

Persona de contacto: Hendrych Tomáš,
Mgr.

Teléfono: 545 555 414

1.-----IND- 2018 0331 CZ-- ES- ----- 20191115 --- --- FINAL

DECRETO PÚBLICO

El Instituto Checo de Metrología (en lo sucesivo, «ICM») inició de oficio, como autoridad con jurisdicción material y territorial en el establecimiento de los requisitos técnicos y metrológicos para los instrumentos de medida especificados y el establecimiento de métodos de ensayo para la homologación de tipo y la verificación de los instrumentos de medida especificados de conformidad con el artículo 14, apartado 1, de la Ley n.º 505/1990 sobre metrología, en su versión modificada, y de conformidad con el artículo 172 y siguientes de la Ley n.º 500/2004, el Código de Procedimiento Administrativo en su versión modificada (en lo sucesivo, «CPA»), el 26 de febrero de 2016, un procedimiento con arreglo al artículo 46 del CPA, y, sobre la base de la documentación de apoyo, emite el siguiente:

I.

MEDIDA GENERAL

número: 0111-OOP-C070-18

por la que se establecen los requisitos técnicos y metrológicos para determinados instrumentos de medida, incluidos los requisitos para la verificación de los siguientes instrumentos específicos:

«conjuntos de tendones para hormigón pretensado y anclajes de roca»

1 Definiciones básicas

A efectos de la presente Medida General, se aplican los términos y las definiciones del VIM y el VIML¹, así como los términos y definiciones que figuran a continuación:

¹ TNI 01 0115 El Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM), y el Vocabulario Internacional de Términos de Metrología Legal (VIML) forman parte del

1.1

Conjunto de tendones

Dispositivo usado para pretensar estructuras de edificios y anclajes de roca utilizando refuerzos insertados.

1.2

Gato tensor

Cilindro hidráulico con un pistón que sirve para ejercer fuerza de pretensado.

1.3

Unidad hidráulica

Dispositivo que sirve como fuente de presión hidráulica para el gato tensor.

1.4

Instrumento de medida de la fuerza

Parte de un conjunto de tendones que sirve para medir la fuerza de tensión.

1.5

Manómetro de presión

Manómetro de deformación o electromecánico utilizado para medir la presión del aceite en el gato tensor.

1.6

Célula de carga de referencia

Célula de carga que sirve para verificar un conjunto de tendones.

1.7

Manómetro de presión de referencia

Manómetro de presión que sirve para calibrar los manómetros de presión de trabajo de un conjunto de tendones.

1.8

Intervalo de confianza del conjunto de tendones, E_{NS}

Los límites del intervalo de confianza vienen determinados por la suma del error relativo de la indicación de fuerza y la incertidumbre relativa expandida del conjunto de tendones.

1.9

Valor de fuerza interpolado, F_a

Valor de fuerza calculado de acuerdo con el polinomio de primer, segundo o tercer grado.

1.10

Fuerza indicada en la escala del conjunto de tendones, F_i

El valor de fuerza indicado en la escala del conjunto de tendones (si el conjunto de tendones está equipado con dicha escala) o el valor de fuerza determinado a partir del diagrama o la ecuación.

1.11**Fuerza indicada en la escala del conjunto de tendones, F_i**

El valor de fuerza indicado en la escala del conjunto de tendones (si el conjunto de tendones está equipado con dicha escala) o el valor de fuerza determinado a partir del diagrama o la ecuación.

1.12**Fuerza en un pistón de un conjunto de tendones de varios cilindros, F_j**

El valor de la fuerza que un pistón de la prensa del conjunto de tendones ejerce sobre la correspondiente célula de carga de referencia en cada conjunto de nivel de carga.

1.13**Valor nominal de la fuerza de ensayo, F_N**

El mayor valor de fuerza del rango de medición del conjunto de tendones.

1.14**Valor de la fuerza indicada en la escala del conjunto de tendones, F_{NS}**

El valor de fuerza indicado en la escala del conjunto de tendones o el valor de la fuerza calculado a partir de la presión del aceite en el cilindro de la prensa hidráulica.

1.15**Valor cero de la variable antes de la carga, I_0**

Valor de indicación de la cantidad variable (fuerza real o presión de aceite) antes de una serie de mediciones cuando el conjunto de tendones está descargado, indicado en unidades de fuerza o presión.

1.16**Valor cero de la variable después de la carga, I_f**

Valor de indicación de la cantidad variable (fuerza real o presión de aceite) después de una serie de mediciones cuando el conjunto de tendones está descargado, indicado en unidades de fuerza o presión.

1.17**Coefficiente de sensibilidad del conjunto de tendones, S**

El coeficiente de sensibilidad es la relación entre el valor de la fuerza y la presión del aceite en el conjunto de tendones en el punto de medición de referencia. Estos son normalmente los valores nominales de fuerza y presión de aceite.

1.18**Incertidumbre expandida en el conjunto de tendones, U_{NS}**

El valor del error de fuerza o de la presión de aceite leído en cada nivel de carga para la probabilidad $P = 0,95$.

1.19**Incertidumbre relativa expandida del conjunto de tendones, W_{NS}**

El valor relativo del error de fuerza o de la presión de aceite calculado en cada nivel de carga para la probabilidad $P = 0,95$.

1.20**Valor interpolado de cantidad variable, X_a**

Valor de fuerza o de presión calculado de acuerdo con el polinomio de primer, segundo o tercer grado.

1.21**Valor de cantidad variable, X_i (X_1 to X_n)**

Los valores de la presión de aceite en el cilindro del conjunto de tendones (con una fuerza real constante) o el valor de la fuerza real (con una presión de aceite constante en el cilindro del conjunto de tendones), medidos al verificar el conjunto de tendones.

1.22**Valor máximo de la cantidad variable en el punto de medición, X_{\max}**

El valor máximo de la cantidad variable en el punto de medición en cuestión.

1.23**Valor mínimo de la cantidad variable en el punto de medición, X_{\min}**

El valor mínimo de la cantidad variable en el punto de medición en cuestión.

1.24**Valor medio de la cantidad variable, X_r**

El valor de la cantidad variable (fuerza o presión), calculado como media aritmética de los valores medidos con las células de carga de referencia o el manómetro de presión en cada nivel de carga.

1.25**Valor medio de la especificación variable a la fuerza nominal, X_N**

Valor medio de la variable a la fuerza nominal. Se especifica en unidades de fuerza o presión.

1.26**Valor relativo de la resolución del conjunto de tendones, a**

Valor relativo de la especificación más pequeña en la escala de fuerza del conjunto de tendones que se puede indicar en la escala. Se especifica en % del valor medido (en adelante, «% VM»).

1.27**Error relativo de repetibilidad, b**

Un valor relativo determinado como la proporción de la diferencia entre los valores máximos de las especificaciones de las variables determinadas al verificar el conjunto de tendones dividido por su valor medio. Se expresa en % VM.

1.28**Error relativo de interpolación, f_a**

El valor relativo de la diferencia entre el valor medio de la variable X_r y el valor X_a , calculado a partir del polinomio del primer, segundo o tercer grado. Se expresa en % VM.

1.29**Error relativo de valor cero, f_0**

El valor relativo de la diferencia entre los valores medidos en la escala del conjunto de tendones o de la célula de carga de referencia en relación con el valor nominal. Se expresa en % VM.

1.30**Error relativo del conjunto de tendones en funcionamiento inverso, h**

El valor relativo de la diferencia en la cantidad variable (fuerza o presión de aceite) durante la carga y descarga del conjunto de tendones con el mismo nivel de carga, en relación con el valor durante la carga.

1.31**Número de cilindros del conjunto de tendones, m**

El número de cilindros que se conectan en paralelo con el fin de aumentar la fuerza de tensión.

1.32**Número de series de medición, n**

El número de ciclos de carga idéntica al verificar el conjunto de tendones.

1.33**Valor de la presión en un solo cilindro del conjunto de tendones, p_i**

Valor de la presión del aceite en un solo cilindro del conjunto de tendones al nivel de carga aplicable.

1.34**Presión nominal del conjunto de tendones, p_N**

La presión de aceite en el cilindro de un gato tensor que debe acumularse para alcanzar la fuerza nominal F_N (normalmente el valor más alto de presión de aceite al que se realiza una prueba de un dispositivo para medir la fuerza de un conjunto de tendones). Se especifica en unidades de fuerza o presión.

1.35**Valor medio de la presión en todos los cilindros del conjunto de tendones, p_r**

El valor medio de la presión de aceite calculado a partir de presiones parciales en todos los cilindros del conjunto de tendones. Se calcula para cada nivel de carga.

1.36**Error relativo del instrumento de medida de fuerza, q**

El valor relativo de la diferencia de fuerza leído en la escala del conjunto de tendones y la fuerza real, en relación con la fuerza real.

1.37**Capacidad de resolución del conjunto de tendones, r**

El valor mínimo que la escala del conjunto de tendones puede indicar, expresado en unidades de fuerza o de presión de aceite.

1.38**Incertidumbre estándar de interpolación, u_a**

El valor de la incertidumbre estándar de interpolación se determina como la diferencia entre los valores de fuerza o presión de aceite calculados a partir de la escala de interpolación y los valores reales. Se especifica en unidades de fuerza o presión de aceite.

1.39**Incertidumbre estándar de repetibilidad, u_b**

El valor de la incertidumbre estándar de la repetibilidad se determina como la desviación estándar de la media aritmética de los valores medidos de la cantidad variable (fuerza o presión de aceite).

1.40**Incertidumbre combinada del conjunto de tendones, u_c**

La incertidumbre combinada del conjunto de tendones se determina como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las incertidumbres estándar de repetibilidad, resolución de la fuerza de referencia e interpolación.

1.41**Incertidumbre estándar de valor cero, u_0**

El valor de la incertidumbre estándar de valor cero se determina como la media aritmética de las diferencias en la cantidad variable después de la descarga y antes de cargar el conjunto de tendones. Se especifica en unidades de fuerza o presión.

1.42**Incertidumbre estándar de la célula de carga de referencia, u_{EF}**

La incertidumbre estándar de la célula de carga de referencia se calcula a partir de los datos especificados en la hoja de calibración para las células de carga de referencia, de las condiciones ambientales y de sus propiedades.

1.43**Incertidumbre estándar de la calibración de la célula de carga de referencia, $u_{F,cal}$**

La incertidumbre estándar de la calibración de la célula de carga de referencia se calcula a partir de los datos especificados en la hoja de calibración para las células de carga de referencia.

1.44**Incertidumbre estándar de la resolución del conjunto de tendones, u_r**

La incertidumbre estándar de la resolución de la escala en el dispositivo de indicación del conjunto de tendones. Se especifica en unidades de fuerza o presión de aceite.

1.45**Incertidumbre relativa estándar de la interpolación, w_a**

El valor de la incertidumbre estándar relativa de interpolación se determina como la diferencia entre los valores de fuerza o presión de aceite calculados a partir de la escala de interpolación y los valores reales. Está relacionado con el valor de fuerza real. Se expresa en % VM.

1.46**Incertidumbre relativa estándar de la repetibilidad, w_b**

El valor de la incertidumbre estándar relativa de la repetibilidad se determina como la desviación estándar de la media aritmética de los valores medidos de la magnitud variable (fuerza o presión de aceite) en relación con el valor medido en el punto de calibración aplicable. Se expresa en % VM.

1.47**Incertidumbre relativa estándar de calibración de la célula de carga de referencia, $w_{F,cal}$**

La incertidumbre relativa estándar de calibración de la célula de carga de referencia se calcula a partir de los datos especificados en su hoja de calibración. Se expresa en % VM.

1.48**Incertidumbre relativa estándar de la célula de carga de referencia, w_{EF}**

La incertidumbre relativa estándar de la célula de carga de referencia se calcula a partir de los datos especificados en la hoja de calibración para las células de carga de referencia, a partir de la incertidumbre parcial relativa de la influencia del entorno y a partir de las propiedades de las células de carga. Se expresa en % VM.

1.49**Incertidumbre estándar relativa de valor cero, w_0**

El valor de la incertidumbre estándar relativa de valor cero se determina como la media aritmética de las diferencias en la cantidad variable después de la descarga y antes de cargar el conjunto de tendones, en relación con el valor de la variable a la fuerza nominal. Se expresa en % VM.

1.50**Incertidumbre relativa estándar de la resolución del conjunto de tendones, w_r**

La incertidumbre relativa estándar de la resolución de la escala en el dispositivo de indicación del conjunto de tendones. Se expresa en % VM.

1.51**Incertidumbre relativa de interpolación de la célula de carga de referencia, w_{ap}**

La incertidumbre relativa de interpolación de la célula de carga de referencia al calibrar el instrumento de medida del conjunto de tendones. Se determina a partir de las hojas de calibración de las células de carga de referencia. Se expresa en % VM.

1.52**Error relativo de la célula de carga de referencia causado por la deriva de la señal, w_{drift}**

La incertidumbre estándar relativa del cambio en el tiempo de la señal de una célula de carga de referencia desde la última calibración. Se expresa en % VM.

1.53**Error relativo de la célula de carga de referencia debido a diferencias de temperatura, w_{temp}**

La incertidumbre relativa estándar de la célula de carga de referencia causada por una temperatura que era diferente cuando se verificó el conjunto de tendones y cuando fue calibrado. Se expresa en % VM.

1.54**Diagrama fuerza-presión**

La dependencia de la fuerza que actúa sobre el cordón o el anclaje con respecto a la presión del aceite en el cilindro del gato tensor.

1.55**Serie de medición**

Cada ciclo de medición en 8 a 15 puntos de medición durante la carga del gato tensor y de la célula de carga de referencia desde la posición cero hasta la fuerza nominal y su posterior descarga al estado descargado.

2 Requisitos metrológicos**2.1 Requisitos aplicables a conjuntos de tendones**

Los requisitos metrológicos aplicables a los conjuntos de tendones se basan en el documento ETAG 013² y se especifican en la tabla 1.

Tabla 1 – Parámetros metrológicos de conjuntos de tendones

Máxima expansión relativa admisible de la incertidumbre del conjunto de tendones W_{NS}	Valor máximo del error relativo admisible del conjunto de tendones para:				Máxima incertidumbre relativa expandida de la célula de carga de referencia W_{EF}
	Indicación de la fuerza tensora q	Repetibilidad de la fuerza tensora b	Interpolación de la fuerza tensora f_a	Resolución del indicador de fuerza del conjunto de tendones a	
% VM					
2	±2	1	±1	1	0,4

3 Requisitos técnicos

Los requisitos técnicos para los conjuntos de tendones se dividen en las siguientes partes:

- a) gato tensor;
- b) unidad hidráulica;
- c) manguera de conexión;
- d) sistemas de medición;
- e) placas de carga del bastidor.

² ETAG 013 «Kits de postensado para el pretensado de estructuras» El documento está disponible para el público en www.oiml.org.

3.1 Gato tensor

El gato tensor sirve para ejercer y medir la fuerza al pretensar elementos de soporte en estructuras de hormigón pretensado y anclajes de roca. El diseño del gato tensor debe permitir la comprobación segura de los instrumentos de medición de fuerza (presión y movimiento del pistón). El cuerpo del gato tensor debe llevar una tabla con la información básica de identificación. El gato tensor puede tener un cilindro hidráulico o varios.

Los instrumentos de medida de longitud que forman parte de ciertos gatos tensores se calibran como instrumentos de medida de longitud de acuerdo con procedimientos de calibración acreditados por separado. Su calibración no forma parte de esta Medida General.

3.2 Unidad hidráulica

La unidad hidráulica sirve para suministrar aceite a presión para el gato tensor. Contiene una bomba con circuitos de accionamiento, control y medición. También contiene un sistema de refrigeración para enfriar el aceite. La bomba de la unidad hidráulica debe estar dimensionada de manera que pueda suministrar una cantidad de aceite a la presión necesaria para ejercer la fuerza nominal del gato tensor. Los sistemas de regulación de la unidad hidráulica deben permitir el ajuste de la velocidad de aumento o disminución de la presión de aceite para permitir una indicación fiable de la presión de aceite y de los valores de fuerza de ensayo. El armario de la unidad hidráulica debe llevar una tabla con la información básica de identificación.

3.3 Manguera de conexión

La manguera de conexión debe estar dimensionada para la presión máxima posible y la cantidad máxima de aceite transportado. La longitud de las mangueras debe ajustarse a los requisitos de espacio. Las mangueras deben estar marcadas con información de identificación.

3.4 Sistemas de medición de la presión de aceite

El sistema de medición de la presión del aceite es mecánico o electromecánico. Un sistema de medición mecánico se compone de un manómetro de presión de deformación. El manómetro de presión de deformación deberá tener una precisión del 1 % o superior. Un sistema electromecánico se diseña sobre la base de sensores de presión de aceite tensométricos o piezoeléctricos y los amplificadores asociados. La incertidumbre de los sensores de presión y de los amplificadores debe ser superior al 0,2 %. Los sensores de presión y los amplificadores deberán poder identificarse inequívocamente por las marcas del fabricante, el modelo y el número de serie.

3.5 Placas de carga del bastidor

Las placas de carga son componentes separados del bastidor de carga. Sirven como elementos adaptables para la aplicación de fuerzas entre las células de carga de referencia, el bastidor y el gato tensor. Los platos de carga deben estar hechos de un material de calidad y mano de obra adecuadas. Las superficies de apoyo de las placas deben estar niveladas y ser lisas para no dañar las superficies de apoyo de las células de carga de referencia o de los conjuntos de tendones. La parte de medición de la célula de carga de referencia debe cargarse mediante una rótula esférica. Las placas deben estar dimensionadas para la resistencia de carga requerida, de modo que se evite una deformación indeseada de las células de carga de referencia que afectaría negativamente a los valores medidos.

4. Marcas de los instrumentos de medida

4.1 Marcas en los conjuntos de tendones

El gato tensor y la unidad hidráulica deben llevar una tabla de identificación del fabricante fácilmente accesible con las marcas:

- a) nombre del fabricante o empresa comercial;
- b) modelo del conjunto de tendones;
- c) año de fabricación;
- d) número de serie;
- e) fuerza nominal;
- f) presión nominal de aceite.

Los sensores de presión de aceite en el gato tensor (si están instalados) deben llevar la siguiente información:

- g) nombre del fabricante o empresa comercial;
- h) modelo de sensor;
- i) número de serie;
- j) presión nominal.

Todos los datos, especificaciones, información, etc. requeridos en los artículos de esta Medida deben ser especificados en el manual de usuario.

4.2 Colocación de la marca oficial

El conjunto del tendón debe tener lugares fácilmente accesibles para colocar las marcas oficiales. Todos los sistemas de medida deberán tener marcas oficiales a fin de impedir una manipulación de los elementos del sistema que pudiera causar cambios en las propiedades metrológicas del instrumento de medida.

5 Homologación de tipo del instrumento de medida

5.1 Información general

La homologación del instrumento de medida no es relevante.

6 Verificación inicial

6.1 Información general

El proceso de la verificación inicial del conjunto de tendones abarca:

- a) inspección visual;
- b) prueba de funcionamiento: prueba de la fuerza de pretensado del instrumento de medida.

6.2 Inspección visual

La finalidad de la inspección visual del conjunto de tendones será comprobar que:

- a) el conjunto de tendones sometido a verificación tenga todas las piezas funcionales y que dichas piezas no estén dañadas mecánicamente;
- b) los sistemas de medición y sus componentes son adecuados en términos de funcionalidad e integridad:
 - el gato tensor no tiene la junta y la estanqueidad del pistón dañadas y las superficies de apoyo y los elementos de anclaje no están dañados;
 - los manómetros de presión que miden la presión del aceite en los cilindros del gato tensor tienen la precisión necesaria, no están dañados, no presentan signos de intervención externa y funcionan sin problemas;
 - el indicador electrónico tiene la precisión necesaria (en el caso de un sistema electromecánico para medir la fuerza de pretensado);
 - la unidad hidráulica tiene el rendimiento necesario, no presenta signos de daños, la parte hidráulica está bien sellada y la parte eléctrica está libre de defectos externos;
 - las mangueras de conexión estén dimensionadas correctamente para la cantidad de aceite y la presión de aceite y no estén dañadas;
 - el conjunto de tendones se ha instalado en el bastidor de carga de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

6.3. Ensayos de funcionamiento

6.3.1 Equipo de ensayo

El ensayo de funcionamiento utiliza una célula de carga de referencia o un conjunto de células de carga (dependiendo del tipo de conjunto de tendones y del tamaño de la fuerza nominal), un bastidor de carga, componentes para ejercer la fuerza, un gato tensor, un sistema de medición del conjunto de tendones, una unidad hidráulica y una manguera de conexión.

6.3.1.1 Información general

La verificación del conjunto de tendones consiste en las siguientes partes:

- a) evaluación del estado técnico del conjunto de tendones;
- b) calibración del sistema de medición de la fuerza de pretensado.

6.3.1.2 Herramientas y equipos necesarios

Los siguientes instrumentos y equipos de medición serán necesarios para verificar los conjuntos de los tendones:

- a) Células de carga de referencia.

El ensayo de los instrumentos de medida de fuerza de los conjuntos de tendones requiere células de carga de referencia con una incertidumbre relativa expandida inferior al valor especificado en la tabla 1 de esta Medida General. El diseño de la célula de carga de referencia debe ser adecuado para el tipo verificado de conjunto de tendones.

b) Bastidor de rama tensora

El bastidor de la rama tensora sirve para ejercer la fuerza de prueba desde el gato tensor a la célula de carga de referencia. Deberá cumplir las condiciones técnicas para la verificación de los conjuntos de tendones aplicables y estar suficientemente dimensionado para no afectar a los resultados de medición causados por deformaciones desiguales durante la medición. También es necesario asegurarse de que la fuerza y las influencias de deformación del bastidor en el conjunto verificado no difieren demasiado de las condiciones durante el pretensado real. El bastidor de la rama tensora debe diseñarse de manera que no provoque una carga no axial de las células de carga de referencia ni influya negativamente en los resultados del ensayo del instrumento de medida del conjunto de tendones.

c) Manómetros de tensión para la calibración del conjunto de tendones

El conjunto de tendones debe estar equipado con manómetros de presión de un diseño adecuado y de la clase de precisión correspondiente. La verificación del conjunto de tendones se puede llevar a cabo con un manómetro de presión de referencia que no forme parte del conjunto de tendones. En este caso, el conjunto de tendones debe complementarse con manómetros de presión adicionales de la clase de precisión requerida con hojas de calibración válidas. Entonces será necesario corregir la incertidumbre del conjunto de tendones mediante la incertidumbre de calibración de estos manómetros de presión.

Los componentes del bastidor de la rama tensora incluyen otros dispositivos auxiliares que sirven para manipular el gato tensor y la célula de carga de referencia y encajarlos en el bastidor. Las placas base para ejercer fuerza sobre la célula de carga de referencia, el gato tensor y las piezas de sujeción también forman parte del bastidor.

d) Termómetro para medir la temperatura ambiente

Los termómetros sirven para medir la temperatura del ambiente durante la medición, para medir la temperatura de las células de carga de referencia y para medir la temperatura del aceite. El error máximo admisible de los termómetros para medir la temperatura ambiente y las células de carga es de $\pm 0,6$ °C.

6.3.2 Realización del ensayo de funcionamiento

El conjunto de tendones está equipado con una célula de carga de referencia integrada (o células de carga) para el ensayo del sistema de medición de la fuerza de pretensado. Se comprobarán la configuración y la conexión y se encenderá la unidad hidráulica. El sistema se deja en reposo durante 30 minutos para permitir que el funcionamiento y el sistema electrónico de medición de los dinamómetros se estabilicen. El valor cero de la fuerza y la presión de aceite se separan y se lleva a cabo un ciclo de carga desde un estado sin carga hasta el valor de fuerza nominal del conjunto de tendones (normalmente el límite superior del rango de medición). La fuerza se mantiene en este valor durante un período de 3 minutos. La suavidad del aumento de la fuerza de carga y el comportamiento del gato tensor se comprueban durante la carga. Si se produce un retardo con la fuerza nominal, se debe comprobar la estabilidad del mantenimiento de la fuerza ajustada. Si esta prueba de funcionamiento se lleva a cabo sin problemas, la prueba del equipo de células de carga del conjunto de tendones se realizará de acuerdo con el punto 6.3.3.

6.3.3 Ensayo del instrumento de medida de la fuerza del conjunto de tendones

Este ensayo se realiza mediante uno de dos procedimientos de medición posibles. Cada procedimiento comienza con tres cargas preliminares desde el estado descargado hasta el valor de fuerza nominal del conjunto de tendones y luego descargándolo hasta el estado descargado. El retardo en valor de fuerza cero y valor nominal es superior a 90 segundos. Durante este proceso se registra el valor de la fuerza y la presión en estado descargado y al valor nominal de la fuerza de pretensado. Una vez finalizada la carga preliminar, se realiza el ciclo de medición real.

En los conjuntos de tendones con un cilindro hidráulico, se llevan a cabo al menos tres series de medición bajo carga con eliminación de los valores reales de fuerza y presión en los puntos de calibración de fuerza

con descarga posterior desde el límite superior del rango de medición hasta el estado descargado. La serie de medición debe contener al menos ocho niveles de carga.

En los conjuntos de tendones con dos o más cilindros, la célula de carga de referencia se coloca debajo de cada pistón del conjunto de tendones. La carga preliminar hasta la fuerza de carga máxima con la posterior descarga completa se realiza tres veces. El retardo de la carga preliminar al valor cero debe ser superior a 30 segundos. A continuación, se llevan a cabo dos series de mediciones bajo carga con la eliminación de los valores de fuerza reales debajo de cada cilindro del gato tensor y los valores de presión de aceite en cada cilindro del gato tensor o la presión media de aceite en todos los cilindros. La medición se realiza en cada nivel de carga hasta la fuerza nominal. A continuación, se descarga hasta el estado descargado. Si el conjunto de tendones lo permite, deben seguirse dos series de medición durante la carga y descarga (series 3 y 4) mientras se eliminan los valores reales de fuerza y presión de aceite en los puntos de medición. Si el conjunto de tendones no permite realizar un ensayo en funcionamiento inverso, deberá seguirse una serie de mediciones únicamente durante la descarga.

Cada serie de mediciones debe contener al menos ocho puntos en la escala de fuerzas del conjunto de tendones. Los errores de medición individuales no podrán ser superiores a los valores especificados en la tabla 1.

6.4 Evaluación del ensayo del conjunto de tendones con un cilindro

Los valores medidos durante el ensayo de precisión se registrarán y evaluarán.

6.4.1 Valor medio de la cantidad variable

El valor medio de la cantidad variable se calcula a partir de los valores eliminados en la primera, segunda y última serie de mediciones (X_1 a X_n) durante la carga. El cálculo se realiza según la ecuación:

$$X_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

6.4.2 Coeficiente de sensibilidad del conjunto de tendones

El coeficiente de sensibilidad del conjunto de tendones se determinará como una proporción de la fuerza real y la presión de aceite correspondiente al valor del límite superior del rango de medición del conjunto de tendones. El cálculo se realiza según la ecuación:

$$S = \frac{F_N}{p_N} \quad (2)$$

Si la fuerza es la cantidad constante durante la medición, entonces la fuerza máxima del rango medido (en unidades de fuerza) se ajusta para F_N y el valor de presión media X_r (en unidades de presión) se ajusta para p_N . Si la presión de aceite es la cantidad constante durante la medición, se ajusta el valor medio X_r (en unidades de fuerza) para el valor de fuerza F_N y el valor de presión correspondiente para p_N (en unidades de presión).

6.4.3 Error relativo del instrumento de medida de fuerza

El error relativo del instrumento de medida de fuerza q se determina como la diferencia entre el valor de fuerza F_i medido por el conjunto de tendones y el valor medio correspondiente de la fuerza real F_r . El valor F_i es la fuerza indicada por el conjunto de tendones (si el conjunto de tendones tiene una lectura en unidades de fuerza) o la fuerza se calcula a partir de los valores de presión por medio del coeficiente de sensibilidad. Este error solo se indica si el coeficiente de sensibilidad es el valor de salida del ensayo del instrumento de medida del conjunto de tendones o si el conjunto de tendones tiene una escala en unidades de fuerza. En el caso de conjuntos de tendones con una escala en unidades de presión con lectura de los

valores de fuerza-presión en la tabla y el diagrama, este error no se indica. El error relativo q se especifica en porcentaje del valor medido (% VM) y se determina según la ecuación:

$$q = \frac{F_i - F_r}{F_r} \times 100 \quad (3)$$

donde F_i es la fuerza indicada por el conjunto de tendones (kN, MN),

F_r es el valor de fuerza real medido por la célula de carga de referencia (kN, MN).

6.4.4 Error relativo de repetibilidad del instrumento de medida de fuerza

El error de repetibilidad relativo b se determina a partir de los valores medidos durante el ensayo del conjunto de tendones. Se expresa en % VM y se determina a partir de la ecuación:

$$b = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{X_r} \times 100 \quad (4)$$

donde b es el error relativo de repetibilidad del conjunto de tendones (% VM),

X_{\max} es el valor máximo de fuerza o presión de aceite indicado por el conjunto de tendones (en función del cual la cantidad es variable) para el nivel de carga en cuestión (kPa, MPa, bar o kN, MN),

X_{\min} es el valor mínimo de fuerza o presión de aceite indicado por el conjunto de tendones (en función del cual la cantidad es variable) para el nivel de carga en cuestión (kPa, MPa, bar o kN, MN),

X_r el valor de la cantidad variable (fuerza o presión), calculado como media aritmética de los valores medidos con las células de carga de referencia o el manómetro de presión en cada nivel de carga (kPa, MPa, bar o kN, MN).

6.4.5 Error relativo de resolución del dispositivo indicador

El error de resolución relativo del dispositivo indicador a se determina a partir del valor de resolución del indicador r y del valor de fuerza F para cada punto de medición. Se especifica en % VM y se determina a partir de la ecuación:

$$a = \frac{r}{F_i} \times 100 \quad (5)$$

donde a es el error relativo de resolución (% VM),

r es el valor de resolución de la escala del conjunto de tendones (kN, MN),

F_i es el valor del nivel de carga (kN, MN).

6.4.6 Error relativo de interpolación del instrumento de medida de fuerza

El error relativo de interpolación f_a se determina para cada valor de fuerza medido como la diferencia entre el valor de fuerza medido por el conjunto de tendones y el valor calculado a partir del polinomio del primer, segundo o tercer grado o leído en el diagrama. El error relativo de interpolación f_a se expresa en % VM. Se calcula a partir de la ecuación:

$$f_a = \frac{F_a - F_r}{F_r} \times 100 \quad (6)$$

donde f_a es el error relativo de interpolación (% VM),

F_r es el valor medio calculado de la fuerza real (la presión de aceite es la cantidad constante) (kN, MN),

F_a es el valor de fuerza calculado según el polinomio del primer, segundo o tercer grado (kN, MN).

6.5 Ensayo de conjuntos de tendones con gato tensor con múltiples cilindros

Debe procederse en consecuencia al verificar los conjuntos de tendones con un gato tensor con múltiples cilindros. El ensayo se realizará a una presión de aceite constante en el nivel de carga. Los valores medidos durante el ensayo se registrarán y evaluarán. Este procedimiento se aplica a los conjuntos de tendones con m cilindros de medición, en los que cada cilindro tiene un manómetro de presión electromecánico y una toma de aceite a presión propia. La fuerza de ensayo se mide con una célula de carga separada para cada pistón de medición del gato tensor. Las células de carga de referencia deben ser conducidas a un sistema de medición con m componentes. Los valores de fuerza medidos deben ser retirados de todas las células de carga de referencia al mismo tiempo.

6.5.1 Valor medio de la presión de aceite en los cilindros del gato tensor

La presión de aceite en cada cilindro se mide con un manómetro de presión electromecánico separado. El valor medio de presión se calcula a partir de los valores de presión medidos y sirve como valor constante para medir las fuerzas reales que los pistones del conjunto de tendones ejercen sobre las células de carga de referencia.

$$p_r = \frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^m p_i \quad (7)$$

6.5.2 Valor de la fuerza de ensayo del conjunto de tendones a nivel de carga para la serie de medición

El desarrollo total de la fuerza por el conjunto de tendones en el nivel de carga en cuestión se calculará a partir de los valores medidos por las células de carga de referencia. El cálculo se realiza según la ecuación:

$$F_i = \sum_{j=1}^m F_j \quad (8)$$

6.5.3 Valor medio de la fuerza de ensayo del conjunto de tendones a nivel de carga

El valor medio de la fuerza de pretensado del conjunto de tendones se determina a partir de los valores medidos por las células de carga de referencia en el punto en cuestión. El cálculo se realiza según la ecuación:

$$F_r = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n F_i \quad (9)$$

6.5.4 Coeficiente de sensibilidad del conjunto de tendones

El coeficiente de sensibilidad del conjunto de tendones se determinará como una proporción de la fuerza real y la presión de aceite correspondiente en el punto del rango de medición del conjunto de tendones que sirve para fijar las características. El cálculo se realiza según la ecuación:

$$S = \frac{F_r}{p_r} \quad (10)$$

6.5.5 Fuerza indicada por el conjunto de tendones

La fuerza indicada por el conjunto de tendones se determina mediante dos métodos. En los conjuntos de tendones equipados con una escala en unidades de fuerza, este valor de fuerza se lee en la escala. En los conjuntos de tendones equipados con un manómetro de presión con una escala en unidades de presión, la fuerza se calcula a partir de la ecuación:

$$F_{NS} = S \times p_r \quad (11)$$

6.5.6 Error relativo del instrumento de medida de fuerza

El error relativo del instrumento de medida de fuerza q se determina como la diferencia entre el valor de fuerza F_i medido por el conjunto de tendones y el valor correspondiente de la fuerza real F_r . El valor F_i es la fuerza indicada por el conjunto de tendones (si el conjunto de tendones tiene una lectura en unidades de fuerza) o la fuerza se calcula a partir de los valores de presión por medio del coeficiente de sensibilidad. Este error solo se indica si el coeficiente de sensibilidad es el valor de salida de la verificación del conjunto de tendones o si el conjunto de tendones tiene una escala en unidades de fuerza. En el caso de conjuntos de tendones con una escala en unidades de presión con lectura de los valores de fuerza-presión en la tabla y el diagrama, este error no se indica. El error relativo q se especifica en porcentaje del valor medido (% VM) y se determina según la ecuación:

$$q = \frac{F_i - F_r}{F_r} \times 100 \quad (12)$$

donde F_i es la fuerza indicada por el conjunto de tendones (kN, MN),

F_r es la fuerza real del conjunto de tendones medida por las células de carga de referencia (kN, MN).

6.5.7 Error relativo de repetibilidad del instrumento de medida de fuerza

El error de repetibilidad relativo b se determina a partir de los valores medidos durante el ensayo del conjunto de tendones. Se calcula a partir de la ecuación:

$$b = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{X_r} \times 100 \quad (13)$$

donde b es el error relativo de repetibilidad del conjunto de tendones (% VM),

X_{\max} es el valor máximo de fuerza indicado por el conjunto de tendones en el nivel de carga (kN, MN),

X_{\min} es el valor mínimo de fuerza indicado por el conjunto de tendones en el nivel de carga (kN, MN),

X_r es el valor medio de la cantidad variable (fuerza) en el nivel de carga en cuestión (kN, MN).

6.5.8 Error relativo de resolución del dispositivo indicador

El error de resolución relativo del dispositivo indicador a se determina a partir del valor de resolución del indicador r y del valor de fuerza F_r para cada nivel de carga. Se especifica en % VM y se determina a partir de la ecuación:

$$a = \frac{r}{F_r} \times 100 \quad (14)$$

6.5.9 Error relativo del valor cero del instrumento de medida de fuerza del conjunto de tendones

El error relativo del valor de error f_0 se determina como la media de la diferencia de valores de la cantidad variable medida antes de la carga y después de la descarga. Este ensayo solo se lleva a cabo si el conjunto de tendones permite una descarga continua controlada hasta un estado completamente descargado. El valor de error f_0 se expresa en % VM. Se calcula a partir de la ecuación:

$$f_0 = \left| \frac{I_f - I_0}{X_N} \right| \times 100 \tag{15}$$

donde f_0 es el error relativo del valor cero (% VM),

I_f es la especificación del conjunto de tendones después de la descarga (kN, MN),

I_0 es la especificación del conjunto de tendones antes de la carga (kN, MN),

X_N es la especificación del conjunto de tendones a la fuerza nominal (kN, MN).

6.5.10 Error relativo del instrumento de medida de fuerza en funcionamiento inverso

El error relativo de funcionamiento inverso h se determina como la media de la diferencia en los valores de cantidad variable medidos durante la carga y descarga. Para el cálculo se utilizan los valores medidos en la tercera y cuarta serie de mediciones (X_3, X'_3, X_4, X'_4). Se expresa en % VM Se calcula a partir de la ecuación:

$$h = \left| \frac{(X'_3 - X_3) + (X'_4 - X_4)}{X_3 + X_4} \right| \times 100 \tag{16}$$

donde h es el error relativo de funcionamiento inverso del conjunto de tendones (% VM),

X'_3 es el valor de la fuerza medida durante la descarga después de la tercera serie de mediciones (kN, MN),

X_3 es el valor de la fuerza medida durante la carga en la tercera serie de mediciones (kN, MN),

X'_4 es el valor de la fuerza medida durante la descarga después de la tercera serie de mediciones (kN, MN),

X_4 es el valor de la fuerza medida durante la carga en la cuarta serie de mediciones (kN, MN).

6.6 Cálculo de la incertidumbre de medición

6.6.1 Fuente de incertidumbre durante la medición

Las incertidumbres de medición estándar se determinan de acuerdo con la información especificada en la tabla 2.

Tabla 2 - Fuentes de incertidumbres estándar

Fuente de incertidumbre	Distribución y tipo de incertidumbre estándar	Incertidumbre estándar	Incertidumbre estándar relativa
Repetibilidad de los valores medidos	Distribución normal Incertidumbre de tipo A	$u_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_i - F_r)^2}{n \times (n-1)}}$	$w_b = \frac{100}{ F_{st} } \times \sqrt{\frac{\sum (F_i - F_r)^2}{n \times (n-1)}}$

Interpolación	Distribución en triángulo isósceles Incertidumbre de tipo B	$u_a = \frac{f_a}{100} \times F_a$	$w_a = f_a$
Valor cero	Distribución en ángulo recto Incertidumbre de tipo B	$u_0 = \frac{f_0}{\sqrt{3}} \times \frac{F_N}{100}$	$w_0 = \frac{f_0}{\sqrt{3}}$
Capacidad de resolución del conjunto de tendones	Distribución en ángulo recto Incertidumbre de tipo B	$u_r = \frac{r}{\sqrt{6}}$	$w_r = \frac{a}{\sqrt{6}}$
Dinamómetro	Distribución normal Incertidumbre de tipo A	$u_{F,cal} = \frac{W_{EF,cal}}{2} \times \frac{F_i}{100}$	$w_{F,cal} = \frac{W_{F,cal}}{2}$
Manómetro de presión	Distribución normal Incertidumbre de tipo A	$u_{Ep} = \frac{U_{Ep}}{2}$	$w_{Ep} = \frac{W_{Ep}}{2}$
Manómetro de presión de trabajo del conjunto de tendones	Distribución normal Incertidumbre de tipo A	$u_{pp} = \frac{U_{pp}}{2}$	$w_{pp} = \frac{W_{pp}}{2}$

6.6.2 Incertidumbre combinada

La incertidumbre combinada relativa se calcula como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las incertidumbres estándar.

La incertidumbre estándar de las células de carga de referencia se determina a partir de la ecuación:

$$w_{EF} = \sqrt{w_{F,cal}^2 + w_{temp}^2 + w_{drift}^2 + w_{ap}^2} \quad (17)$$

donde

$w_{F,cal}$ es la incertidumbre relativa estándar de la célula de carga de referencia calculada a partir de los datos de su hoja de calibración (% VM),

w_{temp} la incertidumbre relativa estándar de la célula de carga de referencia causada por una temperatura que era diferente cuando se verificó el conjunto de tendones y cuando fue calibrado (% VM),

w_{drift} la incertidumbre estándar relativa del cambio en el tiempo de la señal de una célula de carga de referencia desde la última calibración (% VM),

w_{ap} la incertidumbre relativa de interpolación de la célula de carga de referencia al calibrar el instrumento de medida del conjunto de tendones. Se determina a partir de las hojas de calibración de las células de carga de referencia (% VM).

Para conjuntos de tendones de un cilindro

$$u_c = \sqrt{u_b^2 + u_r^2 + u_{EF}^2} \quad (18)$$

$$w_c = \sqrt{w_b^2 + w_r^2 + w_{EF}^2} \quad (19)$$

Para conjuntos de tendones de varios cilindros

$$u_c = \sqrt{u_b^2 + u_r^2 + u_0^2 + u_a^2 + w_{EF}^2} \quad (20)$$

$$w_c = \sqrt{w_b^2 + w_r^2 + w_0^2 + w_a^2 + w_{EF}^2} \quad (21)$$

6.6.3 Incertidumbre relativa de medición expandida

La incertidumbre relativa de medición expandida de un conjunto de tendones se obtiene multiplicando la incertidumbre combinada del coeficiente de medición de expansión k . Para los conjuntos de tendones, se supone que la probabilidad es de $P = 0,95$. Esto da como resultado un coeficiente de expansión $k = 2$. La incertidumbre relativa expandida del conjunto de tendones se calcula a partir de la ecuación:

$$U_{NS} = 2 \times u_c \quad (22)$$

$$W_{NS} = 2 \times w_c \quad (23)$$

El valor de incertidumbre ampliado resultante se especifica con una precisión de dos dígitos.

6.6.4 Intervalo de confianza del conjunto de tendones

Los límites del intervalo de confianza del conjunto de tendones E_{NS} vienen dados por la suma del error relativo de la indicación y la incertidumbre relativa ampliada de la medición. Se especifica en % VM y se determina a partir de la ecuación:

$$E_{NS} = q \pm W_{NS} \quad (24)$$

El intervalo de confianza se especifica en la hoja de verificación del conjunto de tendones.

7 Verificación posterior

7.1 En general

El proceso de la verificación de seguimiento del conjunto de tendones abarca:

- a) inspección visual;
- b) ensayo del instrumento de medición de fuerza.

7.2 Inspección visual

La inspección visual en la verificación de seguimiento se lleva a cabo de conformidad con el artículo 6.2.

7.3 Ensayos de funcionamiento

7.3.1 Equipo de ensayo

Se utilizará para los ensayos el equipo previsto en el artículo 6.3.1.

7.3.2 Realización del ensayo de funcionamiento

El ensayo de funcionamiento se realizará de acuerdo con el artículo 6.3.2.

En caso de cualquier fallo, el instrumento de medida deberá ser descalificado para otros ensayos.

7.3.3 Ensayo del instrumento de medida de la fuerza del conjunto de tendones

El ensayo de la precisión del instrumento de medida se realizará de conformidad con el artículo 6.3.3.

Los errores de medición no podrán ser superiores a los valores especificados en la tabla 1.

7.4 Evaluación del ensayo del instrumento de medida de la fuerza

El ensayo se evaluará mediante el procedimiento especificado en los artículos 6.4 y 6.5.

8 Examen del instrumento de medida

Al examinar los instrumentos de medida en virtud del artículo 11 *bis* de la Ley de metrología a petición de la persona que pudiera verse afectada por una medición incorrecta, procedase de conformidad con el capítulo 7.

9 Normas notificadas

A efectos de la especificación de los requisitos técnicos y metrológicos para instrumentos de medida y de los métodos de ensayo para su homologación de tipo y verificación resultantes de esta Medida General, el ICM notificará las normas técnicas checas, otras normas y documentos técnicos de organizaciones internacionales o extranjeras u otros documentos técnicos que contengan requisitos técnicos más precisos (en lo sucesivo, «normas notificadas»). El ICM podrá publicar una lista de estas normas notificadas anexa a las medidas pertinentes, junto con la Medida General, a disposición del público (en www.cmi.cz).

Se considera que la conformidad con las normas notificadas o con parte de las mismas supone, dentro del ámbito y bajo las condiciones estipuladas por esta Medida General, el cumplimiento de los requisitos estipulados por la presente Medida, a la cual se aplican dichas normas o partes de ellas.

El cumplimiento de las normas notificadas es una forma de demostrar el cumplimiento de los requisitos. Estos requisitos también podrán considerarse cumplidos por otras soluciones técnicas que garanticen el mismo nivel o un nivel superior de protección de los intereses legítimos.

II. MOTIVOS

El CMI emite esta Medida de carácter general, en virtud del artículo 14, apartado 1, letra j), de la Ley de metrología, con vistas a la aplicación del artículo 6, apartado 2, artículo 9, apartados 1 y 9, y artículo 11 *bis*, apartado 3, de la Ley de metrología, por la que se establecen requisitos metrológicos y técnicos para instrumentos de medida específicos y para la verificación de los mismos: «conjuntos de tendones para hormigón pretensado y anclajes de roca».

El Decreto n.º 345/2002, por el que se especifican los instrumentos de medida de verificación obligatoria y los instrumentos de medida sujetos a homologación de tipo, en su versión modificada, clasifica los instrumentos de medida incluidos en la partida 2.4.1 del anexo de la segunda lista de instrumentos de medida especificados del tipo especificado como instrumentos de medida sujetos a homologación de tipo y verificación obligatoria.

Esta normativa (Medida General) se notificará de acuerdo con la Directiva (UE) 2015/1535 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de septiembre de 2015, por la que se establece un procedimiento

de información en materia de reglamentaciones técnicas y de reglas relativas a los servicios de la sociedad de la información.

III. INSTRUCCIONES

De conformidad con el artículo 173, apartado 2, del CPA, no podrán recurrirse las medidas generales.

De conformidad con las disposiciones del artículo 172, apartado 5, del CPA, las decisiones en relación con objeciones son definitivas y no cabe recurso contra ellas.

La conformidad de la Medida General con la legislación podrá estar sujeta a un proceso de revisión de conformidad con los artículos 94 a 96 del Código Administrativo. Una parte en el procedimiento podrá incoar un procedimiento de revisión que conducirá la autoridad administrativa que emitió la Medida General. Si la autoridad administrativa no encuentra motivos para abrir el procedimiento de revisión, tendrá 30 días para comunicarlo justificadamente al solicitante. De conformidad con el artículo 174, apartado 2, del Código Administrativo, podrá emitirse una resolución sobre el inicio de un proceso de revisión dentro de los tres años siguientes a la fecha de entrada en vigor de la Medida General.

IV. ENTRADA EN VIGOR

La presente Medida General entrará en vigor el decimoquinto día siguiente al de su publicación (artículo 24 *quinquies* de la Ley de metrología).

RNDr. Pavel Klenovský m.p.
Director General

Persona responsable de la precisión: Mgr. Tomáš Hendrych

Publicado el: 21 de noviembre de 2018

Firma de la persona autorizada que confirma la publicación: Tomáš Hendrych m.p.

Retirado el: 24 de enero de 2019

Firma de la persona autorizada que confirma la retirada: Tomáš Hendrych m.p.

Entrada en vigor: 6 de diciembre de 2018

Firma de la persona autorizada con indicación de la fecha de entrada en vigor: Tomáš Hendrych m.p.