

# Comportamiento de los grupos patrones de referencia

Actualización de las unidades *volt* y *ohm* del laboratorio eléctrico de metrología (LEM), FIUBA

Por:  
Ings. Carlos A. Pérez, Gabino E. Colangelo,  
Rafael J. Albarracín Valencia  
Laboratorio Eléctrico de Metrología (LEM) FIUBA  
lem@fi.uba.ar  
www.laboratorioelectricodemetrologia.fi.uba.ar

41

## Introducción

Este trabajo es continuación de la publicación efectuada en el año 2004 [1] referente a la actualización de las Unidades de FEM (tensión) *volt*, de resistencia *ohm* del LEM, como consecuencia de las calibraciones y asignación de valores de los patrones de referencia, efectuados en el periodo 1987 (19) [2] 2002(34) trazables a los del Instituto Nacional Galileo Ferraris de Italia.

A partir del año 2003 a 2004 estas unidades son trazables a las del INTI, datos que fueron incorporados en la referida publicación.

Desde el año 2005 y hasta la fecha no fueron puestos en conocimiento público, por lo que hemos decidido publicarlas.

Como luego indicaremos, la estabilidad de ambas unidades de continua es perfectamente coherentes por lo que se concluye, que tanto el *volt* como el *ohm* mantienen en el tiempo, a través del excelente comportamiento de los grupos patrones de referencia, elevados valores de estabilidad, compatibles con los provenientes de otros laboratorios de metrología de alta jerarquía, este es un signo de confianza en las tareas de calibración que realizamos a terceros.

A tal efecto y conforme a la norma ISO/IEC 17025-IRAM301 declaramos el cumplimiento respecto a la trazabilidad externa, como así también a la interna, a través de la cadena de calibraciones ininterrumpidas de las restantes unidades del sistema eléctrico y magnético utilizado.

## Patrones viajeros

Antes de analizar el comportamiento de los grupos patrones de referencia de FEM (tensión) (GPRW), y de resistencia (GPRR), efectuaremos un breve comentario sobre los patrones viajeros, previamente calibrados en el INTI, que utilizamos como puente entre el Ente Nacional de Metrología y nuestro Laboratorio, que garantiza la trazabilidad durante los años del período considerado.

En el caso del resistor patrón viajero LEM 6 -06, su valor certificado original ha sido corregido a la tempe-

ratura de 25 °C, mediante sus coeficientes  $\alpha$  y  $\beta$ , valor establecido de referencia para las calibraciones del grupo de resistencia, de los patrones de transferencia Hamon (10 pasos: 10  $\Omega$ , 1 k $\Omega$ , 100 k $\Omega$ ) y de los resistores de trabajo.

(Ver Referencias [2] indica N° de ciclo.)

En el caso del patrón viajero Fluke 732B "F1", que es la fuente de tensión continua de estado sólido, su temperatura se mantiene constante, dentro de la tolerancia dada en su manual de instrucciones; el sistema de control es verificado a través de su resistor medido exteriormente, por lo tanto no hay que efectuar ninguna corrección en el valor certificado.

En los siguientes cuadros se muestran sus características, valores certificados, denominaciones, etc.

Es interesante destacar que las calibraciones mencionadas provienen de entes oficiales de metrología de distintos países y cuyos certificados muestran una coherencia en sus valores, con una altísima constancia en el tiempo, por ejemplo: respecto al patrón viajero de resistencia, entre los años 1994 y 2014, su valor se ha mantenido exacto en el nivel del  $\mu\Omega$ , siendo su variación anual en los 20 años transcurridos del orden del 0,01  $\mu\Omega$ . En el caso del patrón de tensión, durante los mismos años, su variación fue de -8  $\mu\text{V}$  y su anual de 0,4  $\mu\text{V}$ . Estas importantes cifras muestran que ambos patrones viajeros son altamente estables y muy adecuados para el objetivo que se lo ha destinado.

Descripción: calibraciones realizadas entre los años 1994 y 2014.

## Grupos patrones de referencia

### Ciclos de calibración y asignación de valores

El uso de una metodología común para la realización de los ciclos de calibración (comparación) y asignación de valores (intercomparación), no es la adecuada por las características particulares que presentan, los elementos integrantes de los grupos de referencia. En el caso del GPRW, se trata de elementos con un funcionamiento *activo*, pues son generadores de FEM

**Patrón viajero Resistor marca L&N, tipo Thomas N° 1883406 denominación LEM 6 -06-  
Depositados a 25°C (±0, 01°C)**

Instituto Nac. Metrología	Año	N° Certificado	Valor certif. $\Omega$	Incertid. ppm	Diferencia en $\mu\Omega$ en años ( <i>variación anual</i> )				País**
					1997-1994	2003-1997	2009-2003	2014-2009	
IEN	1994	29206.02	1,000 000 44	0,1					Italia
	1997	31038.01	1,000 000 79	0,1	0,35 (0,11)				
INTI	2003	6569	1,000 000 58	0,5		-0,21 (- 0,03)			Argentina
	2009	13075	1,000 000 48	0,2			-0,10 (0,02)		
	<b>2014</b>	<b>0102-00016831</b>	<b>1,000 000 62</b>	<b>0,2</b>				0,14 (0,03)	

**Patrón viajero de estado sólido de Tensión - Denominación LEM "F1" FLUKE 732B N° 6050011**

Instituto Nac. Metrología	Año	N° Certificado	Valor certif. V	Incertid. ppm	Diferencia en $\mu V$ en años ( <i>variación anual</i> )				País**
					1997-1994	2004-1997	2009-2004	2014-2009	
IEN	1994	29206.01	1,018 150 9	1					Italia
	1997	31038.02	1,018 147 6	1	-3,3 (-1,1)				
INTI	2004	7520	1,018 145 7	0,5		-1,9 (- 0,27)			Argentina
	2009	13072	1,018 143 8	0,2			-1,9 (-0,38)		
	<b>2014</b>	<b>FM-0102-00016831</b>	<b>1,018 142 2</b>	<b>0,2</b>				-1,6 (- 0,32)	

\*\*Trasladados personalmente

y por lo tanto su comparación debe ser básicamente mediante equilibrios entre ellos, mientras en el GPRR sus resistores presentan el tipo *pasivo*, y por lo tanto su comparación debe ser encarada a través de corrientes circulantes en medios que permitan obtener equilibrios. Este análisis conduce a implementar dos metodologías de medición distintas.

### 1. Grupo patrón de referencia Weston GPRW

Este grupo de referencia está integrado por 7 pilas patrones de sulfato de cadmio saturadas de alta estabilidad, representativo de la Unidad de FEM (tensión) *vol/LEM* dispuestas en un baño termoestabilizado a 28 °C (±0,001 °C), mantenidas permanentemente en el tiempo, y con diez pilas similares que actúan como elementos de reserva GPOW, denominadas *de observación* y cuya totalidad pueden ser conectadas a vo-

luntad entre sí, en la disposición oposición-serie, con dispositivos (puentes) de cobre. [2]

#### 1.1 Ciclos de calibración

En esta instancia se calibran los diecisiete elementos depositados en el citado medio.

El método de comparación utilizado consiste, en equilibrar la diferencia, de la tensión del patrón viajero y el de una pila patrón con la tensión de un potenciómetro de resistor constante, dispuesto éste también en el aludido baño, constituyendo básicamente el principio de medición de patrones de tensión.

A fin de reducir al máximo la incidencia de los efectos parásitos (termocuplas, contactos, etc.), principalmente por la acción de la corriente de compensación, la operatoria del potenciómetro recomienda establecer cuatro equilibrios mediante inversiones en

el detector de señal y en la corriente. El promedio de los cuatro valores de tensión obtenidos, suministra la diferencia de las tensiones de los respectivos patrones.

En consecuencia, la FEM de la pila patrón requerida, se obtiene del valor certificado del patrón viajero (Fluke "F<sub>1</sub>"), sumando o restándole dicha diferencia, conforme a la polaridad que correspondiere.

El mismo procedimiento es empleado para los restantes elementos.

Durante los nueve días consecutivos de medición y siguiendo la misma metodología, se repiten las diecisiete comparaciones versus el patrón viajero, obteniéndose las respectivas diferencias de tensión y luego los correspondientes valores certificados individuales. Se eligen siete patrones de la mayor estabilidad (menor desviación estándar, D E) entre los diecisiete patrones calibrados, que serán denominados de *referencia* que formaran el GPRW.

La media de los valores certificados de los integrantes del grupo patrón de referencia representa la unidad  $1,018\ 2\dots\text{volt}_{\text{LEM}}$  que será constante en el periodo considerado.

Dicho periodo, entre dos calibraciones, puede tener una duración aproximada entre tres a seis años.

## 1.2 Asignación de valores (valores asignados)

Durante el periodo correspondiente y a partir del primer año, en forma anual y hasta una nueva calibración, se intercompararán los siete elementos que integran el GPRW en un total de 21 (número combinatorio  $7(7-1)/2$ ) lecturas de diferencia de tensión ( $\Delta\bar{U}$ ), entre cada uno de pares de pilas permite, a través de la unidad  $1,018\ 2\dots\text{volt}_{\text{LEM}}$ , obtener el valor individual ( $E_i$ ) de cada uno de los elementos del grupo de referencia. Se utiliza el mismo procedimiento de las cuatro lecturas para obtener el promedio de la diferencia de tensión  $\Delta\bar{U}$ , en forma similar a lo indicado en 1.1.

Mediante la fórmula de medición aplicada a la pila N° 1 resulta

$$E_1 = 1,018\ 2\dots\text{V}_{\text{LEM}} - \frac{1}{7} \sum_{i=1}^6 \Delta\bar{U}_{i1}$$

Para el resto de los integrantes se utiliza el mismo procedimiento de evaluación, estas mediciones de intercomparación se realizan en los nueve días siguientes.

El valor asignado de cada una de las pilas patrones de referencia resulta a partir del promedio de los diez valores individuales medidos.

Se demuestra que la media de los siete valores asignados resulta igual a:  $1,018\ 2\dots\text{volt}_{\text{LEM}}$ .

## 2. Grupo patrón de referencia de resistencia GPRR

Está compuesto por siete resistores patrones marca L&N tipo *thomas* que conforman, el grupo patrón de referencia, representativo del  $ohm_{\text{LEM}}$  dispuesto en un baño termostático a  $25\ ^\circ\text{C}$  ( $\pm 0,01\ ^\circ\text{C}$ ) y numerado por su posición en la medición y los dos últimos de su serie, a saber: 1-91-, 2-38-, 3-81-, 4-92-, 5-14-, 6-06-patrón viajero-, 7-29-.

### 2.1 Ciclo de calibración

La metodología de sustitución utilizada, consiste en disponer del patrón viajero (06), el puente comparador de corrientes de Kusters (3)\* (Guildline) y de un resistor auxiliar  $R_T$  (Tara), de valor de  $1\ ohm$ , que debe ser estable durante las mediciones efectuadas, única condición requerida y de los resistores de referencia respectivos.

La relación del resistor viajero  $R_{06}$  y el resistor auxiliar  $R_T$  es decir ( $R_{06}/R_T$ ), suministra las décadas de medición  $D_{06}$  del puente comparador, que será tomada luego como referencia, para los respectivos cálculos, el puente dispone de siete décadas de medición.

Con posterioridad se obtendrá la relación del resistor de referencia generalizado  $R_i$  y el resistor Tara, es decir ( $R_i/R_T$ ) mediante las décadas de medición  $D_i$  en consecuencia operando con estas relaciones, se obtendrá el valor del resistor de referencia generalizado  $R_i$  previos equilibrios simultáneos magnéticos (AV) y de continua (tensión), realizados en el puente, es decir:

$$R_i = \frac{D_i}{D_{06}} R_{06}$$

En forma sucesiva se obtienen los seis resistores de referencia calibrados del GPRR.

A fin de reducir los efectos parásitos presentes en los equilibrios, el patrón de referencia  $R_T$  se lo obtiene mediante el promedio de seis lecturas sucesivas, tres mediciones por conexión y desconexión del aludido resistor y dos por inversión de la corriente respectiva.

Durante los nueve días siguientes se repiten las mediciones precedentes.

Por lo tanto, el promedio de los diez valores medidos, suministra el valor certificado de cada resistor de referencia; en consecuencia, la media de los siete valores respectivos incluido el correspondiente al del patrón viajero resulta el  $ohm_{LEM}$  que será constante durante el periodo considerado. La duración del periodo puede ser del orden entre tres a seis años.

## 2.2 Asignación de valores

Los ciclos de asignación de valores (valores asignados) se obtendrán a través de la intercomparación de los siete resistores de referencia. Los valores asignados resultan de las diferencias de los valores de los resistores en forma similar al anterior punto 1.2, pero con las modalidades impuestas por el Puente comparador. Las mediciones se efectúan en diez días corridos, el valor asignado de cada integrante del grupo, resulta del promedio de los valores medidos.

Por otro lado, la media de los siete valores asignados del grupo de referencia debe ser igual al  $ohm_{LEM}$ .

## 3. Mediciones realizadas en calibración y asignación de valores de los grupo patrones de referencia

A continuación se destacan en los siguientes cuadros de los valores medidos, en los ciclos de calibración y asignación de los GPRW y GPRR para los tres últimos periodos realizados y su valoración.

### 3.1 Mediciones realizadas en el GPRW

Periodo: años 2004 a 2008.

Ciclo de calibración: año 2004.

Se efectúa el ciclo N° 36 obteniéndose los diecisiete valores calibrados del conjunto de las pilas depositadas en el baño, como se observa en la tabla siguiente.

N° LEM	Marca	FEM V	D E ± ppm
1I	Muirhead	1,018 234 28	0,07
2I	Eppley	1,018 202 66	0,40
3I	Muirhead	1,018 256 29	0,25
4I	Muirhead	1,018 258 53	0,11
5I	PTB*	1,018 225 15	0,10
6I	PTB*	1,018 220 87	0,11
7I	PTB**	1,018 239 82	0,12
8I	PTB**	1,018 233 04	0,11
9I	PTB**	1,018 237 88	0,11
10I	Eppley	1,018 217 75	0,10
1D	Muirhead	1,018 233 13	0,07
2D	Eppley	1,018 206 28	0,11
3D	Eppley	1,018 202 86	0,36
4D	Eppley	1,018 203 91	0,34
5D	Muirhead	1,018 237 07	0,10
6D	PTB*	1,018 217 78	0,11
7D	Muirhead	1,018 259 38	0,15

\* Braunschweyg, \*\* Berlín

Se eligen las siete pilas de la mayor estabilidad (menor D E) constituyendo el grupo patrón de referencia Weston-GPRW-integrado por las pilas: 1 I, 4 I, 5 I, 7 I, 8 I, 9 I, 10 I. La media de los valores certificados representa la unidad de FEM 1, 018 235 21  $volt_{LEM}$  cuyos elementos resultan los mismos del periodo anterior, este valor se mantendrá constante hasta el próximo periodo, como se indica en la tabla siguiente.

Pila N° LEM	Ciclo 36 calibración Valor de la FEM 28 °C*	D E ± ppm
1I	1,018 234 28	0,07
4I	1,018 258 53	0,11
5I	1,018 225 15	0,10
7I	1,018 239 82	0,12
8I	1,018 233 04	0,11
9I	1,018 237 88	0,11
10I	1,018 217 75	0,10
Media $volt_{LEM}$	<b>1,018 235 21</b>	

### Asignación de valores

Los ciclos de intercomparación en el periodo resultan los siguientes.

Pila/Ciclo	37 (2005)	38 (06)	39 (07)	40 (08)
1I	1,018 234 50	1,018 235 22	1,018 235 66	1,018 235 10
4I	1,018 257 70	1,018 257 80	1,018 257 58	1,018 257 63
5I	1,018 224 82	1,018 224 87	1,018 224 65	1,018 224 97
7I	1,018 239 91	1,018 239 61	1,018 239 81	1,018 239 80
8I	1,018 233 34	1,018 233 21	1,018 233 26	1,018 233 60
9I	1,018 238 25	1,018 237 89	1,018 238 02	1,018 238 05
10I	1,018 217 94	1,018 217 87	1,018 217 50	1,018 217 32
Media $volt_{LEM}$	<b>1,018 235 21</b>	<b>1,018 235 21</b>	<b>1,018 235 21</b>	<b>1,018 235 21</b>

Periodo: años 2009 a 2013

Ciclo de calibración: año 2009

Se efectúa el ciclo N°41

Se obtienen los diecisiete valores de las pilas calibradas indicadas en la tabla siguiente.

N° LEM	Marca	FEM V	D E ± ppm
1I	Muirhead	1,018 231 77	0,69
2I	Eppley	1,018 203 20	0,41
3I	Muirhead	1,018 253 13	0,51
4I	Muirhead	1,018 249 16	0,25
5I	PTB*	1,018 223 58	0,17
6I	PTB*	1,018 217 04	0,36
7I	PTB**	1,018 238 18	0,29
8I	PTB**	1,018 232 12	0,27
9I	PTB**	1,018 236 16	0,24
10I	Eppley	1,018 216 83	0,19
1D	Muirhead	1,018 231 74	0,19
2D	Eppley	1,018 204 02	0,25
3D	Eppley	1,018 213 92	1,50
4D	Eppley	1,018 207 27	1,26
5D	Muirhead	1,018 234 22	0,31
6D	PTB*	1,018 214 69	0,18
7D	Muirhead	1,018 266 24	0,93

Se eligen las siete pilas más estables, que conforman el grupo patrón de referencia Weston -GPRW- similar al anterior grupo, la media representa la unidad de FEM:  $1,018\,232\,54\text{ volt}_{\text{LEM}}$  indicadas en la siguiente tabla.

Pila N° LEM	Ciclo 41 Calibración Valor de la FEM 28 °C*	D E ± ppm
1I	1,018 231 77	0,69
4I	1,018 249 16	0,25
5I	1,018 223 58	0,17
7I	1,018 238 18	0,29
8I	1,018 232 12	0,27
9I	1,018 236 16	0,24
10I	1,018 216 83	0,19
Media $\text{volt}_{\text{LEM}}$	<b>1,018 232 54</b>	

### Asignación de valores

Los ciclos de intercomparación se vieron alterados cuando se comenzó la realización del tercer ciclo (año 2012), surgieron dificultades en los equilibrios por lo que se efectuó el cambio de los patrones 4 I, 7 I, 9 I por los del grupo de observación 6I, 1D, 5D, recapturándose la unidad con los valores respectivos de las pilas incorporadas en  $1,018\,226\,76\text{ volt}_{\text{LEM}}$ , como se indica en las siguientes tablas.

Ciclo año Pila	42 (2010)	43 (2011)
1I	1,018 232 51	1,018 233 60
4I	1,018 255 20	1,018 254 52
5I	1,018 222 59	1,018 222 32
7I	1,018 237 02	1,018 236 75
8I	1,018 230 38	1,018 230 15
9I	1,018 234 85	1,018 234 77
10I	1,018 215 23	1,018 215 68
Media $\text{volt}_{\text{LEM}}$	<b>1,018 232 54</b>	<b>1,018 232 54</b>

Ciclo año Pila	44 (2012)	45 (2013)
1I	1,018 234 07	1,018 233 28
6I	1,018 218 68	1,018 219 41
5I	1,018 222 42	1,018 222 92
8I	1,018 232 06	1,018 231 74
10I	1,018 215 35	1,018 215 93
1D	1,018 230 06	1,018 230 23
5D	1,018 234 68	1,018 233 81
Media $\text{volt}_{\text{LEM}}$	<b>1,018 226 76</b>	<b>1,018 226 76</b>

Periodo año 2014

Ciclo de calibración N°46

En el siguiente cuadro se muestran los valores calibrados de las diecisiete pilas depositadas versus el patrón viajero Fluke 732B, de él se desprende que el patrón de referencia 1I (Muirhead) presenta una desviación estándar superior a las restantes integrantes del

grupo, por lo que se lo reemplaza por la pila de observación 7I (PTB), en consecuencia el GPRW queda integrado entonces por las pilas: 5I, 6I, 7I, 8I, 10I, 1D, 5D. La media resulta entonces, la unidad de FEM  $1,018\,223\,72$  que se considerará constante hasta una nueva calibración, necesaria para los ciclos de intercomparación futuros.

Es interesante destacar que si se compara esta media con la obtenida en el segundo periodo, cuando en el año 2012 se debió efectuar el cambio de tres patrones, se constata que la diferencia entre las medias del GPRW anterior respecto al actual resulta con una variación anual del orden del  $\mu\text{V}$ , cifra aceptable por las características de los patrones de FEM.

N° LEM	Marca	FEM V	D E ± ppm
1I	Muirhead	1,018 226 86	0,43
2I	Eppley	1,018 197 45	0,28
3I	Muirhead	1,018 251 91	0,21
4I	Muirhead	#	
5I	PTB*	1,018 219 47	0,14
6I	PTB*	1,018 216 17	0,15
7I	PTB**	1,018 233 06	0,08
8I	PTB**	1,018 226 83	0,14
9I	PTB**	1,018 231 08	0,18
10I	Eppley	1,018 213 01	0,21
1D	Muirhead	1,018 226 66	0,22
2D	Eppley	1,018 200 53	0,56
3D	Eppley	1,018 187 80	2,36
4D	Eppley	1,018 194 40	1,29
5D	Muirhead	1,018 230 82	0,28
6D	PTB*	1,018 212 58	0,19
7D	Muirhead	1,018 250 80	1,01

# Dificultad en el equilibrio

Se eligen las siete pilas con la menor desviación estándar para integrar el GPRW como se indica a continuación.

Pila N° LEM	Ciclo 46 Calibración Valor de la FEM 28 °C	D E ± ppm
5I	1,018 219 47	0,14
6I	1,018 216 17	0,15
7I	1,018 233 06	0,08
8I	1,018 226 83	0,14
10I	1,018 213 01	0,21
1D	1,018 226 66	0,22
5D	1,018 230 82	0,28
Media $\text{volt}_{\text{LEM}}$	<b>1,018 223 72</b>	

### 3.2 Mediciones efectuadas en el GPRR

Periodo: años 2003 a 2009

Ciclo de calibración: año 2003

Corresponde al ciclo N° 34 bis. Los valores calibrados versus el patrón viajero (06) del GPRR corresponden a los siguientes.

Resistor N° LEM (N° serie)	Valor Resistencia $\Omega$ , 25 °C	D E $\pm$ ppm
1 (91)	0,999 986 57	0,02
2 (38)	0,999 998 88	0,01
3 (81)	0,999 994 86	0,02
4 (92)	0,999 999 47	0,01
5 (14)	0,999 996 85	0,01
6*(06) Pv	1,000 000 58	---
7 (29)	0,999 997 91	0,02
Media, $ohm_{LEM}$	<b>0,999 996 45</b>	

### Valores asignados

Los ciclos de intercomparación corresponden a los siguientes.

Ciclo Resistor LEM	35 (2004)	36 (2005)	37 (2006)	38 (2007)	39 (2008)	40 (2009)
1	0,999 986 39	0,999 986 26	0,999 986 01	0,999 985 89	0,999 985 66	0,999 985 48
2	0,999 998 98	0,999 999 06	0,999 999 20	0,999 999 25	0,999 999 31	0,999 999 48
3	0,999 994 60	0,999 994 38	0,999 994 07	0,999 993 78	0,999 993 55	0,999 993 38
4	0,999 999 58	0,999 999 61	0,999 999 78	0,999 999 76	0,999 999 82	0,999 999 94
5	0,999 996 95	0,999 997 04	0,999 997 12	0,999 997 25	0,999 997 30	0,999 997 39
6	1,000 000 67	1,000 000 74	1,000 000 87	1,000 000 98	1,000 001 07	1,000 001 08
7	0,999 997 97	0,999 998 07	0,999 998 11	0,999 998 24	0,999 998 45	0,999 998 40
Media $ohm_{LEM}$	<b>0,999 996 45</b>	<b>0,999 996 45</b>	<b>0,999 996 45</b>	<b>0,999 996 45</b>	<b>0,999 996 45</b>	<b>0,999 996 45</b>

Periodo: 2009 a 2013

Ciclo de calibración: 2009

Corresponde al ciclo N° 40 bis. Los valores calibrados versus al patrón viajero (06) del GPRR corresponden a los siguientes.

Resistor N° LEM (N° serie)	Valor Resistencia $\Omega$ , 25 °C	D E $\pm$ ppm
1 (91)	0,999 984 88	0,05
2 (38)	0,999 998 88	0,05
3 (81)	0,999 992 78	0,06
4 (92)	0,999 999 34	0,04
5 (14)	0,999 996 79	0,02
6*(06) Pv	1,000 000 48	---
7 (29)	0,999 997 80	0,04

### Valores asignados

Los ciclos de intercomparación corresponden a los siguientes:

Ciclo Resistor N° LEM	41 (2010)	42 (2011)	43 (2012)	44 (2013)
1	0,999 984 68	0,999 984 54	0,999 984 16	0,999 984 05
2	0,999 999 00	0,999 998 96	0,999 999 12	0,999 999 21
3	0,999 992 49	0,999 992 33	0,999 991 88	0,999 991 74
4	0,999 999 39	0,999 999 45	0,999 999 56	0,999 999 63
5	0,999 996 90	0,999 997 00	0,999 997 16	0,999 997 20
6	1,000 000 59	1,000 000 71	1,000 000 91	1,000 000 90
7	0,999 997 89	0,999 997 97	0,999 998 16	0,999 998 21
Media $ohm_{LEM}$	<b>0,999 995 85</b>	<b>0,999 995 85</b>	<b>0,999 995 85</b>	<b>0,999 995 85</b>

Periodo: año 2014

Ciclo de calibración

En este ciclo de calibración N° 45 (2014), como es de práctica se efectúan las mediciones de los seis integrantes del GPRR versus el resistor patrón viajero (06) resultando los siguientes valores calibrados.

Resistor N° LEM (N° serie)	Valor Resistencia $\Omega$ 25 °C	D E $\pm$ ppm
1 (91)	0,999 983 54	0,05
2 (38)	0,999 998 92	0,06
3 (81)	0,999 991 23	0,05
4 (92)	0,999 999 32	0,03
5 (14)	0,999 996 98	0,03
6*(06) Pv	1,000 000 62	---
7 (29)	0,999 997 91	0,07
Media $ohm_{LEM}$	<b>0,999 995 50</b>	

La media 0,999 995 50  $ohm_{LEM}$  será tomada constante hasta la próxima calibración para los ciclos de intercomparación futuros.

### 4. Resumen de los ciclos de calibración

#### Grupo patrón de referencia Weston -GPRW-

Año	Ciclo	$volt_{LEM}$	$\Delta\mu volt$	$\Delta\mu volt/año$
2004	36	<b>1, 018 235 21</b>	---	---
2009	41	<b>1, 018 232 54</b>	-2,67	-0,53
2014#	46	<b>1, 018 223 72</b>	---	---

# En razón que los grupos de referencia no están constituidos por los mismos elementos no corresponde efectuar la comparación entre ellos.

#### Grupo patrón de referencia de resistencia GPRR

Año	Ciclo	$\Omega_{LEM}$	$\Delta\mu\Omega$	$\Delta\mu\Omega/año$
2003	34bis	<b>0, 999 996 45</b>	---	---
2009	40bis	<b>0, 999 995 85</b>	-0,60	-0,12
2014	45	<b>0, 999 995 50</b>	-0,35	-0,07

### Conclusiones

Como se puede observar en los cuadros precedentes, se deducen las siguientes importantes conclusiones.

Respecto al GPRW, este ha presentado en el transcurso del primer periodo (2004 -2009) una inestabilidad anual de -0,53  $\mu volt$ , mientras que en el segundo periodo (2009 a 2014) no corresponde establecer la inestabilidad anual en razón que los grupos patrones de referencia no están integrados por las mismas pilas en el periodo señalado.

En lo referente al GPRR, cuyas inestabilidades en ambos periodos (que comprenden en total once años), son del orden del centésimo del  $\mu\Omega$ , confirma lo que ya habíamos expresado en anteriores publicaciones, que el comportamiento de este grupo patrón de resistencia presenta características de altísima estabilidad, similares a los provenientes de entes nacionales de metrología ■

### Referencias

- [1] Ing. Carlos A. Pérez e Ing. Rafael J. Albarracín Valencia: "Actualización de las Unidades  $ohm$  y  $volt$  del LEM Nuevos Ciclos de Calibración", *Revista Electrotécnica* Marzo-Abril 2004.
- [2] Ing. Carlos A. Pérez: "Nueva Instalación del Patrón FEM - Evolución del  $volt$ -LEM", *Revista Electrotécnica*, Septiembre-October 1987, págs. 187-194. Anexo Control de Temperatura de Precisión Ing. Alberto Lazarte págs. 195 a 197.
- [3] Ing. Carlos A. Pérez: "Moderna técnica de medición de resistencia en el Laboratorio Eléctrico de Metrología (LEM) FI-UBA", *Revista Electrotécnica* págs. 63 a 68.