

**CURSO PRACTICO**

**CALIBRACION Y VERIFICACION**

**Intensivo Temperatura**



*Valencia*  
**21 Marzo 2024**



**Nombre** Sergio Extremera Martínez

**Cargo** Jefe de División

**E-mail** [sergio.extremera@caltex.es](mailto:sergio.extremera@caltex.es)

**Titulación:** Ingeniero Técnico Industrial

1999-2001 Director Técnico MG Calibri (Italia)

2003-2009 Director Técnico Caltex

2003-2009 Director Calidad Caltex

2009-Actualidad. Jefe de División. Instrumentación y calibración



Tratar especialmente con cariño a la temperatura

# Vision General



# 1 Calibración Termómetro

## Un Consejo. Simplificar la calibración

No separar la sonda del termómetro digital para su calibración.



**NO!!**

# 1 Calibración Termómetro

## MEDIOS

La calibración por comparación se realiza en un medio isoterma, es decir, un medio donde se crea una zona de temperatura estable y uniforme en el que se localizan los termómetros.



Medio Isoterma



Termómetro Patrón

# 1 Calibración Termómetro

## Definición CALIBRACION:

“Operación que bajo condiciones especificadas establece, en una primera etapa, una relación entre los **valores** y sus **incertidumbres de medida** asociadas obtenidas a partir de los **patrones de medida**, y las correspondientes **indicaciones** con sus incertidumbres asociadas y, en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permita obtener un **resultado de medida** a partir de una indicación.”

NOTA 1 Una calibración puede expresarse mediante una declaración, una función de calibración, un **diagrama de calibración**, una **curva de calibración** o una tabla de calibración. En algunos casos, puede consistir en una corrección aditiva o multiplicativa de la indicación con su incertidumbre correspondiente.

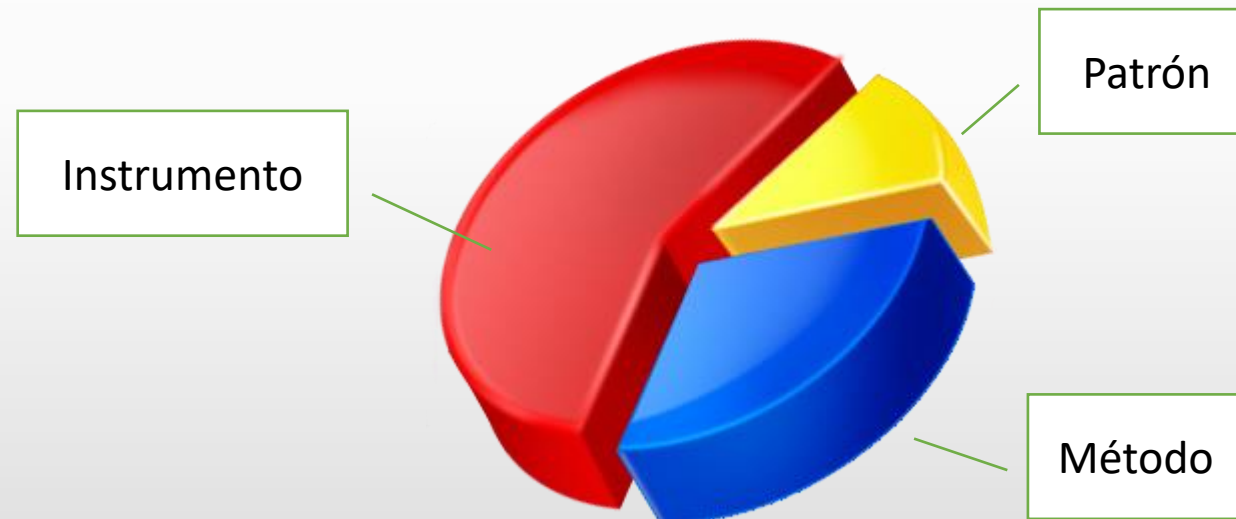
NOTA 2 Conviene no confundir la calibración con el **ajuste de un sistema de medida**, a menudo llamado incorrectamente “autocalibración”, ni con una **verificación** de la calibración.

NOTA 3 Frecuentemente se interpreta que únicamente la primera etapa de esta definición corresponde a la calibración.

Vocabulario Internacional de Metrología VIM 3ª Edición 2012

# 1 Calibración Termómetro

Podemos identificar 3 grupos principales de errores en cualquier calibración:





# 1 Calibración Termómetro

## Fuentes de Error en la calibración de una Termómetro

ERROR	DESCRIPCION	CALCULO
<b>Repetibilidad (precisión)</b>	Capacidad del instrumento para repetir un misma temperatura	Cuantificar el error empezando y acabando por el mismo punto de calibración y viendo su diferencia
<b>Exactitud</b>	Desviación del valor medido respecto el patrón	Cuantificar el error sistemático en los diferentes puntos de calibración
<b>Resolución</b>	El instrumento redondea la ultima cifra y nos engaña la lectura de la pantalla	La que materializa el instrumento.
<b>Uniformidad</b>	Caracteriza la variación de la temperatura en el espacio de un medio isoterma	Es un valor máximo y se obtiene mediante la medición simultánea en diferentes puntos y restando max-min
<b>Estabilidad</b>	Caracteriza la variación dela temperatura en el tiempo de un medio isoterma	Es un valor estadístico. Se obtiene mediante la desviación estándar de las valores registrados
<b>Condiciones ambientales</b>	Las condiciones de uso son diferentes a las de calibración	Dejar registrado condiciones ambientales en calibración y valorar si te afectan en el uso
<b>Deriva</b>	Cuantifica la variación de la lectura del termómetro bajo calibración con el tiempo por falta de estabilidad	Es un valor máximo que proviene de una estimación en función de la tendencia de los errores de los 3 últimos certificados.

No la vamos a ver

$U_{Uso}$

# 1 Calibración Termómetro

## Descripcion más detallada de los Errores:

- $E_{Tref}$  Error del patrón de referencia usado para la calibración. Está indicado en el Certificado de Calibración del mismo patrón.
- $E_{rep}$  la **repetibilidad** es el resultado de un de calcular la diferencia entre los 2 valores repetidos (el primero y el último de la serie) se le asigna una distribución rectangular ya que es considerado un máximo;
- $E_{res}$  Error debido a la resolución de la indicación del instrumento. Siendo un valor máximo, es considerado como una distribución estadística rectangular (equiprobable). En el caso de indicadores digitales sería ½ dígito.
- $E_{est}$  Error debido a la falta de **estabilidad de la temperatura** del medio isoterma utilizado para generar las condiciones termicas. En cualquier medio isoterma hay una variacion de la temperatura en **funcion del tiempo**. Esta variación de la temperatura se considerara como una distribucion estadística normal y se calcula segun su desviacion estandar.
- $E_{uni}$  Error debido a la falta de **uniformidad de la temperatura** del medio isoterma utilizado para generar las condiciones termicas. En cualquier medio isoterma hay una variacion de la temperatura en **funcion del espacio**. Esta variación de la temperatura se considerara como una distribucion estadística rectangular y se calcula segun su máxima variación.
- $E_{der}$  Error debido a la inestabilidad (deriva en el tiempo). Es un dato que normalmente es extraido de los datos históricos del instrumento ó suministrado por el fabricante. También éste es un valor máximo. Esta Contribucion se suele tener en cuenta en el calculo de la U de uso.

# 1 Calibración Termómetro

## Cálculo del Error

La calibración por comparación de la Termómetro consistirá en calcular el Error de la Termómetro  $E_{cal}$  y asociarle la Incertidumbre correspondiente. Es decir, la diferencia entre el termómetro patrón  $T_{ref}$  y la indicada por el Termómetro  $T_{ter}$ , con sus correcciones, en cada punto de calibración:

Punto 1 
$$E_{cal} = (T_{ter} + E_{res} + E_{rep} + E_{est} + E_{uni}) - T_{ref}$$

Punto 2 
$$E_{cal} = (T_{ter} + E_{res} + E_{rep} + E_{est} + E_{uni}) - T_{ref}$$

Punto 3 
$$E_{cal} = (T_{ter} + E_{res} + E_{rep} + E_{est} + E_{uni}) - T_{ref}$$

...

# 1 Calibración Termómetro

Y llegan las Incertidumbres...

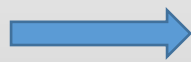


# 1 Calibración Termómetro

## Algunas claves para el Cálculo la incertidumbre

1. Utiliza el método ICCE. Identificar, Cuantificar, Combinar y Expandir. En ese orden
2. Debemos pasar todas las contribuciones a un nivel de fiabilidad del 68% para luego ampliarla al 95%:
  - a) La fiabilidad de los resultados de un Certificado de Calibración Acreditado es del 95% por tanto tiene que ser dividida por 2
  - b) La repetibilidad es el resultado de un cálculo de la diferencia de una medida antes y después de la calibración. Debe ser dividido por  $2 \cdot (\text{raíz de tres})$ .
  - c) Los errores debidos al uso del medio Isotermo son la Uniformidad y la Estabilidad. El primero se comporta como distribución rectangular y tiene que ser *convertido en términos de distribución normal* dividiendo por  $2 \cdot \text{raíz de } 3$ . y el segundo como una distribución Normal y por tanto a nivel  $1 \sigma$ , es combinado tal como lo ofrece el propio cálculo.
  - d) El error de resolución de la indicación es un valor máximo y, en caso de indicadores digitales, es igual a  $\frac{1}{2}$  dígitos. Si se pone 1 dígito entero, debe ser dividido por  $2 \cdot (\text{raíz de tres})$ .

Incertidumbre Típica Combinada  
a nivel  $1\sigma$  (68% fiabilidad).



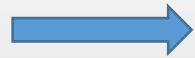
$$u_{cal}^2 = u_{res}^2 + u_{rep}^2 + u_{est}^2 + u_{uni}^2 + u_{pat}^2$$

# 1 Calibración Termómetro

## Cálculo del Incertidumbre Combinada $u_c$

La Incertidumbre de medida de un instrumento, conocida como Incertidumbre Combinada (combined uncertainty), es normalmente indicada como  $u_c$  y es igual a la suma cuadrática de los términos considerados.

Incertidumbre Tipica Combinada  
a nivel  $1\sigma$  (68% fiabilidad).



$$u_{cal} = \sqrt{\left(\frac{E_{res}}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{E_{rep}}{\sqrt{3}}\right)^2 + (E_{est})^2 + \left(\frac{E_{uni}}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{U_{pat}}{2}\right)^2 + E_i}$$

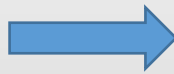
Ojo!!  
Si no corrijo el patrón hay que sumárselo linealmente

# 1 Calibración Termómetro

## Cálculo del Incertidumbre Expandida U

1. Si es determinada con los criterios expuestos anteriormente la incertidumbre comprende el 68,26% de probabilidad de que el valor verdadero se encuentre dentro de un intervalo  $\pm u_{cal}$  (se dice que tiene un índice de confianza del 68%) este número podría resultar escaso a efectos de calidad del producto.
2. Para mayor fiabilidad, conviene adoptar un intervalo más amplio que asegure una probabilidad mayor de cobertura; se multiplica  $u_{cal}$ , por tanto, por un factor de cobertura K, normalmente 2, se dice, entonces, que la incertidumbre está expresada a un nivel  $2\sigma$  con nivel de confianza del 95 %).

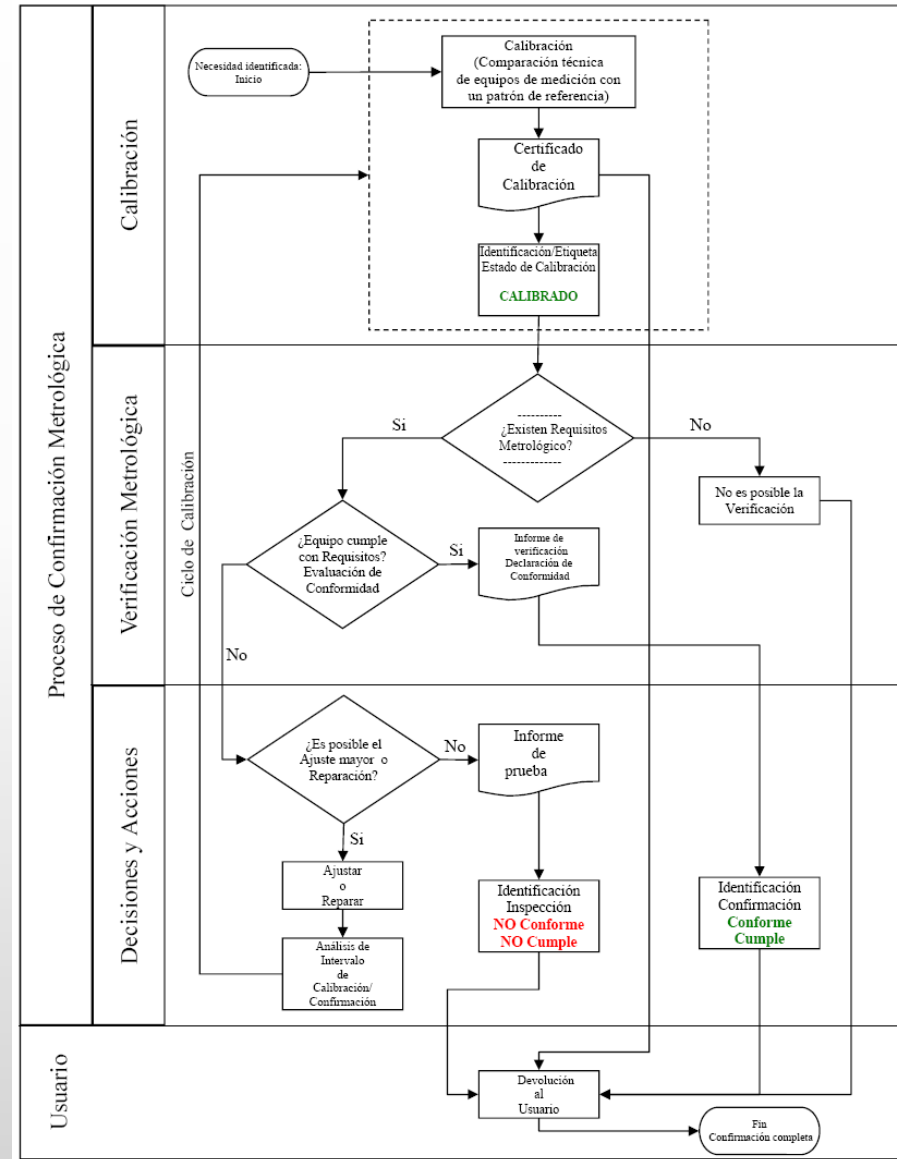
Incertidumbre  
Expandida a nivel  $2\sigma$ .  
95% fiabilidad



$$U = \pm 2u_{cal}$$

# 2 Verificación Termómetro

## PROCESO DE CONFIRMACION METROLÓGICA



Fuente: ISO 10012:2003



# 2 Verificación Termómetro

		<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <i>Certificate of Calibration</i>	
<b>Número</b> <i>Number</i>		<b>000000</b>	
<b>Página</b> <i>Page</i>		<b>1</b>	<b>de</b> <i>of</i>
		<b>3</b>	<b>páginas</b> <i>pages</i>

<b>CALTEX SISTEMAS, S.L</b>	
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN	
Av. Juan de La Cierva, N° 10 (N 7). 46980 Paterna (VALENCIA)	
Tel.: 96 182 99 02 – Fax: 96 143 82 72 e-mail: caltex@caltex.es Web: http://www.caltex.es	

<b>OBJETO</b> <i>Item</i>	<b>TERMÓMETRO DE LECTURA DIRECTA</b> <i>SENSOR DE RESISTENCIA TERMOMÉTRICA</i>
<b>MARCA</b> <i>Brand</i>	--
<b>MODELO</b> <i>Model</i>	--
<b>IDENTIFICACIÓN</b> <i>Identification</i>	<b>CÓDIGO :</b> -- <b>N° SERIE :</b> --
<b>SOLICITANTE</b> <i>Applicant</i>	--
<b>FECHA/S DE CALIBRACIÓN</b> <i>Date/s of calibration</i>	<b>01/01/2014</b>

<b>Signatario/s autorizado/s</b> <i>Authorized signatory/ies</i>	<b>Fecha de emisión</b> <i>Date of issue</i>
---	---

**Responsable del centro**


Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones de la acreditación concedida por ENAC que ha comprobado las capacidades de medida y su trazabilidad a patrones nacionales o internacionales.  
ENAC es el firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (MLA) de calibración de European Cooperation for Accreditation (EA) y de International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).  
Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio de calibración CALTEX SISTEMAS.

This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards.  
ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).  
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory CALTEX SISTEMAS.

 CALTEX colabora con el medio ambiente, IMPRESIÓN A DOBLE CARA

LT-RGD-07 Ver 33

# 2 Verificación Termómetro



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN :  
000000

Página 2 de 3

Page of pages

El resultado de las medidas incluidas en el presente certificado ha sido obtenido aplicando el procedimiento N°.

LT-PC-05

The measurement results reported in this certificate were obtained following procedures N°.

CONDICIONES AMBIENTALES DE CALIBRACIÓN:

Temperatura [22,8 ~ 23] °C

Humedad Relativa < 70 %Hr

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN DEL INSTRUMENTO:

Rango de Medida -18~70 °C

Mínima división 0,1 °C

Resolución 0,1 °C

Líquido Sensible No procede

Patrones de Trabajo LT-TDR-02 LT-TRT-03 LT-TRT-04


NOTAS:

INCERTIDUMBRES :

Las contribuciones consideradas para el cálculo de la incertidumbre han sido todas las que afectan al método de calibración, incluyendo la resolución y la estabilidad a corto plazo del instrumento en calibración. No ha sido considerada la componente relativa a la estabilidad a largo plazo.

La incertidumbre expandida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2$ , que para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de aproximadamente el 95 %. El cálculo se ha efectuado conforme a la guía europea EA-4/02.

Los valores e incertidumbres reportados en este documento, corresponden al momento y condiciones de las medidas.

 CALTEX colabora con el medio ambiente. IMPRESIÓN A DOBLE CARA

## 2 Verificación Termómetro

# INCERTIDUMBRE DE CALIBRACIÓN

Incertidumbre resultado de una calibración. Es el producto de la comparación de dos medidas una materializada por un patrón de referencia y otra por el equipo al que se le quiere transferir la trazabilidad. Es la incertidumbre que se encuentra en el certificado de calibración.

Las contribuciones que se suelen considerarse en la calibración es la del patrón de referencia, la del método de calibración y la del Instrumento bajo calibración.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN :**

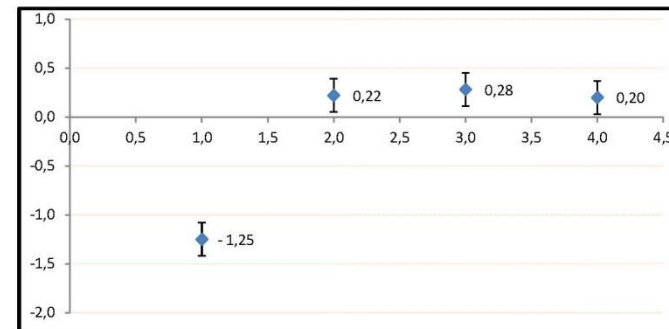
000000

**Página 3 de 3 páginas**  
*Page of pages*

## RESULTADOS OBTENIDOS

[illegible]

Tabla de resultados obtenidos



REPRESENTACIÓN VALOR INDICADO - ERROR (°C)

 **CALTEX** colabora con el medio ambiente. **IMPRESIÓN A DOBLE CARA**

# 2 Verificación Termometro

!!!! NO CONFUNDIR CON LA INCERTIDUMBRE DE USO !!!!!

Incertidumbre Tipica Combinada  
a nivel  $1\sigma$  (68% fiabilidad).



$$u_{uso} = \sqrt{\left(\frac{E_{res}}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{E_{der}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{U_{Ter}}{2}\right)^2} + |E_{Ter}|$$

Incertidumbre Expandida a nivel  $2\sigma$ .  
95% fiabilidad



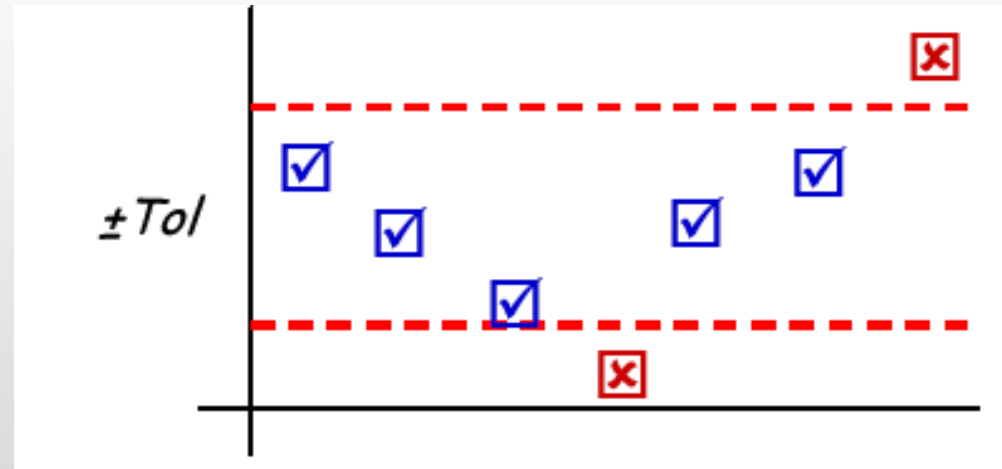
$$U_{uso} = 2 \times u_{uso}$$

# 3 Verificación Producto

## TOLERANCIA

Intervalo establecido en un reglamento o una instrucción técnica, dentro del cual, los resultados obtenidos en las mediciones de una magnitud, son aceptables

(medida  $\pm$  tolerancia)



# 3 Verificación Instrumento

CRITERIO PARA RELACIONAR  
TOLERANCIA CON INCERTIDUMBRE



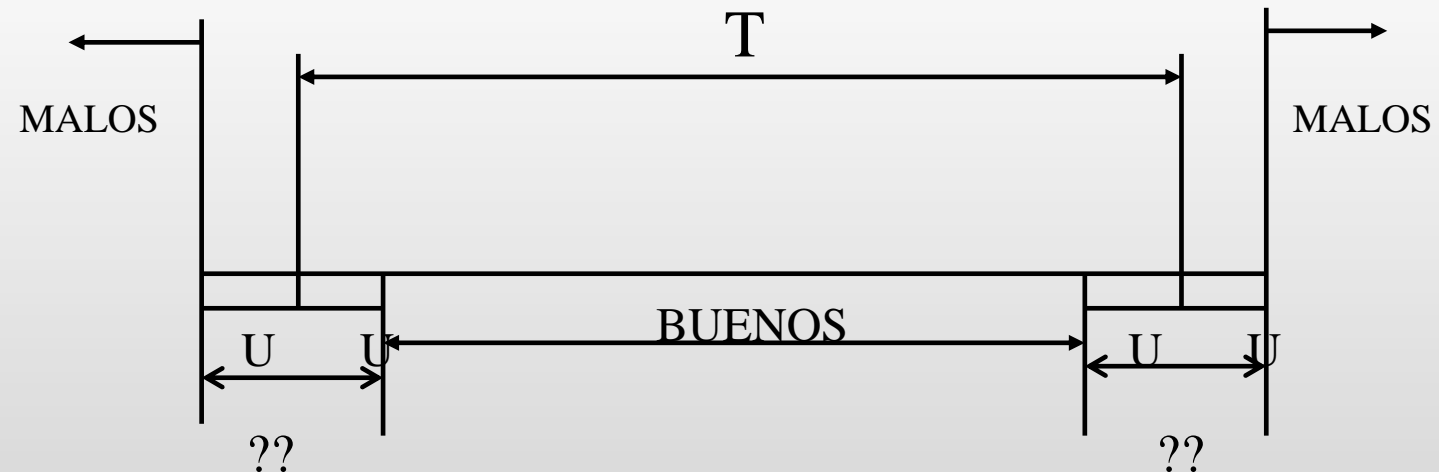
$$3 < \frac{T}{U_{\text{USO}}} < 10$$

Fuente: *La Gestión de Procesos Metrológicos*. AENOR 2004

# 3 Verificación Producto

## RELACIONES ENTRE TOLERANCIA E INCERTIDUMBRE:

El disponer de equipos calibrados permite clasificar cualquier elemento fabricado, de acuerdo con una especificación, en bueno, malo o dudoso (conforme, no conforme o dudoso).



# 3 Verificación Producto

## CRITERIO DE VERIFICACIÓN

$$T_v = T - U_{\text{USO}}$$

Fuente: UNE-EN ISO 14253-1:2015

### SIENDO:

**$T_v$  = Tolerancia de verificación**

**$T$  = Tolerancia del proceso**

**$U_{\text{USO}}$  = Incertidumbre expandida de uso del Termometro**



Ya casi lo tenemos...

# Verificación Intermedia

## Qué es:

Un control metrológico sobre un instrumento de medida para evidenciar experimentalmente que sigue bajo control estadístico durante un periodo. En este caso verificación intermedia de un Termómetro

## Qué no es:

1. Una sustitución de la calibración
2. Una forma de transferir la trazabilidad metrológica
3. Una forma de determinar ni el error ni la incertidumbre

## Para qué puede ser útil en mi Plan de Calibración?:

1. Para confirmar que las estimaciones que has realizado en el cálculo de U se están cumpliendo
2. Para detectar derivas y desviaciones no previstas
3. Para alargar/acortar periodos de calibración

## Qué otros usos puedo darle?:

1. Para validar métodos de medición y calibración
2. Para cualificar técnicos

# Verificación Intermedia de un Termómetro

## Sistemática

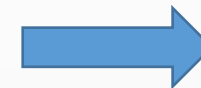
1. Preparar un medio medio isoterma estable y uniforme dónde la temperatura sea leída con un Termómetro Patrón con un certificado de calibración Válido
2. Poner lo más cerca posible el Termómetro que se quiera comprobar que todo sigue bajo control y que la U de uso prevista durante el periodo de calibración se cumple.

## Cálculo mediante Error Normalizado $e_n$

$$e_n = \frac{|t_{pat} - t_{ter}|}{\sqrt{U_{pat}^2 + U_{ter}^2}} =$$



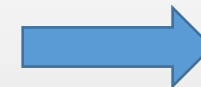
$$e_n \leq 1$$



Ok. Valores Compatibles



$$e_n > 1$$



No Ok. Valores NO Compatibles. Algo va mal

**Dónde**

$t_{pat}$  = Temperatura leída por el patrón

$U_{pat}$  = U del termómetro patrón

$t_{ter}$  = Temperatura leída por el termómetro  $U_{ter}$  = U de uso del termómetro durante el periodo de calibración

# GRACIAS

## Caltex Sistemas S.L. | Tu proveedor único en calibración

Av. Juan de la Cierva y Codorníu 10, Parque tecnológico de Valencia



[www.caltex.es](http://www.caltex.es)