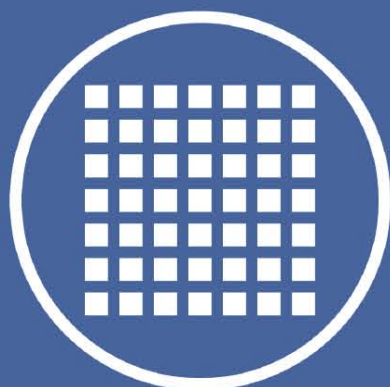


Instituto Nacional
de Tecnología Industrial

Centro de Desarrollo e Investigación
en Física y Metrología



INTI



Procedimiento específico: PEE46

CALIBRACIÓN DE RESISTORES DE ALTO VALOR

Revisión: Junio 2017

Este documento se ha elaborado con recursos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
Sólo se permite su reproducción sin fines de lucro y haciendo referencia a la fuente.


PEE46 Lista de enmiendas: junio 2017

[illegible]

PEE46 Índice: junio 2017

NOMBRE DEL CAPÍTULO	REVISIÓN
Página titular	Junio 2017
Lista de enmiendas	Junio 2017
Índice	Junio 2017
Calibración de resistores de alto valor	Junio 2017

PREPARADO POR

FIRMA Y SELLO

Ing. MARCOS E. BIERZYCHUDEK
FÍSICA Y METROLOGÍA
INTI

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

Dra. ALEJANDRA TONINA
FÍSICA Y METROLOGÍA
INTI

REVISADO POR

FIRMA Y SELLO

Lic. LUCAS D. DI LILLO
COORD. ELECTRICIDAD
FÍSICA Y METROLOGÍA
INTI

ING. PATRICIA VARELA
COORD. CALIDAD Y ADMINISTRACIÓN
INTI - FÍSICA Y METROLOGÍA

APROBADO POR

FIRMA Y SELLO

Ing. JUAN A. FORASTIERI
DIRECTOR TÉCNICO
INTI - FÍSICA Y METROLOGÍA

PEE46: junio 2017

1. Objeto

Calibración de resistores de alto valor óhmico en corriente continua.

2. Alcance

Desde 100 k Ω hasta 10 T Ω .

Tensión eléctrica continua aplicada menor o igual a 1000 V.

3. Definiciones y abreviaturas

DVM: multímetro digital.

DC: corriente continua.

V_F : tensión aplicada corregida.

V_p : tensión sobre el resistor patrón corregida.

v_F : tensión aplicada no corregida.

v_p : tensión sobre el resistor patrón no corregida.

C_r : corrección del rango "r" del DVM.

r: rango del multímetro

R_p : resistor patrón.

R_x : resistor incógnito.

R_i : resistencia de entrada del DVM.

FS: fondo de escala del DVM, se calcula como dos veces el rango.

4. Referencias

[1] G. Rietveld, "Accurate determination of the input impedance of digital voltmeters", IEE Proc.-Sci. Meas. Technol., Vol. 151, N°. 5, pag. 381-383, September 2004.

[2] F. Galliana, P.P. Capra, E. Gasparotto, "Metrological management of the high dc resistance scale at INRIM". Measurement 42 (2009) 314-321.

[3] "User's Handbook for The Model 1281 - Selfcal Digital Multimeter", Wevetek, Febrero 1999.

[4] "5500A Multi-Product Calibrator - Operator Manual", Fluke Corporation, December 1994.

5. Responsabilidades**5.1. Del Coordinador de la Unidad Técnica Electricidad**

Supervisa el desarrollo de la calibración, verifica el cumplimiento del procedimiento y revisa los resultados.

5.2. Del Personal del Laboratorio

Efectúa la calibración, aplica el presente procedimiento de calibración, procesa los datos correspondientes y elabora el certificado de calibración.

6. Instrucciones

6.1. Armar el banco de medición según la figura 1. Se alimenta con una fuente de tensión un divisor resistivo y en paralelo se conecta el resistor incógnito (R_x) en serie al resistor patrón (R_p). La tensión de caída en este segundo es medida con un voltímetro de alta exactitud.

6.2. El divisor de tensión se configura con la relación $R_p/(R_x+R_p)$, donde R_x es el valor nominal del resistor a medir. La tensión de salida del divisor es utilizada como tensión de guarda y se conecta a la guarda del DVM, al blindaje de los resistores, a la malla del cable que une R_x con R_p y a la malla del cable que se conecta al DVM. La configuración utilizada y la tensión de guarda deberá ser indicada en el informe al cliente. De ser posible, se deberá indicar cual terminal del resistor fue conectado al terminal HIGH de la fuente de tensión.

6.3. Si algún resistor no posee guarda no se deberá conectar el mismo a dicha tensión. El resto de los elementos se deberán conectar como se explicó en el punto anterior.

6.4. Se deberá conectar R_x y R_p con cables (trenzados y blindados o coaxiales) y/o adaptadores, buscando una conexión corta, firme y con alta resistencia de aislación al blindaje.

6.5. De ser posible, colocar los resistores dentro de un baño de aire a 23 °C y 24 h antes de la medición.

PEE46: junio 2017

6.6. Para tener un mejor blindaje al campo electromagnético se pueden ubicar los resistores dentro de una caja de metal conectada a tierra. Si los resistores poseen un blindaje separado de la guarda, conectarlo a la tierra. También es conveniente conectar a dicho punto el chasis del divisor de guarda.

6.7. Es muy importante alimentar todos los instrumentos desde la misma fase. Se debe tener especial cuidado que el neutro y el vivo no se encuentren invertidos, debido a que se encontró un incremento en la desviación estándar de las mediciones con polaridad de fuente negativa al conectar la alimentación invertida en el voltímetro y en la fuente.

6.8. Una vez armado el banco se deberá ejecutar el programa de medición identificado como: HVR DVM-Calibrador.exe. La tabla 1 muestra la configuración típica.

6.9. Se deberá configurar la velocidad de rampa de la tensión aplicada, típicamente entre 0,1 V/s a 10 V/s.

6.10. Siempre el multímetro será configurado con una resolución de 8 dígitos, filtro off, guarda remota y modo SLOW. El calibrador se configura en tensión continua y EARTH TIED.

6.11. Si no se conoce el tiempo de estabilización del resistor, ejecutar el programa dos veces. La primera con un retardo, desde la aplicación de tensión hasta la medición, de 2 min y la segunda con cuatro veces más de retardo: 8 min. Si la diferencia de los resultados devueltos por el programa es menor a la incertidumbre tipo B típica para la medición, entonces se puede usar un retardo igual a 2 min. En caso contrario se deberá repetir el procedimiento con un retardo de 8 min y otro de 32 min. Se deberá continuar hasta encontrar un resultado satisfactorio, donde las diferencias entre las mediciones sean menores a la incertidumbre tipo B. Otra forma de análisis es observar si las tensiones medidas sobre el patrón varían exponencialmente, en tal caso el retardo configurado es insuficiente, se deberá entonces probar con un retardo igual al doble del anterior. Se continúa con este proceso hasta que la variación pico a pico de las tensiones medidas es menor a la incertidumbre tipo B en la medición de tensión.

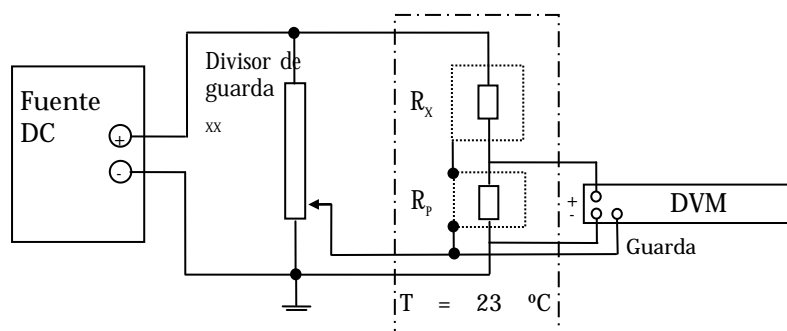


Figura 1: Banco de medición.

Resistor incógnita	Resistor patrón	Tensión aplicada (V)	Rango DVM (V)	Cantidad de muestras	Guarda (V/V)	Rampa (min)	Espera (min)
10 MΩ	1 MΩ	11	1	10	0,0909091	1	2
100 MΩ	1 MΩ	10	0,1	10	0,0099010	1	2
1 GΩ	1 MΩ	100	0,1	10	0,0009990	1	2
10 GΩ	10 MΩ	100	0,1	10	0,0009990	1	10
100 GΩ	10 MΩ	100	0,1	10	0,0001000	1	10
1 TΩ	100 MΩ	100	0,1	10	0,0001000	1	10
10 TΩ	100 MΩ	100	0,1	10	0,0000100	1	10

Tabla 1: configuración típica.

6.12. Corrección del DVM y de la fuente de tensión

6.12.1 A partir de un patrón de tensión continua basado en un diodo zener se calibra el multímetro en los rangos de 1 V, 10 V y 100 V. Luego con estos rangos se calibran las tensiones deseadas de la fuente más una tensión de 0,19 V y otra de 190 V para calibrar los rangos de 0,1 V y 1000 V del multímetro. La figura 2 muestra un diagrama de flujo de la medición. El procedimiento se realiza en forma semi-automática utilizando el programa "Calibración DVM-Calibrador.exe".

6.12.2 La tensión de referencia es invertida para eliminar posibles corrimientos constantes en el circuito de medición o en el multímetro, por este motivo no es necesario realizar el cero del DVM.

6.12.3 La corrección de los rangos del DVM se calcula como:

PEE46: junio 2017

$$C_r = \left(\frac{V}{V_{DVM}} - 1 \right) \cdot 1 \cdot 10^6$$

Donde V es la tensión de referencia aplicada y V_{DVM} es la tensión medida por el multímetro en el rango r .

6.12.4 Las correcciones aplicadas a la fuente se calculan a partir de la corrección del rango del DVM y de la medición de la tensión de salida:

$$V_F = v_F \cdot \left(\frac{C_r}{1 \cdot 10^6} + 1 \right)$$

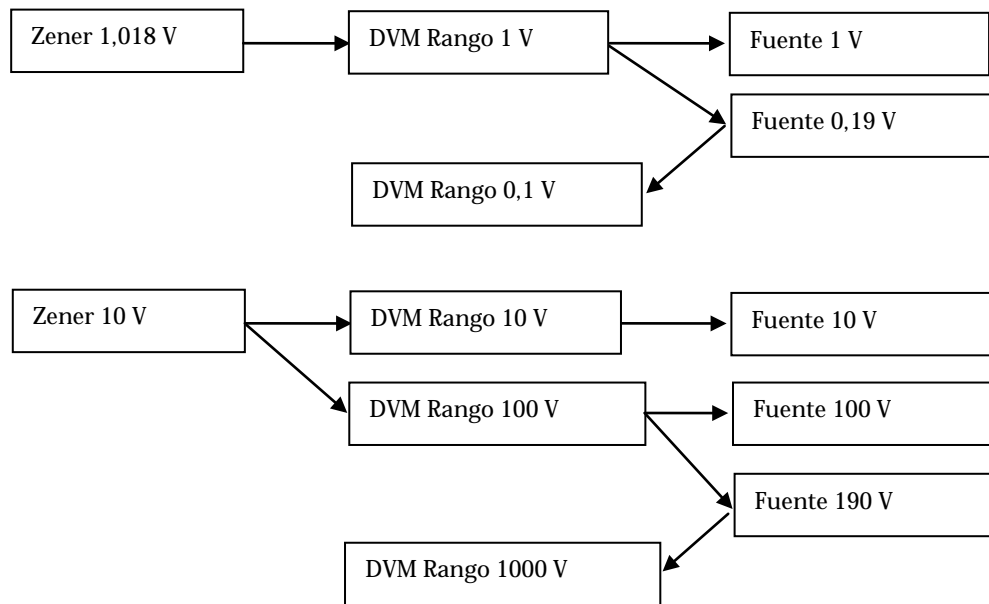


Figura 2: diagrama de mediciones para la corrección del DVM y la fuente.

6.13. Modelo Matemático y Cálculo de Incertidumbre

6.13.1 Modelo matemático

La tensión sobre el resistor patrón (V_p) puede ser calculada planteando un divisor resistivo entre los resistores en serie:

$$V_p = V_F \frac{R_p // R_i}{R_p // R_i + R_X}$$

Donde R_i representa la resistencia de entrada del DVM; la cual puede ser medida siguiendo la bibliografía [1]. Despejando la resistencia desconocida se obtiene el modelo de la medición.

$$R_X = \frac{R_p R_i}{R_p + R_i} \left(\frac{V_F}{V_p} - 1 \right)$$

La tensión medida y la aplicada son previamente corregidas, por lo tanto, se obtiene un sistema de tres ecuaciones:

PEE46: junio 2017

$$\begin{cases} V_F = v_F \cdot \left(\frac{C_{rF}}{1 \cdot 10^6} + 1 \right) \\ V_P = v_P \cdot \left(\frac{C_{rP}}{1 \cdot 10^6} + 1 \right) \\ R_X = \frac{R_P R_i}{R_P + R_i} \left(\frac{V_F}{V_P} - 1 \right) \end{cases}$$

Si es posible, el resistor patrón también debe ser corregido por la temperatura y tensión aplicada, estas componentes serán analizadas en el cálculo de incertidumbre.

6.13.2 Cálculo de incertidumbre en la corrección del DVM y en la fuente de tensión

El término de corrección del DVM en cada rango se obtiene a partir de la tensión medida y una tensión de referencia. Por lo tanto, las fuentes de incertidumbres son la resolución del multímetro y la incertidumbre en la tensión patrón debida a la calibración y a la estabilidad. En los rangos del multímetro de 1 V, 10 V y 100 V se utiliza como referencia un patrón basado en diodos zener, en cambio para los rangos de 100 mV y 1000 V se utiliza el calibrador previamente corregido.

FUENTE	DESCRIPCIÓN	DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD	VALOR TÍPICO
Resolución del DVM	Instrumento configurado en 8 ½ dígitos.	Rectangular	Para $r = 100$ mV es 0,05 μ V/V Para $r \neq 100$ mV es 0,005 μ V/V
Calibración del patrón	Según patrón utilizado.	Normal	Para un patrón de tensión eléctrica 0,15 μ V/V en 1 V y 0,5 μ V/V en 10 V. Para el calibrador ver siguiente párrafo.
Estabilidad a largo plazo	Según manual e historia del instrumento.	Rectangular	Para un patrón de tensión eléctrica el corrimiento máximo en 30 días es de 0,8 μ V/V en 1 V y 0,3 μ V/V en 10 V. Tomo 2 μ V/V para incluir posibles corrimientos a lo largo de un año.

Tabla 2: Fuentes de incertidumbre para la corrección del multímetro.

Una vez obtenidas las correcciones del DVM, las tensiones de salida del calibrador o las tensiones medidas en el resistor patrón pueden ser corregidas. A continuación, se muestran las ecuaciones para realizar estas correcciones y las fuentes de incertidumbre tenidas en cuenta en el cálculo.

$$V_F = v_F \cdot \left(\frac{C_{r1}}{1 \cdot 10^6} + 1 \right) \quad V_P = v_P \cdot \left(\frac{C_{r2}}{1 \cdot 10^6} + 1 \right)$$

FUENTE	DESCRIPCIÓN	DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD	VALOR TÍPICO
Resolución del DVM	Instrumento configurado en 8 ½ dígitos.	Rectangular	Para $r = 100$ mV es 0,05 μ V/V Para $r \neq 100$ mV es 0,005 μ V/V
Linealidad del DVM	Según manual (valor máximo)	Rectangular	0,1 μ V/V de fondo de rango
Corrección del rango	Se explica en el párrafo anterior.	Normal	Según cálculo previo
Exactitud del DVM	Según manual a 24 h, si se calibró dentro de dicho período. En caso contrario se debe usar la incertidumbre a 90 días. Ver ref. [3].	Rectangular	(ppm de lectura + ppm FE*) Rango de 0,1 V: 1 + 0,5 Rango de 1 V: 0,5 + 0,2 Rango de 10 V: 1 + 0,1 Rango de 100 y 1000 V: 1,0 + 0,2

Tabla 3: Fuentes de incertidumbre para la corrección de la fuente o la tensión medida sobre el patrón.

* Aclaración: el fondo de escala (FE) es igual a dos veces el rango del instrumento.

PEE46: junio 2017

6.13.3 Cálculo de incertidumbre en el resistor incógnita

Todas las variables que se muestran en el modelo poseen una incertidumbre asociada a su valor. Por lo tanto, estas incertidumbres contribuyen a la incertidumbre de la calibración y los coeficientes de sensibilidad deben ser calculados como se muestra a continuación:

$$\frac{\partial R_x}{\partial R_i} = \frac{R_p^2 \left(\frac{V_F}{V_p} - 1 \right)}{(R_p + R_i)^2}$$

$$\frac{\partial R_x}{\partial V_p} = - \frac{R_p R_i V_F}{(R_p + R_i)^2 V_p^2}$$

$$\frac{\partial R_x}{\partial R_i} = \frac{R_i^2 \left(\frac{V_F}{V_p} - 1 \right)}{(R_p + R_i)^2}$$

$$\frac{\partial R_x}{\partial V_F} = \frac{R_p R_i}{(R_p + R_i) V_p}$$

Las fuentes de incertidumbre son listadas a continuación.

FUENTE	DESCRIPCIÓN	DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD	VALOR TÍPICO
Resistor patrón	Incertidumbre de calibración.	Normal	Depende del patrón
Resistor patrón	Corrimiento desde la última calibración.	Rectangular	Depende del patrón
Resistor patrón	Coefficiente de tensión. Típicamente se utiliza al resistor patrón con una tensión inferior a 10 V, donde el coeficiente de tensión no suele alterar al dispositivo.	Rectangular	Depende del patrón
Resistor patrón	Coefficiente de temperatura.	Normal	Depende del patrón
Exactitud del DVM	Incertidumbre del instrumento según manual a 24 h o 90 días.	Rectangular	Ver manual.
Resolución del DVM	Resolución del instrumento.	Rectangular	$r = 100 \text{ mV}$ es $0,05 \mu\text{V/V}$ $r \neq 100 \text{ mV}$ es $0,005 \mu\text{V/V}$
Corrección del DVM	Calculado según el punto 6.3.2.	Normal	$r = 100 \text{ mV}$ es $3 \mu\text{V/V}$ $r = 1000 \text{ V}$ es $2 \mu\text{V/V}$ Otro rango es $1 \mu\text{V/V}$
Estabilidad de la fuente de tensión	Se calcula a partir de las mediciones realizadas.	Normal	$3 \mu\text{V/V}$
Corrección de la fuente de tensión	Se corrige su valor utilizando el DVM. Ver punto 6.3.2.	Normal	Max: $4 \mu\text{V/V}$
Resistencia de entrada del DVM	Se midió según referencia 1.	Rectangular	$1 \text{ T}\Omega \pm 50 \%$ para rango de $0,1 \text{ V}$ $4 \text{ T}\Omega \pm 50 \%$ para rango de 1 V
Corriente de entrada del DVM no eliminada	Invirtiendo la tensión aplicada por la fuente, todas las tensiones parásitas y los efectos de la corriente de bias del DVM se cancelan parcialmente.	Rectangular	$0,1 \text{ pA}$
FEM no eliminada	También, se genera un ruido de baja frecuencia debido a las inestabilidades térmicas. Los valores informados se obtuvieron realizando corridas sin tensión aplicada.	Rectangular	$0,1 \mu\text{V}$

Tabla 4: fuentes de incertidumbre en la calibración.

PEE46: junio 2017

La siguiente tabla muestra las incertidumbres expandidas para distintos resistores incógnitas. Estas incertidumbres pueden variar dependiendo del patrón utilizado y de la tensión aplicada.

RESISTOR INCÓGNITA	RESISTOR PATRÓN	TENSIÓN APLICADA	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA K=2
100 kΩ	10 kΩ	10 V	9 μΩ/Ω
1 MΩ	10 kΩ	10 V	9 μΩ/Ω
10 MΩ	1 MΩ	10 V	10 μΩ/Ω
100 MΩ	1 MΩ	10 V	12 μΩ/Ω
1 GΩ	1 MΩ	100 V	12 μΩ/Ω
10 GΩ	10 MΩ	100 V	16 μΩ/Ω
100 GΩ	10 MΩ	100 V	22 μΩ/Ω
1 TΩ	100 MΩ	100 V	250 μΩ/Ω
10 TΩ	100 MΩ	100 V	1 000 μΩ/Ω

Tabla 5: incertidumbre en la calibración típica.

6.14. Ejemplo de cálculo de incertidumbre

Se muestra el cálculo realizado para obtener la incertidumbre de un resistor de 10 MΩ y otro de 100 GΩ. En primer lugar, se muestra la corrección del DVM, seguido por la corrección de la fuente. Luego se muestran los cálculos de incertidumbre para cada resistor.

Corrección del DVM y del Calibrador

Cal. Zener		U+drift [ppm]	
PTB 1V:	1.01805386	2	
PTB 10V:	9.9999861	2	
Resolución DVM			
Rango	Resolución [V]	Exactitud 24h [ppm]	Linalidad
0.1 V	5.77E-09	1+0.5	1.15E-08
1 V	5.77E-09	0.5+0.2	1.15E-07
10 V	5.77E-08	0.5+0.1	1.15E-06
100 V	5.77E-07	1+0.2	1.15E-05
1000V	5.77E-06	1+0.2	1.15E-04

Corrección rango de 0.1 V

PTB-0.1V+	0.1899956	Promedio	Corr	Ucorr k=2 [ppm]
PTB-0.1V-	-0.18999867	0.189997118	-1.6	3.8

Corrección rango de 1 V

PTB-1V+	1.01805563	1.01805537	-1.5	2.0
PTB-1V-	-1.01805511			

Corrección rango de 10 V

PTB-10V+	9.9999995	10.0000016	-1.5	2.0
PTB-10V-	-10.0000037			

Corrección rango de 100 V

PTB-10V+	10.000004	10.000039	-5.3	2.0
PTB-10V-	-10.000074			

Corrección rango de 1000 V

PTB-10V+	99.99909	99.999355	-1.3	2.4
PTB-10V-	-99.99962			

PEE46: junio 2017

Tensión del calibrador medida con el 1281							
Set	Medida	Rango DVM	Promedio	Val Corr	DVM exactitud	U k=2 [ppm]	Rango Cal
0.19V+	0.19000	0.1V	0.18999712	0.189997			330mV
0.19V-	-0.19000						
0.19V+	0.19000	1 V	0.18999711	0.189997	2.9E-07	3.8	
0.19V-	-0.19000						
1V+	0.99998	1V	0.99998463	0.999983	5.2E-07	2.3	3.3 V
1V-	-0.99999						
10V+	9.9998415	10V	9.99987165	9.999856	4.0E-06	2.2	33 V
10V-	-9.999902						
50V+	49.999633	100V	49.9998415	49.99958	5.2E-05	2.9	330 V
50V-	-50.0001						
100V+	99.999454	100V	99.999757	99.99923	8.1E-05	2.6	
100V-	-100.000						
190V+	190.000	100V	190.000	189.999	1.3E-04	2.4	
190V-	-190.000						
100V+	99.99909	1000V	99.999355	99.99923	2.9E-04	6.7	
100V-	-100.000						
200V+	199.99878	1000V	199.998725	199.9985	3.5E-04	4.4	
200V-	-199.999						
500V+	499.99743	1000V	499.996905	499.9963	5.2E-04	3.2	1000 V
500V-	-499.996						
1000V+	999.99642	1000V	999.99597	999.9947	8.1E-04	2.9	
1000V-	-999.996						

Rango 1 V Resistor de 10 M													
Fuente de incertidumbre	Valor estimado	Tipo	Intervalo (±)	Factor	u _i	v _i	c _i	(C _i) ²	W-S	% contrib			
U patron	0.6	ppm	N	6E-01	ohm	2.0	3.0E-01	ohm/ohm	9E+00	2E+00	1.34%		
Udrift patron	0.0	ppm	R	0E+00	ohm	1.7	0.0E+00	ohm/ohm	0E+00	0E+00	0.00%		
Incertidumbre de temp. en el patron	0.2	°K	N	2E-01	°K	2.0	1.0E-01	ohm/K	4E-02	3E-05	0.01%		
Incertidumbre de temp. en la incognita	0.2	°K	N	2E-01	°K	2.0	1.0E-01	ohm/K	4E+00	3E-01	0.60%		
Variación por tensión del patrón	0.0	V	R	0E+00	V	1.7	0.0E+00	ohm/V	0E+00	0E+00	0.00%		
Exactitud DATRON 1281	0.70	ppm	R	7E-07	V	1.7	4.0E-07	ohm/V	2E+01	8E+00	2.95%		
Corrección DATRON 1281	2.00	ppm	N	2E-06	V	2.0	1.0E-06	ohm/V	1E+02	3E+02	18.03%		
Linealidad Datron 1281	0.10	ppm del FE	R	2E-07	V	1.7	1.2E-07	ohm/V	2E+00	5E-02	0.24%		
Resolución DATRON 1281	0.005	ppm del FE	R	1E-08	V	1.7	5.8E-09	ohm/V	4E-03	3E-07	0.00%		
Estabilidad Calibrador 5500	3.0	ppm	N	3E-05	V	2.0	1.7E-05	ohm/V	3E+02	1E+03	40.58%		
Corrección Calibrador 5500	2.2	ppm	N	2E-05	V	2.0	1.2E-05	ohm/V	1E+02	4E+02	21.22%		
Resistencia de entrada del DATRON 1281	50.0	%	R	2E+12	ohm	1.7	1.2E+12	ohm/ohm	5E-01	4E-03	0.07%		
libras no eliminada	0.01	pA	R	1E-08	V	1.7	5.8E-08	ohm/V	4E-03	3E-07	0.00%		
FEM no eliminada	0.1	uV	R	1E-07	V	1.7	5.8E-08	ohm/V	4E-01	3E-03	0.06%		
Desvío (tipo A)	1	ppm	A		ohm	2	1.0E+01	ohm	1E+02	3E+03	14.90%		
Resistor patron	1.00E+06	ohm		5.14E+01	ohm	2	2.6E+01	ppm	96		100%		
Coefficiente de temperatura del patron	2.00E-01	ppm/k											
Resistor Incógnita	1.00E+07	ohm											
Coefficiente de temperatura del incognita	2.00E+00	ppm/k											
Rango DVM	1	V											
Tensión aplicada	11	V											
Relación nominal	9.09E-02	ohm/ohm											
Tensión sobre el patrón	1.00E+00	V											
Resistencia de entrada del DATRON 1281	4.20E+12	ohm											
Incertidumbre	5.1	uohm/ohm											
Factor de cobertura	1.99												

Rango 100 mV Resistor de 100G													
Fuente de incertidumbre	Valor estimado	Tipo	Intervalo (±)	Factor	u _i	v _i	c _i	(C _i) ²	W-S	% contrib			
U patron	11.9	ppm	N	1E+02	ohm	2.0	5.9E+01	ohm/ohm	4E+11	2E+21	22.48%		
Udrift patron	0	ppm	R	0E+00	ohm	1.7	0.0E+00	ohm/ohm	0E+00	0E+00	0.00%		
Incertidumbre de temp. en el patron	2.0	°K	N	2E+00	°K	2.0	1.0E+00	ohm/K	4E+08	3E+15	0.03%		
Incertidumbre de temp. en la incognita	0.2	°K	N	2E-01	°K	2.0	1.0E-01	ohm/K	1E+08	2E+14	0.01%		
Variación por tensión del patrón	0.0	V	R	0E+00	V	1.7	0.0E+00	ohm/V	0E+00	0E+00	0.00%		
Exactitud DATRON 1281	6.00	ppm	R	6E-08	V	1.7	3.5E-08	ohm/V	1E+11	3E+20	7.67%		
Corrección DATRON 1281	3.81	ppm	N	4E-08	V	2.0	1.9E-08	ohm/V	4E+10	3E+19	2.32%		
Linealidad Datron 1281	0.10	ppm del FE	R	2E-08	V	1.7	1.2E-08	ohm/V	1E+10	4E+18	0.85%		
Resolución DATRON 1281	0.050	ppm del FE	R	1E-08	V	1.7	5.8E-09	ohm/V	3E+09	2E+17	0.21%		
Estabilidad Calibrador 5500	3.0	ppm	N	3E-04	V	2.0	1.5E-04	ohm/V	2E+10	1E+19	1.44%		
Corrección Calibrador 5500	2.6	ppm	N	3E-04	V	2.0	1.3E-04	ohm/V	2E+10	6E+18	1.07%		
Resistencia de entrada del DATRON 1281	50.0	%	R	5E+11	ohm	1.7	2.8E+11	ohm/ohm	8E+10	1E+20	5.33%		
libras no eliminada	0.01	pA	R	1E-07	V	1.7	5.8E-08	ohm/V	3E+11	2E+21	21.31%		
FEM no eliminada	0.1	uV	R	1E-07	V	1.7	5.8E-08	ohm/V	3E+11	2E+21	21.31%		
Desvío (tipo A)	5.0	ppm	A		ohm	2	5.0E+05	ohm	3E+11	2E+22	15.98%		
Resistor patron	1.00E+07	ohm		2.49E+06	ohm	2	1E+06	ppm	87		100%		
Coefficiente de temperatura del patron	2.00E-01	ppm/k											
Resistor Incógnita	1.00E+11	ohm											
Coefficiente de temperatura del incognita	1.00E+00	ppm/k											
Rango DVM	0.1	V											
Tensión aplicada	100	V											
Relación nominal	9.99E-05	ohm/ohm											
Tensión sobre el patrón	0.009999	V											
Resistencia de entrada del DATRON 1281	1.00E+12	ohm											
Incertidumbre	24.9	uohm/ohm											
Factor de cobertura	1.99												

7. Identificación y almacenamiento

Los resistores a ser calibrados son identificados de acuerdo con las instrucciones del Manual de Calidad del INTI - Física y Metrología y mantenidos, desde el momento de su llegada, en el laboratorio de resistores, subsuelo, ver Capítulo 9 del MC. Una vez calibrados, los resistores son mantenidos en el mismo laboratorio hasta ser devueltos al cliente.

PEE46: junio 2017

8. Instrumentos utilizados

- Calibradores multifunción incluidos en el Plan de Calidad de Electricidad.
- Multímetros de 6 ½, 7 ½ y 8 ½ dígitos incluidos en el Plan de Calidad de Electricidad.
- Termohigrómetros y termoresistencias incluidas en el Plan de Calidad de Electricidad.
- Resistores del banco de resistores patrones del INTI.
- Multímetro Wavetek 1281, nro. de serie: 38332.
- Baño de aire, INTI.
- Divisor resistivo Fluke 720A.

9. Condiciones ambientales

Durante la medición y, al menos en las 24 horas previas a la misma, la temperatura ambiente de laboratorio deberá ser de $(23 \pm 3) ^\circ\text{C}$ y la humedad relativa ambiente menor a 70 %. Sin embargo, se debe analizar los requerimientos de los elementos resistivos.

10. Registros de calidad

Las notas y observaciones originales tomadas manualmente, original o copia de salidas de software (si resulta aplicable), copia de los certificados emitidos y copia de la orden de trabajo, registros de salida de instrumentos y otros documentos relacionados, son mantenidos de acuerdo con el Manual de Calidad del INTI - Física y Metrología, Capítulo 11.

11. Precauciones

De acuerdo con las provisiones del Decreto 937/74, Artículo 1, Sección d, esta es considerada tarea riesgosa. Por lo tanto, deberán ser tomadas las precauciones necesarias para evitar shock eléctrico. Las operaciones de cambio de conexiones deben ser efectuadas con los circuitos de tensión y corriente desconectados.

12. Apéndices y Anexos

No aplicable