

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE <b>METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	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 .....	4
3.3.1. GENERALIDADES.....	4
3.3.2.- IDENTIFICACIÓN.....	4
3.3.3.- ENSAYO METROLÓGICO .....	5
3.3.3.1.- Equipos y materiales.....	5
3.3.3.2.- Operaciones previas.....	6
3.3.3.3.- Procedimiento de ensayo.....	7
3.3.4.- RESULTADO .....	9
3.3.4.1.- Toma y tratamiento de datos en calibraciones con indicación de par.- .....	9
3.3.4.2.- Cálculo de incertidumbres en calibraciones con indicación de par.-.....	12
3.3.4.3.- Toma y tratamiento de datos en calibraciones con indicación de ángulo.- ...	14
3.3.4.4.- Cálculo de incertidumbres en calibraciones con indicación de ángulo.-.....	15
3.3.4.5.- Certificado de calibración.- .....	17
4.- REFERENCIAS.....	19
5.- ANEXOS .....	20

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

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 2 de 2

## 1.- OBJETO

El presente procedimiento tiene por objeto describir un método para la calibración de herramientas dinamométricas manuales (en adelante llaves dinamométricas), tanto en indicación de par como en indicación de ángulo.

## 2.- ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a todos los servicios, prestados por el Laboratorio, de calibración de llaves dinamométricas, así como al personal de los Laboratorios implicados en el desarrollo de los mismos.

El procedimiento será de aplicación tanto para llaves de lectura directa como para las llaves dinamométricas de disparo. A efectos del presente procedimiento dichas llaves se clasificarán en tipo 1 (modelo A, B y C) y tipo 2 (modelo A, B y C) según la norma UNE EN 26789: 1994 (ISO 6789: 1992).

La calibración de las llaves dinamométricas objeto de este procedimiento puede ser realizada con momentos de referencia aplicados tanto en el sentido de giro de las agujas del reloj, como en sentido contrario, en función del diseño del referido instrumento.

El presente procedimiento también es de aplicación para la calibración de llaves dinamométricas con indicación de ángulo de giro

## 3. DESCRIPCIÓN

### 3.1. DEFINICIONES

**CALIBRACIÓN:** A efectos del presente procedimiento, la calibración se define como el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida de medida (llave dinamométrica), y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones de medida de par eléctricos.

El resultado de una calibración permite atribuir a las indicaciones los valores correspondientes del mensurando o bien determinar las correcciones a aplicar en las indicaciones. Una calibración puede también servir para determinar otras propiedades metrológicas tales como los efectos de las magnitudes de influencia.

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

El parámetro puede ser, por ejemplo, una desviación estándar (o un múltiplo de ésta) o la semi-amplitud de un intervalo con un nivel de confianza determinado.

La incertidumbre de medida comprende, en general, varios componentes. Algunos pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden caracterizarse por sus desviaciones estándar experimentales (Evaluación tipo A). Los otros componentes, se evalúan asumiendo distribuciones de probabilidad, basadas en la experiencia adquirida o en otras informaciones (Evaluación tipo B).

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 3 de 3

Se entiende que el resultado de la medición es la mejor estimación del valor del mensurando, y que todos los componentes de la incertidumbre, comprendidos los que provienen de efectos sistemáticos, tales como los componentes asociados a las correcciones y a los patrones de referencia, contribuyen a la dispersión.

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  $1 \text{ m/s}^2$

PAR DE TORSIÓN O PAR DE APRIETE (MOMENTO): Es el producto de una fuerza tangencial por la distancia entre su punto de aplicación y un centro de rotación. Su unidad en el sistema de internacional de unidades (SI) es el Newton por metro (N·m).

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

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

ENCODER INCREMENTAL: Un encoder incremental es un transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales, de cara a obtener así una indicación angular en un dispositivo de visualización.

LLAVE DINAMOMÉTRICA: A efectos del siguiente procedimiento se distinguirán dos tipos fundamentales:

Tipo 1: llaves dinamométricas de lectura directa:

Son herramientas manuales de aplicación y lectura directa del par generado y que a su vez para el objeto de este procedimiento se dividirán en 3 modelos:

- Modelo A: llave de barra sometida a torsión o flexión
- Modelo B: llave de caja rígida y escala graduada (analógica)
- Modelo C: llave de caja rígida con indicaciones digitales.

Tipo 2: llaves dinamométricas de disparo:

Son herramientas manuales de aplicación directa del par generado, que pueden ser ajustadas a un valor fijo de par, asimismo se subdividirán en tres modelos:

- Modelo A: llave dinamométrica regulable y con escala graduada
- Modelo B: llave dinamométrica con par fijo
- Modelo C: llave dinamométrica regulable y sin escala graduada

### 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 las calibraciones y de la emisión de los documentos relacionados con el servicio prestado.

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE <b>METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 4 de 4

El servicio se solicitará, en la medida de lo posible, entregando a “EMPRESA” la solicitud de calibración donde se indicará entre otros datos, el nº de llaves dinamométricas a calibrar, así como sus respectivos alcances nominales.

### 3.3. DESARROLLO

#### 3.3.1. GENERALIDADES

La calibración de los instrumentos de regulación de par objeto de este procedimiento está basada en el método de comparación directa, que consiste fundamentalmente en aplicar a la llave dinamométrica a calibrar, momentos conocidos con exactitud y anotar las indicaciones de la llave dinamométrica a calibrar, es decir, se generarán momentos en el sistema de calibración de llaves dinamométricas propiedad del Laboratorio, compuesto por un banco amplificador de momentos, un juego de cuatro transductores patrones de par de tipo eléctrico y un módulo indicador de par y ángulo.

El procedimiento de calibración a aplicar es idéntico en todos los casos, según se describe a continuación y consistirá en realizar:

- La identificación del mensurando.
- Un ensayo de calibración con el fin de determinar la desviación media con respecto al patrón del instrumento de regulación de par a calibrar, así como la incertidumbre asociada a dichas medidas.

#### 3.3.2.- IDENTIFICACIÓN

Se realizará la identificación completa de todos los elementos de la llave dinamométrica a calibrar, de forma individual y específica, anotando en la hoja toma de datos las características metrológicas y el nº de expediente al que corresponde.

Los datos más comunes necesarios para identificar la herramienta dinamométrica manual a calibrar se relacionan a continuación:

- Nombre y dirección del fabricante o su marca,
- Designación propia del fabricante.
- Modelo.
- Número de serie.
- Indicar para la escala a calibrar:
  - Unidad de medida
  - Principio de escala
  - Final de escala.
  - Resolución.
- Sentido de giro.
- Tipo / modelo (según UNE- EN 26789)

En el caso de que la llave dinamométrica objeto de la calibración no disponga de los referidos datos de identificación, se debe proceder a la identificación del mismo de la

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 5 de 5

mejor forma posible, de forma que no surja duda alguna en cuanto a la correspondencia entre el instrumento calibrado y el certificado de calibración emitido.

### **3.3.3.- ENSAYO METROLÓGICO**

#### **3.3.3.1.- Equipos y materiales.**

Para la calibración de las llaves dinamométricas utilizarán los siguientes equipos y materiales auxiliares:

- Transductores de par patrones
- Para la calibración de las llaves dinamométricas se dispondrá de un juego de transductores patrones de par de tipo eléctrico, en rangos suficientes como para cubrir todo el campo de medida deseado

La exactitud de estos patrones de calibración es tal que la incertidumbre no excede del 1 % del valor del par aplicado.

Los patrones, llaves dinamométricas, así como el resto de piezas adyacentes a ellas, deben estar diseñadas para soportar pares de torsión en sentido horario, anti-horario o ambos, según su construcción, sin influencias significativas de fuerzas cruzadas y momentos flectores

Para las calibraciones de par se recomienda seleccionar el transductor de par cuyo alcance máximo sea igual al de la llave dinamométrica a calibrar. Si no fuese esto posible, utilizar aquel transductor patrón cuyo alcance nominal sea inmediatamente superior al valor del alcance del instrumento a calibrar ya que al menos se debe tener calibrado el transductor patrón de par para la fuerza nominal de la llave dinamométrica a calibrar. Asimismo, no se deberá utilizar ninguno de los 4 transductores patrones en cargas inferiores al mínimo momento patrón para el que dicho transductor patrón ha sido calibrado, lo cual implica que en determinados casos la calibración se realizará con más de un transductor de par patrón.

- Encoder incremental.

Para la calibración de llaves dinamométricas de ángulo de giro se dispone de un transductor rotativo (encoder incremental), acoplado al banco de calibración de par que, conectado a un dispositivo de visualización proporciona una señal patrón de ángulo de giro.

Dicho transductor es único y será por tanto el utilizado en todas las calibraciones de llaves dinamométricas que se realicen en indicación de ángulo de giro.

- Dispositivo indicador de medida

Para las calibraciones de las llaves dinamométricas, el Laboratorio dispone de un módulo de indicación tanto de par como de ángulos. La resolución de dicho módulo de indicación es de 0,01 N.m en par y de 0,01° Sexagesimales en indicación de ángulos.

- Dispositivo medidor de temperatura

Para la determinación de las condiciones ambientales, el laboratorio dispone un termómetro con resolución de indicación de 0,1°C así como de un higrómetro con resolución 0,1 % H.R .

- Útiles de conexión

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 6 de 6

Se dispondrá de un juego de adaptadores y cuadrados conductores para permitir acoplar los patrones y las llaves dinamométricas a calibrar. Los mismos estarán fabricados, de acuerdo a la capacidad máxima de par de la llave.

### 3.3.3.2.- Operaciones previas.

- a) La calibración debe ser realizada en una sala metrológicamente acondicionada a temperatura estable y comprendida entre 18° C y 28° C (preferiblemente entre 20°C y 22° C) permitiéndose una variación máxima de  $\pm 1^\circ$  C, durante la realización de la misma. Además se recomienda que las humedades relativas estén comprendidas entre el 30% y 60 %.
- b) Los patrones, las llaves dinamométricas y los dispositivos indicadores deberán permanecer al menos 12 horas en el lugar donde se realizará la calibración para que adquieran la temperatura de la sala. En el caso de llaves eléctricas y los patrones eléctricos, así como el módulo de indicación, deberán permanecer al menos 30 minutos conectadas en tensión y encendidas para su estabilización
- c) 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 par, utilizando paños o gamuzas no abrasivas y soluciones disolventes inocuos si fuese necesario.
- d) Colocar la llave dinamométrica en el banco de calibración lo más paralela posible al brazo de palanca del banco de calibración. Asimismo, se deberá desplazar el soporte móvil del banco de calibración de cara a conseguir que el empujador del mismo coincida en la medida de lo posible con el centro de la empuñadura de la llave dinamométrica a calibrar.
- e) 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, así como de la propia llave dinamométrica a calibrar comprobando la posible existencia de golpes u otros daños similares que imposibiliten o dificulten la calibración, así como la legibilidad de las divisiones de escalas de los indicadores de las llaves. Asimismo se comprobará el sentido de trabajo de las llaves dinamométricas y el correcto funcionamiento de dispositivos tales como blocajes, fiel de arrastre en dial, etc.
- f) Comprobar la resolución del dispositivo indicador de la llave dinamométrica sometida a calibración tanto para llaves de lectura directa como para llaves de disparo, teniendo en cuenta:

#### - *Escala analógica:*

El grosor de los trazos de la graduación de la escala debe ser uniforme y el ancho del indicador debe ser aproximadamente igual al ancho de un trazo de la graduación.

La resolución del dispositivo indicador se debe obtener a partir de la relación entre la anchura del indicador y la distancia entre los centros de dos graduaciones adyacentes de la escala (longitud de una división); las relaciones recomendadas son 1/2, 1/5 ó 1/10. Se necesita un espacio superior o igual a 1,25 mm para la estimación de un décimo de división de escala.

#### - *Escala digital:*

<b>EMPRESA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 7 de 7
<b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>		

La resolución se considera como un incremento de la última cifra que puede variar sobre el indicador numérico (digital), siempre que la indicación no fluctúe más de un incremento cuando el instrumento no está cargado.

Cuando las lecturas fluctúen más del valor previamente calculado de la resolución (con el instrumento no cargado), la resolución se considera igual a la mitad del intervalo de la fluctuación.

La resolución se debe expresar, en unidades de momento (N·m) cuando es esté calibrando la escala de par de la llave dinamométrica, o en unidades de ángulo ( ° Sexagesimales) cuando se esté calibrando la escala de ángulo de la llave en caso que esta disponga de la misma.

- g) En cualquier caso, a las llaves dinamométricas se les aplicará tres precargas a la capacidad máxima de la misma, en la dirección en la que se vaya a realizar la calibración, de cara a desprezar sus componentes mecánicos así como para asegurarse que dicho instrumento es apto para ser calibrado con los medios del laboratorio. No será necesario tomar la lectura en cada una de estas tres precargas.

### 3.3.3.3.- Procedimiento de ensayo.

La calibración se efectuará para cada sistema de medida de la llave dinamométrica a calibrar, de forma que en el caso de llaves dinamométricas con indicación tanto en par, como en ángulo de giro, se procederá a calibrar de forma independiente y en base a los criterios y cálculos expuestos en el presente procedimiento, cada uno de los dispositivos de visualización, el de par por un lado y el de ángulo por otro.

A tal efecto indicar, que en lo sucesivo, cuando se hable de señal patrón será:

- En el caso de calibraciones de llaves dinamométricas en indicación de par: la indicación del dispositivo indicador patrón en unidades de par proveniente del transductor de par correspondiente.
- En el caso de calibraciones de llaves dinamométricas en indicación de ángulo: la indicación del dispositivo de visualización en unidades ángulo proveniente del transductor rotativo incorporado en el banco de amplificación de par.

- Método de ensayo:

Este procedimiento se basa en el método de comparación directa entre los valores indicados por el dispositivo indicador patrón y los correspondientes valores indicados por la llave dinamométrica a calibrar. El método de ensayo será el de *carga o ángulo indicado* que consiste en fijar el valor de referencia en la propia llave, anotando así la indicación del dispositivo indicador patrón, operando de la siguiente forma:

- Cuando la llave en cuestión sea del tipo 2 (llaves dinamométricas de disparo), se fijará el valor del par (o ángulo, según la calibración) en la propia llave operando según la construcción y diseño de la misma. Se generará el par (o el ángulo) mediante el accionamiento del volante y cuando esta haya efectuado el disparo o cualquier otro tipo de señal ya sea sonora, lumínica, etc. en función del diseño del instrumento, se anotará la indicación del dispositivo indicador patrón.

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 8 de 8

- Cuando la llave dinamométrica sea del tipo 1 (lectura directa) bien sea digital o analógica, se tomarán igualmente como valores de referencia los indicados en el dispositivo indicador de la llave a calibrar. En ese caso, se generará el par o ángulo, igualmente mediante el accionamiento del volante de amplificación de par del banco de calibración, hasta alcanzar el valor deseado (correspondiente al punto de calibración) en la llave dinamométrica, anotando en dicho instante la indicación del módulo indicador patrón.

- Selección de los puntos de calibración:

a) En calibraciones con indicación de par, la calibración se realizará en un rango que comprenda los valores desde el 20 % a un valor entre el 90 % y el 100 % de capacidad nominal de la llave dinamométrica. Se elegirán al menos 5 puntos de calibración repartidos de forma uniforme en dicho rango, coincidiendo el primero de ellos con el 20 % del valor de la capacidad nominal y el último con un valor de en torno al 90 % de dicha capacidad.

Cuando el valor del punto más bajo del rango de trabajo esté por encima del 20 % de la capacidad nominal, no se podrá realizar la calibración en el punto correspondiente al 20 % de la capacidad nominal. En tal caso, la calibración se realizará en un rango que comprenda los valores desde el 0 % del rango de trabajo de la llave dinamométrica, a un valor entre el 90 % y el 100 % de dicho rango, escogiendo igualmente un mínimo de 5 puntos de calibración repartidos de forma uniforme en dicho rango, coincidiendo el primero de ellos con el 0 % del rango de trabajo y el último con el valor elegido como máximo.

Se realizarán diez reiteraciones consecutivas para cada uno de los puntos seleccionados, comenzando por el menor de ellos hasta llegar al último. En el caso de llaves dinamométricas de disparo, será necesario desmontar la herramienta del banco de calibración de par para ajustar el nuevo valor de referencia, al final de cada una de las mencionadas series de medida, aprovechando tal circunstancia para cambiar, en caso necesario, el transductor patrón a utilizar. En el caso de llaves dinamométricas de lectura directa tan sólo será necesario desmontar la herramienta entre cada una de esas series cuando sea necesario cambiar el transductor patrón a utilizar.

b) En calibraciones con indicación de ángulo de giro, la calibración se realizará igualmente, en un rango que comprenda los valores desde el 20 % a un valor entre el 90 % y el 100 % del rango de indicación de ángulo de la llave dinamométrica eligiendo al menos 5 puntos de calibración repartidos de forma uniforme en dicho rango.

Se realizarán 5 reiteraciones para cada uno de los puntos seleccionados, de forma que, para contemplar la influencia del par fijado en la llave dinamométrica sobre la indicación de ángulo de la misma, cada una de esas 5 medidas sobre cada punto de calibración, se realizará sobre cada uno de los cinco puntos de calibración en indicación de par escogidos tal y como se indica en el apartado anterior.

- Modo de aplicación del par o del ángulo:

Al finalizar cada una de las medidas a realizar en cada punto de calibración, se descargará la llave dinamométrica tomando como referencia un mismo valor de ángulo indicado en el módulo indicador patrón, tras haber tomado la lectura correspondiente, a continuación se pondrá a cero la indicación de par (en el caso de calibraciones en indicación de par) y/o la

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <b>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</b>	Revisión: 0 Fecha: Página: 9 de 9

indicación de ángulo (en el caso de calibraciones en indicación de ángulo) de dicho módulo de indicación antes de volver a aplicar el par o el ángulo siguiente según corresponda. En el caso de calibraciones simultáneas de par y ángulo se cambiará el valor de ángulo de forma que para cada punto de calibración en par se tomarán durante las 5 primeras repeticiones las medidas correspondientes a los 5 puntos de calibración en ángulo.

La aproximación al valor del punto de calibración se realizará lentamente y sin brusquedades, especialmente, a partir del 80 % del valor de consigna, en el que la carga debe ser aplicada en un tiempo comprendido entre 1 y 4 segundos, salvo indicación distinta del fabricante. En el caso de las llaves dinamométricas de lectura directa (tipo 1), si se sobrepasa el valor de consigna, se deberá reiniciar la medición, no siendo válido descargar la llave levemente por debajo del valor de consigna para después volver a alcanzar dicho valor.

Siendo este un procedimiento genérico, existen dos excepciones / consideraciones:

- Llaves tipo 2, clase B (Llaves dinamométricas con par fijo):

Al ser llaves con ajuste fijo, es decir, en las que el valor del par viene prefijado por el fabricante, se calibrará solamente en dicho valor, realizándose como mínimo 5 reiteraciones.

- Llaves de par tipo 2, clase C (Llave dinamométrica regulable y sin escala graduada):

En este tipo de llaves, antes de comenzar la calibración, se deberá ajustar el valor del par a calibrar, seleccionándolo a través del accesorio que la llave en cuestión tiene incorporado y posteriormente comprobarlo con las indicaciones del patrón. Esta comprobación se realizará dos o tres veces.

### 3.3.4.- RESULTADO

La interpretación y el tratamiento de los datos así como el cálculo de la incertidumbre variará en función de si la calibración se está realizando en indicación de par o de ángulo de giro. Se incluyen, por tanto, apartados distintos para cada caso concreto.

#### 3.3.4.1.- Toma y tratamiento de datos en calibraciones con indicación de par.-

A partir de los datos obtenidos en cada punto de calibración, se determinará el valor medio, su desviación típica y la desviación media al patrón.

- Determinación del valor medio de la indicación de par:

$$\overline{M}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n M_{ij} + C_{pi}$$

Donde:

$M_{ij}$  es la indicación “j” a la carga “i”, estas indicaciones se obtienen del patrón.

$\overline{M}_i$  es la media de las indicaciones a la carga “i”

n es el número de mediciones a la carga “i” (n= 5 ó 10).

$C_{pi}$  es la corrección del patrón para cada carga “i” determinada.

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 10 de 10

- Error cometido en el ajuste de la corrección de los patrones:

En cuanto a la corrección de la indicación del patrón  $C_{pi}$  utilizar la indicada en el certificado del transductor patrón correspondiente en caso hipotético de que coincida el valor de carga de referencia con el valor del certificado de calibración del patrón, de lo contrario, utilizar la corrección proporcionada por el polinomio de ajuste de la forma:

$$C_a = A + B * M + C * M^2 + D * M^3$$

Donde:

M: son los valores de momento para los que se pretende ajustar la corrección.

$C_a$ : es la corrección ajustada proporcionada por el polinomio de ajuste.

A, B, C y D: son los coeficientes del polinomio de ajuste que variarán en función del transductor patrón.

Se dispondrá pues de una curva de ajuste por cada transductor patrón de par.

Para el cálculo de cada uno de esas curvas de ajuste se aplicará el método de los mínimos cuadrados utilizando para ello los “n” puntos en los que cada transductor patrón se encuentre calibrado.

En determinados casos, se permitirá el cálculo de dicho polinomio con un total de “n-1” puntos de calibración, siempre y cuando concurren las dos siguientes circunstancias:

1. Que la eliminación de alguno de los puntos disminuya la incertidumbre debida al ajuste por el método de los mínimos cuadrados.
2. Que el punto eliminado se encuentre en la zona de solapamiento entre dos transductores con alcances máximos consecutivos.

Por tanto, el hecho de tener que corregir las indicaciones de los transductores de par patrones, puede ocasionar, que en determinados casos deba utilizarse más de un transductor de par durante la misma calibración.

Esto sucederá, cuando acontezca alguna (o ambas) de las siguientes circunstancias:

- Cuando el valor más bajo del rango de trabajo de una llave dinamométrica a calibrar, esté por debajo del valor más bajo para el que ha sido calibrado el transductor patrón correspondiente (con alcance nominal inmediatamente superior al alcance de la llave dinamométrica a calibrar), a excepción hecha del transductor patrón de par con más bajo rango.

Para mayor claridad exponemos el siguiente caso hipotético:

*Se pretende calibrar una llave dinamométrica con un rango de trabajo de 20 N.m a 150 N.m. Los puntos de calibración escogidos según el apartado 3.3.3.3 serán pues:*

*20% del alcance máximo: 30 N.m*

*40% del alcance máximo: 60 N.m*

*60 % del alcance máximo: 90 N.m*

*80% del alcance máximo: 120 N.m*

*90% del alcance máximo: 135 N.m*

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 11 de 11

*A priori se seleccionaría el transductor patrón con capacidad nominal: 200 N·m, (transductor uno), en cuyo certificado de calibración obtenemos la siguiente información:*

<b>Momento Patrón (Nm)</b>	<b>Corrección (Nm)</b>	<b>Incertidumbre Expandida (Nm)</b>
33,943	-0,004	0,09
53,543	-0,04	0,14
82,942	-0,073	0,21
131,941	-0,236	0,33
188,78	-0,374	0,48
<i>Datos del transductor patrón de 200 N·m de alcance</i>		

*En este caso observamos que el valor del momento más bajo a calibrar en la llave está por debajo del valor más bajo para el que el transductor de par de 200 N·m de alcance ha sido calibrado (33,943 N·m) por lo que la calibración se llevará a cabo, en el valor de 30 N·m, con el transductor de par de 50 N·m para el que si se puede ajustar la corrección para un valor de 30 N·m, tal y como se observa en el siguiente cuadro:*

<b>Momento Patrón (Nm)</b>	<b>Corrección (Nm)</b>	<b>Incertidumbre expandida (Nm)</b>
8,583	0,005	0,022
17,399	-0,032	0,05
26,217	-0,053	0,07
35,033	-0,084	0,09
48,259	-0,133	0,12
<i>Datos del transductor patrón de 50 N·m de alcance</i>		

- En los casos en los que el error debido a la curva de ajuste disminuya considerablemente al eliminar para su cálculo, alguno de los “n” puntos para los que ha sido calibrado, se reducirá el rango para el que dicho transductor patrón es utilizado. Se podrá reducir el campo de uso de algún transductor siempre que el punto eliminado se encuentre en la zona de solape entre dos patrones con alcances máximos consecutivos, asegurándonos así de que podemos obtener la corrección del patrón para todos los puntos en los que deseamos calibrar el mensurando en cuestión.

Por tanto, existirá un error debido al ajuste de los valores de corrección que constan en el certificado de calibración de cada transductor de fuerza patrón, para cada valor de momento, dicho error se determina mediante la siguiente expresión:

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 12 de 12

$$e_{a,i} = |C_{certif,i} - C_{ajuste,i}|$$

donde:

$C_{certif,i}$ : Valor de corrección para cada carga “i” calibrada del certificado de calibración de cada transductor de par.

$C_{ajuste,i}$ : Valor de corrección ajustado por el polinomio de ajuste de la forma:

$$C_a = A + B \cdot M + C \cdot M^2 + D \cdot M^3$$

$e_{a,i}$ : Error absoluto de la curva de ajuste en cada fuerza calibrada “i”.

- Determinación de la desviación típica:

La desviación típica de las indicaciones en cada una de las cargas calibradas “i” se podrá calcular mediante la siguiente expresión:

$$s_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (M_{ij} - \overline{M}_i)^2$$

- Determinación de la desviación media al patrón (corrección).

$$D_i = \overline{M}_i - M_{ref}$$

Donde:

$M_{ref}$  son los valores nominales de calibración seleccionados en la llave dinamométrica.

$D_i$  es la desviación media al patrón en la carga “i”

### 3.3.4.2.- Cálculo de incertidumbres en calibraciones con indicación de par.-

El resultado de calibración es la desviación al patrón (corrección) de la medición “j” a la carga “i” de la llave dinamométrica a calibrar y el modelo de la medición es:

$$D_{ij} = M_{ij} - M_{ref,i} = M_{ij0} - M_{ref,i0} + \delta M_{rep} + \delta M_r + \delta M_a + \delta M_{patrón} + \delta M_{dp}$$

donde:

- $D_{ij}$  es la desviación al patrón de la medición j a la carga i.
- $M_{ij0}$  es el valor del certificado del patrón. Puesto que en el proceso de cálculo  $M_{ij0}$  es el valor nominal corregido, su contribuciones a la incertidumbre es nula:

$$u^2(M_{ij0}) = 0$$

- $M_{ref,i0}$  es el valor nominal. Puesto que en el proceso de cálculo  $M_{ref,i0}$  es el valor nominal corregido, su contribución a la incertidumbre es nula:

$$u^2(M_{ref,i0}) = 0$$

- $\delta M_{rep}$  corrección debida a la variación de las indicaciones medidas. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $u_{rep}$ .

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE <b>METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 13 de 13

- $\delta M_r$  corrección debida a la resolución del instrumento. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $u_r$ .
- $\delta M_a$  corrección debida a la variación de las indicaciones por efecto del ajuste mediante el uso del polinomio de ajuste. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $u_a$ .
- $\delta M_{\text{patrón}}$  corrección debida a la variación de las indicaciones debida a la calibración del patrón que consta en su certificado. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $u_{\text{patrón}}$ .
- $\delta M_{dp}$  corrección debida a la variación del valor del patrón por efecto de su deriva. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $u_{dp}$ .

Con lo que finalmente, se considerarán cinco aportaciones a la incertidumbre global calculadas de la siguiente forma:

- Incertidumbre asociada a la repetibilidad:

Para el cálculo de esta incertidumbre se considerará una distribución de probabilidad normal (Evaluación Tipo A), para ello dividir  $s_i$  (desviación típica de las indicaciones a la carga  $i$ ) por  $\sqrt{n}$  siendo “ $n$ ” el número de medidas para cada carga calibrada “ $i$ ”:

$$u_{\text{rep}} = \frac{s_i}{\sqrt{n}} \text{ con } n = 10$$

- Incertidumbre asociada a la resolución:

Para el cálculo de esta incertidumbre se considerará una distribución de probabilidad rectangular (Evaluación Tipo B), por lo tanto:

$$u_r = \frac{r}{\sqrt{12}}$$

$r$ : resolución definida en el apartado 3.3.3.2 y expresada en unidades de par (N·m).

- Incertidumbre asociada al error cometido en el ajuste de la corrección de los patrones:

El error debido al ajuste de los valores de corrección que constan en el certificado de calibración de cada transductor de fuerza patrón, para cada valor de momento, generará una incertidumbre que, estimada mediante la evaluación tipo B, suponiendo una distribución de probabilidad rectangular y considerando el error de ajuste como el semi-intervalo de variación, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$u_a = \frac{e_{a,i}}{\sqrt{3}}$$

donde:

$e_{a,i}$ : Error absoluto de la curva de ajuste en cada fuerza calibrada “ $i$ ”.

Puesto que dicho error de ajuste tan sólo puede ser calculado en 5 puntos dentro del rango de trabajo de cada transductor patrón de par ( los 5 puntos para los que ha sido calibrado),

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 14 de 14

para un punto cualquiera “i” distinto de esos 5 puntos de error conocido, tomar la mayor de las incertidumbres de las correspondientes a los dos extremos del intervalo para cuyos puntos dicho error sí es conocido.

- Incertidumbre asociada a la calibración del patrón:

Para el cálculo de esta incertidumbre se tomará la incertidumbre típica correspondiente a cada valor de carga, escogiendo el valor mayor entre los dos valores de incertidumbre correspondientes a los dos momentos de referencia a los que pertenece la carga “i”. Considerando el factor de cobertura indicado en el certificado de calibración del transductor de par correspondiente

$$u_{\text{patrón}} = \frac{U_{\text{certif.}}}{K}$$

- Incertidumbre asociada a la deriva del patrón:

La incertidumbre debida a la deriva entre calibraciones debe de calcularse, en condiciones normales, a partir del historial de calibraciones de cada transductor de par patrón utilizado en las calibraciones de las llaves dinamométricas objeto de este procedimiento.

Para ello considerar, una distribución de probabilidad rectangular (Evaluación Tipo B):

$$u_{dp} = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

En ausencia de dicho historial esta deriva puede ser estimada provisionalmente por la tercera parte del valor de la incertidumbre del transductor de par correspondiente en el valor de carga “i” correspondiente:

$$u_{dp} = \frac{u_{\text{patrón}}}{3}$$

Por último la incertidumbre típica combinada relativa  $u_c (D_{ij})$  se obtiene mediante la ecuación de propagación de las varianzas, considerando que no hay correlaciones entre las magnitudes de entrada:

$$u_c = \sqrt{u_{rep}^2 + u_r^2 + u_a^2 + u_{patrón}^2 + u_{dp}^2}$$

La *incertidumbre expandida* se obtendrá a partir de la multiplicación de la incertidumbre típica combinada por un factor de cobertura k.

$$U = k \cdot u_c$$

En general, la aplicación de las prescripciones del documento EA-4/02 (antigua guía EAL-R2). “Expresión de la Incertidumbre de las medidas en las calibraciones”, permitirá atribuir una distribución normal al mensurando con estimación de su incertidumbre típica suficientemente fiable, utilizando un factor de cobertura de k=2, y obteniendo así una incertidumbre típica expandida que corresponde a una probabilidad de cobertura aproximada del 95 %.

### 3.3.4.3.- Toma y tratamiento de datos en calibraciones con indicación de ángulo.-

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 15 de 15

Cuando la herramienta dinamométrica manual a calibrar presente indicación de ángulo de giro, se fijará el valor de referencia en la propia llave, anotando así la indicación del módulo de indicación patrón (proveniente del transductor patrón rotativo) en cada una de las  $n = 5$  repeticiones.

En el caso de que la llave dinamométrica vaya a ser calibrada en indicación de par así como en indicación de ángulo la toma de datos durante el procedimiento se realizará de forma paralela, tomando tras cada una de las 5 primeras mediciones de par de cada punto de calibración, las mediciones de ángulo correspondientes al 20, 40, 60, 80, y 90% del fondo de escala.

Se realizarán, por tanto, un total de  $n = 5$  repeticiones por cada uno de los 5 puntos de calibración. A partir de los datos obtenidos en cada punto de calibración, se determinará el valor medio del ángulo, su desviación típica y la corrección con respecto al patrón.

- Determinación del valor medio de la indicación de ángulo:

El valor medio del ángulo se calculará mediante la siguiente expresión:

$$\bar{A}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n A_{ij}$$

Donde:

$A_{ij}$  es la indicación “j” en el ángulo de calibración “i”.

$\bar{A}_i$  es la media de las indicaciones en el ángulo de calibración “i”.

$n$  es el número de mediciones en cada ángulo “i” ( $n = 5$ ).

- Determinación de la desviación típica:

La desviación típica de las indicaciones en cada una de los ángulos calibrados se podrá calcular mediante la siguiente expresión:

$$s_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (A_{ij} - \bar{A}_i)^2$$

Donde:

$s_i$  es la desviación típica de las indicaciones a la carga “i”.

#### 3.3.4.4.- Cálculo de incertidumbres en calibraciones con indicación de ángulo.-

El resultado de calibración es la corrección de la medición “j” en el ángulo “i” de la llave dinamométrica a calibrar y el modelo de la medición es:

$$C_{ij} = A_{ij} - A_{ref,i} = A_{ij0} - A_{ref,i0} + \delta A_{rep} + \delta A_r + \delta A_{cp} + \delta A_{dp}$$

donde:

- $C_{ij}$  es la desviación al patrón de la medición  $j$  en el ángulo  $i$ .
- $A_{ij0}$  es el valor del certificado del patrón. Puesto que en el proceso de cálculo  $A_{ij0}$  es el valor nominal corregido, su contribución a la incertidumbre es nula:

$$u^2(A_{ij0})=0$$

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 16 de 16

- $A_{ref,i0}$  es el valor nominal. Puesto que en el proceso de cálculo  $A_{ref,i0}$  es el valor nominal corregido, su contribución a la incertidumbre es nula:

$$u^2(A_{ref,i0}) = 0$$

- $\delta A_{rep}$  corrección debida a la variación de las indicaciones medidas. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $u_{rep}$ .
- $\delta A_r$  corrección debida a la resolución del instrumento. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $u_r$ .
- $\delta A_{cp}$  corrección debida a la variación de las indicaciones debida a la calibración del patrón que consta en su certificado. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $u_{patrón}$ .
- $\delta A_{dp}$  corrección debida a la variación del valor del patrón por efecto de su deriva. Ésta se estimará como cero, no así su incertidumbre asociada, que será  $u_{dp}$ .

Puesto que en el proceso de cálculo  $A_{ij0}$  y  $A_{pi0}$  son valores nominales corregidos, sus contribuciones a la incertidumbre son nulas:

Con lo que finalmente, se considerarán cuatro aportaciones a la incertidumbre global calculadas de la siguiente forma:

- Incertidumbre asociada a la repetibilidad:

Para el cálculo de esta incertidumbre se considerará una distribución de probabilidad normal (Evaluación Tipo A), para ello dividir  $s_i$  por  $\sqrt{n}$  siendo “n” el número de medidas para cada carga calibrada “i”:

$$u_{rep} = \frac{s_i}{\sqrt{n}} \text{ con } n = 5$$

- Incertidumbre asociada a la resolución:

Para el cálculo de esta incertidumbre se considerará una distribución de probabilidad rectangular (Evaluación Tipo B), por lo tanto:

$$u_r = \frac{r}{\sqrt{12}}$$

r: resolución definida en el apartado 3.3.3.2 y expresada en unidades de ángulo.

- Incertidumbre asociada a la calibración del patrón:

Para el cálculo de esta incertidumbre se tomará la incertidumbre típica correspondiente a cada valor de carga, escogiendo el valor mayor entre los dos valores de incertidumbre correspondientes a los dos ángulos de referencia a los que pertenece la carga “i”. Considerando el factor de cobertura indicado en el certificado de calibración del transductor de par correspondiente

$$u_{patrón} = \frac{U_{certif.}}{K}$$

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 17 de 17

- Incertidumbre asociada a la deriva del patrón:

La incertidumbre debida a la deriva entre calibraciones debe de calcularse, en condiciones normales, a partir del historial de calibraciones de cada transductor de par patrón utilizado en las calibraciones de las llaves dinamométricas objeto de este procedimiento.

Para ello considerar, una distribución de probabilidad rectangular (Evaluación Tipo B):

$$u_{dp} = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

En ausencia de dicho historial esta deriva puede ser estimada provisionalmente por la tercera parte del valor de la incertidumbre de calibración del patrón :

$$u_{dp} = \frac{u_{\text{patrón}}}{3}$$

Por último la incertidumbre típica combinada relativa  $u_c (D_{ij})$  se obtiene mediante la ecuación de propagación de las varianzas, considerando que no hay correlaciones entre las magnitudes de entrada:

$$u_c = \sqrt{u_{rep}^2 + u_r^2 + u_{patrón}^2 + u_{dp}^2}$$

La *incertidumbre expandida* se obtendrá a partir de la multiplicación de la incertidumbre típica combinada por un factor de cobertura  $k$ .

$$U = k \cdot u_c$$

Puesto que la incertidumbre asociada a la repetibilidad, ha sido calculada mediante la evaluación tipo A con  $n < 10$  medidas se deberá calcular el factor de cobertura  $k$  en base a los grados efectivos de libertad según el documento EAL-R2, factores basados en una distribución *t de Student* para una probabilidad de cobertura del 95,45 %.

### 3.3.4.5.- Certificado de calibración.-

El certificado de calibración emitido deberá contener al menos la siguiente información:

1. Identificación de todos los elementos constructivos del instrumento de medida de fuerza así como las piezas utilizadas para la aplicación del par , y de la máquina de calibración de par.
2. Modo de aplicación del par (sentido horario, antihorario o ambos).
3. Que el instrumento responde a las exigencias de los ensayos preliminares.
4. Los resultados de la calibración, incluyendo, en cada uno de los puntos de calibración, el valor de la desviación asociada al valor nominal del par así como la incertidumbre expandida de la medición .
5. La temperatura a la que la calibración ha sido efectuada.

Asimismo, cuando se considere oportuno, se comprobará que las desviaciones (correcciones) medias de dicho instrumento, se encuentran, para cada punto calibrado, por debajo de las tolerancias permitidas según la norma UNE EN 26789, indicadas, en función del tipo de llave, en la siguiente tabla:

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 18 de 18

<b>Llave dinamométrica</b>		<b>Tolerancias</b>
Tipo 1 Llaves de lectura directa	Modelo A: Llave de barra sometida a torsión o flexión.	± 6 %
	Modelo B: Llave de caja rígida y escala graduada.	± 4 %
	Modelo C: Llave de caja rígida con indicaciones digitales	± 4 %
Tipo 2 Llaves de disparo	Modelo A: Llave dinamométrica regulable y con escala graduada	± 4 %
	Modelo B: Llave dinamométrica con par fijo.	± 4 %
	Modelo C: Llave dinamométrica regulable y sin escala graduada	± 4 %

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE <b>METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 19 de 19

#### 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.

##### LEGISLACIÓN Y REGLAMENTACIÓN APLICABLE O RELACIONADA

1. Norma UNE 16-500-92: “Calibración de Herramientas dinamométricas manuales”
2. Procedimiento CEM ME-004 para la calibración de llaves dinamométricas.
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).

<b>EMPRESA</b>  <b>ÁREA DE METROLOGÍA</b>	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	<b>PEAM XX:</b> <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 20 de 20

## 5.- ANEXOS

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

1. Formatos de hojas de toma de datos a utilizar en la calibración.
2. Formatos de certificado de calibración a utilizar en la calibración.

**EMPRESA**

**ÁREA DE METROLOGÍA**

**PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO**

**PEAM XX:**

**CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS**

Revisión: 0

Fecha:

Página: 21 de 21

**HOJA DE TOMA DE DATOS DE CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS**

LABORATORIO "EMPRESA"

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

Solicitante: \_\_\_\_\_ Localidad: \_\_\_\_\_ Provincia: \_\_\_\_\_ CP: \_\_\_\_\_

**Características del Mensurando**

N° de serie: \_\_\_\_\_ Modelo: \_\_\_\_\_  
Unidad de medida: \_\_\_\_\_ Principio de escala: \_\_\_\_\_ Resolución: \_\_\_\_\_  
Tipo: Tipo 1 (Llaves de lectura directa):  Modelo A  Modelo B  Modelo C   
Tipo 2 (Llaves de disparo):  Modelo A  Modelo B  Modelo C

N° de Patrones de par utilizados: \_\_\_\_\_  
N° de Control: Alcance máximo: \_\_\_\_\_  
N° de Control: Alcance máximo: \_\_\_\_\_

Sentido de giro: \_\_\_\_\_

**Lecturas (Mij)**

Patrón utilizado	Puntos de calibración	Nm	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Ensayo 6	Ensayo 7	Ensayo 8	Ensayo 9	Ensayo 10
	0%											
	10%											
	30%											
	50%											
	70%											
	90%											

Condiciones ambientales: \_\_\_\_\_ Temperatura de la sala (inicio/final): \_\_\_\_\_ Humedad relativa (inicio/final): \_\_\_\_\_  
Fecha de inicio: \_\_\_\_\_ Fecha final: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Calibración realizada por: \_\_\_\_\_  
Firmado: \_\_\_\_\_

**EMPRESA****ÁREA DE METROLOGÍA****PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO****PEAM XX:****CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS**

Revisión: 0

Fecha:

Página: 22 de 22

**HOJA DE TOMA DE DATOS DE CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS**

**LABORATORIO CENTRAL**  
Expediente: \_\_\_\_\_ N° de Objeto de Ensayo: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**Solicitante:** \_\_\_\_\_ **Localidad:** \_\_\_\_\_ **Provincia:** \_\_\_\_\_ **CP:** \_\_\_\_\_

**Dirección:** \_\_\_\_\_

**Características del Mensurando**

N° de serie: \_\_\_\_\_ **Fabricante/Marca:** \_\_\_\_\_ **Modelo:** \_\_\_\_\_

Unidad de medida: \_\_\_\_\_ **Fondo de escala:** \_\_\_\_\_ **Resolución:** \_\_\_\_\_

Principio de lectura:  Tipo 1 (Llaves de lectura directa)  Modelo A  Modelo B  Modelo C   
 Tipo 2 (Llaves de disparo)  Modelo A  Modelo B  Modelo C

**Patrones utilizados:** \_\_\_\_\_

**N° de Control:** \_\_\_\_\_ **N° de Control:** \_\_\_\_\_

**Sentido de giro:** \_\_\_\_\_

Puntos de calibración		20%	40%	60%	80%	90%
Par	Ángulo					
	Ensayo 1					
	Ensayo 2					
	Ensayo 3					
	Ensayo 4					
	Ensayo 5					

**Condiciones ambientales:** \_\_\_\_\_ **Temperatura de la sala (inicio/final):** \_\_\_\_\_ **Humedad relativa (inicio/final):** \_\_\_\_\_

**Fecha de inicio:** \_\_\_\_\_ **Fecha final:** \_\_\_\_\_

**Observaciones:** \_\_\_\_\_

**Calibración realizada por:** \_\_\_\_\_

**Firmado:** \_\_\_\_\_

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 23 de 23

---

***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: \_\_/\_\_/\_\_

Fdo:

Técnico de Laboratorio

Fdo.

Jefe de Laboratorio

---

Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones, afectando única y exclusivamente a la muestra sometida a calibración.

No se permite la reproducción total o parcial de este certificado 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 LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 24 de 24

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

Página 2 de \_

**Características del Mensurando:**

Tipo:	Principio de escala:		
Fabricante / Marca:	Fondo de escala:		
Modelo:	Resolución:		
Nº de serie:	Unidad de medida:		

**Patron/es utilizados:**

Nº de control: \_\_\_\_\_

El equipo patrón utilizado tiene trazabilidad a los patrones del Laboratorio del Centro Español de Metrología (CEM) o patrones internacionales.

**Trazabilidad:**

Los equipos patrones utilizados tienen trazabilidad a los patrones del Laboratorio del Centro Español de Metrología (CEM) o patrones internacionales.

**Procedimiento de calibración:**

Los ensayos se han realizado en base al procedimiento "PEAM XX: Calibración de Llaves Dinamométricas" establecido por "EMPRESA"

**Método:**

Se ha sometido el instrumento a un proceso previo de eliminación de posible tensión.

Se ha realizado diez reiteraciones sobre cada uno de los puntos seleccionados.

Previamente a los ensayos, se mantuvo el patrón y el equipo el tiempo suficiente para atemperarse.

**Condiciones del ensayo:**

	Inicio	Final
Fecha:		
Temperatura de la sala:		
Humedad relativa		

**Observaciones:**

<b>EMPRESA</b>  ÁREA DE METROLOGÍA	<b>PROCEDIMIENTO ESPECÍFICO</b>	
	PEAM XX: <i>CALIBRACIÓN DE LLAVES DINAMOMÉTRICAS</i>	Revisión: 0 Fecha: Página: 25 de 25

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

Página 3 de \_

**Resultados de la Calibración:**

Los resultados se expresan en: (*unidades*)

El ensayo realizado con sentido de giro de las agujas del reloj.

Punto de calibración	Valor de referencia	Valor de la Llave	Corrección	Corrección %	Incertidumbre

El ensayo realizado con sentido de giro contrario al de las agujas del reloj.

Punto de calibración	Valor de referencia	Valor de la Llave	Corrección	Corrección %	Incertidumbre

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.