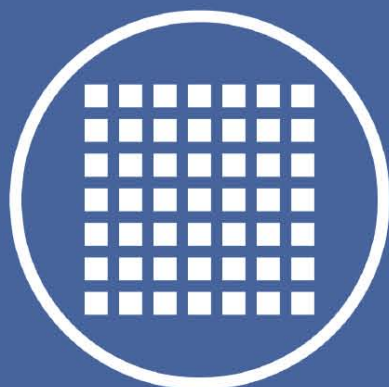


Instituto Nacional  
de Tecnología Industrial

Centro de Desarrollo e Investigación  
en Física y Metrología



INTI



Procedimiento específico: PEC18

## **ACTUALIZACIÓN DE LOS ARCHIVOS DE DATOS DE CALIBRACIÓN, DE MEDICIÓN y VERIFICACIÓN DE LOS PATRONES DEL LABORATORIO DE TERMÓMETROS INDUSTRIALES**

Revisión: Marzo 2015

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.

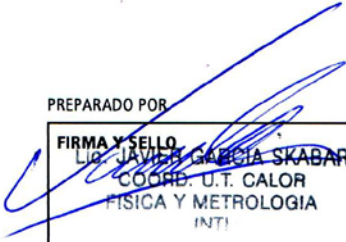
## PEC18 Lista de enmiendas: Marzo 2015

[illegible]

## PEC18 Índice: Marzo 2015

NOMBRE DEL CAPÍTULO	REVISIÓN
Índice	Marzo 2015
Actualización de los archivos de datos de calibración, de medición y verificación de los patrones del laboratorio de termómetros industriales.	Marzo 2015
Apéndice 1	Marzo 2015
Apéndice 2	Marzo 2015
Apéndice 3	Marzo 2015

PREPARADO POR



**FIRMA Y SELLO**  
LIC. JAVIER GARCIA SKABAR  
COORD. U.T. CALOR  
FISICA Y METROLOGIA  
INTI

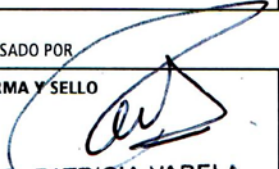
REVISADO POR

**FIRMA Y SELLO**

REVISADO POR


**FIRMA Y SELLO**

REVISADO POR

**FIRMA Y SELLO**

**ING. PATRICIA VARELA**  
COORD. CALIDAD Y ADMINISTRACION  
INTI - FISICA y METROLOGIA

APROBADO POR

**FIRMA Y SELLO**

**Ing. JUAN A. FORASTERI**  
DIRECTOR TECNICO  
INTI - FISICA Y METROLOGIA

PEC18: Marzo 2015

1. Objetivo

Establecer las acciones a ejecutar por el/los técnico/s que opera/n el sistema de calibración/medición de temperatura termómetros industriales y sus archivos ejecutables anexos, con el fin de actualizar los datos, tanto de los coeficientes de la calibración de los termómetros patrones utilizados, como del valor de la resistencia eléctrica en el punto triple del agua, como así también los datos de calibración de los resistores patrones utilizados en el sistema de medición y el estado de calibración de los termómetros de resistencia patrón.

2. Alcance

Se aplica al sistema de calibración/ medición del laboratorio de termómetros industriales.

3. Descripción del sistema de medición

El sistema de medición se muestra en la Fig.1. El mismo está compuesto por los siguientes elementos:

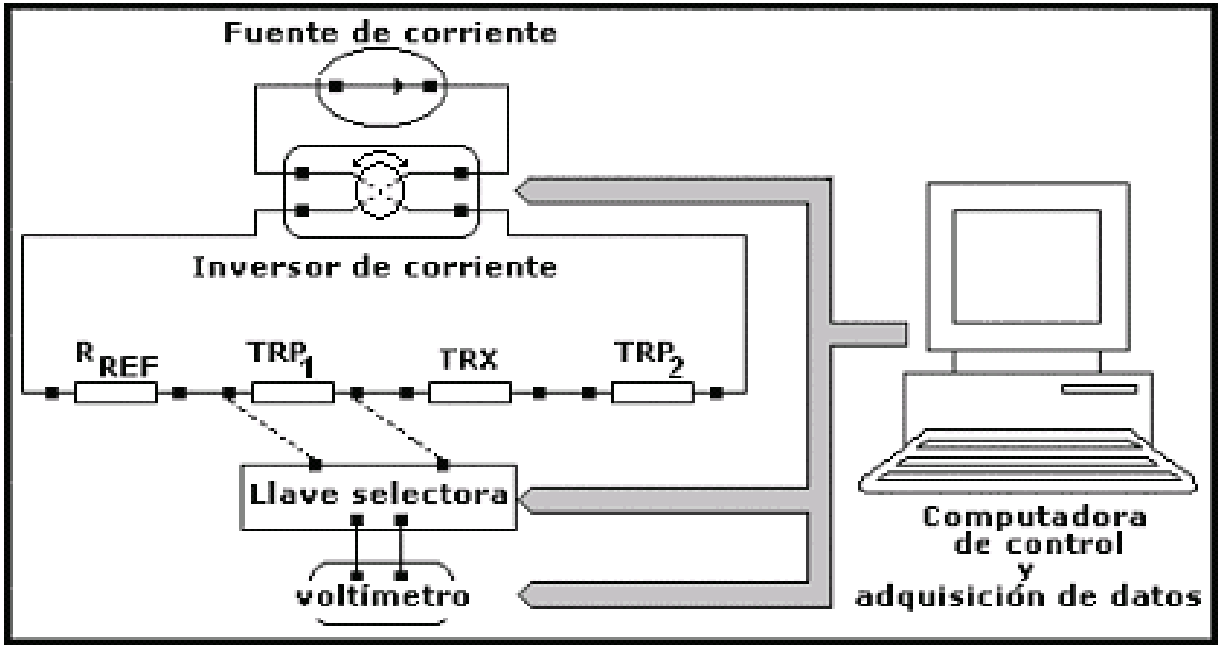


Fig. 1. Diagrama del sistema de medición

- 3.1. Voltímetro: mide las tensiones eléctricas correspondientes a las señales provistas por los elementos conectados a su entrada.
- 3.2. Termómetros patrones: termopares de Pt-Pt10%Rh y Pt-Au y termómetros de resistencia de platino patrón (SPRT`s).
- 3.3. Llave selectora automática (scanner): se utiliza para seleccionar el canal en el que se encuentra conectada la señal a medir y conectarla a la entrada del voltímetro.
- 3.4. Fuente de corriente continua de 1 mA. Provee la corriente eléctrica que circula por todos los elementos (termómetros y resistor de referencia) conectados al circuito de medición.
- 3.5. Llave de inversión: se utiliza para invertir el sentido de circulación de la corriente generada por la fuente. Medir invirtiendo la corriente permite minimizar el error sistemático generado debido a la presencia de fuerzas electromotrices (fems) parásitas.
- 3.6. Computadora tipo PC que ejecuta los programas de medición.
- 3.7. Programas de computadora que se utilizan para la medición: TCTR TV, CALITER.

PEC18: Marzo 2015

**3.8.** Archivos de datos: son distintos tipos de archivos de datos. Los archivos son de entrada y contienen la información correspondiente a los datos de calibración de los termómetros patrones y también son archivos de salida y contienen los resultados de medición.

**3.9.** Termohigrómetro denominado “industriales” u otro en estado de calibración vigente para la medición y verificación de las condiciones ambientales.

**3.10.** Resistores de Referencia del Laboratorio de Industriales:

- $R_{REF}$  100  $\Omega$ , ELT-50.
- $R_{REF}$  100  $\Omega$ , UP100-3.

**3.11.** Resistores de Referencia del Laboratorio de Puntos Fijos:

- $R_{REF}$  25  $\Omega$ , modelo 5649A, N/S: 225 193.
- $R_{REF}$  100  $\Omega$ , modelo 5649A, N/S: 225 752.

#### Archivos de datos de entrada:

- ITS-90.dat que contiene la información de los coeficientes de calibración, los valores de RTPW de los termómetros SPRT y los valores de resistencia eléctrica de los resistores de referencia.
- TCPAT.dat que contiene los coeficientes del polinomio de grado 2 de la corrección de la Fem de los termopares patrones.
- RangoTRP.dat: Estado actual de calibraciones según ITS90.dat.
- NombTRP.dat: Listado de todos los termómetros de resistencia de platino patrón (SPRT`s).

#### Archivos de datos de salida:

- “nombre del archivo”.ENT que contiene la información acerca de los termómetros bajo calibración, la de los patrones utilizados y la de los canales donde se encuentran conectados todos estos instrumentos.
- “nombre del archivo”.SAL que contiene todos los datos obtenidos de la medición.
- “nombre del archivo”.GRA que contiene el resumen de los resultados de la medición.

#### Accesorios:

Cables y borneras de conexión para los termómetros.

Cables de conexión de interfaces de comunicación (IEEE-488) entre la PC, el voltímetro y la llave selector automática (scanner).

## 4. Definiciones y abreviaturas

**4.1.** Coeficientes de calibración: son los coeficientes que se obtienen del certificado de calibración de los termómetros patrones de acuerdo con la ITS-90.

**4.2.** Punto triple del agua: es el estado de equilibrio térmico de un sistema en el que coexisten las tres fases del agua. Le corresponde la temperatura de 273,16 K ó 0,01 °C.

**4.3.** Punto del hielo: es el estado de equilibrio térmico de un sistema en el que coexisten las fases sólida y líquida del agua. Le corresponde la temperatura de 273, 15 K ó 0 °C.

**4.4.**  $R_{REF}$ : valor de la resistencia eléctrica de referencia.

**4.5.**  $R_0$ : valor de la resistencia eléctrica del sensor del termómetro correspondiente a la temperatura ( $t = 0$  °C) del punto del hielo.

**4.6.**  $R_{TPW}$ : valor de la resistencia eléctrica del sensor del termómetro correspondiente a la temperatura ( $t = 0,01$  °C) del punto triple del agua.

PEC18: Marzo 2015

## 5. Documentación de referencia

- 5.1. ITS-90, "International Temperature Scale of 1990", Metrologia, 27, 3-10, 1990.
- 5.2. IEC 751 (Amendment 2), "Industrial platinum resistance thermometers", 1995.
- 5.3. ASTM E1137-95, "Standard Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers".
- 5.4. OIML R 84 "Resistance-thermometer sensors made of platinum, copper or nickel (for industrial and commercial use)".
- 5.5. Traceable Temperatures, Nicholas J.V. White D.R., John Wiley & Sons, 1999.
- 5.6. Handbook of Temperature Measurement-Volume 2 "Resistance and Liquid-in-Glass Thermometry", Robin E. Bentley.
- 5.7. Realización del baño del "PUNTO DEL HIELO" según PEC01.

## 6. Instrumentos de referencia

- 6.1. Resistor de referencia de  $100\Omega$   $\Omega$  P00/3, Laboratorio de Industriales.
- 6.2. Resistor de Referencia de  $100\Omega$   $\Omega$ , EL50/10, Laboratorio de Industriales.
- 6.3. Baño de Hielo según procedimiento PEC01.
- 6.4. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP 07.
- 6.5. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP08.
- 6.6. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP 09.
- 6.7. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP10.
- 6.8. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP18.
- 6.9. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP19.
- 6.10. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP 24.
- 6.11. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP 29.
- 6.12. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP31.
- 6.13. Termómetro de Resistencia Eléctrica de Platino Patrón, TRP37.

## 7. Responsabilidades

### 7.1. Del Coordinador de la Unidad Técnica Calor

Supervisar la realización de este procedimiento. Verificar que se cumpla el mismo y revisar los resultados.

### 7.2. Del personal del laboratorio

1-La correcta medición de  $R_0$ , cálculos de  $R_{TPW}$ , completar el registro en la planilla APENDICE XX y su análisis posterior, así como su correcta carga en el archivo de datos ITS90.dat.

PEC18: Marzo 2015

2-La correcta carga de los coeficientes de calibración de cada termómetro patrón en el archivo de datos ITS90.dat previamente a dar de alta su uso en el laboratorio, luego de cada nueva calibración.

3-La correcta carga de los datos de calibración del resistor de referencia que se esté utilizando.

4-La correcta medición de los resistores patrones del laboratorio de puntos fijos utilizando el sistema de medición del laboratorio de termómetros industriales, su análisis posterior y completar el registro en la planilla APENDICE 2 ("medición del sistema de medición del laboratorio de termómetros industriales").

La correcta realización de las mediciones aplicando el presente procedimiento. Procesar los datos y emitir los registros correspondientes.

## 8. Condiciones Ambientales

**8.1.** Las condiciones ambientales del laboratorio deberán estar comprendida entre los  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  de temperatura y la humedad relativa ser menor que el 80 %, las cuales deberán registrarse en TCTRIV.

**8.2.** En el caso que las condiciones ambientales se encuentren fuera del rango establecido, se interrumpirá la medición hasta que las mismas se encuentren dentro de dicho rango.

## 9. Medición de $R_0$

La frecuencia de medición del  $R_0$  deberá ser mensual, a excepción de obtener resultados con un desvío mayor a lo establecido como "drift del  $R_0$ " ( $0,001\text{ m}\Omega$ ) y que obligue a realizar un monitoreo de mayor frecuencia y/o retirar de servicio ese termómetro de resistencia. Para ello el análisis posterior de los cálculos en la planilla "Historia Cálculos TRP´s  $R_0$  y Puntos triple.xls" es de fundamental importancia.

Para efectuar la medición de los  $R_0$  de cada termómetro de resistencia patrón se deberá:

**9.1.** Conectar cada uno de los termómetros de resistencia patrón en la bornera en canales independientes, identificando adecuadamente cada uno de ellos en el programa TCTRIV.

**9.2.** Colocar todos los termómetros de resistencia en un recipiente DEWAR, en el baño de hielo preparado según PEC 01.

## 10. Medición del Sistema de Medición

La medición del Sistema de Medición del Laboratorio de Termómetros Industriales se realiza para su control.

Para efectuar la medición del Sistema se deberá:

**10.1.** Medir con el programa TCTRIV los resistores patrones de  $100\text{ }\Omega$  y de  $425\text{ }\Omega$  del Laboratorio de Puntos Fijos, (ambos sumergidos en un baño cuya temperatura se mantiene a  $23,000 \pm 0,005\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

**10.2.** Conectar el resistor patrón del Laboratorio de Industriales de  $100\text{ }\Omega$  en estado de calibración vigente, al canal 1 en la bornera, cuyo valor, obtenido del certificado correspondiente, permite determinar la corriente de medición de aproximadamente 1mA.

**10.3.** Conectar los resistores patrones del Laboratorio de Puntos fijos en otros canales de la bornera que deberán identificarse en la configuración del TCTRIV.

**10.4.** Según la planilla, en apéndice 3, se compararán los valores del certificado de calibración de ambos resistores patrones del Laboratorio de Puntos Fijos con el valor obtenido mediante el sistema TCTRIV.

PEC18: Marzo 2015

11. Ejecutar el programa TCTRTV.

Para generar los archivos:

- “nombre del archivo”.ENT
- “nombre del archivo”.SAL
- “nombre del archivo”.GRA

12. Cálculo de  $R_{TPW}$

En el apéndice 1 se detallan los cálculos de la planilla que se menciona.

12.1. Abrir el archivo Excel de la planilla de cálculo denominado “Historia cálculos TRPS  $R_0$  y punto triple.xls”. Este archivo se encuentra en la carpeta “PATRONES” en Backup.

12.2. Del archivo “nombre de archivo”.GRA se obtendrán los resultados de las mediciones de  $R_0$ .

12.3. Se calcularán los valores promedios de  $R_0$  para cada SPRT.

12.4. Mediante el uso de dicha planilla de cálculo se obtienen, a partir de cada  $R_0$ , los valores de  $R_{TPW}$  de cada SPRT.

12.5. Se ingresan en “Historia cálculos TRPS  $R_0$  y punto triple.xls”, para cada TRP, los  $R_{TPW}$  en los datos de los gráficos para cada uno de ellos, para ver su evolución. Este archivo se encuentra en la carpeta “PATRONES” en Backup.

13. Carga de datos.

13.1. Carga de los valores de RTPW en archivo de evolución.

- En el archivo “Historia cálculos TRPS  $R_0$  y punto triple.xls”, ingresar para cada SPRT en cada hoja de cálculo su respectivo y nuevo valor de  $R_{TPW}$  para analizar su evolución.

13.2. Carga de los valores de RTPW en el archivo ITS-90.dat

- Editar el archivo ITS-90.dat
- Buscar la primera línea de 80 guiones del correspondiente STRP.
- Mover la fila de datos de calibración que figuran por debajo, por encima de dicha línea.
- Ingresar los datos nuevos en una fila debajo de la línea de 80 guiones.
- Los nuevos datos contienen los valores de  $R_{TPW}$ , la fecha, el nombre del personal técnico que carga los datos, la identificación del sistema de medición y del resistor patrón utilizado en la medición y cualquier otra información pertinente.

Ejemplo:

25.563930, 25.562910, 1mA, ELT-50, TCTR TV, 07/06/2012 MV PAT JUAN  
25.563840, hielo, 1mA, ELT-50, TCTR TV, 13/07/2012 MVS MGL

TRP9\_\_\_Resistencia en el punto Triple

25.564020, hielo, 1mA, ELT-50, TCTR TV, 14/08/2012 MVS MGL



PEC18: Marzo 2015

Una vez finalizada la carga de datos en ITS90.dat, actualizar este archivo en Backup en Calor, en la carpeta Programas Stuart Little, en Bi\_Dat\_SI, se deberá encontrar la última versión modificada de ITS90.dat.

### 13.3. Carga de los coeficientes de calibración de los termómetros de resistencia patrón

▪ Luego de que los termómetros de resistencia patrón (SPRT's) hayan sido nuevamente calibrados y previo a su habilitación para medir en el Laboratorio de Termómetros Industriales, se deberán cargar los nuevos coeficientes de calibración en el archivo ITS-90.dat.

Para ello se procederá como se indica a continuación

- Editar el archivo ITS-90.dat.
- Buscar para cada TRP el subRango en el cual fue calibrado.
- Buscar la línea de 80 guiones.
- Mover la fila de datos de calibración que figuran por debajo, por encima de dicha línea.
- Ingresar los datos nuevos en una fila debajo de la línea de 80 guiones.
- Los nuevos datos contienen los coeficientes de calibración del SPRT en el respectivo sub-rango.
- Ejemplo:

```
TRP7___SubRango 8: (0°C, PS Sn)
Puntos de calibración: P3 Agua, PS In y PS Sn
Parámetros: a, b, fecha última calibración
Ecuación (14)
-0.0000870# -0.0000129# 09/VIII/95 (001/08/1995)
-0.0000738751109# -0.00000800696665# XI/01
-0.00008726249# -0.00001264826# X/04
-----
-0.0001179495# -0.0000051145748# IV/08
```

### 13.4. Carga de los coeficientes de calibración de los termopares patrones.

- Editar el archivo TCPAT.dat.
- Buscar para cada termopar patrón la línea de 80 guiones.
- Mover la fila de datos de calibración que figuran por debajo, por encima de dicha línea.
- Copiar los datos por encima de ésta misma de la última calibración.
- Ingresar los datos nuevos en una fila debajo de la línea de 80 guiones.

#### Ejemplo:

Se trajo la última versión de la NIST y se actualizó el Número de TCs disponibles (se agregaron ceros para las TCs B TC\_Refer, Pt/Au Ref. y Pt/Pd Ref.) 17/V/2011  
 S1PTB83 - S2PTB83 - S3PTB83 - S1CEFIS00 - S2CEFIS00 - S1INTI92 - B1INTI99 -  
 STTPF87 - STAUX87 - STAUX86 (70) - STAUX86 (30) - S TC\_Refer - B TC\_Refer -  
 Pt/Au Ref. - Pt/Pd Ref. - SELECTRO09 - Pt/AuELE09

```
0.00000000D+00 -3.32807732D-04 2.13170200D-07 -2.07175498D-11 0.00000000D+00
0.00000000D+00 1.66755223D-04 5.20864512D-08 -9.96831581D-12 0.00000000D+00
0.00000000D+00 9.17249908D-04 -2.22633366D-07 8.62497119D-12 0.00000000D+00
0. 2.53897385D-03 -1.74004089D-07 0. 0.
0. 5.41465134D-03 -3.46484544D-07 0. 0.
0. 4.94006099D-03 -2.15385662D-07 0. 0.
0. 0. 0. 0. 0.
```

PEC18: Marzo 2015

```

0.      5.00069191D-03 -2.44816947D-07 3.02820853D-11 -1.77578242D-15
0.      6.22151059D-03 -2.87150810D-07 3.99828183D-12 2.97952660D-16
0.      2.83109199D-03 2.41532082D-07 -7.04980233D-12 0.
0.      4.18858887D-03 3.11692018D-07 -2.57246502D-11 5.23801571D-16
0.      0.      0.      0.      0.
0.      0.      0.      0.      0.
0.      0.      0.      0.      0.
0.      0.      0.      0.      0.
0.      1.10387534D-03 -2.13012892D-07 0.      0.
0.      9.25012868D-04 -1.33057519D-08 0.      0.

```

Vector X0

0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0. 0.

Vector Xd

1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1.

**13.5. Carga de los valores de resistencia eléctrica del resistor patrón de referencia.**

Abrir la carpeta Stuart Little y luego la carpeta BI\_DAT\_SL

- Editar el archivo ITS90.dat.
- Buscar la referencia " .....RS#() " (resistor estándar)
- Buscar la línea de 80 guiones.
- Mover la fila de datos de calibración que figuran por debajo por encima de dicha línea, encima de la referencia:
 

```

1ohm pf  2.5ohm pf 10ohm pf 25ohm pf 100ohm pf  ***no borrar***
500ohm pf 0#pf  0#pf  0#pf  0#pf  ***no borrar***
0#ind  0#ind  0#ind  up100-3ind ELT50-100ind  ***no borrar***

```
- Copiar los datos por encima de ésta misma de la última calibración.
- Para ingresar los datos nuevos tener en cuenta que los primeros 10 lugares corresponden a los resistores patrones del laboratorio de puntos fijos, luego tres lugares vacíos corresponden al laboratorio de termómetros industriales, el valor que debe actualizarse corresponderá según de que  $R_{REF}$  se trate, el up100 ó el ELT50-100-3, es decir el del 4º ó 5º lugar que corresponderá al resistor patrón en estado de calibración conectado en el canal 1 de la bornera del sistema de medición.
- Referir los datos del  $R_{REF}$  al certificado de calibración, así como el  $R_{REF}$  que se conecta y la fecha de ingreso de datos.

Ejemplo:

```

0.9999929 2.500081 9.99992 24.99961 100.00005 500.0581 0# 0# 0# 0#
0.00000# 0.00000# 0.00000# 100.0060# 100.0058# (OTI Electricidad 213/12 08/12 UP-100) se detecto mal cargado
el 9/8/13

```

```

1ohm pf  2.5ohm pf 10ohm pf 25ohm pf 100ohm pf  ***no borrar***
500ohm pf 0#pf  0#pf  0#pf  0#pf  ***no borrar***
0#ind  0#ind  0#ind  up100-3ind ELT50-100ind  ***no borrar***

```

```

-----
0.9999929 2.500081 9.99992 24.99961 100.00005
500.0581 0# 0# 0# 0#
0.00000# 0.00000# 0.00000# 100.0058# 99.99487# (OTI Electricidad 226/13 06/13 EL-T50 y vemos mal cargado el
up100 la vez anterior9/8/13 MGL)

```

**14. Registros de la calidad**

Se conservan registros manuscritos, si los hubiere, los archivos medición del sistema en Backup, en la carpeta de "Patrones- Historia del Hielo" y la planilla correspondiente a la medición mensual de cada TRP en el archivador de equipos en . La carga de todos los datos descriptos debe ser verificada por el

PEC18: Marzo 2015

personal que la realiza y por otra persona que deje constancia en la ficha técnica de equipos, para el caso de los coeficientes, de la correcta carga de los mismos.

La evolución de los  $R_{TPW}$  debe ser evaluada por el coordinador de la UT y se deben guardar los registros de la planilla de cálculo, con su análisis y traspaso de datos verificado.

## 15. Apéndices y anexos

| APÉNDICE N° | TÍTULO  |
|-------------|---|
| 1           | Planilla de Cálculos de $R_0$ y $R_{TPW}$ .   |
| 2           | Medición del Sistema y cálculos de apartamiento respecto a la calibración del RREF                          |
| 3           | Verificación de la carga de coeficientes de calibración del Sistema de Medición Laboratorio de Industriales |

## PEC18 Apéndice 1: Marzo 2015

Planilla de Cálculos de  $R_0$  y  $R_{TPW}$ 

|   |             |          |            |                            |            |            |            |                    |  |
|---|-------------|----------|------------|----------------------------|------------|------------|------------|--------------------|--|
| Valores medidos en TRP's patrones el día:   |             |          |            | Rref=ELT-50<br>Tamb = 23,5 |            | HR = 49    |            | Divisor 0,99996011 |  |
| R0 medido [Ω]   | TRP7        | TRP8     | TRP9       | TRP19                      | TRP24      | TRP29      | TRP31      | TRP37              |  |
|   | 25,5278     | 25,5622  | 25,5628    | 25,5333                    | 25,01560   | 99,99370   | 25,51630   | 25,48890           |  |
|   | 25,5277     | 25,5621  | 25,5629    | 25,5330                    | 25,01560   | 99,99340   | 25,51640   | 25,48900           |  |
|   | 25,5277     | 25,5621  | 25,5628    | 25,5332                    | 25,01560   | 99,99360   | 25,51630   | 25,48890           |  |
|   | 25,5278     | 25,5622  | 25,5630    | 25,5331                    | 25,01560   | 99,99380   | 25,51630   | 25,48910           |  |
| Promedio R0 [Ω]   | TRP7        | TRP8     | TRP9       | TRP19                      | TRP24      | TRP29      | TRP31      | TRP37              |  |
|   | 25,52775    | 25,56215 | 25,56288   | 25,53315                   | 25,01560   | 99,99363   | 25,51633   | 25,48898           |  |
|   |             |          |            |                            |            |            |            |                    |  |
| RTPW [Ω]  | TRP7        | TRP8     | TRP9       | TRP19                      | TRP24      | TRP29      | TRP31      | TRP37              |  |
|   | 25,52876834 | 25,56317 | 25,5638947 | 25,5341686                 | 25,0165979 | 99,9976139 | 25,5173429 | 25,48999180        |  |
| ΔR[mK] respecto al RTPW medido anterior   | 0,5         | 1,3      | 0,7        | 1,9                        | 0,4        | 2,3        | 1,0        | 1,7                |  |
| Como se propaga esta diferencia en el PTA, al punto de mayor temperatura del rango [mK] | 1           | 3        | 3          | 8                          | 1          | 2          | 1          | 2                  |  |
| Wref:0 (Wref)   | 1,89280     | 1,89280  | 3,37601    | 3,37601                    | 1,35403    | 0,99996    | 0,99996    | 1,35403            |  |
| Wref:1 (dW/dT)  | 0,00371     | 0,00371  | 0,00320    | 0,00320                    | 0,00388    | 0,00399    | 0,00399    | 0,00388            |  |
| RTPW [Ω] última calibración   | 25,52824    | 25,56246 | 25,56274   | 25,53236                   | 25,01603   | 99,99516   | 25,516861  | 25,489741          |  |
| ΔR [mK] respecto al RTPW última calibración   | -5          | -7       | -11        | -18                        | -6         | -6         | -5         | -2                 |  |
| Valores cargados en BIDAT/ ITS90.dat:   |             |          |            | 07/01/2014                 |            |            |            |                    |  |

## 1 Cálculo del valor del Divisor

A partir de la ecuación de Callendar Van Dusen se obtiene el cociente  $R_0/R_{TPW}$ :

$$R(t) = R_0 \left( 1 + \alpha \cdot t + \beta \cdot t^2 \right)$$

Dónde:

$$\alpha = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\beta = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$R(0,01^\circ\text{C}) = R_0 \left( 1 + \alpha \cdot 0,01^\circ\text{C} + \beta \cdot (0,01^\circ\text{C})^2 \right) = R_{TPW}$$

$$\frac{R_0}{R_{TPW}} = \frac{1}{1 + \alpha \cdot 0,01^\circ\text{C} + \beta \cdot (0,01^\circ\text{C})^2} = \frac{1}{1 + 3,9083 \cdot 10^{-3} \cdot (0,01^\circ\text{C}) + -5,775 \cdot 10^{-7} \cdot (0,01^\circ\text{C})^2} \approx 0,99996010$$

$$R_{TPW} = 1,0000399 \cdot R_0$$

A partir de la ecuación de ITS90 para convertir  $R_0$  a  $R_{tpw}$

$$W_0 - W_{r_0} = a(W_0 - 1) + b(W_0 - 1)^2$$

Tanto  $\alpha$  y  $\beta$ , se pueden obtener de los correspondientes certificados de calibración de cada TRP.

$$W = \frac{R}{R_{TPW}} \quad W_0 = \frac{R_0}{R_{TPW}}$$

El  $W(0)$  se puede aproximar por  $W_r(0) = 0,99996010$ .

Para conocer la variación en temperatura como resultado de la variación de la evolución del RTPW se puede calcular:

## PEC18 Apéndice 1: Marzo 2015

- A partir de la ecuación de Callendar Van Dusen se obtiene el factor

$$R(t) = R_0 \cdot (1 + \alpha t + \beta t^2)$$

Dónde:

$$\alpha = 3.9083 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\beta = -5.775 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

$$R_{(0,01^\circ\text{C})} = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot 0,01^\circ\text{C} + \beta \cdot (0,01^\circ\text{C})^2)$$

$$\frac{R_0}{R(0,01^\circ\text{C})} = \frac{1}{1 + \alpha \cdot 0,01^\circ\text{C} + \beta \cdot (0,01^\circ\text{C})^2} = \frac{1}{1 + 3.9083 \cdot 10^{-3} \cdot (0,01^\circ\text{C}) + -5.775 \cdot 10^{-7} \cdot (0,01^\circ\text{C})^2} \approx 0,99996010$$

$$R_{(0,01)} = \frac{R_{(0)}}{0.99996010}$$

- Utilizando la versión ITS 90

$$\Delta W = \frac{R_{\text{TPW actual}} - R_{\text{TPW anterior}}}{R_{\text{TPW actual}}}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta W}{\frac{dW}{dt}} \approx \frac{\Delta W}{\frac{dW_r}{dt}}$$

$$\left. \frac{\Delta W}{\frac{dW_r}{dt}} \right|_{t=0,01^\circ\text{C}} = \frac{\Delta W}{0.000004 \left[ \frac{1}{\text{mK}} \right]}$$

Se deberán cargar, para cada TRP, los RTPW en los gráficos para ver su evolución temporal.

## 2 Cálculo del Promedio de valor de R0:

Los valores medidos de resistencia eléctrica en el baño de hielo para cada TRP se obtienen del archivo de medición.GRA, estos valores se promedian para cada TRP.

## 3 Cálculo del valor de RTPW ó R (0,01 °C):

$$R_{(0,01)} = \frac{R_{(0)}}{0.99996010}$$

## 4 Cálculo del valor de ΔRTPW respecto al RTPW anterior:

$$\Delta R_{\text{TPW}} [\text{mK}] = \frac{(R_{\text{TPWactual}} [\Omega] - R_{\text{TPWanterior}} [\Omega])}{\frac{R_{\text{TPWactual}} [\Omega]}{0,000004 \frac{[\Omega]}{\text{mK}}}}$$

## PEC18 Apéndice 2: Marzo 2015

**Medición del Sistema y cálculos de apartamiento respecto a la calibración del  $R_{pp}$** Ejemplo:

Rango del HP34420A: R1  
 Elementos a calibrar: TR  
 Número de barridas: 3  
 Índice de la Rref: 5 Rref: 100.0000  $\Omega$   
 Canales a donde están conectados los patrones: 1  
 Nombres de los patrones: TRP7 (Rango 8)  
 Número de elementos a medir: 3

| IDENTIFICACION | CANAL | UNIDAD   |                                       |
|----------------|-------|----------|---------------------------------------|
| Rref 100.00004 | 1     | $\Omega$ | PATRON 100 $\Omega$ LAB. Industriales |
| RREF25         | 7     | $\Omega$ | PATRON 25 $\Omega$ LAB. Puntos Fijos  |
| RREF100        | 6     | $\Omega$ | PATRON 100 $\Omega$ LAB. Puntos Fijos |

Técnicos: PG MVS

Fecha 06-07-2012 hora 11:26:17

Valores medidos en mV

Rref (ELT-50) RREF25 RREF100  
 100.18700 25.04605 100.18290  
 -100.18152 -25.04512 -100.17658  
 -100.18167 -25.04459 -100.17613  
 100.18990 25.04698 100.18392  
 100.18856 25.04667 100.18400  
 -100.18256 -25.04524 -100.17676

Valores calculados a partir de las mediciones con corriente + y -, en  $\Omega$  para las TRs

Rref (ELT-50) RREF25 RREF100  
 100.18426 24.99953 99.99554  
 100.18578 24.99936 99.99430  
 100.18556 24.99958 99.99488

Tensión promedio y dispersión estándar en mV para la Rp

Resistencias promedio y  $\delta$ 's en  $\Omega$  calculadas a partir de las mediciones con corr + y corr

100.18520 24.99949 99.99491  
 0.00082 0.00012 0.00062

<Fem (RRef)>= (100.18520  $\pm$  0.00082) mV  
 Corriente (Fem (RRef)/ RRef)= 1.001852 mA

T (TRP7 ) = ( -5.1851  $\pm$  0.0011) °C

TBaño= -5.1851 °C

$\delta$ TBaño =  $\pm$  0.0011 °C

Homogeneidad espacial de TBaño= 0.0000 °C

\*\*\*\*\*

Fecha 06-07-2012 hora 11:35:57

## PEC18 Apéndice 2: Marzo 2015

## Valores medidos en mV

| Rref 100.  | TRP7      | elt-50     |
|------------|-----------|------------|
| 100.18713  | 25.04680  | 100.18341  |
| -100.18261 | -25.04495 | -100.17594 |
| -100.18271 | -25.04476 | -100.17692 |
| 100.19073  | 25.04739  | 100.18559  |
| 100.19010  | 25.04708  | 100.18554  |
| -100.18348 | -25.04536 | -100.17740 |

Valores calculados a partir de las mediciones con corriente + y -, en  $\Omega$  para las TRs

| Rref 100. | TRP7     | elt-50   |
|-----------|----------|----------|
| 100.18487 | 24.99967 | 99.99487 |
| 100.18671 | 24.99941 | 99.99460 |
| 100.18679 | 24.99954 | 99.99474 |

## Tensión promedio y dispersión estándar en mV para la Rp

Resistencias promedio y  $\delta$ 's en  $\Omega$  calculadas a partir de las mediciones con corr + y corr -

|           |          |          |
|-----------|----------|----------|
| 100.18612 | 24.99954 | 99.99474 |
| 0.00109   | 0.00013  | 0.00013  |

<Fem (RRef)>= (100.18612  $\pm$  0.00109)mV

Corriente (Fem (RRef)/ RRef)= 1.001861 mA

T (TRP7 ) = ( -5.1846  $\pm$  0.0013)°C

TBaño= -5.1846 °C

 $\delta$ TBaño=  $\pm$  0.0013 °C

Homogeneidad espacial de TBaño= 0.0000 °C

\*\*\*\*\*

Fecha 06-07-2012 hora 11:42:46

## Valores medidos en mV

| Rref 100.  | TRP7      | elt-50     |
|------------|-----------|------------|
| 100.18892  | 25.04728  | 100.18526  |
| -100.18138 | -25.04470 | -100.17615 |
| -100.18184 | -25.04440 | -100.17569 |
| 100.19039  | 25.04735  | 100.18560  |
| 100.18930  | 25.04687  | 100.18486  |
| -100.18275 | -25.04523 | -100.17748 |

Valores calculados a partir de las mediciones con corriente + y -, en  $\Omega$  para las TRs

| Rref 100. | TRP7     | elt-50   |
|-----------|----------|----------|
| 100.18515 | 24.99972 | 99.99561 |
| 100.18611 | 24.99936 | 99.99459 |
| 100.18603 | 24.99956 | 99.99521 |

Tensión promedio y dispersión estándar en mV para la Rp Resistencias promedio y  $\delta$ 's en  $\Omega$  calculadas a partir de las mediciones con corr + y corr -

|           |          |          |
|-----------|----------|----------|
| 100.18576 | 24.99955 | 99.99514 |
| 0.00053   | 0.00018  | 0.00051  |

<Fem (RRef)>= (100.18576  $\pm$  0.00053)mV

Corriente (Fem (RRef)/ RRef)= 1.001857 mA

T (TRP7 ) = ( -5.1845  $\pm$  0.0017)°C

PEC18 Apéndice 2: Marzo 2015

TBaño= -5.1845 °C  
δTBaño= ñ 0.0017 °C  
Homogeneidad espacial de TBaño= 0.0000 °C

\*\*\*\*\*

Fecha 06-08-2012    hora 17:56:12

Valores medidos en mV

| Rref       | 100.      | TRP7       | elt-50 |
|------------|-----------|------------|--------|
| 100.18404  | 25.04512  | 100.17943  |        |
| -100.18525 | -25.04616 | -100.18023 |        |
| -100.18461 | -25.04565 | -100.17985 |        |
| 100.18500  | 25.04573  | 100.17854  |        |
| 100.18483  | 25.04556  | 100.17927  |        |
| -100.18592 | -25.04590 | -100.17894 |        |

Valores calculados a partir de las mediciones con corriente + y -, en ê para las TRs

| Rref      | 100.     | TRP7     | elt-50 |
|-----------|----------|----------|--------|
| 100.18465 | 24.99949 | 99.99525 |        |
| 100.18481 | 24.99950 | 99.99445 |        |
| 100.18537 | 24.99940 | 99.99379 |        |

Tensión promedio y dispersión estándar en mV para la Rp  
Resistencias promedio y δ's en Ω calculadas a partir de las mediciones con corr + y corr -  
100.18494    24.99947    99.99449  
0.00038    0.00006    0.00073

<Fem (RRef)>= (100.18494 ñ 0.00038) mV  
Corriente (Fem (RRef)/ RRef)= 1.001849 mA

T (TRP7 ) = ( -5.1857 ñ 0.0005) °C

TBaño= -5.1857 °C  
δTBaño= ñ 0.0005 °C  
Homogeneidad espacial de TBaño= 0.0000 °C

\*\*\*\*\*

Fecha 06-08-2012    hora 18:03:26

Valores medidos en mV

| Rref       | 100.      | TRP7       | elt-50 |
|------------|-----------|------------|--------|
| 100.18448  | 25.04558  | 100.17996  |        |
| -100.18454 | -25.04583 | -100.17968 |        |
| -100.18394 | -25.04530 | -100.17959 |        |
| 100.18480  | 25.04571  | 100.17859  |        |
| 100.18405  | 25.04542  | 100.17834  |        |
| -100.18409 | -25.04562 | -100.17829 |        |

Valores calculados a partir de las mediciones con corriente + y -, en ê para las TRs

| Rref      | 100.     | TRP7     | elt-50 |
|-----------|----------|----------|--------|
| 100.18451 | 24.99959 | 99.99537 |        |
| 100.18437 | 24.99943 | 99.99478 |        |
| 100.18407 | 24.99951 | 99.99430 |        |

Tensión promedio y dispersión estándar en mV para la Rp Resistencias promedio y δ's en Ω calculadas a partir de las mediciones con corr + y corr -



## PEC18 Apéndice 2: Marzo 2015

100.18432 24.99951 99.99482  
0.00023 0.00008 0.00053

<Fem (RRef)>= (100.18432 ñ 0.00023) mV  
Corriente (Fem (RRef)/ RRef)= 1.001843 mA

T (TRP7 ) = ( -5.1852 ñ 0.0008) °C

TBaño= -5.1852 °C

δTBaño= ñ 0.0008 °C

Homogeneidad espacial de TBaño= 0.0000 °C

**Planilla de cálculo**

Abrir el archivo Excel de la planilla de cálculo denominado “medición R REF.xls”. Este archivo se encuentra en la carpeta “PATRONES” en otra carpeta “Control de Resistencias Patrones” en Backup.

## 1. Cargar los valores medidos

| Con ELT-50 canales 1-6-7 |  | HP34420 OTI N° 196/12 |            | Se observan dif. de ~ 10ppm, al comparar los valores obtenidos con TCTRTV, usando el Rp = 100 W de PF como Rref. Esta dif concuerda con las difs históricas obtenidas por Ariel entre 5/2007 y 5/2010 (no teniendo en cuenta los valores de ~ 40 ppm, que se produjeron en 11/2008). |
|--------------------------|--|-----------------------|------------|--|
| valores medidos          | Condiciones Ambientales                              | ΔR [ppm]              | Fecha      |  |
|                          | Temperatura <input type="checkbox"/> 22,5 °C 50 % hr |                       |            |  |
| 99,99491                 | Valor <input type="text" value="99,99554"/>          | -6,4                  | 07/06/2012 |  |
| 99,99474                 | calibración  | -8,1                  | 07/06/2012 |  |
| 99,99514                 |  | -4,1                  | 07/06/2012 |  |
| 99,99449                 |  | -10,6                 | 07/06/2012 |  |
| 99,99482                 |  | -7,3                  | 07/06/2012 |  |
| <b>99,99482</b>          |  | <b>-7,3</b>           |            |  |

Se obtuvieron diferencias promedios para el resistor ELT-50 del orden de 7 ppm aprox. si se lo compara con el valor dado por UT Electricidad en el certificado de enero 2012 OTI 196/12.

## PEC18 Apéndice 3: Marzo 2015

**Verificación de la carga de coeficientes de calibración del Sistema de Medición Laboratorio de Industriales**

| Patrón  | PCC / OTI<br>Nº | Carga de datos en ITS90.dat |       | Verificación |       |
|---|-----------------|-----------------------------|-------|--------------|-------|
|   |                 | Fecha                       | Firma | Fecha        | Firma |
| Resistor de<br>referencia de 100 ?<br>? UP-100/3  |                 |                             |       |              |       |
| Resistor de<br>Referencia de 100<br>? ?, ELT50/10 |                 |                             |       |              |       |
| TRP 07.   |                 |                             |       |              |       |
| TRP08.  |                 |                             |       |              |       |
| TRP 09.   |                 |                             |       |              |       |
| TRP10.  |                 |                             |       |              |       |
| TRP18.  |                 |                             |       |              |       |
| TRP19.  |                 |                             |       |              |       |
| TRP 24.   |                 |                             |       |              |       |
| TRP 29.   |                 |                             |       |              |       |
| TRP31.  |                 |                             |       |              |       |
| TRP37.  |                 |                             |       |              |       |