

METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE

J. Angel Moreno

Centro Nacional de Metrología, Laboratorio de Impedancia
km 4,5 Carretera a los Cués, 76241, El Marqués, Qro., México
+52 (442) 211 05 00, +52 (442) 211 05 48, jmoreno@cenam.mx

Resumen: De acuerdo a la norma ISO/IEC 17025:1999 un laboratorio de calibración o de ensayos debe tener y aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de medición. Generalmente, estos procedimientos requieren el uso de hojas de cálculo electrónicas, que en muchas ocasiones son entendibles solo para la persona que las elaboró. Organismos reconocidos en el mundo han establecido el uso de una Tabla de Cálculo de Incertidumbre. Esta tabla contiene los elementos necesarios para poder calcular el resultado de una medición y su incertidumbre combinada de manera ordenada y consistente con el método propuesto por la Guía BIPM/ISO para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (Guía ISO). Agregando información a esta tabla es posible calcular además la incertidumbre expandida. En este trabajo se presentará la metodología de cálculo de incertidumbre de acuerdo a la Guía ISO empleando la Tabla de Cálculo de Incertidumbre, aplicado a un caso sencillo de calibración de un resistor patrón.

INTRODUCCION

El apartado 5.4.6.1 de la norma ISO/IEC 17025:1999 [1] señala que un laboratorio de calibración o de ensayos, que realiza sus propias calibraciones, debe tener y aplicar un procedimiento para estimar la incertidumbre de medición para todas las calibraciones y tipos de calibración.

Generalmente, cuando un laboratorio elabora sus procedimientos de calibración incluye en éstos la información e instrucciones necesarias para llevar a cabo el cálculo de incertidumbre de medición correspondiente. Esta información proviene de un análisis de sistemas de medición, patrones de referencia y factores de influencia, realizado con base en el método sugerido por la Guía BIPM/ISO para la Expresión de la Incertidumbre en las Mediciones (GUM por sus siglas en Inglés – “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”)[2].

La GUM establece reglas generales de evaluación y expresión de incertidumbre, sin embargo no establece formatos de cálculo específicos. Debido a esto, los laboratorios diseñan sus propias hojas de cálculo, por lo general electrónicas, generándose así una gran diversidad de hojas de cálculo, que en muchas ocasiones son entendibles solo para la persona que las elaboró.

Ante esta situación, organismos reconocidos en el mundo, principalmente europeos, como la European co-operation for Accreditation (EA) y el Deutscher Kalibrierdienst (DKD), han establecido en su documentación como el EA-4/02 y el DKD-3 [3, 4] el uso de una Tabla de Cálculo de Incertidumbre (TCI), conocida en el idioma inglés como “Uncertainty Budget”. Esta tabla permite a los laboratorios y a los

grupos evaluadores entender de mejor manera dicho cálculo.

Para los organismos antes mencionados, el uso de la TCI es obligatorio para efectos de acreditación, sin embargo su utilidad ha sido probada en otras instancias, por ejemplo en comparaciones internacionales, incluso muchos laboratorios nacionales la han adoptado.

Debido a la influencia que tienen las publicaciones técnicas internacionales que usan este recurso, existen en México laboratorios que ya hacen uso de la TCI, sin embargo muchos de ellos requieren conocer mayores detalles sobre la conformación de la TCI.

METODOLOGÍA

Conforme a la GUM, se llevan a cabo 6 pasos para encontrar la incertidumbre de una medición:

- A. Elaboración de un modelo (matemático) de la medición.
- B. Identificación de fuentes de incertidumbre.
- C. Evaluación de incertidumbre estándar.
- D. Determinación de incertidumbre estándar combinada.
- E. Determinación de incertidumbre expandida.
- F. Expresión de resultados.

La TCI contiene los elementos necesarios que permitirán determinar la incertidumbre estándar combinada, y agregando una columna adicional se logra tener la información necesaria para determinar la incertidumbre expandida.

Para mostrar cómo se lleva a cabo la conformación de la TCI, se usará un ejemplo sencillo de cálculo de incertidumbre de la calibración de un resistor patrón, sin pretender de ninguna forma discutir los detalles técnicos de dicha calibración.

EJEMPLO DE CONFORMACIÓN DE LA TCI

Se desea calibrar un resistor R_X con valor nominal de 1Ω , el cual se encuentra inmerso en un baño con temperatura controlada para minimizar y despreciar los efectos de la temperatura ambiente.

A. Elaboración del Modelo de la Medición

El resistor se mide de manera indirecta. Tal como se ilustra en la figura 1, se hace circular por el resistor una corriente nominal I de 100 mA con una fuente de corriente, produciéndose en el resistor una tensión nominal V de 100 mV que se mide con un voltmetro.

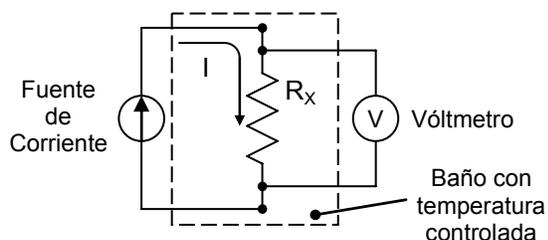


Fig. 1 Sistema de medición de un resistor mediante un método indirecto.

Con el valor de la corriente I y la tensión V , se encuentra el valor del resistor R_X por medio de la ley de Ohm:

$$R_X = \frac{V}{I} \quad (1)$$

La indicación del voltmetro V_I tiene un error ε_V , mientras que la fuente de corriente tiene un error de generación ε_I respecto a su indicación I_I , de modo que el modelo matemático de la medición de R_X es:

$$R_X = \frac{V}{I} = \frac{V_I - \varepsilon_V}{I_I - \varepsilon_I} \quad (2)$$

B. Identificación de Fuentes de Incertidumbre

Con base en el modelo matemático de la medición se identifican un total de 6 fuentes de incertidumbre:

- Respecto a la indicación del voltmetro V_I :
 - 1) Resolución de las lecturas V_I
 - 2) Dispersión de las lecturas V_I
- Respecto al error de la indicación del voltmetro ε_V :
 - 3) Incertidumbre de calibración de ε_V
 - 4) Estabilidad del valor de ε_V .
- La indicación de la fuente de corriente I_I es un valor programado por el usuario, no corresponde a ninguna medición. La indicación I_I es sólo un parámetro nominal, por lo cual no tiene fuentes de incertidumbre asociadas.
- Respecto al error de generación de la fuente de corriente ε_I :
 - 5) Incertidumbre de calibración de ε_I
 - 6) Estabilidad del valor de ε_I

Con base en la información de los pasos A y B de la GUM, es posible conformar las dos primeras columnas de la TCI.

La primera columna llamada "Magnitud" contiene la lista de las 6 fuentes de incertidumbre encontradas, y al final de ella se encuentra un renglón remarcado que contiene el mensurando de interés.

La segunda columna llamada "Estimado" contiene el valor estimado de las 4 variables que contiene el modelo. Al final de ella se encuentra un renglón remarcado que contiene el modelo matemático que describe al mensurando.

De acuerdo a los resultados del experimento y a la información de los certificados de calibración de los instrumentos empleados, se tienen los siguientes datos:

- Promedio de 16 lecturas de V_I : 100,008 94 mV
- ε_V (certificado): + 39 $\mu\text{V/V}$ = + 3,9 μV
- I_I : 100 mA
- ε_I (certificado): - 32 $\mu\text{A/A}$ = -3,2 μA

La tabla 1 muestra las dos primeras columnas de la TCI, incluyendo el valor estimado de las variables del modelo matemático y la evaluación del mismo.

C. Evaluación de Incertidumbre Estándar

Conforme a la GUM la incertidumbre estándar $u(x_i)$ se evalúa usando la información proveniente de certificados de calibración, especificaciones y características de los instrumentos, datos

experimentales y las funciones de probabilidad (FDP) asociadas.

Tabla 1 Primeras dos columnas de la TCI.

Magnitud X_i	Estimado x_i
Resolución de V_I	$V_I = 100,008\ 94\ \text{mV}$
Dispersión de V_I	
Incertidumbre de ε_V	$\varepsilon_V = + 3,9\ \mu\text{V}$
Estabilidad de ε_V	
Indicación de I_I	$I_I = 100\ \text{mA}$
Incertidumbre de ε_I	$\varepsilon_I = -3,2\ \mu\text{A}$
Estabilidad de ε_I	
R_x	$\frac{V - \varepsilon}{I - \varepsilon} = 1,000\ 018\ 399\ \Omega$

La incertidumbre estándar de las 6 fuentes de incertidumbre identificadas en nuestro ejemplo se detalla a continuación:

- 1) Resolución de V_I : las lecturas del voltmetro digital tuvieron una resolución de $0,1\ \mu\text{V}$. Considerando una FDP rectangular asociada, la incertidumbre estándar de esta fuente de incertidumbre es:

$$u(\text{Resol. } V_I) = \frac{0,1\ \mu\text{V}}{\sqrt{12}} = \pm 0,029\ \mu\text{V} \quad (3)$$

- 2) Dispersión de V_I : la desviación estándar de las 16 lecturas fue $\pm 2,37\ \mu\text{V}$ con una FDP aproximadamente normal, de modo que su incertidumbre estándar es:

$$u(\text{Disp. } V_I) = \frac{\pm 2,37\ \mu\text{V}}{\sqrt{16}} = \pm 0,593\ \mu\text{V} \quad (4)$$

- 3) Incertidumbre de calibración de ε_V : el certificado de calibración del voltmetro indica que la incertidumbre de ε_V es $\pm 19\ \mu\text{V/V}$, es decir $\pm 1,9\ \mu\text{V}$ (relativo a $100\ \text{mV}$ nominales), con un factor de cobertura $k=2,0$. Considerando una FDP aproximadamente normal la incertidumbre estándar es:

$$u(\text{Incert. } \varepsilon_V) = \frac{\pm 1,9\ \mu\text{V}}{2,0} = \pm 0,95\ \mu\text{V} \quad (5)$$

- 4) Estabilidad del valor de ε_V : para este instrumento no se dispone de un estudio de los resultados de las calibraciones realizadas anteriormente, por lo que se puede usar la

especificación del fabricante como el dato más representativo de la estabilidad del instrumento. La especificación del instrumento es de $\pm 40\ \mu\text{V/V}$, es decir $\pm 4\ \mu\text{V}$ con una FDP rectangular, de modo que la incertidumbre estándar es:

$$u(\text{Estab. } \varepsilon_V) = \frac{\pm 4\ \mu\text{V}}{\sqrt{3}} = \pm 2,3\ \mu\text{V} \quad (6)$$

- 5) Incertidumbre de calibración de ε_I : el certificado de calibración señala que la incertidumbre de ε_I es de $\pm 16\ \mu\text{A/A}$, es decir $\pm 1,6\ \mu\text{A}$ (relativo a $100\ \text{mA}$ nominales), con un factor de cobertura $k=2,0$. Considerando una FDP aproximadamente normal la incertidumbre estándar correspondiente es:

$$u(\text{Incert. } \varepsilon_I) = \frac{\pm 1,6\ \mu\text{A}}{2,0} = \pm 0,8\ \mu\text{A} \quad (7)$$

- 6) Estabilidad del valor de ε_I : de igual manera que para la estabilidad del valor de ε_V , se considera la especificación del fabricante de la fuente de corriente, que es de $\pm 58\ \mu\text{A/A}$, es decir $\pm 5,8\ \mu\text{A}$ con una FDP rectangular, de modo que la incertidumbre estándar es:

$$u(\text{Estab. } \varepsilon_I) = \frac{\pm 5,8\ \mu\text{A}}{\sqrt{3}} = \pm 3,3\ \mu\text{A} \quad (8)$$

Con esta información, se conforma la tercer columna de la TCI llamada "Incertidumbre Estándar", mostrada en la tabla 2.

Tabla 2 Primeras tres columnas de la TCI.

Magnitud X_i	Estimado x_i	Inc. Estándar $u(x_i)$
Res. V_I	100,008 94 mV	$\pm 0,029\ \mu\text{V}$
Disp. V_I		$\pm 0,593\ \mu\text{V}$
Inc. ε_V	3,9 μV	$\pm 0,95\ \mu\text{V}$
Estab. ε_V		$\pm 2,3\ \mu\text{V}$
Ind. I_I	100 mA	<i>No es F. de Inc.</i>
Inc. ε_I	-3,2 μA	$\pm 0,8\ \mu\text{A}$
Estab. ε_I		$\pm 3,3\ \mu\text{A}$
R_x	1,000 018 399 Ω	

D. Determinación de Incertidumbre Estándar Combinada

De acuerdo a la GUM, la incertidumbre estándar combinada $u_c(y)$ para magnitudes no correlacionadas, como en nuestro caso particular, se determina mediante la siguiente ecuación:

$$u_C(y) = \sqrt{\sum u_i(y)^2} \quad (9)$$

donde $u_i(y)$ son las contribuciones de incertidumbre que se definen de la siguiente manera:

$$u_i(y) = c_i u(x_i) \quad (10)$$

El término c_i es llamado Coeficiente de Sensibilidad, y se define como:

$$c_i = \frac{\partial f}{\partial X_i} \quad (11)$$

donde “f” es el modelo matemático del mensurado.

En nuestro caso, las 6 fuentes de incertidumbre están asociadas a tres de las cuatro variables del modelo, por lo que habrá 3 coeficientes de sensibilidad en total. Estos coeficientes se definen y evalúan de la siguiente manera:

$$c_1 = c_2 = \frac{\partial R_X}{\partial V_I} = \frac{1}{I_1 - \varepsilon_I} = 9,999\ 68 \frac{1}{A} \quad (12)$$

$$c_3 = c_4 = \frac{\partial R_X}{\partial \varepsilon_V} = -\frac{1}{I_1 - \varepsilon_I} = -9,999\ 68 \frac{1}{A} \quad (13)$$

$$c_5 = c_6 = \frac{\partial R_X}{\partial \varepsilon_I} = -\frac{V_I - \varepsilon_V}{(I_1 - \varepsilon_I)^2} = -9,999\ 86 \frac{V}{A^2} \quad (14)$$

La TCI se completa en su forma original con la inclusión de las columnas “Coeficientes de Sensibilidad” y “Contribución de Incertidumbre”. En el último renglón de la última columna, de manera remarcada, se localiza la incertidumbre estándar combinada, en virtud de que su valor se calcula empleando la información que se encuentra en los renglones anteriores. La tabla 3 muestra la TCI, sin incluir la segunda columna para simplificar su expresión en el presente documento.

La columna de “Contribución de Incertidumbre” permite identificar fuentes de incertidumbre críticas en el proceso de medición. Para este caso, las fuentes de incertidumbre de mayor impacto son la estabilidad del error de la fuente de corriente y la estabilidad del error del voltmetro. Para mejorar lo anterior se podrían llevar a cabo acciones

correctivas, por ejemplo, estimar la estabilidad de ambos instrumentos mediante el análisis del historial de calibraciones en cada caso, o emplear instrumentos con mejor especificación.

Tabla 3 Determinación de la incertidumbre estándar combinada por medio de la TCI.

Magnitud X_i	Inc. Estándar $u(x_i)$	Coef. de Sens. c_i	Contr. de Incert. $u_i(y)$
Res. V_I	$\pm 0,029 \mu V$	$9,999\ 68 \frac{1}{A}$	$\pm 0,29 \mu \Omega$
Disp. V_I	$\pm 0,593 \mu V$		$\pm 5,93 \mu \Omega$
Inc. ε_V	$\pm 0,95 \mu V$	$-9,999\ 68 \frac{1}{A}$	$\pm 9,50 \mu \Omega$
Estab. ε_V	$\pm 2,3 \mu V$		$\pm 23,00 \mu \Omega$
Ind. I_I	<i>No es Fuente de Incertidumbre</i>		
Inc. ε_I	$\pm 0,8 \mu A$	$-9,999\ 86 \frac{V}{A^2}$	$\pm 8,00 \mu \Omega$
Estab. ε_I	$\pm 3,3 \mu A$		$\pm 33,00 \mu \Omega$
Rx			$\pm 42,51 \mu \Omega$

E. Determinación de Incertidumbre Expandida

Conforme a la GUM, la incertidumbre expandida se calcula multiplicando la incertidumbre estándar combinada por un factor de cobertura k:

$$U = k u_C(y) \quad (15)$$

La sección 6 de la GUM señala que el factor de cobertura se elige con base en el nivel de confianza requerido de la medición.

En general, k tomará valores de 2 ó 3 si se requiere un nivel de confianza de aproximadamente 95 % ó 99 % respectivamente, sin embargo existe la posibilidad de que el valor de k sea subestimado.

Para tener una mejor aproximación del valor de k, el anexo G de la GUM propone determinar este valor por medio de la distribución “t” para un número de grados efectivos de libertad ν_{eff} , los cuales pueden estimarse mediante la siguiente expresión conocida como “Fórmula de Welch-Satterthwaite”:

$$\nu_{eff} \approx \frac{u_C(y)^4}{\left(\sum \frac{u_i(y)^4}{\nu_i} \right)} \quad (16)$$

donde ν_i es el número de grados de libertad de cada contribución de incertidumbre.

Las columnas hasta ahora conformadas forman parte de la TCI original. Con la información contenida en éstas se puede calcular la incertidumbre estándar combinada. Si se adiciona una columna que contenga el número de grados de libertad de cada contribución de incertidumbre se puede calcular el número de grados efectivos de libertad, y con éste determinar el valor del factor de cobertura adecuado para el nivel de confianza requerido.

Para determinar los grados de libertad para cada contribución de incertidumbre se usa la información disponible, como datos experimentales, confianza adquirida con la experiencia, etc. Para nuestro caso particular, tal determinación se detalla a continuación:

- 1) Resolución de V_I : se tiene completa seguridad de que la resolución de las lecturas del voltmetro digital fue la misma. Por ello, el número de grados de libertad de esta contribución es infinito (∞). Sin embargo, para efecto del uso de hojas de cálculo electrónicas, es suficiente usar un número grande, por ejemplo 10 000.
- 2) Dispersión de V_I : se realizaron un total de 16 mediciones, de modo que el número de grados de libertad en este caso es 15 ($n-1$).
- 3) Incertidumbre de calibración de ε_V : el certificado de calibración indica que el factor de cobertura es $k=2,0$ para un nivel de confianza de aproximadamente 95 %. Recurriendo a una tabla de distribución "t", el número de grados de libertad mínimo para obtener dicho factor de cobertura es aproximadamente 60, sin embargo para no considerar el peor de los casos se propone usar 100 grados de libertad.
- 4) Estabilidad del valor de ε_V : en nuestro caso no se conoce el nivel de confianza ni el factor de cobertura de la especificación del fabricante. Por ello se propone suponer que dicha especificación fue obtenida estadísticamente con base en mediciones realizadas a una muestra representativa de los equipos producidos por el fabricante. Suponiendo que dicha muestra contiene aproximadamente 100 mediciones, el número de grados de libertad para esta contribución de incertidumbre puede tomar un valor de 100.

Cuando la especificación del fabricante indica el nivel de confianza y factor de cobertura, entonces el número de grados de libertad se determina como en el inciso 3 de esta sección. Si sólo se indica el nivel de confianza se propone realizar lo descrito en el párrafo anterior.

- 5) Incertidumbre de calibración de ε_I : de igual manera que en el inciso 3 de esta sección, el número de grados de libertad será 100.
- 6) Estabilidad del valor de ε_I : de igual manera que en el inciso 4 de esta sección, el número de grados de libertad será 100.

La tabla 4 muestra las columnas "Contribución de Incertidumbre" y "Grados de libertad". Al final de ésta última se coloca el número de grados efectivos de libertad, el cual es calculado conforme a la ecuación 16. El resto de las columnas no se muestra por simplicidad.

Tabla 4 Determinación del número de grados efectivos de libertad por medio de la TCI.

Magnitud X_i	Contr. de Incert. $u_i(y)$	Grados de Libertad ν_i
Res. V_I	$\pm 0,029 \mu\Omega$	10 000
Disp. V_I	$\pm 5,93 \mu\Omega$	15
Inc. ε_V	$\pm 9,50 \mu\Omega$	100
Estab. ε_V	$\pm 23,00 \mu\Omega$	100
Ind. I_I	<i>No es Fuente de Incertidumbre</i>	
Inc. ε_I	$\pm 8,00 \mu\Omega$	100
Estab. ε_I	$\pm 33,00 \mu\Omega$	100
R_x	$\pm 42,51 \mu\Omega$	219

Si se requiere un nivel de confianza nominal del 95,45 %, el valor del factor de cobertura será $k=t=2,01$ de acuerdo a la distribución "t". Conforme a la ecuación 15, la incertidumbre expandida será:

$$U = (2,01)(42,51 \mu\Omega) = 85,45 \mu\Omega \quad (17)$$

F. Expresión de resultados.

El apartado 7.2.6 de la GUM señala que usualmente es suficiente expresar la incertidumbre con a lo más dos dígitos significativos. Con base en este señalamiento los resultados finales serán:

$$R_x = 1,000 018 \Omega \pm 85 \mu\Omega$$

k=2,0 para un nivel de confianza de aprox. 95 %

Se puede ver que la incertidumbre efectivamente se expresa con un máximo de 2 dígitos significativos, y la resolución del valor del resistor coincide con la de la incertidumbre expresada. Así mismo, el factor de cobertura se expresa con dos dígitos significativos solamente.

Dado que el resultado obtenido proviene de estimaciones, aproximaciones, posibles errores de redondeo, etc., el nivel de confianza es expresado como una aproximación.

USO DE UNA HOJA DE CÁLCULO ELECTRÓNICA

En la práctica, la realización de la TCI se lleva a cabo de mejor manera en una hoja de cálculo electrónica. En el ejemplo desarrollado existen errores por redondeo derivados de haber considerado sólo un número finito y pequeño de cifras decimales, situación que es minimizada en una hoja de cálculo electrónica. La tabla 5 muestra la TCI completa realizada por medio de una hoja de cálculo electrónica comercial.

OBSERVACIONES ADICIONALES

La TCI generalmente es un registro del cálculo de incertidumbre, que deberá mantenerse controlado y disponer de un soporte técnico documental, el cual se encuentra generalmente en el procedimiento de calibración correspondiente.

En algunos casos, la TCI puede ser incorporada al informe de calibración para dar mayor solidez y claridad a los resultados, así como para proporcionar mayor información al usuario, sin embargo en muchos casos esto puede no resultar práctico.

Una vez que una TCI es diseñada para un tipo específico de calibración, no es necesario modificarla o diseñarla nuevamente en tanto el método de medición no cambie.

CONCLUSIONES

Mediante la TCI es posible dar uniformidad al diseño de hojas de cálculo que usan los laboratorios de calibración y prueba, brindando mayor claridad y confianza a los operadores de los mismos. Así mismo, con propósitos de acreditación, se facilita de esta manera la tarea de los evaluadores.

La TCI contiene los elementos indispensables para calcular incertidumbre conforme a la GUM. La secuencia de operaciones es muy clara y permite en todo momento encontrar errores de cálculo fácilmente.

Su realización en hojas de cálculo electrónicas es una tarea sencilla, además de resultar conveniente, siendo necesario disponer en todo momento de un análisis técnico bien documentado.

En relación a la mejora de procesos, permite detectar componentes críticas y conforma evidencia documental del cálculo de incertidumbre ante el sistema de calidad implantado.

REFERENCIAS

- [1] ISO/IEC 17025:1999, "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories", 1999.
- [2] BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", 1995.
- [3] DKD, "DKD-3 Angabe der Messunsicherheit bei Kalibrierungen", 1998, <http://www.dkd.ptb.de>.
- [4] EA, "EA-4/02 Expressions of the Uncertainty of Measurements in Calibration", 1999, <http://www.european-accreditation.org>.

Tabla 5 TCI completa realizada en una hoja de cálculo electrónica.

X_i	x_i	$u(x_i)$	c_i	$u_i(y)$	v_i
Resol. V_1	0,100 008 94 V	0,000 000 029 V	9.999 68 $\frac{1}{A}$	0.000 000 29 Ω	10 000
Disp. V_1		0,000 000 593 V		0.000 005 92 Ω	15
Incert. ε_V	0,000 003 9 V	0,000 000 95 V	-9.999 68 $\frac{1}{A}$	-0.000 009 50 Ω	100
Estab. ε_V		0,000 002 3 V		-0.000 023 09 Ω	100
Ind. I_1	0,100 000 0 A	No es Fuente de Incertidumbre			
Incert. ε_I	-0,000 003 2 A	0,000 000 8 A	9.999 864 $\frac{V}{A^2}$	0.000 008 00 Ω	100
Estab. ε_I		0,000 003 3 A		0.000 033 49 Ω	100
R_x	1,000 018 399 Ω			0,000 042 94 Ω	218
				U, k(95%) = 0,000 086 38 Ω	2,01
R_x = 1,000 018 Ω +/- 86 $\mu\Omega$ k=2,0 para un nivel de confianza de aprox. 95 %.					