

## Juego de aparatos – Módulo de elasticidad 1018527

### Instrucciones de uso

05/16 TL/UD



### 1. Advertencias de seguridad

Al ser utilizados de acuerdo con su uso específico, se garantiza el funcionamiento seguro de los aparatos. Sin embargo, la seguridad no se garantiza cuando los aparatos no se manejan apropiadamente o sin el correspondiente cuidado.

Cuando es de considerar que un funcionamiento fuera de peligro no es más posible (p.ej. con daños visibles), los aparatos se deben poner fuera de servicio.

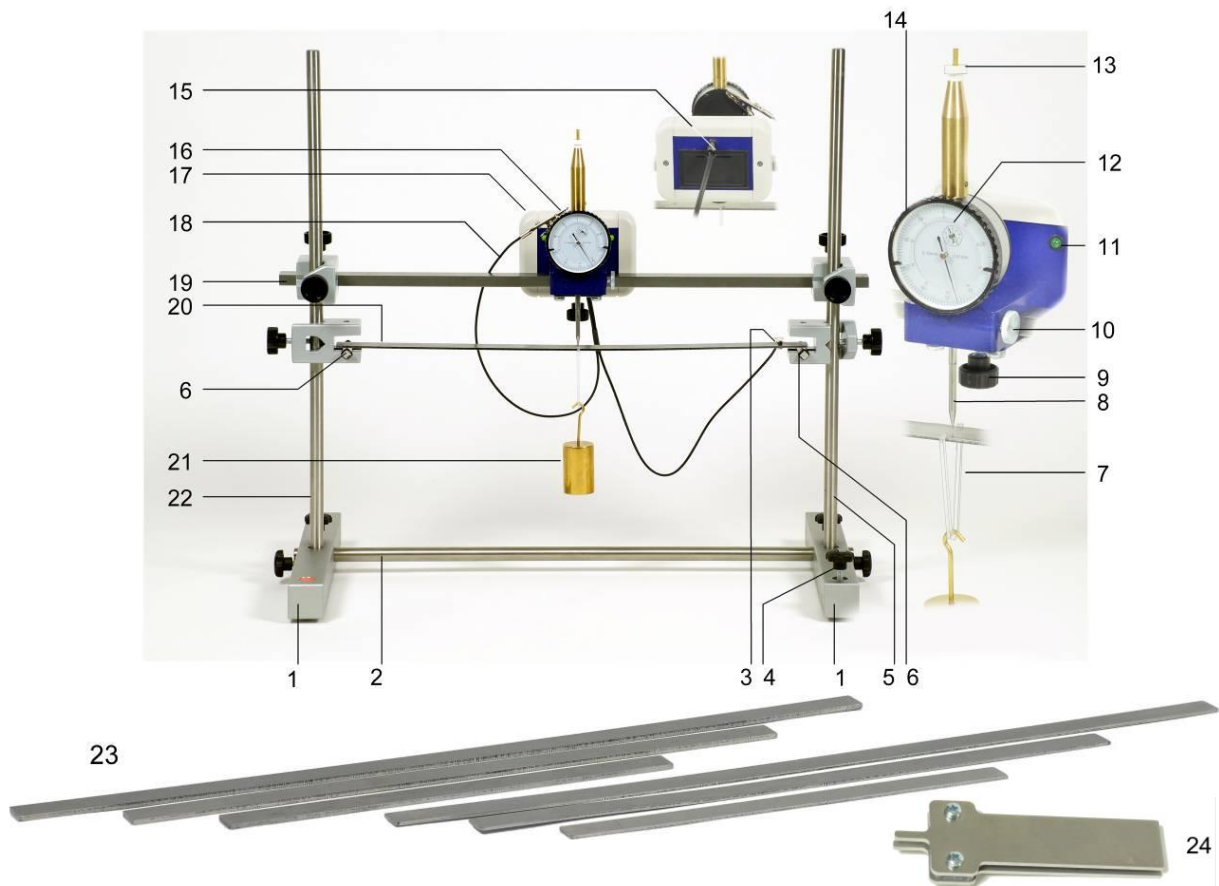
- El juego de aparato se debe utilizar sólo en recintos secos.
- No se debe aplicar ninguna tensión externa en los casquillos de trinquete de 3,5 mm de la unidad del reloj comparador.
- Se pone en funcionamiento sólo con la batería de 9 V que se entrega con el aparato o con baterías de la misma forma (6F22).



El deslizamiento y la salida del travesaño horizontal de la nueces universales, llevando la unidad de reloj comparador acoplada, puede conducir a un daño irreversible de la unidad de reloj comparador.

- Al montar y desmontar el travesaño horizontal, teniendo la unidad de reloj comparador acoplada en él, es necesario tener cuidado que no se deslice, se salga de las nueces universales y se caiga.
- Antes de montar o después de desmontar el travesaño horizontal con la unidad de reloj comparador acoplada se depone en una mesa sólo sobre la parte trasera de la carcasa de plástico de la unidad de reloj comparador. Antes se separa del casquillo de trinquete de 3,5 mm del cable de conexión para el contacto de la punta de medición.

## 2. Volumen de suministro



- 1 Pie de sección cuadrada
- 2 Varilla pedestal
- 3 Borna de acometida de la muestra de material
- 4 Tornillo de compensación del piso
- 5 Varilla vertical derecha
- 6 Borde soporte
- 7 Abrazadera de sujeción para la pesa
- 8 Punta de medición
- 9 Tornillo de fijación – Unidad de reloj comparador
- 10 Tornillo de fijación – Reloj comparador
- 11 Indicador de LED de contacto de la punta de medición
- 12 Reloj comparador
- 13 Tornillo de ajuste de altura para la punta de

- medición
- 14 Anillo con escala
- 15 Casquillo de trinquete de 3,5-mm para el contacto de la punta de medición
- 16 Borna de acometida para el reloj comparador
- 17 Unidad de reloj comparador
- 18 Cable de conexión para el contacto de la punta de medición
- 19 Travesaño horizontal
- 20 Muestra de material
- 21 Pesa 5x 50 g
- 22 Varilla vertical izquierda
- 23 Muestras de material (6x)
- 24 Mordaza

### 3. Muestras de material

Ancho:	Espesores:	Longitudes:
15 mm	2 mm	215 mm, 315 mm, 415 mm
15 mm	3 mm	215 mm, 315 mm, 415 mm

Material: Acero

### 4. Datos técnicos

Batería para la unidad de reloj comparador:	9 V, 6F22
Alcance de medida	
Reloj comparador:	0 – 10 mm
Resolución del reloj comparador:	0,01 mm
Dimensiones:	aprox. 550x280x500 mm <sup>3</sup>
Masa:	aprox. 5,5 kg

## 5. Descripción

El juego de aparatos "Módulo de elasticidad" se compone de seis barras planas de acero de un ancho de 15 mm de diferentes espesores y longitudes, una unidad de reloj comparador, un travesaño horizontal con bastidor, dos bordes cortantes de reposo, una mordaza y dos pesas con abrazadera de sujeción.

El juego de aparatos hace posible el estudio de la deformación elástica de barras con geometría plana y la determinación del módulo de elasticidad. La unidad de reloj comparador hace posible la determinación de la deformación en muestras de material que conducen eléctricamente sin tener que considerar la característica de carga del reloj comparador. La unidad de reloj comparador tiene contacto eléctrico con la muestra de material de tal forma que cuando la punta de medición se pone en contacto con la muestra de material se indica sensiblemente por medio de dos LEDs. En esta forma la medición tiene lugar casi libre de carga. La flexión de la muestra de material generada por la pesa colgada se mide con una exactitud de lectura de 0,01 mm y a partir de allí se determina el módulo de elasticidad del material.

Son posibles mediciones con muestras de material apoyadas en ambos extremos o sujetas en un sólo extremo.

## 6. Puesta en funcionamiento

### 6.1 Muestras de material apoyadas en ambos extremos

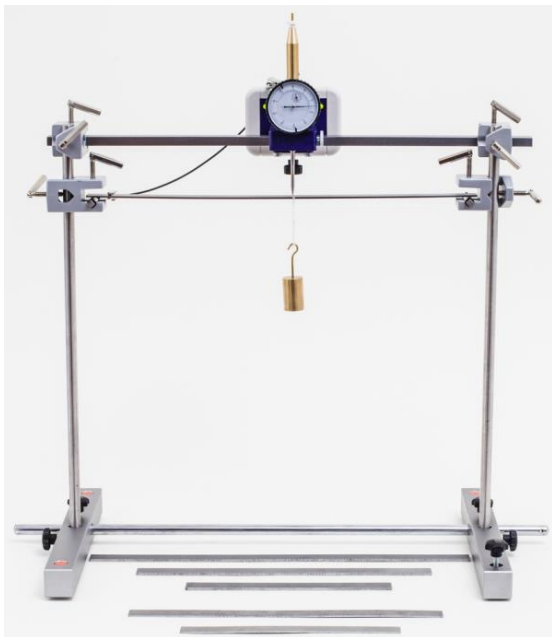


Fig. 1: Montaje experimental para una muestra de material apoyada en ambos extremos.

- Primero se monta el bastidor compuesto de los dos pies de sección cuadrada, la varilla pedestal, las dos varillas verticales y las cuatro nueces universales, de acuerdo con la Fig. 1. Cada una de las dos nueces universales para alojar el travesaño horizontal con la unidad de reloj comparador acoplada, se fija a la misma altura en cada una de las varillas verticales. Las dos nueces universales para alojar la muestra de material se fijan a aprox. 15 mm por debajo. ¡Se debe considerar la orientación de cada una de las nueces universales, como se observa en la Fig. 1!
- Se coloca un borde soporte en cada una de las nueces universales destinadas a alojar la muestra de material. Los bordes soporte se inmovilizan con los anillos de goma de los mismos.
- La distancia entre los pies de sección cuadrada se ajusta de tal forma que la distancia entre los bordes soporte corresponda a la longitud efectiva de la muestra de material a medir, es decir, ya sea, 200 mm, 300 mm ó 400 mm.
- La unidad de reloj comparador se desliza sobre el travesaño horizontal y con el tornillo de fijación de la unidad de reloj comparador se fija en el centro del travesaño horizontal.
- El travesaño con la unidad de reloj comparador acoplada se fija en las dos nueces universales de arriba (se tiene en cuenta la advertencia de seguridad del Punto 1), De tal forma que la punta de medición quede localizada en el centro entre los dos bordes soporte.
- Se centra la posición de la altura de la punta de medición. Para ello se enrosca hacia adentro o hacia afuera la punta de medición, utilizando el tornillo de ajuste de altura, de tal forma que la varilla roscada sobresalga aprox. 14 mm por encima del tornillo de ajuste de altura.
- Se alza la punta de medición y la muestra de material a medir se coloca sobre los bordes soporte, de tal forma que descansa horizontal y simétricamente y que sus extremos no toquen las nueces universales. Con cuidado se deja descansar la punta de medición sobre la muestra de materia. En caso de que la muestra de material no descansa horizontalmente, se corrige la posición de la muestra de material desplazando las nueces universales correspondientemente a lo largo de las varillas verticales.
- Inclinaciones leves de la muestra de material, generadas p.ej. por desniveles de la base se compensan por medio del tornillo de compensación del piso.
- La clavija de trinquete de 3,5-mm del cable de conexión para el contacto del reloj compa-

rador se enchufa en el casquillo de triquete de 3,5 mm en la parte trasera de la carcasa de la unidad de reloj comparador. Una de las bornas de acometida del cable de conexión se fija en la borna de conexión prevista en el reloj comparador, la otra en la muestra de material, como se observa en la Fig. 1.

- La pesa se cuelga exactamente en el centro de la muestra de material a la altura de la punta de medición.
- Antes de la medición de una muestra de material ya sea corta o larga, se desmonta primero el travesaño horizontal con la unidad de reloj comparador acoplada (se tiene en cuenta la advertencia de seguridad del Punto 1), se ajusta de nuevo, correspondientemente, la distancia entre los pies de sección cuadrada y se sigue como se describe arriba.

## 6.2 Muestra de material sujeta en un solo lado



Fig. 2: Montaje experimental para una muestra de material sujeta en un lado.

- Se monta el bastidor de acuerdo con la Fig. 2. En cada una de las dos varillas verticales se fija una de las dos nueces universales a la misma altura para colocar el travesaño horizontal con la unidad de reloj comparador acoplada, la nuez universal para sujetar a un lado la muestra de material se fija por debajo a aprox. 15 mm ¡Se debe tener en cuenta la orientación de cada una de las nueces universales!
- La distancia entre los pies de sección cuadrada se debe ajustar de tal forma que los extremos de travesaño horizontal queden a ras con las dos nueces universales de arriba.
- Se desliza la unidad de reloj comparador a lo largo del travesaño horizontal y primero se enclava con el tornillo de fijación de la

misma, en el centro del travesaño.

- El travesaño horizontal con la unidad de reloj comparador acoplada se fija en las dos nueces universales de arriba (se tiene en cuenta la advertencia de seguridad del Punto 1).
- Se centra la posición de la altura de la punta de medición. Para ello se enrosca hacia adentro o hacia afuera la punta de medición utilizando el tornillo de ajuste de altura, de tal forma que la varilla roscada sobresalga aprox. 14 mm por encima del tornillo de ajuste de altura.
- La muestra de material a medir se coloca en la mordaza en dirección longitudinal y se fija con la nuez universal de abajo como se observa en la Fig. 2, alzando al tiempo la punta de medición de la unidad de reloj comparador y a continuación se depone con cuidado sobre la muestra de material. Se debe tener en cuenta que las mandíbulas de la mordaza del lado sobresaliente de la muestra de material esté a ras con la nuez universal.
- Se afloja el tornillo de fijación de la unidad de reloj comparador, se alza la punta de medición y se desplaza la unidad de reloj comparador a lo largo del travesaño horizontal hasta que la punta de medición quede a unos milímetros del extremo libre de la muestra de material.
- La clavija de trinquete de 3,5-mm del cable de conexión para el contacto del reloj comparador se enchufa en el casquillo de triquete de 3,5 mm en la parte trasera de la carcasa de la unidad de reloj comparador. Una de las bornas de acometida del cable de conexión se fija en la borna de conexión prevista en el reloj comparador, la otra en el extremo trasero de la mordaza, como se indica en la Fig. 2.
- Con la abrazadera de soporte se cuelga la pesa en la muestra de material a la altura de la punta de medición.

### Observaciones:

Las muestras de material se limpian en el punto de contacto con la punta de medición, si es necesario se secan con un trapo de vellón, o p.ej. con una esponjilla de cocina..

Las distancias entre los bordes soporte, en caso de muestras de material apoyadas a ambos lados, las distancias entre la punta de medición y el borde delantero de la mordaza, en muestras sujetas a un solo lado, así como el ancho y el espesor de las muestras de material se pueden controlar utilizando una cinta métrica de bolsillo, 2 m (1002603) y un pie de rey digital (1002602) y se anotan los valores de medida.

## 7. Manejo del reloj comparador

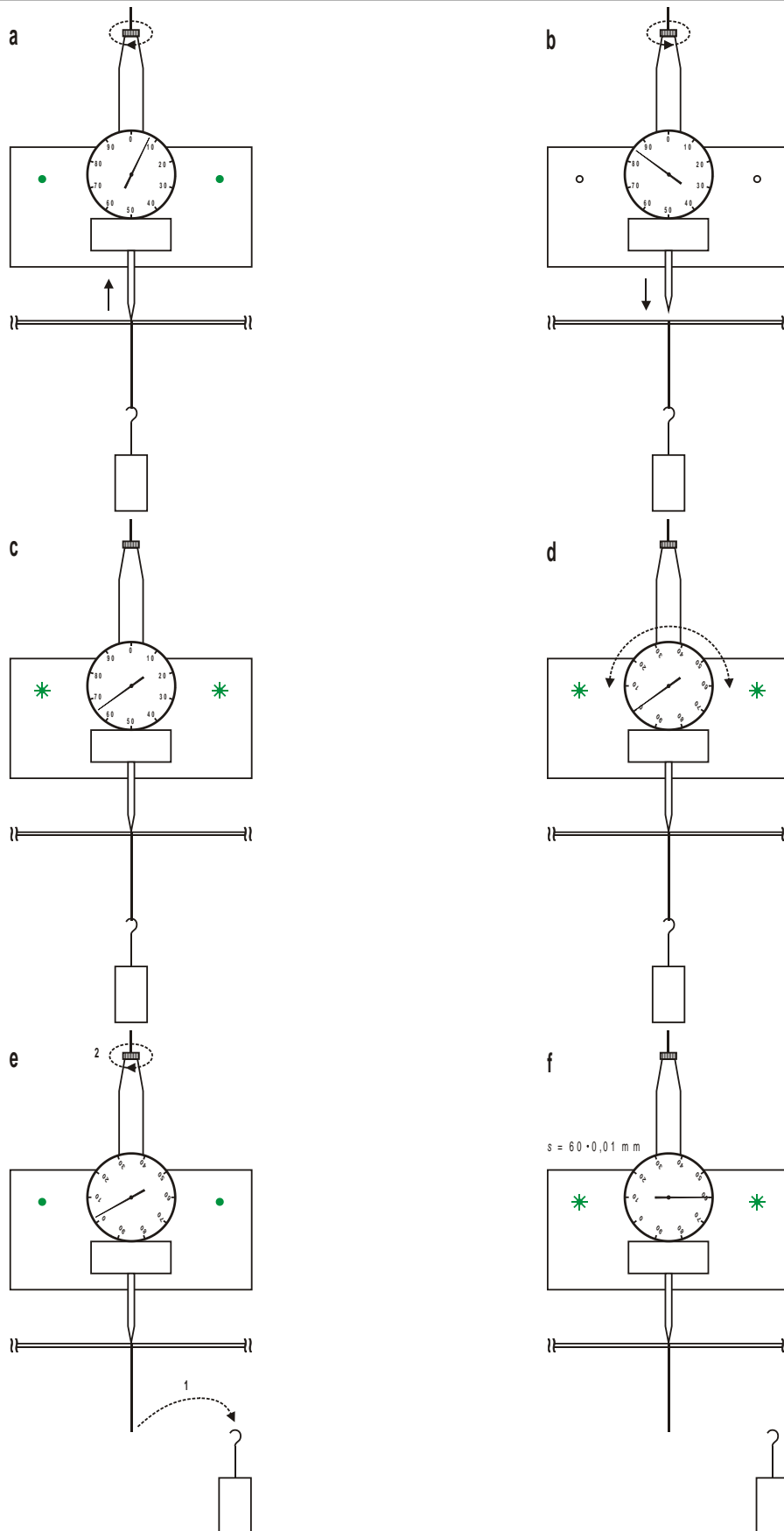


Fig. 3: Manejo del reloj comparador.

- Primero se gira el anillo con escala en el reloj comparados hasta que el cero de la escala se encuentre en la posición 12-horas.

Ambos LEDs en la unidad de reloj comparador se encienden cuando la punta de medición hace contacto con la muestra de material y se apagan cuando el contacto se interrumpe.

**Observación:**

En caso de muestras de material de 2 mm de espesor sujetadas unilateralmente y con una carga de 200 g puede la flexión ser tan grande que con el tornillo de ajuste de la altura completamente roscado hacia adentro la punta de medición no llega a contactar la muestra de material. En este caso la nuez universal en la cual se encuentra sujeta la muestra de material se desplaza un poco más cerca hacia la nuez en la cual se encuentra sujeto el travesaño (Distancia aprox. 10 mm).

- Si los LEDs se encienden con la pesa colgante, el tornillo de ajuste de la altura se gira hacia hasta que los LEDs empiecen a parpadear (Fig. 3a,c).
- Si los LEDs están apagados con la pesa colgante, el tornillo de ajuste de la altura se gira hacia la izquierda hasta que los LEDs empiecen a parpadear (Fig. 3b,c).

**Observaciones:**

El parpadeo de los LEDs señala que la punta de medición se ha posado sobre la muestra de material casi libre de carga.

Ambos LEDs tienen la misma función de indicación.

- Se gira el anillo con escala del reloj comparador hasta que el cero de la escala concuerde con la posición de la aguja del reloj (Fig. 3d).
- Se descuelga con cuidado la pesa de la abrazadera (Fig. 3e). La muestra de material ejerce una fuerza de restitución sobre la punta de medición y, dependiendo del método de medición (ver 6.1 resp. 6.2), de la muestra de material utilizada y de la pesa, la aguja del reloj comparador se mueve más o menos fuertemente saliendo de la posición cero ajustada al descolgar la pesa. Los LEDs se encienden de forma permanente.
- Se gira el tornillo de ajuste de altura hacia la derecha (Fig. 3e) hasta que los LEDs vuelvan a empezar a parpadear; es decir, la punta de medición está descargada (Fig. 3f). El valor indicado en la escala negra del reloj comparador corresponde a la flexión de la muestra de material. Se lee y se anota este valor, teniendo en cuenta si la aguja ha dado una o varias vueltas, dependiendo de

la muestra de material y de la pesa. Cada vuelta completa corresponde a una flexión de 1 mm y se debe tener en cuenta correspondientemente.

- Si es necesario se repite la medición varias veces y se calcula un valor medio.

**Observación:**

También se puede proceder al revés, es decir, el ajuste del cero se puede realizar sin la pesa colgada y la lectura con la pesa colgada. En este caso el reloj comparador gira hacia la izquierda y el valor de medida se puede leer en la escala roja del reloj comparador.

**8. Cálculo del módulo de elasticidad E**

**8.1 Muestra de material apoyada a ambos lados**

$$E = \left(\frac{L_2}{d}\right)^3 \cdot \frac{F}{4 \cdot b \cdot s}$$

E: Módulo de elasticidad

L<sub>2</sub>: Distancia entre los bordes de reposo

d: Espesor de la muestra de material

b: Ancho de la muestra de material

s: Flexión de la muestra de material

F: Fuerza ejercida por la pesa

$$E = \left(\frac{300 \text{ mm}}{2 \text{ mm}}\right)^3 \cdot \frac{0,1\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{4 \cdot 15 \text{ mm} \cdot (29 \cdot 0,01 \text{ mm})}$$

$$= 190 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 190 \text{ GPa}$$

**8.2 Muestra de material sujeta unilateralmente**

$$E = \left(\frac{L_1}{d}\right)^3 \cdot \frac{4 \cdot F}{b \cdot s}$$

L<sub>1</sub>: Distancia entre la punta de palpado y el borde delantero de la mordaza

$$E = \frac{\left(\frac{244 \text{ mm}}{2 \text{ mm}}\right)^3 \cdot 4 \cdot 0,1\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{15 \text{ mm} \cdot (2 \text{ mm} + 58 \cdot 0,01 \text{ mm} - 0,024 \text{ mm})}$$

$$= 186 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = 186 \text{ GPa}$$

**Observación:**

En el caso de muestras de material sujetas unilateralmente y cargadas, en interés de una exactitud de medida más alta, se puede tener en cuenta el par que actúa sobre la nuez universal. Por cada Newton de fuerza generada

por la pesa y 100 mm de longitud de la muestra sujeta se pueden sustraer 0,01 mm del valor indicado. En el ejemplo de arriba con  $L_1 = 244 \text{ mm}$  y  $F = 0,98 \text{ N}$ , es decir  $2,44 \cdot 0,98 \cdot 0,01 \text{ mm} = 0,024 \text{ mm}$ .

Los valores de medida determinados por uno y otro método de medición difieren entre sí sólo en aprox. 2% y concuerdan bien con el valor bibliográfico (entre 190 y 210 GPa, dependiendo de la clase de acero).

## 9. Almacenamiento, Limpieza, Desecho

- El aparato se almacena en un lugar limpio, seco y libre de polvo.
- No se debe usar ningún elemento agresivo ni disolventes para limpiar el aparato.
- Para limpiarlo se utiliza un trapo suave húmedo.
- El embalaje se desecha en los lugares locales para reciclaje.
- En caso de que el propio aparato se deba desechar como chatarra, no se debe deponer entre los desechos domésticos normales. Se deben cumplir las prescripciones locales para el desecho de chatarra eléctrica.
- Nunca deseche las baterías descargadas en los basuras domésticas. Siga siempre las prescripciones legales del lugar de trabajo (D: BattG; EU: 2006/66/EG).

