  cm, respectivamente.

Los niveles de los que consta el instrumento son dos. Uno tubular de sensibilidad  $30''/2$  mm y uno esférico de  $8'/2$  mm de sensibilidad.

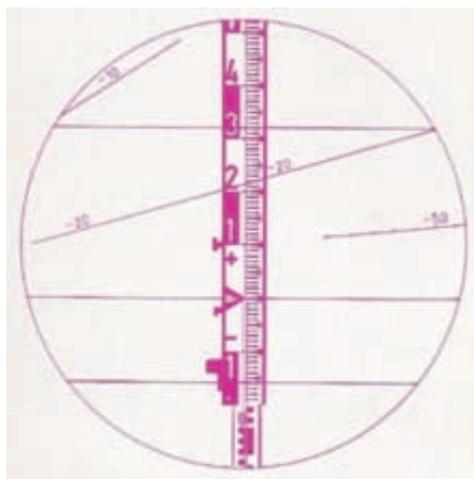


Figura 10.37: Campo visual del DAHLTA 010 A

Los limbos se leen a través de un microscopio de lectura que está situado al lado del ocular del anteojo. Para evitar errores de lectura, podemos tapar el limbo vertical. Ambos tienen un diámetro de 86 mm, un intervalo de división de  $1^{\circ}$  ó  $1^{\circ}$ , un valor de la escala de lectura de  $1^c$  ó  $1'$  y una estimación de la indicación de  $0,1'$  ó  $0,2^c$ .

El instrumento tiene índice de altura automático para la estabilización automática después del calado del nivel esférico. Este índice de altura tiene como fundamento un péndulo mecánico de oscilación rápida con amortiguación por aire suspendido en forma antichoque. El rango de funcionamiento del compensador es de  $\pm 4'$  y la precisión de calado del péndulo es de  $\pm 1''$ .

La plomada óptica incorporada tiene un aumento de 2,1 veces, un margen de enfoque desde 0,5 m hasta  $\infty$  y una exactitud de centraje a 1,5 m de  $\pm 0,3$  mm.

Alguno de los accesorios de este taquímetro son: prismas para visuales inclinadas, nivel para nivelaciones, plomada óptica para puntos cenitales y nadirales, plancheta cartográfica, etc.

### 10.3.3. REDTA 002

El taquímetro reductor Redta 002 de la casa Zeiss de Jena, es un instrumento adecuado para la taquimetría de precisión, la poligonización, el levantamiento de detalles a base de coordenadas polares y la triangulación de orden menor. Además, está equipado con un telémetro de coincidencia con reducción automática, sistema Bosshardt, con el cual se mide la distancia



Figura 10.38: DAHLTA 010 A

horizontal entre los puntos de estacionamiento del aparato y la mira.

Este instrumento tiene un error medio para una dirección medida en ambas posiciones del anteojo de  $\pm 3''$  ó  $\pm 10^{cc}$ , y para una distancia de 100 m, medida en ida y vuelta el error medio es de  $\pm 2$  cm.

El anteojo, con un aumento de 25 veces, mide en total 310 mm y puede dar la vuelta de campana por el lado del objetivo. El diámetro libre del objetivo es de 42 mm, el ángulo del campo visual de  $1,4^\circ$  y la distancia mínima de puntería es de 2,5 m. El retículo del instrumento tiene una constante de multiplicación de 100 y con una constante de adición en la medida de distancias de -0,3 m.

Para calcular el desnivel, el taquímetro lleva una graduación tangencial, que es parecido a un limbo, con el que se lee el ángulo de altura.

Mediante el microscopio de escalas se pueden leer los limbos y la graduación tangencial. Este microscopio tiene un aumento de 58x para el limbo horizontal y de 65x para el vertical y el de tangentes. El limbo horizontal tiene un diámetro de 114 mm, un valor de la graduación de  $1^c$  ó  $1'$ , según la graduación escogida, y una lectura a estima de  $0,2^c$  ó  $0,1'$ . El vertical, en cambio, tiene un diámetro de 74 mm, un valor de la graduación de  $1^c$  ó  $1'$ , según la graduación escogida, y una lectura a estima de  $0,25^c$  ó  $0,2'$ . La graduación de las tangentes tiene un valor de la graduación de 0,001 y una lectura a la estima de 0,0001. El limbo horizontal, además,

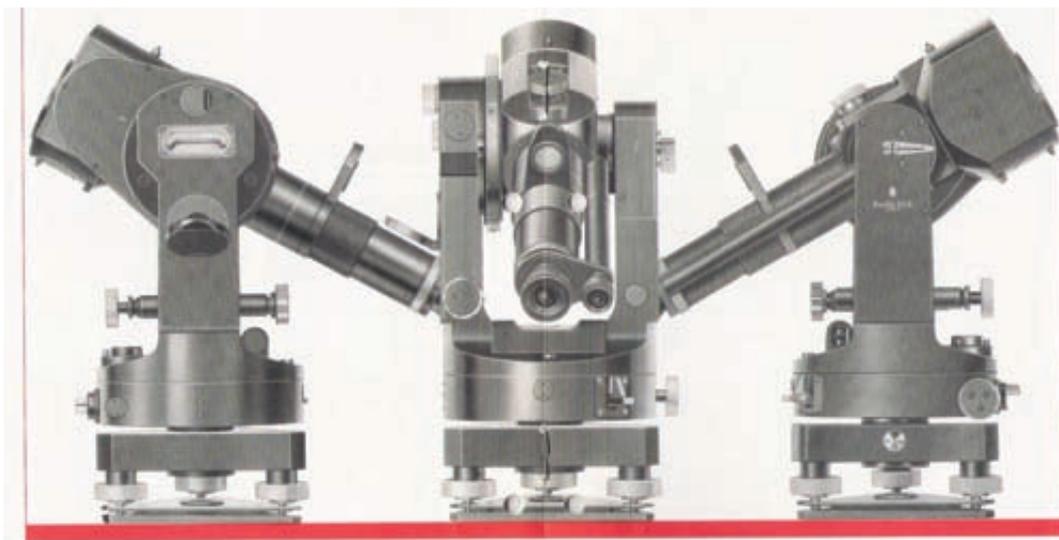


Figura 10.39: Redta 002

lleva una mordaza para poder efectuar el método de repetición de los ángulos horizontales.

Los niveles del instrumento son tres. Un nivel transversal de  $30''/2$  mm de sensibilidad, un nivel de índice de altura de  $30''/2$  mm de sensibilidad, situado en el montando del soporte de horquilla del anteojo y de coincidencia, y un nivel esférico de  $8'/2$  mm de sensibilidad.

El instrumento viene acompañado de una plomada óptica que debemos encajar en él para hacer un centrado más preciso. Tiene un aumento de 2,8 veces, un rango de enfoque desde 0,5 m hasta  $\infty$  y una exactitud de centraje a 1,5 m de  $\pm 0,2$  mm.

# Capítulo 11

## WILD

Heinrich Wild (Glarus, Suiza, 15 de noviembre de 1877 - Baden, Suiza, 26 de diciembre de 1951) fue el creador y diseñador de la casa sueca Wild Heerbrugg.

Con 15 años sirvió como aprendiz para el ingeniero hidráulico Legler en Glarus, con el que hizo su primera toma de contacto con el mundo de la topografía. Más tarde, en 1899, se unió a la Geometerschule (escuela geómetra) en Winterthur y entró como aprendiz a la Landestopographie (“Swisstopo” es el nombre común de la Oficina Federal de Topografía) en Berna. Debido a sus malas experiencias con la triangulación de alta montaña, intentó en 1905, y a partir de un teodolito convencional, diseñó un telémetro con círculo giratorio para la coincidencia de lecturas, con el que convenció a Zeiss para su creación.

En 1907 dejó la Landestopographie y se trasladó a Jena, Alemania, a la empresa Carl Zeiss para crear un nuevo departamento para la producción de instrumentos geodésicos y topográficos. Comenzó con el desarrollo de instrumentos de nivelación y diseñó un teodolito nuevo, el Th 1.

En el año 1921, tras la primera Guerra Mundial, Wild regresó a Suiza y fundó, el día 26 de abril de ese mismo año, junto con el doctor en geología R. Helbling y con el político Jacob Schmidheini, su propia compañía en Heerbrugg (Suiza) con el nombre de "Heinrich Wild, Werkstätte für Feinmechanik und Optik". Esta compañía se dedicó a crear, entre otras cosas, instrumentos de topografía y de fotogrametría o microscopios. En este momento él desarrolló el famosamente universal teodolito Wild T2, el teodolito de precisión T3 y también

el estereógrafo Wild A1 para la interpretación de fotografías aéreas, junto a una serie de otros instrumentos de medición.

Pero, a pesar de sus maravillosos inventos, a Wild no le preocupaba en absoluto la economía de la empresa, y esto se tradujo en la desvinculación de Wild con su empresa en el año 1932, con el fin de ser capaz de trabajar como diseñador “freelance”, técnico e inventor. La empresa pasó a llamarse “Wild Heerbrugg” en 1937. Después se fusionó con la empresa de óptica de Ernst Leitz de Wetzlar en 1987. Más tarde, adquirió una participación mayoritaria en Kern en 1988 y pasó a llamarse “Wild Leitz AG” en 1989. Ya en el año 1990, se convirtió en parte de la empresa Leica Geosystems, también de Suiza.

En cuanto a Wild, desde su desvinculación con su empresa hasta su muerte en 1951, siguió diseñando y creó los instrumentos DK1, DKM1, DM2, DKM2 y DKM3 de Kern & Co, además de otras cosas.

## **11.1. TEODOLITOS**

### **11.1.1. T0**

El teodolito-brújula Wild T0 se utiliza para la determinación y la transferencia de azimutes magnéticos, también se puede utilizar como teodolito normal para la medida y el replanteo de direcciones. El T0 se utiliza principalmente para la medición de las poligonales declinadas, en los levantamientos taquimétricos, para la determinación de los puntos de apoyo, y para el relleno de las partes no restituidas en la fotogrametría.

Con este instrumento se intentó construir una brújula de precisión y, a la vez, un taquímetro. Para ello se retocó el limbo móvil para convertirlo en fijo, mediante un imán solidario a él, con lo que se hacía además auto-orientable. Pero a pesar de las expectativas que se esperaban del teodolito-brújula, se acabó usando más como un taquímetro que como una brújula<sup>1</sup>.

El anteojo, de enfoque interno, tiene 20 aumentos y produce una imagen real derecha. El campo visual del anteojo a 1 km es de 35 m y la distancia mínima de enfoque de 1 m. La

---

<sup>1</sup>“Topografía”, D.Manuel CHUECA, ed. Dossat S.A.



Figura 11.1: T0

constante de multiplicación es de 100 y la constante aditiva de 0.

El nivel, situado en la alidada, tiene una sensibilidad de  $4'/2$  mm.

Los limbos pueden estar graduados en graduación sexagesimal o centesimal. Así pues, la lectura directa da una exactitud de  $20''$  ó  $1^c$ , en el limbo horizontal, y  $5'$  ó  $0,1^s$ , en el vertical. La lectura a estima es de  $1'$  ó de  $2^c$ .

Como accesorios podemos acoplarle al T0 un nivel de anteojo, un prisma objetivo, un prisma solar Roelofs y unos filtros solares para el ocular.

### 11.1.2. T1

El teodolito de micrómetro Wild T1 con lectura de micrómetro, está destinado tanto para triangulaciones pequeñas, poligonaciones, levantamientos catastrales, así como para todas las tareas topográficas.

El anteojo, de enfoque interno, tiene 30 aumentos y produce una imagen real derecha. El campo visual del anteojo a 1 km es de 27 m y la distancia mínima de enfoque de 1,7 m. La constante de multiplicación es de 100 y la constante aditiva de 0.

El nivel, situado en la alidada, tiene una sensibilidad de  $30''/2$  mm.

Los limbos pueden estar graduados en graduación sexagesimal, centesimal o de milésimas artilleras. Así pues, la lectura directa da una exactitud de  $6''$  ó  $2^c$ . La lectura a estima es de  $3''$  ó de  $1^c$ .



Figura 11.2: T1

El instrumento está construido con una plomada óptica incorporada, un índice de círculo vertical automático y con una base nivelante separable para un centrado forzado.

### 11.1.3. T2

El teodolito universal Wild T2 es apropiado para casi todos los trabajos de la topometría como levantamientos taquimétricos, mediciones en las obras públicas y en la industria o las mediciones astronómicas de campaña.

El anteojo, de enfoque interno, tiene 30 aumentos y produce una imagen real derecha. El campo visual del anteojo a 1 km es de 29 m y la distancia mínima de enfoque de 2,2 m. La constante de multiplicación es de 100 y la constante aditiva de 0.

El nivel, situado en la alidada, tiene una sensibilidad de  $20''/2$  mm.

Los limbos, con lectura seminumérica, pueden estar graduados en graduación sexagesimal, centesimal o de milésimas artilleras. La lectura directa es de  $1''$  ó  $1^{cc}$ . La alta precisión se garantiza, leyendo los círculos en lugares diametralmente opuestos por medio de un micrómetro óptico. Además, el índice del círculo vertical es automático.

El instrumento lleva incorporada una plomada óptica en la base nivelante, que es separable para realizar centrado forzoso.



Figura 11.3: T2

#### **11.1.4. T3**

El teodolito de precisión Wild T3 tiene una construcción similar a la del T2 pero con mayor tamaño. Este instrumento está pensado, principalmente, para las mediciones angulares de las redes de triangulación de I y II orden, y para la medición de deformaciones.

El anteojo tiene unos aumentos de 24, 30 o 40 veces, es de enfoque interno y produce una imagen inversa. El campo visual del anteojo a 1 km es de 28 m y la distancia mínima de enfoque de 4,6 m.

Este instrumento no está provisto de hilos estadimétricos.

El nivel de la alidada tiene una sensibilidad de  $6,5''/2$  mm.

Los limbos pueden estar graduados en graduación sexagesimal o centesimal. La lectura directa de estos es de  $0,2''$  ó  $1^{cc}$ , y la lectura a estima es de  $0,1''$  ó de  $0,5^{cc}$ .

Al tener una construcción similar al T2, puede usar los accesorios suyos o del T2 indistintamente.

#### **11.1.5. T4**

El instrumento universal Wild T4 sirve para medir ángulos con la más alta precisión en las triangulaciones de primer orden y en las observaciones astrogeodésicas.

El anteojo acodado, con un aumento de 60 u 80 veces, permite una puntería cómoda hasta el cenit, ya que el ocular, con micrómetro impersonal, se encuentra siempre a la altura del ojo.



Figura 11.4: T3



Figura 11.5: T4

El anteojo de enfoque interno, produce una imagen invertida. El campo visual del anteojo a 1000 m es de 14 m y la distancia mínima de enfoque es de, aproximadamente, 100 m. Al igual que el T3, este instrumento no dispone de hilos estadiométricos.

El nivel, que se encuentra en la alidada, tiene una sensibilidad de  $1''/2$  mm.

Los limbos, de graduación sexagesimal, se leen mediante un micrómetro óptico, con una lectura directa a  $0,1''$ , el horizontal, y a  $0,2''$ , el vertical. La lectura a estima es de  $0,05''$  el limbo horizontal y de  $0,1''$  el limbo vertical. Dos limbos de preorientación hacen más sencilla la puntería.



Figura 11.6: T16

### **11.1.6. T16**

El teodolito de escala Wild T16 está diseñado para las triangulaciones pequeñas, las poligonaciones, los levantamientos catastrales, los levantamientos de planos acotados y los replanteos. Podemos usarlo para las mediciones en las obras de construcción y en las minas.

El anteojo, de enfoque interno, tiene 30 aumentos y produce una imagen real derecha. El campo visual del anteojo a 1 km es de 27 m y la distancia mínima de enfoque de 1,7 m. La constante de multiplicación es de 100 y la constante aditiva de 0.

El nivel, situado en la alidada, tiene una sensibilidad de  $30''/2$  mm.

Los limbos pueden estar graduados en graduación sexagesimal, centesimal o de milésimas artilleras. Así pues, la lectura directa da una exactitud de  $1'$  ó  $1^c$ . La lectura a estima es de  $0,1'$  ó de  $1^{cc}$ . El modelo con la graduación sexagesimal puede ser adquirido con una lectura directa de  $20''$  y una lectura a estima de  $5''$ .

Este teodolito tiene una plomada óptica incorporada, un índice de círculo vertical automático, una iluminación eléctrica y una base nivelante separable para un centrado forzado.

La cantidad de accesorios de toda clase permiten un empleo muy variado del T16.

### **11.1.7. T05**

El teodolito compacto Wild T05 es un teodolito destinado para la construcción.



Figura 11.7: T05

El aumento del anteojo es de 19 veces. El anteojo de enfoque interno, produce una imagen real derecha y su campo visual a 1000 m se pueden ver 39 m. La distancia mínima de enfoque es de 0,8 m.

Para fijar una cierta inclinación está provisto un nivel de gradiente en combinación con un nivel para nivelación, esto nos es útil para la instalación de tuberías, por ejemplo. La constante de multiplicación es de 100 y la constante aditiva de 0.

El nivel, situado en la alidada, tiene una sensibilidad de 60" por cada 2 mm.

Los limbos pueden estar graduados en graduación sexagesimal o centesimal. Así pues, la lectura directa da una exactitud de 5' ó 0,1<sup>g</sup>, pudiendo llegar a 2' mediante construcción espacial del aparato. La lectura a estima es de 0,5' ó de 1<sup>c</sup>.

El T05 es independiente a la luz del día gracias a la iluminación eléctrica de los círculos por batería incorporada.

Bajo pedido, podemos insertarle una plomada óptica adicional y un nivel de anteojo, lo que permite usarlo en nivelaciones de áreas y nivelaciones en líneas de corta distancia.

### 11.1.8. RDS

El taquímetro autorreductor Wild RDS para mira vertical, se emplea en los levantamientos taquimétricos y replanteos.

El anteojo, de enfoque interno, da una imagen real directa, lo que facilita la orientación sobre el terreno a levantar. Los aumentos del instrumento son 24, el campo visual del anteojo



Figura 11.8: RDS

a 1000 m es de 22 m y la distancia mínima de enfoque es de 2,4 m. Los trazos estadimétricos del diagrama de reducción se distinguen por su curvatura, la constante de adición es de 0 y la constante de multiplicación es de 100 en los desniveles de 10, 20, 50 y 100. Por lectura sobre la mira, se obtiene la distancia horizontal y, mediante un cálculo, podemos obtener la diferencia de nivel.

El nivel de la alidada tiene una sensibilidad de  $30''/2$  mm.

Los limbos pueden estar graduados en graduación sexagesimal o centesimal, y se leen mediante un microscopio a escala. La lectura directa de estos es de  $1'$  ó  $1^c$ , y la lectura a estima es de  $0,1'$  ó de  $20^c$ .

El RDS posee una plomada óptica incorporada y una base nivelante separable para permitir el centrado forzoso.

## 11.2. NIVELES

### 11.2.1. NA0/NAK0

El nivel automático de obras Wild NA0 está diseñado para el trabajo en obras de construcción. La desviación estándar para 1 km en nivelación de ida y vuelta con placa planoparalela es de  $\pm 2,5$  mm.

Una vez centrado el nivel esférico, que tiene una precisión de centraje de la burbuja de  $\pm 0,8''$ ,



Figura 11.9: NA0/NAK0

el NA0 está listo para su uso. Un botón permite controlar el funcionamiento correcto del dispositivo automático. El anteojo, de 20 aumentos, proporciona una imagen real directa y tiene enfoque interno. El campo visual a 100 m es de 3,6 m y la distancia mínima de enfoque de 0,9 m. Los hilos estadimétricos asociados al retículo tiene una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0.

En el modelo NAK0, además de lo descrito anteriormente, tenemos un limbo horizontal que puede estar graduado en graduación centesimal o sexagesimal. Con este limbo, podemos hacer replanteos de ángulos y levantamientos taquimétricos en terreno llano.

### 11.2.2. NA1/NAK1

El nivel automático de ingeniería, Wild NA1 está pensado para toda clase de mediciones altimétricas en obras de construcción e ingeniería civil. La desviación estándar para 1 km en nivelación de ida y vuelta con placa planoparalela es de  $\pm 0,7 - 1,5$  mm.

Una vez centrado el nivel esférico, que tiene una precisión de centraje de la burbuja de  $\pm 0,5''$ , el NA1 está listo para su uso, ya que la línea de puntería se pone horizontal por medio de un dispositivo automático. Un botón permite controlar el funcionamiento del dispositivo automático. El anteojo, de 24 aumentos, proporciona una imagen real directa y tiene enfoque interno. El campo visual a 100 m es de 3,2 m y la distancia mínima de enfoque de 1 m. Los hilos estadimétricos asociados al retículo tiene una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0. El empleo del micrómetro de placa planoparalela GPM4 o el prisma para objetivo, aumentan la precisión, hasta los  $\pm 0,7$  mm.



Figura 11.10: NA1/NAK1

En el modelo NAK1, además de lo descrito anteriormente, tenemos un limbo horizontal que puede estar graduado en graduación centesimal o sexagesimal.

### 11.2.3. NA2/NAK2

El nivel automático universal Wild NA2, se usa para las mediciones altimétricas precisas de geodesia, en la construcción y en la industria. Este nivel, permite un ahorro de tiempo de hasta un 40%, con relación a la nivelación con un nivel de burbuja. La desviación estándar para 1 km en nivelación de ida y vuelta con placa planoparalela es de  $\pm 0,3 - 0,7$  mm, según el tipo de mira y el procedimiento de trabajo.

El anteojo, de 32 ó 40 aumentos, es de enfoque interno y proporciona una imagen real directa. El campo visual a 100 m es de 2,4 m y la distancia mínima de enfoque de 1,6 m.

La sensibilidad del nivel esférico es de  $\pm 0,3''$ .

El micrómetro de placa planoparalela GPM3, montado sobre el objetivo, permite leer directamente 0,1 mm y estimar 0,01 mm. El retículo está formado por un doble trazo en forma de cuña, y los hilos estadimétricos tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0. Con el GPM 3 el instrumento puede utilizarse también para mediciones de deformación en puentes, presas, diques etc.

A este nivel podemos acoplarle accesorios para hacerlo más competitivo. Estos son, un prisma-objetivo de  $90^\circ$ , unas lentes adicionales, un micrómetro de placa planoparalela GPM 6, un ocular de 40 aumentos, unos oculares acodados, un ocular para autocolimación y una lámpara para el ocular.



Figura 11.11: NA2/NAK2

En el modelo NAK2, además de lo descrito anteriormente, tenemos un limbo horizontal que puede estar graduado en graduación centesimal o sexagesimal.

#### **11.2.4. N01/NK01**

El nivel de burbuja N01, es un sencillo nivel para las múltiples tareas en obras públicas donde la exactitud de 1 cm es suficiente. La desviación estándar para 1 km en nivelación de ida y vuelta con placa planoparalela es de  $\pm 10$  mm.

El anteojo, de 19 aumentos, es de enfoque interno y proporciona una imagen real directa. El campo visual a 100 m es de 4 m y la distancia mínima de enfoque de 0,8 m. Los hilos estadimétricos del retículo tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0.

El aparato lleva dos niveles, uno tubular con una sensibilidad de  $60''/2$  mm, y otro esférico con una sensibilidad de  $\pm 10''$ .

Además, lleva un visor mecánico para una puntería aproximada rápida, con una muesca central para la puesta en estación por debajo de una plomada de hilo.

En el modelo NK01, además de lo descrito anteriormente, tenemos un limbo horizontal que puede estar graduado en graduación centesimal o sexagesimal.

#### **11.2.5. N05/NK05**

El nivel de obra Wild N05, es un nivel de burbuja, adecuado para las principales tareas de la construcción. La desviación estándar para 1 km en nivelación de ida y vuelta con placa



Figura 11.12: N01/NK01



Figura 11.13: N05/NK05

planoparalela es de  $\pm 5$  mm.

El anteojo, de 19 aumentos, tiene imagen real directa y es de enfoque interno. El campo visual a 100 m es de 4 m y la distancia mínima de enfoque de 0,8 m, lo que es ideal para campos de obras estrechas. Los hilos estadimétricos del retículo tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0.

El nivel esférico del instrumento, tiene una sensibilidad de  $60''/2$  mm, y el nivel tubular tiene una precisión de centrado de la burbuja de  $\pm 10''$ .

Lleva un tornillo de basculamiento para una puesta en horizontal más rápida.

En el modelo NK05, además de lo descrito anteriormente, tenemos un limbo horizontal que puede estar graduado en graduación centesimal o sexagesimal.

### **11.2.6. N1/NK1**

El nivel de ingeniería Wild N1, es un instrumento apropiado para las nivelaciones precisas en la construcción y en los trabajos técnicos corrientes. La desviación estándar para 1 km en nivelación de ida y vuelta con placa planoparalela es de  $\pm 2,5$  mm.



Figura 11.14: N1/NK1

El anteojo del instrumento es de enfoque interno y produce una imagen real derecha. Tiene un aumento de 23x y una distancia mínima de enfoque de 0,7 m, lo cual es una ventaja en obras con poco espacio. Los hilos estadimétricos del retículo tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0. El campo visual a 100 m es de 3,6 m. Hay un tornillo de basculamiento fino del anteojo para hacer visuales más precisas.

Lleva un nivel de coincidencia, de sensibilidad  $60''/2$  mm, y otro tubular, con una precisión de centrado de la burbuja de  $\pm 1,5''$ .

En el modelo NK1, además de lo descrito anteriormente, tenemos un limbo horizontal que puede estar graduado en graduación centesimal o sexagesimal.

### 11.2.7. N2/NK2

El nivel de ingeniería Wild N2, es un instrumento sólido y seguro que tiene una alta precisión de medición. Su empleo está pensado que sea en obras públicas, en la construcción, en las mediciones para la industria y en los polígonos de nivelación. La desviación estándar para 1 km en nivelación de ida y vuelta con placa planoparalela es de  $\pm 2$  mm.

Este instrumento lleva un nivel de doble cara unido a un anteojo reversible, así, se puede visar en las dos posiciones del anteojo y controlar el reglaje de la línea de puntería, en una sola estación del instrumento y de la mira.

El anteojo, de enfoque interno, tiene un aumento de 30 veces y produce una imagen real derecha. El campo visual a 100 m es de 2,8 m y la distancia mínima de enfoque es de 1,6 m. Los hilos estadimétricos del retículo tienen una constante de multiplicación de 100 y una



Figura 11.15: N2/NK2

constante aditiva de 0.

El nivel esférico tiene una precisión de centrado de la burbuja de  $\pm 0,8''$ , y el nivel tubular de doble cara tiene una sensibilidad de  $30''/2 \text{ mm}$ .

Los accesorios con los que podemos mejorar el nivel son una placa planoparalela, un prisma de objetivo y unas lentes adicionales.

En el modelo NK2, además de lo descrito anteriormente, tenemos un limbo horizontal que puede estar graduado en graduación centesimal o sexagesimal.

### 11.2.8. N3

El nivel de precisión Wild N3, del que se han creado tres versiones, es útil para todas las nivelaciones geodésicas, mediciones de deformación en diques, presas y edificios y, también, para mediciones en la industria y laboratorios.

El anteojo tiene un aumento de 11-47x, según la distancia, y produce una imagen real derecha. El campo visual a 100 m es de 1,8 m, según la distancia, y la distancia mínima de enfoque es de 0,45 m, lo cual es una ventaja en mediciones en la industria. Los hilos estadiométricos del retículo tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0. Un micrómetro de placa planoparalela viene montado de una manera fija delante del anteojo. La lectura directa del micrómetro se efectúa a 0,1 mm y la lectura a estima es de 0,01 mm.

La lectura se efectúa a 0,1 mm directa con estima de 0,01 mm. El tornillo de basculamiento, del nivel de burbuja partida, está graduado. Este nivel tiene una sensibilidad de  $10''/2 \text{ mm}$ , y



Figura 11.16: N3



Figura 11.17: RK1

el nivel esférico tiene una precisión de centrado de la burbuja de  $\pm 0,2''$ .

## 11.3. OTROS

### 11.3.1. RK1

La alidada autorreductora Wild RK1 se aplica en los levantamientos topográficos de poca extensión, como complemento para los planos fotogramétricos, en las puestas al día, y para la instrucción. La lectura sobre la mira por medio del diagrama de reducción da de inmediato la distancia horizontal y, mediante un pequeño cálculo, la diferencia altimétrica.

el anteojo del instrumento tiene 25 aumentos y produce una imagen real derecha. El campo visual del anteojo a 1000 m es de 22 m y la distancia mínima de enfoque es de 2,4 m. Los hilos estadimétricos corresponden a una constante de multiplicación de 100 (para un desnivel de 20, 50 o 100, en posición CD 200) y una constante de adición de 0.

La sensibilidad del nivel de la alidada es de  $2'/2$  mm.

La lectura directa del limbo vertical es de  $10'/0,1^s$  y la lectura a estima es de  $1'/1^c$ .



Figura 11.18: GAK1

### 11.3.2. GAK1

El giróscopo Wild GAK1 sirve para determinar la dirección del norte geográfico con un error medio de  $\pm 20''$  ( $60''$ ) en 20 minutos de medición. Esta precisión, aún bajo condiciones adversas, no está influida por campos magnéticos exteriores.

El giróscopo GAK1, es un instrumento sólido y robusto, que soporta muy bien los trabajos subterráneos de minería, túneles, etc.

El teodolito a escala Wild T16 es el adecuado para el GAK1, pero es posible utilizarlo en los Wild T1 y T2 u otros teodolitos.

### 11.3.3. B3

La brújula de trípode Wild B3, se utiliza para la orientación del equipo de telecomunicación, para el control de la rosa de los vientos, de los compases de navegación y de los levantamientos de croquis planimétricos efectuados por los geólogos y los forestales.

El anteojo tiene un aumento de 2 veces, produce una imagen inversa y el campo visual a 1000 m es de 120 m. La distancia mínima de enfoque es de 2m.

La sensibilidad del nivel de la alidada es de  $8'$ .

Los limbos tienen una lectura directa de  $1^\circ/18'$ , en el limbo horizontal, y del  $5\%$ , en el limbo vertical. La lectura a estima es de  $6'/0,18'$ , en el limbo horizontal, y del  $1\%$ , en el limbo vertical.



Figura 11.19: B3



Figura 11.20: GDP3

#### **11.3.4. GDP3**

El prisma doble angular Wild GDP3 es un instrumento pequeño, que cabe en un bolsillo. Es útil para los trabajos de medición, así como para replanteos de arcos circulares.

#### **11.3.5. TM0**

El pequeño telémetro Wild TM0 es un instrumento práctico para la determinación directa de distancias. Sus principales usos son los reconocimientos, la determinación de distancias entre jalones, pilares, etc.

#### **11.3.6. GAP1**

El prisma de autocolimación Wild GAP1 es una referencia para las mediciones de ángulo horizontal. Permite la autocolimación a partir de distintas alturas del instrumento y es por ello ideal para controles y ajustes en la industria y el laboratorio.



Figura 11.21: TM0



Figura 11.22: GAP1



Figura 11.23: GLO2

### **11.3.7. GLO2**

El ocular láser GLO2, es muy útil en los trabajos de construcción y en obras para el alineamiento y manejo de la maquinaria pesada de construcción.

Este instrumento se intercambia con el ocular del antejo, mediante un cierre de bayoneta, y ya disponemos de un instrumento con láser.

Es compatible con los instrumentos T1, T16, T2 y T3, también con el NA2, el N3 y el ZNL, que es una plomada óptica.

## Capítulo 12

### KERN

La casa Kern es una gran empresa familiar de instrumentación topográfica. Desde que Jakob Kern (17 de agosto, 1790-4 de febrero de 1867) fundó la empresa en 1819 en la ciudad de Aarau, Suécia, con el nombre de “Foundig of Mechanische Werkstätte Jakob Kern” y hasta que el 13 de mayo de 1988 se fusionó con la ya entonces Wild Leitz, han sido cinco generaciones las que han dirigido esta empresa.

Jakob Kern, el fundador, empezó creando y vendiendo instrumentos de dibujo, a los que más tarde añadiría los instrumentos topográficos. En 1835, vendería al General Dufour un teodolito, el cual, haría la primera triangulación topográfica de Suecia. En 1857, con una nueva ubicación en Ziegelrain (Aarau), los hijos de Jakob se unen a la empresa familiar. Adolf Kern-Saxer (1826-1896) se ocuparía de los instrumentos de dibujo y Emil Kern-Rychner (1830-1898) se ocuparía de los instrumentos topográficos. En 1863, Jakob Kern se retira del negocio y en 1885 lo hace su hijo Adolf Kern, el cual deja la dirección y gerencia de la empresa en manos de su hijo Heinrich Kern (1857-1934). El mismo año en que Heinrich toma el cargo de dirigir la empresa, se cambia el nombre a “Kern & Co.”. En 1897, Emil Kern se retira. En 1914, la empresa pasa a llamarse “Kern & Co. AG”. Unos años más tarde, en 1920, se cambió la ubicación de la compañía a Schachen, Aarau, y en 1933, Heinrich pone la empresa a cargo de su hijo Walter Kern. Este, a partir de 1945, abrió filiales en los Estados Unidos, Canadá, Brasil y Dinamarca. A lo largo del mandato de Walter, fue cuando Wild creó los famosos instrumentos de la casa Kern: DK1, DKM1, DM2, DKM2 y DKM3.

Finalmente, en 1961, Peter Kern, hijo de Walter Kern y miembro de la quinta generación de instrumentistas, adquirió la dirección de la empresa. El 13 de mayo de 1988 se fusionaron las empresas de Wild y Kern. En 1991, la planta de producción de Arau se cerró dejando así finalizada la empresa familiar de los Kern.

## **12.1. NIVELES**

### **12.1.1. GK0**

El nivel para la construcción más pequeño de la casa es el GK0 (fig. 12.2), con un peso de 0,8 kg, es útil para trabajos que requieran una exactitud de hasta medios centímetros en distancias medias de visado. Podemos usarlo para el traspaso de alturas de puntos fijos al lugar de obras de construcción, la indicación de alturas en construcciones altas y bajo el nivel del suelo, en la construcción de caminos, carreteras, obras hidráulicas y agrícolas, en levantamientos de perfiles longitudinales y transversales, como base de proyectos y cálculos de masas, en levantamientos taquimétricos sencillos en terreno llano y nivelación de superficies, y en trabajos sencillos de replanteo. Este instrumento tiene un error medio para una nivelación doble en 1km de  $\pm 7$  mm.

El instrumento lleva sistema de cabeza de rótula, sin tornillos nivelantes, este sistema es común a todos los niveles Kern y se traduce en una colocación del instrumento estable, y hace que la puesta del mismo en posición aproximadamente horizontal sea sencilla y rápida. Para ello, primero, colocamos el instrumento sobre la cabeza del trípode y lo aseguramos con el tornillo de sujeción. Seguidamente, desplazamos el instrumento sobre la superficie esférica de la cabeza del trípode, hasta que el nivel esférico esté calado. Por último, apretamos el tornillo de sujeción.

Para un manejo cómodo (fig. 12.1), el mando para el ajuste de foco (1), y los tornillos azimutal (2), y de basculamiento (3), se han colocado en el lado derecho del instrumento. Las imágenes del nivel esférico (4), de sensibilidad  $12' - 15' / 2$  mm, y del nivel tubular (5) aparecen, a través de espejos, inmediatamente al lado del ocular del anteojo. El tornillo de presión

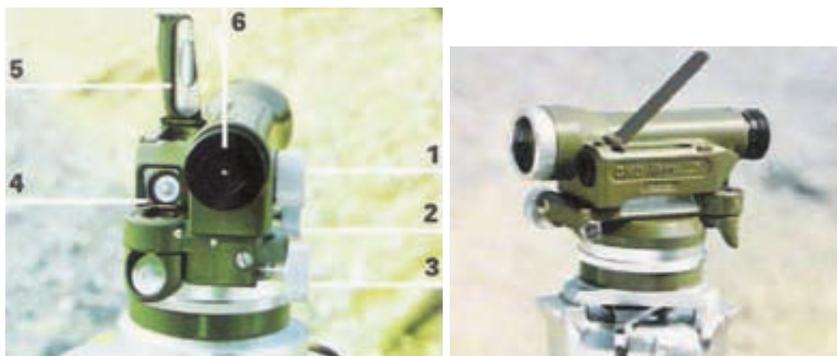


Figura 12.1: Partes del GK0

ha sido sustituido por un acoplamiento deslizante, de fricción, es decir, para hacer una aproximación de la visual a la mira giraremos el instrumento con las manos. El mando azimutal fino permite dirigir el anteojo con exactitud hacia la mira.

El anteojo analítico lleva una lente interior para el ajuste del foco. Este anteojo, de imagen inversa y con un aumento de 18x, tiene una abertura libre del objetivo de 24 mm y un diámetro del campo visual a 1 km de 37 m. La distancia mínima de enfoque es de 0,9 m, la distancia máxima para la lectura de centímetros es de 250 m y la distancia de visado máxima para la apreciación de milímetros es de 100m. Los hilos estadimétricos tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0, lo que ya es un estándar universal. Al igual que en todos los instrumentos de la casa, todas las piezas de la óptica llevan en ambas caras un recubrimiento antirreflectante.

El nivel del anteojo, con una sensibilidad de  $40''-50''/2$  mm, consta de un tubo de vidrio de gran grosor al cual se han pegado en ambos extremos tapones de acero al níquel, que al mismo tiempo sirven para la sujeción segura y fuera de tensiones del nivel. Este nivel tiene una exactitud de la posición de reposo de  $\pm 4''$ . El nivel puede observarse a través de un espejo desde el lado del ocular. Si cerramos el espejo, éste protege el nivel.

El GK0 no lleva limbo horizontal, para ello se creó el GK0-C que, tiene las mismas características que el GK0 y lleva limbo horizontal, tanto en graduación centesimal como en graduación sexagesimal. El limbo tiene un diámetro de 60 mm y la lectura con lupa tiene una apreciación de  $0,1^{\circ}/0,1^{\circ}$ .



Figura 12.2: GK0

### 12.1.2. GK0-A

El GK0-A es un nivel automático pensado para la construcción de obras. Para ello, se ha hecho un instrumento resistente a las inevitables agresiones del trabajo en obra, llegándose a apodarar “el robusto”. El instrumento está fabricado como una caja compacta, de fundición a presión muy resistente y anticorrosiva, con el objetivo protegido por un parasol saliente de la caja, el nivel esférico (de sensibilidad  $20''/2$  mm) está incorporado en la caja, y también el limbo horizontal para evitar la suciedad y los daños que se puedan producir. Este instrumento produce un error medio para una nivelación de ida y vuelta en 1 km de  $\pm 2,5$  mm.

Como ya hemos dicho en el anterior instrumento, el nivel lleva un sistema de cabeza de rótula, sin tornillos nivelantes, y que hace que la puesta del mismo en posición aproximadamente horizontal sea sencilla y rápida. El procedimiento a seguir en el montaje y manejo es exactamente el mismo que en el caso anterior.

El anteojo produce una imagen derecha y tiene unos aumentos de 21x. La abertura del objetivo es de 30 mm, el diámetro del campo visual a 1000 m es de 30 m y la distancia de visado más corta es de 0,75 m. La distancia de visado máxima para la lectura de centímetros es de 250 m y la distancia de visado máxima para la apreciación de milímetros es de 100 m. El

anteojo lleva los hilos estadimétricos estándares universalmente, constante de multiplicación 100 y constante de adición 0.

El GK0-A lleva incorporado un compensador pendular, montado sobre rodamientos de bolas. El compensador, que le evita al observador la necesidad de poner, antes de cada lectura, la línea de visado en posición horizontal, no está suspendido de cintas o alambres delicados sino de un fuerte eje de acero, montado sobre rodamientos de bolas de precisión. El compensador, siguiendo la línea de resistencia del instrumento, resiste perfectamente golpes, sacudidas, e incluso una eventual caída. Cuando el compensador llegue a los límites de su alcance,  $\pm 30'$ , aparece una franja de color rojo en la imagen del anteojo (fig. 12.4). La aparición de esta franja de aviso significa: “¡Alto! ¡Antes de continuar con la nivelación, es necesario reajustar el nivel esférico!”. La exactitud de la posición de reposo del compensador es de  $\pm 3''$ .

El tornillo de presión ha sido sustituido por un acoplamiento deslizante. El mando azimutal sin fin, puede accionarse a la izquierda y a la derecha del instrumento. El mando de enfoque también es un mando sin fin, por lo tanto, haciéndolo girar hacia la izquierda o hacia la derecha, a la media vuelta, como máximo, aparecerá la imagen nítida.

Al ser el GK0-A un nivel sin limbo, viene equipado con un visor transversal que permite hacer visados horizontales en ambos lados, formando un ángulo recto con el eje del anteojo.

El GK0-A no lleva limbo horizontal, para ello se creó el GK0-AC que, tiene las mismas características que el GK0-A y lleva limbo horizontal, tanto en graduación centesimal como en graduación sexagesimal. El limbo tiene un diámetro de 60 mm y la lectura con lupa tiene una apreciación de  $0,1^s/0,1^\circ$ .

### **12.1.3. GK1**

El GK1 es un pequeño nivel para ingeniería, apropiado para trabajos de nivelaciones en las que no se requiera mucha exactitud. Aún teniendo un peso reducido, 0,9 kg, no llega a ser tan ligero como el GK0, con un peso de 0,8 kg. El error medio kilométrico para una nivelación doble es de  $\pm 2,5 - 4$  mm.

Al igual que en todos los niveles de la casa, el nivel GK1 lleva un sistema de cabeza de



Figura 12.3: GK0-A



Figura 12.4: Límite del compensador

rótula, sin tornillos nivelantes, y que hace que la puesta del mismo en posición aproximadamente horizontal sea sencilla y rápida. El procedimiento a seguir en el montaje y manejo es exactamente igual que en casos anteriores.

El anteojo de 22,5 aumentos, lleva unos hilos estadimétricos con una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0. La abertura del objetivo es de 30 mm, el diámetro del campo visual a 1000 m es de 30 m y la distancia mínima de enfoque de 0,9 m. La distancia máxima de visado para la lectura de centímetros es de 300 m, y la distancia máxima de visado para la apreciación de milímetros es de 125 m.

La lectura del nivel se realiza a través de prismas de coincidencia, permitiendo la puesta del anteojo en posición horizontal con muy buena precisión. El nivel del anteojo, con una sensibilidad de  $40''-50''/2$  mm, consta de un tubo de vidrio con una pared gruesa al cual se han cementado en ambos extremos tapones de acero al níquel, que al mismo tiempo sirven para la sujeción segura y exenta de tensiones del nivel. El nivel del anteojo tiene una exactitud de la posición de reposo de aproximadamente  $\pm 1''$ .

Para que el manejo nos resulte cómodo (fig. 12.6), el mando para el ajuste de foco (1), el tornillo azimutal (2), y el de basculamiento (3), han sido dispuestos en el lado derecho del instrumento. La imagen del nivel esférico, de sensibilidad  $12'-15'/2$  mm, aparece en un espejo (5), y las imágenes de coincidencia del nivel tubular se pueden observar con una lupa (6).

El GK1 no lleva limbo horizontal, para ello se creó el GK1-C que, tiene las mismas características que el GK1 y lleva limbo horizontal, tanto en graduación centesimal como en graduación sexagesimal. El limbo tiene un diámetro de 60 mm y la lectura con lupa tiene una apreciación de  $0,1^s/0,1^o$ .

#### **12.1.4. GK1-A**

El nivel automático GK1-A satisface prácticamente todas las necesidades procedentes de la topografía como nivelaciones de punto fijo, transporte de alturas de puntos fijos en la construcción de obras superficiales y subterráneas, en la construcción de caminos y obras hidráu-

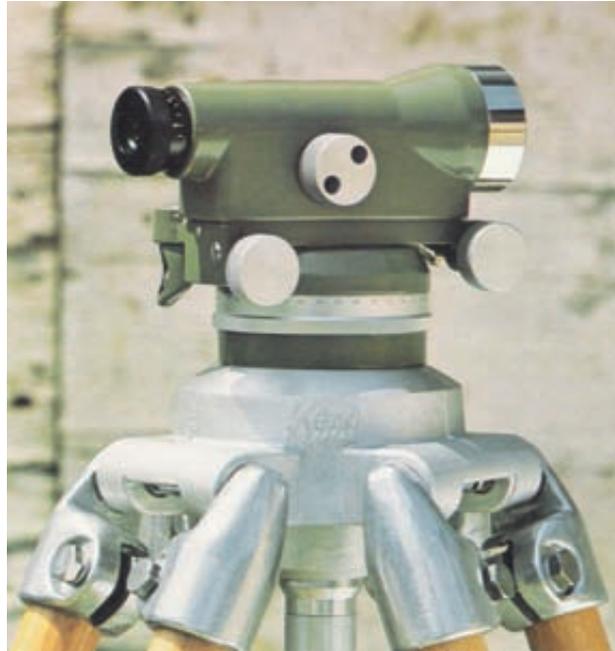


Figura 12.5: GK1

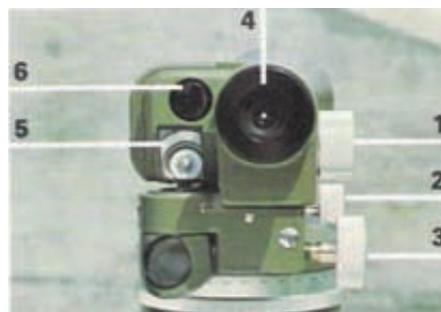


Figura 12.6: Partes del GK1

licas, levantamientos de perfiles longitudinales y transversales, como base para proyectos y cálculos de masas, levantamientos taquimétricos sencillos en terreno plano, nivelación de superficies o trabajos sencillos de replanteo. El diseño compacto y su forma cerrada, se debe a que la carcasa está formada por dos piezas herméticas cerradas. La marcha de los rayos del anteojo ha sido doblada para hacer un nivel reducido, práctico y esbelto. Además, del objetivo sale un parasol para facilitar las lecturas y proteger las lentes del objetivo.

Este nivel tiene un error medio para 1 km en nivelación de ida y vuelta de  $\pm 2,5$  mm.

Al igual que en todos los niveles de la casa, el nivel GK1-A lleva un sistema de cabeza de rótula, sin tornillos nivelantes, y que hace que la puesta del mismo en posición aproximadamente horizontal sea sencilla y rápida. El procedimiento a seguir en el montaje y manejo es exactamente igual que en casos anteriores.

El anteojo, de 25 aumentos, produce una imagen derecha. La abertura del objetivo es de 45 mm, la distancia mínima de enfoque es de 2,3 m y el diámetro del campo visual a 1000 m es de 25 m. La constante de multiplicación es de 100 y la constante de adición es de 0.

El nivel esférico está alojado en el instrumento y tiene una sensibilidad de  $12' - 15'/2$  mm.

El compensador pendular del nivel, no está suspendido de cintas o alambres, sino en el campo magnético de un imán permanente. Los extremos cónicos del eje de péndulo se centran entre los polos del imán, que también tienen forma cónica. De este modo no se produce, prácticamente, fricción alguna, lo que se traduce en que el compensador ocupe su posición de reposo con precisión. El rango de funcionamiento del compensador es de  $\pm 10'$  y la exactitud en la posición de reposo es de  $\pm 0,5'' - 1,5''$ . Al encargarse el compensador automáticamente de calar el nivel del anteojo, con la precisión constante de  $\pm 1''$ , no tenemos que preocuparnos en cada visual de poner la línea de visado en posición horizontal. Un amortiguamiento neumático frena la oscilación del péndulo. El diseño del péndulo es simétrico, lo que impide que su centro de gravedad varíe por el efecto de las fluctuaciones de la temperatura, conservándose su ajuste perfectamente.

El tornillo de presión ha sido sustituido por un acoplamiento deslizante, de fricción. El mando azimutal fino permite dirigir el anteojo con exactitud hacia la mira.



Figura 12.7: GK1-A

El GK1-A no lleva limbo horizontal, para ello se creó el GK1-AC que, tiene las mismas características que el GK1-A y lleva limbo horizontal, tanto en graduación centesimal como en graduación sexagesimal. El limbo tiene un diámetro de 60 mm y la lectura con lupa tiene una apreciación de  $0,1^{\circ}/0,1^{\circ}$ .

### 12.1.5. GK2-A

El nivel automático GK2-A puede ser equipado con micrómetro o no, y según esto podremos aplicarlo en diversos trabajos. Sin micrómetro podemos utilizarlo como nivel de precisión para ingeniería en nivelación de puntos fijos, en transferencia de altura entre puntos para control de obras, en nivelaciones para proyectos de ingeniería como construcción de carreteras, construcción de presas, proyectos hidrográficos, etc. Con micrómetro podemos utilizarlo como nivel de alta precisión para el establecimiento y densificación de redes de nivelación de orden superior, la determinación de puntos altimétricos de precisión para construcción de carreteras, ferrocarriles, puentes, túneles y plantas de generación de energía, levantamientos y mediciones de deformaciones en construcciones e instalación de maquinaria pesada, o la determinación muy precisa de alturas para control y alineación de puntos en proyectos industriales.

Al igual que en todos los niveles de la casa, el nivel GK2-A lleva un sistema de cabeza de

rótula, sin tornillos nivelantes, y que hace que la puesta del mismo en posición aproximadamente horizontal sea sencilla y rápida. El procedimiento a seguir en el montaje y manejo es exactamente igual que en casos anteriores.

El anteojo, con un aumento de 32,5x, lleva un sistema de enfoque de tres lentes que asegura la buena estabilidad de la línea de visado e impide la aparición de errores de altura a consecuencia de diferentes distancias de visado o a una deficiente nivelación previa del instrumento. La marcha doble de los rayos en el anteojo permite que, el nivel, tenga unas dimensiones reducidas. La constante de multiplicación de los hilos estadimétricos es de 100 y la constante de adición de 0. La abertura del objetivo es de 45 mm, el diámetro del campo visual a 1000 m es de 23 m y la distancia de visado más corta es de 2,2 m pero podemos poner lentes adicionales para hacer más pequeña esa distancia. Con unas lentes de adición, montadas a rosca en el objetivo, podemos emplear el GK2-A en distancias de visado hasta de 0,9 m. La gama de las lentes adicionales contemplan varias distancias de enfoque, además, pueden emplearse simultáneamente con el micrómetro de placas planoparalelas.

El nivel esférico está alojado en el asa del instrumento, y puede verse desde arriba del asa o bien desde el lado. Su sensibilidad es de  $10'/2$  mm.

El compensador de péndulo, con un rango de  $\pm 20'$  y que no está suspendido de cintas o alambres, oscila en el campo magnético cerrado de un potente imán permanente. Esta suspensión de mínima fricción hace que el compensador ocupe su posición de reposo con una extraordinaria exactitud de  $\pm 0,3''$ . El diseño del péndulo es simétrico, lo que impide que su centro de gravedad varíe por el efecto de cambios de la temperatura, conservándose, su ajuste. Un amortiguamiento neumático frena la oscilación pendular rápidamente. Con el GK2-A no es necesario calar el sensible nivel de anteojo, ya que, el compensador, automáticamente y con una exactitud constante de  $0,03''$ , pone la línea de visado en posición horizontal. Para hacer una medición basta con: nivelar el instrumento aproximadamente, visar, enfocar y tomar lectura.

Como ya hemos dicho, al instrumento podemos acoplarle un micrómetro óptico de placas planoparalelas. Este micrómetro permite un desplazamiento paralelo de la línea de visado de 10 mm. La escala del micrómetro permite lecturas directas de 0,1 mm, y de 0,01 mm



Figura 12.8: GK2-A

por apreciación, de manera que empleando miras invar, se pueden realizar nivelaciones con un error medio  $\pm 0.3$  mm/km. La escala del micrómetro puede ser leída en el ocular del micrómetro óptico, al lado del ocular del anteojo.

Para facilitar el manejo del nivel (fig. 12.9), el mando para el ajuste de foco (1) y el del micrómetro (2) han sido situados en el lado derecho del instrumento. El movimiento acimutal fino (3), del tipo sin fin, tiene sus mandos en ambos lados del GK2-A. Todos los elementos de observación, como el nivel esférico (4), el ocular (5) del anteojo, el ocular para la lectura del limbo (6) y la escala del micrómetro (7) pueden observarse cómodamente, sin cambiar de puesto. El tornillo de presión ha sido sustituido por un acoplamiento deslizante. En el botón de mando para el ajuste de foco ha sido alojada una reducción mecánica. Con el mando ordinario se encuentra, rápidamente y de un modo aproximado, la imagen nítida, y cuando a continuación se hace girar el botón en dirección hacia atrás, entra en acción, automáticamente, el mando fino, para ajustar la nitidez con exactitud.

El GK2-A no lleva limbo horizontal, para ello se creó el GK2-AC que, tiene las mismas características que el GK2-A y lleva limbo horizontal de vidrio, tanto en graduación centesimal como en graduación sexagesimal. El limbo tiene un diámetro de 62 mm, con un intervalo de división de  $1^s/1'$  y la lectura por microscopio de escala tiene una apreciación de  $1^c/1'$ . En este limbo se puede poner cualquier posición de partida.

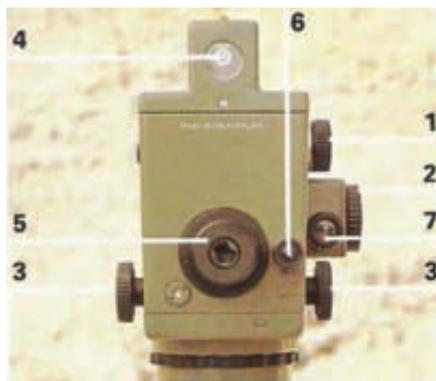


Figura 12.9: Partes del GK2-A

### 12.1.6. GK23

El GK23 es un nivel para ingeniería apropiado para los trabajos de nivelación de puntos fijos, determinación e indicación de alturas para proyectar y construir caminos, ferrocarriles, puentes, vías fluviales y centrales de fuerza, levantamientos taquimétricos en terreno plano, control de obras de construcción y mediciones industriales. Así pues, el GK23 es apropiado para todos los trabajos que requieran una gran precisión. Sin micrómetro, el instrumento puede utilizarse para trabajos de menor precisión, cometiendo un error medio para una nivelación doble de 1 km, con una mira de centímetros, de  $\pm 2$  mm. Con el micrómetro óptico de superposición y una mira Invar, el error medio para una doble nivelación de 1 km puede reducirse a  $\pm 0,5$  mm.

Al igual que en todos los niveles de la casa, el nivel GK23 lleva un sistema de cabeza de rótula, sin tornillos nivelantes, y que hace que la puesta del mismo en posición aproximadamente horizontal sea sencilla y rápida. El procedimiento a seguir en el montaje y manejo es exactamente igual que en casos anteriores.

El anteojo del instrumento, que produce una imagen invertida, tiene 30 aumentos y la abertura libre del objetivo es de 45 mm. El diámetro del campo visual a 1000 m es de 25 m, la distancia de visado más corta es de 1,8 m y el retículo lleva unos hilos estadimétricos de constante de multiplicación 100 y de constante aditiva 0.

El nivel de anteojo, de  $18''/2$  mm de sensibilidad, consta de un tubo de vidrio grueso al cual se han cementado en ambos extremos tapones de acero al níquel, que al mismo tiempo sirven

para su sujeción segura. Los niveles cementados no estallan y la longitud de su burbuja no varía con la temperatura. Éste está embebido en el anteojo y tiene una exactitud de la posición de reposo de  $\pm 0,4''$ . Además, la observación del nivel a través de prismas de coincidencia permite que la puesta del anteojo en posición horizontal se realice con excelente precisión. Tampoco es necesario pasar continuamente de un ocular a otro para tomar lectura en la mira y para observar el nivel, ya que, la imagen de la burbuja aparece directamente en el campo visual del anteojo (fig. 12.12). El nivel cuenta con otro nivel esférico para la puesta en estación con una sensibilidad de  $6'/2$  mm.

Como ya hemos dicho, podemos aumentar considerablemente la exactitud con el equipo adicional para nivelaciones de precisión. Este equipo está compuesto por un retículo de trazos cuneiformes, un micrómetro de superposición y dos miras Invar, y permite reducir a  $\pm 0,5$  mm el error medio de una nivelación de 1 km de ida y vuelta.

Para un manejo más fácil (fig. 12.11), el mando para el ajuste de foco (1), el tornillo azimutal (2) y el de basculamiento (3) han sido situados en el lado derecho del instrumento. Al lado del ocular del anteojo se encuentra el ocular para la lectura del limbo (4). Por debajo de este ocular, en un espejo rebatible y giratorio (5), aparece la imagen del nivel esférico. Las imágenes de coincidencia del nivel tubular son visibles en el campo visual del anteojo. El tornillo de presión ha sido sustituido por un acoplamiento deslizante, de fricción, y el mando azimutal fino permite dirigir el anteojo con exactitud hacia la mira. En el botón de mando para el ajuste de foco se ha puesto una reducción mecánica. Con el mando ordinario se encuentra, rápidamente y de un modo aproximado, la imagen nítida, y cuando a continuación se hace girar el botón en dirección hacia atrás, entra en acción, automáticamente, el mando fino, para ajustar la nitidez con exactitud.

El GK23 no lleva limbo horizontal, para ello se creó el GK23-C que, tiene las mismas características que el GK23 y lleva limbo horizontal de vidrio, tanto en graduación centesimal como en graduación sexagesimal. El limbo tiene un diámetro de 62 mm y la lectura por microscopio de escala tiene una apreciación de  $1^c/1'$ .



Figura 12.10: GK23



Figura 12.11: Partes del GK23

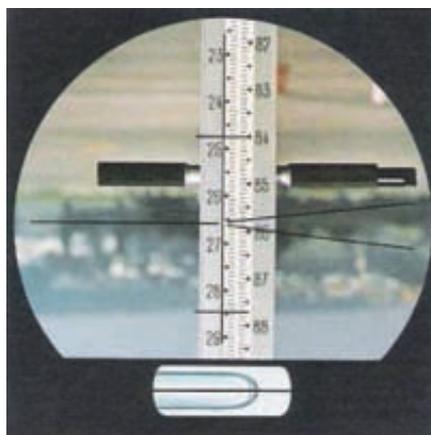


Figura 12.12: Campo visual del GK23

## 12.2. TEODOLITOS

### 12.2.1. K0-S

El teodolito K0-S, se diseñó para su utilización en obras y trabajos de medición tanto geológicos como arqueológicos.

El anteojo del instrumento produce una imagen derecha. Los aumentos son 19x, la abertura del objetivo 24 mm y la distancia mínima de visado de 0,75 m. Además, el diámetro del campo visual es de 37 m a 1 km. El retículo, estándar y universal, lleva unos hilos estadimétricos correspondientes con una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0. Las lecturas se efectuarán sobre una mira centimétrica.

Los limbos del instrumentos son de cristal, con unos diámetros de 79 mm, el limbo horizontal, y de 69 mm, el limbo vertical. Ambos limbos se pueden ver simultáneamente mediante un microscopio colocado en un lado del instrumento. Es posible directamente 5' (10°) y apreciar 0,5' (1°). En este instrumento desaparece el espejo para iluminar el interior del instrumento y poder así leer los limbos. Para ello, se ha creado una óptica de iluminación que tiene la ventaja de que aún en condiciones desfavorables se tenga luz. El "Lux-Timer" es un aparato de iluminación por diodos que se enchufa al instrumento, pulsando un botón tenemos luz iluminando los limbos unos 20 segundos, en caso de que necesitemos mayor iluminación que la proporcionada por el teodolito. El limbo vertical lleva adicionalmente una división porcentual que permite controlar y determinar las inclinaciones dentro de los márgenes desde -15% hasta +15%, con una lectura directa de 0,1% y una apreciación de 0,05%. Además, con el dispositivo de repetición se puede ajustar el limbo horizontal en una dirección determinada de mira sobre cero o sobre un valor angular deseado.

Podemos encontrar un nivel esférico de alidada en el K0-S, con una sensibilidad de 2'/2 mm, aunque podemos añadirle como accesorios más niveles como, por ejemplo, un nivel de anteojo con prismas de coincidencia con una precisión en la nivelación de, aproximadamente, 1 mm cada 30 m, o un nivel tubular de alidada con sensibilidad de 40'/2 mm, para una nivelación más exacta.



Figura 12.13: K0-S

Podemos usar el instrumento como plomada óptica, con un rango para plomar con el anteojo de  $0,75 \text{ m}-\infty$ . La altura del eje de basculamiento es de 185-192 mm, según sea la posición de los tornillos nivelantes, que tienen un margen de  $\pm 4^\circ$ .

Este instrumento, al dotarlo con accesorios, puede ampliar sus campos de aplicación, aumentar su precisión o tener un manejo más cómodo. Estos accesorios son: nivel de anteojo para la nivelación, nivel de pendientes para preajustar el declive, ocular acodado de anteojo para determinar la vertical hacia arriba y hacia abajo, brújula tubular y circular para buscar la dirección del norte y para la medición directa del acimut, trípode centrado para el centrado forzoso, nivel tubular de la alidada, asa portante, prisma del ocular del anteojo para visados muy inclinados, filtros de ocular e iluminación eléctrica de los limbos.

### 12.2.2. K1-A

El Kern K1-A, es un teodolito de minutos especialmente apropiado para mediciones en ingeniería y obras de cualquier clase. Con el surtido de accesorios podemos ensanchar su campo de uso en triangulaciones pequeñas, poligonaciones, itinerarios de brújula, levantamientos con brújula, obtención de datos para la construcción de obras por encima y por debajo del suelo, levantamientos de perfiles, replanteos, levantamientos de tendidos de cables y conducciones.

El anteojo, astronómico o terrestre, tiene un aumento de 28x y una abertura del objetivo de

45 mm. La distancia mínima de enfoque es de 1,8 m y el diámetro del campo visual a 1 km es de 26 m. Los hilos estadimétricos corresponden a una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0.

La lectura a los limbos se realiza mediante un micrómetro óptico. En el campo de visión del micrómetro aparecen los limbos horizontal, de diámetro 95 mm, y vertical, de diámetro 75 mm, a la vez. La lectura directa de los limbos tiene una exactitud de  $1^{\circ}/20''$ , y la lectura de los limbos por apreciación de  $10^{\text{cc}}/5''$ . El limbo horizontal y el micrómetro tienen una numeración *dextrorsum*, que podemos cambiar a *sinistrorsum* a nuestro antojo mediante el botón conmutador. Esto es especialmente útil en trabajos de replanteo porque elimina la necesidad de realizar operaciones de cálculo, eliminando con ello una fuente de error. El mando ordinario-fino del limbo se utiliza para la orientación del limbo horizontal. El mando ordinario permite hacer girar el limbo rápidamente y el mando fino (situado arriba del mando ordinario) puede ajustar cualquier valor angular con exactitud. Estos dos mandos están protegidos por una tapa articulada.

Lleva un nivel en la alidada de  $30''/2$  mm de sensibilidad. En lugar del nivel de colimación, cuya burbuja se ha de llevar manualmente a su correcta posición de reposo, el K1-A viene equipado con un compensador pendular, que elimina automáticamente, en la medición de ángulos verticales, el efecto de una eventual inclinación del eje vertical del instrumento. El rango del compensador es de  $\pm 20^{\circ}/10'$ , y tiene una precisión en la posición de reposo de  $30^{\text{cc}}/10''$ . La suspensión, casi sin fricción, del péndulo se lleva a cabo mediante un sistema de rodamientos de bolas de precisión y el amortiguamiento neumático quita inmediatamente las oscilaciones del péndulo que se hubieran originado por temblores.

Al estar libre de efectos magnéticos, puede emplearse como un teodolito-brújula, con una brújula circular o tubular que se monta en uno de los soportes del anteojo.

La altura del instrumento o eje de basculamiento es de 170 mm y su peso es de 4,2 kg. Con este instrumento podemos, también, hacer centrado forzoso.



Figura 12.14: K1-A

### 12.2.3. K1-M

El K1-M es un teodolito para ingeniería con lectura micrométrica. Es especialmente útil en trabajos de mediciones catastrales y de ingeniería en las que sea suficiente una exactitud angular de décimas de minuto como triangulaciones de IV orden, mediciones catastrales (poligonación, levantamiento y replanteos), itinerarios de brújula, levantamientos topográficos, replanteos de toda clase y obtención de datos para obras de construcción, tanto en la superficie como en trabajos subterráneos.

El anteojo de 30 aumentos, produce una imagen derecha. Todas las piezas de la óptica están provistas, en ambas caras, de un recubrimiento antirreflectante. El anteojo viene equipado con el retículo estandar dice universal, constante de multiplicación 100 y constante de adición 0. Dentro del botón para el ajuste de foco ha sido alojado un mecanismo reductor. El mando ordinario, movimiento rápido, permite ajustar la imagen rápidamente con nitidez aproximada, y en el siguiente movimiento de retroceso del botón se acopla automáticamente el mando fino, movimiento lento, para el ajuste de la imagen con nitidez total.

El instrumento lleva un nivel en la alidada con sensibilidad de  $30''/2 \text{ mm}$ .

Las imágenes de los limbos horizontal, de diámetro 89 mm, y vertical, de diámetro 70 mm,

aparecen simultáneamente en el ocular de lectura. Los limbos y el micrómetro son totalmente numéricos, y el micrómetro permite obtener, de los dos limbos, lecturas directas de 2 mgon ( $20^{cc}$ ) ó 6", dependiendo de la graduación, y por apreciación de 1 mgon ( $10^{cc}$ ) ó 3". El instrumento lleva un dispositivo de repetición, que sirve para orientar el limbo, así como para la medición aditiva de ángulos, principalmente pequeños, como surgen en la medición indirecta de distancias con estadía de invar. Además, el dispositivo de repetición sirve para transportar el acimut desde un punto de estación a otro, permitiendo medir poligonales directamente con ángulos de dirección.

En lugar del nivel de colimación, cuya burbuja se ha de llevar manualmente a su correcta posición de reposo, el K1-M viene equipado con un compensador pendular, que elimina automáticamente, en la medición de ángulos verticales, el efecto de una eventual inclinación del eje vertical del instrumento. El rango del compensador es de  $\pm 0,4$  gon ó de  $\pm 20'$ , según tengamos el instrumento graduado, y tiene una precisión en la posición de reposo de 1 mgon ó 3". La suspensión, casi sin fricción, del péndulo se lleva a cabo mediante un sistema de rodamientos de bolas de precisión y el amortiguamiento neumático quita inmediatamente las oscilaciones del péndulo que se hubieran originado por temblores. El compensador forma una compacta unidad con los dos dispositivos para la lectura de los limbos.

Un rodamiento de bolas de precisión forma el eje vertical del instrumento, asegurando una buena estabilidad y permitiendo que el teodolito tenga poca altura.

El K1-M viene equipado con una plomada óptica cuyo rango de enfoque va de 0,7 m a  $\infty$ , lo que permite un centrado exacto. Además, si montamos el instrumento en un trípode centrador, se puede hacer centrado forzoso.

El instrumento tiene una altura del eje de basculamiento de 171 mm y un peso de 4,6 kg.

Podemos mejorar el instrumento mediante accesorios como brújulas, equipos de iluminación o el DM 502 (un distanciómetro aplicable al teodolito).



Figura 12.15: K1-M

#### 12.2.4. K1-S

El K1-S es un teodolito para ingeniería con lectura de escalas, apropiado para mediciones catastrales y de ingeniería en las que sea suficiente una exactitud angular de décimas de minuto. Sus campos de aplicación suelen ser triangulaciones de IV orden, mediciones catastrales (como poligonaciones, levantamientos de detalles y replanteos), itinerarios de brújula, levantamientos topográficos, y la obtención de datos para obras de construcción tanto superficiales como subterráneas.

El anteojo, de 30 aumentos, viene equipado con el retículo estándar universal de constante de multiplicación 100 y constante aditiva 0. Tiene una abertura del objetivo de 45 mm, una distancia mínima de enfoque de 1,55 m y un diámetro del campo visual a 1 km de 26 m. Dentro del botón para el ajuste de foco ha sido alojado un mecanismo reductor. El mando ordinario permite ajustar la imagen rápidamente con nitidez aproximada, y en el siguiente movimiento de retroceso del botón se acopla automáticamente el mando fino, para el ajuste de la imagen con nitidez total.

El teodolito lleva un nivel en la alidada de  $30''/2$  mm de sensibilidad.

Las imágenes de los limbos horizontal, de diámetro 89 mm, y vertical, de diámetro 70 mm,

aparecen simultáneamente en el ocular de lectura. Las grandes escalas, de fácil interpretación, y que se extienden sobre un grado entero, hacen posible una lectura rápida e inequívoca, con apreciación de las décimas de minuto. La lectura directa de los limbos es de  $0,5'$  ó de  $1^c$ , y la lectura de los limbos por apreciación es de  $0,1'$  ó de  $0,2^c$ . El limbo horizontal lleva, además de la numeración en sentido horario normal, otra adicional en sentido contrario, con lo cual se eliminan en trabajos de replanteo los cálculos de los ángulos complementarios, y sus posibles errores. El instrumento lleva un dispositivo de repetición, que sirve para orientar el limbo, así como para la medición aditiva de ángulos, principalmente pequeños, como surgen en la medición indirecta de distancias con estadía de invar. Además, el dispositivo de repetición sirve para transportar el acimut desde un punto de estación a otro, permitiendo medir poligonales directamente con ángulos de dirección.

El K1-S, como el instrumento anterior, viene equipado con un compensador pendular, que elimina automáticamente, en la medición de ángulos verticales, el efecto de una eventual inclinación del eje vertical del instrumento. El rango del compensador es de  $\pm 40^c$  ó de  $\pm 20'$ , según tengamos el instrumento graduado, y tiene una precisión en la posición de reposo de  $0,2^c$  ó  $0,1'$ . La suspensión, casi sin fricción, del péndulo se lleva a cabo mediante un sistema de rodamientos de bolas de precisión y el amortiguamiento neumático quita inmediatamente las oscilaciones del péndulo que se hubieran originado por temblores. El compensador forma una compacta unidad con los dos dispositivos para la lectura de los limbos.

Un rodamiento de bolas de precisión forma el eje vertical del instrumento, asegurando una buena estabilidad y permitiendo que el teodolito tenga poca altura. De hecho el instrumento tiene un eje de basculamiento de 171 mm y un peso de 4,6 kg.

El K1-S viene equipado con una plomada óptica cuyo rango de enfoque va de 0,7 m a  $\infty$ , lo que permite un centrado exacto. Además, si montamos el instrumento en un trípode centrador, se puede hacer centrado forzoso.

Este instrumento tiene, al igual que el K1-M, la posibilidad de acoplarle un distanciómetro electro-óptico. En este caso, se trata del DM 501, que puede montarse y bloquearse sobre el cuerpo del anteojo. Esta combinación permite realizar mediciones de ángulos y distancias simultáneamente, como puede ser útil para levantamientos polares en mediciones catastrales



Figura 12.16: K1-S

o en trabajos de replanteo para la construcción de obras. El anteojo continúa pudiendo dar la vuelta de campana por el lado del ocular. La corriente eléctrica llega desde la fuente de alimentación, montada en el trípode, a la conexión central de iluminación, que se encuentra en la parte inferior del teodolito, de tal forma que la alidada sigue pudiendo hacerse girar libremente, sin cable alguno que entorpezca este movimiento.

### 12.2.5. DK1

Este instrumento es un modelo simplificado del DKM1. En el DK1 se ha suprimido el micrómetro óptico. Debido a la menor exactitud de la lectura de los limbos, el DK1 se usa para trabajos de replanteo y levantamientos taquimétricos en obras de construcción, para construcciones hidráulicas, para arqueología o poligonaciones.

Al ser un modelo simplificado del DKM1, sus características técnicas son muy similares.

El anteojo tiene unos aumentos de 20x, una abertura del objetivo de 30 mm, una distancia mínima de visado de 0,9 m y un diámetro del campo visual a 1 km de 30 m. Además, la distancia máxima de visado para la lectura en centímetros de 300 m y una distancia máxima de visado para la apreciación del milímetro de 140 m. La constante de multiplicación de los hilos estadimétricos es de 100 y la constante de adición de 0.

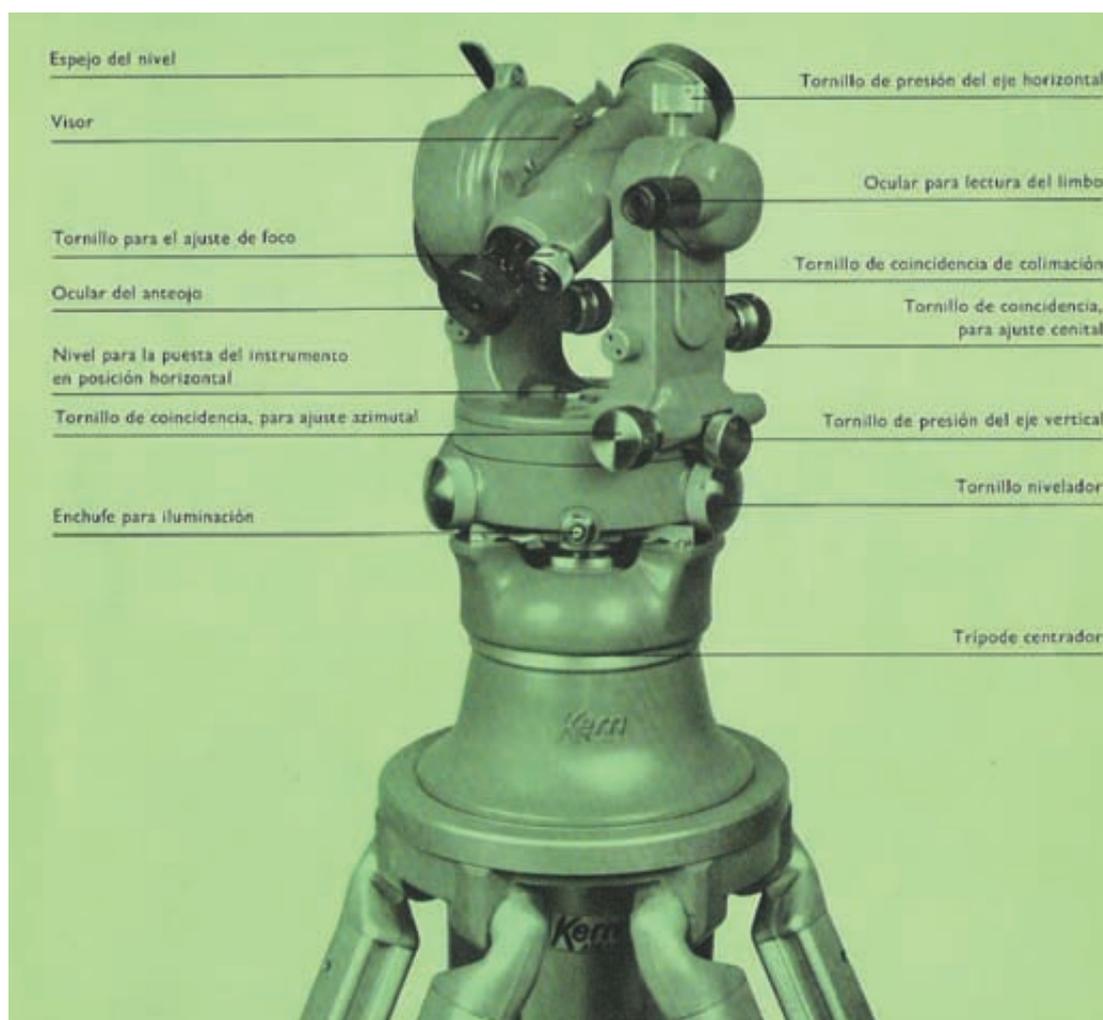


Figura 12.17: DK1

La lectura de los limbos, como ya hemos dicho, se hace sin micrómetro. Los limbos horizontal y vertical, tienen un diámetro de 50 mm. Los minutos se pueden apreciar con exactitud, siendo en la lectura directa del limbo de  $10^c/10'$  y una lectura por apreciación del limbo de  $1^c/1'$ . Los resultados de la medición no se ven afectados por errores de excentricidad de los círculos, ya que siempre se toma la lectura del valor medio de dos puntos diametralmente opuestos en los limbos.

Los niveles del instrumento son dos, un nivel para la horizontalidad con una sensibilidad de  $45''/2$  mm, y otro para la verticalidad del instrumento de  $30''/2$  mm de sensibilidad.

El peso y las dimensiones de este instrumento son iguales que en el DKM1, siendo el peso 1,8 kg y la altura del eje de basculamiento de 100 mm.

### 12.2.6. DKM1

El DKM1, se creó en el año 1940. Sorprendió el hecho de que un instrumento de dimensiones reducidas, su peso es de 1,8 kg, tuviera tanta exactitud. Esto hizo de él un teodolito de “viaje”, muy apto para trabajar en cualquier situación, incluso en operaciones militares. El ámbito de aplicación de este instrumento es, por consiguiente, extenso y variado, tanto que se puede usar para realizar desde un levantamiento taquimétrico en obra hasta la medición de los movimientos de masas de hielo, pasando por determinar redes trigonométricas de alturas, determinaciones astronómicas de emplazamiento y acimut, o determinaciones fotogramétricas.

El anteojo, de 20x, proporciona muy buena exactitud de visado. Un observador inexperto podría conseguir un error medio de  $10^{cc}/3''$  para un ángulo horizontal o vertical, medido una vez, en ambas posiciones, y un observador experto podría conseguir incluso más exactitud. La abertura del objetivo es de 30 mm, la distancia de visado más corta es de 0,9 m, la distancia de visado máxima para la lectura de centímetros es 300 m y la distancia de visado máxima para la apreciación del milímetro es de 140 m. El diámetro del campo visual a 1 km es de 30 m. Los hilos estadimétricos de este instrumento tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0, la medición de distancias se hace según Reichenbach.

El eje vertical del instrumento está totalmente montado en un rodamiento de bolas. La arandela-soporte inferior del rodamiento, cuya superficie de rodadura plana, ha sido rectificadas con mucha precisión, y la arandela superior, mecanizada con la misma exactitud, constituyen, junto con las bolas alojadas en una jaula, el eje vertical del instrumento. La arandela giratoria está fijamente unida a la alidada y una espiga, exenta de carga, la centra dentro de un taladro de la arandela portadora.

En este teodolito, en vez de tornillos niveladores normales, para la puesta en posición horizontal lleva, al igual que en todos los instrumentos Kern, unos botones que pueden hacerse girar alrededor de un eje horizontal. En una ranura espiral de la cara interior de cada botón se desliza un espárrago que está fijamente unido a la placa de sujeción. Cuando el botón se

hace girar, la parte inferior del teodolito asciende o desciende con respecto al espárrago. Un tope lateral impide que la parte inferior del teodolito se deslice en la superficie de la espiral. Este diseño tiene la ventaja que el desgaste por el uso no se traduce en holgura lateral.

Tiene dos niveles, un nivel de la alidada con una sensibilidad de  $30''/2$  mm, y otro nivel de colimación de  $30''/2$  mm de sensibilidad.

El hecho de que el instrumento tenga un tamaño reducido se debe a que, en su construcción, se haya aprovechado el espacio. De este modo, tenemos que el eje vertical, con rodamiento de bolas, el sistema para la puesta en posición horizontal y el limbo horizontal son concéntricos en un mismo plano, lográndose una altura de 100 mm en el eje horizontal. El micrómetro del limbo, el sistema del limbo vertical y la marcha de los rayos de los microscopios para la lectura de los limbos, se alojaron en el espacio sobrante del instrumento.

Para asegurar la exactitud de la medida, la lectura de los limbos se realiza simultáneamente en dos puntos diametralmente opuestos, mediante un micrómetro óptico. Además, los limbos horizontal, de diámetro 50 mm, y vertical, de diámetro 50 mm, están provistos de un doble círculo, es decir que en vez de una sola división circular se ha dispuesto dos divisiones circulares concéntricas. De esta forma, en la medición de ambas posiciones, la marcha de los rayos de la imagen hace aparecer diferentes rayas de la división en el microscopio de lectura. Así, entra en el resultado de la medición solamente la media de los dos errores del diámetro. La lectura directa de los es de  $10^{cc}/10''$  y la lectura de los limbos por apreciación es de  $5^{cc}/1''$ .

Los accesorios asociados a este instrumento son: un trípode centrador, que nos da un error medio de estacionamiento de  $\pm 0,5$  mm; un equipo de iluminación eléctrica; un nivel de anteojo, el cual tiene una sensibilidad de  $30''$ ; una brújula tubular, para orientar el limbo horizontal con el Norte Magnético; un equipo de poligonación PZ, para el uso del instrumento en minas y el cual produce una exactitud de  $\pm 0,03$  mm; prisma de ocular, para medir ángulos de altura hasta los  $65^\circ$ ; y la estadía invar, a pesar de no ser un teodolito de segundos se puede usar con ella.

Destacar, como accesorio, el anteojo Kangar. El ingeniero sueco Kangar sugirió un anteojo

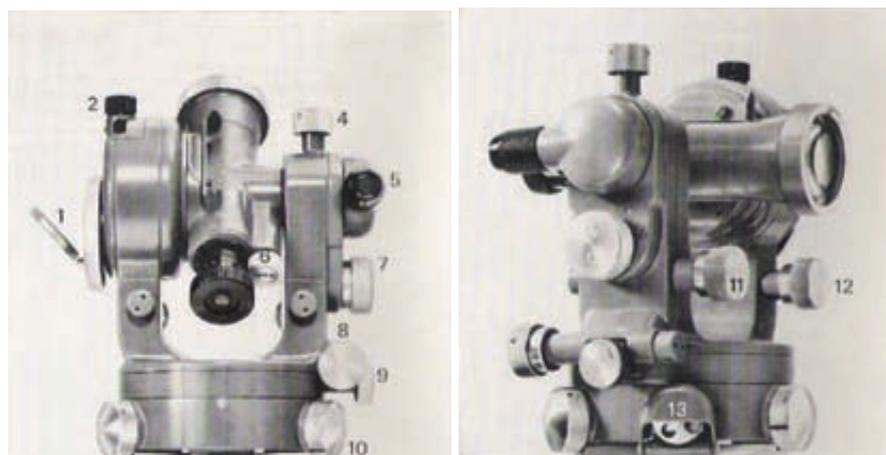


Figura 12.18: DKM1

adicional para su uso en minas, con un aumento de 9x, una abertura del objetivo de 14,5 mm y una distancia de visado mínima de 0,8m. Este anteojo se sitúa en ángulo recto con respecto al eje de visado, es decir encima del anteojo, y así, puede girar alrededor de este. El anteojo Kangar, permite hacer visados con ángulo de altura y permite, también, la proyección vertical de puntos en lo alto y el visado directo, al centro, con excentricidades desde 30 cm, cuando la colocación del trípode es excéntrica.

### 12.2.7. DKM2

El DKM2 es el teodolito universal, de segundos, de la serie de teodolitos “DKM” de Kern. Sus campos de aplicación son las triangulaciones de tercer y cuarto orden, la determinación fotogramétrica de puntos de coincidencia, las mediciones complementarias, de control y de reconstrucción, la determinación astronómica de azimut, lugar y tiempo por métodos sencillos, las operaciones poligonales (medición de distancias según Reichenbach, con el equipo adicional, de doble imagen, o con estadía de Invar y centraje automático), las mediciones en obras de ingeniería (la obtención de datos básicos para señalamientos en el terreno, por pequeñas triangulaciones y medición poligonal con estadía de Invar y señalamientos topográficos en galerías de minas), control de obras y , finalmente, todos los trabajos taquimétricos y de señalamiento.

El anteojo del instrumento tiene 30 aumentos, la abertura del objetivo es de 45 mm y la distancia mínima de enfoque es de 1,7 m. Los hilos estadimétricos son un estándar universal,

es decir, tienen una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0. La distancia máxima de visado, para la lectura de centímetros es de 400 m, y la distancia máxima de visado para la apreciación de milímetros es de 210 m. Además, el diámetro del campo visual a 1 km es de 24 m.

Los limbos tienen un diámetro de 75 mm, el horizontal, y de 70 mm, el vertical. La lectura de los limbos se hace mediante un micrómetro óptico, y al igual que en su predecesor, el DKM1, los círculos son dobles, para tener mayor exactitud en la lectura. La lectura directa del limbo es de  $2^{\text{cc}}/1''$ , y la lectura del limbo por apreciación es de  $1^{\text{cc}}/0,1''$ .

Los dos niveles del instrumento, para las inclinaciones horizontales y verticales, tienen una sensibilidad de  $20''/2$  mm.

El DKM no es un instrumento muy aparatoso, tienen un peso de 3,6 kg y una altura del eje de basculamiento de 160 mm.

### **12.2.8. DKM2-A**

Una variante más moderna del anterior es el DKM2-A. Este teodolito de segundos con colimación automática se usa en triangulaciones, determinaciones de puntos de ajuste para levantamientos fotogramétricos, mediciones de deformaciones, poligonales con el telémetro electro-óptico Kern DM 500 o con la estadía de Invar, replanteos de precisión en la construcción de obras subterráneas y superficiales, mediciones industriales, y mediciones astronómicas.

El antejo, de 32 aumentos, produce una imagen invertida y viene equipado con el retículo estándar universal (constante de multiplicación 100 y constante de adición 0). La abertura del objetivo es de 45 mm, con una distancia de enfoque mínima de 1,7 m y un diámetro del campo visual a un 1 km de 25 m. El colimador-visor permite enfocar cómodamente el punto que queramos visar.

Las imágenes de los limbos, horizontal, de diámetro 80 mm, y vertical, de diámetro 74 mm, aparecen simultáneamente en el ocular de lectura. El sistema de lectura de los limbos es el de doble círculo, que da una lectura directa de los limbos de  $2^{\text{cc}}$  ó de  $1''$  y una lectura por

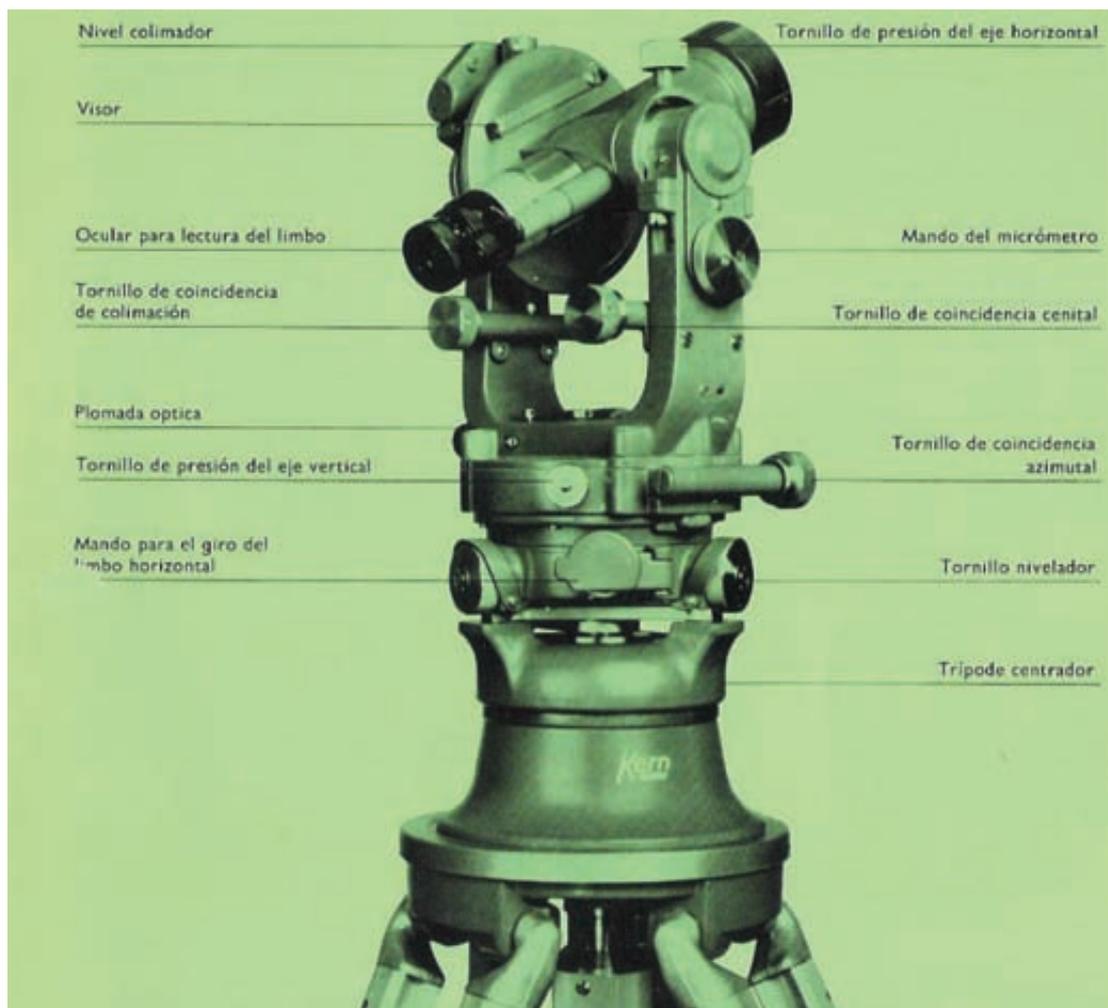


Figura 12.19: DKM2

estimación de  $0,5''$  ó de  $0,1''$ . Para la orientación del limbo horizontal se utiliza el mando ordinario-fino del limbo. Este permite hacer girar el limbo rápidamente, mientras que con el mando fino puede ajustarse cualquier valor angular. Una tapa protege ambos tornillos.

Para evitar la influencia de la inclinación del eje vertical, en el instrumento hay un compensador, que consiste en la superficie de un líquido que busca siempre su posición de reposo horizontal. En esta superficie, se refleja la marcha de los rayos y se desvía de acuerdo con la inclinación del eje vertical. Al no llevar piezas metálicas, no existirá el desgaste en el compensador y será insensible a vibraciones y golpes. El rango del compensador es de  $\pm 4''/2'$  y la precisión de la posición de reposo es menor de  $\pm 1''/0,3''$ .

Como en instrumentos anteriores, el eje vertical consiste en un rodamiento de bolas de precisión. El eje de basculamiento, de 171 mm de altura, consta de un tubo de acero templado y rectificado con precisión, que pasa a través del cuerpo del anteojo. Tres superficies de asiento en cada cojinete guían el eje de basculamiento. De esta forma se evitan errores por los movimientos oscilatorios extremadamente pequeños.

El DKM2-A viene equipado con una plomada óptica, montada dentro de la alidada. El ajuste de foco va de 0,7 m hasta el infinito.

Tanto el botón del mando de coincidencia cenital como el del mando acimutal forman un mecanismo reductor. En el visado, la cruz filar del anteojo se hace sobrepasar, por medio del mando ordinario, el punto visado. Al invertir esta dirección de movimiento, se intercala automáticamente el mecanismo reductor. Haciendo girar el botón de mando con igual velocidad de giro, la cruz filar retrocede, entonces, a media velocidad hacia el punto objeto del visado, lo que permite lograr un visado de precisión en el primer intento.

A este instrumento se le puede acoplar el telémetro electro-óptico DM500.

### **12.2.9. DKM2-AL**

El teodolito DKM2-AL, es una combinación del teodolito de segundos, Kern DKM2-A, con un láser de gas. Esto ofrece la ventaja de permitir que la línea de visado se determine en el



Figura 12.20: DKM2-A

mismo punto de medición, ya que en todo momento el rayo láser es visible en el punto donde incide.

La luz del láser obedece a las leyes ópticas normales y, por lo tanto, le afectan las condiciones atmosféricas, como la niebla, el viento y otros fenómenos. En condiciones favorables puede lograrse, a una distancia de 400 m, una exactitud de visado, de pocos milímetros de diferencia.

A través de un cable flexible, conductor de la luz, el rayo láser llega directamente al anteojo del teodolito. Así, el rayo láser coincide con la línea de visado.

La fuente de luz del láser puede montarse en una pata del trípode o colocarse aparte, a poca distancia del instrumento. El láser, se tiene que alimentar mediante una batería o una conexión a la red eléctrica.

Las características técnicas son iguales que en el DKM2-A. A estas se le añaden las del láser, el cual tiene una potencia de salida de 5 mW, una longitud de onda luminosa de 632,8 nm y un alcance de 400 m. El grueso de los brazos de la cruz de medición es a 50 m aproximadamente 3 mm, a 100 m aproximadamente 7 mm, a 200 m aproximadamente 14 mm, a 300 m aproximadamente 20 mm y a 400 m aproximadamente 27 mm.



Figura 12.21: DKM2-AL

### 12.2.10. DKM3

El DKM3 es el instrumento más preciso de la casa, con un error medio en una dirección medida en una de las dos posiciones del anteojo de  $\pm 1,5^{\text{cc}}$  ó  $\pm 0,5''$ .

Su anteojo principal, que tiene 45 aumentos, lleva una lente de espejo (catadióptrica). La abertura del objetivo es de 68 mm y la distancia mínima de enfoque es de 5 m. Este anteojo lleva una lente de recambio para la medición de las distancias cortas, la cual tiene un aumento de 30x. Un anteojo auxiliar permite una orientación rápida del instrumento. Este tiene un aumento de 9x, si usamos la lente de recambio los aumentos serán 6x, y una distancia mínima de enfoque de 1,8 m. Ambos anteojos poseen un ocular común, por eso afecta a los aumentos el cambio de lente.

El diámetro de ambos limbos, horizontal y vertical, es de 100 mm, y están divididos cada  $10^{\text{c}}$  ó cada  $10^{\text{°}}$ . La lectura directa de los limbos da un error de  $0,5^{\text{cc}}$  ( $0,5''$ ) y la lectura por estima da un error de  $0,1^{\text{cc}}$  ( $0,1''$ ).

Los niveles para la horizontalización y la colimación, tienen una sensibilidad de  $10''/2$  mm.

La altura del instrumento es de 170 mm y el peso de 12,2 kg.

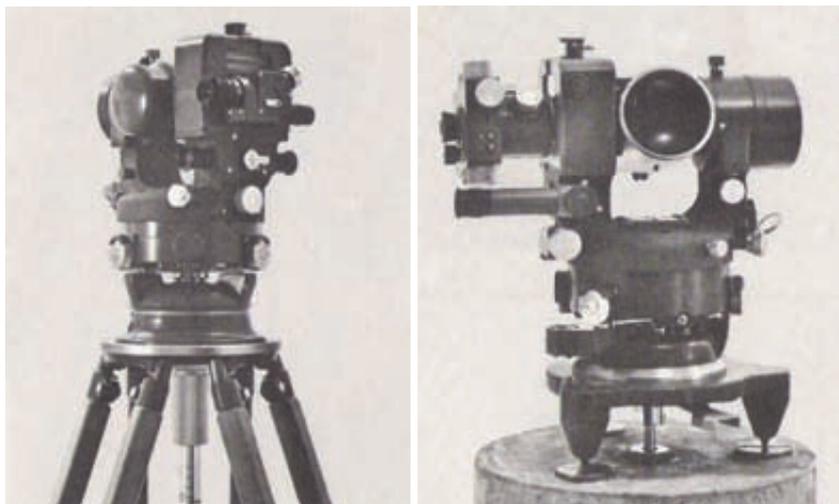


Figura 12.22: DKM3

### 12.2.11. E1

El teodolito electrónico E1 es uno de los predecesores de las actuales estaciones totales, ya que, lleva un sistema electrónico que lee automáticamente los limbos y muestra los valores angulares digitalmente. Podemos acoplarle el distanciómetro DM502, para la lectura digital de distancias, y la calculadora HP 41-C con interfaz. Además, podemos acoplarle la unidad registradora R48, para llevar los datos de la medición directamente al ordenador, sin necesidad de usar un estadillo de campo; y también, el receptor remoto RD10.

El anteojo, con un aumento de 32x, tienen una abertura del objetivo de 45 mm y una distancia mínima de enfoque de 1,5 m. El campo de visión a 1 km es de 27 m.

El sistema de nivelación del instrumento, lleva sólo dos tornillos en la plataforma y permite la nivelación sin afectar a la altura del eje horizontal. El tercer punto de apoyo está en el centro del instrumento. El instrumento se inclina sobre este punto cuando los tornillos de la plataforma se giran. La altura del instrumento es lo que mantiene sin cambios. Los tornillos de la plataforma son perpendiculares entre sí. Esto simplifica el procedimiento de nivelación, no siendo ya necesario el giro simultáneo de dos de los tornillos.

El teodolito se puede rotar sobre ambos ejes, sin que el cable de la batería entorpezca el movimiento.

Como los ángulos horizontales y verticales aparecen en la pantalla digital en ambos lados

del soporte, se pueden leer fácilmente en las dos posiciones del anteojo. Los limbos del instrumento tienen un diámetro de 70 mm, tanto el horizontal como el vertical. Las medidas angulares tienen un error medio en una dirección medida en ambas posiciones del anteojo de  $\pm 6''$ .

El compensador automático elimina la influencia de la inclinación del eje vertical cuando se están midiendo los ángulos verticales. El elemento de compensación es la superficie siempre horizontal de un líquido. Este compensador no tiene partes móviles, está completamente libre de desgaste, y no requiere mantenimiento. El rango del compensador es de  $\pm 5''$  y la precisión en la nivelación del compensador es de  $0,1''$ . Este es el mismo tipo de compensador que el del teodolito DKM2.

## **12.3. ACCESORIOS**

### **12.3.1. KERN OL**

El instrumento Kern OL, es una plomada óptica de precisión. Es especialmente útil en obras superficiales, como rascacielos, alineación de encofrados o estructuras patrones, obras subterráneas, para pilares, fundaciones o pozos, y en montajes de carriles y guías verticales, como ascensores o tuberías.

En esta plomada se ha prescindido del dispositivo móvil para la desviación de la marcha de los rayos, en vez de eso, se han puesto dos anteojos, uno para la dirección cenital, y otro para la dirección nadiral. La observación con el ocular se hace en sentido horizontal.

El anteojo tiene 22,5 aumentos y una abertura de 30 mm. El diámetro del campo visual a 100 m es de 3 m, la distancia mínima de enfoque es de 0,8 m y la distancia máxima para la lectura de milímetros es de 40 m.

Como en los teodolitos, el eje vertical se ha hecho en forma de rodamiento de bolas, con lo que los errores residuales del eje no sobrepasan los  $\pm 2''$ .

Para la nivelación del instrumento, se han dispuesto tres tornillos niveladores con gran recorrido de ajuste. Ayudándonos de un nivel tubular, de sensibilidad de  $20''/2$  mm, podemos



Figura 12.23: E1

indicar la línea de plomada con una exactitud de  $\pm 2''$ . Es posible adquirir el instrumento con un nivel de lectura por coincidencia, con una sensibilidad de  $30''/2 \text{ mm}$ , que nos permite lograr una exactitud de  $\pm 1''$ .

El error medio de la plomada para una distancia vertical de 100 m es, con nivel tubular de  $\pm 2 \text{ mm}$ , y con nivel de coincidencia de  $\pm 1 \text{ mm}$ .

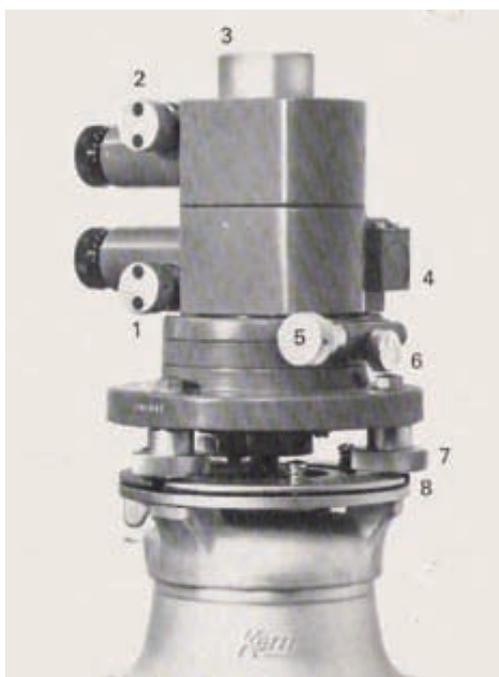


Figura 12.24: Kern OL

1. Mando para el ajuste de foco del anteojo nadiral.
2. Mando para el ajuste de foco del anteojo cenital.
3. Objetivo del anteojo cenital.
4. Nivel tubular.
5. Tornillo de coincidencia para ajuste acimutal.
6. Tornillo de presión para ajuste acimutal.
7. Tornillo para la puesta del instrumento en posición horizontal.
8. Placa de pie.

### 12.3.2. KERN IB

El instrumento Kern IB es una estadía invar para la medición indirecta de distancias según el método de la medición en ángulos de paralaje. Las ventajas de la estadía invar son: la gran exactitud en la medición de distancias cortas, posibilidad de centrado forzoso y supresión de la reducción al horizonte. El instrumento Kern IB, por lo tanto, es apropiado para la determinación de escala en pequeñas triangulaciones y para las poligonales.

Tiene un error angular de  $\pm 3''/1''$ , lo que resulta una exactitud en el error medio de la distancia de  $\pm 2,4$  cm a los 100 m, siendo este error proporcional al cuadrado de la distancia.

Esta estadía invar consta de un tubo, de metal ligero, de dos piezas que se unen la una con la otra. Un alambre de invar tensado, asegura la distancia entre las dos marcas de medición, entre las que distan 2 m de longitud. Un elemento compensador hace que no le afecten, a la estadía, las influencias de la temperatura. Este dispositivo compensador consta de un tubo de aluminio, intercalado entre el alambre de invar, de tal forma que ejerce una influencia opuesta a las variaciones de la distancia entre las marcas de medición que provoca el cambio de temperatura. La exactitud de la distancia, con este compensador, se asegura con una tolerancia de  $\pm 0,03$  mm.

El equipo se completa con un porta-estadía con visor, un pie de estadía, y una tabla de distancias. Además, podemos iluminar eléctricamente las dos marcas de medición y la de visado.

## Capítulo 13

### ASKANIA

Johann Carl Wilhelm Anton Bamberg (12 de julio, 1847, Kranichfeld (Alemania)-4 de junio, 1892, Berlín (Alemania)), más conocido como Carl Bamberg, hijo de relojero y aprendiz de Carl Zeiss, fundó en 1871 lo que se conoce como la casa Askania en Alemania.

Como ya hemos dicho, Carl Bamberg fue discípulo de Carl Zeiss desde el año 1862 hasta el año 1866, y también fue alumno de Ernst Abbe y Schäffer Hermann.

En 1871, creó su compañía Askania en Berlín (Alemania), con la que haría su primer trabajo, que fue crear un catetómetro para el observatorio de Berlín. Más tarde inventó un planímetro que se vendió muy bien. Pronto recibió las primeras órdenes de la Armada Imperial, fabricar para ella instrumentos de navegación. La compañía iba tan bien, que en 1874, decide casarse con su novia Emma Roux, hija del profesor de la Universidad de Jena, Guillermo Roux. Con ella tuvo al heredero de su empresa, Pablo Adolf Bamber. El mismo año de su boda, tuvo como clientes: el observatorio de Dusseldorf, el de Jena y el Urania de Berlín.

Más adelante, Bamberg creó la brújula acuática, que compensaba las vibraciones mejor que las tradicionales brújulas de compás. En 1878, construyó su primer teodolito astrogeodésico. Alrededor de 1888, suministró a Karl Friedrich Küstner el instrumento con el se demostró el movimiento polar.

Bamberg fue miembro fundador de la Asociación Profesional de Mecánica y Óptica de Berlín. También, fue co-fundador y editor de la Revista de la Ciencia de la Instrumentación.

En 1892, Carl fallece a la edad de 44 años dejando a cargo de su viuda Emma la empresa, que más tarde su hijo Pablo dirigiría aún siendo menor de edad. En 1912, se unió a la compañía el primo de Pablo, Max Roux, que fue el líder de la empresa hasta que se acabó la Segunda Guerra Mundial. Se dice, que durante esa guerra, la empresa colaboró con el ejército Alemán.

En 1914, las ventas de telémetros, miras de armas, cámaras de cine o equipos geofísicos iban muy bien. En 1921, se fusionaron con la Centralwerkstatte Dessau, pasando a llamar Askania Werke AG y situándose en Berlín. Por ese entonces, la fábrica ya se empezó a especializar en instrumentos para la aviación. En 1947, para sobrevivir a la crisis económica que se atravesaba, se dedicaron a fabricar útiles de dibujo y vasos, además de dispositivos para la determinación de la trayectoria de vuelo de los misiles. En el año 1949, la empresa pasó a ser Sociedad Anónima para poder optar a las ayudas del Plan Marshall. A partir de entonces la empresa se dedicó a fabricar instrumentos de vuelo para otras empresas como, por ejemplo, Siemens. Hoy en día, la empresa se dedica a la fabricación de instrumentos de aviación, como controladores o analizadores, y relojes de pulsera.

Cabe destacar la importancia de la casa en la creación de instrumentos geodésicos y astro-geodésicos como los teodolitos para sondeos aéreos, ya que fue la pionera en estos aparatos.

### **13.1. TEODOLITOS**

Los teodolitos más conocidos de la casa (Tu, Tt y Tts) se intentaron fabricar con las mismas piezas y la misma apariencia, cosa que se consiguió, para así poder abaratar gastos de producción y poder ofrecer un instrumento más asequible que los de las otras compañías. Así pues, estos tres teodolitos guardan muchas similitudes entre ellos pero grandes diferencias que son, principalmente, la manera de leer los limbos y la precisión total.

### **13.1.1. TEODOLITOS TU, TT Y TTS**

#### **CARACTERÍSTICAS COMUNES A LOS MODELOS TU, TT Y TTS**

Como hemos dicho ya, la apariencia de los tres teodolitos es la misma, por lo que al colocarlos uno al lado del otro no podríamos distinguirlos. Comparándolos muy detenidamente podríamos fijarnos en que en el modelo Tu (teodolito de segundo) el espejo que hay en el soporte del anteojo se halla en el borde superior, lo que no ocurre con los otros dos, y el botón de mando del limbo tiene una forma diferente de la del botón de mando de la pinza de bloqueo, que tienen los modelos Tts y Tt, en la misma posición.

El sistema de ejes también es el mismo. Como eje acimutal se usa un eje cilíndrico, estando soportado el peso del cuerpo del teodolito por un cojinete axial de bolas.

El anteojo es analítico con óptica tratada y abatible a ambos lados. Las características técnicas son: longitud total de 18 cm, apertura libre del objetivo de 45 mm, aumento de 30x, campo de 26 m diámetro a 1000 m, distancia mínima de enfoque 2,2 m y constante diastimométrica 100. También podemos encontrarlos con anteojo terrestre (endereza la imagen), en vez de astronómico, que se compone de prismas y no de lentes, pero que no altera ni la longitud ni los aumentos del anteojo. Lo que sí varía es que el astronómico lleva un anillo de enfoque y el terrestre un botón de enfoque en el extremo del ocular. además el anteojo terrestre tiene una distancia mínima de enfoque de 1,5 m. Para poder distinguir un teodolito con anteojo astronómico de otro con anteojo terrestre, se les añade a los que llevan el anteojo terrestre una “-e” al final, de modo que queda: Tts-e, Tu-e y Tt-e.

Los limbos son de vidrio con unas dimensiones de 90 mm de diámetro el limbo horizontal y de 70 mm el limbo vertical. Además, como es característico en la casa Askania, los dos limbos se ven simultáneamente dentro del campo de visión del microscopio de lectura. Con un espejo dispuesto en la parte superior del soporte del anteojo podemos iluminar todos los puntos de lectura del instrumento, aunque también se puede iluminar eléctricamente el instrumento mediante una lamparita introducida en un alojamiento situado al lado o debajo del espejo. Para conseguir la corriente eléctrica podemos proveernos de baterías, pilas o enchufarlo a la red eléctrica.

Los niveles existentes en estos instrumentos son dos: uno tubular, incorporado en el teodolito, de  $20''/2$  mm de sensibilidad, para poner el eje acimutal en posición vertical, y otro esférico de  $10''/2$  mm de sensibilidad, montado en la plataforma para la nivelación previa. Ambos niveles son ajustables.

La plataforma nivelante está fabricada según las normas DIN, con pernos de 34 mm para la sujeción de los instrumentos, por lo que puede ser usada con cualquier instrumento de otra casa. El problema es que los tornillos nivelantes de las plataformas sólo sirven para nivelar el instrumento y no para contribuir a la estabilidad de él. Esto es así porque la placa superior que soporta el instrumento está unida con la placa de base de la plataforma por medio de un sistema de palanca tensadas y flexibles, de esta forma se impide de un modo seguro la torsión.

La plomada óptica permite realizar por separado e independientemente entre sí el enfoque de la imagen del objeto (punto de estación) y el enfoque del retículo (marca de centrado) y efectuar así el centrado estando las imágenes enfocadas con nitidez. La plomada óptica forma parte del instrumento y no de la plataforma, así cada centrado puede ser controlado por la observación desde la dirección opuesta dando resultados más seguros aún cuando la plomada esté desajustada. El campo de enfoque de la imagen del objeto está comprendida entre 0,7 y 2 m.

### **TU (TEODOLITO DE SEGUNDO)**

El teodolito de un segundo (fig. 13.1) permite una aplicación casi universal para la triangulación hasta de segundo orden, para poligonaciones, control de construcciones, mediciones astronómicas para enlace de poligonaciones, y para la industria. Al ser el Tu un teodolito para mediciones de precisión, por lo que tiene importancia decisiva la exactitud de la lectura de los limbos y ya no es aceptable que intervengan los errores de excentricidad en las mediciones. Por esa razón se leen los limbos del teodolito en dos puntos diametralmente opuestos. Como forma de lectura fue elegido el procedimiento de coincidencias porque, en largas series de mediciones, este cansa menos al observador. La escala del micrómetro está dividida, para la graduación sexagesimal en intervalos de  $1''$ , y para la graduación centesimal, en intervalos

de 2". De esta manera y siendo suficiente el ancho de los intervalos, es perfectamente posible apreciar 0,1" ó 0,2", respectivamente. Los limbos están divididos en el caso de la graduación sexagesimal en intervalos de 20', y para la graduación centesimal en intervalos de 10<sup>c</sup>. Se sobrentiende que se dio máxima importancia a la precisión en la división de los limbos. El error medio de las lecturas en orientación en las dos posiciones del anteojo no excede de  $\pm 3^{cc}$ .

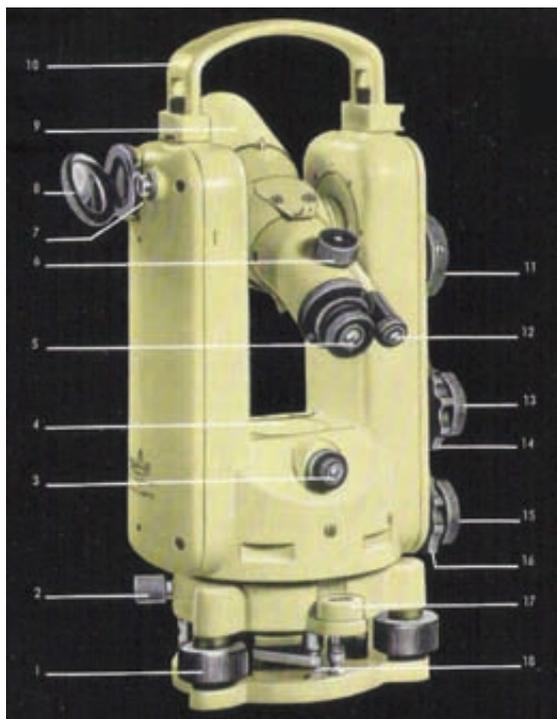


Figura 13.1: Tu

- |   |  |
|---|--|
| 1. Tornillo de ajuste.  | 10. Mango desmontable.                       |
| 2. Tornillo de sujeción del pivote.                                 | 11. Botón micrométrico.                      |
| 3. Plomada óptica.  | 12. Ocular del microscopio de lectura.       |
| 4. Nivel de la alidada.   | 13. Tornillo de movimiento lento vertical.   |
| 5. Ocular del anteojo.  | 14. Botón de sujeción vertical.              |
| 6. Botón de enfoque del anteojo (terrestre).                        | 15. Tornillo de movimiento lento horizontal. |
| 7. Toma de corriente de la lámpara.                                 | 16. Botón de sujeción horizontal.            |
| 8. Espejo de iluminación para los limbos verticales y horizontales. | 17. Burbuja esférica.                        |
| 9. Parasol.   | 18. Palanca de acoplamiento de la base.      |

## **Tt (TEODOLITO-TAQUÍMETRO) Y Tts (TEODOLITO PARA TAQUIMETRÍA)**

El teodolito para taquimetría Tts (fig. 13.2) es un instrumento universal medidor de ángulos y su empleo está indicado en triangulaciones, poligonaciones, mediciones catastrales y replanteos. En cambio, el teodolito-taquímetro Tt, se utiliza en triangulaciones de III y IV orden, en poligonaciones, mediciones de catastro y levantamientos topográficos, de ingeniería, construcción e industria.

Dado que en los teodolitos para taquimetría basta, en general, con leer en un solo punto los limbos graduados, los modelos Tt y Tts fueron construidos de acuerdo con esta idea. Por lo tanto sólo se elimina el error de excentricidad hallando la media de las observaciones realizadas en las dos posiciones del anteojo. En caso contrario, este error interviene en todas las observaciones y se ha tenido en cuenta a la hora de construir estos dos modelos de teodolitos dándole gran importancia a la precisión del sistema de ejes a fin de que el error de excentricidad se mantenga dentro de muy pequeños valores límite.

Para la realización de medidas angulares por repetición, llevan incorporada la pinza de bloqueo. El botón de mando de esta pinza tiene una raya blanca cuya posición vertical o horizontal indica si el limbo está bloqueado o no a la alidada del teodolito. El sentido de giro del botón de mando es indiferente.

En el modelo Tt (fig. 13.3) se realiza la lectura de los limbos con la ayuda de un micrómetro óptico, con cuyo botón de mando mueve la imagen de las divisiones del limbo graduado en grados enteros ( $1^\circ$  o  $1^g$ ), hasta que una de ellas sea captada por la raya corta doble visible en el retículo del microscopio de lectura encima de la graduación correspondiente. Con ello, el micrómetro es utilizable para cada uno de los dos limbos. Una escala indica el valor del desplazamiento, el que forma parte de la lectura del limbo. La citada escala está graduada en intervalos de  $20''$  (graduación sexagesimal) o de  $1^c$  (graduación centesimal). Existe, pues, la posibilidad de apreciar los  $2''$  ó  $10^{cc}$ , respectivamente. Merece señalarse que los intervalos de las divisiones tienen el ancho suficiente para permitir la apreciación segura de sus décimas partes. Además, el error medio de las lecturas en orientación en las dos posiciones del anteojo no excede de  $\pm 8^{cc}$ .

En el modelo Tts se ha prescindido del botón de micrómetro, al ya no ser necesario. En el campo visual del microscopio de lectura, las imágenes de las graduaciones de cada limbo van cubiertas cada una por una escala que representa una subdivisión del intervalo de un grado en 60' o bien 100<sup>c</sup>. Esto hace posible leer el limbo deseado directamente hasta el 1' o 1<sup>c</sup> y apreciar las fracciones. En la graduación sexagesimal, pueden apreciarse las décimas de minuto, pero en la centesimal, debido al menor ancho de un intervalo, sólo es posible la apreciación de 1/4 ó 1/5 de intervalo, es decir, de 25<sup>cc</sup> ó 20<sup>cc</sup>, respectivamente, según la práctica del observador. El error medio de las lecturas en orientación en las dos posiciones del anteojo no excede de  $\pm 6^{\text{cc}}$ .

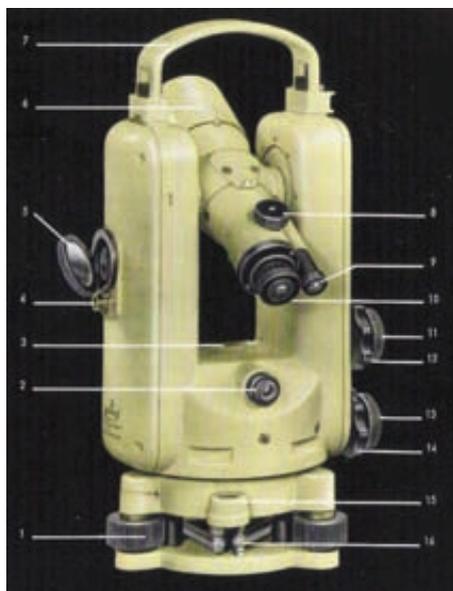


Figura 13.2: Tts

- |   |  |
|---|--|
| 1. Tornillo nivelador.  | 9. Ocular del microscopio de lectura.        |
| 2. Plomada óptica.  | 10. Ocular del anteojo.                      |
| 3. Nivel de la alidada.   | 11. Tornillo de movimiento lento vertical.   |
| 4. Toma de corriente de la lámpara.                                 | 12. Botón de sujeción vertical.              |
| 5. Espejo de iluminación para los limbos verticales y horizontales. | 13. Tornillo de movimiento lento horizontal. |
| 6. Parasol.   | 14. Botón de sujeción horizontal.            |
| 7. Mango desmontable.   | 15. Nivel esférico.                          |
| 8. Botón de enfoque del anteojo (terrestre).                        | 16. Palanca de acoplamiento de la base.      |

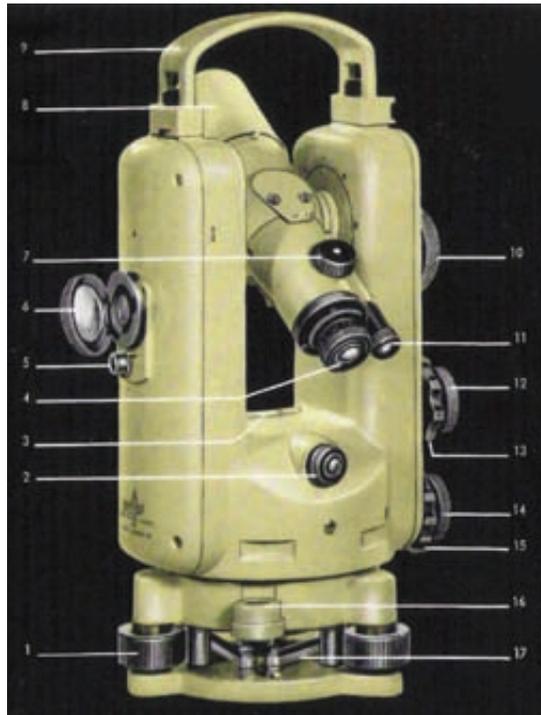


Figura 13.3: Tt

- |  |  |
|--|--|
| 1. Tornillo nivelante.   | 10. Botón micrométrico.                      |
| 2. Plomada óptica.   | 11. Ocular del microscopio de lectura.       |
| 3. Nivel de la alidada.  | 12. Tornillo de movimiento lento vertical.   |
| 4. Ocular del anteojo.   | 13. Botón de sujeción vertical.              |
| 5. Toma de corriente de la lámpara.                                    | 14. Tornillo de movimiento lento horizontal. |
| 6. Espejo de iluminación para los limbos<br>verticales y horizontales. | 15. Botón de sujeción horizontal.            |
| 7. Botón de enfoque del anteojo (terrestre).                           | 16. Nivel esférico.                          |
| 8. Parasol.  | 17. Palanca de acoplamiento de la base.      |
| 9. Mango desmontable.  |  |

## 13.2. NIVELES

### 13.2.1. NA

El nivel de ingeniería Na con nivelación automática mediante un sistema de péndulo de aproximadamente  $\pm 0,4''$ . De forma moderna y fácil manejo, una buena protección contra la

radiación solar, humedad y polvo, este nivel es rápido y preciso. El instrumento es adecuado para el trabajo de la topografía y la nivelación de las carreteras, puentes y ferrocarriles. Podemos elegir entre el tipo Na-1 sin limbo y con anteojo terrestre de imagen derecha, Na-1 360 con limbo en graduación sexagesimal y con anteojo terrestre de imagen derecha, y Na-1 400 con limbo en graduación centesimal y con anteojo terrestre de imagen derecha; podemos pedir anteojo astronómico en vez de terrestre.

Tiene un error promedio por kilómetro en nivelación de ida y vuelta de  $\pm 2$  a  $\pm 1$  mm según la destreza del instrumentista.

El anteojo de enfoque interno tiene un aumento de 25x, una apertura del objetivo de 36 mm, un campo de visión de  $1^{\circ}36'$  (alrededor de 28 m por 1000 m) y una longitud total de 190 mm. La distancia mínima de enfoque es de 1,8 m. La constante aditiva de 0 y la constante estadimétrica de 100.

Tiene un nivel de burbuja de  $10''/2$  mm de sensibilidad.

Los limbos son metálicos y pueden estar graduados en centesimal (400g) o en sexagesimal ( $360^{\circ}$ ), el intervalo de graduación es de  $1^s$  o de  $1^{\circ}$ , según esté graduado nuestro instrumento.

Tiene una lectura directa de  $1^s$  o de  $1^{\circ}$  y una estimación de  $10^c$  ó de  $6'$ .

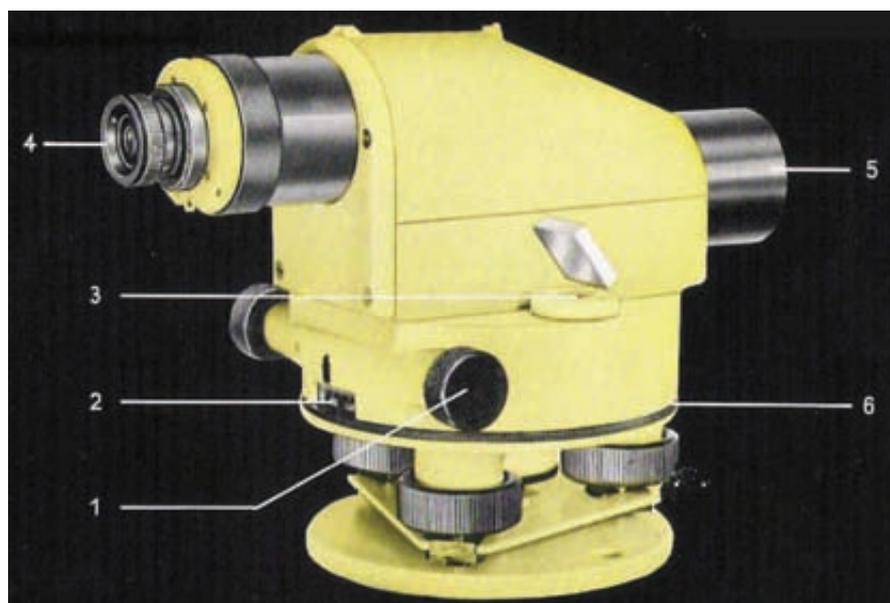


Figura 13.4: Na

- |                                      |                                       |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Tornillo de elevación.            | 5. Objetivo.                          |
| 2. Microscopio de lectura del limbo. | 6. Nivel esférico.                    |
| 3. Ocular.                           | 7. Tornillo de regulación del azimut. |
| 4. Botón de enfoque.                 | 8. Orientación del limbo.             |

### 13.2.2. LB

El nivel de construcción Lb es rápido y fácil de usar, la línea de visión se ajusta fácilmente mediante un tornillo sinfín para el ajuste del ángulo cenital. Podemos elegir entre una graduación sexagesimal o centesimal, pasándose a llamar estos instrumentos Lb-e 360 y Lb-e 400, respectivamente. El instrumento es especialmente adecuado para la nivelación, tanto en la superficie como en las minas, y también para registros de perfiles longitudinales y transversales, y para la implantación de pequeños trabajos y lecturas de taquímetro.

El error promedio por kilómetro en nivelación de ida y vuelta es de  $\pm 4$  mm.

El anteojo terrestre de enfoque interno y con retículo de estadía, tiene un aumento de 25x, una apertura del objetivo de 32 mm, un campo de visión de  $1^{\circ}45'$  (alrededor de 32 m por 1000 m) y una longitud total de 180 mm. La distancia mínima de enfoque es de 1,2 m. La constante estadimétrica es de 100 y la constante aditiva de 0. El anteojo da la imagen derecha pero se podría fabricar con la imagen invertida si es que el comprador así lo quiere.

Tiene dos niveles, uno esférico de sensibilidad  $10''/2$  mm y el otro tubular de  $20''/2$  mm de sensibilidad.

Los limbos son metálicos y pueden estar grabados los  $400^{\circ}$  de la graduación centesimal o los  $360^{\circ}$  de la graduación sexagesimal. El intervalo de graduación es de  $1^{\circ}$  o de  $1^{\circ}$ , según la graduación elegida. Se tiene una lectura directa de  $1^{\circ}$  o de  $1^{\circ}$  y una estimación de  $6'$  o  $10^c$ .



Figura 13.5: Lb

- |                           |                                       |
|---------------------------|---------------------------------------|
| 1. Tornillo de elevación. | 5. Objetivo.                          |
| 2. Nivel esférico.        | 6. Tornillo de regulación del azimut. |
| 3. Ocular.                | 7. Orientación del limbo.             |
| 4. Botón de enfoque.      |                                       |

### 13.2.3. LI

Este nivel de ingeniería funciona con un nivel de coincidencia. De forma moderna, diseño cerrado, práctico, ligero, con una buena protección contra el sol, el polvo y la humedad. Podemos elegir tres tipos de nivel según nuestras preferencias: el primero es el tipo Li-e, sin limbo y con anteojo terrestre para una imagen directa, el otro es el tipo Li-e 360, con limbo graduado en graduación sexagesimal ( $360^\circ$ ) y con anteojo terrestre para una imagen directa, y, por último, el tipo Li-e, con limbo graduado en graduación centesimal ( $400^g$ ) y con anteojo terrestre para una imagen directa. Si fuera de nuestro agrado, se podría pedir a la casa que hicieran expresamente un instrumento con la imagen invertida.

Tiene un error promedio por kilómetro en nivelación de ida y vuelta de  $\pm 1$  a  $\pm 2$  mm pero con la inclusión de un micrómetro de placas plano-paralelas, que es un accesorio del instrumento, el error promedio por kilómetro en nivelación de ida y vuelta se reduce a  $\pm 0,5$  mm.

El anteojo con enfoque interno y retículo de estadía, tiene un aumento de 30x, con una apertura del objetivo de 45 mm, un campo de visión de  $1^\circ 30'$  (sobre los 26 m por 1000 m)

y una longitud total de 185 mm. La distancia mínima de enfoque es de 1,7 m. Además, la constante diastimométrica es de 100 y la constante aditiva de 0.

Los dos niveles que pertenecen al instrumento son un nivel esférico de sensibilidad  $10''/2\text{mm}$  y un nivel tubular de sensibilidad  $20''/2\text{mm}$  para la lectura por coincidencia.

Los limbos pueden estar graduados en centesimal ( $400^g$ ) o sexagesimal ( $360^\circ$ ), el intervalo de graduación será de  $1^\circ$  o  $1^g$ , según la escala elegida. En lectura directa tienen una precisión de  $10'$  ó  $10^c$  y una estimación de  $1'$  o  $1^c$ .

Además, como está equipado con un limbo horizontal, el dispositivo también puede utilizarse como un taquímetro.

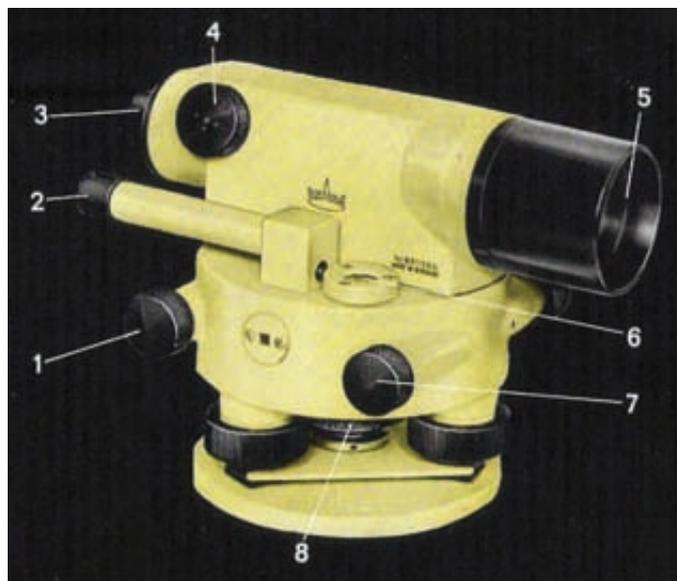


Figura 13.6: Li

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. Tornillo de movimiento fino horizontal. | 4. Ocular.                   |
| 2. Lectura del limbo.                      | 5. Objetivo.                 |
| 3. Nivel esférico.                         | 6. Paso de ajuste del limbo. |

### 13.3. INSTRUMENTOS ESPECIALES

#### 13.3.1. TEODOLITO PARA SONDEOS AEROLÓGICOS GT 1

Este es un teodolito para sondeos aerológicos que sirve para la observación de globos sonda con el fin de determinar la dirección e intensidad de vientos de altura. Para ello se hacen

subir globos de goma inflados con hidrógeno y se persiguen mediante estos teodolitos. La altura del globo resultante de la conocida velocidad ascensional, y los ángulos acimutal y de altura (cenital) que se leen a intervalos de un minuto en los círculos divididos del teodolito, nos proporcionan el conocimiento de la trayectoria de ascensión del globo a través de la atmósfera y con ello de la dirección e intensidad del viento en las diversas regiones. El modelo Gt 1 está solamente construido para la lectura visual del ángulo de medida y su precisión de lectura de  $1/10^\circ$  está especialmente indicada para observaciones de globos sonda desde una sola estación.

Las ventajas que ofrece este teodolito son: la posibilidad de ajustar el círculo acimutal, la disposición directamente uno sobre otro de los puntos de lectura de los ángulos acimutal y de altura, los mandos aproximado y fino de los movimientos de seguimiento que actúan independientemente entre sí y que no requieren por lo tanto ninguna conmutación, el campo visual grande del anteojo visor-buscador, el dispositivo de iluminación de instalación fija para la marca de mira en el anteojo principal y para los puntos de lectura de los círculos, la óptica luminosa de los anteojos principal y visor-buscador, de corrección esmerada, la que suministra una imagen muy clara y permite la persecución del globo sonda hasta en grandes alturas.

El apoyo de los dos ejes en cojinetes de bolas hace al instrumento completamente insensible al frío y representa una novedad esencial. Son además características esenciales del modelo Gt 1 la construcción compacta adecuada para el uso en el campo y la protección esmerada de todas las partes sensibles, junto con el poco peso, que hacen el instrumento propicio para estaciones de observación no fijas.

En cuanto a la construcción podemos decir que, fijándonos en la fig., la parte inferior (18) provista de tornillos de pie blindados (19), lleva la caja vertical del eje principal. Alrededor de ésta está el círculo acimutal (limbo horizontal) que es giratorio mediante fricción. Los círculos están divididos grado a grado y numerados de  $10^\circ$  en  $10^\circ$ , y la lectura mediante los nonios, con un intervalo de 1mm, tiene una precisión de  $1/10^\circ$ . Los rangos que comprenden estos círculos son de  $n \times 360^\circ$  para el acimutal, y de  $-5^\circ$  a  $195^\circ$  el de altura. Para el ajuste del acimut cero el círculo está dotado de nervios de agarre accesibles desde abajo. Para el

giro acimutal de la parte superior del instrumento alrededor del eje principal, tenemos una rueda helicoidal también giratoria mediante fricción. Esta disposición permite pasar sin más del movimiento giratorio rápido de la parte superior de instrumento al movimiento lento mediante el tornillo de movimiento pertinente (botón de ajuste 2) sin que sea para ello necesario desembragar esta última. El eje principal vertical está unido rígidamente con la parte superior del instrumento y con una caja protectora para el círculo acimutal y la rueda helicoidal del giro acimutal. En la caja están sujetos los nonios (15) para la lectura de los círculos. Hay dos puntos de lectura de los círculos, uno se encuentra debajo de la cabeza de objetivo (5) y el otro debajo del ocular del anteojo (12), de forma que tanto un observador auxiliar como el mismo observador puedan leer la posición de los círculos. En cada caso, tendremos la misma lectura en los ángulos verticales pero los ángulos horizontales difieren entre ellos  $180^\circ$ . El eje secundario es el cuerpo del anteojo, este está dispuesto en una cabeza transversal (7) unida rígidamente con el eje principal. En el eje secundario se encuentran los dos círculos de altura que se mueven por fricción mediante la rueda helicoidal para el movimiento cenital. Incluso para el movimiento cenital puede accionarse independientemente el seguimiento aproximado y el fino sin que sea necesaria ninguna conmutación. El nivel tubular de  $3\frac{1}{2}$  mm de sensibilidad está colocado en un arco (8) por encima del eje secundario y es ajustable mediante dos tornillos, se puede además colocar sobre el mismo arco una brújula tubular (fig. 13.7) para la determinación del acimut cero. Cuando está la aguja de la brújula centrada, el eje secundario está orientado en la dirección magnética Norte-Sur y por consiguiente se encuentra la visual acodada  $90^\circ$ , en la dirección magnética Este-Oeste. La cabeza del objetivo (5) está unida rígidamente con el eje secundario y lleva el objetivo del anteojo y el prisma de  $90^\circ$  que dobla la visual hacia el eje secundario. El anteojo está puesto en fijo al infinito y tiene un aumento de 16x, una visión efectiva de  $3^\circ$  y un diámetro de pupila de salida de 2,5 mm. Por fuera, sobre la cabeza del objetivo (5), lleva montada una mira (6) paralela a la visual del anteojo. Sobre el tubo del ocular del anteojo está dispuesto un soporte para el anteojo visor-buscador (10, 11) y el dispositivo de iluminación (13) del retículo. El ocular roscado del anteojo (12) tiene divisiones dióptricas y se le puede adaptar un cristal de color que sirve para proteger la vista al hacer observaciones contra un cielo muy claro o en la proximidad solar. Se en-

foca el ocular según una figura de mira visible en el campo visual, este se compone de un pequeño círculo con cuatro espinas dispuestas perpendicularmente entre sí, cuyo punto de intersección determina la visual del anteojo. El anteojo visor-buscador tiene poco aumento en comparación con el anteojo principal (tiene 3x) pero su campo visual es mucho mayor, ya que tiene una visión efectiva de  $12^\circ$  y un diámetro de pupila de salida de 4,5 mm. El círculo en el centro de éste es conforme con el campo visual del anteojo principal, de manera que cada objeto que aparece dentro de este círculo es también visible en el anteojo principal. Las visuales de los anteojos visor-buscador y principal son paralelas. La ejecución exterior de los oculares visor-buscador y principal es igual, así que los cristales de color pueden ser colocados tanto en uno como en el otro.

Cuando queramos que alguno de estos teodolitos actúe como estación meteorológica permanente, se suele usar un trípode de columna ajustable en sentido vertical (30), y puede permanecer siempre sobre este trípode, cuya cabeza tiene forma de depósito impermeable a la lluvia. El trípode lleva un plato en la parte superior que es la placa basal del depósito (31), sobre la que se coloca la tapa de aluminio (32), fijándola mediante dos tornillos imperdibles. La cabeza de trípode con su capota de aluminio puede ser utilizada por si sola sobre vértices geodésicos o sobre cualquier superficie pétreo que tenga un perno roscado correspondiente. Para estaciones móviles se usa un trípode de madera con pies rígidos.

Otra parte esencial de estos instrumentos son los relojes de señales modelo Gtuz (22), que señala a cada minuto el instante de la medición mediante señales acústicas de aviso y principal. Para la lectura visual, el reloj está provisto de minuterero y segundero. El minuterero avanza a cada señal un intervalo. Mediante un botón de ajuste dispuesto al dorso del reloj, se puede poner a cero al comienzo de cada ascensión; indica así directamente el número de las mediciones realizadas. Para las observaciones nocturnas, están la esfera y las agujas cubiertas de materia fluorescente. El reloj tiene aproximadamente dos horas de duración.

La balanza para el inflado, que es una balanza especial con un juego de pesas, sirve para determinar el peso de la cubierta del globo y la fuerza ascensional al inflarla.

Para la interpretación de las observaciones de los globos sonda, usaremos el aparato de interpretación según Moltschanoff (fig. 13.10) que proporciona a base de los valores angulares

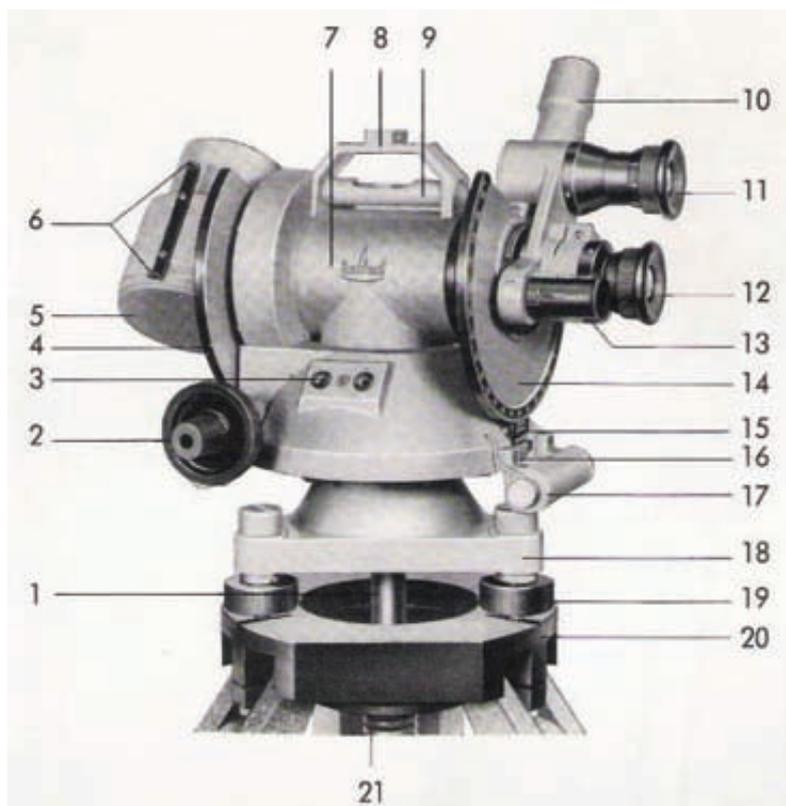


Figura 13.7: Gt 1

dados la proyección horizontal de la trayectoria del globo. El aparato está equipado con una red cuadrada para medir las diversas partes del camino determinado.

### 13.3.2. TAQUÍMETRO NIVELADOR TB-400

El TB-400 es una combinación de teodolito, taquímetro y nivel al mismo tiempo. Es especialmente útil en trabajos sencillos de replanteo en obras públicas, replanteo de líneas aéreas eléctricas y oleoductos, replanteos de concentración parcelaria, tareas sencillas en los levantamientos taquimétricos urbanos, trabajos forestales o levantamientos taquimétricos.

Podemos elegir entre, el anteojo de enfoque interior que produce imágenes derechas, en este caso tendríamos el instrumento TB-e-400, o bien imágenes invertidas, en cuyo caso tendríamos el instrumento TB-400. El anteojo tiene un aumento de 22x. La abertura del objetivo es de 28 mm con una graduación de dioptrías de  $\pm 5D$ . La lectura de los dos limbos se efectúa por un microscopio graduado sin necesidad de conmutación. Este microscopio de lectura tiene un aumento de 12,5x y una graduación de dioptrías de  $\pm 5D$ . El ocular lateral de

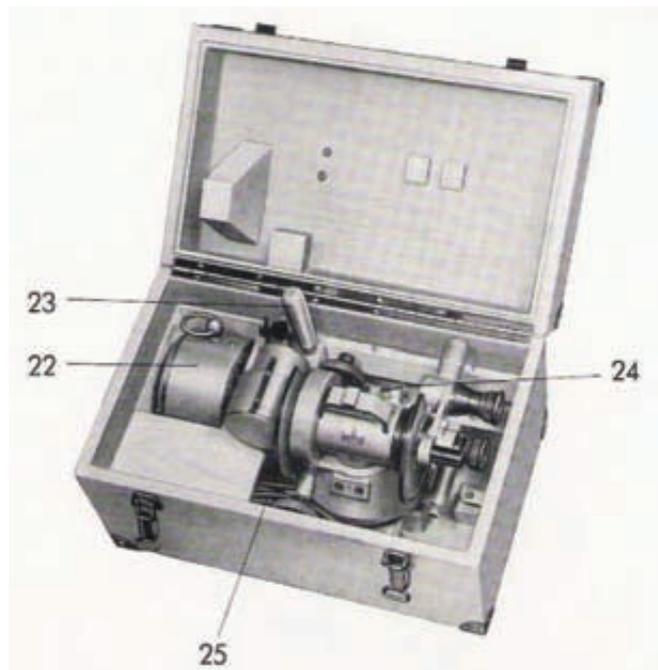


Figura 13.8: Caja Gt 1

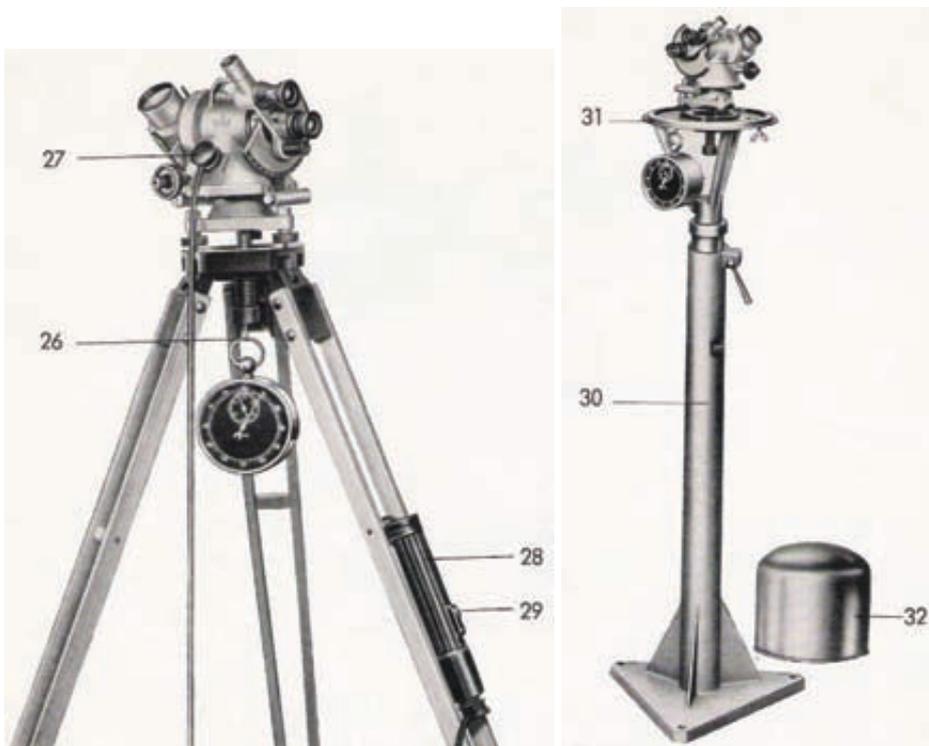


Figura 13.9: Gt 1 en trípode y pilar

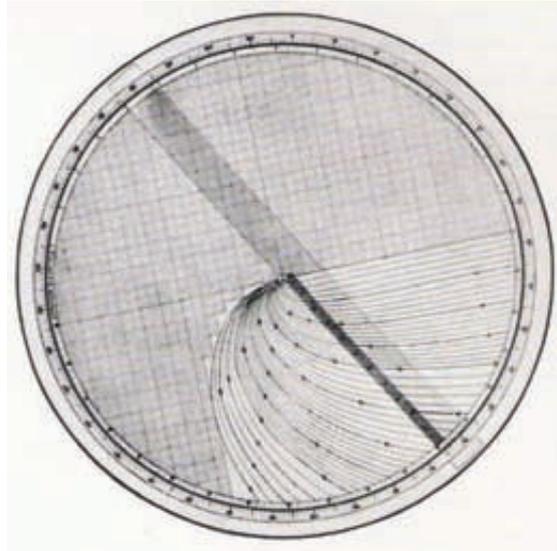


Figura 13.10: Aparato de interpretación según Moltschanoff

lectura no tiene que ser necesariamente guiado en forma paralela al anteojo sino que puede ser graduado en altura individualmente. La visual máxima para la apreciación en centímetros es de 250 m y la visual máxima para la apreciación en milímetros es de 110 m, la visual mínima es de 1,80 m. El campo de visión es de  $1^{\circ}30'$ . El instrumento tiene una constante de multiplicación de 100 y una constante aditiva de 0.

Los limbos horizontal y vertical tienen un diámetro de 49 mm con un intervalo de divisiones de  $10^{\circ}$ , únicamente se puede adquirir en graduación centesimal. La lectura directa es de  $1^{\circ}$  y la lectura por apreciación de  $1^{\circ}$ .

Hay tres niveles en el instrumento, un nivel esférico de burbuja con sensibilidad de  $30''/2\text{mm}$ , otro nivel horizontal con sensibilidad  $50''/2\text{ mm}$  y, el último, el nivel del anteojo con una sensibilidad de  $30''/2\text{ mm}$ .

Con este instrumento se pueden llegar a alcanzar unas nivelaciones con  $\pm 4\text{ mm/km}$  de exactitud y si utilizamos un dispositivo repetidor se puede aumentar la exactitud de la medición angular.

### 13.3.3. TEODOLITO DE PRECISIÓN TPR

El el teodolito de precisión Tpr conforme a Gigas con índice automático de limbo vertical, sirve para triangulaciones de primer orden y para la determinación astronómica de puntos



Figura 13.11: TB-400

Laplace. Tiene registro fotográfico de los limbos, los niveles y la hora.

El anteojo tiene unos aumentos de 32x, 60x y 80x, con un campo de visión a 1000 m de 24 m, 14 m y 9 m, respectivamente. La apertura del objetivo es de 63mm y la distancia mínima de enfoque de 10 m.

Los limbos tienen un diámetro de 200 mm, el limbo horizontal, y de 140 mm, el vertical. El intervalo de graduación es de 4' y tiene una precisión en la lectura directa del micrómetro de coincidencia de 0,2''.

En cuanto a niveles, tiene dos, uno en la alidada de sensibilidad 2''/2 mm y el otro esférico de 5''/2 mm de sensibilidad.

El registro fotográfico se efectúa mediante una cámara robótica de 24 x 24 mm, para 48 puntos de vista.

Como accesorio podemos disponer de un dispositivo de reproducción equipado con un micrómetro óptico para el recuento de las fotografías. El teodolito puede ser equipado, además, un dispositivo de control automático. Este equipo incluye una base giratoria con dos buscadores. Esto puede ser útil para, por ejemplo, la triangulación de altura.



Figura 13.12: Tpr

#### 13.3.4. TEODOLITO POTENCIÓMETRO TPOT

El teodolito potenciómetro Tpot con transmisión eléctrica de los ángulos a una grabadora, es un teodolito especial para el control óptico directo de las instalaciones de radar en el ámbito de la seguridad de la aviación.

Los ángulos de elevación y el acimut se leen mediante cronómetros de lectura adicionales con una precisión de  $0,1^\circ$  con una estimación de  $0,01^\circ$ . Los potenciómetros permiten el registro en dos niveles, a elegir entre las siguientes cuatro escalas:  $\pm 0,5^\circ$ ,  $\pm 1^\circ$ ,  $\pm 2,5^\circ$  y  $\pm 5^\circ$ .

Como accesorios podemos tener un transmisor de campo giratorio emisor de contacto y prismas solares. También podemos encontrar instrumentos de este tipo con potenciómetros digitales.

#### 13.3.5. CINETEODOLITO KTH

El cineteodolito Kth con registro fotográfico de limbo y de campo, sirve para determinar la posición y trayectoria de los cuerpos en vuelo a través de mediciones múltiples de ángulo,

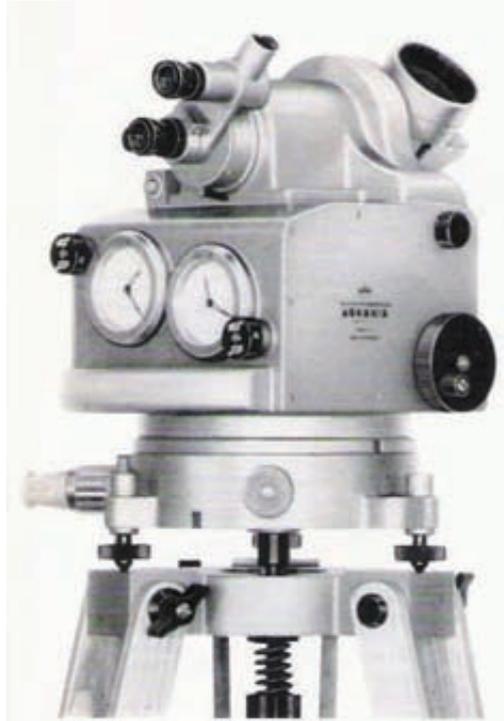


Figura 13.13: Tpot

combinado con una cámara permite capturar, con una película normal de 35 mm, 5, 10 ó 20 imágenes por segundos.

El ajuste de la línea de visión hacia el objeto calante se realizará mediante la maniobra o por un dispositivo eléctrico destinados a una o dos operadores.

Posee lentes intercambiables para 30, 60, 100 y 300 cm de longitud focal, así como los buscadores intercambiables de 5/20 veces de aumento.

Se necesita de un dispositivo electrónico de control de la fuente de alimentación para la cámara y el flash, así como para el funcionamiento del obturador de la cámara.



Figura 13.14: KTH

## Capítulo 14

### MOM

El origen de Fábricas Ópticas de Hungría, más conocidas como Mom (que son las siglas de Magyar Optikai Művek), se remonta al 25 de Abril de 1876, fecha en la cual Nandor Süss (1848-1921) fundó su primer taller mecánico. Esta empresa ha sido taller de enseñanza de la Universidad Técnica de Kolozsvár y al mismo tiempo desarrolló unos instrumentos ópticos especiales que alcanzaron el primer premio de la exposición de 1876 en París. En 1879, Nandor Süss fue distinguido con la medalla de plata en la exposición nacional de Szekesfehervár. En el mismo año en Des recibió la aprobación de sus productos. En 1884 se trasladó la fábrica a Budapest, y desde entonces se dedicó al desarrollo y fabricación de instrumentos de mecánica delicada, óptica y precisión. En la exposición realizada con motivo de la conmemoración del milenario del Estado Húngaro en 1896, la empresa consiguió el Primer premio y a Nandor Süss le concedieron la medalla "Crown Gold Cross of Merit" por su labor de desarrollo en la industria. Desde entonces la Empresa, participó regularmente, con sus productos, en Certámenes Internacionales como el de Bruselas en 1897 y París 1900. En 1900, Süss, se desvinculó de la Universidad y creó su propia empresa "Süss Precisión Mechanics Institution". En 1918, la empresa, se convirtió en Sociedad Anónima, en la que el 58 % de las acciones las poseía el Sr. Wiener Bankverein. Desde 1920 y gracias al desarrollo industrial de aquella época, la fábrica amplió la gama de sus productos a instrumentos ya mucho más conocidos. El desarrollo de la industria se reflejó progresivamente entre las dos guerras mundiales. La compañía se convirtió en una empresa gigante a partir de 1930 y

en 1939 pasó a llamarse Mom (Fábricas Ópticas de Hungría) con sede en Budapest. En la segunda guerra mundial, al igual que otras fábricas de Hungría, se convirtió en un objetivo militar, y la mayoría de sus edificios y el equipo fue destruido. Después de la guerra, las fábricas en poder de los alemanes fueron asumidas por la unión soviética, por lo tanto la producción de Mom fue sobre todo reparaciones hasta 1952. Desde 1952, la fábrica era supervisada por el Ministerio de Metalurgia y Mecánica, y, mientras tanto, se convirtió en una empresa gigante de instrumentos de precisión. En sus buenos tiempos fue una compañía de 8.000 empleados, con seis nuevos edificios en el país. En 1953, en cooperación con el “Optical Research Laboratory”, desarrollaron una cámara de telémetro pequeño que se conocía como “momikon”. En 1962 la producción de cámaras fue cesado, Mom fabricó la mejor calidad de teodolitos y otros instrumentos de medición de análisis térmico y óptico adecuado para uso militar. Desde el 1 de Enero de 1968 concedieron a la fábrica el derecho de libre exportación en la gama de instrumentos geodésicos y de laboratorio, lo que hizo posible la ampliación del mercado de exportación. Mom cerró en 1995.

## **14.1. TEODOLITOS**

### **14.1.1. TE-B1/B3**

El teodolito de segundos Te-B1, lleva incorporado un micrómetro de lectura óptica que funciona por coincidencia. Su anteojo astronómico, imagen invertida, da una imagen muy buena. El anteojo tiene un diámetro libre del objetivo de 45 mm, un aumento de 30x y una distancia mínima de puntería de 2 m.

La precisión de la lectura directa al círculo horizontal es de 1” ó de 2<sup>cc</sup> y la precisión de lectura por estimación del mismo círculo es de 0,1” ó de 0,2<sup>cc</sup>, para el círculo vertical la precisión de lectura por estimación es la misma.

La disposición de los controladores, los tornillos de ajuste fino y de sujeción, es tal que la visual se puede hacer con comodidad y rapidez. Este tipo también tiene un dispositivo de centrado forzoso.

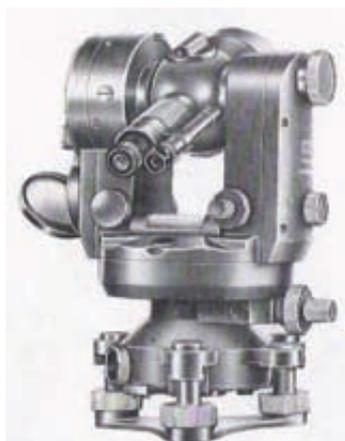


Figura 14.1: Te-B1

Entre el teodolito Te-B3 y el Te-B1, la única diferencia es que el Te-B3 lleva incorporado un colimador automático en vez de un nivel de colimación.

#### **14.1.2. TE-B11/B23**

El teodolito Te-B11 ó el Te-B23, es apto para triangulaciones de tercer orden, e incluso en algunos casos lo podríamos usar en triangulaciones de segundo orden, también es útil en mediciones superficiales y subterráneas, taquimetría de precisión y mediciones astronómicas de enlaces.

El anteojo analítico y de enfoque interno, tiene un aumento de 30x, una abertura libre del objetivo de 45 mm y un campo visual de  $1^{\circ}20'$ . La longitud total del anteojo es de 174 mm, hay que tener presente que en estos instrumentos se ha optado por un anteojo largo en vez de corto, es decir, que impide el giro y vuelta de campana. Así el máximo ángulo vertical del apunte en posición directa e inversa con anteojo es de  $53^{\circ}$ . La constante de multiplicación es de 100 y la de adición de 0. El visor óptico está montado encima del anteojo asegurando una puntería rápida y segura, aún en distancias muy cortas. En las minas, la colocación en posición bajo un punto de techo de galería está facilitada por el vértice que se halla en el lado contrario al visor óptico del anteojo. El vértice es concéntrico al eje vertical del teodolito si el anteojo, empleado en la posición de círculo inverso, está ajustado a la horizontal. La mínima puntería con anteojo es de 2 m y con visor óptico no tenemos límite.

La rotación alrededor del eje vertical está asegurada, por un sistema de eje donde la carga es

soportada por un rodamiento de bolas guiado entre dos superficies esféricas y concéntricas, en un círculo de gran diámetro.

El dispositivo de centrado forzado cilíndrico tiene un diámetro de 34 mm y corresponde al estándar y norma DIN 18-719, como ya viene sucediendo en otros instrumentos. Con esto se asegura una exactitud de 0,02 mm en el centrado forzado.

Tanto los botones de fijación y de ajuste fino horizontales como los verticales son, a pares, coaxiales. Esta disposición hace que el manejo del teodolito resulte agradable y sencillo. El botón horizontal de fijación y de ajuste fino, son de posición radial, con respecto al círculo, la ventaja que se deja ver en el manejo. El tornillo de ajuste fino es de gran relación de transmisión, lo que permite una puntería de alta precisión.

La plomada óptica está incorporada en la parte superior giratoria (alidada) del teodolito, su correcto ajuste puede ser fácilmente controlado en cualquier momento girando el teodolito 180°, verificando la exactitud de la colocación sobre el punto de terreno.

La lectura de ambos círculos se puede realizar por medio del microscopio de lectura que se encuentra al lado del ocular del antejo. Con ayuda del micrómetro óptico se puede leer directamente hasta 1" (2<sup>cc</sup>). La lectura simultánea de las partes del círculo diametralmente opuestas al lado de una línea de separación, está exenta del error de excentricidad de los círculos. Entre la lectura de los círculos horizontal y vertical se tiene que efectuar una conmutación en el botón respectivo. En el círculo horizontal, el cual tiene un diámetro de 93 mm, se puede ajustar cualquier lectura por medio del botón estriado situado en la parte inferior del teodolito (reiteración). El círculo vertical, con un aumento de 3x, es de numeración cenital y tiene un diámetro de 60 mm con divisiones cada 20' (20<sup>c</sup>). El aumento del microscopio respectivo es de 45x y la distancia máxima de puntería de 50 cm.

Para la nivelación aproximada del instrumento utilizamos el nivel esférico, de sensibilidad 6', montado en la parte estacionaria del teodolito. Entre las dos columnas que soportan el antejo se encuentra el nivel de la alidada, con sensibilidad de 20", protegido por una envoltura de material plástico. El nivel de colimación está incorporado, y protegido contra los efectos mecánicos y térmicos, en la columna izquierda portaantejo y tiene una sensibilidad de 20".



Figura 14.2: Te-B11

El tornillo de ajuste del nivel sólo es accesible si se retira la tapa que obstruye la abertura circular practicada en la columna.

La iluminación común de los círculos y del nivel de colimación se lleva a cabo por medio de un equipo de alumbrado, tipo K-161 con pilas, o por una caja de baterías. La intensidad de la iluminación del retículo se ajusta con el giro del botón coaxial con el vértice de centraje, que se halla montado en el anteojo.

A parte de los accesorios que se suministran con el instrumento (como plomada de hilo, quitasol, aceitera, prismas oculares o trípode telescópico tipo K-001) podemos pedir otros más especiales como son juego de dos tablas de señales, caja de baterías, estadía invar de 2 m, equipo para medición de distancias K-089, brújula de círculo completo con anteojo, plomada óptica o automática, nivel de caballete, nivel Horrebow-Talcot o trípode de pared.

### **14.1.3. TE-D1/D3**

El Te-D1 es un teodolito-taquímetro de minutos.

Los círculos horizontal y vertical se pueden leer simultáneamente en el microscopio que está incorporado. El círculo horizontal tiene una precisión de la lectura directa de  $1'$  ó  $1^c$ , y una precisión en la estimación de las lecturas de  $6''$  ó  $10^{cc}$ . El círculo vertical, al igual que el horizontal, tiene una precisión en la estimación de las lecturas de  $6''$  ó  $10^{cc}$ . La lectura se realiza con un micrómetro óptico, al alinear los extremos de la burbuja en el sistema de



Figura 14.3: Te-D1

prismas del nivel de colimación.

El anteojo, abatible a ambos lados, es analítico de enfoque interno y produce una imagen invertida. Tiene una aumento de 25x y los hilos estadimétricos se corresponden con una constante de multiplicación de 100. El diámetro libre del objetivo es de 40 mm y la distancia mínima de puntería es de 2 m.

El nivel tiene una sensibilidad de  $30''/2$  mm. y el instrumento lleva una plomada óptica incorporada.

Entre el teodolito Te-D3 y el Te-D1, la única diferencia es que el Te-D3 lleva incorporado un colimador automático en vez de un nivel de colimación.

#### **14.1.4. TE-D11/D13-D31/D33**

Este instrumento es utilizado en todas las mediciones geodésicas donde el error medio de los ángulos medidos en ambas posiciones del anteojo puede ser de  $\pm 6''$ , en triangulaciones de precisión menor, jalonamiento, poligonaciones con centrado forzado en superficie y en subterráneo, y en taquimetría.

Al igual que en anteriores teodolitos, está completamente cerrado para evitar que las condiciones adversas del terreno o de la meteorología afecten a alguno de sus componentes sensibles a dichos cambios.

El anteojo analítico y de ajuste interior, tiene unos hilos taquimétricos fijos de constante de multiplicación de 100 y de constante aditiva 0. Este anteojo, de 24 aumentos (también está la posibilidad de obtenerlo en 26x ó 30x), tiene un poder de resolución de, aproximadamente, 3" y la imagen está exenta de aberraciones cromáticas y luminosas, con lo que se consigue una imagen muy nítida. Tiene una longitud total de 178 mm. El diámetro libre del objetivo es de 40 mm con un ángulo visual de 1°26' y una distancia máxima de puntería de 2,5 m. Tiene un poder de resolución de, aproximadamente, 3" y la imagen está exenta de aberraciones cromáticas y luminosas, con lo que se consigue una imagen muy nítida.

La plomada óptica está incorporada en la alidada para facilitar la colocación sobre un punto determinado rápida y cómodamente.

El instrumento tiene tres niveles. El primero es el nivel de la alidada, con una sensibilidad para un desplazamiento de 2 mm de la burbuja de 30"; el segundo, un nivel esférico, con una sensibilidad para un desplazamiento de 2 mm de la burbuja de 6'; y el tercero, un nivel de colimación, con una sensibilidad para un desplazamiento de 2 mm de la burbuja de 30". La exactitud de ajuste por coincidencia de los extremos de la burbuja del nivel de colimación es aproximadamente  $\pm 1''$ .

La lectura de los círculos de vidrio es simultánea en el campo de visión del microscopio situado al lado del anteojo. El círculo horizontal tiene un diámetro de graduación de 77 mm, y la graduación y numeración en el círculo se da cada 1° ó 1<sup>s</sup>. El círculo vertical tiene un diámetro de graduación de 68 mm, y la graduación y numeración en el círculo se da cada 1° ó 1<sup>s</sup>. La graduación de nadir (lecturas correspondientes a la posición horizontal del anteojo) está comprendida entre 90°-270° ó 100<sup>s</sup>-300<sup>s</sup>, en centesimal. Para usar el micrómetro, la iluminación entrará a través de una ventanilla de iluminación y con la ayuda de un pequeño espejo girable e inclinable se dirige ésta al interior del instrumento, iluminando así el círculo vertical en el segmento de la lectura. Se proyectan las graduaciones del círculo vertical al lado de las graduaciones del círculo horizontal y, luego, las dos graduaciones conjuntamente sobre el retículo del micrómetro. El diámetro del mando del micrómetro es grande y ofrece un ajuste exacto. Girando el botón del micrómetro, una de las rayas de la graduación del círculo de vidrio se coloca entre el hilo doble, hecho lo cual, se leen directamente los minutos en la

escala del micrómetro y se puede estimar las décimas de minuto (ó los  $0,1^c$ ). Las fracciones de grado se leen por el micrómetro, primero en el círculo horizontal y luego, en el vertical.

Como en los otros teodolitos de la casa, podemos acceder a una amplia gama de accesorios como brújulas, juego de tablas de señales o prismas de ocular para mediciones al sol o para la determinación de los acimutes.

La diferencia entre los teodolitos tipo Te-D31 y Te-D11 es que el Te-D31 lleva, en lugar del nivel de colimación, un índice automático de altura, con el objeto de ahorrar el tiempo invertido en el centraje de un nivel de colimación. El índice automático de altura consiste en un sistema pendular. Antes de llegar al microscopio de lectura, la imagen del círculo vertical es proyectada al elemento óptico montado en el péndulo. El péndulo vuelve a ocupar su posición vertical con alta precisión, en todos los casos, permitiendo que en la posición horizontal del anteojo se pueda leer en el círculo vertical exactamente  $90^\circ$  ó  $100^g$  en círculo directo (posición I), y  $270^\circ$  ó  $300^g$  en círculo inverso (posición II). Para una lectura correcta de los ángulos en el microscopio, hay que asegurar que la imagen transmitida desde el péndulo aparezca inmóvil en el microscopio, lo que quiere decir que las oscilaciones del péndulo deben ser amortiguadas. Esto se cumple con ayuda de un laberinto de aire que reduce el tiempo de oscilación a aproximadamente 1 segundo. Además, los límites de compensación son de  $\pm 6'$  y el error de autoajuste de  $\pm 1''$ .

Otras ventajas asociadas al índice automático de altura son: que es imposible olvidar el ajuste, con lo que en la lectura de los ángulos verticales se eliminan errores originados por la falta de centrado del nivel de colimación, y que el índice automático de altura es insensible a las fluctuaciones de temperatura, al efecto directo de la irradiación solar y a los impactos mecánicos, manteniendo durante largo tiempo su estado correctamente ajustado.

#### **14.1.5. TE-D2/D4**

El teodolito Te-D2, es utilizado principalmente en trabajos geodésicos.

Por el microscopio de lectura podemos ver simultáneamente los limbos horizontal y vertical. La precisión de la lectura directa es de  $1'$  ó  $2^c$ , y la precisión en la estimación de las lecturas

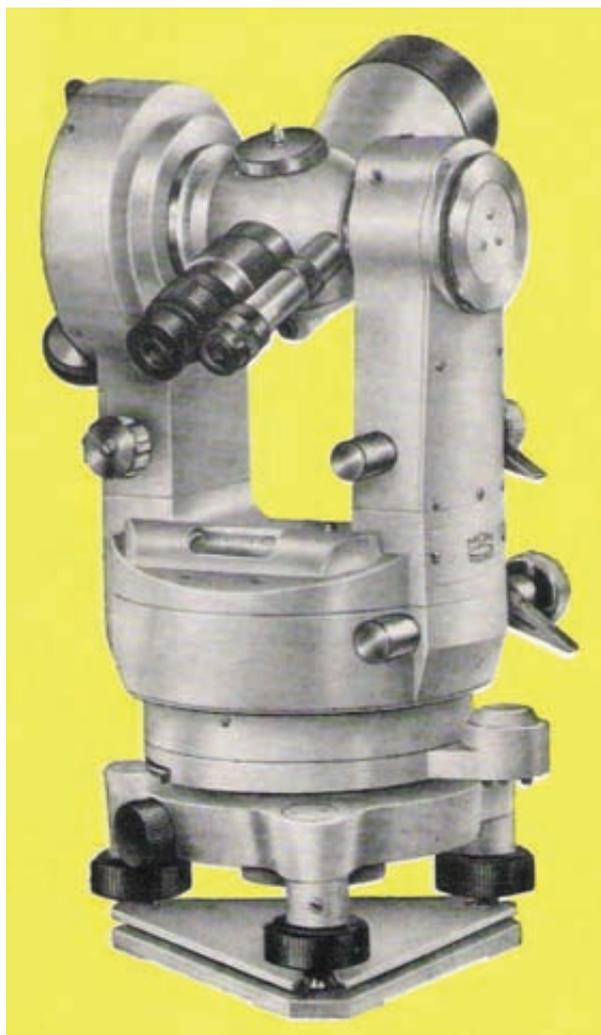


Figura 14.4: Te-D11

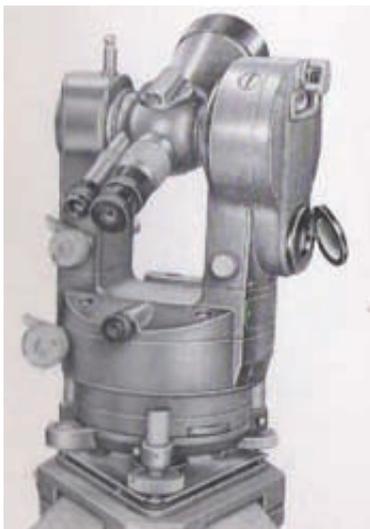


Figura 14.5: Te-D2

es de  $6''$  ó  $20''$ , en el círculo horizontal. En el círculo vertical, la precisión en la estimación de las lecturas es de  $6''$  ó  $20''$ . No es necesario hacer la coincidencia de las divisiones para realizar la lectura, sino que se puede hacer inmediatamente después de la observación.

El anteojo del teodolito, con un aumento de 25x, se puede invertir a ambos lados, y da una imagen invertida. El diámetro de la abertura libre del objetivo es de 40 mm, y la distancia mínima de puntería es de 2 m.

El teodolito viene equipado con una plomada óptica, y un dispositivo de centrado forzado.

#### 14.1.6. TE-D21/D23-D41/D43

El teodolito taquímetro Te-D21 es el sucesor del Te-D11, por lo que los accesorios del Te-D11 son compatibles con él. Su apariencia es similar a su predecesor, y algunas de sus características no han sido alteradas. Sus principales campos de acción son las poligonaciones, tanto de día como de noche, aunque también es apto para mediciones subterráneas, y gracias a los materiales antimagnéticos de los que está compuesto, podemos usarlo en orientaciones y mediciones magnéticas.

El anteojo analítico de enfoque interno tiene un poder de aumento de 24x (pudiéndose pedir anteojos de 26x y 30x) con una resolución de  $3''$  medida en el centro del campo visual y una longitud total de 175 mm. El anteojo da una imagen astronómica (invertida). Para intensificar

la eficiencia luminosa, todos los elementos en contacto con el aire se han tratado de modo que obtengan una capa reductora de reflejos (capa T). El anteojo puede dar la vuelta alrededor de su eje horizontal en ambos extremos y la puntería se realiza por medio de un visor óptico adaptado al anteojo que tiene una distancia mínima de apunte de 2 m. Además, tiene un diámetro libre de 40 mm y un ángulo visual de  $1,5^\circ$ . El retículo del teodolito, que puede ser iluminado por una lámpara para mediciones subterráneas o las de noche, está dotado de hilos estadimétricos con constante de multiplicación de 100 y constante de acción de 0.

El sistema de eje del teodolito consiste en un cojinete de empuje y un dispositivo de centrado forzado. El empuje axial lo absorbe una hilera de bolas, las que ruedan en un trayecto circular de diámetro relativamente grande, entre dos superficies planas acabadas conforme a la tecnología de maquinado óptico. Con esto se garantiza la adecuada estabilidad y la alta precisión. El centrado forzoso es de 34 mm de diámetro (DIN 18-719) y asegura el centrado automático de alta precisión. Esta facilidad reviste particular importancia en poligonación, cuando se sustituye el teodolito por una tabla de señales o una mira a fin de medir las longitudes de los lados del polígono.

La plomada óptica está instalada en el instrumento y su ocular se ha incorporado en la parte giratoria de teodolito para facilitar el manejo al instrumentista.

El botón de avance de los círculos sirve para ajustar exactamente el círculo horizontal del teodolito en cualquier posición seleccionada, alrededor del eje vertical. Desplazando el círculo repetidas veces, se hace posible realizar la medición de ángulos horizontales en varias posiciones del círculo, para eliminar errores de excentricidad. El botón de avance puede taparse para evitar su desplazamiento erróneo.

Los círculos horizontal y vertical del teodolito son de vidrio y tienen un diámetro de la graduación de 76 mm y 68 mm, respectivamente. La numeración de la graduación está hecha cada  $1^\circ$  o  $1^s$ , en ambos casos. En el microscopio ubicado al lado del anteojo aparece al mismo tiempo la imagen de los sectores respectivos del círculo horizontal y del vertical y la graduación de la escala del microscopio. El microscopio tiene una lectura estimada hasta  $6''$  ó  $20^{cc}$ . Para hacer una buena lectura, debemos confiar en las rayas de división de la escala circular. Se efectúa la lectura a la raya de división visible en la zona de la escala graduada

en minutos (ó  $2^c$ ). La lectura y estimación están facilitadas por este método además de que se ahorra considerable tiempo, dado que resulta innecesario leer la escala micrométrica y ajustar el botón micrométrico, y, al mismo tiempo, se reduce al mínimo la posibilidad de lecturas erróneas.

El instrumento incluye tres niveles. Un nivel esférico para nivelación aproximada después de haber colocado el instrumento sobre el punto, con una sensibilidad de  $6''/2$  mm; un nivel de alidada para controlar la posición vertical del eje del teodolito respectivo, con una sensibilidad de  $30''/2$  mm; y un nivel de altura para controlar la posición horizontal de las divisiones básicas del círculo vertical, con una sensibilidad de  $30''/2$  mm. Todos los niveles están protegidos contra la irradiación solar, las variaciones de la temperatura y los impactos mecánicos. Para mejorar la precisión de la estabilización del nivel de altura hasta 1" se lo ha provisto de un dispositivo óptico, que hace coincidir los dos extremos de burbuja, y consiste en un prisma reversible, observable en ambas posiciones del anteojo.

La diferencia entre los tipos Te-D21 y Te-D41 es que el último funciona con índice automático de altura en vez de un nivel de altura, con el fin de ahorrar el tiempo requerido para el centrado de la burbuja. El índice automático se lleva a cabo por un sistema de péndulo. Antes de entrar al microscopio de lectura, la imagen del círculo vertical está proyectada en un elemento óptico montado en el péndulo. El péndulo vuelve a su posición vertical con alta precisión en todos los casos, por lo que se lee en el círculo vertical en círculo directo (posición horizontal I del anteojo exactamente  $90^\circ$  ó  $100^g$ ) y en círculo inverso (posición horizontal II  $270^\circ$  ó  $300^g$ ). Para obtener una lectura angular correcta por medio del microscopio resulta indispensable estabilizar la imagen que aparece en el microscopio de lectura, amortiguando la oscilación del péndulo. Ello se ha conseguido por medio de un sistema de laberinto de aire que reduce el período de la oscilación a 1 segundo. El alcance de la compensación es de  $\pm 6'$  y el error de ajuste es de  $\pm 1''$ . Las otras ventajas asociadas al índice automático son las mismas que en el Te-31.

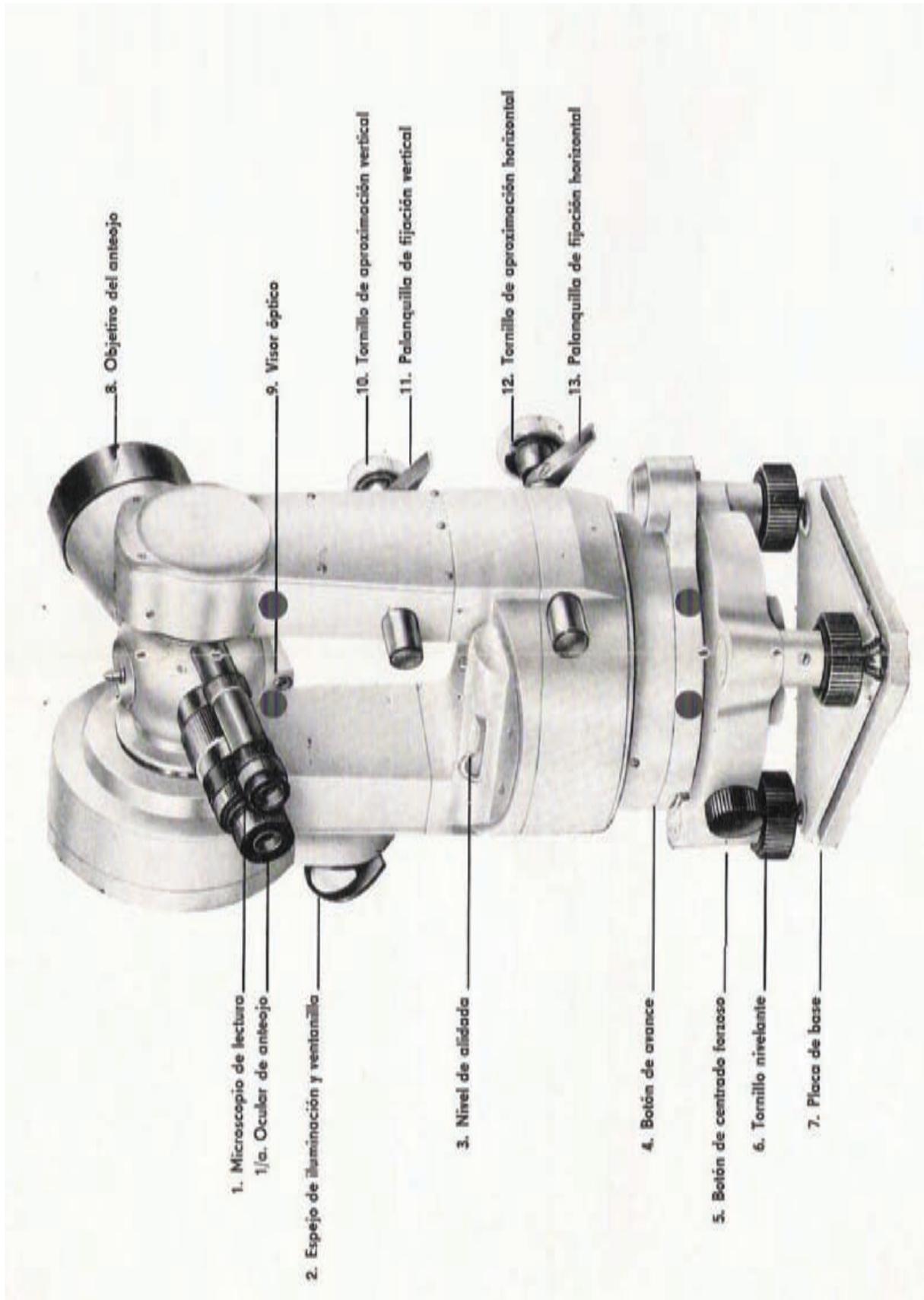


Figura 14.6: Te-D21

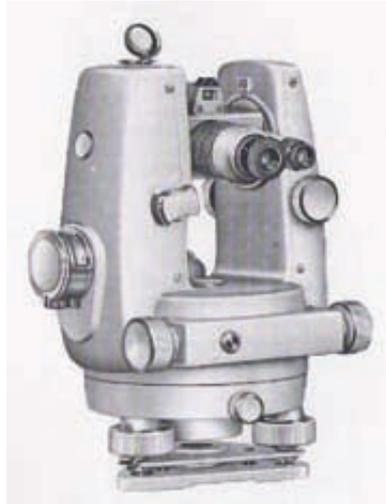


Figura 14.7: Te-E6

### 14.1.7. TE-E6/E7

El pequeño teodolito Te-E6 tiene un peso de solo 2,6 kg y unas dimensiones reducidas en comparación con los otros teodolitos. Lo más inusual de este instrumento es que no lleva tornillo de ajuste.

El círculo horizontal tiene una precisión en la lectura directa de  $20'$  ó  $20^c$ , y una precisión en la lectura de estimación de  $5''$  ó  $5^{cc}$ . La precisión de la lectura por estimación en el círculo vertical es de  $1'$  ó de  $1^c$ .

El eje fijo del teodolito está atravesado, y por eso se incorpora un índice de alturas automático, de esta forma el anteojo también puede jugar el papel de una plomada óptica. El anteojo de 20 aumentos da una imagen invertida y tiene un diámetro libre del objetivo de 28 mm. La distancia mínima de enfoque es de 1,3 m.

El instrumento tiene centrado forzoso de 34 mm de diámetro, conforme dictan las normas internacionales.

El micrómetro óptico se incorpora en el Te-E61, pero no en el Te-E6. Esto aumenta considerablemente la precisión del instrumento.

Las características técnicas del Te-E7 son idénticas a las del teodolito Te-E6, con la única diferencia de que en el Te-E7 el anteojo da una imagen vertical. El Te-E7 tampoco tiene micrómetro óptico, pero el tipo Te-E71, que es igual que el Te-E7, sí lo incorpora.



Figura 14.8: Ni-A3

## 14.2. NIVELES

### 14.2.1. NI-A3

El nivel automático de alta precisión Ni-A3, tiene una estructura muy singular, y es uno de los más exactos de la casa MOM.

Su placa de coordenadas de nivelación no es ajustable. La línea de visión del anteojo está libre de oscilación, ya que la lente y la placa de coordenadas no se pueden mover de forma simultánea.

El anteojo puede tener aumentos de 50x, de 40x o de 30x, y da una imagen derecha. La abertura libre del objetivo es de 67 mm y la distancia mínima de puntería es de 2 m. Además, la constante de multiplicación asociada a sus hilos estadimétricos es de 100, y la constante de adición de 0. La montura del objetivo es de tipo resorte, y la tensión debido a los cambios adversos en temperatura se puede evitar. El enfoque se puede lograr moviendo un par de espejos. El dispositivo compensador se compone de un espejo plano que está suspendido de un péndulo físico largo.

En el campo visual del anteojo podemos ver la escala del micrómetro óptico. En el campo visual se puede ver, también, el rango de funcionamiento del compensador.

Este nivel nos da un error medio kilométrico en una nivelación de ida y vuelta de  $\pm 0,2$  mm.

### 14.2.2. NI-A31

Este instrumento fue galardonado con una de las Gold Medals de la Leipzig Spring Fair de 1970. El Sr. Aboye Pál Tóth, Jefe de Diseño de MOM, fue su diseñador.

El nivel de precisión automática tiene muchas aplicaciones, por ejemplo: nivelaciones de primer y segundo grado, la determinación de las diferencias de altura, mediciones de deformación, ajuste de máquinas, equipos, etc. El diseño exterior del Ni-A31 difiere considerablemente de la de los instrumentos de nivelación.

Este instrumento tiene una óptica compleja (fig. 14.10), la cual hace de él un perfecto nivel comparable en precisión y exactitud al Ni 2 de Zeiss de Oberkochen. El error medio cuadrático, del Ni-A31, en una nivelación de ida y vuelta de un kilómetro es de  $\pm 0,2$  mm.

El anteojo tiene un aumento de 30x, 40x ó 50x, un ángulo del campo de visión de  $1^\circ$  y una abertura libre del objetivo de 67 mm de diámetro. El poder de resolución es mejor que  $3''$  y la distancia mínima de enfoque es de 2,5 m. El retículo lleva unos hilos estadimétricos con una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 370 mm.

El compensador del instrumento se basa en un espejo plano montado en un péndulo físico largo, con un rango de oscilación de  $26'$  y un rango operativo en cualquier dirección de  $\pm 5'$ . El micrómetro de placa plano paralela tiene un desplazamiento máximo de la línea de visión de 5 mm, la escala del micrómetro está graduada cada 0,05 mm y tiene una estimación de 0,005 mm. Este compensador asegura una estabilidad de la línea de visión dentro de los  $0,1''$ , incluso en los límites del rango de compensación.

La sensibilidad del nivel del instrumento es de  $10'/2$  mm.

### 14.2.3. NI-B1/B2

El nivel Ni-B1, es un nivel de burbuja. Sus ámbitos de aplicación son la construcción de carreteras, ferrocarriles, canales, puentes y túneles. La construcción del teodolito es totalmente cerrada, y sus partes delicadas están bien protegidas contra el polvo y la humedad. El instrumento no cuenta con tornillo de ajuste.

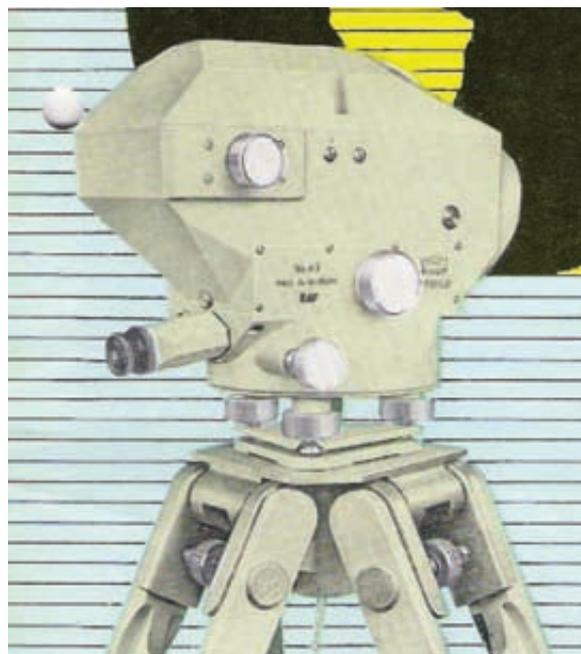


Figura 14.9: Ni-A31

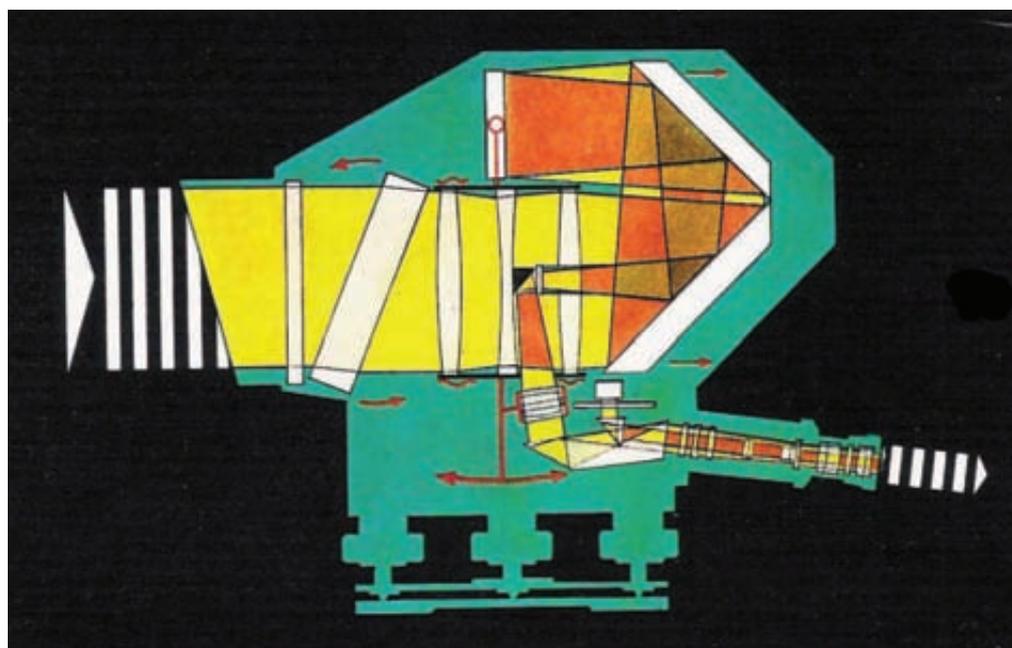


Figura 14.10: Óptica del Ni-A31



Figura 14.11: Ni-B1

El anteojo, que da una imagen invertida, tiene un aumento de 28x y una abertura libre del objetivo de 40 mm. La distancia mínima de enfoque es de 1,2 m. Los hilos estadimétricos tiene una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0. Para realizar la puntería, primero pondremos, manualmente, el anteojo aproximadamente en dirección y luego con el tornillo de ajuste fino haremos la puntería. Los extremos de la burbuja del nivel se pueden hacer coincidir mediante un sistema de prismas, y por lo tanto es posible ajustar la línea de visión con precisión en la horizontal.

Este nivel nos da un error medio kilométrico en una nivelación de ida y vuelta de  $\pm 2,5$  mm.

Las características en el nivel Ni-B1 y en el nivel Ni-B2 son iguales, lo único es que el nivel Ni-B2 no lleva círculo horizontal.

#### **14.2.4. NI-B11/B21**

El nivel Ni-B11 es una variante del Ni-B1, su diferencia reside en que el Ni-B11 tiene un anteojo terrestre (imagen derecha) y el Ni-B1 tiene un anteojo astronómico (imagen invertida).

El instrumento, en condiciones de observación normales, en una línea de un km el error medio es, en caso de doble nivelación, inferior a  $\pm 2,5$  mm. Por esto conviene usarlo para nivelaciones de puntos de referencia nivelación de líneas largas, y levantamientos taquimé-

tricos y jalonamientos terrenos llanos.

El instrumento tiene un eje cilíndrico, de acero especial, que asegura a la parte superior giratoria un movimiento uniforme y preciso. La plomada incluida es de hilo.

El anteojo analítico de ajuste interior tiene un poder de aumento de 28 veces y una longitud de 160 mm. La lente del objetivo tiene una abertura de 40 mm y un ángulo visual de  $1^{\circ}22'$ . El enfoque exacto de la imagen se efectúa por medio del anillo estriado montado en el anteojo detrás del ocular. El retículo del anteojo está provisto de hilos estadimétricos correspondientes a la constante de multiplicación de 100. La distancia mínima de enfoque es de 1,20 m y la distancia máxima de enfoque con mira graduada en centímetros para la distancia en milímetros es de 120 m y para la distancia en centímetros es de 330 m.

El nivel situado en el anteojo, con una sensibilidad de  $20''/2$  mm, está protegido contra las radiaciones térmicas y los efectos mecánicos exteriores, de manera que conserva su ajuste durante mucho tiempo. A través de un sistema de prismas los extremos de la burbuja pueden ser observados en coincidencia, a lo largo de una línea divisoria horizontal, con un aumento de 2,5x. El tornillo de basculamiento de posición horizontal, que funciona por medio de una transmisión de palanca, hace que la puesta en coincidencia de los extremos de la burbuja se pueda realizar rápidamente y con alta precisión (tiene un error de la lectura por coincidencia de  $-0,4''$ ). Además, hay un nivel esférico, con una sensibilidad de  $6'/2$  mm, para el estacionamiento del instrumento.

La lectura del círculo graduado se hace por medio del microscopio instalado al lado del anteojo. El círculo puede ser graduado de dos maneras, a elección del usuario:

Graduación de  $360^{\circ}$ , sexagesimal, con unas divisiones cada  $1^{\circ}$ . La escala micrométrica de 6 intervalos de un valor por unidad de  $10'$ . La precisión de lectura por estimación es de  $1'$ .

Graduación de  $400^g$ , centesimal, con unas divisiones cada  $1^g$ . La escala micrométrica de 10 intervalos de un valor por unidad de  $10^c$ . La precisión de lectura por estimaciones de  $1^c$ .

El círculo se puede girar, mediante una transmisión de rueda dentada, por medio del botón de ajuste que se halla debajo de la base del instrumento.

Este instrumento no está provisto de botón de fijación, en cambio se supe por la fricción



Figura 14.12: Ni-B11

que se produce entre la parte giratoria y su eje, fricción que es ajustable a elección del instrumentista. El tornillo de ajuste fino puede ser accionado sin fin.

El accesorio más interesante que podemos acoplarle es un micrómetro óptico de bloque plano-paralelo para aumentar la precisión de la lectura.

El nivel tipo Ni-B21 es una variante, más económica, del tipo Ni-B11. Se distinguen que el Ni-B21 no posee círculo, y en consecuencia no tiene ni ventanilla de iluminación ni botón de repetición, ni microscopio de lectura. A todos los demás aspectos el diseño y los accesorios son idénticos a los del tipo Ni-B11.

#### **14.2.5. NI-B3/B4**

El nivel automático, Ni-B3, es útil para levantamientos urbanos y de terreno, para nivelaciones geodésicas, trabajos de construcción tanto en la superficie como en el subsuelo, para la construcción de centrales térmicas e hidráulicas, para taquimetría en el marco de trabajos topográficos, para la construcción de puentes, ferrocarriles y de canales, en levantamientos catastrales, etc.

Las ventajas de este nivel automático frente a los niveles no automáticos son que la instalación y el ajuste del instrumento requiere menos tiempo para realizar las mismas operaciones que con los instrumentos no automáticos, ya que la burbuja del nivel esférico sólo debe ser

centrada aproximadamente con ayuda de los tornillos de base. Además, con este instrumento se acorta el tiempo que tarda en calmarse la burbuja del nivel esférico, que tiene una sensibilidad de  $8\frac{1}{2}$  mm. La línea de apunte horizontal, con el nivel Ni-B3, se ajusta automáticamente en un segundo y no necesita ser reajustado entre dos mediciones porque la línea de apunte queda automáticamente horizontal. También, tiene la ventaja de, que gracias a un sistema de cojinetes, se puede compensar con el ajuste de los tornillos de base, una inclinación de  $15''$  del eje vertical. Y, por último, no le afectan los cambios de temperatura ni las condiciones atmosféricas adversas, con lo que podemos realizar mediciones a cualquier hora del día.

El anteojo de enfoque interno y analítico, proporciona una imagen derecha con un aumento de 28x ó 32x. Su longitud estructural es de 272 mm. El hecho de que tenga una buena resolución facilita la estimación de los milímetros, en caso de empleo de una mira con graduación centimétrica, a distancias de 100 m, y la estimación de 0,5 mm, en caso de utilización de una mira con divisiones de 0,5 cm, a distancias de 50 a 60 m. Tiene una constante de adición de prácticamente 0, a partir de 5 m, y la constante de multiplicación es de 100. Su tornillo de enfoque mueve el elemento óptico de enfoque de manera fina y aproximada. El movimiento micrométrico tiene en cualquier posición del elemento óptico, dentro de  $\pm 30^\circ$ , una desmultiplicación de 3:1 con respecto al movimiento aproximado. El ocular del anteojo está provisto de graduación dióptrica de 0,5 dioptrías, hasta los límites de  $\pm 5$  dioptrías. La distancia mínima de puntería es de 3m. La abertura libre del objetivo tiene un diámetro de 45 mm, lo que proporciona una buena imagen, y un ángulo visual de  $1^\circ 20'$ .

El compensador (fig. 14.13) se halla embebido en el cuerpo del anteojo entre el retículo (1) y los elementos ópticos (5, 6 y 7). Puede ser extraído de su lugar aflojando un tornillo. El compensador se compone de un sistema de prismas según Porro (2, 3 y 4), dividido, uno de cuyos elementos (3) es estacionario, mientras que dos otros (2 y 4) se encuentran colocados en un sistema pendular. El sistema pendular está suspendido de cuatro alambres de acero. Todo movimiento del sistema pendular bajo efectos dinámicos mayores a los soportados pueden provocar la ruptura de los alambres, para ello lleva un amortiguador neumático. La amortiguación del compensador está asegurada por el laberinto de aire de un mecanismo de pistón montado en el péndulo. La duración de la amortiguación del sistema pendular es

aproximadamente de 0,7 a 0,8 segundos. El error medio de autoajuste del péndulo es menor de  $\pm 0,1-0,2''$  de arco. Como consecuencia, la oscilación de la línea de apunte no sobrepasa los  $\pm 0,4''$  de arco. Los límites extremos de compensación son de  $\pm 8''$  en cualquier declive del eje con respecto a la perpendicular. Entre estos límites la línea de apunte será en todo caso perfectamente horizontal. El límite extremo del alcance de la compensación está marcado por un círculo en el nivel esférico que se halla montado en el instrumento.

El instrumento lleva un limbo horizontal con un diámetro de la graduación de 84 mm con divisiones cada grada, ya sea centesimal o sexagesimal. Las direcciones de partida pueden ser ajustadas haciendo girar el círculo. La orientación del círculo se realiza dando vueltas a un botón estriado que se encuentra en el lado del instrumento. La lectura del círculo se hace por el microscopio de lectura, dividido de  $10'$  en  $10'$  (de  $20^c$  en  $20^c$ ), situado a la izquierda del ocular del anteojo. El aumento del microscopio de lectura es de 10 veces. Su precisión en la estimación es de  $1'$  ( $2^c$ ).

Las miras del instrumento tienen una longitud de 3 ó 4 metros con sistema plegable. Las miras pueden llevar graduaciones de 0,5 o 1 cm. El error medio kilométrico alcanzable con la mira de graduación centimétrica y en nivelación doble no sobrepasa los 2 mm/km, y la mira de graduación en 0,5 cm es menor de 1,5 mm/km en las mismas condiciones.

El nivel automático Ni-B4 es una variante, menos cara, del tipo Ni-B3 y se distingue de éste en el hecho de no poseer círculo. Por ello, no tiene ventanilla de iluminación ni botón de repetición, ni microscopio de lectura. En otros aspectos, la construcción y los accesorios son iguales que los del tipo Ni-B3.

#### **14.2.6. NI-B5/B6**

Estos nivel, Ni-B5 y Ni-B6, al igual que los anteriores, son automáticos. Se diferencian en que el Ni-B6 no lleva círculo graduado. Son adecuados para nivelación, construcción de carreteras, obras de ingeniería y estructuras de ingeniería civil, trabajos subterráneos o replanteos simples.

El anteojo terrestre (imagen derecha) de longitud total 272 mm, tiene un aumento de 28x,

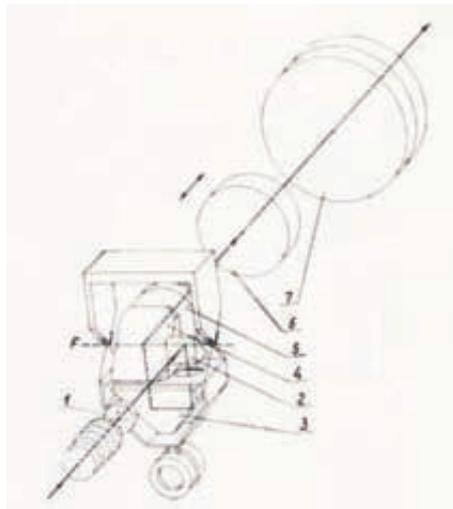


Figura 14.13: Compensador del nivel Ni-B3



Figura 14.14: Ni-B3

aunque también se venden niveles con 32x. La abertura libre del objetivo es de 45 mm y el campo visual de  $1^{\circ}20'$ . Tiene unos hilos estadimétricos de constante de multiplicación 100, y la constante de adición a partir de 5 m es 0. La distancia mínima de puntería es de 3 m y la distancia máxima de puntería para leer milímetros en una mira de división centimétrica es de 100 m.

El compensador da, en los niveles automáticos, la nivelación automática de la línea de visión del anteojo. En el punto de vista de la óptica, el compensador está constituido básicamente por un sistema de prisma dividido según Porro. Dos de los tres elementos de este sistema de prismas están suspendidos por cuatro hilos de acero para llevar a cabo la oscilación, como en un péndulo. El tercer elemento del prisma está montado de forma fija. Una vez está el instrumento montado, con poner la horizontal más o menos en el sitio con los tornillos de ajuste y el nivel esférico de sensibilidad  $8'/2$  mm, el compensador automáticamente lo pone horizontalmente con una precisión de  $\pm 0,4''$ . El campo de operación del compensador es de  $8'$  en todas las direcciones, lo que corresponde a la sensibilidad de la burbuja. La burbuja podemos verla ampliada en el campo visual del objetivo. La oscilación del sistema de prismas del compensador es amortiguado por un laberinto de aire con pistón de modo que la duración de la amortiguación no sobrepase los 0,7-0,8 segundos.

El círculo es de vidrio, con un diámetro de graduación de 84 mm, y la graduación se puede leer mediante un microscopio, con un aumento de 10x, situado al lado del anteojo. El círculo puede estar graduado tanto en sexagesimal como en centesimal, dependiendo de nuestras preferencias. Así, la unidad de división es de  $1^{\circ}$  ó  $1^s$ , y para el microscopio la unidad de división es de  $10'$  ó  $20^c$ . La precisión de lectura por estimación es de  $1'$  ó  $2^c$ . Con un botón con estrías incrustado en la pared lateral del instrumento se puede cambiar a voluntad el círculo horizontal, por lo tanto, se puede realizar la medición de ángulos horizontales en varias posiciones del círculo.

La disposición de los botones de mando de los niveles automáticos proporciona un cómodo manejo del instrumento, permitiendo de inclinación del mismo hasta  $15^{\circ}$ . Para facilitar las tareas, el botón de movimiento lento, que es un tornillo sin fin, está situado en ambos lados del aparato.



Figura 14.15: Ni-B5

Con este instrumento se estima un error kilométrico en nivelaciones de ida y vuelta de  $<\pm 2$  mm/km.

#### **14.2.7. NI-E1**

Se trata de un dispositivo excelente por su tamaño y su bajo peso, 0,5 kg, y el manejo extremadamente sencillo. El anteojo es de tipo vertical, tiene un aumento de 6,25x y una abertura libre del objetivo de 16 mm. La distancia mínima de enfoque es de 0,8 m. El retículo tiene unos hilos estadimétricos con una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0. El hecho de tener un anteojo vertical, el ocular está en la parte superior del instrumento, permite el uso de miras con dígitos derechos o invertidos con este instrumento. Se suministra como accesorio un adaptador giratorio para los trípodes de deslizamiento usados con este instrumento, que son similares a los de las cámaras fotográficas.

El error medio kilométrico en nivelaciones de ida y vuelta es de  $\pm 4$  mm/km.

Las características técnicas de los Ni-E2 son idénticas a las de Ni-E1, la única diferencia es que el círculo no se encuentra en el Ni-E2.



Figura 14.16: Ni-E1

## 14.3. TAQUÍMETROS

### 14.3.1. TA-D1/D4

El taquímetro de reducción con diagrama circular Ta-D1, utiliza la taquimetría numérica que permite, de forma rápida y fácil, reducir las distancias horizontales y las diferencias de altitud, determinando con precisión los ángulos horizontales y verticales. En la medición de distancias y alturas se utilizan arcos regulares de radio grande.

El sistema de lectura de los círculos es mediante un microscopio graduado, y la precisión en la lectura de los círculos con medidas angulares es de 6" ó de 20<sup>cc</sup>, respectivamente si tenemos graduación sexagesimal o centesimal.

Las constantes estadimétricas en la medición de distancias son de 100 y 200, y las constantes estadimétricas para la medición de alturas es de 20 y 50. La precisión en la medida de las distancias en 100 m es de  $\pm 10-20$  cm, y la precisión en la medida de las diferencias de altitud es de  $\pm 5-15$  cm.

El taquímetro Ta-D4 tiene las mismas características técnicas que el Ta-D1 pero, en vez de llevar un nivel de colimación, lleva un colimador automático.



Figura 14.17: Ta-D1

### 14.3.2. TA-D11/D41

El instrumento Ta-D11 es un taquímetro de reducción que puede ser utilizado, a parte de en los trabajos de taquimetría, en trabajos de topografía y replanteos, así como en trabajos en los que se requiera el uso de brújulas, ya que, el instrumento está fabricado con materiales antimagnéticos.

El telescopio cuenta con un sistema de lentes bien corregidas y con un aumento de 24x. La parte del campo de visión limitada por diagramas está libre de los defectos de la imagen. El diagrama de círculo, montado coaxialmente con el eje horizontal y que gira alrededor de él, se mueve a la vez que se mueve el anteojo, pero en el sentido opuesto. Los diagramas de círculo son del tipo Bezzegh-Gyimóthy, que con ángulos dobles de altitud, las curvas de medida de la distancia y de la altitud forman círculos o arcos precisos los cuales son fáciles de señalar con un alto grado precisión. El círculo intermedio del campo de visión mantiene su posición constantemente. También se utiliza como hilo horizontal. El círculo de referencia, sin embargo, no éste, sino un cambio de arco que aparece en la parte inferior del campo de visión. Este arco se alinea con la división cero del diagrama de la altura del instrumento. Para la determinación de la distancia horizontal reducida, las lecturas del retículo hasta el nivel superior del arco se toman con una constante de multiplicación de 100, las lecturas por encima del arco concéntrico tienen una constante de multiplicación de 200.

Sin desplazar verticalmente el anteojo, podemos ver el incremento de altitud en una mira con



Figura 14.18: Ta-D11

el diagrama de curvas apropiado. Estos tienen una constante de multiplicación de 20 y 50.

El Ta-D41 se diferencia del Ta-D11 en que en vez de llevar un nivel de índice de altitud, lleva un colimador automático. Este colimador tiene un sistema de péndulo, por lo que la imagen del limbo vertical pasa a través de una lente montada en el péndulo, antes de que la imagen aparezca en el microscopio de lectura. El colimador automático tiene un rango de trabajo de  $\pm 5'$ , un error medio de ajuste menor a  $1''$  y un tiempo de movimiento menor a  $1''$ .

## 14.4. GIRÓSCOPOS

### 14.4.1. GI-B1

El teodolito giroscópico Tipo Gi-B1 ha sido diseñado para medir el azimut de las diferentes direcciones geodésicas y puede ser utilizado en diversos campos como, por ejemplo, en triangulaciones, para orientación de redes de triangulación independientes o la intersección desde el punto final de una línea base, en minas, en prospecciones o en mediciones técnicas, para la orientación de las estaciones de radar, antenas direccionales y estaciones repetidoras. Si todas estas operaciones se hicieran con un teodolito convencional, tendríamos que tener en cuenta las condiciones meteorológicas, la hora del día o las condiciones del terreno. En cambio, este tipo de instrumento permite obtener la línea astronómica Norte-Sur y el acimut astronómico de las diferentes direcciones casi con total independencia de las condiciones meteorológicas, la hora del día, las anomalías magnéticas y las influencias exteriores eléctricas.

Con este instrumento podemos hacer “estaciones intermitentes”, es decir, en una poligonal en la que tengamos que orientar todas las estaciones podríamos orientar la mitad de ellas. Con este método se gana tiempo y precisión.

El error medio de la medición del azimut es de  $\pm 15''$ .

Podemos dividir el instrumento en cuatro partes: el giróscopo, el teodolito, el generador y la fuente de alimentación.

La unidad del giróscopo incluye el dispositivo que sirve para la determinación de la línea astronómica Norte-Sur. Este dispositivo se llama “motor giroscópico”, cuyo eje está fijo en la horizontal y suspendido en una banda de torsión. El motor actúa como un giróscopo de dos y un grados de libertad. Los giróscopos de este tipo tienen la propiedad bien conocida de que, cuando se hace girar con una determinada velocidad sobre su eje, el eje de rotación tiende a adquirir una posición paralela al eje de la Tierra (como resultado de la rotación de la Tierra), mientras que, realiza los movimientos de oscilación en relación con el plano del meridiano que pasa por el punto de suspensión. Bajo las condiciones ideales o teóricas, los

movimientos oscilantes son estrictamente simétricos. Pero esto es difícil de conseguir, ya que afectan las perturbaciones exteriores y los errores cometidos por el observador. Por lo tanto, la línea astronómica Norte-Sur será la media de las oscilaciones. Estas se observan a través de un sistema de autocolimación.

El teodolito incorporado en el instrumento es una variación del Te-B1. Las principales diferencias son que el teodolito incluye un autocolimador para observar las oscilaciones del giróscopo, y está situado en el lado del anteojo; encima del autocolimador hay un microscopio auxiliar para poder leer cómodamente los dos limbos del instrumento; el sistema de ejes del teodolito es hueco permitiendo a la unidad giroscópica ser enganchada al teodolito y dejando un espacio adecuado en el del teodolito para montar un espejo en la parte móvil; y por último, el retículo del anteojo del teodolito está equipado, además de con los hilos estadimétricos usuales, con dos hilos adicionales verticales para facilitar las observaciones astronómicas.

El generador, sirve para iluminar el teodolito, conectar y apagar el motor del giróscopo, además de hacerlo funcionar.

Las características técnicas del instrumento son:

El anteojo del teodolito es analítico y está provisto de enfoque interno. Tiene 30 aumentos, una abertura del objetivo de 45 mm de diámetro, un campo de visión de  $1^{\circ}20'$  y una distancia mínima de enfoque de 2 m.

Los limbos están graduados cada  $20'$  ó  $20^c$ , y tienen un diámetro de 132 mm, el horizontal, y de 68 mm, el vertical.

El micrómetro óptico está graduado en intervalos de  $1''$  ó de  $2^c$ .

Encontramos dos niveles en el conjunto, un nivel horizontal de  $16''/2$  mm de sensibilidad, y otro vertical de  $20''/2$  mm de sensibilidad.

Las precisiones de las medidas son (siempre que no superemos los  $75^{\circ}$  de latitud y estemos en los  $-30^{\circ}C$  y los  $+50^{\circ}C$ ): el error medio cuadrático en la dirección geodésica es de  $\pm 0,8''$ , el error medio de la medición del azimut es de  $\pm 15''$ , y la reproducibilidad de las mediciones de azimut es de  $\pm 20''$ .



Figura 14.19: Gi-B1

#### 14.4.2. GI-C1/C2

Estos teodolitos están diseñados para la determinación del Norte Geográfico. Este tipo de teodolito giroscópico puede ser aplicado en la mayoría de fines geodésicos como las mediciones en la minería, las mediciones técnicas, la localización de los sitios, la búsqueda de orientación para fines militares y la determinación de la declinación magnética.

El teodolito giroscópico Gi-C1 ó el Gi-C2, trabajan a la perfección incluso en condiciones adversas.

El instrumento consta del giróscopo, del teodolito y de una fuente de alimentación.

La unidad giroscópica se sitúa en la parte superior del teodolito. Además del contacto mecánico es también están en contacto por medio de un motor eléctrico y un sistema óptico.

La conexión óptica se establece a través de un prisma base. Esto proyecta la imagen del retículo del colimador del giróscopo y una imagen a escala, en el anteojo del teodolito. Parte de la constante del instrumento depende del ángulo de refracción del prisma base, al igual que con la coincidencia del anteojo y el retículo del colimador, los ejes ópticos difieren de la posición paralela sólo en la medida en que el prisma refracta la base de trayectoria del

haz de luz de su curso original. El ángulo de refracción es marcado en cada prisma base, en la mayoría de los casos es cero. La coincidencia de la cruz filar del anteojo y el colimador debe hacerse antes de cada medición por medio del tornillo micrométrico montado en el giróscopo. El motor del giroscopio se sostiene en una banda sección rectangular.

El teodolito es una variante del Te-B1, sus diferencias son que la parte más baja y fija del anteojo está provista de un terminal de energía eléctrica que se encarga de la fuente de alimentación de la iluminación artificial del teodolito, y del motor y del frenado de la unidad giroscópica; la abrazadera horizontal y el tornillo de movimiento lento de teodolito han sido modificados para hacer frente a la tarea de seguimiento; en la parte superior del teodolito, en el anteojo existen tres uniones con tornillos para fijar la unidad giroscópica, estos garantizan el rodamiento estable en marcha de la unidad giroscópica, la corriente pasa desde el teodolito a la unidad giroscópica través de los tres tornillos de fijación.

El retículo del anteojo es diferente si se trata del Gi-C1 y Gi-C2. En el Gi-C1 tenemos un retículo con hilos estadimétricos. En el Gi-C2 el campo de visión del anteojo está dividido horizontalmente en dos partes, si el telescopio se gira alrededor del eje vertical las dos mitades de la imagen viajarán en direcciones opuestas. Esto hace que la observación sea más precisa. Las oscilaciones se observan, con los dos tipos de anteojos, en el anteojo del teodolito. Las lecturas de la posición angular de los puntos se toman en un microscopio de lectura situado al lado del telescopio, por medio de un micrómetro óptico.

Las características técnicas del instrumento son las siguientes:

El anteojo astronómico (imagen invertida) tiene 30 aumentos, una abertura libre del objetivo de 45 mm de diámetro y una distancia mínima de enfoque de 2 m.

Los limbos tienen un diámetro de 92 mm, el horizontal, y de 68 mm, el vertical. Las divisiones están hechas cada 20' ó cada 20<sup>c</sup>. La precisión en la lectura directa con el micrómetro óptico es de 1" ó de 2<sup>cc</sup>, y la lectura a estima es de 0,1" ó de 0,2<sup>cc</sup>.

Los niveles tienen una sensibilidades de 6"/2 mm el nivel del instrumento para el estacionamiento aproximado, de 16"/2 mm el nivel de la alidada, y de 20"/2 mm el nivel de colimación.

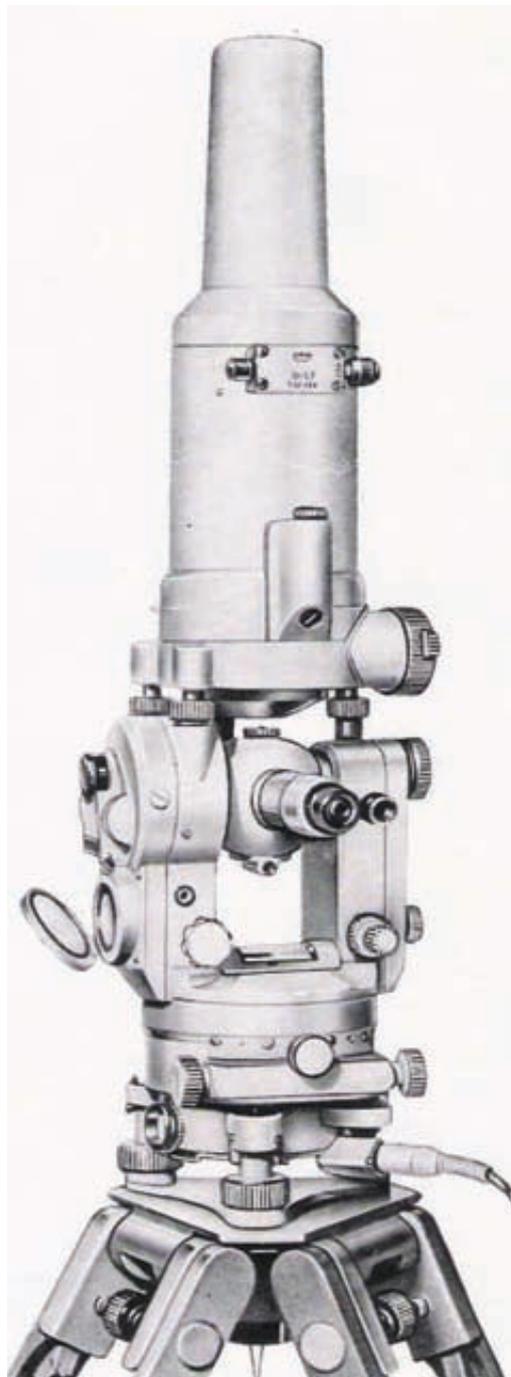


Figura 14.20: Gi-C1/C2

## 14.5. OTROS

### 14.5.1. PLANCHETA CON ALIDADA AUTORREDUCTORA MA-5

Este instrumento es utilizado en trabajos catastrales y topográficos, aunque es muy útil en fotogrametría, sobretodo en zonas no descifrables de las fotografías aéreas.

La alidada autorreductora se puede usar para realizar mediciones de distancias (reduciendo a la horizontal) o mediciones de altitudes. Ésta lleva un nivel con una sensibilidad de 1'2 mm y tiene una longitud de 150 mm. El anteojo es terrestre, da la imagen derecha, con un aumento de 24 veces, una abertura del objetivo de 45 mm y un campo de visión de 1°26'. Además, el anteojo, permite leer grandes incrementos de altura y punterías pronunciadas, gracias a su ocular diagonal.

Si observamos por el anteojo podemos ver el hilo estadimétrico vertical, el diagrama de líneas para la medición de la distancia y para la determinación de los incrementos de altura, la imagen de la mira, y el limbo vertical junto con la escala de estimación. La línea más baja de las líneas del diagrama es la llamada "línea base", esta línea de base se utiliza como hilo estadimétrico horizontal. En cuanto a la medición de distancias, la línea del diagrama correspondiente a la constante de multiplicación de 200, está en el medio del campo de visión del anteojo, mientras que la línea del diagrama que corresponde a la constante de multiplicación de 100, está arriba del campo de visión del anteojo. Y para las diferencias de altitud, el diagrama las líneas son más pronunciadas, pueden ser reconocidas en el campo de visión porque las líneas están marcadas con los signos adecuados, siendo los hilos estadimétricos de  $\pm 10$ , 20 ó 50. La constante de adición es de 0 y la distancia mínima de enfoque es de 3 m. La distancia máxima de enfoque, en una mira de 3 m de altura, es de 300 m con la constante de multiplicación de 100, y de 600 m con la constante de multiplicación de 200. El máximo error de medición de distancias es de  $\pm 20$  cm cada 100 m, con el retículo de constante 100, y para las diferencias de altura el error máximo, en un ángulo vertical de 30°, es de  $\pm 15$  cm cada 100 m.

El limbo vertical tiene un diámetro de 59 mm y está graduado cada 1° ó cada 1<sup>s</sup>. La precisión



Figura 14.21: Ma-5

en la lectura por estimación es de  $1'$  ó de  $1^\circ$ .

El dispositivo de dibujo consta de dos reglas rectas, la principal, con una longitud de 400 mm, y la paralela, con una longitud de 400 mm. La regla principal es paralela a la línea de visión del anteojo, en el extremo final lleva un mango para facilitar la puntería. Mientras estamos haciendo la medición, la hoja de la regla principal no necesita tener una precisión precisa hacia el punto que estamos visando, ya que la regla paralela puede ser desplazada en paralelo a la línea de visión del telescopio. Además, hay también una regla auxiliar como accesorio a la plancheta, con una longitud de 200 mm. La regla con las escalas puede cambiarse con diferentes escalas, estas son  $1/2000$ ,  $1/5000$ ,  $1/10000$  y  $1/25000$ .

En la alidada tenemos una brújula para orientar el tablero de dibujo. Éste tiene unas medidas de 55x55 cm, es de madera y tiene un nivel esférico con una sensibilidad de  $6'/2$  mm para tener el tablero en posición horizontal.

Este instrumento lleva otros dos niveles, uno reversible con una sensibilidad de  $30''/2$  mm, y otro de altitud con la misma sensibilidad que el anterior.

La base del instrumento se fija en el trípode mediante un tornillo de sujeción. Esta base lleva tres tornillos para que se situé encima el tablero de dibujo horizontalmente, y además, la base también lleva los tornillos de fijación y de movimiento lento.

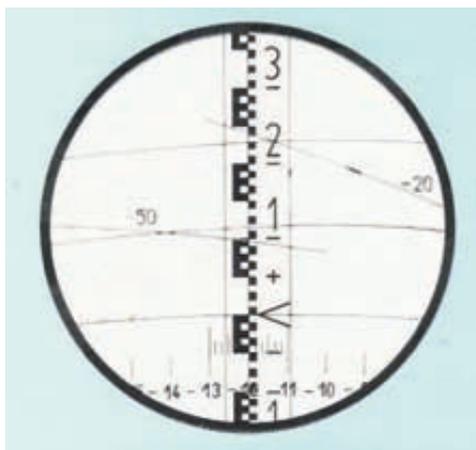


Figura 14.22: Campo visual del Ma-5

### 14.5.2. PANTÓGRAFO K-731/K-733

El pantógrafo<sup>1</sup> es un antiguo instrumento, hoy completamente en desuso, que se utilizaba para realizar copias de planos, mapas o incluso croquis a otra escala diferente de la original o a la misma escala sin perder, sensiblemente, la precisión del dibujo original.

Esencialmente el instrumento está compuesto por cuatro varillas de aluminio unidas en forma de paralelogramo (1). Dos de los lados paralelos están conectados por una barra de deslizamiento (2). Las escalas más corrientes se indican en estas dos barras paralelas y sobre la barra transversal. Para distinguir cómodamente el tipo de escala, las escalas de ampliación están marcadas por el signo de división (por ejemplo, 2:1) y las escalas de reducción por el signo de la fracción (por ejemplo, 1/3). Para facilitar el ajuste de la escala deseada, las barras están graduadas en milímetros, y, para aumentar la precisión, se incorporan nonios decimales (3).

Las tres partes principales del instrumento son el poste (4), la punta de dibujo (5) y la punta de guía (6). El poste, es el único punto inmóvil del paralelogramo, y está unido al cuerpo del poste (7), y garantiza un contacto seguro con la mesa de dibujo. El plano del paralelogramo tiene que ser paralelo con la de la mesa de dibujo, por lo que el instrumento está equipado con dos ruedecillas (8). La punta de dibujo puede ser un lápiz o una aguja, según sea el dibujo continuo o, simplemente, sea una transferencia de puntos únicos. El lápiz o la aguja

<sup>1</sup>Tanto el pantógrafo como el planímetro, fueron instrumentos insustituibles en cualquier gabinete topográfico hasta la llegada de la revolución informática.

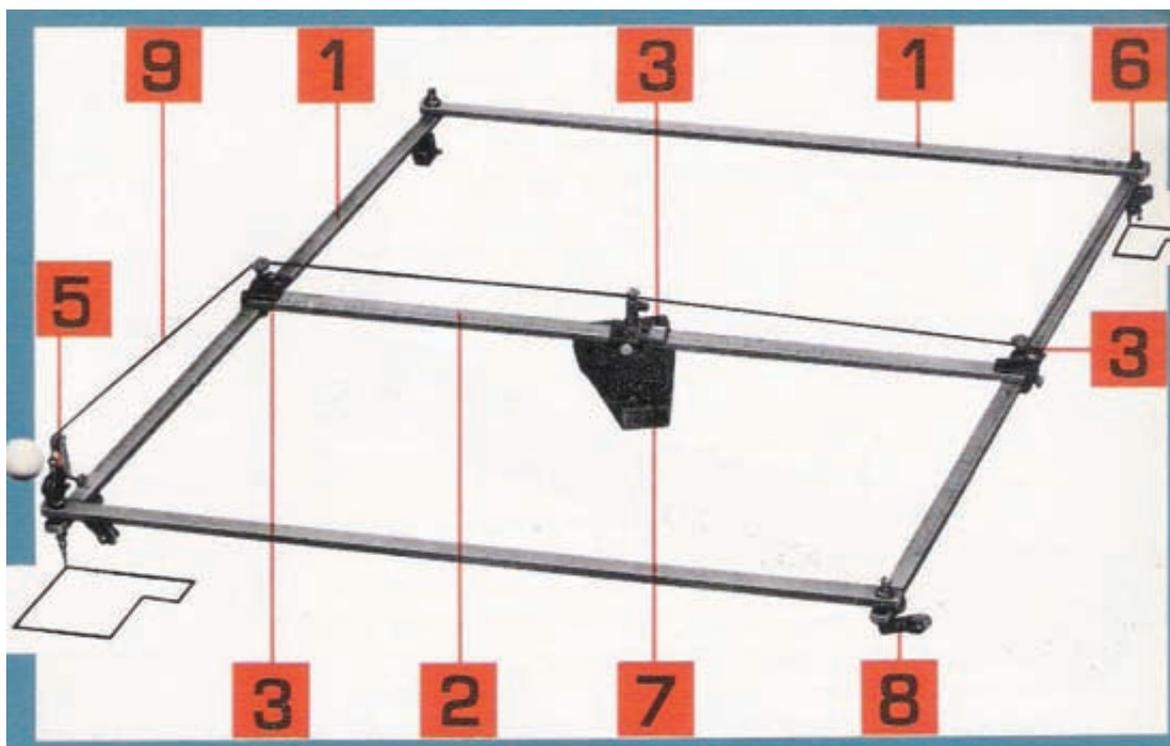


Figura 14.23: Pantógrafo K-731

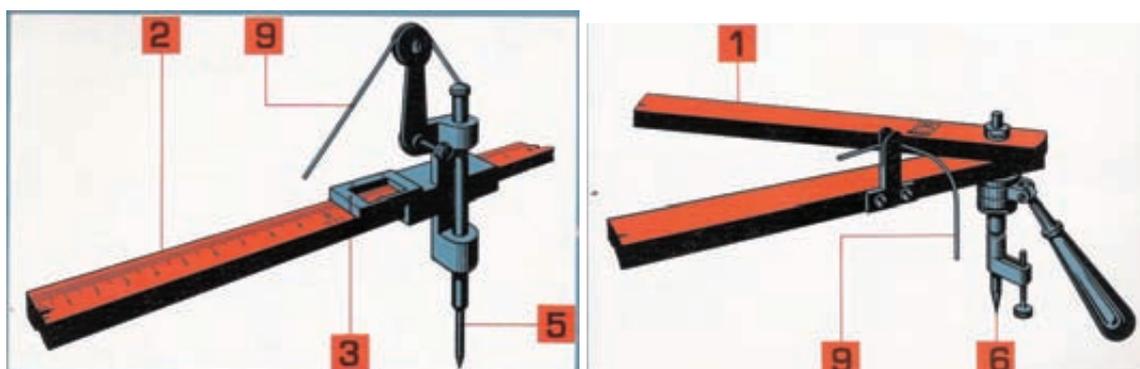


Figura 14.24: Detalles del pantógrafo K-731

se pueden levantar del por un cable (9) que termina en la punta guía. Poste, punta de dibujo y punta de guía son intercambiables entre sí.

Para ampliar, así como copiar en una escala de 1:1, se inserta la punta de dibujo en el paralelogramo diagonalmente opuesto a la punta guía, y se establece el poste debajo de la barra transversal deslizante. Para realizar copias a escala reducida se establece el cuerpo del poste fuera del paralelogramo y se pone la punta de dibujo en su lugar. Como las puntas guía y el dibujo son intercambiables, las copias ampliadas también se pueden hacer con el poste fuera del paralelogramo.

### 14.5.3. PLANÍMETRO POLAR K-800

El planímetro es también y como en el caso anterior un antiguo instrumento matemático hoy obsoleto, que superficialmente mide cualquier figura plana con aceptable grado de precisión.

El instrumento consta de un brazo de medición graduado (1) que lleva en su extremo libre un punto de localización (2), que llega hasta el plano u hoja a medir. En la terminal por la que el marcador se mueve hay un tornillo (3) para ajustar la distancia entre el marcador y el papel. En el otro extremo, el brazo de medición lleva la corredera (4). La corredera, en la que el eje de la rueda de medición (5) está integrado, lleva la escala graduada (6), el tornillo de tope (7), el tornillo micrométrico (8), y el dispositivo de conteo (9). El dispositivo de conteo indica las revoluciones completas de la rueda de medición en números enteros en la escala de la rueda de conteo horizontal, mientras que un nonio muestra los valores fraccionarios hasta 1/1000 de una revolución. El rodillo (10) también se monta en la corredera. La articulación (12) del brazo de la barra (11) está encajada a su vez en la corredera, mientras su otro extremo más alejado se le acopla un peso, la barra (13), se instala firmemente, y girando en el papel alrededor de una aguja que sale. El brazo de la barra debe permitir que el brazo de medición pueda pasar por debajo (planímetro de compensación).

Para su uso hay que montar el brazo de la barra encajándolo en la corredera y llevar el instrumento en una posición en la que podamos seguir los límites del área que se medirá con el punto de localización. Se marca cualquier punto del linde, se coloca el marcador en él y se lee la posición de la rueda de medición. Luego se guía el marcador alrededor de los límites y se toma una segunda lectura cuando se llegue al punto de partida. El total del área se obtiene multiplicando la diferencia de las dos lecturas con el factor correspondiente. Para una precisión adicional, el proceso se puede repetir después de elegir otro punto polar.

Como la longitud del brazo de medición es variable, el factor puede ser una cifra redonda, o puede ser dado como una escala. La longitud del brazo puede trabajar con escalas de relaciones proporcionales de 1:1000, 1:2000, 1:2500, 1:5000, 1": 20° y 1": 40°. Para otro tipo de escalas se puede pedir bajo pedido. Para ajustar la longitud del brazo de medición

se aprieta el tornillo de tope del tornillo micrométrico, se ajusta la escala graduada de la corredera en la longitud del brazo que corresponde a la escala y se fija en esa posición. Ahora se rodean los límites del área para obtener su tamaño real, multiplicando el número de revoluciones leídas en la rueda de medición por el factor correspondiente.

Para comprobar la exactitud de medición, hay una regla de control (14), con una punta de alfiler pivotante en un extremo. En el lado biselado de la regla hay agujeros de 2, 4, 6 y 8 cm de distancia a la punta del alfiler, para acomodar el punto de localización del planímetro para circunscribir un área de tamaño conocido. Para las mediciones con la barra fuera de plano, se coloca el planímetro en el plano de la zona a medir de tal manera, que el punto de seguimiento debe ser de aproximadamente el centro de gravedad de la zona. Al insertar el conjunto del brazo de la barra en la corredera, hay que asegurarse que la aguja de la barra (el punto polar) está en el plano de medición.

La precisión de la medición es de 0,2 % de media, siendo óptima con la ayuda de la regla de control que de una precisión de la medición de 0,05 %. Aunque la precisión de la medición depende en gran parte de la precisión del marcador, de la forma de la figura, de la rugosidad del papel, etc.

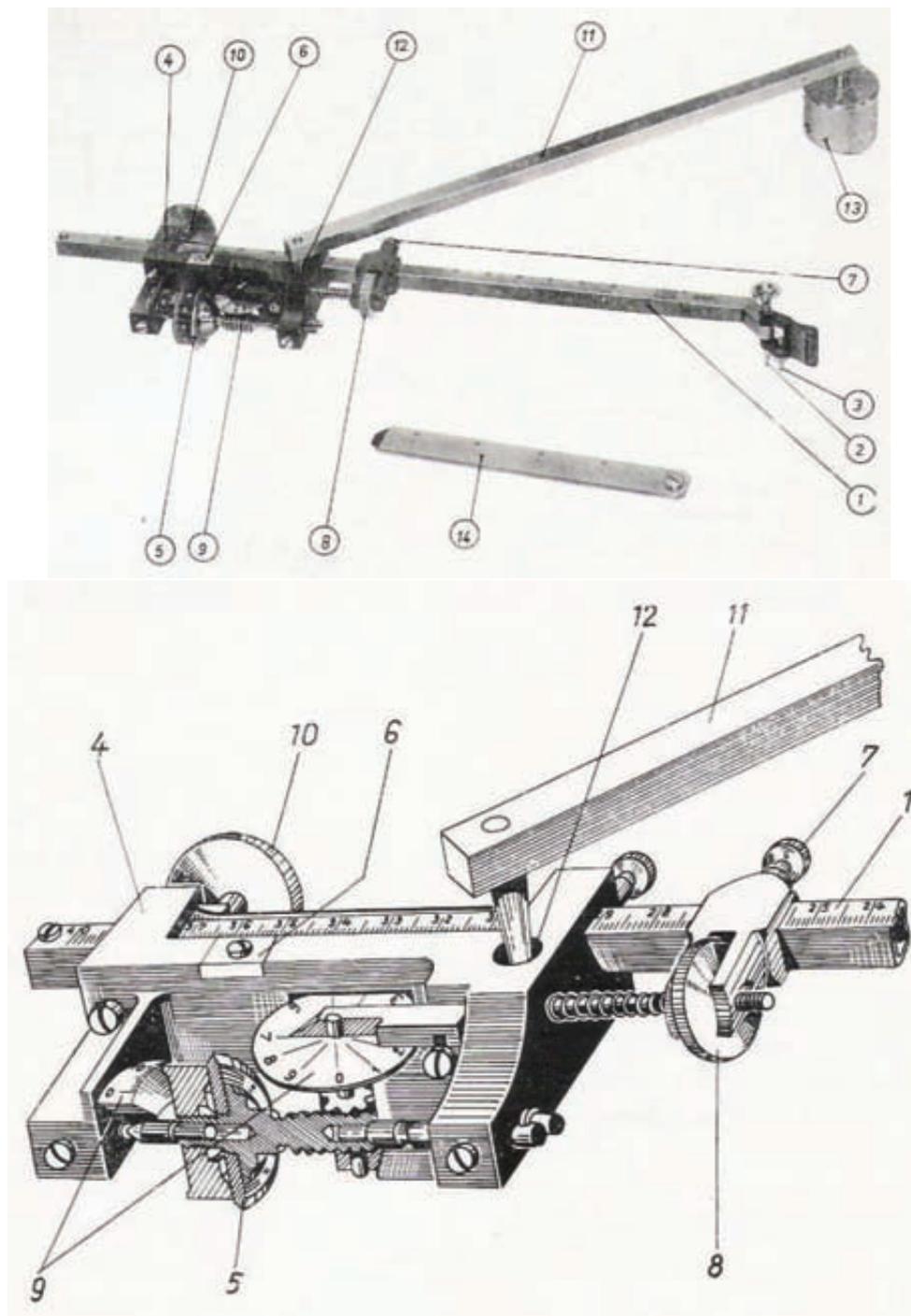


Figura 14.25: Planímetro K-800

## Capítulo 15

### FENNEL

La empresa Fennel hoy ha pasado a llamarse Geo-Fennel y está situada en Hesse (Alemania). La empresa Fennel, en aquel entonces “Fennelschen Werkstätten”, se crea gracias a Otto Fennel, en el año 1851 en Kassel (Alemania). Pero fue bajo la dirección de su hijo, Adolf, cuando la empresa empieza a ganar reputación, sobretodo gracias a la creación del primer taquímetro autorreductor, el “Hammer Fennel”, en 1900. Durante los años 1950-1960, Heinrich Kolb hizo que la empresa funcionara con éxito, y que los niveles y teodolitos de Fennel fueran los responsables de la reconstrucción de la República Federal de Alemania después de la guerra. En 1968, Fennel se hizo con la “Steinheil-Lear Siegler AG” y la producción fue trasladada a la fábrica principal en Ismaning, cerca de Munich. En 1977, “Steinheil-Lear Siegler AG” dejó de fabricar instrumentos para Fennel y de ellos se encargó la empresa “Theis” en Wolzhausen, que continuó construyendo los instrumentos Fennel para Führer & Co. en Baunatal. Pero la competencia japonesa venía pisando fuerte y también esas empresas dejaron de fabricar instrumentos. En 1978, Fennel encontró un buen punto de apoyo con “Innovations und Vertriebsgesellschaft Geo-Fennel GmbH” en Baunatal, cerca de Kassel. En 1984, pusieron a la venta el primer distanciómetro de propagación de pulsos, el FEN 2000, con precisión geodésica. A esto le siguió la primera estación total sin prisma, la FET 2.

## 15.1. TEODOLITOS

### 15.1.1. FT1A TEODOLITO UNIVERSAL

Este teodolito se comercializaba con graduaciones del limbo en sexagesimal o centesimal y con un anteojo de imagen invertida o directa, lo que proporciona cuatro combinaciones diferentes de instrumento, y que cada uno adquiriera el teodolito según sus preferencias.

El instrumento consta de un anteojo, de longitud total 175 mm, abatible por ambos extremos, y como ya se ha dicho, con imagen invertida o directa, y con un aumento de 30x, que proporciona una imagen muy aumentada, brillante y luminosa. La abertura del objetivo es de 40 mm y su distancia de enfoque mínima es 1,25 m. Podemos, también, hacer una lectura al centímetro hasta 340 m y una estimación en milímetros hasta los 150 m. También podemos encontrar en el anteojo dos colimadores, uno para cada posición del anteojo. Los hilos estadimétricos, al igual que todos los instrumentos de la firma, llevan una constante de multiplicación de 100 y una constante de adición de 0.

El microscopio de lectura, con un aumento de 75x, muestra simultáneamente las graduaciones de los limbos horizontal y vertical y permite la lectura directa de 1' (1<sup>c</sup>) con una estimación de 10" (20<sup>cc</sup>). Los limbos del instrumento son de cristal, como todos los de la casa Fennel, y pueden estar graduados en la graduación sexagesimal o en la graduación centesimal, su diámetro es de 90 mm, el limbo horizontal, y de 70 mm, el vertical. Los limbos se iluminan gracias a una tomacorriente en la base triangular.

Una ventaja frente a otros, es que sus mandos de enfoque y de movimiento de precisión horizontal y vertical con sus aprietes coaxiales, están dispuestos a un lado del instrumento, lo cual hace que se pueda manejar el instrumento con una sola mano.

El instrumento va provisto de un freno de repetición para ajustar el limbo horizontal y para la medición angular de repetición. El índice vertical automático tiene un robusto compensador de péndulo suspendido de cintas que permite un trabajo rápido y racional, con un margen de oscilación de  $\pm 8'$ .

Tiene dos niveles, un nivel esférico de 8' y otro nivel tubular de 40".

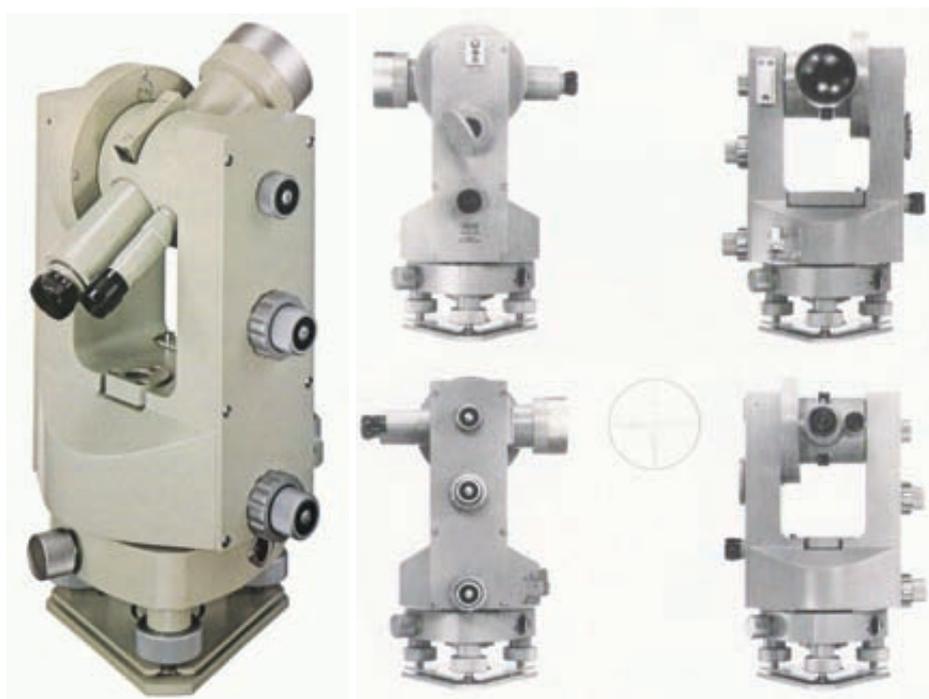


Figura 15.1: FT1A

El centrado forzoso se realiza mediante un perno de 34 mm que respeta las normas DIN, y garantiza que sean intercambiables sin problemas el instrumento, la mirilla, la mira base y la plomada óptica, que está incorporada en el soporte del anteojo y tiene 2 aumentos.

Este instrumento incluye accesorios para la orientación magnética, la distancimetría óptica y las visuales muy inclinadas, también se le puede acoplar el giróscopo de teodolito TK4.

### 15.1.2. FT20A TEODOLITO UNIVERSAL

Es una versión especial del teodolito universal FT1A, que se usa en los casos que se requiera una mayor exactitud de lectura directa.

Las características son las mismas que las del teodolito universal FT1A, por lo que no entraremos en detalles y explicaremos qué diferencias hay entre ellos.

La primera diferencia es que solo tiene imagen directa, no hay inversa. Otra diferencia es que la graduación de los limbos sólo se proporciona en grados sexagesimales. Y por último, la diferencia más importante, permite una lectura directa de 20", lo que le proporciona esa mejor exactitud.

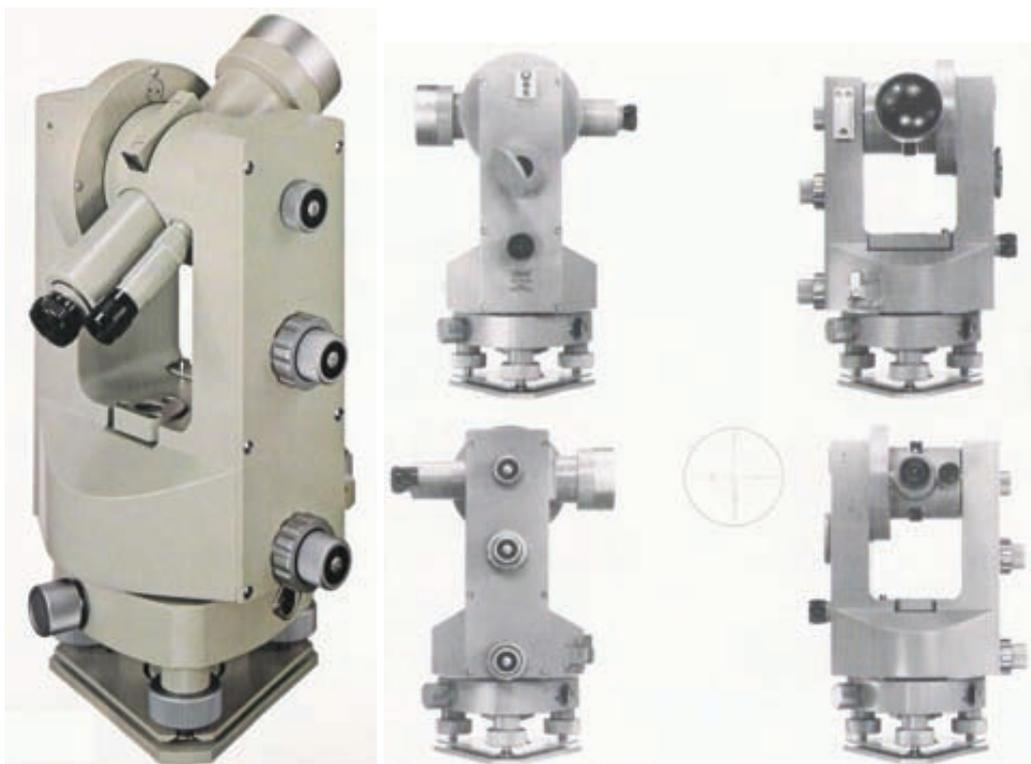


Figura 15.2: FT20A

### 15.1.3. FTH1 TEODOLITO DE INGENIERÍA

Es un buen teodolito para la ingeniería que te permite hacer levantamientos en campo a un precio asequible, pero su inconveniente es que no tiene limbo vertical, por lo que, no puede realizar levantamientos taquimétricos ni mediciones angulares verticales.

El anteojo, abatible por ambos extremos, da una imagen directa, muy aumentada (tiene un aumento de 30x), brillante y luminosa. Tiene una longitud de 175 mm y la abertura del objetivo es de 40 mm. La lectura de centímetros se puede realizar hasta 340 m y la estimación de los milímetros hasta los 150 m. El microscopio de lectura permite una lectura directa de 1' (1<sup>c</sup>) y con una estimación de hasta 10'' (20<sup>cc</sup>), y su aumento es de 75x.

Como hemos dicho, sólo tiene limbo horizontal, que también es de cristal, y que puede pedirse en graduación sexagesimal o centesimal. Su diámetro es de 90 mm.

Los dos niveles de burbuja tienen una indicación por 2 mm. El nivel esférico tiene una sensibilidad de 8' y el nivel tubular tiene una sensibilidad de 40''.

Como todos los otros instrumentos, éste también tiene los mandos a un lado para su mejor

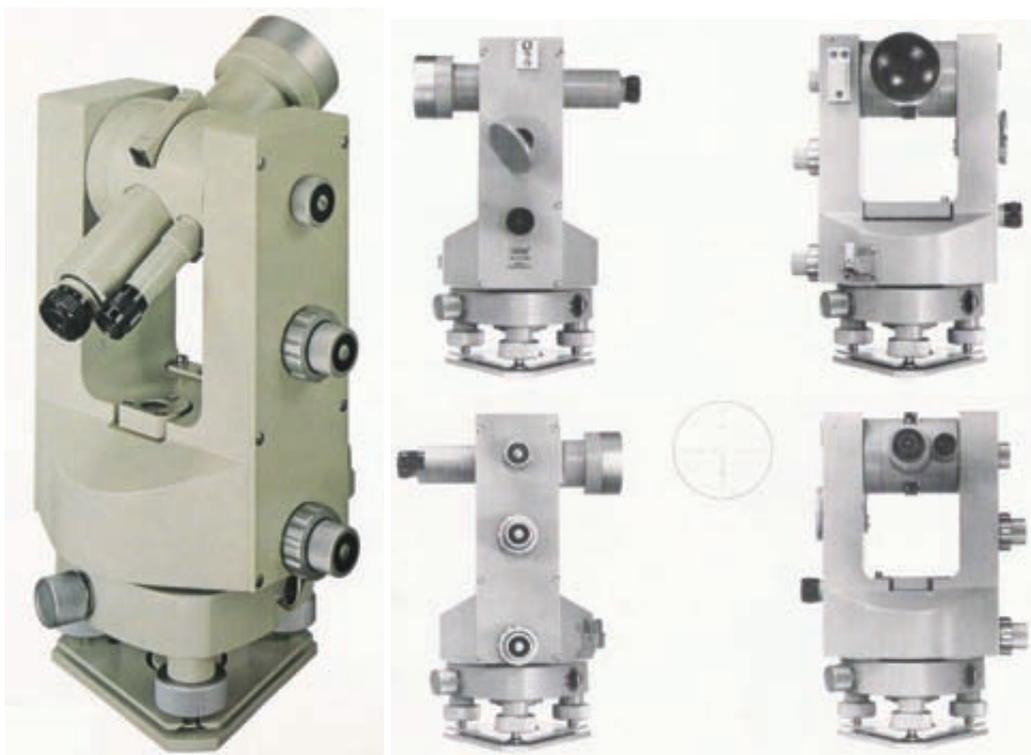


Figura 15.3: FTH1

manejo. También posee un freno de repetición para ajustar el limbo horizontal y para las mediciones angulares de repetición. El centrado forzoso se consigue gracias a un perno de 34 mm, según las normas DIN, y que al igual que los instrumentos anteriores, nos garantiza una buena y rápida colocación del instrumento, la mirilla, la mira de base y la plomada óptica, que tiene un aumento de 2x, que está incorporada en el soporte del antejo.

Una tomacorriente en la base triangular asegura la alimentación del dispositivo que ilumina el limbo.

Podemos completar el instrumento con variados instrumentos como, prismas para visuales muy inclinadas, oculares cenitales, nivel de antejo, brújula de orientación, brújula de limbo, equipo de poligonación o de mira base, o el giróscopo de teodolito TK4.

#### **15.1.4. FMK5 TEODOLITO GIROSCÓPICO**

Combina las funciones de un teodolito y un giróscopo, por lo que útil para la orientación hacia el Norte geográfico y la determinación de anomalías de declinación.



Figura 15.4: FMK5

Tiene una exactitud de orientación de  $0,1''$  y está dotado de un gran limbo vertical para lecturas directas entre  $+700''$  y  $-600''$ . Las divisiones del limbo se leen mediante dos microscopios de 75 aumentos y 15 aumentos, respectivamente.

El giróscopo alcanza en 30 segundos la velocidad de régimen, lo cual hace que esté listo rápidamente para su uso.

## 15.2. TAQUÍMETROS

### 15.2.1. FTRA TAQUÍMETRO DE REDUCCIÓN

Con características típicas de los teodolitos, como los mandos a un lado del instrumento, tenemos el taquímetro reductor FTRA para los trabajos taquimétricos con mira vertical o levantamientos en general.

El antejo, de 25 aumentos, es abatible por ambos extremos y proporciona una imagen directa. Tiene una abertura de 40 mm, una longitud total de 210 mm y una distancia de enfoque

mínima de 1,7 m. Su campo visual, que a 1000 m se aprecian 22 m, incluye curvas de reducción que permiten la lectura directa de desniveles y distancias horizontales. La lectura de centímetros se aprecia hasta los 250 m y la estimación de milímetros hasta los 100 m. El índice vertical automático tiene un compensador de péndulo robusto suspendido de cintas con un margen de  $\pm 8'$ , permitiendo un trabajo rápido y sin problemas. El microscopio de lectura, de 75 aumentos, muestra simultáneamente las graduaciones de los dos limbos, el horizontal y el vertical, y permite la lectura directa de  $1'$  ( $1^c$ ) con una estimación de  $10''$  ( $20^{cc}$ ). Los limbos son de cristal y pueden tener graduaciones sexagesimales o centesimales, según prefiramos, con diámetros de 90 mm el horizontal, y de 70 mm el vertical.

Las curvas de reducción permiten la reducción automática de las distancias y desniveles. El margen de diagramas es de  $\pm 45^\circ/\pm 50^\circ$ , tienen una exactitud distanciométrica de  $\pm 10$  cm cada 100 m y una constante distanciométrica de 100. La exactitud altimétrica y el margen de las curvas, la dividiremos en tres grupos: la constante 10 con  $\pm 3$  cm de exactitud y un margen de  $0^\circ-\pm 14^\circ$  ó de  $0^g-\pm 15^g$ ; la constante 20 con  $\pm 5$  cm de exactitud y un margen de  $12^\circ-\pm 32^\circ$  ó de  $13^g-\pm 35^g$ ; y la constante 50 con  $\pm 10$  cm de exactitud y un margen de  $29^\circ-\pm 45^\circ$  ó de  $32^g-\pm 50^g$ .

Tiene dos niveles de burbuja con indicación por 2 mm, uno esférico de  $8'$  de sensibilidad y el otro tubular de  $40''$  de sensibilidad.

Los mandos, el de enfoque y los de los movimientos de precisión horizontal y vertical con sus aprietes coaxiales, están a un lado del instrumento facilitando la labor. Naturalmente, el instrumento dispone de un freno de repetición que sirve para ajustar el limbo horizontal y para la medición angular de repetición. El centrado forzoso, al igual que en todos los instrumentos de la casa, se realiza con un perno de encaje DIN de 34 mm, que garantiza el fácil intercambio entre instrumento, mirilla, mira de base y plomada óptica, de 2 aumentos, que está incorporada al soporte del antejo. En la base triangular tenemos la tomacorriente para proporcionar la alimentación al dispositivo que ilumina los limbos.

Los accesorios que le podemos acoplar son apropiados para la orientación magnética, poligonaciones y visuales muy inclinadas.



Figura 15.5: FTRA

## 15.3. NIVELES

### 15.3.1. FNAK 1

Como niveles podemos destacar el FNA1 y el FNAK1, que se diferencian en que el primero no lleva limbo y el segundo lo lleva en la graduación que prefiramos, sexagesimal o centesimal. Además, el círculo horizontal es orientable.

Vienen con compensador incorporado y prisma para la visión directa del nivel esférico de posición. Tienen un objetivo de 25 aumentos con imagen directa. La distancia mínima de enfoque es de 1,85 m. El enfoque es fino hasta el infinito. El error medio de nivelación es de  $\pm 2$  mm.

## 15.4. ACCESORIOS

La casa tiene muy buenos accesorios para acoplarlos a los instrumentos, como por ejemplo, la brújula para orientación hacia el Norte magnético con ajuste por coincidencia mediante



Figura 15.6: FNAK1

lupa, oculares cenitales para visuales al cenit o trabajos astronómicos, o lentes supletorias para reducir la distancia mínima de enfoque. Estos accesorios los hemos ido nombrando, pero la casa también tiene instrumentos tales como miras, trípodes o giróscopos.

#### **15.4.1. EQUIPO DE POLIGONACIÓN Y DE MIRA DE BASE**

En las poligonaciones, una de las condiciones fundamentales para un trabajo rápido y sin problemas era el intercambio absoluto entre instrumento, mirilla, mira de base y plomada óptica. Esto lo solucionaron con los pernos de encaje DIN de 34 mm que incluyeron en todos sus instrumentos, así garantizaron una alta exactitud.

La otra condición era tener un equipo suficiente, que consiste en un teodolito, dos mirillas, una mira base, una plomada óptica y un total de cinco trípodes. Con esto se puede colocar siempre un trípode anticipado. Por ello, la casa Fennel tiene un equipo de poligonación y mira base que se compone de:

1. Mirilla con plomada óptica incorporada, nivel esférico y, como accesorio, dispositivo de iluminación.
2. Mira de base de dos piezas, de longitud de  $2\text{ m} \pm 0,05\text{ mm}$ , compensada a las variaciones de temperatura, de estabilidad por unión de perno y rosca, y con dispositivo de iluminación como accesorio.

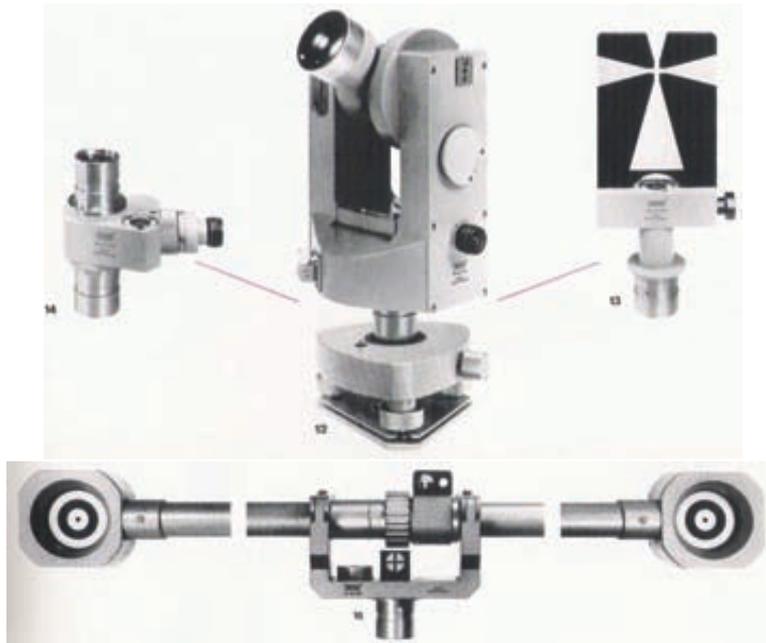


Figura 15.7: Equipo de poligonación y mira base

3. Plomada óptica para puntos de suelo y de techo, con enfoque y dos niveles de burbuja.
4. Trípode.

#### 15.4.2. GIRÓSCOPO PARA TEODOLITOS TK4

Este giróscopo se acopla a cualquier instrumento de la casa Fennel. Sirve para orientar el limbo horizontal hacia el Norte geográfico en terreno inexplorado exento de puntos fijos y para determinar anomalías de declinación. Permite observar poligonales por medición del acimut en cada segunda estación, determinar el acimut en zonas de difícil orientación y asegurar mediciones en minería.

#### 15.4.3. MIRAS TAQUIMÉTRICAS

Existen varios modelos, pero todas ellas son de madera de primera categoría, con una capa de barniz a base de poliéster y PVC y son abatibles. Llevan bisagras galvanizadas con cierre de estribo para garantizar una gran estabilidad. Están pintadas a zonas blancas y rojas. Los pies de las miras taquimétricas sencillas es de aluminio anodizado con la superficie de apoyo pulida, y los pies de las miras taquimétricas especiales es extensible hasta una altura de 60 cm



Figura 15.8: TK4

y tiene una retención automática intervalos de centímetros. Se complementan con un nivel esférico desmontable. Tienen una longitud total de 4 m y una anchura de 80 mm. Se pueden conseguir con graduación cada centímetro o con graduación cada 1/10 pies, en graduación directa o inversa en ambos casos.

Existen dos tipos de miras, las de viaje, que tienen una longitud cuando están abatidas de 1 m, y las de pata extensible con retención automática y para ajuste del punto cero, que tienen una longitud cuando están abatidas de 1,34 m.

#### **15.4.4. PLOMADA ÓPTICA PARA CONSTRUCCIONES FL1**

Se creó para echar la plomada con precisión desde puntos elevados, principalmente en construcción.

Su anteojo, de 30 aumentos, permite leer centímetros hasta distancias de 340 m, con una estimación de milímetros hasta los 150 m. El error medio cuadrático de los puntos es de 1-2 m cada 150 m. El anteojo tiene una abertura del objetivo de 40 mm y una longitud total de 210 mm. Los niveles tubulares de burbuja con indicación de 20", están dispuestos en ángulo recto para poner el instrumento exactamente vertical, permitiendo así la construcción coaxial óptico-mecánica del instrumento girar el anteojo alrededor del eje vertical.

El instrumento se apoya en una base triangular con consola de montaje que permite montarla fácilmente en andamios de encofrado deslizante.

#### **15.4.5. VARA TELESCÓPICA TM5**

Es una vara telescópica de medición construida en aluminio. Sus dimensiones son 1120x34x24 mm y es extensible hasta 5 m, con un tope a cada metro extendido. Su ventaja es que se puede medir tanto en sentido vertical como horizontal sin combamiento.

#### **15.4.6. PRISMAS PENTAGONALES**

Tenemos tres tipos de prismas.

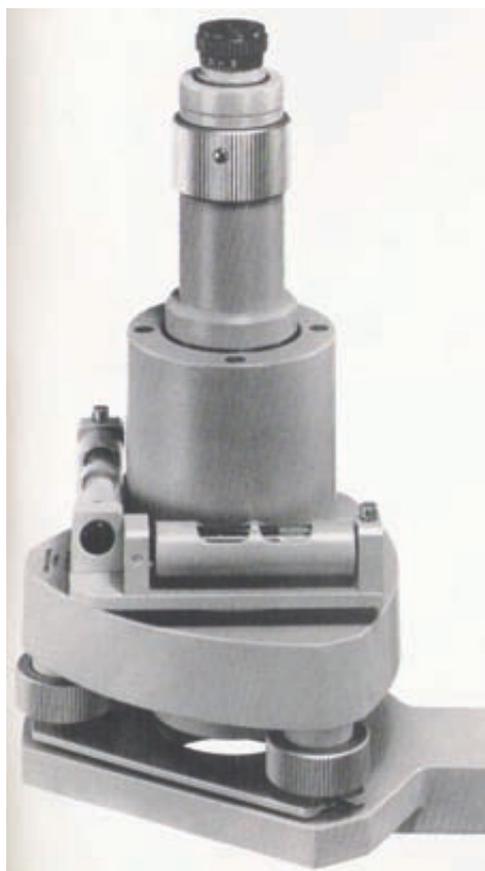


Figura 15.9: FL1



Figura 15.10: Prismas pentagonales

El prisma pentagonal doble con visión inclinada F1 con campo de visión inclinada a  $\pm 45^\circ$ , mirilla para visión directa, precisión del azogado angular de  $1'$ , con cierre giratorio con fijador esférico y con prismas de dimensiones de 15x15 mm.

El prisma pentagonal doble F2, es como el F1 pero sin visión inclinada.

El prisma pentagonal F3, es como el F1 pero con cierre rotativo en vez de cierre giratorio.

## **Parte IV**

# **CONCLUSIONES**

La necesidad del ser humano por mejorar e innovar ha propiciado que la instrumentación topográfica también lo haga. Es un hecho, también, la necesidad de situarse y orientarse cada vez mejor en el espacio, lo cual se logra mediante los planos y los mapas que se realizan gracias a los instrumentos topográficos.

El objeto de este trabajo de investigación se ha basado en el estudio de la instrumentación, que desde hace muchos siglos ha sido objeto de investigación por parte de los ingenieros especialistas. Como se puede comprobar, a lo largo del siglo que hemos estudiado, desde el entorno del año 1850 al 1950, la instrumentación ha evolucionado aliviándose las comprobaciones que se tenían que hacer a los goniómetros y niveles antes de salir a campo y durante la observación, hasta desaparecer prácticamente en la actualidad con la aparición de las estaciones totales. Por eso, podemos decir que la instrumentación ha ido evolucionando, convirtiéndose cada vez en aparatos más cómodos y fáciles de usar (recuérdese la historia del telurómetro explicada en el capítulo 1). Así, el rendimiento ha progresado junto a la comodidad de empleo exponencialmente. De la precisión no puede decirse lo mismo. Es la comparación entre la delicada artesanía de antaño y el actual trabajo en serie.

Entre los años que nos ocupan (1850-1950) se desarrollaron los mapas nacionales, dando lugar a la separación entre la Geografía y la Ingeniería, naciendo la Ingeniería Cartográfica tal como hoy se entiende en el Mundo Occidental. Este hecho, aceleró la evolución de la instrumentación para conseguir instrumentos precisos y rápidos. En la creación de estos mapas, figuran en cabeza países como Inglaterra y Francia, que a partir de 1787, empezaron a triangular con el teodolito con micrómetro de Jesse Ramsden.

Pero para la creación de las series cartográficas nacionales, hacia falta una Red Geodésica de Referencia. Este problema se encargan de abordarlo Francia, que en 1817 emprende la tarea, e Inglaterra, que en 1791 crea la Ordnance Survey.

Francia, no sólo crea la Red de Primer Orden para su país, sino que también enlaza esa Red de Primer Orden con la Red Británica cruzando el Canal de la Mancha, España, Bélgica, Suiza, Alemania, Italia y, en 1877, con la red siciliana a través de la de Túnez. El método usado para la creación de la Red Geodésica es el de las cadenas, finalmente la Red de Primer Orden consta de seis cadenas de triángulos, tres paralelos y tres meridianos, con bases en

Melun y Perpignan.

Por su parte Inglaterra, observa y calcula su Red de Primer Orden entre los años 1809 y 1846, mediante el método de la malla continua que es, técnicamente, más avanzado que el de las cadenas. También se extienden los trabajos geodésicos a las colonias que, por aquél entonces, pertenecían a Inglaterra, pero no es el Ordnance Survey quién se encarga de realizarlos sino que cada colonia se encarga de extender la red. Entre esas colonias destaca el Servicio Topográfico de la India, que entre 1818 y 1873, levanta el “Gran Arco Indio” cubriendo así toda la India, pasando por el macizo del Everest. El mando del Servicio Topográfico de la India fue, en primer lugar, asumido por el Teniente Coronel William Lambton, en 1823 se encargó de él el Coronel George Everest, en 1843 toma el testigo Sir Andrew Scott Waugh, y finalmente en 1861 el mando pasa a ser del General Walker quien completa el mapa.

Es a los suizos a los que más les interesa la evolución de la instrumentación, ya que sus escarpados terrenos complican notablemente los levantamientos topográficos. Aún así, es Suiza el país con mejor cartografía de Europa y lo demuestra con el Mapa Dufour, iniciado en 1830 y acabado en 1864.

A partir de aquí, es cuando todos los países desarrollan sus Redes de Primer Orden, desarrollando a la vez la necesidad de la ciencia Geodésica y de una instrumentación capaz de alcanzar las precisiones que esta ciencia precisa. Y es aquí donde la instrumentación Europea avanza para alcanzar esas precisiones demandadas, alcanzándolas y convirtiendo a las casas comerciales europeas en competidoras entre sí para ofrecer los mejores instrumentos.

Es entonces cuando España siente esa necesidad que el resto de los países europeos ya ha experimentado, y empieza a abordar el proyecto de crear su mapa nacional. Todo este proyecto empieza bajo el reinado de Carlos IV, Don Manuel Godoy publicó las Reales Ordenanzas de Agosto de 1796, orientadas a la creación del Mapa Nacional de España mediante las más avanzadas tecnologías y métodos científicos de la época. Este proyecto, que no surgió adelante, tuvo varios comentarios, uno de ellos fue el de Don Melchor Gaspar de Jovellanos que dijo:

“...Mapa sin cuya luz la política no formará un cálculo sin error, no concebirá un plan sin desacierto, no dará sin tropiezo un solo paso. Sin cuya dirección la economía más prudente no podrá, sin riesgo de desperdiciar sus fondos, o malograr sus fines, emprender la navegación de un río, la abertura de un canal de riego, la construcción de un camino o de un nuevo puerto, ni otro alguno de aquellos designios que, abriendo las fuentes de la riqueza pública, hacen florecer las provincias y aumentan el verdadero esplendor de las naciones...”

Y en España se empieza a hacer cartografía basándose en métodos matemáticos y científicos, para lo que fue esencial la aparición de las primeras Escuelas de Ingenieros Militares y Civiles.

El principio de nuestra Red Geodésica se lo debemos a Jorge Juan, que en 1751, presentó un informe a la Secretaria de Estado de Despacho Universal de la Marina titulado “Método de levantar y dirigir el mapa o plano general de España, por medio de triángulos observados por buenos cuartos de círculos y reflexiones sobre las dificultades que pueden ofrecerse”. En él, se intentaba formar una red geodésica con lados de 6 a 10 leguas (1 leguas era aproximadamente 5,572 km) y comprobaciones por determinación observacional de coordenadas astronómicas. Estas medidas, fueron las recomendadas para la red de primer orden, lados de 30 a 60 km.

Como también se ha podido observar a lo largo de la investigación, las comodidades de los instrumentos actuales, son inexistentes en los clásicos que hemos tratado, pero no la precisión. Hay, en este escrito, instrumentos más precisos y exactos que los actuales GPS. Aunque el fundamento de ambos tipos de instrumentos no son comparables, sí su precisión, siendo más precisos los modelos antiguos que los actuales GPS o, incluso, las actuales estaciones totales. Entonces, ¿hemos ganado en rendimiento pero no en precisión?. Pues puede ser una conclusión sorprendente, pero entendemos que sí. Y es bien cierto, que en trabajos topográficos no necesitamos las precisiones del Ni-2 de Zeiss, y cuando las necesitemos, seguramente en trabajos geodésicos, las casas comerciales actuales tienen instrumentos más clásicos que nos cubren esa necesidad. Aún así, pensamos que sería interesante reto para la tecnología contemporánea construir un instrumento capaz de aunar las precisiones que se alcanzaron en

la época estudiada y los rendimientos actuales.

Otro aspecto que se quería abordar con la redacción del presente trabajo, es el de cubrir el vacío que hay en cuanto a la bibliografía de la historia de la instrumentación, ya que ésta es escasa y dispersa. Como se puede comprobar, hay bastante información acerca de otras épocas, como el siglo XV, y que ya ha sido estudiada, recopilada y publicada. En nuestro caso la información, estaba limitada principalmente a los catálogos de las empresas suministradoras de material topográfico y a libros ya obsoletos o anticuados. Pero, aún teniendo dificultades serias en la consecución de la información sobre la instrumentación del siglo tratado, creemos, que hemos cubierto ese vacío bibliográfico con algún éxito.

Al no poder extendernos con toda la documentación que pudimos recopilar, ya que hubiera sido un escrito demasiado farragoso y extenso, hemos decidido introducir la instrumentación y casas comerciales más importantes, aunque sabemos que existen más que las citadas, como la casa italiana Salmioghari, la española Topograf o las empresas Pentax y Nikon, hoy día dirigidas ambas al mundo de la fotografía. Otro aspecto en el que se ha tratado de sintetizar ha sido la distancimetría de la época, por las mismas razones, para no extendernos demasiado y pensando que mi concepción clásica es más simple, y su presentación y oferta comercial en consecuencia menos variada. Sucede lo contrario con la goniometría y nivelación, y por ello las hemos dedicado la mayor parte del esfuerzo.

Finalizo este trabajo de investigación, concluyendo que es cierto que después de haber estudiado la instrumentación que se usaba hace más de 100 años, se siente admiración por aquellos que no pudieron disfrutar las ventajas y comodidades que nos ha dado la tecnología actual y sin embargo alcanzaron logros técnicos que, en algunos aspectos, igualan por lo menos el potencial científico actual.

## Bibliografía

- [1] CHUECA PAZOS, Manuel. *Topografía*. Tomo I. Editorial Dossat, S.A. ISBN. 84-237-0590-0.
- [2] CHUECA PAZOS, Manuel-JIMÉNEZ MARTÍNEZ, M<sup>a</sup>Jesús-GARCÍA GARCÍA, Francisco-VILLAR CANO, Miriam. *Compendio de historia de la ingeniería cartográfica*. Editorial Universida Politécnica de Valencia. Valencia, 2008. Ref. 2008.996.
- [3] DOMINGUEZ GARCÍA-TEJEDO, F. *Topografía. General y aplicada*. Ediciones Mundi-Prensa, 1997. ISBN. 84-7114-721-1.
- [4] GURLEY, W. & L.E. *A manual of American Engineers & Surveyors Instruments*. The Astragal Press. New Jersey (U.S.A), 1993. ISBN. 1-879335-34-4.
- [5] BERGER, C.L. & SONS. *Hand-book and illustrated catalogue of the Engineers' and Surveyors' Instruments of Precision*. The Astragal Press. New Jersey (U.S.A),1993. ISBN. 1-879335-33-6.
- [6] DE ELOLA Y GUTIÉRREZ, José. *Levantamientos y reconocimientos topográficos. Tomo I y II*. Madrid, 1908.
- [7] GUTIÉRREZ FOSSI, Ignacio. *Tratado de Topografía Clásica*. Editorial Dossat S.A. Madrid, 1949.
- [8] Wikipedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org).
- [9] [www.wild-herbrugg.com/History.htm](http://www.wild-herbrugg.com/History.htm)

- [10] DE LA CRUZ GONZÁLEZ, José Luís y MESA MINGORANCE, José Luís. “Instrumentos de topografía. Recordando su historia”. Enero, 1997. [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=839](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=839).
- [11] JIMÉNEZ MARTÍNEZ, M<sup>a</sup>.J. “*Jorge Juan y la Geodesia de la Ilustración. Visión técnica e histórica desde el siglo XXI*”, Revista Digital de la Real Academia de la Cultura Valenciana. 2011. <http://www.racv.es/node/3071>
- [12] Catálogos, folletos y páginas web de marcas como Askania, DMC, Fennel, Breithaupt-Kassel, Topcon, Geo-5, Pentax, Mom, Kern, Zeiss, Wild, Sokkisha o Meridian, ente otras.