

## I SEMINARIO SOBRE METROLOGIA:

### LA CIENCIA DE LA MEDICION, SUS PRINCIPIOS Y APLICACIONES

#### EJEMPLOS ADICIONALES

##### 1) ESTABLECIMIENTO DE UNA INCERTIDUMBRE ESTANDAR A PARTIR DE UN CERTIFICADO DE CALIBRACION

El certificado de calibración de un instrumento utilizado en una prueba indica que la incertidumbre expandida de medición en todo su intervalo de calibración es 0,1% de la lectura del instrumento con un nivel de confianza del 95%.

Dado que no se mencionan más datos puede suponerse que este dato proviene de una distribución normal por lo que puede inferirse que la incertidumbre está indicado con un factor de cobertura  $k = 2$ .

La incertidumbre estándar de la calibración del instrumento a través de su intervalo de calibración es entonces :  $u(x) = \frac{U(x)}{k} = \frac{0,2\%}{2} = 0,05\%$  de la lectura del instrumento.

##### 2) ESTABLECIMIENTO DE UNA INCERTIDUMBRE ESTANDAR A PARTIR DE LAS ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE CON VERIFICACION METROLOGICA

La especificación del fabricante para un instrumento establece un error máximo permitido de 1% de la lectura del instrumento.

Se han efectuado pruebas de verificación metrológica de este instrumento y se ha encontrado que no se excede dicho error máximo permitido.

Se puede suponer entonces que se trata de una declaración de los límites de error del instrumento y que todos los valores del error dentro de esta banda son igualmente probables por lo que puede aplicársele una distribución de probabilidad rectangular.

La contribución de incertidumbre estándar por esta causa es entonces:

$$u(x) = \frac{1\%}{\sqrt{3}} = 0,58\% \quad \text{de la lectura del instrumento.}$$

##### 3) ESTABLECIMIENTO DE UNA INCERTIDUMBRE ESTANDAR DE UN MEDIDOR DE TENSION ELECTRICA ( VOLTIMETRO) POR CALIBRACION

Un medidor de tensión eléctrica tiene un certificado de calibración con una incertidumbre expandida de 1,0% del valor máxima de la escala en el intervalo de 10 volts DC con un nivel de confianza del 95%.

Dado que no se mencionan más datos puede suponerse que este dato proviene de una distribución de probabilidad normal por lo que puede inferirse que la incertidumbre está indicado con un factor de cobertura  $k = 2$ .

El aporte de incertidumbre estándar por la calibración del medidor cuando se usa en este intervalo, que no es proporcional a la lectura del instrumento, es:

$$u(x) = \frac{(1,0)(0,01)(10volts)}{2} = 0,05volts$$

#### **4) ESTABLECIMIENTO DE UNA INCERTIDUMBRE ESTANDAR A PARTIR DE UNA ESPECIFICACION CERTIFICADA**

Se certifica que un pie de rey cumple con una norma dada que especifica que la desviación de la lectura del instrumento hasta 300 mm no excede de  $\pm 0,02$  mm .

Dada esta afirmación puede asumirse que es equivalente a que no se superan los límites de una distribución de probabilidad rectangular con extremos de  $\pm 0,02$  mm .

La longitud de un objeto medido con este pie de rey se ha encontrado ser 215,76 mm . El aporte de incertidumbre estándar a este valor por dicho especificación del certificado es :

$$u(x) = \frac{0,02mm}{\sqrt{3}} = 0,012mm$$

Recuerde que este aporte es solo por esta causa. Pueden de hecho haber otros varios aportes por ejemplo por temperatura, por la lectura misma del instrumento, etc.

**Nota.-** Los primeros 4 ejemplos, con algunas modificaciones, han sido tomados de la *Measurement Good Practice Guide No. 36 Estimating Uncertainties in Testing An Intermediate Guide to Estimating and Reporting Uncertainty of Measurement in Testing*, Keith Birch, British Measurement and Testing Association, Reprinted with minor amendments, March 2003.

#### **5) INCERTIDUMBRE POR LA LECTURA DE UN INSTRUMENTO ANALOGICO**

Un observador realiza la lectura de un instrumento analógico, en este caso un termómetro de mercurio en vidrio el cual tiene una división de escala de  $0,5$  °C y teniendo todos los cuidados del caso para usar correctamente el termómetro y con todas las precauciones para efectuar la lectura del mismo (tales como evitar el error de paralaje, tener en cuenta el ancho de las marcas de escala, tener una iluminación adecuada, usar una lupa, etc.) encuentra que su mejor lectura es de  $26,2$  °C y estima que el peor error que puede cometer en esta aproximación visual es de  $\pm 0,1$  °C .

Entonces el aporte de incertidumbre estándar por la lectura del termómetro hecha en estas condiciones es :

$$u(x) = \frac{0,1^{\circ}C}{\sqrt{3}} = 0,058^{\circ}C$$

Si el observador es experimentado puede asumirse que el mejor valor que estima es realmente el más probable y que la probabilidad decae linealmente hacia los extremos. Es decir puede asumirse una distribución de probabilidad triangular y en este caso el aporte de incertidumbre estándar por la lectura del termómetro es:

$$u(x) = \frac{0,1^{\circ}C}{\sqrt{6}} = 0,041^{\circ}C$$

## 6) INCERTIDUMBRE POR LA LECTURA DE UN INSTRUMENTO DIGITAL

Un observador realiza la lectura de un instrumento digital, en este caso un medidor de iluminancia el cual tiene una resolución de 0,1 lux .

Teniendo todos los cuidados del caso para usar correctamente este medidor de iluminancia (llamado comúnmente luxómetro) hace una lectura de 140,7 lux .

Dado que el peor error que se puede cometer al hacer esta lectura es igual a la mitad de la resolución el aporte de incertidumbre estándar por dicha lectura es :

$$u(x) = \frac{(0,1lux/2)}{\sqrt{3}} = 0,029lux$$

En general para todo instrumento digital que tenga una resolución **R** el aporte de incertidumbre estándar por dicha lectura es:

$$u(x) = \frac{R}{2\sqrt{3}}$$

## 7) COMPARACION COHERENTE DE DOS RESULTADOS DE MEDICION

Se realiza una comparación de las mediciones efectuadas por dos entidades dadas, en este caso dos laboratorios 1 y 2, para medir la masa de una misma pesa patrón de valor nominal de 2 kg y de clase de exactitud F1 con un error máximo permisible de  $\pm 10$  mg .

El laboratorio 1 reporta el valor : 2,000 008 kg  $\pm$  0,000 003 kg

El laboratorio 2 reporta el valor : 2,000 004 kg  $\pm$  0,000 002 kg

donde los valores que siguen al signo  $\pm$  son las respectivas incertidumbres expandidas  **$U_1$**  ;  **$U_2$**  de sus mediciones reportadas con un nivel de confianza de aproximadamente 95 % .

Veamos si ambos resultados son metrológicamente compatibles:

La diferencia entre sus resultados mas probables son:

$$|y_1 - y_2| = |2,000 008 \text{ kg} - 2,000 004 \text{ kg}| = 0,000 004 \text{ kg} = 4 \text{ mg}$$

Dado que ambos son laboratorios independientes la incertidumbre expandida de la diferencia  $|y_1 - y_2|$  se considera que no está correlacionada por lo cual puede calcularse

$$\text{como: } \sqrt{U_1^2 + U_2^2} = \sqrt{(3mg)^2 + (2mg)^2} = 3,61mg$$

$$\text{Ya que } En = \frac{|y_1 - y_2|}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2}} = \frac{4mg}{3,61mg} = 1,11 > 1,00$$

Se puede concluir que los resultados son metrológicamente **incompatibles**.

-----

-