



RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES NACIONALES
MAGNITUD TEMPERATURA AMBIENTAL
INFORME A

COMPARACIÓN NACIONAL

TAs-22
(Participantes con sales higroscópicas)

CALIBRACIONES DE UN TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL

Rango de medición: 10 °C a 45 °C.

Medio de Generación: Sales higroscópicas.

Marzo 2022 – julio 2022

ENSAYO DE APTITUD – TEMPERATURA AMBIENTAL

Marcial Espinoza. Antonio Monsalve. Manuel Sepúlveda Fernandoy
Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-HUMEDAD RELATIVA), Chile.
Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera N° 11087.
Teléfonos 56 (2) 2383 2082, 56 (2) 2383 1966,
E-mails marcial.espinoza@enaer.cl antonio.monsalve@enaer.cl manuel.sepulveda@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales - Humedad Relativa de ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneciente a la Red Nacional de Metrología realizan el Ensayo de Aptitud 2022. Para ello se ha elegido un instrumento que permite cubrir un rango que pueda ser calibrado por la mayoría de los laboratorios acreditados por el INN en la magnitud temperatura ambiental y otros laboratorios de calibración no-acreditados, las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de inicio del ensayo H-22. La comparación se llevó a cabo desde marzo de 2022 a junio de 2022. Para la comparación se utilizó como patrón de comparación un termohigrómetro digital, el alcance de medición es de -10 °C a 70 °C, clase de exactitud del $\pm 0,5$ °C y una resolución de 0,1 °C. El instrumento fue facilitado por el LCPNR-Humedad de ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN y de la Red de Metrología de Chile.

INTRODUCCION

La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los laboratorios de Metrología, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una diseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a los obtenidos en el Ensayo de Aptitud 2022 realizada entre los laboratorios de humedad relativa nacionales y el Laboratorio Custodio del patrón Nacional de Chile (LCPNR-HR) designado oficialmente para tal efecto.

La participación en esta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metrológico de la magnitud temperatura ambiental entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia en las mediciones de temperatura entre los laboratorios participantes y el laboratorio piloto LCPNR-HR de ENAER, incluyendo un estudio en la desviación de la medición e incertidumbre asociada.

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Los participantes para este ensayo de aptitud 2021 son descritos en la tabla 1.

Empresa	Contacto	Información
CERTLAB	Aliro Ramirez Fenelon	Aliro.ramirezf@certlab.cl
Metrological Spa	Erick Aguilar	Delivery_2@metrologicalspa.com
WSS	Cristian Rivera	criveram@wss.cl
LCPNR-HR (ENAER)	Marcial Espinoza Marchant	marcial.espinoza@enaer.cl

Tabla 1. Empresas participantes.

Fechas para realizar las mediciones.

El equipo circuló de acuerdo con el siguiente cronograma:

Empresa	Fecha de realización de mediciones
LCPNR-HR (ENAER)	24/03/2022 – 30/03/2022
CERTLAB	13/06/2022 – 17/06/2022
WSS	20/06/2022 – 24/06/2022
LCPNR-HR (ENAER)	04/07/2022 – 08/07/2022 (Nota 1)

Nota 1: La calibración final del patrón viajero se desplazó 1 semana debido a carga de trabajo del laboratorio piloto.

Tabla 2. Fechas de realización de la comparación

Esquema del desarrollo de la Comparación

El siguiente esquema explica el desarrollo de la actividad:

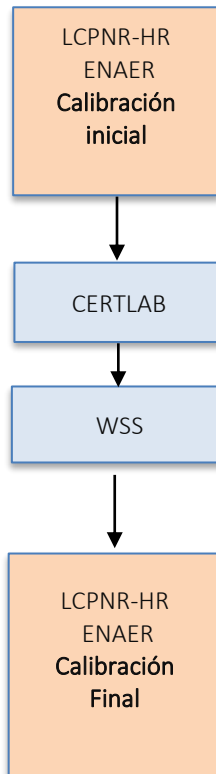


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPNR-HR de ENAER el 22 de noviembre de 2022. En diciembre de 2022 el LCPNR-HR de ENAER emite un informe que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes y se hace llegar informe al INN (**INFORME A**).

Patrón viajero de comparación

Medidor de Humedad y temperatura digital

El instrumento elegido como patrón viajero de comparación fue facilitado por LCPNR-HR de ENAER. En particular se utilizó un Medidor de humedad y temperatura digital, cuyas características se detallan en la tabla 3.

Marca	Modelo	Clase de Exactitud	Alcance	Resolución
TESTO	608-H2	± 2 %HR	2 %HR a 98 %HR	0,1 %
		± 0,5 °C (a +25 °C)	-10 °C a 70 °C	0,1 °C

Nota 2: Exactitud según manual de instrucciones del fabricante.

Tabla 3. Patrón Viajero de comparación



Figura 2. Patrón viajero usado en la comparación H-22 para participantes con sales higroscópicas.

Puntos de calibración

Para el ensayo de aptitud 2022 se acordó realizar con los laboratorios participantes los siguientes puntos de calibración:

Humedad de referencia en la cámara	Temperatura ambiental			
	Puntos de medición en Temperatura ambiental (°C)			
50 % HR	10	20	30	45

Referencia: Protocolo de Ensayo de Aptitud Nacional 2022.

Patrón Nacional

Como patrón de referencia el LCPNR-HR de ENAER utilizó un Generador de Humedad de dos Presiones.

LCPNR-HR de ENAER.						
Nombre	Tipo	Marca	Modelo	N° de serie	Alcance de medición °C	Incertidumbre expandida, k=2 °C
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	(5 a 70)	No menor que 0,3

Tabla 4. Características del patrón de referencia utilizado por el laboratorio piloto.

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El patrón viajero fue calibrado por el LCPNR-HR de ENAER en 2 ocasiones según el cronograma descrito en la tabla 2. Para las dos calibraciones se realizó el mismo procedimiento, patrón de referencia y equipamiento.

La siguiente fotografía muestra el montaje para la calibración:

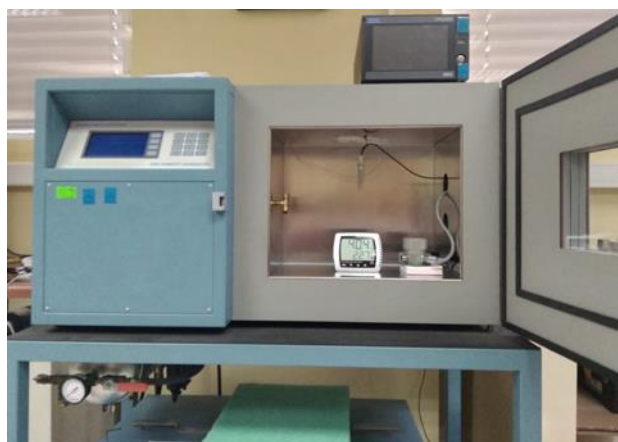


Figura 3. Montaje para la calibración del patrón viajero.

El LCPNR-HR de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón de comparación a partir de las calibraciones efectuadas.

Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

$HR_{cámara}$ %HR	Calibración Inicial				Calibración Final			
	T_{Patron}	$T (Testo)$	E_1	U_1	T_{Patron}	$T (Testo)$	E_2	U_2
50,0	10,1	10,1	0,0	0,3	10,0	9,8	-0,2	0,3
	20,1	20,1	0,0	0,3	20,0	20,0	0,0	0,3
	30,0	29,9	-0,1	0,3	30,0	30,1	0,1	0,3
	45,0	44,8	-0,2	0,3	45,0	45,1	0,1	0,3

(Nota: La Incertidumbre de cada calibración reportada en esta tabla corresponde a la del Laboratorio Nacional de Humedad Relativa sin incluir la deriva del patrón viajero)

Tabla 5. Resultados de calibraciones realizadas por el LCPNR-HR de ENAER al patrón viajero durante el ensayo de aptitud.

En el siguiente gráfico se presenta el error de medición encontrado por el LCPNR-HR de ENAER para el patrón viajero a partir de las mediciones realizadas a lo largo de la comparación.

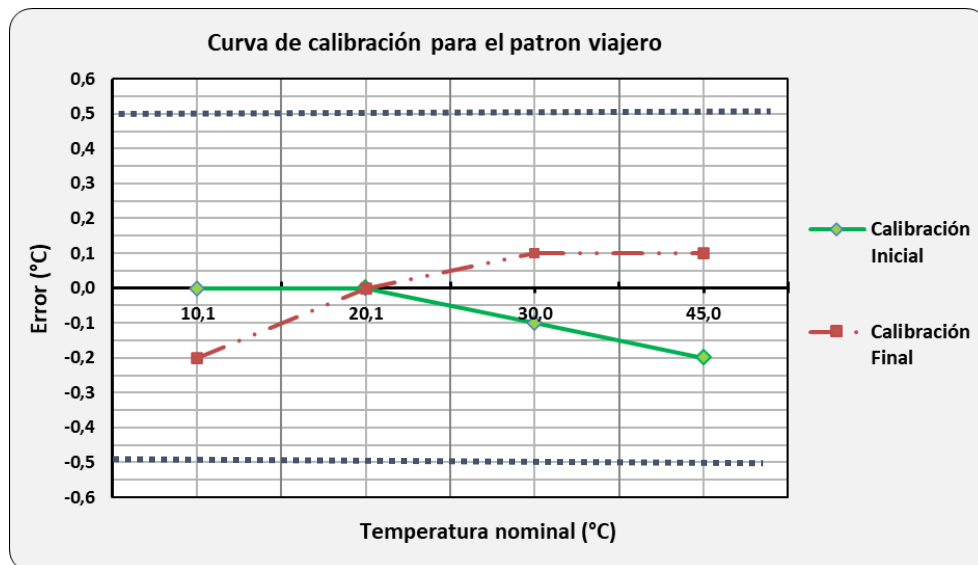


Gráfico 1. Error de medición encontrado para el patrón viajero en las calibraciones realizadas por el LCPNR-HR de ENAER (Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento $\pm 0,5$ °C).

Error promedio e incertidumbre expandida del Laboratorio Piloto

Con los datos de la tabla N°5 podemos realizar la siguiente gráfica:

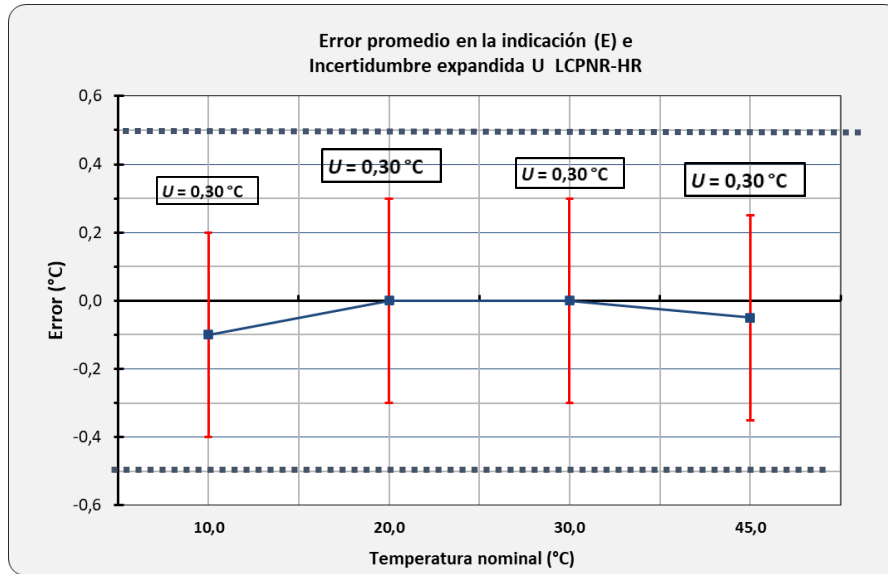


Gráfico 2. Error promedio con su incertidumbre de calibración obtenida por el LCPNR-HR de ENAER.
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento $\pm 0,4$ °C).

a) Estudio de deriva (Drift) del patrón viajero

La deriva del patrón viajero puede ser estimada en cada punto de comparación como la diferencia entre los errores de dos calibraciones sucesivas. En la tabla 6 se presentan los errores y las derivas entre las calibraciones inicial y final (d_{1-2}).

Temp. Nominal (°C)	Patrón Viajero (testo)		
	E_1	E_2	d_{1-2}
10	0,00	-0,20	0,20
20	0,00	0,00	0,00
30	-0,10	0,10	-0,20
45	-0,20	0,10	-0,30

minima deriva	0,00
maxima deriva	0,20

Nota: E_1 = Error encontrado en la calibración inicial (marzo 2022)
 E_2 = Error encontrado en la calibración final (julio 2022)

La deriva máxima corresponde a un rango de 10°C a 30°C.

Tabla 6. Resultados de las derivas entre calibraciones sucesivas.

Para la deriva se consideró el rango de medición en que participaron los laboratorios participantes, en este caso el rango fue de 10 °C a 30°C, la deriva máxima fue de 0,20°C.

Para efectos de esta comparación se considerará como componente adicional al presupuesto de incertidumbre de referencia del laboratorio piloto la deriva del patrón viajero, para ello se considerará la mayor deriva encontrada entre dos calibraciones sucesivas (0,20 °C) y será evaluada como una distribución rectangular, de esta forma la contribución por deriva del patrón será:

$$u_{\text{deriva}} = \frac{d}{\sqrt{3}} \quad (1)$$

$$U_{\text{deriva}} = (0,20 / \sqrt{3}) = 0,115 \text{ °C.}$$

Valor de referencia e Incertidumbre de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia, E_{ref} y U_{ref} , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para esta comparación, el error de referencia asociado al laboratorio piloto corresponderá al promedio de los errores de medición encontrados durante las calibraciones realizadas, mientras que para el valor de incertidumbre de referencia se considerará el máximo valor calculado en las calibraciones

$$E_{\text{ref}} (LCPN-HR) = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (2)$$

$$U_{\text{ref}} (LCPN-HR) = \max(U_1 : U_n) \quad (3)$$

Para el cálculo de la incertidumbre de referencia para el ensayo de aptitud se agregó una componente de incertidumbre de tipo B debido a la posibilidad de deriva del patrón, según la ecuación (4).

$$U_{\text{ref}} = 2 \times \sqrt{\left(\frac{U}{k}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2} \quad (4)$$

Temperatura Nominal °C	U mediciones LCPNR-HR (°C)		U máxima (LCPNR-HR) °C	Deriva Patron viajero °C	Incertidumbre por deriva patron Viajero °C	Incertidumbre de Referencia (°C) $U_{ref} = 2 * \sqrt{\left(\frac{U_{LCPNR-HR}}{2}\right)^2 + \left(\frac{d}{\sqrt{3}}\right)^2}$
	U ₁	U ₂				
10,0	0,30	0,30	0,30	0,20	0,115	0,38
20,0	0,30	0,30	0,30	0,20	0,115	0,38
30,0	0,30	0,30	0,30	0,20	0,115	0,38
45,0	0,30	0,30	0,30	0,20	0,115	0,38

Tabla 7. Cálculo de la incertidumbre de referencia del LCPNR-HR.

En el siguiente gráfico se muestran los resultados de error promedio del laboratorio piloto con los valores de incertidumbre de referencia respectivos con la consideración adicional por deriva del patrón.

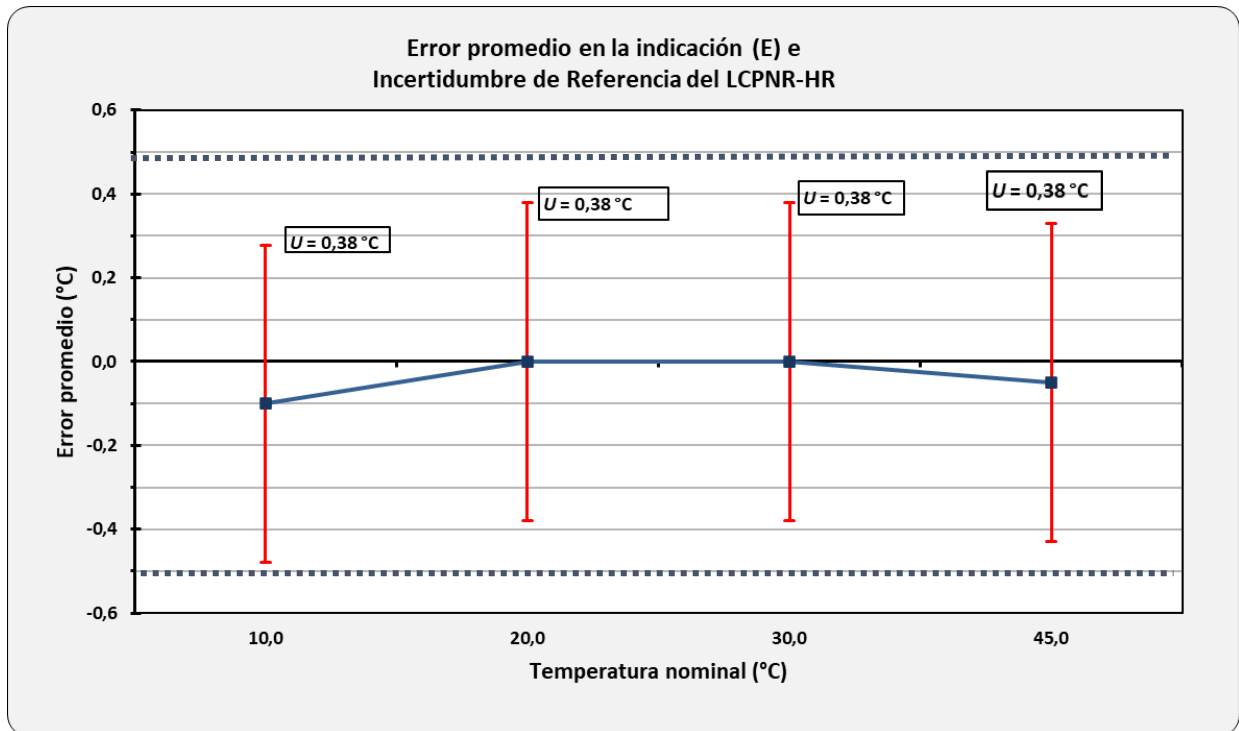


Gráfico 3. Error promedio, E, e incertidumbre del laboratorio de referencia, U (k=2, 95%), con consideración adicional por deriva del patrón viajero. (Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento ± 0,5 °C).

Datos de las mediciones

A continuación, se presentan los resultados de los laboratorios participantes:

Error Promedio de los participantes

Valor Nominal (°C)	Error Promedio LCPNR-HR	Datos Error Promedio Laboratorios (°C)	
		TAs-22-403	TAs-22-406
10,0	-0,10	-0,08	0,0
20,0	0,00	-0,04	-0,1
30,0	0,00	0,13	-0,3
45,0	-0,05	N.R.	N.R.

Nota: N.R= No reporto.

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

Gráfico Error de cada Participante con respecto al error obtenido por el Laboratorio Piloto

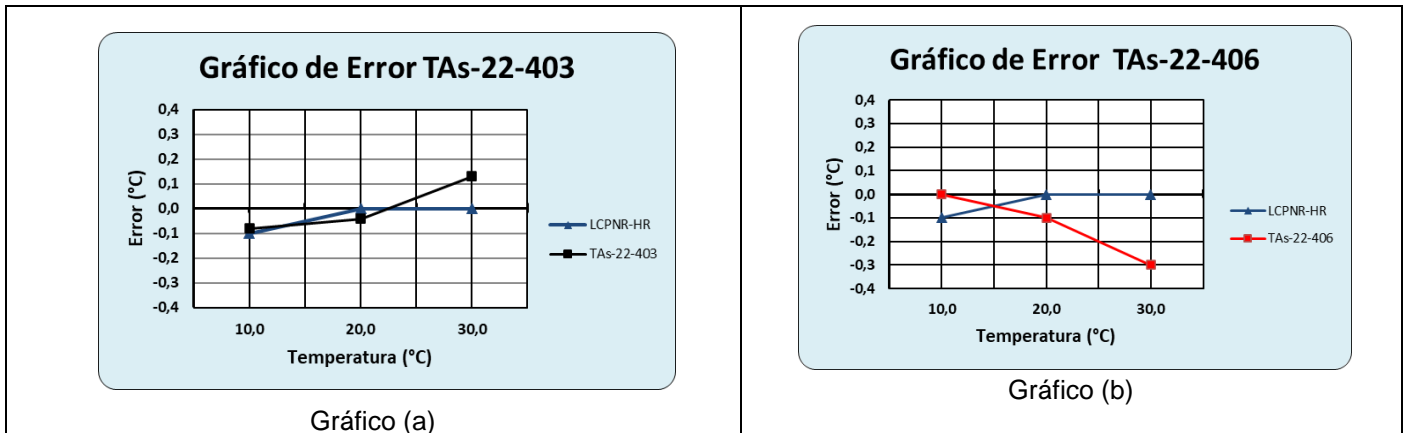


Gráfico 4. Error Individual de cada participante con respecto a LCPNR-HR de ENAER.

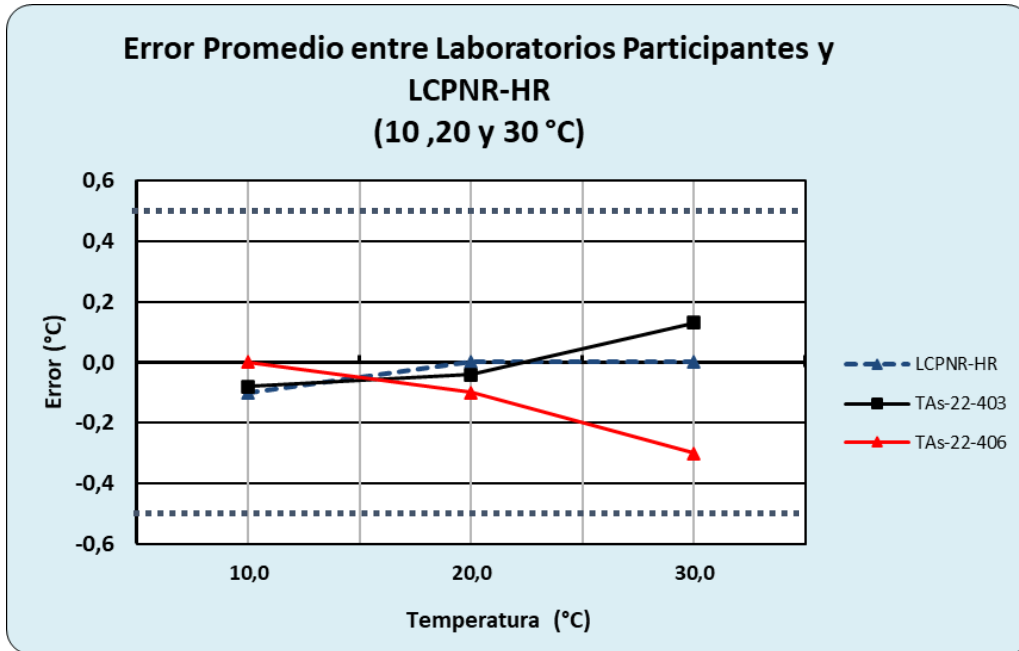


Gráfico 5. Error promedio de laboratorios participantes.
(Las líneas de puntos corresponden a la exactitud del instrumento $\pm 0,5$ °C).

Incertidumbre de los participantes

Valor Nominal (°C)	Incertidumbre referencia LCPNR-HR (k=2)	U (k=2) de los laboratorios participantes (°C)	
		Tas-22-403 (*)	TAs-22-406
10,0	0,38	0,52	0,5
20,0	0,38	0,52	0,5
30,0	0,38	0,52	0,5
45,0	0,38	N.R.	N.R.

Nota: N.R.= No reporta.

Tabla 8. Datos de la incertidumbre expandida, U, obtenidos por los participantes.

La incertidumbre de calibración del Laboratorio **Tas-22-403** se encuentra con error de cálculo en la incertidumbre reportada e inconsistencia en las componentes de incertidumbre las cuales fueron sobreestimadas (se les asignó un valor mayor al que realmente poseen) y/o subestimados (se les asignó un valor menor al que realmente poseen). Esto sucede con las siguientes incertidumbres: U patrón, U histéresis, U inestabilidad.

(Se explica detalladamente en Análisis de valores reportados en este informe).

De acuerdo a esto se ha tomado la decisión de no considerar al laboratorio Tas-22-403 en el Error Normalizado.

En los gráficos 6, 7, 8 y 9 se presentan los resultados de error promedio obtenido por cada participante y su respectiva incertidumbre de medición en cada punto de humedad relativa medido. En cada gráfico se destaca en color verde el intervalo cubierto por la incertidumbre del laboratorio piloto.

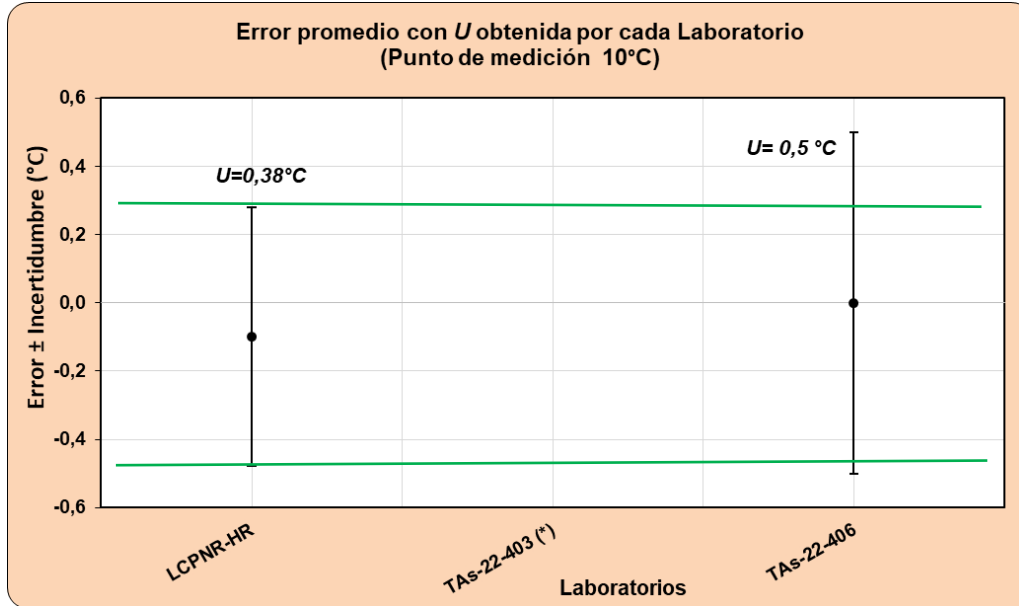


Gráfico 6. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (10 °C).

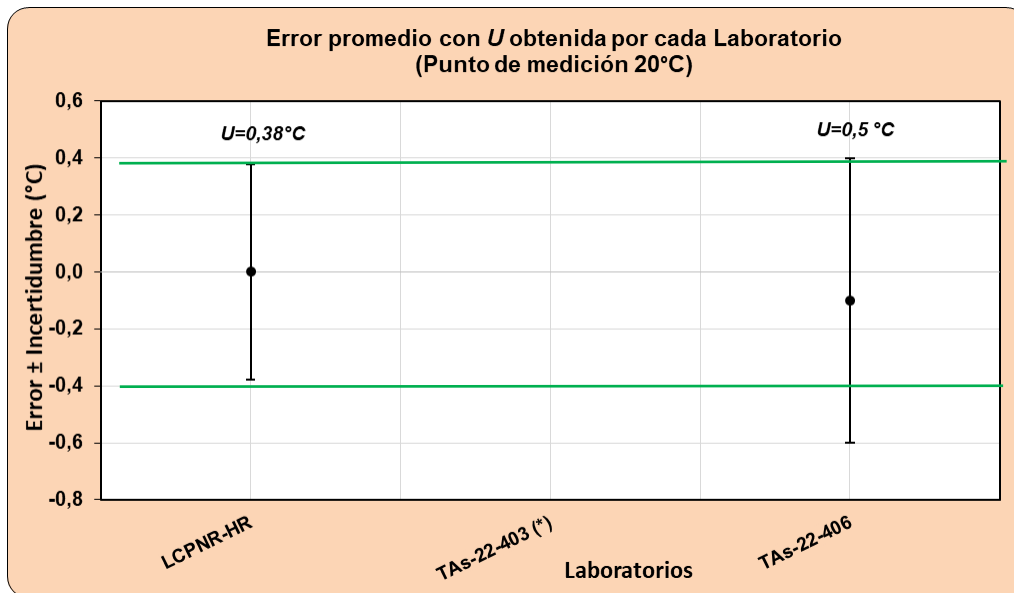


Gráfico 7. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (20 °C).

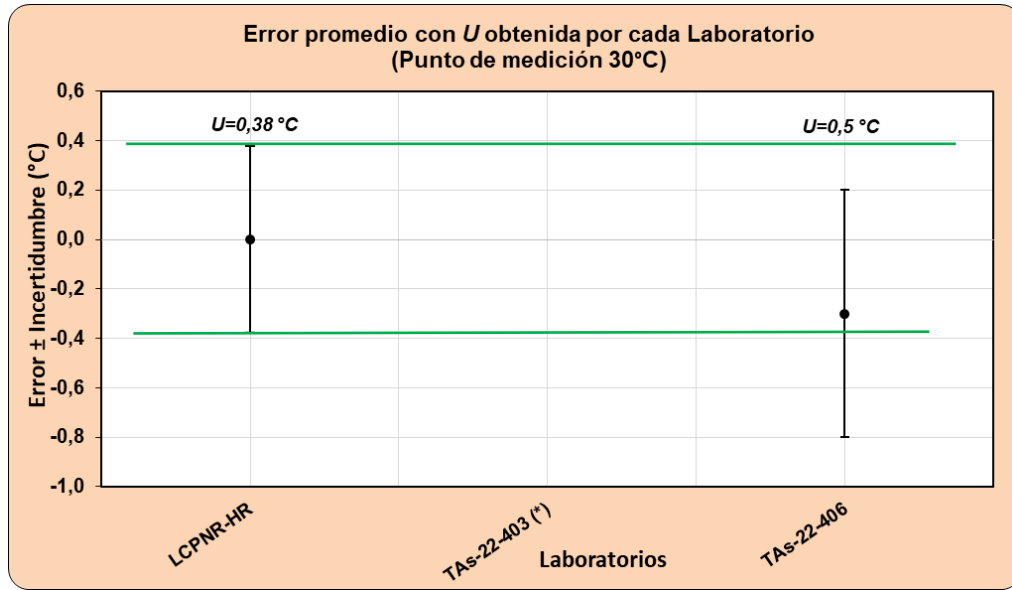


Gráfico 8. Error promedio de laboratorios participantes con incertidumbre expandida (30 °C).

Evaluación de los resultados

Desempeño de los laboratorios

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron de acuerdo con el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado se calcula mediante la ecuación (5), que se aplica para cada punto de medición examinado.

$$E_n = \frac{E_{lab} - E_{ref}}{\sqrt{(U_{lab})^2 + (U_{ref})^2}} \quad (5)$$

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición informado por el laboratorio participante.

E_{ref} = Error de la medición de referencia (LCPNR-HR de ENAER).

U_{lab} = Incertidumbre expandida (k=2) informada por el laboratorio participante.

U_{ref} = Incertidumbre expandida (k=2) de referencia (LCPNR-HR de ENAER).

De acuerdo con este criterio se considera que los resultados informados por los laboratorios participantes son compatibles con los resultados obtenidos por el laboratorio piloto cuando el error normalizado toma valores menores o iguales a uno, mientras que errores normalizados mayores a uno reflejan resultados incompatibles y no satisfactorios para efectos de la comparación:

$ E_n \leq 1.0$	Resultado satisfactorio
$ E_n > 1.0$	Resultado NO satisfactorio

En la tabla 9 se tienen los resultados de los errores normalizados calculados para los laboratorios participantes. Para una mayor claridad se mostrarán de nuevo las tablas 7 y 8.

CUADRO DE DATOS PARA LA OBTENCIÓN DEL ERROR NORMALIZADO PARA CADA LABORATORIO.

Valor Nominal (°C)	Error Promedio LCPNR-HR	Datos Error Promedio Laboratorios (°C)	
		TAs-22-403	TAs-22-406
10,0	-0,10	-0,08	0,0
20,0	0,00	-0,04	-0,1
30,0	0,00	0,13	-0,3
45,0	-0,05	N.R.	N.R.

Tabla 7. Error promedio de los laboratorios participantes.

Valor Nominal (°C)	Incertidumbre referencia LCPNR-HR (k=2)	U _(k=2) de los laboratorios participantes (°C)	
		TAs-22-403 (*)	TAs-22-406
10,0	0,38	-----	0,5
20,0	0,38	-----	0,5
30,0	0,38	-----	0,5
45,0	0,38	N.R.	N.R.

Tabla 8. Datos de la incertidumbre expandida, U , obtenidos por los participantes.

Valor Nominal (°C)	Calculo de Error Normalizado por Laboratorio	
	TAs-22-403 (*)	TAs-22-406
10,0	-----	0,16
20,0	-----	0,16
30,0	-----	0,48
45,0	-----	-----

Tabla 9. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes.
(en los cálculos se han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

En los siguientes gráficos se puede observar el error normalizado obtenido por cada participante para cada punto de medición.

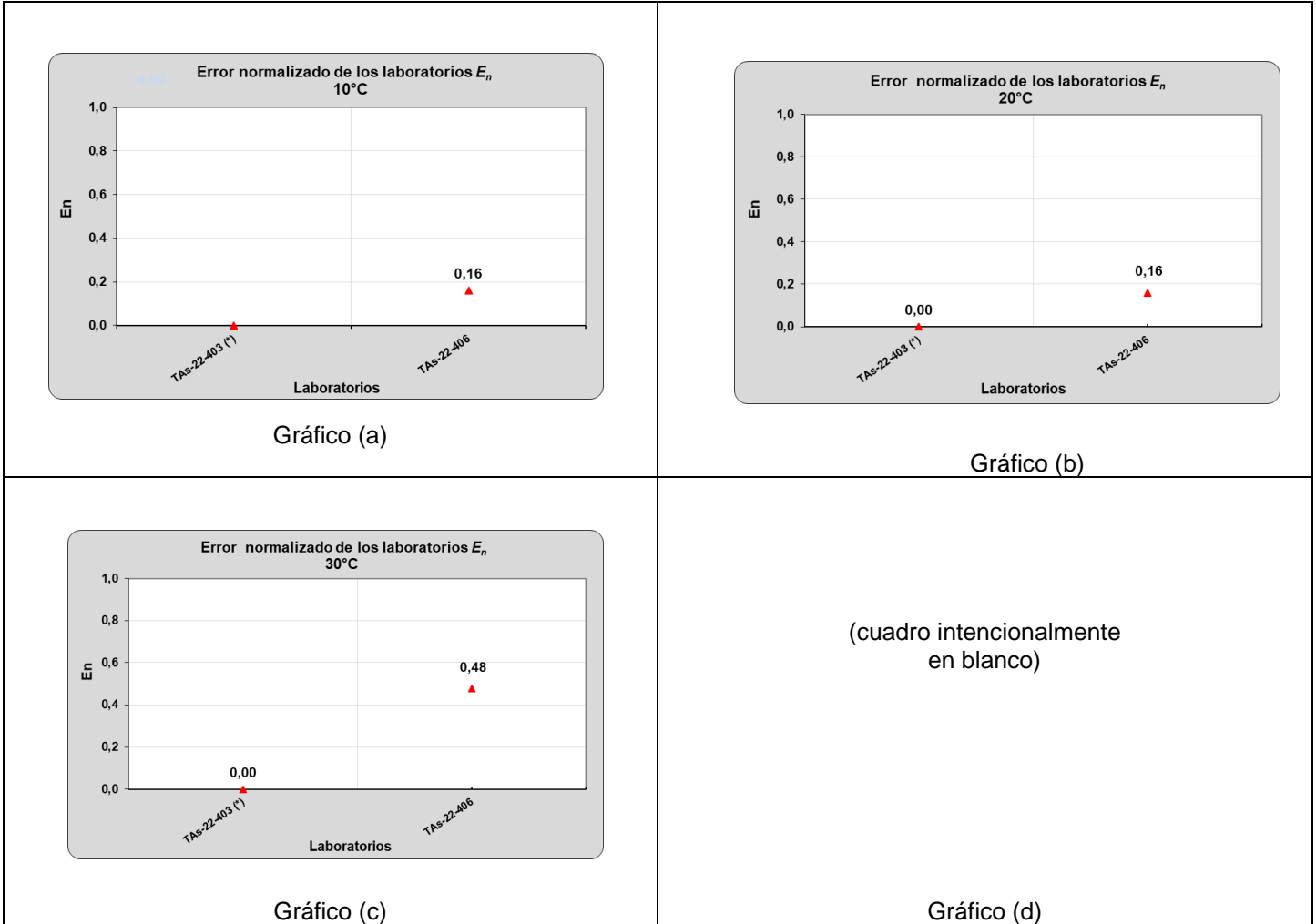


Gráfico 9. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante.

ANÁLISIS DE LOS VALORES E INCERTIDUMBRE REPORTADOS POR CADA LABORATORIO

La tabla 10 resume la evaluación de cada laboratorio participante en la comparación nacional HTS-21.

Para la evaluación se estudian los cálculos de error de medición y presupuesto de incertidumbre informados por los participantes. En la ecuación (6) se tienen las componentes del presupuesto de incertidumbre para temperatura ambiental.

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2[t_p] + u^2[t_{ibc}] + u^2[\delta(t)_{his}] + u^2[\delta(t)_{instb}] + u^2[\delta(t)_{incho}] + u[\delta(t_p)_{der}]} \quad (6)$$

#	LABORATORIO PARTICIPANTE	Error	[t _p]	[t _{IBC}]		δ(t) _{hist}	δ(t) _{instb}	δ(t) _{incho}	[t _p] _{der}	U _{exp} (°C)	MCM
				u(rep)	u(res)						
1	TAs-22-403	ok	*	ok	ok	*	*	ok	Rev.	0,52	1,0
2	TAs-22-406	ok	ok	*	ok	*	ok	ok	ok	0,5	0,4

Nota: (*) Representa una inconsistencia y/o error en el cálculo.
(Rev.) =Revisar componente de incertidumbre.

Tabla 10. Observaciones a los cálculos realizados por cada laboratorio

Participante TAs-22-403

- Presenta inconsistencia en el valor de incertidumbre expandida de su patrón con lo reportado en la planilla de respaldo de resultados en formato Excel de acuerdo a lo siguiente:

PATRONES UTILIZADOS EN EL MEDIO TÉRMICO						
Patron	Fabricante	Modelo	Alcance	Resolución	Incertidumbre Expandida	Fecha de Calibración
TERMOHIGROMETRO			5 a 95% HR	0,1%	2,5	
TERMOMETRO 240205107			-30 a 900°C	0,1°C	0,2	

Valor reportado en planilla de respaldo de valores:

10 °C @ 50 %HR.	$u [HR_p]$
Valor	0,5
Divisor	2,00
Valor/Divisor	0,25
Resultado ²	0,0625

→ Debe ser de 0,2°C

- Presenta error de cálculo en el valor reportado en la histéresis en el instrumento bajo calibración en la planilla de respaldo de resultados de acuerdo a lo siguiente:

Reportado

10 °C @ 50 %HR.	$u [\delta(t)_{his}]$
Valor	0,3
Divisor	3,4641
Valor/Divisor	0,07794
Resultado ²	0,0060750

debe ser:

Histéresis= 10,47°C-10,27°C= 0,2 °C

Histéresis= 0,2 °C

- Presenta inconsistencia en el valor reportado de inestabilidad de su cámara de sales con lo reportado en la Planilla de respaldo de resultados, en formato Excel, de acuerdo a lo siguiente:

MEDIO TÉRMICO								
Equipo	Fabricante	Modelo	Rango		Gradiente		Estabilidad	
			%hr	°C	%hr	°C	%hr	°C
Cámara climática	XXXXXXXXXX	XXXXXX	XXXXXX	XXXX	XXXXX	XXXXXX	XXXXXXXXXXXX	XXXXXX
Sales Higroscópicas			10 a 90% H.R.	10 a 50°C	1,000	0,5	0,700	0,8

10 °C @ 50 %HR.	$u [\delta(t)_{instb}]$
Valor	0,400
Divisor	1,732
Valor/Divisor	0,23094
Resultado ²	0,05333

→ Debió ser de 0,8°C

- Se sugiere revisar el valor de deriva de su patrón por representar un aporte importante dentro del presupuesto de incertidumbre de acuerdo a lo siguiente:

PATRONES UTILIZADOS EN EL MEDIO TÉRMICO						
Patron	Fabricante	Modelo	Alcance	Resolución	Incertidumbre Expandida	Fecha de Calibración
TERMOHIGROMETRO			5 a 95% HR	0,1%	2,5	
TERMOMETRO 240205107			-30 a 900°C	0,1°C	0,2	

10 °C @ 50 %HR.	$u [\delta(t)_{der}]$
Valor	0,4
Divisor	1,732
Valor/Divisor	0,23094
Resultado ²	0,05333

- Presenta error de cálculo en el valor de su incertidumbre de medición de acuerdo a lo reportado en la planilla de respaldo de resultados:

10 °C @ 50 %HR.	$u [t_{IBC}]$							
	$u [HR_P]$	$u [\delta(t)_{rep}]$	$u_{resolucion}$	$u [\delta(t)_{his}]$	$u [\delta(t)_{instb}]$	$u [\delta(t)_{incho}]$	$u [\delta(t)_{der}]$	
Valor	0,5	0,08233	0,1	0,3	0,400	0,500	0,4	
Divisor	2,00	3,16227766	3,4641	3,4641	1,732	1,732	1,732	
Valor/Divisor	0,25	0,02603	0,0289	0,07794	0,23094	0,28868	0,23094	
Resultado ²	0,0625	0,000678	0,000833	0,0060750	0,05333	0,08333	0,05333	
						Suma.Resultados ²	0,068	
						$u[(t)(k=1)]$	Raiz(Suma.Resultados ²)	0,260
						$U[(t)(k=2)]$	2(Raiz(Suma.Resultados ²))	0,52

Debe ser:

$$U_{EXP} = k \sqrt{u^2 [t_P] + u^2 [t_{IBC}] + u^2 [\delta(t)_{his}] + u^2 [\delta(t)_{instb}] + u^2 [\delta(t)_{incho}] + u^2 [\delta(t)_p]_{der}}$$

$$U_{exp} = 2 * \sqrt{0,25^2 + 0,026^2 + 0,0289^2 + 0,077^2 + 0,2309^2 + 0,288^2 + 0,2309^2} = 1,0 \text{ °C}$$

Reasignando los valores de componentes de incertidumbre de acuerdo a lo reportado por el laboratorio participante se obtiene el siguiente valor de incertidumbre de medición (Ejemplo 10 °C):

10 °C @ 50 %HR.	<i>u [t IBC]</i>						
	<i>u [HR_P]</i>	<i>u [δ(t)_{rep}]</i>	<i>u_{resolucion}</i>	<i>u [δ(t)_{his}]</i>	<i>u [δ(t)_{instb}]</i>	<i>u [δ(t)_{inho}]</i>	<i>u [δ(t)_{der}]</i>
Valor	0,2	0,08233	0,1	0,2	0,800	0,500	0,4
Divisor	2,00	3,16227766	3,4641	3,4641	1,732	1,732	1,732
Valor/Divisor	0,1	0,02603	0,0289	0,05774	0,46188	0,28868	0,23094
Resultado ²	0,0100	0,000678	0,000833	0,0033333	0,21333	0,08333	0,05333
						Suma.Resultados ²	0,365
						u[(t)(k=1)] Raiz(Suma.Resultados ²)	0,604
						U[(t)(k=2)] 2(Raiz(Suma.Resultados ²))	1,21

De acuerdo al análisis de los componentes de incertidumbre y los valores reportados por el laboratorio participante se ha determinado no incorporarlo en el ensayo de aptitud Tas-22.

Esto se fundamenta en el protocolo de Ensayo de aptitud Nacional Año 2022, punto 11.

Presentación de los resultados, enmarcado con color rojo:

11. Presentación de los resultados

La presentación y condiciones de envío de los resultados de los laboratorios participantes a la División de Metrología serán sólo en formato Excel.

- Se pedirá un reporte de resultados, en que se detalla el procesamiento matemático y todas las lecturas obtenidas.
(Este reporte de resultados debe venir apoyado de la ecuación respectiva de evaluación de incertidumbre)
- Los valores de las incertidumbres asignadas a sus resultados, por los laboratorios participantes, deben ser consistentes con la capacidad de medición y calibración, declarada en el certificado de acreditación.
- Descripción del patrón utilizado (Fabricante, Modelo, Número de serie, última calibración) con el valor de incertidumbre informada del último certificado de calibración vigente.
- Descripción de la cámara Climática
- Descripción de las Sales Higroscópicas.
- Descripción del método de medición utilizado.
- Condiciones ambientales durante la medición
- Incertidumbres asociadas consideradas y **presupuesto detallado del cálculo de la incertidumbre final**, intervalo de confianza considerado e incertidumbre expandida. ***Se debe explicar y detallar claramente cómo se llegó al resultado de dicha incertidumbre incluyendo consideraciones y el cálculo matemático. El no cumplimiento de este requisito será motivo de eliminación en el Informe-A EA H-22.***
- El cálculo de la incertidumbre final debe hacerse según los requerimientos de la norma ISO-GUM: "Guía para la expresión de la Incertidumbre de Medición".
- El reporte de resultados no debe contener logos, nombres o firmas que pueden identificar el origen de la información, sólo debe identificarse con el Código Asignado, así mismo **NO** se debe pegar ningún tipo de sello o marca adhesiva en el patrón viajero.
- ***El reporte que no contenga toda la información solicitada no será considerado en el Informe-B del EA H-22.***
- El reporte de resultados del EA H-22 deben ser enviados únicamente al Sr. William Guin del (INN).
- El reporte de resultados enviado fuera de la fecha indicada, enviado directamente al LCPNR-HR o enviado en un formato diferente al Excel ***NO serán considerados en el informe final.***

Participante TAs-22-406

- El laboratorio evalúa la contribución de incertidumbre por repetibilidad de manera incorrecta de acuerdo al protocolo de ensayo de aptitud 2022 de acuerdo al siguiente cuadro:

Punto de calibración (°C)	<i>u</i> [Repetibilidad] Informada	<i>u</i> [Repetibilidad] Correcta
10	0,00/1=0,00	0,00/ $\sqrt{10}$ =0,00
20	0,00/1=0,00	0,00/ $\sqrt{10}$ =0,00
30	0,00/1= 0,00	0,00/ $\sqrt{10}$ =0,00

Fuente de Incertidumbre	Símbolo	Descripción	Distribución	Divisor	Coefficiente de Sensibilidad
Lectura del instrumento bajo calibración (<i>t_{ibc}</i>)	$u[\delta(t)_{rep}]$	Desviación estándar del valor medio de las lecturas del instrumento bajo calibración. Se estima de la siguiente manera: $u_{rep} = \frac{S(x)}{\sqrt{n}}$ en donde: $S_{(x)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$	Normal	1	1

- Presenta error de cálculo en el valor reportado en la histéresis en el instrumento bajo calibración en la planilla de respaldo de resultados de acuerdo a lo siguiente:

Reportado

10 °C @ 50 %HR.	<i>u</i> [$\delta(t)_{his}$]
Valor	0,100
Divisor	3,464
Valor/Divisor	0,0289
Resultado ²	0,00083

debe ser:

$$\text{Histéresis} = 10,4^{\circ}\text{C} - 10,0^{\circ}\text{C} = 0,4^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Histéresis} = 0,4^{\circ}\text{C}$$

- Presenta un valor de incertidumbre por inhomogeneidad y de inestabilidad de 0,3 °C en todos los puntos de calibración. Se recomienda mejorar esta evaluación en orden al estudio de las sales utilizadas en las calibraciones.

CONCLUSIONES RONDA TAs-22

Error Normalizado.

El Laboratorio con el código TAS-22-406 presentó un 100% de las mediciones un error normalizado menor a 1, lo que implica que sus mediciones son compatibles con las realizadas por el laboratorio piloto LCPNR-HR de ENAER.

El laboratorio Tas-22-403 presenta problemas en la evaluación de su presupuesto de incertidumbre, subestimando o sobrestimando ciertas magnitudes, por lo que se sugiere revisar sus procedimientos y métodos de cálculo.

De acuerdo a lo anterior y explicado anteriormente en el análisis de sus resultados se determinó dejarlo fuera del ensayo de aptitud 2022.

A partir de lo observado en la información enviada para la comparación TAs-22 se recomienda a los participantes:

- Contar con un historial de calibraciones al día del patrón de referencia utilizado que permita conocer su comportamiento y determinar su deriva en el tiempo. Es importante señalar que toda cantidad considerada como contribución al presupuesto de incertidumbre debe estar asociada a una distribución de probabilidad, para el caso de la deriva se recomienda utilizar una distribución de tipo rectangular (divisor $\sqrt{3}$) o triangular (divisor $\sqrt{6}$).
- Realizar una caracterización de su volumen de calibración con sales siguiendo las recomendaciones de la guía DKD-R 5-7. Esta caracterización debe realizarse sin carga (sin equipos bajo calibración) y permite cuantificar la estabilidad y homogeneidad de la cámara frente a distintas configuraciones de humedad y temperatura.
- Se recomienda cumplir con el tiempo de estabilización para poder realizar mediciones confiables de acuerdo a cada tipo de equipo a calibrar.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación a los 3 laboratorios Participantes que presentaron resultados en este ensayo de aptitud H-21 y la activa participación de la División de Metrología del INN.

REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 9^oedition, 2019.
- (3) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPNR-HR ENAER 2016.
- (4) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (5) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo.
- (6) DKD-R 5-7 (Calibración de cámaras climáticas).