

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b><i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA</i></b> <b><i>EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i></b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 1 de 1

1.- OBJETO.....	2
2.- ALCANCE.....	2
3.- DESCRIPCIÓN .....	2
3.1.- DEFINICIONES.....	2
3.2.- RESPONSABILIDADES.....	5
3.3.- DESARROLLO.....	5
3.3.1.- GENERALIDADES .....	5
3.3.2.- IDENTIFICACIÓN.....	6
3.3.3.- ENSAYO METROLÓGICO .....	7
3.3.3.1.- Operaciones previas a la ejecución de los ensayos.....	7
3.3.3.2.- Equipos y materiales.....	7
3.3.3.3.- Procedimiento .....	8
3.3.4.- RESULTADO .....	13
3.3.4.1.-Cálculo de resultados para máquinas de ensayo calibradas conforme a la norma UNE-EN-12390-4.-.....	13
3.3.4.2.-Cálculo de resultados para máquinas de ensayo calibradas conforme a la norma ISO 7500-1.- .....	14
3.3.4.3.- Cálculo de incertidumbres .....	16
3.3.4.4.- Clasificación de la máquina.....	18
3.3.4.5.- Certificado de calibración.....	20
4.- REFERENCIAS.....	20
5.- ANEXOS .....	22

Elaborado;	Revisado; Responsable de Calidad	Aprobado; Director de Área
Fecha:	Fecha:	Fecha:

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 2 de 2
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

## 1.- OBJETO

El objeto de este procedimiento es establecer el método de calibración para el sistema o los sistemas de medida de la carga de todo tipo de máquinas de ensayo de materiales uniaxiales, así como para su clasificación conforme a la norma UNE-EN 12390-4 (para máquinas de ensayos de hormigón endurecido) o conforme a la norma ISO 7500-1 (para la calibración de máquinas uniaxiales de ensayo para materiales metálicos) cuando los ensayos se hayan realizado en base a las prescripciones descritas en las mismas.

## 2.- ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a todos los servicios, prestados por el Laboratorio, de calibración de los sistemas de medida de carga de todo tipo de máquinas de ensayo uniaxiales de hasta 500 KN de alcance máximo, incluyendo a tal efecto, la calibración sobre máquinas de ensayos de hormigón endurecido de clases de exactitud 1, 2 ó 3 según norma UNE-EN 12390-4 y la calibración de máquinas uniaxiales de ensayo para materiales metálicos, máquinas de tracción / compresión, de clases de exactitud 0,5, 1, 2 ó 3 según ISO 7500-1.

De la misma forma el procedimiento es aplicable al personal de los Laboratorios implicados en el desarrollo de los mismos.

## 3.- DESCRIPCIÓN

### 3.1.- DEFINICIONES

**CALIBRACIÓN:** A los efectos del presente procedimiento, la calibración de una máquina de ensayos es el conjunto de operaciones para establecer, bajo unas condiciones específicas, la relación entre las cantidades indicadas por un sistema de medida de la carga propio de la máquina a calibrar y los valores reales, medidos mediante un equipo de calibración con trazabilidad a patrones nacionales, correspondientes.

**EQUIPO DE CALIBRACIÓN:** equipo utilizado para la calibración de la máquina de ensayo en cuestión, compuesto fundamentalmente por un transductor de fuerza patrón y una unidad de amplificación / indicación de la señal de salida emitida por éste.

**INCERTIDUMBRE DE MEDIDA:** Parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían razonablemente ser atribuidos al mensurando.

**MAGNITUD FUERZA:** La noción física de fuerza se puede expresar como toda causa capaz de modificar el estado de movimiento de un cuerpo o su forma.

Cuantitativamente viene expresada por la 2ª ley del movimiento de Newton:

"Si sobre una partícula actúa una fuerza resultante no nula, adquiere una aceleración proporcional al módulo de dicha fuerza y en la misma dirección que ella".

**UNIDAD DE MEDIDA DE FUERZA, NEWTON (N):** El newton es la fuerza que aplicada a un cuerpo de masa 1 kg, le comunica una aceleración de 1 m/s<sup>2</sup>

**TRANSDUCTOR DE FUERZA:** Dispositivo que aprovecha un principio físico para relacionar la magnitud fuerza con otra que sea medible mediante un método de medida directo.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b><i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i></b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 3 de 3
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

**MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL:** A los efectos de este procedimiento, se entenderá por máquina de ensayo aquella máquina, cualquiera que sea su sistema de aplicación de la carga (hidráulico, electromecánico...), cuya finalidad sea la de realizar ensayos (normalmente ensayos destructivos) en cualquier sentido de aplicación de fuerza (fuerzas a tracción y/o compresión) y sobre cualquier tipo de piezas, tanto respecto al material: piezas de hormigón endurecido, piezas metálicas o plásticas entre otros, como respecto a su morfología.

**SISTEMA DE MEDIDA DE LA CARGA:** Los sistemas de medida de la carga de las máquinas de ensayos de materiales suelen estar divididos fundamentalmente en:

- Sistemas electrónicos: basados en un transductor de fuerza /célula de carga con un dispositivo indicador asociado.
- Sistemas de medida de la carga por presión hidráulica: basados en la medida mediante manómetros de la presión generada en el pistón o pistones de accionamiento.

**PLATOS AUXILIARES:** Platos independientes utilizados para proteger los platos de la máquina, generalmente de un tamaño igual a la dimensión diseñada de la probeta a ensayar.

**ÁREA DE CONTACTO:** La parte del plato que está en contacto con la probeta.

**PLATOS DE LA MÁQUINA:** Plato inferior y plato superior con asiento a rótula centrados ambos en el eje vertical central de la máquina.

**BLOQUES ESPACIADORES:** Bloques metálicos usados para ajustar el espacio vertical de ensayo disponible.

**CARGA INDICADA ( $F_i$ ):** La carga indicada en la escala de lectura de la máquina o visor.

**CARGA REAL ( $F$ ):** La carga indicada en el display del dispositivo amplificador / indicador del transductor de fuerza patrón empleado como instrumento de medición de cargas para la calibración de la máquina.

**CARGA INDICADA COMPLEMENTARIA ( $F_{ic}$ ):** Fuerza leída en el indicador de fuerza de la máquina de ensayo a verificar, para valores de fuerza creciente, cuando sea necesaria la aplicación de una serie complementaria para la escala más pequeña.

**CARGA REAL COMPLEMENTARIA ( $F_c$ ):** Fuerza real indicada por el instrumento de medida de fuerza (equipo de calibración), para valores de fuerza creciente, cuando sea necesaria la aplicación de una serie complementaria para la escala más pequeña

**ESCALA DE CARGA:** El rango total de carga, desde cero al máximo, mostrada en la máquina.

**RANGO DE MEDIDA:** Aquella parte de la escala de carga que satisface las exigencias de precisión especificadas en la norma europea UNE-EN 12390-4 (para máquinas de ensayo a compresión sobre piezas de hormigón) o en la norma ISO 7500-1 (para máquinas de ensayo uniaxiales de tracción / compresión).

**LÍMITE INFERIOR DE CALIBRACIÓN ( $F_v$ ):** Valor inferior de la carga por debajo de la cual la máquina no puede ser verificada.

**VALOR MEDIO DE LA CARGA INDICADA ( $\bar{F}_i$ ):** Media aritmética de las medidas de indicación de la máquina.

**VALOR MEDIO DE LA CARGA REAL ( $\bar{F}$ ):** Media aritmética de las medidas de

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b><i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i></b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 4 de 4

indicación del transductor de carga empleado para calibrar la máquina.

ERROR RELATIVO DE EXACTITUD ( $q$  %):

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga real”: La diferencia entre el valor medio de la carga indicada y la carga real expresada como un porcentaje de la carga real.

$$q(\%) = \frac{\bar{F}_i - F}{F} * 100$$

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga indicada”: La diferencia entre el valor medio de la carga real y la carga indicada expresada como un porcentaje de la carga indicada.

$$q(\%) = \frac{\bar{F} - F_i}{F_i} * 100$$

ERROR RELATIVO DE REPETIBILIDAD ( $b$  %):

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga real”: La mayor diferencia entre los valores de la carga indicada correspondientes a aplicaciones repetidas de una carga real expresada como un porcentaje del valor de la carga real.

$$b(\%) = \frac{F_{\max,i} - F_{\min,i}}{F} \times 100$$

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga indicada”: La mayor diferencia entre los valores de la carga real correspondientes a aplicaciones repetidas de una carga indicada expresada como un porcentaje del valor de la carga indicada.

$$b(\%) = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{F_i} \times 100$$

INDICACIÓN RESIDUAL DE DESCARGA ( $F_{i0}$ ): Diferencia entre el valor indicado antes de la aplicación de la serie y el indicado en la descarga.

$$F_{i0} = I_f - I_o$$

ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_o$  %): Indicación residual del indicador de carga de la máquina de ensayos después de la supresión de la carga expresada en tanto por ciento de la carga máxima de la escala correspondiente de la máquina.

$$f_o(\%) = \frac{F_{i0}}{F_n} \times 100$$

FUERZA REAL INDICADA EN CARGAS CRECIENTES ( $F$ ): Fuerza real indicada por el equipo de calibración cuando se aplican cargas en sentido creciente dentro de una serie de calibración con cargas crecientes y decrecientes (en caso de máquinas de tracción / compresión).

FUERZA REAL INDICADA EN CARGAS DECRECIENTES ( $F'$ ): Fuerza real indicada por el equipo de calibración cuando se aplican cargas en sentido decreciente dentro de una serie de calibración con cargas crecientes y decrecientes (en caso de máquinas de tracción / compresión).

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 5 de 5
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

FUERZA INDICADA EN CARGAS CRECIENTES ( $F_i$ ): Fuerza indicada por el indicador de medición de fuerzas de la máquina a calibrar cuando se aplican cargas en sentido creciente dentro de una serie de calibración con cargas crecientes y decrecientes (en caso de máquinas de tracción / compresión).

FUERZA INDICADA EN CARGAS DECRECIENTES ( $F_i'$ ): Fuerza indicada por el indicador de medición de fuerzas de la máquina a calibrar cuando se aplican cargas en sentido decreciente dentro de una serie de calibración con cargas crecientes y decrecientes (en caso de máquinas de tracción / compresión).

ERROR RELATIVO DE REVERSIBILIDAD ( $v$  %): Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga real”: La diferencia entre los valores de la carga indicada con cargas decrecientes y con cargas crecientes expresada como un porcentaje del valor de la carga real.

$$v(\%) = \frac{F_i' - F_i}{F} \times 100$$

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga indicada”: La diferencia entre los valores de la carga real con cargas decrecientes y crecientes expresada como un porcentaje de la media de la carga real.

$$b(\%) = \frac{F' - F}{\overline{F}} \times 100$$

RESOLUCIÓN DE LA CARGA: El menor incremento de carga que puede ser apreciado, estimado o leído sobre cualquier escala de lectura de la máquina.

RESOLUCIÓN RELATIVA ( $a$  %): Para cada sistema de medida de carga de la máquina se define como el cociente entre la resolución (expresada en términos de fuerza) y la fuerza correspondiente para cada escalón de carga verificado.

$$a = \frac{r}{F} \times 100$$

### 3.2.- RESPONSABILIDADES

El Jefe del Laboratorio es responsable de la gestión, funcionamiento, coordinación y calidad de los servicios que presta el Laboratorio. Asimismo, es responsable de la correcta aplicación de este procedimiento. El personal del Laboratorio, cualificado para la prestación de este servicio es responsable de la correcta ejecución de los ensayos y de la emisión de los documentos relacionados con el servicio prestado.

El servicio se solicitará, en la medida de lo posible, entregando a “EMPRESA” la solicitud de calibración donde se indicará entre otros, el alcance de la máquina a verificar y la clase de exactitud de la misma.

### 3.3.- DESARROLLO

#### 3.3.1.- GENERALIDADES

La calibración de la indicación de la carga de máquinas uniaxiales de ensayo, está basada en la comparación de dicha indicación de carga proporcionada por la máquina a calibrar, con la indicación de un transductor de fuerza patrón montado en la máquina, mediante el uso de los

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 6 de 6
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

accesorios adecuados que permitan una aplicación de carga lineal y sin excentricidades. Cuando la calibración se realice conforme a la norma UNE-EN 12390-4, esta calibración permitirá la comprobación de la conformidad de la resolución relativa para cada escalón de carga verificado así como, la determinación de los errores de repetibilidad, de exactitud y de retorno a cero.

Asimismo, cuando esta calibración se haya realizado conforme a la norma ISO 7500-1, permitirá la comprobación de la conformidad de los errores de repetibilidad, de exactitud, de retorno a cero, de reversibilidad (cuando se haya efectuado el ensayo con cargas decrecientes, para calibraciones con sentido de cargas de tracción) así como la resolución relativa para cada escalón de carga verificado.

En cualquier caso, el procedimiento consistirá en realizar:

- La identificación de la máquina de ensayos, incluyendo los accesorios de aplicación de la carga de la misma.
- Una calibración con el fin de determinar la indicación media de la máquina de ensayos, así como la incertidumbre asociada a la misma. Cuando la calibración se haya realizado en base a alguna de las normas contempladas en el presente procedimiento (UNE-EN 12390-4 o ISO 7500-1), la máquina en cuestión podrá ser clasificada dentro de una clase metroológica, según la norma aplicada.

### **3.3.2.- IDENTIFICACIÓN**

Se realizará la identificación completa de la máquina de ensayo objeto de la calibración, anotando en la hoja toma de datos las características y el nº de expediente al que corresponde.

Los datos más comunes necesarios para identificar la máquina se relacionan a continuación:

- Marca o nombre del fabricante
- Modelo
- Número de serie
- Alcance máximo
- Clase de la máquina de ensayos de acuerdo con norma Europea EN 12390-4 para máquinas de ensayo de hormigón ó ISO 7500-1 para máquinas de ensayo de tracción / compresión.

Asimismo, se deberán identificar cada uno de los sistemas de medida de carga de los que dispongan bien sean electrónicos o por presión hidráulica indicando para cada uno de ellos:

- Marca..
- Modelo.
- Numero de serie
- Resolución (o resoluciones para cada sistema de medida de la carga)
- Escala de medida (o escalas)
- Descripción del indicador de carga máxima (por ejemplo, indicador de arrastre)

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b><i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i></b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 7 de 7
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

### 3.3.3.- ENSAYO METROLÓGICO

#### 3.3.3.1.- Operaciones previas a la ejecución de los ensayos.

Previamente a la realización del ensayo metrológico será necesario realizar una inspección visual de la máquina, verificando:

- Que la máquina se encuentra en buen estado y no se ve adversamente afectada por factores como defectos evidentes en los mecanismos, en las guías de las traviesas móviles o en cualquier parte de la estructura.
- Que la máquina no se ve adversamente afectada por las condiciones de su entorno, tales como vibraciones interferencias de suministro eléctrico efectos de la corrosión, variaciones de la temperatura local, etc.
- Que el mecanismo de aplicación de carga de la misma permita variaciones pequeñas y uniformes de fuerza.

Asimismo, para la realización del ensayo se deberán cumplir las condiciones generales que a continuación se relacionan:

- Alineación: El equipo de calibración se montará en la máquina de forma que las cargas se apliquen a lo largo del eje axial de la misma.
- La calibración se realizará en el laboratorio del cliente, a una temperatura de entre 10° C y 35° C y durante la misma se debería cumplir el incremento de temperatura desde el inicio hasta el final de cada una de las secuencias de calibración, sea inferior a  $\pm 2^\circ \text{C}$
- Previamente se dejará el equipo de calibración próximo a la máquina el tiempo suficiente para lograr que se atempere.
- Los equipos que dispongan de componentes eléctricos o electrónicos deben de haber estado conectados el tiempo suficiente, antes de iniciar el ensayo, para permitir la estabilización térmica de estos componentes electrónicos.
- Se comprobará que un asiento esférico de los platos, deberá asegurar la alineación necesaria de los platos de la máquina y demás dispositivos; si esto es así, no será necesaria ninguna alineación auxiliar o adicional.
- En caso de calibraciones a tracción montar los transductores de fuerza patrones, de tal manera que se minimicen los posibles efectos de flexión.

#### 3.3.3.2.- Equipos y materiales.

El patrón correspondiente junto con el módulo indicador / amplificador debe estar calibrado con su certificado de calibración actualizado y ser de una capacidad y clase metrológica en consonancia a la máquina a calibrar. En este sentido, cuando sea necesario utilizar más de un transductor de fuerza patrón durante las calibraciones, se necesitará descargar la máquina, para poder cambiar el transductor patrón y continuar la calibración en el correspondiente punto de calibración.

- Se dispondrá de medios auxiliares para la manipulación del equipo de calibración, tales como por ejemplo guantes.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b><i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i></b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 8 de 8

- Se dispondrá de los accesorios adecuados para una correcta aplicación de la carga sobre los transductores patrones, tales como platos centradores, adaptadores de carga o cualquier otro accesorio necesario para la correcta aplicación de la misma
- Termómetro con resolución de 0,1°.
- Higrómetro con resolución de 1%.

### 3.3.3.3.- Procedimiento

El procedimiento constará de los siguientes pasos:

- **Estimación de la resolución de cada sistema de medida de carga de la máquina a verificar.**

Para máquinas con escalas analógicas:

En estos casos, el espesor de los trazos de la graduación que definen el intervalo de la escala menor será uniforme y aproximadamente igual a la anchura del índice. Si la indicación de la carga se hace por medio de un registrador, la anchura de las líneas de traza que definen el intervalo más pequeño de la escala debe ser uniforme y aproximadamente igual a la anchura de un trazo de la graduación.

El intervalo de la escala será subdividido por estimación para determinar la resolución ( $r$ ) como se indica a continuación:

- a) Cuando el intervalo de escala es de al menos 2,5 mm de ancho, la resolución es una décima parte del intervalo de escala.
- b) Cuando el intervalo de escala es de al menos 1,25 mm de ancho y menor de 2,5 mm la resolución es una quinta parte del intervalo de escala.
- c) Cuando el intervalo de escala es menor de 1,25 mm de ancho, la resolución es la mitad del intervalo de escala.

En el caso de una calibración en base a la norma UNE-EN 12390-4, si la indicación de carga se realiza por medio de un registrador, se anotará la anchura nominal y el intervalo de graduación del papel registrador utilizado. La clase de la máquina es aplicable solamente cuando se utiliza papel del mismo tipo. Si no hay facilidad para generar al registrador una entrada eléctrica de calibración para que los pequeños cambios en la anchura del papel puedan ser absorbidos, entonces la anchura total del gráfico utilizado durante la calibración será medido con una precisión equivalente a la exactitud de la resolución y se anotará. Por consiguiente, la anchura del papel utilizado estará dentro de  $\pm 2 r$  de esta anchura.

Para máquinas con escala (display) digital:

La resolución se determinará cuando la máquina de ensayos no esté aplicando cargas y será igual a la mitad del valor de fluctuación del indicador digital, pero no será menor de un incremento de lectura.

En todos los casos, la resolución se expresará en unidades de carga.

- **Cálculo del límite inferior de calibración ( $F_v$ )**

La calibración no se llevará a cabo por debajo del límite inferior  $F_v$  sobre ningún sistema de medida de carga de la máquina a verificar y se determinará como se indica a continuación:



<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 9 de 9
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

$$F_v = n * r$$

donde:

$n$  tiene los siguientes valores:

- 200 para máquinas de clase 1;
- 100 para máquinas de clase 2;
- 66,6 para máquinas de clase 3.

$r$  es la resolución calculada en el apartado anterior.

En los casos de calibración de una máquina calibrada en base a la norma ISO 7500-1, se establecen 4 clases y para la última de ellas “ $n$ ” tendrá el valor:

- 400 para máquinas de clase 0,5;

- **Selección del método de verificación:**

Se utilizará preferiblemente el método de *carga indicada* consistente en:

- *Carga indicada*

La máquina se operará utilizando como referencia la carga indicada por el sistema de medida de la máquina y se anotará la carga real indicada por el instrumento de medición de cargas para ese valor de carga indicada por la máquina.

Si no es posible usar ese método, se utilizará el método de *carga real*, que consiste en:

- *Carga real*

La máquina se operará utilizando como referencia la carga real indicada por el instrumento de medición de cargas. Se anotará la carga indicada en el sistema de medida de la máquina

En el caso de que la máquina a calibrar presente dificultades al intentar mantener una carga constante; se utilizará obligatoriamente el método de carga indicada, pudiéndose en tal caso tomar medidas bajo condiciones de velocidad de aplicación de carga lenta y creciente, operando de la siguiente forma:

*Generar carga creciente a una velocidad lo suficientemente baja para que cuando el dispositivo indicador de la máquina a verificar esté en la posición de carga deseada se pueda sostener la indicación del amplificador del equipo de calibración (por ejemplo mediante el uso de la función HOLD que posea dicho dispositivo) y anotar así la correspondiente indicación real de carga para ese valor de carga indicada por la máquina, recuperando posteriormente la indicación real mediante el uso de la misma función. Se operará de la misma forma en cada escalón de carga a verificar.*

- **Selección de los escalones de carga en calibraciones realizadas en base a normas UNE-EN 12390-4 e ISO 7500-1:**

El número de escalones de carga dependerá del número y tipo de sistemas de medida de carga la máquina en cuestión, en cualquier caso, cada una de las series de calibración dispondrá de al menos cinco escalones de carga regularmente espaciados en sentido

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 10 de 10
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

ascendente, comprendidos entre el 20% del final de escala o desde el límite inferior de calibración ( $F_v$ ), utilizándose el mayor de ellos, hasta y el 100% del final de escala:

a) *Máquinas con un sistema de medida:*

- En calibraciones de máquinas realizadas conforme a la UNE-EN 12390-4, cuando el límite inferior de calibración ( $F_v$ ) esté por debajo del 20% del final de escala, deberán aplicarse escalones de carga adicionales por debajo del 20% del final de escala. Estos valores de carga serán seleccionados comenzando desde el 20 % del valor del final de escala en sentido descendente hasta el límite inferior de calibración. Operando de forma descendente desde el 20% del final de escala, las cargas consecutivas seleccionadas no deberán diferir entre ellas en más de un 6% del final de escala.

Obsérvese que no se ha de confundir el uso de la palabra descendente para la selección de los valores de carga, con el sentido de aplicación de las mismas.

- Si se trata de calibraciones de máquinas de ensayos de tracción / compresión conforme a la norma ISO 7500-1 esos escalones suplementarios estarán en el 10%, 5%, 2%, 1%, 0,5%, 0,2% y 0,1% del final de escala, cortando en el valor del límite inferior de calibración ( $F_v$ ). En este tipo de calibraciones, cuando sea necesaria la utilización de más de un transductor de fuerza patrón, uno de los puntos de calibración se realizará por duplicado, es decir la fuerza máxima aplicada al transductor patrón de mayor alcance debe ser la misma que la mínima fuerza aplicada al transductor patrón de alcance máximo inmediatamente superior.

b) *Máquinas de ensayo con varios sistemas de medida:*

Cada sistema de medida de la máquina se calibrará como se describe en el párrafo anterior.

c) *Maquinas de ensayo con sistema de medida de carga con cambio de escala automático.*

Se aplicará una serie de al menos cinco escalones de carga, regularmente espaciadas, en sentido ascendente, empezando desde el 20% de la lectura máxima del indicador digital. Se aplicará, al menos, una carga adicional por cada 6% de la lectura máxima, siendo seleccionadas operando de forma descendente desde el 20% hasta el límite inferior de calibración. Al menos se verificarán dos cargas sobre cada zona de la escala donde el incremento de lectura no cambie, es decir, se verificarán como mínimo dos cargas por cada rango de igual resolución.

• **Selección de los escalones de carga en calibraciones genéricas:**

En determinadas ocasiones, cuando el cliente así lo solicite, no será necesario realizar la calibración de la máquina en base a la selección de puntos de calibración descrita en el apartado anterior.

En cualquier caso, la calibración de la máquina se realizará seleccionando un mínimo de 5 puntos de calibración intentando que estos estén distribuidos de la forma más uniforme posible en el rango de trabajo de la máquina, y teniendo en cuenta que cuando la máquina disponga de más de un sistema de medida, se deberán seleccionar las cargas de forma que en cada uno de estos sistemas se encuentren al menos dos de los puntos de calibración, es decir, se calibrarán como mínimo dos cargas por cada sistema de medida de la máquina.

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE <b>METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 11 de 11

- **Aplicación de las cargas para máquinas de ensayo conforme a la norma UNE-EN 12390-4:**

La siguiente secuencia de calibración se efectuará para cada sistema de medida de carga de la máquina en cuestión pudiendo, por tanto, adjudicar una clase a cada uno de ellos.

La máquina, con el instrumento de calibración de cargas colocado, se deberá cargar tres veces entre la carga 0 y la carga máxima. Tras realizar esas tres precargas el indicador de carga de la máquina se pondrá a cero.

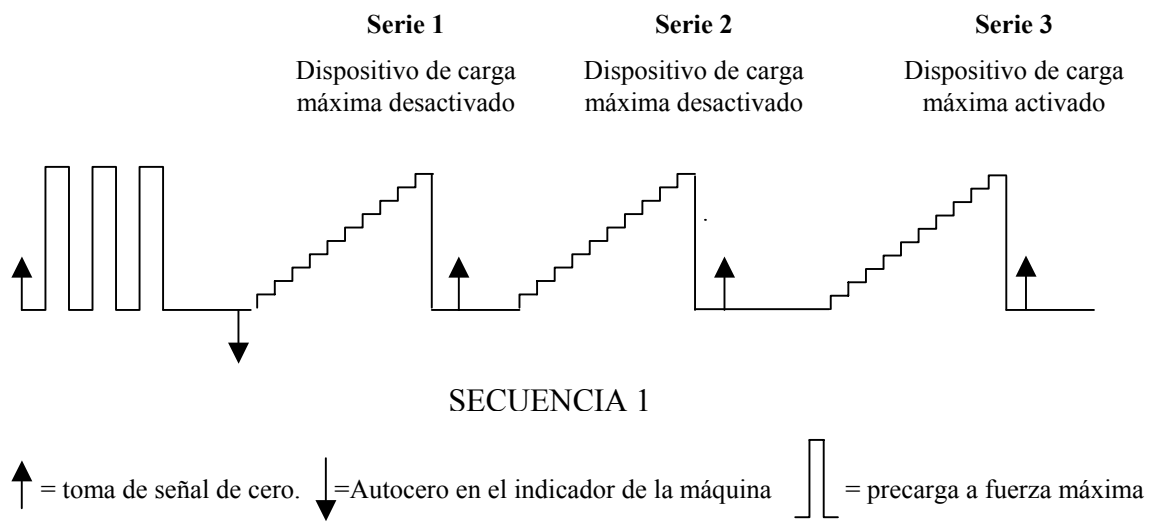
A continuación, se aplicarán tres series de cargas crecientes.

Cuando el indicador de carga esté provisto de un dispositivo de detección de carga máxima, que pueda introducir rozamientos, por ejemplo: agujas de máxima, se efectuarán una de las tres series de medida por escala, con el dispositivo actuado. Teniendo la precaución de llevar la lectura del indicador de carga a cero con el dispositivo parado.

La máquina se descargará completamente después de cada serie de mediciones. El valor de cero se registrará entre 30 s y 2 min. después de realizar la descarga.

Si fuera necesario, se pondrá a cero el indicador de carga al comienzo de cada serie de lecturas, pero no se aplicará una corrección de las lecturas ya tomadas.

Se muestra el siguiente esquema ilustrativo de la secuencia de ensayo a realizar para cada escala de la máquina:



Para máquinas que emplean un pistón hidráulico y un sistema de medida de carga derivado de la presión hidráulica, las tres series de cargas se aplicarán con el pistón de medida, cuando sea posible, en la posición habitual de trabajo

- **Aplicación de las cargas para máquinas de ensayo conforme a la norma ISO 7500-1:**

La siguiente secuencia de calibración se efectuará para cada sistema de medida de carga de la máquina en cuestión pudiendo, por tanto, adjudicar una clase a cada uno de ellos.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA</b> <b>EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 12 de 12
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

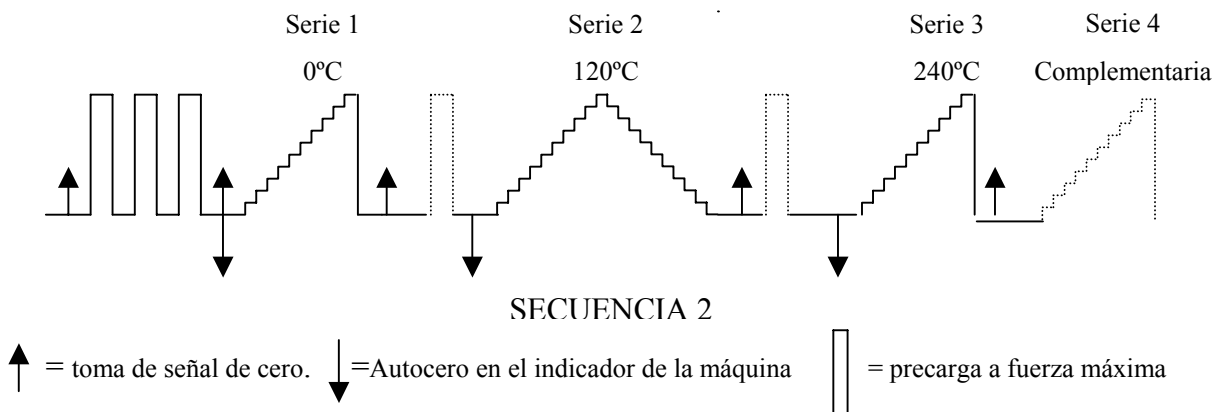
La máquina, con el instrumento de calibración de cargas colocado, se deberá cargar tres veces entre la carga 0 y la carga máxima. Tras realizar esas tres precargas el indicador de carga de la máquina se pondrá a cero.

A continuación, se aplicarán tres series de cargas crecientes, teniendo en cuenta que cuando se requiera, es decir en el caso de calibraciones a tracción, al menos una serie durante la calibración (preferiblemente la central) se llevará a cabo, para las mismas fuerzas primero en sentido creciente y después en sentido decreciente para poder así calcular los errores relativos de reversibilidad. Asimismo, se podrá girar el transductor de fuerza patrón 120° C y efectuar una precarga hasta el valor máximo, entre cada una de las series de calibración. La lectura del indicador de la máquina se pondrá a cero antes de cada una de las tres series de medida.

Cuando la máquina a calibrar aparatos mecánicos accesorios, que puedan introducir rozamientos, como por ejemplo las agujas de máxima o registrador, se deberá verificar su comportamiento, por alguno de los métodos siguientes:

- Si la máquina es usada normalmente con dichos accesorios: se deberán realizar las tres series de medida para cada escala calibrada, en sentido de aplicación de cargas creciente, con dichos accesorios conectados y una cuarta serie de medida sin los accesorios sólo para el menor de los rangos calibrados.
- Si la máquina es usada normalmente sin accesorios: se deberán las tres series de medida con fuerza creciente con los accesorios desconectados y una cuarta serie complementaria de medida con los accesorios conectados

La secuencia completa se muestra en el siguiente esquema ilustrativo:



Para máquinas de ensayo de tracción / compresión hidráulicas donde la presión hidráulica actuando sobre la superficie conocida de un pistón, es utilizada por la máquina para su sistema de indicación de cargas, debe ser verificada la influencia de la posición del pistón, para ello, la posición del pistón debe ser distinta para cada una de las tres series.

- **Aplicación de las cargas en calibraciones genéricas:**

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b><i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i></b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 13 de 13
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

Cuando se trate de calibraciones con sentido de cargas a compresión la calibración se realizará en base al apartado : “Aplicación de las cargas para máquinas de ensayo conforme a la norma UNE-EN 12390-4”.

Cuando se trate de calibraciones con sentido de cargas a tracción la calibración se realizará en base al apartado : “Aplicación de las cargas para máquinas de ensayo conforme a la norma ISO 7500-1” sin tener en cuenta la realización de una cuarta serie cuando existan dispositivos accesorios mecánicos, que puedan introducir rozamientos, como por ejemplo las agujas de máxima o registrador. En dicho caso, para contemplar la influencia de los mismos se realizará alguna de las tres series de medida con dichos dispositivos activados, y en las dos series desactivados.

### **3.3.4.- RESULTADO**

Para aquellas calibraciones realizadas en base a algunas de las normas estipuladas en el presente procedimiento, la finalidad del ensayo será, tras la determinación de los errores en al menos 5 puntos de cada escala de medida de la máquina, determinar si dichos valores se encuentran por debajo de los establecidos en la tabla correspondiente, procediendo así a una clasificación del sistema de medida de la máquina en cuestión.

En cualquier caso, tanto en calibraciones realizadas en base a alguna de las normas estipuladas en el presente procedimiento, como en aquellas calibraciones genéricas, el resultado de la calibración determinará el valor de carga real indicada por el o los sistemas de medida de carga de la máquina en cada uno de los puntos de calibración, asignándole a cada uno de ellos la incertidumbre de medida asociada.

#### **3.3.4.1.-Cálculo de resultados para máquinas de ensayo calibradas conforme a la norma UNE-EN-12390-4.-**

En cada una de las cargas nominales para las que se verifica la máquina de ensayos, se calculará el error relativo de repetibilidad y el error relativo de exactitud, las expresiones del cálculo de ambos errores dependerán del método de calibración empleado. Asimismo, se efectuará el calculo del error relativo de cero para cada una de las tres series de medidas efectuadas y la resolución relativa para cada una de las cargas ensayadas.

- *Para el error relativo de exactitud q( %):*

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga real”: La diferencia entre el valor medio de la carga indicada y la carga real expresada como un porcentaje de la carga real.

$$q(\%) = \frac{\bar{F}_i - F}{F} * 100$$

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga indicada”: La diferencia entre el valor medio de la carga real y la carga indicada expresada como un porcentaje de la carga indicada.

$$q(\%) = \frac{\bar{F} - F_i}{F_i} * 100$$

- *Para el error relativo de repetibilidad b ( %):*

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA</b> <b>EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 14 de 14
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga real”: La mayor diferencia entre los valores de la carga indicada correspondientes a aplicaciones repetidas de una carga real expresada como un porcentaje del valor de la carga real.

$$b(\%) = \frac{F_{\max,i} - F_{\min,i}}{F} \times 100$$

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga indicada”: La mayor diferencia entre los valores de la carga real correspondientes a aplicaciones repetidas de una carga indicada expresada como un porcentaje del valor de la carga indicada.

$$b(\%) = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{F_i} \times 100$$

- Para el error relativo de cero  $f_o$  (%):

El cálculo del error relativo de cero para cada serie de cargas, se calculará y expresará como un porcentaje de la carga máxima de la escala de la máquina.

$$f_o(\%) = \frac{F_{i0}}{F_n} \times 100$$

- Para la Resolución relativa ( $a$  %):

Para cada sistema de medida de carga de la máquina se calculará como el cociente entre la resolución (expresada en términos de fuerza) y la fuerza correspondiente para cada escalón de carga verificado.

$$a = \frac{r}{F} \times 100$$

### 3.3.4.2.-Cálculo de resultados para máquinas de ensayo calibradas conforme a la norma ISO 7500-1.-

De la misma forma, se calcularán los errores en cada una de las cargas nominales para las que se verifica la máquina de ensayos, añadiendo ahora el error relativo de reversibilidad expresándose todos ellos como un porcentaje de la carga nominal. Las expresiones del cálculo de los errores dependerán del método de calibración empleado:

-Para el error relativo de exactitud  $q$  (%):

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga real”: La diferencia entre el valor medio de la carga indicada y la carga real expresada como un porcentaje de la carga real.

$$q(\%) = \frac{\bar{F}_i - F}{F} * 100$$

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga indicada”: La diferencia entre el valor medio de la carga real y la carga indicada expresada como un porcentaje de la media de la carga real.

$$q(\%) = \frac{\bar{F} - F_i}{\bar{F}} * 100$$

-Para el error relativo de repetibilidad  $b$  (%):

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA</b> <b>EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 15 de 15
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga real”: La mayor diferencia entre los valores de la carga indicada correspondientes a aplicaciones repetidas de una carga real expresada como un porcentaje del valor de la carga real.

$$b(\%) = \frac{F_{\max,i} - F_{\min,i}}{F} \times 100$$

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga indicada”: La mayor diferencia entre los valores de la carga real correspondientes a aplicaciones repetidas de una carga indicada expresada como un porcentaje de la media de la carga real.

$$b(\%) = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{F} \times 100$$

*-Para el error relativo de reversibilidad ( Sólo cuando sea necesario) (v %):*

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga real”: La diferencia entre los valores de la carga indicada con cargas decrecientes y con cargas crecientes expresada como un porcentaje del valor de la carga real.

$$v(\%) = \frac{F'_i - F_i}{F} \times 100$$

Cuando el procedimiento utilizado es “Con carga indicada”: La diferencia entre los valores de la carga real con cargas decrecientes y crecientes expresada como un porcentaje de la media de la carga real.

$$v(\%) = \frac{F' - F}{F} \times 100$$

Esta determinación se efectuará para las escalas de fuerza máxima y mínima de la máquina de ensayo.

*- Para el error relativo de cero  $f_o$  (%):*

El cálculo del error relativo de cero para cada serie de cargas, se calculará y expresará como un porcentaje de la carga máxima de la escala de la máquina.

$$f_o(\%) = \frac{F_{i0}}{F_n} \times 100$$

*Para la Resolución relativa a (%):*

Para cada sistema de medida de carga de la máquina se calculará como el cociente entre la resolución (expresada en términos de fuerza) y la fuerza correspondiente para cada escalón de carga verificado.

$$a = \frac{r}{F} \times 100$$

Cuando haya sido necesaria la realización de una cuarta serie de calibración, debido a la necesidad de verificación de los accesorios de indicación mecánicos:

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 16 de 16

- el error relativo de exactitud ( $q \%$ ) se calculará para las tres series de medidas normales, sin tener en cuenta las indicaciones ( $F_c$ , ó  $F_{ic}$ ) obtenidas en cuarta serie complementaria.
- el error relativo de repetibilidad ( $b \%$ ) se calculará teniendo en cuenta las indicaciones obtenidas en las cuatro series, las tres normales y la complementaria.-

### 3.3.4.3.- Cálculo de incertidumbres.-

El resultado de la calibración será el valor medio de la carga real ( $\bar{F}$ ), para cada carga indicada por el sistema de medida de la máquina calibrada, cuando el método usado sea el de “carga indicada”, o el valor medio de la carga indicada ( $\bar{F}_i$ ) cuando el método usado sea el de “carga real”. El modelo de la medición es:

Para el caso en el que el método utilizado sea el de carga indicada, el que se muestra a continuación:

$$\bar{F} = \bar{F} + \delta_b + \delta_{f_0} + \delta_v + \delta_r + \delta_t + \delta_p$$

Y para el caso en el que el método utilizado sea el de carga real:

$$\bar{F}_i = \bar{F}_i + \delta_b + \delta_{f_0} + \delta_v + \delta_r + \delta_t + \delta_p$$

Donde, en ambos casos:

- $\delta_b$  corrección debida a la variación de las indicaciones medidas. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $w_b(\%)$
- $\delta_{f_0}$  corrección debida variación asociada al error de cero. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $w_{f_0}(\%)$
- $\delta_v$  corrección debida a la variación asociada a la reversibilidad. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $w_v(\%)$
- $\delta_t$  corrección debida a la variación de las indicaciones por efecto de la temperatura. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $w_t(\%)$
- $\delta_r$  corrección debida a la resolución del instrumento. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $w_r(\%)$
- $\delta_p$  es la variación de las indicaciones debida a la calibración del equipo de calibración compuesto por el transductor patrón de fuerza y el módulo de amplificación que consta en su certificado. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $w_p(\%)$

Para el cálculo de las contribuciones a la incertidumbre debidas a los errores relativos de cero, reversibilidad y repetibilidad, se usarán los errores correspondientes calculados conforme a los apartados 3.3.4.1 y 3.3.4.2 según corresponda. Cuando la calibración no se haya realizado en base a alguna de las normas contempladas se tomarán para el cálculo de incertidumbres, los errores correspondientes al apartado 3.3.4.1 cuando se trate de calibraciones con sentido de cargas a compresión o al apartado 3.3.4.2 cuando se trate de calibraciones con sentido de cargas a tracción.



<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 17 de 17
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

A continuación se procede a evaluar cada una de las contribuciones de incertidumbre antes relacionadas para obtener la incertidumbre de la medida en cada punto calibrado.

Incertidumbre asociada al error de repetibilidad.

Para el cálculo de esta incertidumbre se considerará una distribución de probabilidad rectangular, para ello se divide  $b$  (%) por  $\sqrt{12}$  obteniendo así la incertidumbre asociada a la repetibilidad en términos porcentuales sobre el valor de la medida:

$$w_b(\%) = \frac{b}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre asociada al error de cero.

Se considerará una distribución de probabilidad rectangular, con lo que la contribución a la incertidumbre típica relativa se calcula mediante la siguiente expresión:

$$w_{f_0}(\%) = \frac{f_0}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre asociada al error de reversibilidad.

Para el cálculo de esta incertidumbre se considerará igualmente a distribución de probabilidad rectangular, por lo tanto:

$$w_v(\%) = \frac{v}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre asociada a la resolución.

Para el cálculo de esta incertidumbre se considerará también una distribución de probabilidad rectangular, por lo tanto:

$$w_r(\%) = \frac{a}{\sqrt{12}}$$

Incertidumbre asociada a la calibración del equipo de calibración

Para el cálculo de esta incertidumbre se tomará la incertidumbre indicada en el certificado de calibración del transductor patrón correspondiente a cada valor de carga de ensayo.

Cuando el valor de fuerza de referencia correspondiente al punto de calibración no coincida con los valores de referencia indicados en el certificado de calibración del transductor patrón correspondiente, se tomará la mayor incertidumbre típica de entre las correspondientes a los valores de referencia entre los cuales esta incluido el valor de fuerza de referencia.

El factor de cobertura utilizado será el indicado en el certificado de calibración del transductor de fuerza correspondiente.

$$w_{\text{patrón}}(\%) = \frac{W_{\text{certif.}}}{K}$$

Incertidumbre asociada a la variación de temperatura

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA</b> <b>EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 18 de 18
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

A pesar de que los transductores de fuerza patrones utilizados están compensados para disminuir el efecto de la temperatura en la señal de salida de los mismos, siempre queda un efecto remanente, concretamente en los transductores de fuerza patrón así como en el dispositivo indicador patrón, este efecto se cuantifica (la deriva respecto a la temperatura) en %/ 10 K referido a la carga nominal.

La deriva en cero por efecto de la temperatura, a pesar de tener un valor mayor que sobre la sensibilidad, puede corregirse con el ajuste a cero (tara) con el equipo de calibración expuesto durante el tiempo suficiente a la temperatura de trabajo y sin carga, se trata pues de atemperar los equipos el tiempo suficiente, teniendo en consideración que no existan focos puntuales de calor sobre el equipo de medida y que no exista un gradiente térmico superior a 5 ° C por hora.

De cara a evaluar la incertidumbre asociada al efecto de la temperatura sobre el equipo de calibración compuesto por transductor patrón y amplificador indicador, se considerará un coeficiente de variación de la sensibilidad por cada grado centígrado de variación de temperatura respecto a la de referencia, de valor:

$$TK_c (1^\circ C) = TK_{Ac} + TK_{Bc} = 0,001\% + 0,0002\% = 0,0012\%$$

Considerando como temperatura de referencia la indicada en el certificado de calibración del equipo de calibración, en las calibraciones “in situ” se deberá considerar la desviación de temperatura del local donde se encuentre ubicada la máquina a calibrar con respecto a la temperatura de referencia ( $\Delta T$ ), calculando el valor correspondiente de coeficiente  $TK_c$  ( $\Delta T$  ° C). Para el cálculo de la incertidumbre se considerará una distribución de probabilidad arcosenoidal:

$$w_{temp} (\%) = \frac{TK\%(\Delta T^\circ C)}{\sqrt{2}}$$

Finalmente, para cada carga de ensayo, la incertidumbre combinada relativa  $w_c (\bar{F})$  se obtiene mediante la ecuación de propagación de las varianzas, considerando que no hay correlaciones entre las magnitudes de entrada:

$$\sigma_c^2 (\bar{F}) = (w_{ec}^2 + w_{temp}^2 + w_{rep}^2 + w_{f0}^2 + w_u^2 + w_r^2)$$

La incertidumbre relativa expandida, para cada carga de ensayo, se obtiene a partir de la multiplicación de la incertidumbre relativa combinada por un factor de cobertura k.

$$W_c = k \cdot w_c$$

Dado que los diferentes términos contemplados provienen de distribuciones de probabilidad de magnitudes independientes se cumplen las condiciones del Teorema Central del Límite, con lo que se puede atribuir una distribución normal al mensurando con estimación de su incertidumbre típica suficientemente fiable.

Utilizando un factor de cobertura de  $k = 2$ , se obtiene una incertidumbre típica expandida que corresponde a una probabilidad de cobertura aproximada del 95 %.

#### **3.3.4.4.- Clasificación de la máquina.-**

Tan sólo se procederá a la clasificación de la máquina en base a alguna de las normas contempladas en el presente procedimiento, cuando se hayan seleccionado los puntos de

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 19 de 19
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

calibración y el procedimiento de aplicación de cargas se haya realizado en base a lo mencionado en los puntos correspondientes a ambas cuestiones.

En tal caso la clasificación se hará contrastando los valores de los errores obtenidos calculados en base los apartados 3.3.4.1 y 3.3.4.2 con los estipulados en la tabla correspondiente (incluidas en un anexo):

Tabla 1: Tabla de errores máximos permitidos según **UNE EN-12390-4**.

Tabla 2: Tabla de errores máximos permitidos según **ISO 7500-1**.

La clasificación se hará teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Máquinas con una escala

Por lo menos cinco cargas consecutivas escogidas de forma decreciente a partir del valor máximo de la escala, no excederán los valores dados en la tabla correspondiente para una clase específica.

La clase no se aplicará por debajo de la última carga que cumpla estos requisitos.

Es posible que una escala tenga más de una clase, pero para cada clasificación se han de considerar todos los valores de carga, desde el máximo hasta el mínimo. Por tanto no se introducirán otras clases más exigentes para cubrir partes intermedias de la escala.

- Máquinas con varias escalas

Cada escala se clasificará como se describe en el apartado anterior.

En el caso de concreto de máquinas ensayadas conforme a la ISO 7500-1, se realizará una comprobación adicional, cuando haya sido necesaria la aplicación de una cuarta serie complementaria para la verificación de los accesorios. Se comprobará, en dicho caso, el cumplimiento de las siguientes expresiones:

- Cuando el método utilizado haya sido el de carga indicada:

$$\left| \frac{F_i - F_c}{F_c} \right| * 100 \leq 1,5|q|$$

- Cuando el método utilizado haya sido el de carga real:

$$\left| \frac{F_{ic} - F}{F} \right| * 100 \leq 1,5|q|$$

En ambas expresiones el valor de q es el valor máximo permitido según la tabla 2 tras haber realizado la clasificación para cada escala calibrada.

Asimismo, cuando haya sido necesaria la utilización de más de un transductor de fuerza patrón durante la calibración, la máxima fuerza aplicada al transductor de menor alcance será la misma que la fuerza mínima aplicada al siguiente transductor, el de mayor alcance. En dicho caso se deberá cumplir también, que el valor de la diferencia entre los errores relativos de exactitud obtenidos, para ese mismo punto, con cada uno de los transductores patrones no debe exceder en 1,5 veces el valor de la repetibilidad correspondiente a la clase de máquina resultante de la clasificación, es decir:

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 20 de 20
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

$$q_1 - q_2 \leq b$$

En el caso de máquinas ensayadas conforme a la norma UNE-EN 12390-4, cuando dicha máquina posea cambio de escala automático, (por ejemplo un indicador donde la resolución de las cargas indicadas cambie automáticamente en puntos determinados entre cero y el máximo de la escala), se clasificará como una máquina de la misma forma que una máquina con una escala. Sin embargo, solo se puede aplicar una clase si, a lo largo de la escala clasificada, la relación de la carga indicada y la resolución de dicha carga no es menor que los siguientes valores:

- 66,6 para máquinas de clase 3;
- 100 para máquinas de clase 2;
- 200 para máquinas de clase 1;

### **3.3.4.5.- Certificado de calibración.-**

Cuando una máquina de ensayos se ha clasificado y verificado según anexo B de UNE-EN 12390-4 ó según la norma ISO 7500-1 se emitirá un certificado en el que se incluirá al menos, la siguiente información:

- la identificación y ubicación de la máquina de ensayos y la fecha de calibración;
- la resolución, clase: tipo y escala de carga de cada sistema de medida de carga calibrado;
- cuando sea necesario, se indicará que sistema de medida de carga no ha sido verificado;
- el método de calibración utilizado y la identificación, clase y fecha del certificado de calibración del equipo utilizado para la calibración;
- si se utilizó o no un indicador de lectura de máxima;
- temperatura media del equipo de calibración en el momento de la calibración;
- cuando proceda, el tipo de papel registrador utilizado durante la calibración y la medida exacta de la anchura del papel.

## **4.- REFERENCIAS**

### **DOCUMENTACIÓN UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN**

Como referencia básica para la elaboración de este procedimiento se han tomado los criterios establecidos en los siguientes documentos:

1. PGAM XX: Procedimiento General de Elaboración de Procedimientos.

### **DOCUMENTOS A UTILIZAR CON ESTE PROCEDIMIENTO**

1. F005: Carpeta-Archivo de Expediente.
2. Al final de este documento (ANEXOS) se encuentra los formatos orientativos considerados como hojas de toma de datos, así como el certificado de calibración.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 21 de 21

#### **LEGISLACIÓN Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE O RELACIONADA**

1. Norma española UNE-EN 12390-4. Ensayos de hormigón endurecido Parte 4: Resistencia a compresión. Características de las máquinas de ensayo.
2. EN ISO 7500-1: 1999. Materiales metálicos. Calibración de máquina estáticas uniaxiales. Parte 1: Máquinas de ensayo tracción / compresión; calibración y calibración del sistema de medida de fuerza.
3. EN 10002-3. Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 3: calibración de los sistemas de prueba de la fuerza para la calibración de máquinas de ensayo uniaxiales.

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PEAM XX:</b> <b><i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i></b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 22 de 22

## **5.- ANEXOS**

A continuación se presenta un listado de anexos:

1. Formato orientativos de hoja de toma de datos a utilizar en la calibración.
2. Formato orientativo de certificado de calibración a utilizar en la calibración.
3. Tablas de errores máximos permitidos.

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 23 de 23

**HOJA DE TOMA DE DATOS DE CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS DE ENSAYO**

LABORATORIO "EMPRESA": \_\_\_\_\_

Página 1 de \_\_\_\_

Expediente: \_\_\_\_\_ N° de Objeto de ensayo: \_\_\_\_\_

Solicitante: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

Cliente: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

**Identificación del Mensurado:**

Marca: \_\_\_\_\_ N° de serie: \_\_\_\_\_

Modelo: \_\_\_\_\_ Capacidad Nominal: \_\_\_\_\_

Tipo:  Compresión  Tracción  Compresión / tracción

Clase:  0,5  1  2  3

Norma a aplicar  UNE-EN 12390-4  ISO 7500-1

**Indicador/es:**

Marca: \_\_\_\_\_ N° de serie: \_\_\_\_\_

Modelo: \_\_\_\_\_ Tipo (analógico / digital): \_\_\_\_\_

Marca: \_\_\_\_\_ N° de serie: \_\_\_\_\_

Modelo: \_\_\_\_\_ Tipo (analógico / digital): \_\_\_\_\_

Indicador/es de carga por presión hidráulica:  Sí  No

Si dispone de indicador de máxima indicar de que tipo es: \_\_\_\_\_

(Indicador de arrastre, detector de valor máximo, aguja de máxima, etc)

Tipo de escalas:  Una escala  Varias escalas  Cambio de escala automático

	Principio de escala	Final de escala	Resolución
Escala 1			
Escala _____			
Escala _____			

**Dispone de Transductor de fuerza / Célula de Carga como sistema de medida de cargas:**

En caso afirmativo indique:

Marca: \_\_\_\_\_ N° de serie: \_\_\_\_\_

Modelo: \_\_\_\_\_ Alcance máximo: \_\_\_\_\_

**Accesorios de aplicación de carga utilizados:**

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 24 de 24

**HOJA DE TOMA DE DATOS DE CALIBRACIÓN DE MÁQUINAS DE ENSAYO**

LABORATORIO "EMPRESA": \_\_\_\_\_

Página 2 de \_\_\_\_

Expediente: \_\_\_\_\_ N° de Objeto de ensayo: \_\_\_\_\_

**Identificación del Patrón:** Transductor de fuerza con n° de control: \_\_\_\_\_

Indicador con n° de control: \_\_\_\_\_

**Método empleado en la calibración:**

Los ensayos se han realizado en base al procedimiento: PEAM XX establecido por "EMPRESA".

**Condiciones ambientales:**

Temperatura	Inicio	Final	° C	Hora	inicio	Final
	Hum. Rel.				%	Fecha:

**Resultado de las medidas:**

**20% final de escala:** \_\_\_\_\_

**Ensayo para la escala 1:**

**Límite inferior de calibración (F<sub>v</sub>):**

**Calibración realizada a :**

**Método empleado:**

		Carga real ( unidades )					
		SERIE 1	SERIE 2		SERIE 3	SERIE ____	
Carga indicada		Carga real	Carga real Carga	Carga real Descarga			

**Observaciones:**

Fdo.: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_



<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 25 de 25

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN:** \_\_\_\_\_

**Laboratorio “Empresa”**

C/. \_\_\_\_\_.

CP \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_

Tlfno.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_ -

INSTRUMENTO:

MARCA:

MODELO:

Nº DE SERIE:

SOLICITANTE:

DIRECCIÓN:

CLIENTE:

DIRECCIÓN:

FECHA DE CALIBRACIÓN:

Fecha de emisión: \_\_ / \_\_ / \_\_\_\_

Fecha de emisión: 28/09/2003

Fdo. \_\_\_\_\_  
Jefe de Laboratorio

Fdo. \_\_\_\_\_  
Técnico de Laboratorio

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las medidas.

Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio que lo emite.

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 26 de 26

**Características del mesurando:**

Marca: \_\_\_\_\_ N° de serie: \_\_\_\_\_  
 Modelo: \_\_\_\_\_ Capacidad Nominal: \_\_\_\_\_  
 Tipo: \_\_\_\_\_

**Indicador/es Asociado/s:**

Marca: \_\_\_\_\_ N° de serie: \_\_\_\_\_  
 Modelo: \_\_\_\_\_ Tipo: \_\_\_\_\_  
 Indicador de máxima: \_\_\_\_\_

Tipo de escalas:  Una escala  Varias escalas  Cambio de escala automático

	Principio de escala	Final de escala	Resolución
Escala 1			
Escala			
Escala			
Escala			

**Características de la Célula de Carga:**

Capacidad Nominal:

N° de serie:

Marca:

Modelo:

**Ubicación del instrumento:**

La máquina de ensayos..... se encuentra situada.....

**Equipo utilizado (equipo de calibración):**

Transductor de fuerza con n° de control: \_\_\_\_\_

Indicador con n° de control: \_\_\_\_\_

**Procedimiento empleado en la calibración:**

Los ensayos se han realizado en base al procedimiento: PEAM XX: Calibración de la indicación de la carga en máquinas de ensayo uniaxiales” establecido por “EMPRESA” para este tipo de máquinas.

**Trazabilidad:**

El equipo patrón utilizado tiene trazabilidad a los patrones del Centro Español de Metrología (CEM) habiendo sido calibrados según las prescripciones de la norma española UNE 7-474-95 parte 3.

**Método:**

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE <b>METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA</b> <b>EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 27 de 27

Se ha sometido a la máquina a un proceso previo de eliminación de pereza con una serie de tres precargas hasta el valor máximo de la escala, con el equipo de calibración de carga montado. Previamente a los ensayos se mantuvo el equipo de calibración de carga en el laboratorio del cliente el tiempo necesario atemperándose.

El método utilizado para la verificación ha sido el de: Carga Indicada / Carga Real

Este método consiste en utilizar como referencia la carga \_\_\_\_\_, anotando la carga \_\_\_\_\_.

**Condiciones ambientales:**

	Inicio	Final			inicio	Final
Temperatura			° C	Hora		
Hum. Rel.			%	Fecha:		

**Observaciones:**

**Resultados del ensayo de carga para el \_\_\_ sistema de medida:**

**Calibración a:** Compresión / Tracción

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 28 de 28

Final de escala: \_\_\_\_\_ Resolución: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Punto de calibración (N)	Carga indicada (N)	Valor real	q (%)	b (%)	v (%)	a (%)

f <sub>0</sub> (%)		
SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3

q(%): Error relativo de exactitud.

f<sub>0</sub> (%): Error relativo de cero.

b(%): Error relativo de repetibilidad.

a (%): Resolución relativa.

v(%): Error de reversibilidad.

**Errores máximos permitidos, según (Norma) para máquinas de ensayo uniaxiales:**

Clase de Máquina	Error relativo de exactitud q %	Error relativo de repetibilidad b %	Error relativo de reversibilidad v %	Error relativo de cero f <sub>0</sub> %	Resolución relativa a%
0,5	±0,5	0,5	±0,75	±0,05	0,25
1	±1,0	1,0	±1,5	±0,1	0,5
2	±2,0	2,0	±3	±0,2	1,0
3	±3,0	3,0	±4,5	±0,3	1,5

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN : \_\_\_\_\_

Página 5 de \_

**Clasificación de la máquina:**

Según (Norma), el sistema de indicación de fuerza de la máquina puede ser clasificado.....

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 29 de 29

Escala	Rango de carga	Clase
1		

**Incertidumbre de las medidas: (Indicar para cada escala calibrada)**

Para la evaluación de la incertidumbre se han tenido en cuenta los errores relativos de repetibilidad  $b$  (%), error relativo del cero  $f_0$  (%), error relativo de reversibilidad  $v$  (%), la influencia debida a la resolución del instrumento, así como la incertidumbre del equipo de calibración y la influencia de la temperatura. Las incertidumbres relativas expandidas para cada valor de carga calibrado son las que se indican a continuación:

Puntos de calibración (Unidades)	Carga real (Unidades)	Carga Indicada (Unidades)	U (Unidades)

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por un factor de cobertura  $k = 2$ , que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%. La incertidumbre típica medida se ha obtenido conforme al documento EAL-R2.

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LA INDICACIÓN DE CARGA EN MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 30 de 30

**TABLA DE ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS, SEGÚN UNE EN-12390-4  
PARA MÁQUINAS DE ENSAYO DE HORMIGÓN ENDURECIDO A COMPRESIÓN**

<b>Clase de Máquina</b>	<b>Error relativo de exactitud %<sup>2)</sup></b>	<b>Error relativo de repetibilidad %<sup>2)</sup></b>	<b>Error relativo de cero %<sup>2)</sup></b>	<b>Resolución de la máquina %<sup>2)</sup></b>
1	±1,0	1,0	±0,2	0,5
2	±2,0	2,0	±0,4	1,0
3	±3,0	3,0	±0,6	1,5

2) Los porcentajes tabulados son los valores máximos permitidos para las clases de máquinas relacionadas

**Tabla 1.-**

**TABLA DE ERRORES MÁXIMOS PERMITIDOS, SEGÚN ISO 7500-1  
PARA MÁQUINAS DE ENSAYO UNIAXIALES DE TRACCIÓN / COMPRESIÓN**

<b>Clase de Máquina</b>	<b>Error relativo de exactitud q %<sup>2)</sup></b>	<b>Error relativo de repetibilidad b %<sup>2)</sup></b>	<b>Error relativo de reversibilidad v %<sup>2)</sup></b>	<b>Error relativo de cero f<sub>0</sub>%<sup>2)</sup></b>	<b>Resolución de la máquina %<sup>2)</sup></b>
0,5	±0,5	0,5	±0,75	±0,05	0,25
1	±1,0	1,0	±1,5	±0,1	0,5
2	±2,0	2,0	±3	±0,2	1,0
3	±3,0	3,0	±4,5	±0,3	1,5

2) Los porcentajes tabulados son los valores máximos permitidos para las clases de máquinas relacionadas.

**Tabla 2.-**