

EMPRESA ÁREA DE METROLOGÍA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA	Revisión: 0 Fecha: Página: 1 de 1

1.- OBJETO.....	2
2.- ALCANCE.....	2
3.- DESCRIPCIÓN	2
3.1.- DEFINICIONES.....	2
3.2.- RESPONSABILIDADES.....	3
3.3.- DESARROLLO.....	3
3.3.1.- GENERALIDADES	3
3.3.2.-PLANIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA.-	4
3.3.2.1 Funcionamiento del sistema de calibración de fuerza.-	4
3.3.2.2 Planificación de medidas para la caracterización de la máquina.-.....	6
3.3.3.- EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE CREEP.-.....	7
3.3.3.1.- Planificación de los ensayos.-.....	7
3.3.3.2.- Operaciones y condiciones previas a los ensayos.-.....	9
3.3.3.3.- Toma y tratamiento de datos durante los ensayos.-	10
3.3.3.4.- Procedimiento de ensayo.	10
3.3.4.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA	11
3.3.4.1.- Contribución a la incertidumbre típica relativa debida a la calibración de los transductores patrones en la Laboratorio de referencia ($w_{refv}(\%)$)......	13
3.3.4.2.- Contribución a la incertidumbre típica relativa debida al uso de los transductores de referencia ($w_{ut}(\%)$).	13
3.3.4.3 Contribución a la incertidumbre típica relativa debida a la configuración del sistema ($w_{config}(\%)$)......	17
3.3.4.4. Cálculo de la capacidad optima de medida (W_{com})......	19
3.3.5.- RESULTADOS.....	20
3.3.5.1 Análisis de los resultados de creep o fluencia.-	20
3.3.5.2. Capacidad óptima de medida.	20
4.- REFERENCIAS.....	21
5.- ANEXOS	22

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

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 2 de 2

1.- OBJETO

El objeto del presente procedimiento es establecer el método de caracterización del sistema de calibración de fuerza, de cara a determinar la capacidad óptima de medida del mismo, que constituirá la incertidumbre patrón en las calibraciones que se efectúen con dicho sistema en el laboratorio de fuerza de “EMPRESA”.

2.- ALCANCE

Este procedimiento es aplicable al sistema de calibración de fuerza del Laboratorio, compuesto por una máquina de generación de fuerza, un juego de transductores de fuerza patrones y un módulo amplificador / indicador. Asimismo, este procedimiento es aplicable a todo el personal de los Laboratorios implicados en el desarrollo de los mismos.

3.- DESCRIPCIÓN

3.1.- DEFINICIONES

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".

Desde el punto de vista de la física estática se define la fuerza como aquella acción que, ejercida sobre un cuerpo, produce sobre él una deformación.

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^2

TRANSDUCTOR DE MEDIDA: Dispositivo que hace corresponder a una magnitud de entrada otra de salida según una ley determinada.

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, por ejemplo una tensión.

MÁQUINAS DE FUERZA: Las máquinas de calibración de fuerza son sistemas utilizados para generar fuerzas de valores conocidos que permiten calibrar transductores de fuerza, y en general evaluar las características de los instrumentos de medida de fuerza que pretenden ser calibrados en la misma mediante la señal de un transductor de fuerza patrón.

Existen cuatro tipos básicos de máquinas de fuerza de calibración, cuyo uso depende del orden de magnitud y de la exactitud con que se desee generar la fuerza:

Máquinas de fuerza de carga directa:

Su principio de funcionamiento está basado en la acción directa de las masas en el campo gravitatorio. Este patrón sirve como primer eslabón en la cadena de trazabilidad, se trata por tanto, de un patrón primario de medida de fuerza.

Máquinas de fuerza de amplificación mecánica

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
ÁREA DE METROLOGÍA	PEAM XX: <i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 3 de 3

Su principio de funcionamiento está basado en la amplificación de la acción de las masas en el campo gravitatorio, a través de sistemas de palancas mecánicas.

Máquinas de fuerza de amplificación hidráulica

Su principio de funcionamiento está basado en la amplificación de la acción de las masas en el campo gravitatorio, a través de sistemas pistón - cilindro.

Máquinas de fuerza por comparación

Su principio consiste en comparar el instrumento de medida de fuerza a calibrar, con un instrumento de medida de fuerza de referencia, compuesto por un transductor de referencia, situados ambos en serie y un dispositivo indicador de referencia.

CÉLULA DE CONTROL: Transductor de fuerza incorporado a la máquina de fuerza *por comparación* propiedad del Laboratorio, utilizada por el sistema de control automático de la misma para su funcionamiento., no teniendo esta célula ninguna influencia en el resultado de las medidas.

CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA: se define como la incertidumbre más pequeña que puede conseguir un laboratorio en su alcance de acreditación, cuando lleva a cabo “*calibraciones más o menos rutinarias*” de patrones de medida establecidos para definir; realizar, conservar o reproducir una unidad de aquella magnitud, o bien uno o varios de sus valores, o cuando lleva a cabo calibraciones más o menos rutinarias de instrumentos de medida diseñados para la medida de aquella magnitud.

PATRÓN DE TRABAJO: el que se usa de forma habitual para calibrar patrones e instrumentos de medida, por ejemplo, dentro de una planta de una industria.

PATRÓN DE REFERENCIA: Patrón que ha sido calibrado en una Máquina Nacional de Fuerza y cuyos valores de deformación son los considerados como valores de referencia para el Laboratorio.

VALORES DE REFERENCIA: Valores de deformación obtenidos del transductor de fuerza de referencia del laboratorio, calibrado en un laboratorio de superior categoría metrológica, en nuestro caso, dicha calibración es realizada en la Máquina Nacional de Fuerza.

RANGO DE APROXIMACIÓN AL ESCALÓN: Parámetro asociado al control de la máquina de generación de fuerza que especifica la precisión con la que se desea que el sistema se aproxime a cada uno de los escalones en los que se va a realizar la calibración.

3.2.- RESPONSABILIDADES

El Jefe del Laboratorio es responsable de la gestión, funcionamiento y coordinación de las actividades y pruebas realizadas de cara a la evaluación de la capacidad óptima de medida del sistema de calibración de fuerza por comparación. Asimismo, es responsable de la correcta aplicación del presente procedimiento. El personal del Laboratorio, cualificado para la ejecución de este procedimiento, es responsable de la correcta ejecución de los ensayos.

3.3.- DESARROLLO

3.3.1.- GENERALIDADES

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: <i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 4 de 4

Con el presente procedimiento se pretende calcular la incertidumbre de las mediciones efectuadas con el Sistema de Calibración de Fuerza formado por:

- Juego de transductores de fuerza patrones (de referencia y de trabajo).
- Dispositivo amplificador de la señal.
- Máquina de Generación de Fuerza.

La incertidumbre global de este sistema, calculada en este procedimiento, se utilizará como incertidumbre patrón en todas aquellas calibraciones realizadas por el laboratorio, en los que sea necesario la utilización del Sistema de Calibración de Fuerza.

Para la evaluación de la capacidad óptima de medida del Sistema de Calibración de Fuerza se hace necesario:

1º Una planificación de medidas para la determinación de la Capacidad óptima de medida del mismo.

2º Un posterior cálculo de dicha capacidad óptima de medida a raíz de los resultados de las pruebas efectuadas, así como de los datos procedentes de características técnicas de los equipos, certificados de calibración y demás factores influyentes.

3.3.2.-PLANIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LAS MEDIDAS PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA.-

3.3.2.1 Funcionamiento del sistema de calibración de fuerza.-

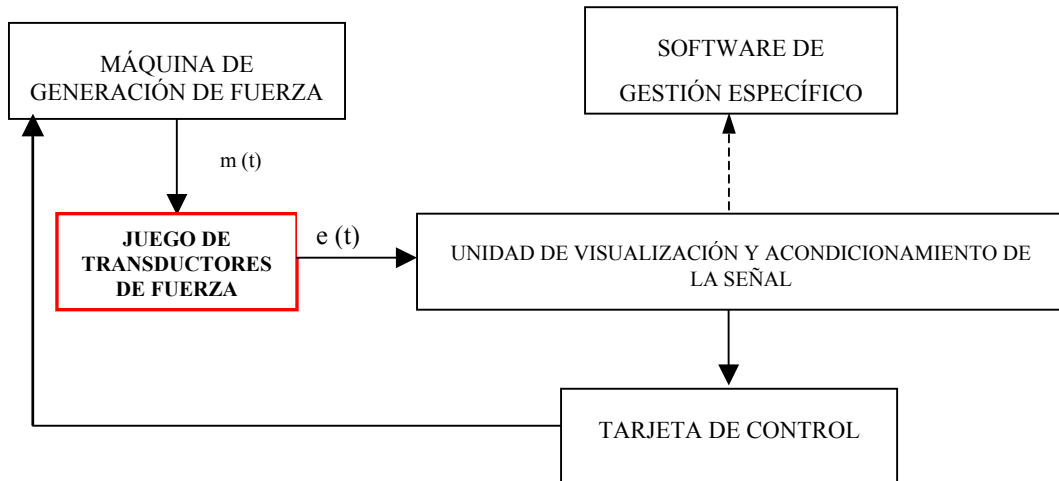
El sistema de calibración de Fuerza es una cadena de medida realimentada, donde el dispositivo de accionamiento corresponde a la máquina de generación de fuerza y la señal patrón es la proporcionada por alguno de los transductores de fuerza disponibles colocado en serie con dispositivo de amplificación tratamiento y visualización de la señal.

Asimismo, el sistema dispone de una tarjeta de control para la realimentación del sistema, gobernada por un sistema informático que realiza entre otras las funciones, la de almacenamiento, análisis y representación de los datos.

Por último existen una serie de transductores de fuerza denominados como células de control utilizadas por el sistema de control automático, no teniendo esta célula ninguna influencia en el resultado de las medidas, puesto que es la señal de los transductores de fuerza de referencia la que es tomada como señal patrón.

El Esquema de funcionamiento del Sistema de calibración de Fuerza sería por tanto, el siguiente:

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 5 de 5
ÁREA DE METROLOGÍA		



Esquema del Sistema de Calibración de Fuerza

Por tanto, las calibraciones se llevarán a cabo con los tres instrumentos de medida de fuerza siguientes, montados de forma adecuada, con los adaptadores adecuados, en la máquina de generación de fuerzas:

- Una de las Células de Control de la máquina, escogida en función del alcance del instrumento de medida de fuerza a calibrar:
- Uno de los transductores de fuerza de referencia del Laboratorio, a modo de transductor patrón.
- Instrumento de medida de fuerza a calibrar.

Se trata de por tanto, de un sistema de calibración de fuerza del tipo: “por comparación” cuyo principio consiste en comparar las medidas indicadas por el instrumento de medida de fuerza a calibrar, con las de un instrumento de medida de fuerza de referencia, compuesto por un transductor de fuerza y un dispositivo indicador de referencia.

El tipo de sistema del que se trata, su diseño, funcionamiento así como el nivel de exactitud que se desea alcanzar en las calibraciones efectuadas, condiciona el método y la planificación desarrollada para el cálculo de la capacidad óptima de medida.

Existen dos parámetros en la configuración del modo de trabajo del sistema durante las calibraciones que definirán la incertidumbre total de sistema de calibración de fuerzas y que deberán ser escogidos en función del “*nivel de exactitud*” que se desea alcanzar durante las mismas:

1. Uno de ellos es el *rango de aproximación al escalón*. Puesto que la máquina ajusta la señal patrón hasta conseguir un determinado valor durante un tiempo determinado y con un *rango de aproximación* definidos para cada calibración, se ha de decidir entre que valores de la señal patrón será válido tomar medidas en el equipo a calibrar. A tal efecto, en los parámetros de la calibración se deberá especificar la magnitud de

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 6 de 6

ese valor del rango de aproximación que constituirá el semiintervalo de variación entre los cuales el sistema dará validez a la señal patrón permitiendo así la toma de la señal del mensurando.

A modo de ejemplo decir: *que si deseamos registrar la lectura del equipo a calibrar en un escalón de una serie de calibración correspondiente a 0,80000 mV/V y se ha especificado un rango de aproximación de 0,00001 mV/V la lectura del indicador patrón será válida cuando esté entre los valores 0,80001 y 0,79999 mV/V, intervalo dentro del cual se podrá tomar la lectura del indicador del equipo a calibrar.*

2. Por otro lado es importante decidir si el puente de medida (sistema de amplificación / indicación de la señal) estará configurado en modo analógico o no, puesto que la elección de uno u otro sistema provocará o no la existencia de un error de linealidad:
 - Si durante la calibración se desea trabajar en unidades de Fuerza (KN) se deberá configurar el módulo de tratamiento y amplificación de la señal introduciendo los valores de deformación en mV/V correspondientes al valor de cero y carga nominal del transductor de fuerza patrón correspondiente (consultando para ello el certificado de calibración). En dicho caso la señal que proporcionará el módulo de amplificación corresponderá a una salida analógica, convirtiendo la deformación del transductor (en unidades de mV/V), a unidades de fuerza (KN) en base a la recta teórica entre ambos puntos.
 - Si durante la calibración se desea trabajar en unidades de mV/V no será necesaria la operación anterior con lo que el sistema trabajará directamente con la señal de deformación del transductor de fuerza patrón, en unidades de tensión mV/V.

Por tanto en función del nivel de exactitud que se desee se fijará el valor de dicho rango de aproximación y se decidirá uno con que unidad de la señal patrón se desea trabajar.

3.3.2.2 Planificación de medidas para la caracterización de la máquina.-

La planificación que se debe seguir, pues, de cara a evaluar la mencionada capacidad óptima de medida es la siguiente:

- 1º) Seleccionar varios transductores de fuerza patrones a modo de transductores de referencia, tal que entre todos cubran el rango completo de fuerzas hasta llegar al alcance máximo de la máquina en cuestión.
- 2º) Dichos transductores patrones deben estar calibrados en un patrón primario de medida de fuerza (máquina de pesos muertos) de cara a determinar sus “*valores de referencia*”. Dichas calibraciones deberán ser actualizadas cada 24 meses con lo que el proceso de caracterización del Sistema de Calibración de Fuerza se realizará cada vez que se actualicen dichas calibraciones.
- 3º) Será necesaria la realización de ensayos de “creep”, que tendrán como objetivo el cálculo de la incertidumbre (w_{creep} (%)) derivada de la variación de la señal de los transductores de fuerza patrones, motivada por la fluctuación en la generación de la fuerza en la máquina. Esta incertidumbre pasará a formar parte de la capacidad óptima de medida objeto del presente procedimiento.

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: <i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 7 de 7

La justificación de estos ensayos, se basa en que durante las calibraciones que se realicen en el sistema de calibración de fuerza, los transductores de fuerza patrones estarán expuestos a cargas (bien de tracción o de compresión), por lo que es importante analizar la **estabilidad o fluencia** de las medidas proporcionadas por los mismos, cuando se ven sometidos a estos plazos tan prolongados de exposición a carga.

4) Por último, se deberá abordar el análisis de los resultados obtenidos durante los ensayos correspondientes al punto 3, los resultados del certificado de calibración de los transductores patrones en un laboratorio de referencia, correspondientes al punto 2, así como de otros factores que no serán evaluados de forma empírica sino mediante valores obtenidos de:

- Características de los equipos proporcionadas por los fabricantes.
- Sucesivas calibraciones de los transductores de fuerza patrones en el laboratorio de referencia.
- De la configuración del sistema de calibración de fuerza, en función del rango de aproximación y la unidad de trabajo, ambos escogidos en función del nivel de exactitud deseado.

3.3.3.- EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE CREEP.-

3.3.3.1.- Planificación de los ensayos.-

Los ensayos mencionados en el apartado 3 de la planificación de medidas, necesarios de cara a la obtención de la capacidad óptima de medida serán realizados en base al contenido del presente apartado.

La estabilidad se caracterizará para cada transductor de referencia e indicador asociado a lectura patrón, en conjunción con el sistema de calibración de fuerza. Para ello se someterá, en la máquina de generación de fuerzas, a cada transductor a un ensayo de creep a un valor de carga correspondiente al 100 % de su capacidad nominal, donde los efectos de inestabilidad de la señal serán mayores.

Para la ejecución de estos ensayos deberemos tener en cuenta el diseño y principio de funcionamiento de la máquina de generación de fuerzas, descrito en el apartado 3.3.2.1. Puesto que el sistema de calibración de fuerzas necesita una señal patrón, en base a la cual regula la generación de fuerza, para poder analizar las desviaciones en la señal de salida de cada transductor de fuerza cuando este se ve sometido durante un determinado tiempo a la “misma” carga, se deberá utilizar la señal de otro de los transductores de fuerza del juego, a modo de señal patrón.

Por tanto en cada uno de los ensayos de creep a realizar, estarán conectados:

- Una célula de control.
- El transductor de referencia sobre el que se va a ejecutar el ensayo de creep (a modo de mensurando), cuya variación de lecturas durante el ensayo será la que nos proporcionará el error debido a la inestabilidad que se pretende evaluar.

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: <i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 8 de 8

- Un transductor de referencia (a modo de patrón), que será el transductor de referencia de alcance inmediatamente superior.

Se realizarán por tanto un total de 8 ensayos, cuatro en tracción y otros tantos en compresión (de cara a analizar comportamiento de la máquina en función del sentido de aplicación de las cargas).

Las ocho pruebas se realizarán por tanto con los siguientes transductores de referencia, así como la célula de control correspondiente:

- 2 Ensayos (uno con cargas en tracción y otro en compresión):
Transductor de 50 KN de alcance como patrón
Transductor de 20 KN de alcance como calibrando
- 2 Ensayos:
Transductor de 100 KN de alcance como patrón
Transductor de 50 KN de alcance como calibrando
- 2 Ensayos:
Transductor de 200 KN de alcance como patrón
Transductor de 100 KN de alcance como calibrando.
- 2 Ensayos:
Transductor de 500 KN de alcance como patrón.
Transductor de 200 KN de alcance como calibrando

Con estos ensayos se caracterizará la fluencia de los transductores de 20, 50, 100 y 200 KN de alcance respectivamente en ambos sentidos de cargas (tracción y compresión). Para analizar la fluencia (creep), del transductor de mayor alcance, será necesario la extrapolación de los datos obtenidos en los siguientes ensayos adicionales:

- Ensayo A: Ensayo realizado a una carga de 200 KN sobre el transductor de 500 KN de alcance utilizando como señal patrón la proporcionada por el transductor de 200 KN de alcance, viendo así la variabilidad en la señal de salida del transductor de 500 KN al 40% de su señal patrón, es decir:
Transductor patrón: 200 KN.
Transductor mensurando: 500 KN.
Carga de ensayo: 200 KN.
- Ensayo B: Para poder extrapolar los resultados obtenidos bajo una carga sostenida en el tiempo del 40% del alcance nominal del transductor de 500 KN, al 100 % de su alcance nominal, se realizará un ensayo equivalente sobre el transductor de 200 KN al 40% de su alcance nominal utilizando como señal patrón la del transductor de 100 KN de alcance:
Transductor patrón: 100 KN.

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: <i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 9 de 9

Transductor mensurando: 200 KN.

Carga de ensayo: 80 KN.

La extrapolación se realizará en base a la relación existente entre los resultados obtenidos sobre el transductor de 200 KN al 40 % de su capacidad nominal (ensayo B) y lo obtenidos para el mismo transductor a su carga nominal, relación que se aplicará a los resultados obtenidos en el ensayo A.

3.3.3.2.- OPERACIONES Y CONDICIONES PREVIAS A LOS ENSAYOS.-

Para los ensayos de creep anteriormente mencionados se deberán realizar las siguientes operaciones previas:

- a) Los ensayos deberán ser realizados en el Laboratorio de Fuerza a temperatura estable y comprendida entre 18° C y 28° C permitiéndose una variación máxima de $\pm 1^\circ$ C, durante la realización de la misma.
- b) Los transductores de fuerza participantes en la calibración, deberán haber permanecido el tiempo suficiente en el laboratorio, para estabilizar su temperatura a la de la sala (se recomienda una estancia de al menos 24 horas en el laboratorio).
- c) En el caso de los instrumentos eléctricos (módulo de amplificación / indicación) deben estar conectados a la corriente eléctrica durante al menos 30 minutos antes del inicio de la calibración.
- d) Se procederá a limpiar adecuadamente las caras del transductor y sus útiles de aplicación de carga antes de su instalación en el sistema de generación de fuerza, utilizando paños o gamuzas no abrasivas y soluciones disolventes inocuas si fuese necesario. Las manos del operario se deben proteger con guantes (ej. de cuero) durante la manipulación del instrumento de medida de fuerza con objeto de evitar la introducción de gradientes térmicos que pudieran afectar a la calidad de la medida.
- e) Instalar la célula de control de la máquina de calibración de fuerza, y los dos transductores de referencia participantes en el ensayo, y antes de iniciar la calibración propiamente dicha, llevar a cabo un estudio visual de la idoneidad y buen estado de los elementos auxiliares a emplear.
- f) Una vez montado en la máquina de calibración de fuerza, la célula de control y los dos transductores de referencia participantes en el ensayo, hay que asegurarse de que:
 - El sistema de acoplamiento del instrumento de medida de fuerza permite una aplicación axial de la carga en el caso de utilización del instrumento en tracción utilizando a tal efecto rótulas de tracción.
 - En el caso de ensayos de creep a compresión, comprobar que no existe interacción tanto entre el transductor de fuerza y su unión con el puente móvil de la máquina de generación, como en cualquier otra unión entre adaptadores que pudiera existir, utilizando para ello las tuercas y arandelas de compresión correspondientes, ya que dicha circunstancia podría ocasionar la rotura del transductor patrón de menor

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 10 de 10

alcance por sobrecarga. A tal efecto para evitar excentricidades, en el caso de aplicación de cargas a compresión, utilizar platos centradores.

- g) Al poseer el sistema de control de la máquina de generación de fuerzas de sistemas de alarmas y de paradas automáticas en función de diversos parámetros, se tomará la medida preventiva, de cara a evitar sobrecargas que pudieran sobrepasar el límite de rotura de alguno de los instrumentos de medida de fuerza instalados en la máquina, de no ejecutar ninguna secuencia de calibración, sin incluir en la misma una alarma por carga máxima igual al valor de la carga nominal del transductor de fuerza de menor alcance que en ese momento se encuentre instalado en el sistema de generación de fuerzas

3.3.3.3.- Toma y tratamiento de datos durante los ensayos.-

La toma de datos se realizará de forma automática, utilizando el dispositivo indicador propiedad del laboratorio para tomar las indicaciones del transductor patrón que actúe como “*mensurando*”, no siendo por tanto necesario que el técnico introduzca manualmente las indicaciones del mismo.

Para evitar que la variación de la señal del transductor “*mensurando*” se vea afectada por el modo de funcionamiento del sistema de calibración de fuerzas, las calibraciones se realizarán trabajando en unidades de mV/V en ambos transductores escogiendo asimismo un rango de aproximación de 0,00001 mV/V (el menor posible).

Se conservarán los ficheros de datos primarios que permitan reconstruir la calibración realizada.

3.3.3.4.- Procedimiento de ensayo.

Se seguirá pues, básicamente el siguiente proceso tanto para calibraciones con carga a tracción como a compresión:

- A. Conectar los dos transductores de fuerza participantes en el ensayo al canal correspondiente del módulo indicador / amplificador propiedad del laboratorio:
 - Canal 1: Transductor a modo de patrón.
 - Canal 3: Transductor a modo de mensurando.
- B. Cargar los parámetros de calibración correspondientes haciendo uso del módulo de calibración automática del programa de gestión que gobierna el sistema de generación de fuerzas.
- C. Cargar la secuencia de ensayo correspondiente e iniciar el ensayo propiamente dicho; dicha secuencia de ensayo realizará de forma automática las siguientes operaciones:
 1. Realizar tres precargas con valores de fuerza igual o cercanos al alcance máximo del transductor. La duración de cada una de esas precargas así como los intervalos de espera entre las mismas estarán en torno al minuto. No será necesario la toma de medida en éstas precargas.

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 11 de 11
ÁREA DE METROLOGÍA		

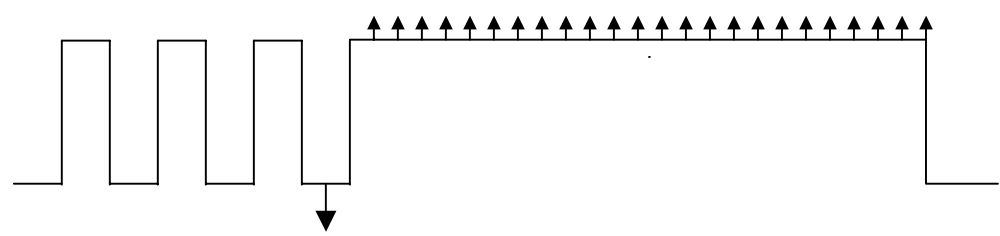
2. Después de transcurrido 1 minuto desde la descarga de la última precarga tomar el valor de temperatura en el entorno de la máquina de fuerza y poner a cero la indicación del transductor de fuerza actuante como patrón

3. A continuación, aplicar la carga correspondiente al alcance máximo del transductor de fuerza que actúa como mensurando durante el ensayo. Mantener dicha carga máxima y continuar anotando periódicamente en intervalos de tiempo de 2 minutos durante un periodo de 30 minutos, con lo que se tomarán un total de 15 lecturas del transductor de fuerza que actúe como mensurando (cuyas desviaciones se quieren analizar). Mencionar que la duración del ensayo podrá ser superior a 30 min. Esto es debido a que al trabajar con el menor rango de aproximación posible (0,00001 mV/V) puede darse la posibilidad de que transcurrido un plazo de 2 min la señal patrón no se encuentre entre los valores comprendidos en el intervalo:

[señal patrón - rango de aproximación; señal patrón + rango de aproximación]

en cuyo caso el sistema esperará a que la señal patrón se encuentre dentro del mismo para tomar la señal del transductor de referencia bajo estudio

Una vez explicado el procedimiento paso a paso, se muestra el siguiente esquema de secuencia de calibración:



↑ = toma de señal. = precarga a fuerza máxima. ↓ = Autocero en el transductor patrón bajo estudio

3.3.4.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA

La información mínima necesaria para realizar el cálculo que se propone es la siguiente:

- Certificados de los patrones de referencia que incluirán:
 - La incertidumbre expandida de la máquina patrón de fuerza.
 - Valores de deformación con rotación para los diferentes valores de fuerza de referencia.
 - Valores de deformación sin rotación para los diferentes valores de fuerza de referencia
 - Valores de reversibilidad.
 - Error de Interpolación

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 12 de 12

- Resolución del dispositivo indicador
- Error de cero

Es necesario contemplar además, tres factores de influencia debidos al propio uso de los transductores de fuerza en el sistema de calibración de fuerza:

- Estabilidad a largo plazo (Deriva).
- Efecto de la estabilidad (fluencia o creep) del conjunto transductor patrón-indicador patrón-sistema de generación de fuerza, bajo la acción de una carga constante mantenida en el tiempo.
- Efecto de la temperatura.

Por último, se deberá contemplar, la influencia de la configuración del sistema durante las calibraciones efectuadas con el mismos, es decir:

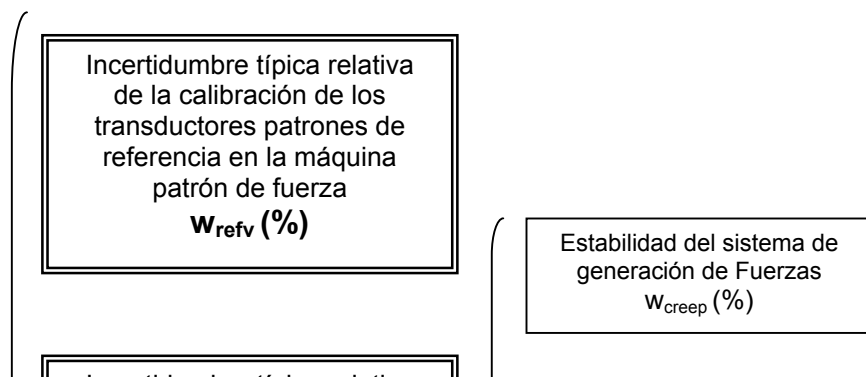
- Efecto del rango de aproximación al escalón utilizado.
- Unidad de trabajo de la señal patrón; KN o mV/V.

El procedimiento estará estructurado, pues, fundamentalmente en 4 pasos:

1. Determinación de la contribución a la incertidumbre típica relativa debida a la calibración de los transductores patrones utilizados como patrones de referencia ($w_{refv}(\%)$).
2. Determinación de la contribución a la incertidumbre típica relativa debida al uso de los transductores de referencia ($w_{ut}(\%)$).
3. Determinación de la contribución a la incertidumbre típica relativa debida a la configuración del sistema ($w_{config}(\%)$).
4. Calculo de la capacidad óptima de medida (W_{com}).

Todas las contribuciones a la incertidumbre total se expresarán en tanto por ciento sobre el valor de la medida, ya que es así como se desea obtener la capacidad óptima de medida del sistema de calibración de fuerza. Este hecho queda justificado en base a la gran variedad de tipos de instrumentos así como sus unidades de trabajo, que podrán ser calibrados mediante dicho sistema, de forma que expresando la incertidumbres del mismo en tanto por ciento sobre el valor de la medida, que es la deformación media con rotación (\bar{X}_r) que experimenta el transductor de fuerza bajo una carga determinada, se facilitará la posterior interpretación de los resultados.

De una forma esquemática, los factores que contribuyen al cálculo de la capacidad óptima de medida, se muestran en la siguiente figura:



EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: <i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 13 de 13

3.3.4.1.- Contribución a la incertidumbre típica relativa debida a la calibración de los transductores patrones en la Laboratorio de referencia (w_{refv} (%)).

Se utilizarán los transductores patrones e indicador necesarios, para cubrir los diferentes rangos de fuerza disponibles en el sistema de calibración de fuerza en estudio. Por tanto la contribución a la incertidumbre típica relativa debida a los transductores de fuerza patrones variará en función del transductor así como del modo de aplicación de cargas (tracción / compresión).

La incertidumbre relativa de los transductores patrones de fuerza (w_{refv} (%)) que formará parte de la incertidumbre correspondiente a la capacidad óptima de medida será la indicada en el certificado de calibración correspondiente dividida por factor de cobertura correspondiente:

$$w_{refv} (\%) = \frac{W_{cert}}{K}$$

3.3.4.2.- Contribución a la incertidumbre típica relativa debida al uso de los transductores de referencia (w_{ut} (%)).

La incertidumbre relativa expandida debido al uso de los transductores de referencia (W_{ut}) estará compuesta por los siguientes términos:

- **Estabilidad del sistema de calibración de Fuerzas (w_{creep} (%)).-**

EMPRESA ÁREA DE METROLOGÍA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 14 de 14

Esta incertidumbre se determinará en base a los resultados obtenidos en los ensayos de creep descritos en el apartado 3.3.3.1 y se realizará, para cada transductor de fuerza patrón y para cada sentido de aplicación de cargas.

En dichos ensayos se tomaron un total de 15 lecturas X_i . La incertidumbre se calculará en base a la evaluación “Tipo A” que es de tipo aleatorio y que tiene por tanto, un carácter objetivo al ser evaluada mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones repetidas.

Esta incertidumbre es caracterizada por una varianza estimada (u^2), calculada de la varianza estimada estadísticamente (s^2) de “n” observaciones. Para calcular esta incertidumbre debemos calcular, pues, la desviación típica “s” de los diferentes valores de deformación del transductor de referencia obtenidas en las 15 lecturas (X_i) tomadas durante el ensayo de creep:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Para el cálculo de esta desviación típica el Laboratorio podrá optar por no considerar la primera de las lecturas obtenidas durante el ensayo de creep, de cara a minimizar el efecto de caída de la señal durante los primeros instantes, considerando pues, que un tiempo de 2 minutos desde el comienzo de la aplicación de la carga es suficiente para conseguir la estabilización de la señal del transductor.

La incertidumbre típica debida al procedimiento utilizado se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$u_{creep} = \left| \frac{s}{\sqrt{n}} \right|$$

La incertidumbre típica relativa expresada en tanto por ciento será:

$$w_{creep}(\%) = \frac{u_{creep} \times 100}{\bar{X}}$$

donde:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n}$$

▪ **Estabilidad a largo plazo, deriva de los transductores de fuerza patrones ($w_{der}(\%)$)**

La incertidumbre debida a la deriva de los transductores patrones debe calcularse, en condiciones normales, a partir del historial de calibraciones de cada transductor de fuerza patrón utilizado como patrón de referencia en las calibraciones realizadas en el Sistema de Calibración de Fuerza objeto de este procedimiento.

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 15 de 15
ÁREA DE METROLOGÍA		

Se entiende por estabilidad la capacidad del transductor para mantener constante su curva de calibración con el paso del tiempo (meses), la deriva por tanto, es la cuantificación de la variación de dicha curva de calibración con el paso del tiempo.

Esta deriva, diferencia detectada de la salida del transductor de referencia para cada valor de fuerza de referencia calibrado “i”, en sucesivas recalibraciones, realizadas con un intervalo de tiempo de, por ejemplo 24 meses, se calculará, expresada en tanto por ciento, mediante la siguiente expresión:

$$a_{\text{der}} (\%) = \frac{S_{1,i} - S_{2,i}}{S_{1,i}} * 100$$

$a_{\text{der}}(\%)$: Variación relativa de la señal de salida del transductor de referencia en cada uno de los puntos de calibración “i”, expresada en términos porcentuales sobre el valor de la medida para cada punto de calibración.

- $S_{1,i}$: Señal de salida (en mV/V) en cada punto de calibración “i”.
- $S_{2,i}$: Señal de salida (en mV/V) en cada punto de calibración “i” obtenida bajo las mismas condiciones de calibración transcurrido 24 meses.

La incertidumbre típica relativa correspondiente a esta deriva detectada durante calibraciones sucesivas se calculará finalmente, considerando que se comporta en base a una distribución rectangular de probabilidad de semi-amplitud $a_{\text{der}}(\%)$, mediante la expresión:

$$w_{\text{der}} (\%) = \frac{a_{\text{der}}}{\sqrt{3}}$$

En ausencia de dicho historial esta deriva puede ser estimada provisionalmente por la tercera parte del valor de la incertidumbre de calibración del transductor de fuerza correspondiente para el valor de la fuerza de referencia “i” correspondiente, es decir la tercera parte de los valores de referencia correspondientes:

$$w_{\text{der}} (\%) = \frac{w_{\text{ref}} (\%)}{3}$$

▪ **Incertidumbre debida al efecto de la temperatura ($w_{\text{temp}}(\%)$)**

Los transductores de fuerza extensiométricos, experimentan una variación en la señal de salida bajo la influencia del cambio de temperatura. Una variación de temperatura tiene un efecto sobre el balance de cero del puente de Wheatstone formada por las galgas y también sobre el módulo de elasticidad “E” del cuerpo elástico del transductor, afectando a la sensibilidad del mismo.

Sin embargo, a pesar de que los transductores de fuerza patrones están compensados para disminuir el efecto de la temperatura en la señal de salida de los mismos, siempre queda un efecto remanente.

La cuantificación de este efecto se realizará en base a las especificaciones proporcionadas por el fabricante (Evaluación tipo B de la incertidumbre típica), puesto que el efecto de la

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: <i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 16 de 16
ÁREA DE METROLOGÍA		

temperatura sobre la señal de los transductores es lo suficientemente pequeño para que no pueda ser detectado o evaluado mediante ensayos.

Concretamente, el fabricante de los transductores de fuerza propiedad del laboratorio, cuantifica la variación de la señal con respecto a la temperatura mediante un coeficiente “TK” expresado en “% / 10 ° C”, es decir este coeficiente represente la variación en tanto por ciento (referido a la carga nominal) de la señal del transductor patrón por cada 10 ° C de variación de temperatura.

El efecto de la temperatura sobre la señal de los transductores patrones se produce a lo largo de todo el rango de trabajo del transductor, de forma que se poseen los valores del coeficiente TK para carga nula y carga nominal de cada transductor, los valores respectivos son:

$$TK_C (\%/10^\circ C) = 0,01 \% = 0,001 (\% / 1^\circ C)$$

$$TK_0 (\%/10^\circ C) = 0,015 \% = 0,0015 (\% / 1^\circ C)$$

Donde:

- TK_C %: Coeficiente de efecto de la temperatura a carga nominal, expresado en tanto por ciento sobre el valor de la sensibilidad nominal.
- TK_0 %: Coeficiente de efecto de la temperatura sobre el valor del cero, expresado en tanto por ciento sobre el valor de la sensibilidad nominal.

Esta misma situación descrita se presenta, aunque en menor medida, en el dispositivo amplificador utilizado para la captación de la señal de los transductores de fuerza patrón durante las calibraciones. Los coeficientes térmicos para el amplificador (TK_A) para un cambio de 10 ° C en la temperatura con respecto a la de referencia (referidos al valor de la sensibilidad nominal) en este caso tienen un valor de:

$$TK_{Ac} < 0,002 \%$$

$$TK_{A0} < 0,001 \%$$

La deriva en cero por efecto de la temperatura, a pesar de tener un valor mayor que la deriva a carga nominal, puede corregirse con el ajuste a cero (tara) con la cadena de medida (transductor de referencia y dispositivo amplificador / indicador) expuesta durante algún tiempo a la temperatura de trabajo y sin carga, se trata pues de atemperar los equipos de calibración el tiempo suficiente, teniendo la precaución de 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, pues en dicho caso los coeficientes límites de variación térmica proporcionados por el fabricante dejarán de ser válidos.

Ante esta situación, de cara a la evaluación de la capacidad óptima de medida del sistema de calibración compuesto por transductor patrón – amplificador indicador digital- máquina de generación de fuerzas, deberemos pues incluir una contribución debida a los efectos de la temperatura sobre el sistema de medida en conjunto.

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 17 de 17
ÁREA DE METROLOGÍA		

Por ello se agregarán ambos efectos (del transductor y del dispositivo indicador), de forma que el coeficiente de variación de la sensibilidad por cada grado centígrado de variación de temperatura respecto a la de referencia será de:

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

Las condiciones ambientales en el laboratorio donde se realizarán las “calibraciones rutinarias” están controladas y permanecen estables durante el tiempo de ejecución de los ensayos, por lo que se ha fijado un intervalo de variación de admisible durante las mismas de $\pm 1^\circ C$.

Por ello, se considerará una variación relativa de la señal de salida con respecto a la sensibilidad nominal (TK) de $2^\circ C$, de forma que para obtener el valor de TK para una temperatura distinta de un grado centígrado ($T 1^\circ C$) simplemente habrá que multiplicar el valor de TK correspondiente para una variación de $1^\circ C$, por el incremento de temperatura permitido, en nuestro caso:

$$TK (T 1^\circ C) = TK (1^\circ C) * T$$

$$TK (2^\circ C) = TK (1^\circ C) * 2 = 0,0012\% * 2 = 0,0024\%$$

Este valor corresponde, como se dijo, a la variación en tanto por ciento sobre el valor de la sensibilidad nominal, valor equivalente al semi-intervalo de variación de la señal de salida cada $2^\circ C$ de variación de temperatura con respecto a la de referencia, expresado en tanto por ciento con respecto a la medida (valor de la deformación media con rotación) para cualquier carga entre cero y la nominal, ya que en el cálculo de la capacidad óptima de medida se utilizan valores de variación relativa e incertidumbres derivadas de las mismas, expresadas en tanto por ciento sobre el valor de la medida de cada escalón de carga.

Por tanto, una vez calculada la variación relativa de la salida del transductor se podrá calcular la incertidumbre típica asociada, sin más que considerar una distribución de probabilidad arcosenoidal:

$$w_{der-temp} (\%) = \frac{TK\%(2^\circ C)}{\sqrt{2}} = \frac{0,0024\%}{\sqrt{2}} = 0,00169\%$$

Finalmente, la incertidumbre típica relativa debido al uso de los transductores de referencia ($w_{ut} (\%)$) se calculará en base a la ley de propagación de las incertidumbres mediante la siguiente expresión:

$$w_{ut} (\%) = \sqrt{w_{creep}^2 + w_{der}^2 + w_{temp}^2}$$

3.3.4.3 Contribución a la incertidumbre típica relativa debida a la configuración del sistema ($w_{config} (\%)$).

Las variables de configuración del sistema de calibración de fuerza, que influyen en la determinación de la incertidumbre global del sistema son:

- El rango de aproximación.

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 18 de 18
ÁREA DE METROLOGÍA		

- La unidad de trabajo.
 - Incertidumbre típica relativa debida al rango de aproximación ($w_{ra}(\%)$)

El rango de aproximación al escalón delimitará el intervalo de valores del transductor de fuerza patrón entre los que se tomará la señal del equipo a calibrar. Esto ocasionará un error, pues la señal patrón no tendrá un valor exacto y único en todas las series dentro de una calibración sino que se moverá dentro de un intervalo de valores delimitados por el rango de aproximación usado, es decir:

$$\text{Señal patrón} \in [\text{escalón deseado} \pm \text{rango de aproximación}]$$

Por lo tanto el rango de aproximación constituye el semiintervalo de variación de la señal patrón. Se puede definir por tanto un error de aproximación expresado en tanto por ciento sobre el valor de la señal patrón:

$$e_{ap}(\%) = \frac{ra}{\bar{X}_{r,i}} * 100$$

donde:

$e_{ap}(\%)$: error debido al rango de aproximación expresado en tanto por ciento sobre el valor de la deformación en cada punto de calibración “i”

ra: es el rango de aproximación utilizado en la calibración.

$\bar{X}_{r,i}$: es la señal de referencia del transductor patrón en cada uno de los puntos de calibración (deformación media con rotación en el punto de calibración), indicada en el certificado de calibración correspondiente.

Los valores de la señal patrón serán igualmente probables en cualquier punto dentro del intervalo de valores definido por [valor deseado \pm r.a.] con lo que, la incertidumbre se evaluará considerando una distribución de probabilidad rectangular, mediante la expresión:

$$w_{ra}(\%) = \frac{e_{ap}(\%)}{\sqrt{3}} = \frac{\text{r.a.}}{\bar{X}_{r,i} \times \sqrt{3}} \times 100$$

- Incertidumbre típica relativa debida al error de linealidad ($w_{lin}(\%)$)

Esta incertidumbre solamente deberá ser considerada en el caso que el sistema de amplificación de señal se encuentre configurado en modo analógico, obteniendo así una señal de fuerza en unidades de KN proveniente de la conversión de la señal patrón real en mV/V a KN en base a una recta que pasa por los puntos:

$$(0,0) , (F_N, \bar{X}_{r,N})$$

donde:

F_N : es la capacidad Nominal del transductor de fuerza en unidades de fuerza (KN).

$\bar{X}_{r,N}$: es la deformación media con rotación (mV/V) a carga nominal especificada en el certificado de calibración correspondiente.

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 19 de 19

Los valores de deformación proporcionados por dicha recta la recta responderán a la siguiente ecuación:

$$\bar{X}_{recta,i} = \frac{\bar{X}_{r,N}}{F_N} * F_i$$

donde:

- F_i : corresponde a cada uno de los puntos de calibración expresados en KN.
- $\bar{X}_{recta,i}$: corresponde al valor de deformación en mV/V proporcionado por la recta en cada uno de los puntos de calibración.

Por tanto, cuando se opere con unidades de fuerza (KN) estaremos asumiendo un error de linealidad, que se calculará en base a la siguiente expresión:

$$e_{lin}(\%) = \frac{\bar{X}_{recta,i} - \bar{X}_{r,i}}{\bar{X}_{r,i}} * 100$$

donde:

- $e_{lin}(\%)$: error de linealidad en tanto por ciento sobre el valor de la deformación en cada punto de calibración “i”.
- $\bar{X}_{r,i}$: es la señal de referencia del transductor patrón en cada uno de los puntos de calibración (deformación media con rotación en el punto de calibración), indicada en el certificado de calibración correspondiente.
- $\bar{X}_{r,recta}$: valores de deformación del transductor patrón proporcionados por la recta.

Se contemplará una contribución a la incertidumbre total del sistema de calibración de fuerza en base a este error de linealidad, considerando que se comporta en base a una distribución de probabilidad rectangular, donde $e_{lin}(\%)$ es el semiintervalo de variación:

$$w_{lin}(\%) = \frac{e_{lin}(\%)}{\sqrt{3}}$$

Por tanto, la incertidumbre típica relativa debido a la configuración del sistema ($w_{config}(\%)$) se calculará en base a la ley de propagación de las incertidumbres mediante la siguiente expresión:

$$w_{config}(\%) = \sqrt{w_{ra}^2 + w_{lin}^2}$$

3.3.4.4. Cálculo de la capacidad óptima de medida (W_{com}).

La capacidad óptima de medida de la máquina de calibración de fuerza se calculará finalmente, aplicando la ley de propagación de las varianzas, mediante la siguiente expresión:

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 20 de 20

$$W_{\text{com}}(\%) = k \sqrt{w_{\text{refv}}^2 + w_{\text{ut}}^2 + w_{\text{config}}^2}$$

La incertidumbre típica relativa obtenida en la ecuación anterior se multiplica por un factor de cobertura $k=2$, para tener la incertidumbre expandida (se considera que la incertidumbre combinada corresponde a una distribución normal, por lo que este factor supone una probabilidad de cobertura del 95,45 %). Esto se considera cierto ya que todas las contribuciones a la incertidumbre combinada son del tipo B excepto la correspondiente al ensayo de creep que es pequeña comparada con de el resto las contribuciones, en caso que esto no ocurriera se deberían calcular los grados efectivos de libertad según el Anexo E de la EAL-R2.

La capacidad óptima de medida así calculada, será la incertidumbre relativa expandida del sistema de calibración de fuerza, será la incertidumbre patrón en todas aquellas calibraciones realizadas con dicho sistema .

3.3.5.- RESULTADOS

3.3.5.1 Análisis de los resultados de creep o fluencia.-

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en los ensayos descritos en la planificación y calculados en base a lo mencionado en el apartado 3.3.3.2:

3.3.5.2. Capacidad óptima de medida.

LOS RESULTADOS SE OMITEN POR MOTIVOS DE CONFIDENCIALIDAD
El resultado del presente procedimiento, será la obtención de la incertidumbre de la conjunción formada por cada uno de los transductores de fuerza patrones, el indicador digital utilizado en las calibraciones para el tratamiento de la señal patrón y la máquina de generación de fuerzas (conjunto denominado como Sistema de Calibración de Fuerza). Esta incertidumbre se obtendrá para cada uno de los valores de fuerza calibrados, cubriendo todo el rango de la máquina, desde cero hasta 500 KN.

En base al cálculo expuesto en el presente procedimiento, esta incertidumbre no sólo dependerá del sentido de aplicación de cargas (compresión / tracción) o del transductor patrón sino que lo hará también de la configuración escogida para cada calibración concreta, en el sistema de calibración de fuerzas.

Tal y como se recomienda en el *Anexo A: Comentarios sobre la Determinación de la Capacidad Óptima de Medida* del Documento EA-4/02 esta, normalmente se establece de forma numérica; sin embargo, cuando es función o depende bien de la propia magnitud a la que se refiere o de cualquier otro tipo de parámetros, como en este caso son el rango de aproximación o el modo de operación empleado, deberá darse en forma analítica.

A tal efecto se dispone de una serie de hojas de cálculo, que realizan el cálculo de la capacidad óptima de medida en base a los criterios del presente procedimiento, teniendo en

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: <i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 21 de 21

cuenta las variables de las que depende, de forma que no se obtendrá podrá darse un valor numérico de la misma sin particularizar algunas de las variables de las que depende.

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 01: Procedimiento General de Elaboración de Procedimientos.

LEGISLACIÓN Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE O RELACIONADA

1. Publicación EAL-G22: “ Incertidumbre de los resultados de calibración en las medidas de fuerza” Edición 1 Agosto de 1996.
2. Norma UNE 7-474-95 parte 3. Materiales metálicos. Ensayos de tracción. Calibración de los instrumentos de medida de fuerza (carga) para la verificación de las máquinas de ensayo uniaxial.
3. Guía sobre Incertidumbres de Medida del CEM.
4. Documento EA-4/02 (antigua guía EAL-R2 (CEA-ENAC-LC/O2). Expression of the uncertainty of measurement in calibrations. Edición 1.EAL. 1997).

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
ÁREA DE METROLOGÍA	PEAM XX: <i>CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 22 de 22

5.-ANEXOS

A continuación se presenta un listado de anexos de carácter orientativo:

1. Formato de hoja de toma de datos a utilizar en los ensayos de creep.

EMPRESA	PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO	
	PEAM XX: CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ÓPTIMA DE MEDIDA DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN DE FUERZA.	Revisión: 0 Fecha: Página: 23 de 23

HOJA DE TOMA DE DATOS DE ENSAYOS DE CREEP

LABORATORIO "EMPRESA"

Página 1 de ____

Expediente: _____

N° de Objeto de ensayo: _____

Identificación del mensurando:

Transductor de fuerza patrón con número de control: _____

Indicador asociado con número de control: _____

Equipo utilizado en la calibración:

Transductor de fuerza patrón con número de control: _____

Indicador asociado con número de control: _____

Sistema de Generación de cargas con número de control: _____

Accesorios de aplicación de carga utilizados:

Método empleado en la calibración:

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

Condiciones ambientales:

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

Observaciones:

Fdo. _____

Cargo: _____

