



**RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES
NACIONALES
MAGNITUD HUMEDAD RELATIVA**

INFORME A

COMPARACIÓN NACIONAL

H-18

CALIBRACION DE UN TERMOHIGROMETRO

**Rango de medición: 33 a 75 %HR
(Fuente de Generación Humedad: Sales)**

Enero de 2018 a marzo de 2018

COMPARACION DE PATRONES DE HUMEDAD RELATIVA

Marcial Espinoza. Antonio Monsalve. Carolina Martinez.
Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPN-PRESION), Chile.
Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.
Teléfono 56 (2) 2383 2082, 56 (2) 2383 1966, e-mail marcial.espinoza@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Humedad ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneciente a La Red Nacional de Metrología realiza el **Ensayo** de Aptitud 2018. 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 Humedad Relativa y otros laboratorios de calibración no-acreditados, las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo H-16. La comparación se llevó a cabo desde enero de 2018 a marzo de 2018. Para la comparación se utilizó un termohigrometro digital con una capacidad de medición del 10 al 90% de humedad con una exactitud del 1,5 al 2 % del alcance de medición.

El instrumento fue facilitado por el LCPN-Humedad ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN en el marco 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 Ensayo de Aptitud 2016 íntegramente realizada entre los laboratorios de humedad nacionales y el LCPN-Humedad de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. La participación en ésta 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 de humedad relativa entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud humedad entre los laboratorios participantes, incluyendo desviación e incertidumbre asociada.

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Al ensayo de aptitud 2017 se integraron los siguientes laboratorios participantes:

Laboratorio	Empresa	Contacto	Información
1	CIDE-USACH.	Mauricio Araya Castro.	Mauricio.araya@usach.cl
		Roberto Figueroa M.	Roberto.figueroa@usach.cl
2	SERPRAM S.A.	Néstor Rojas	nrojas@serpram.cl
3	WSS. S.A.	Liliana Jiménez	L.jimenez@wss.cl
		Cristian Rivera M.	crivera@wss.cl
4	Certificación equipos Ramirez	Aliro Ramírez F.	Aliro.ramirezF@gmail.com
5	LCPNR-HR (ENAER)	Marcial Espinoza Marchant	marcial.espinoza@enaer.cl
		Antonio Monsalve Venegas	antonio.monsalve@enaer.cl

Tabla N°1. Empresas participantes.

Puntos de calibración

Al ensayo de aptitud 2017 se realizaron los siguientes puntos de calibración:

Laboratorio	Medio de Generación	Empresa	Puntos de calibración
			Humedad (%HR) @23°C
1	Sales	CIDE-USACH	(33-59-75)
2	Sales	SERPRAM	(33-59-75)
3	Sales	WSS	(33-59-75)
4	Sales	ALIRO RAMIREZ	(33-59-75)

Tabla N°2. Empresas participantes con Sales

Notas:

1.- En humedad relativa se deben realizar los 3 puntos acordados (33-59-75) % HR a 23 °C

Fechas para realizar las mediciones.

Los equipos fueron circulados de acuerdo al cronograma establecido en la tabla 4.

Laboratorio	Empresa	Fecha Tentativa
1	LCPNR-HR (ENAER)	22/01/18 – 26/01/18
1	ALIRO RAMIREZ	29/01/18 – 02/02/18
2	SERPRAM	05/02/18 – 09/02/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	12/02/18 – 16/02/18
3	WSS	19/02/18 – 23/02/18
4	CIDE-USACH	26/02/18 – 02/03/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	05/03/18 – 09/03/18

Tabla 4. Fechas de realización de la comparación.

Nota: Las fechas tentativas tuvieron leves modificaciones producto del traslado del equipo viajero pero el cronograma se cumplió sin observaciones importantes.

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un termo higrómetro. El instrumento fue facilitado por LCPN-HR de ENAER. Las características del estándar Primario utilizado para calibrar el Termohigrómetro digital en el ejercicio por el LCPN- HR y el instrumento patrón Viajero correspondiente a la comparación se presentan en la tabla 3 y 4.

LCPN-P Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Modelo	N° de serie	Alcance de medición % HR	Incertidumbre relativa , k=2
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	10 a 95	0,5 % a 0,8 % HR

Tabla 3.- Patrón Nacional utilizado para calibrar el patrón viajero

Marca	Modelo	Clase de Exactitud	Alcance	Resolución	Número de Serie
Delta Ohm	Indicador : HD 2101.1R Sensor : HP472AC R	± 1,5 %HR	0 %HR a 90 %HR	0,1 %	Indicador: 17007116 Sensor: Sin serie
		± 2.0 %HR	90 %HR a 100 %HR		
		± 0,3 °C	-20 a 80 °C	0,1 °C	

Tabla 4.- Patrón Viajero de comparación

Programa de la comparación

La comparación se realizó en 5 etapas (3 mediciones del laboratorio piloto);

- (1) medición inicial piloto,
- (2) medición de 2 participantes (la primera mitad de ensayo en Sales),
- (3) medición intermedia piloto,
- (4) medición de 2 participantes (la segunda mitad de ensayo en Sales),
- (5) medición final para Generación de humedad relativa con Sales.

LCPN-P y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

- a) Preparación. ENAER realizó la medición inicial. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación (22 al 25 de enero de 2018).
- b) Los 2 laboratorios participantes ([ALIRO RAMIREZ Y SERPRAM](#)) realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas (29 de enero al 09 de febrero de 2018).
- c) El instrumento vuelve al LCPN-HR, el piloto ejecuta la segunda medición al patrón viajero empleado para el ejercicio de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación. (12 al 14 de febrero de 2018).
- d) Se realizan las mediciones de los 2 laboratorios participantes del ensayo de aptitud H17 ([WSS y CIDE-USACH](#)) en las fechas programadas (19 de febrero al 02 de marzo de 2018)
- e) El instrumento vuelve al LCPN-HR (3^{era} Medición) y el piloto ejecuta la medición final al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (19 al 23 de marzo de 2018).

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPN-HR de ENAER el 13 de abril de 2018.

El 14 de mayo de 2018 el LCPN-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 éste informe al INN (INFORME B)

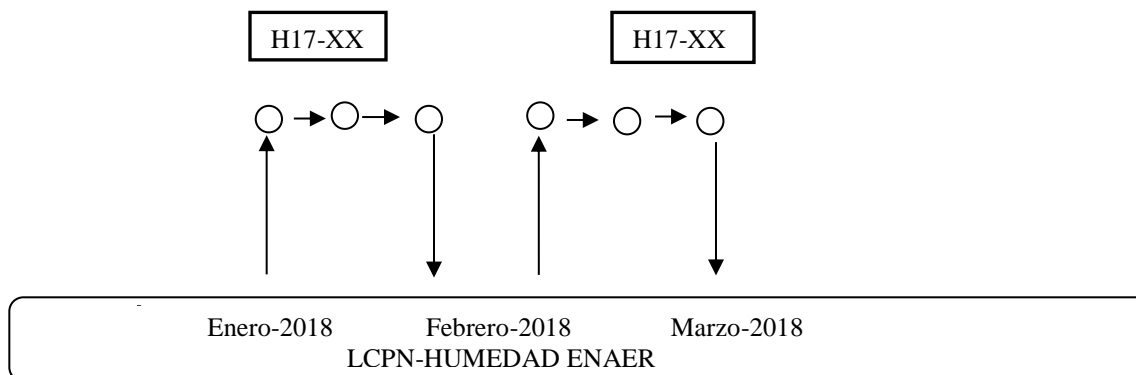


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El laboratorio de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón viajero de comparación calibrándolo en 3 ocasiones. La primera medición (E1) se realizó al inicio de la comparación (22 al 25 de enero de 2018); la segunda medición (E2) se realizó entre el 12 al 14 de febrero de 2018 en la mitad del ensayo H17, y la medición final (E3) entre el 19 al 23 de marzo de 2018.

Los datos obtenidos se presentan en el siguiente gráfico:

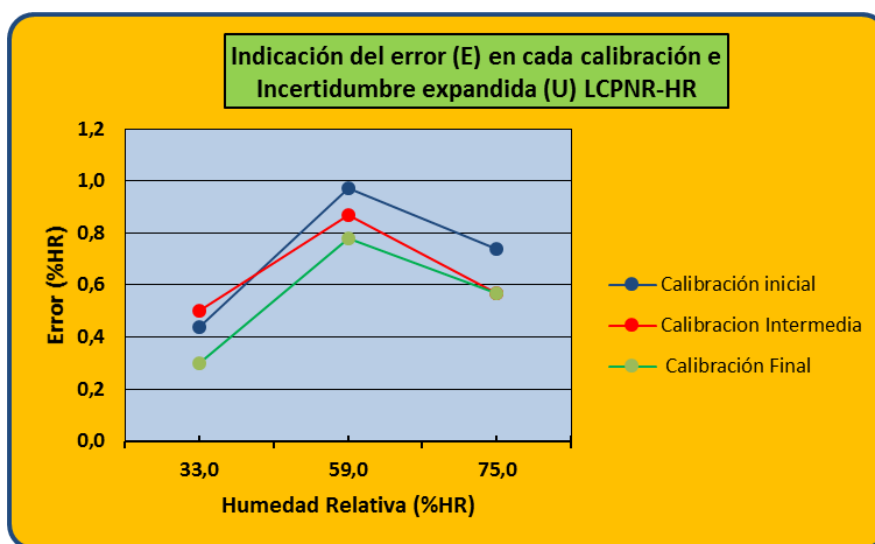


Gráfico 1. Error en cada calibración, E, e incertidumbre expandida, U (k=2, 95%).

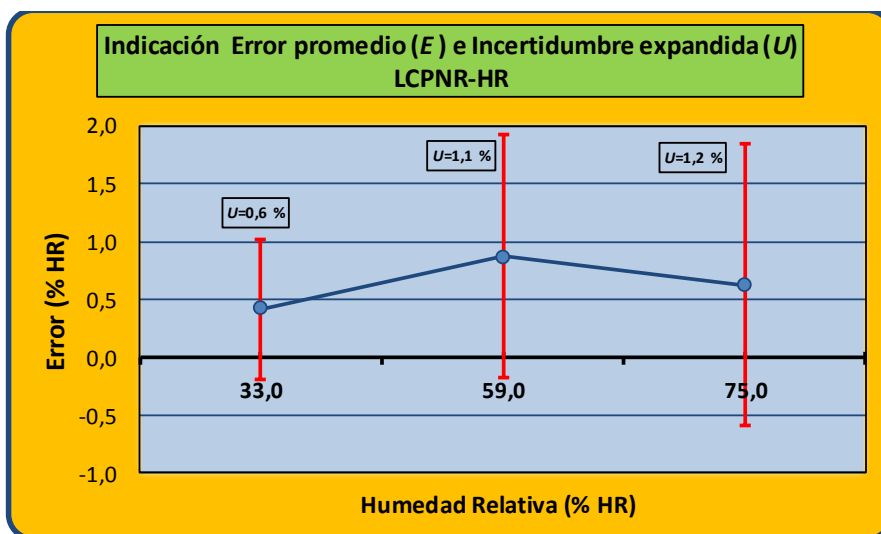


Gráfico 2. Error promedio., E , e incertidumbre expandida, U ($k=2$, 95%).
Laboratorio LCPN-HR.

Datos de las mediciones

En la Tabla 3 se presentan los datos de la comparación para los valores del error promedio E , y en la tabla 4 se encuentran las incertidumbres de medición asociada para los diferentes puntos de presión nominal encontrados por los laboratorios participantes.

Los valores que en el resto de este documento se usan para representar los resultados obtenidos por LCPN-HR, para el error y la incertidumbre combinada, son el promedio de las lecturas realizadas de las tres diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPN-HR.

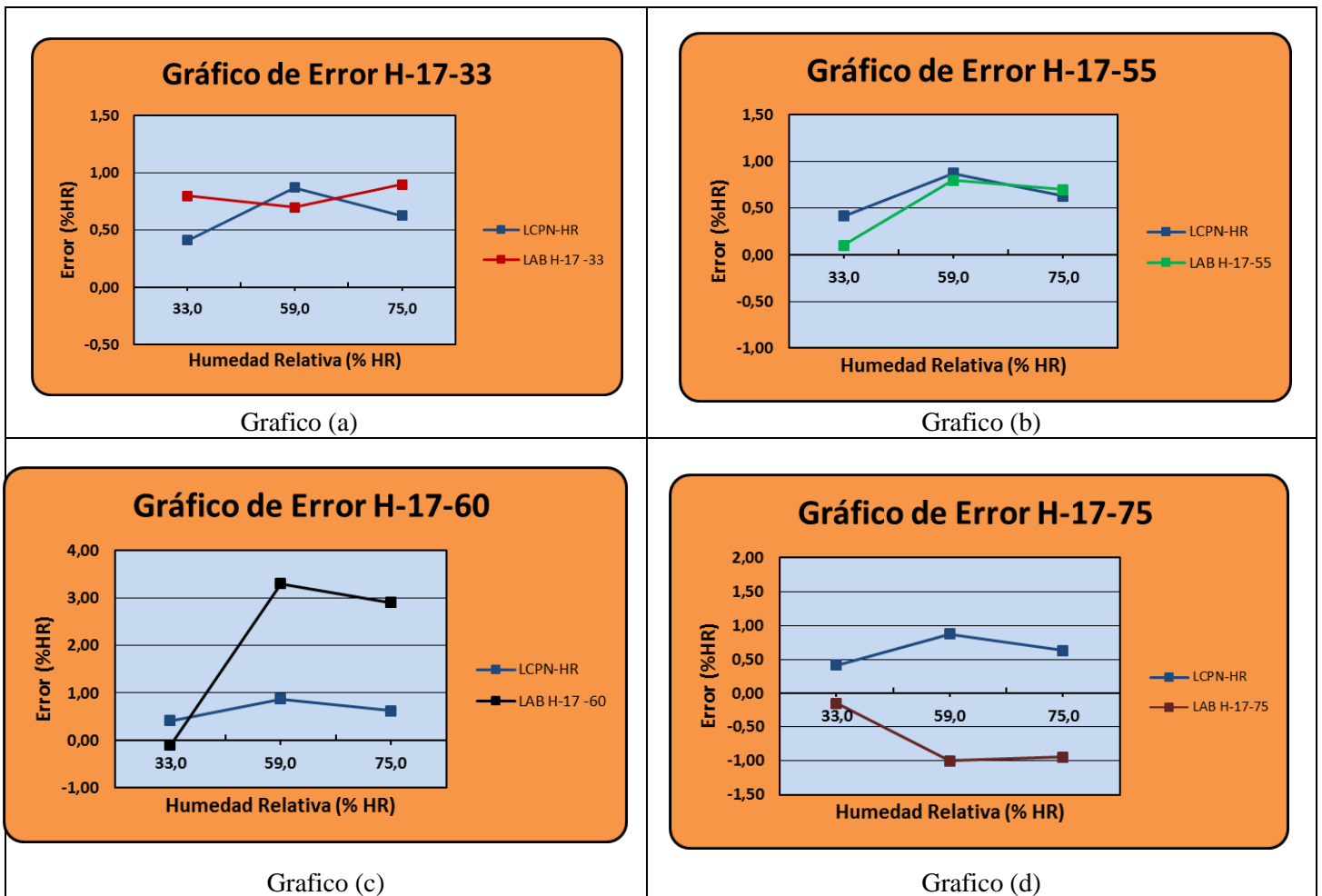
$$E_{Enaer} = (E_1 + E_2 + E_3) / 3$$

$$U_{Enaer} = (U_1 + U_2 + U_3) / 3$$

Datos Error Promedio Laboratorios					
	LCPN-HR	LAB H-17 -33	LAB H-17-55	LAB H-17 -60	LAB H-17-75
%HR	HR				
33,0	0,41	0,8	0,1	-0,1	-0,15
59,0	0,87	0,7	0,8	3,3	-1,00
75,0	0,63	0,9	0,7	2,9	-0,94

Tabla 3. Error promedio, E, obtenido en cada punto.

Gráfico 3. Individuales Error de cada participante con LCPNR-HR



Curvas de error, E, de todos los laboratorios (33,59 y 75) %HR.

El siguiente gráfico muestra las curvas del error encontradas por cada uno de los laboratorios participantes.

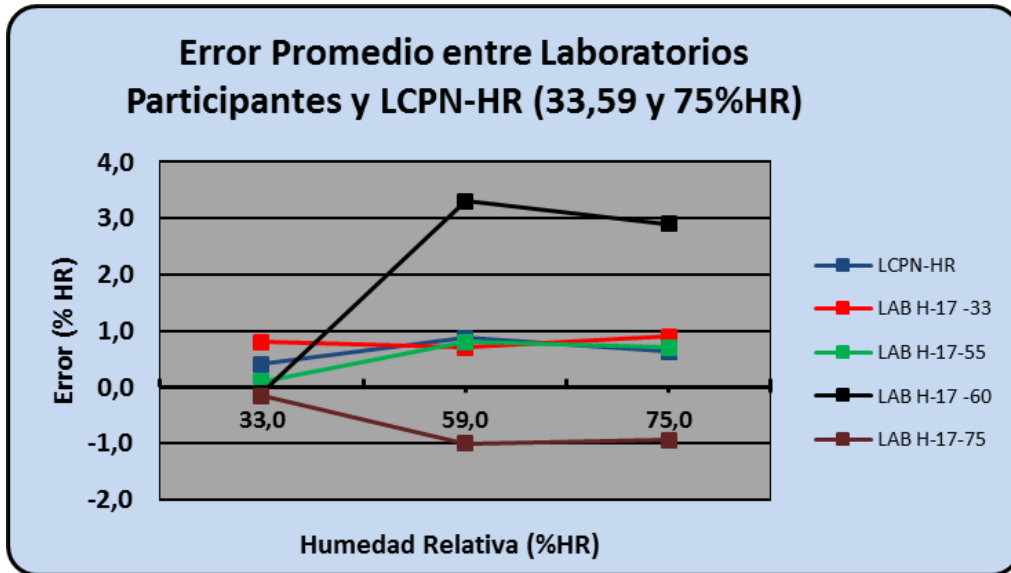


Grafico 4. Error promedio entre laboratorios en 33,59 y 75 % HR.

La siguiente tabla nos indica la incertidumbre de cada laboratorio participante.

Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios					
	LCPN-HR	LAB H-17 -33	LAB H-17-55	LAB H-17 -60	LAB H-17-75
%HR	HR				
33,0	0,57	4,50	0,8	5,8	6,40
59,0	1,04	4,50	1,4	5,8	6,40
75,0	1,21	5,00	1,5	5,8	6,42

Tabla 4. Datos de la incertidumbre expandida, U, obtenidos por los participantes.

Con la tabla anterior se representa las siguientes graficas:

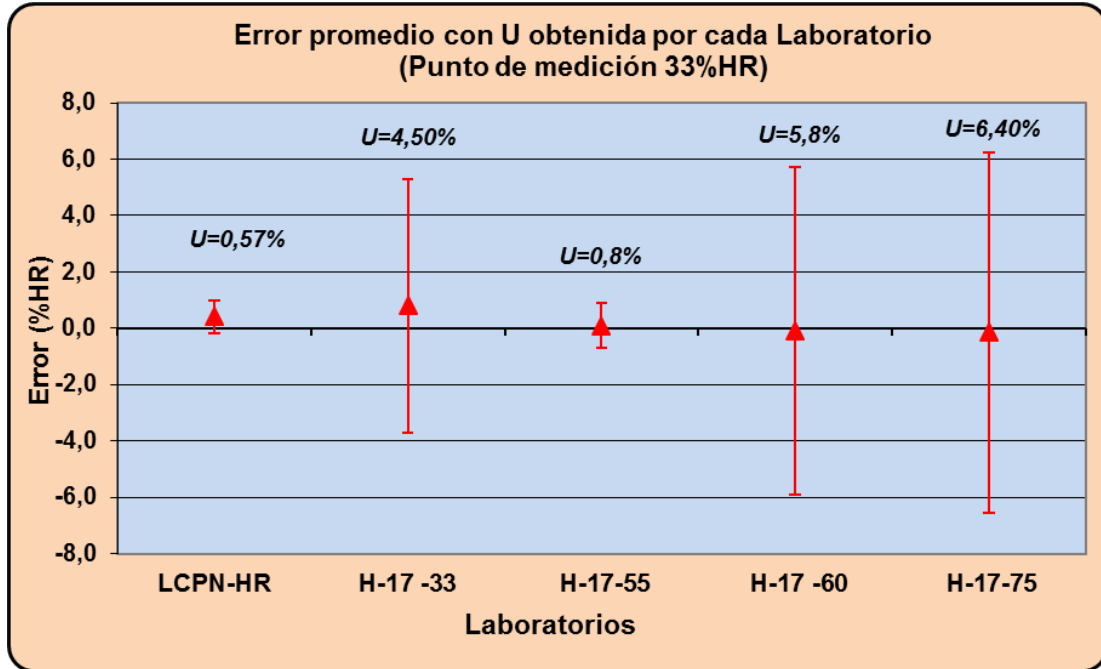


Grafico 6. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (33% HR).

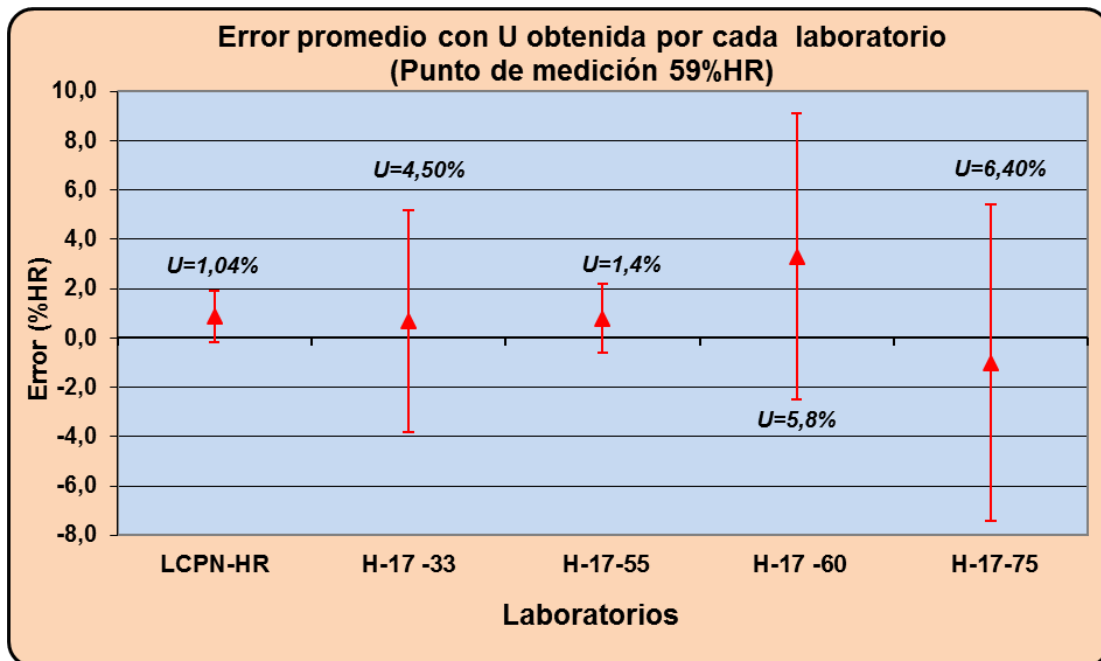


Grafico 7. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (59%HR).

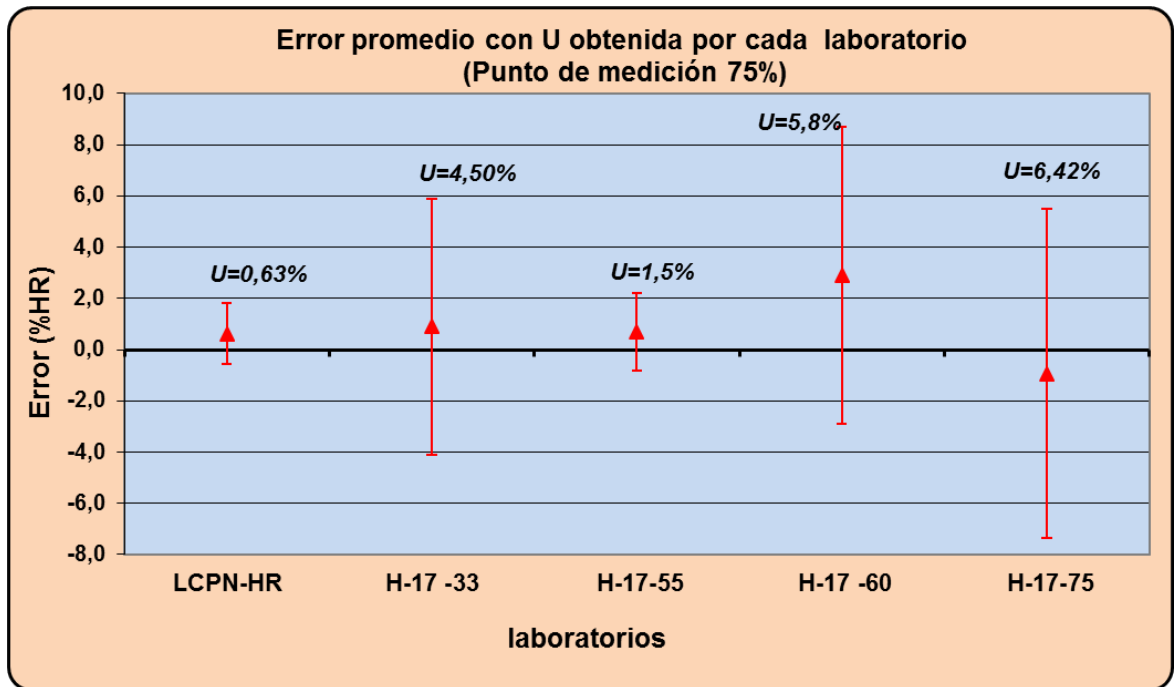


Grafico 8. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (75%HR).

Evaluación de los resultados

Valores 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 la adecuada definición de estos valores de referencia se consideraron las particularidades más importantes de esta comparación.

Desempeño de los laboratorios

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron, mediante el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación que se da a continuación, que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

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

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

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

U_{lab} = U expandida ($k=2$) del error de la medición del laboratorio participante.

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

El Error Normalizado determina el desempeño para los valores obtenidos donde:

$$|E_n| \leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio}$$

$$|E_n| > 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio}$$

La tabla 5 es una presentación esquemática de los errores normalizados (E_n), de los laboratorios participantes.

Tabla de Error Normalizado (E_n)				
VALOR NOMINAL HR	H-17 -33	H-17-55	H-17 -60	H-17-75
33,0	0,09	0,32	0,09	0,09
59,0	0,04	0,04	0,41	0,29
75,0	0,05	0,04	0,38	0,24

Tabla 5. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes
(Los cálculos han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

Gráficos de Error Normalizado

Los siguientes gráficos muestran las curvas de los errores normalizado obtenido por cada laboratorio participante correspondientes a los datos presentados en la **Tabla 5**.

Gráfico 9. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante.

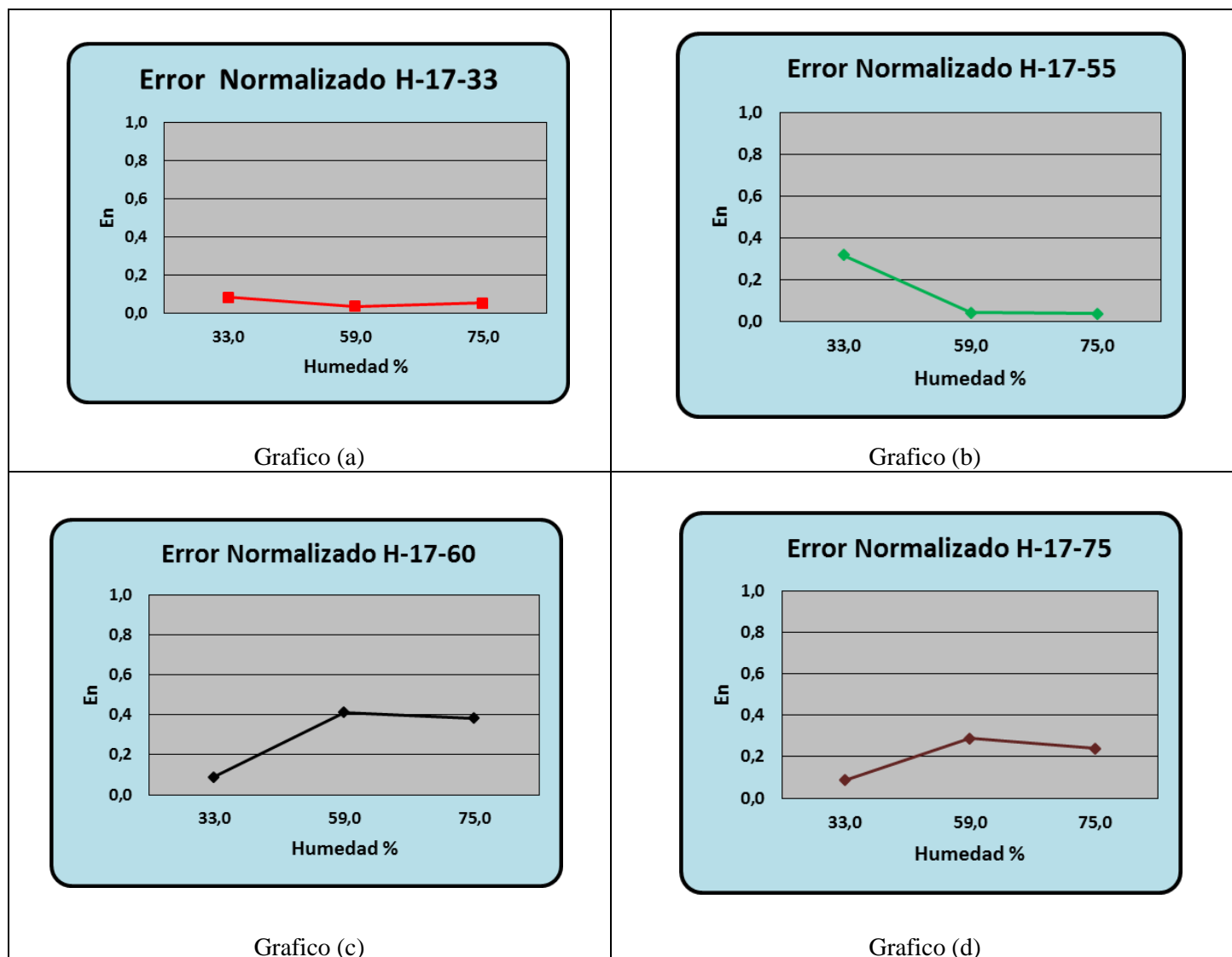
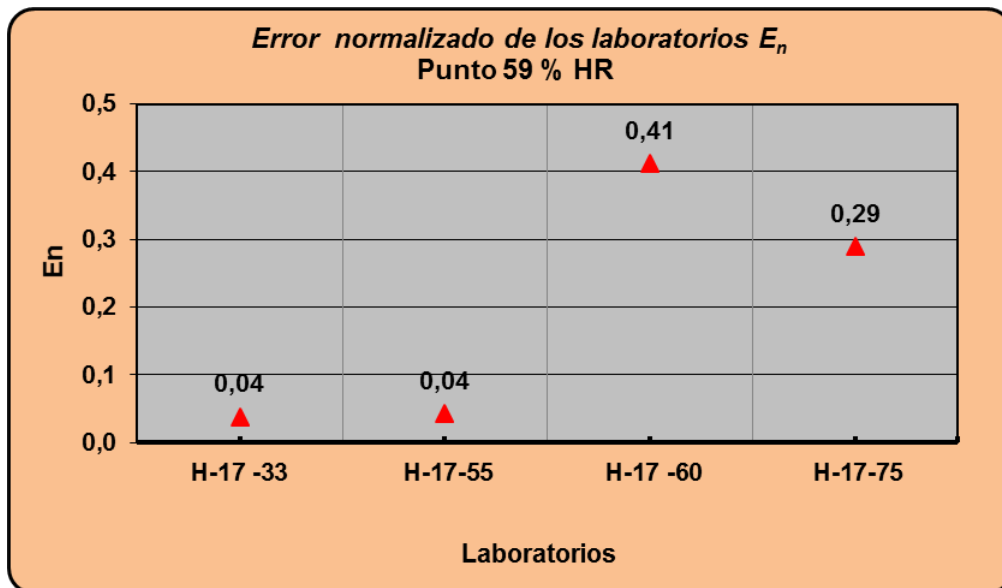
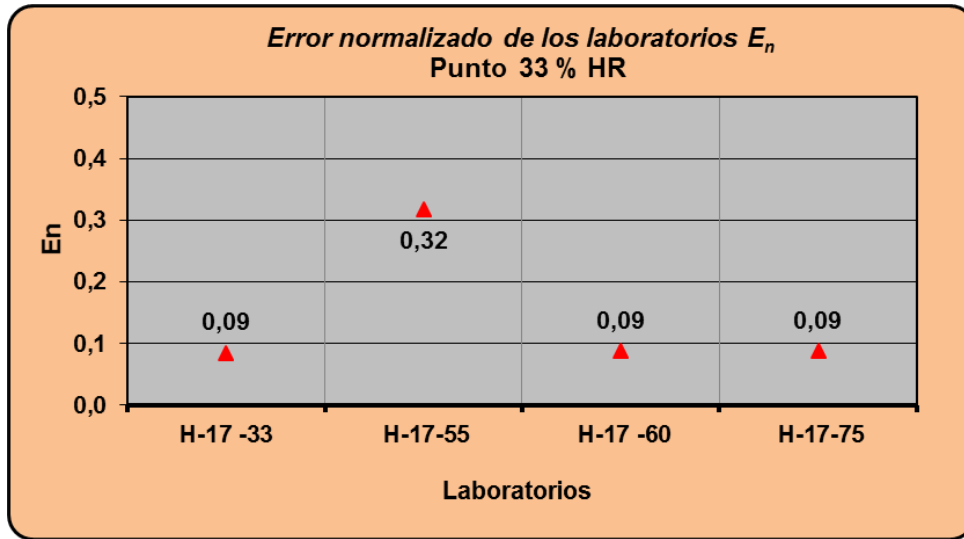


Gráfico 10. Errores normalizados individuales de cada laboratorio participante de acuerdo a Cada punto de calibración.



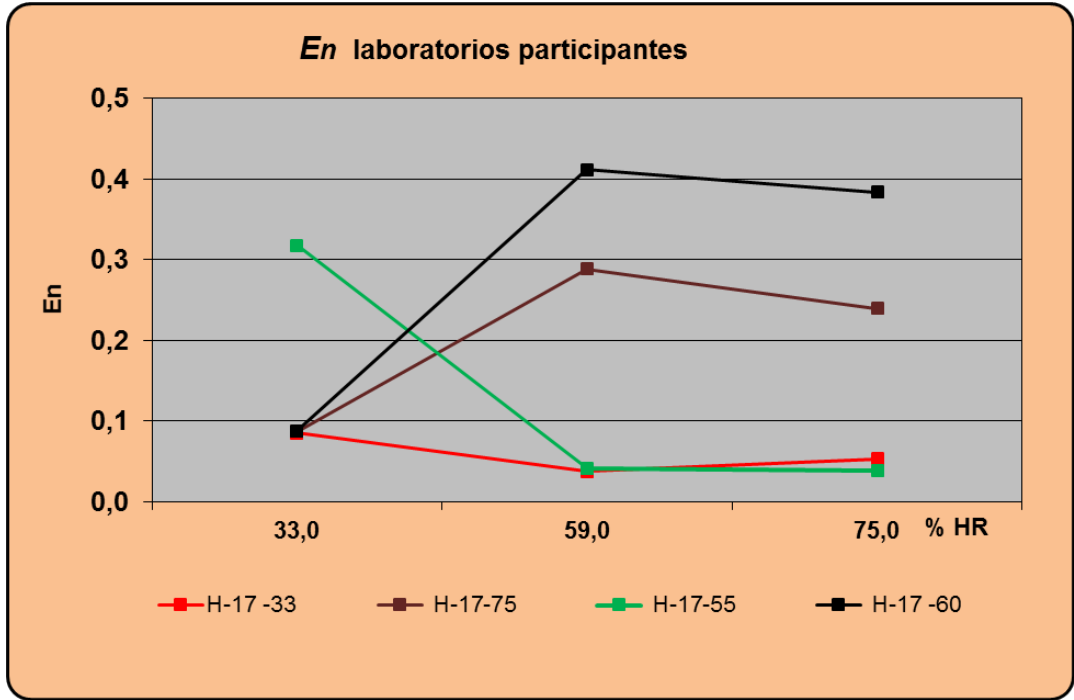
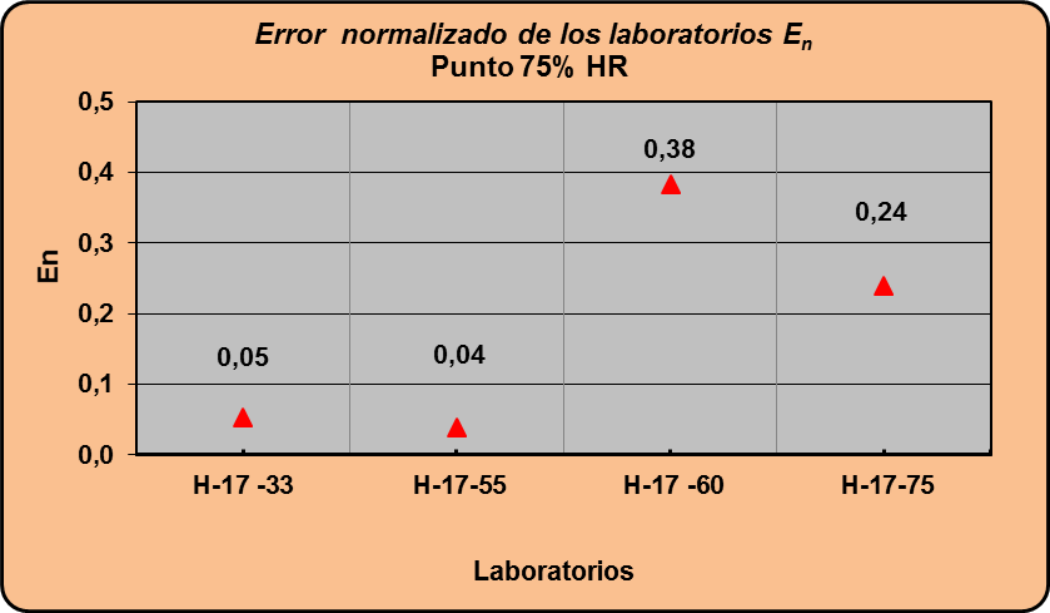


Gráfico 11. Errores normalizados de todos los laboratorios.

DERIVA DEL PATRON VIAJERO

El laboratorio designado de la magnitud Humedad Relativa (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón de comparación al calibrarlo en 3 oportunidades en tres fechas distintas.

Las calibraciones realizadas durante el periodo de la comparación muestran una buena estabilidad del instrumento a corto plazo.

Esto se puede ver claramente en la gráfico 1, donde las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas con pequeñas variaciones de humedad relativa, también muestra la deriva del patrón, la cual se presenta como una disminución de la lectura del patrón de comparación con respecto al tiempo.

La incertidumbre por deriva se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$U_{\text{deriva}} = S / N^{1/2}$$

S = Desviación estándar de los errores promedio obtenidos en las calibraciones realizadas por LCPNR-HR, ENAER Chile.

N = Número de mediciones realizadas por LCPNR-HR.

Este estudio demuestra la confiabilidad y estabilidad del instrumento utilizado como patrón viajero para los efectos y fines de esta comparación.

CONCLUSIONES

De los resultados que obtuvo el laboratorio piloto en las diferentes calibraciones, se puede observar:

MCM. La mejor capacidad de medición de los participantes son concordantes en la mayoría de los casos entre la MCM y los resultados enviados.

El participante H-17-55 obtuvo un buen desempeño en sus mediciones pero se observa una sub-estimación de incertidumbres atribuibles a gradiente; estabilidad y coeficiente de Humedad por temperatura.

El participante H-17-75 debe revisar su procedimiento de Calibración debido a que existe confusión de conceptos, en el formato indica error y entrega como resultado corrección.

Respecto de las incertidumbres informadas, el resultado de este ensayo indica que deberían tender a estar cercanas al 4.5%HR

Error Normalizado. Los resultados que obtuvieron los participantes en esta comparación mostraron concordancia entre 4 laboratorios de acuerdo al criterio de la ecuación del error normalizado.

De los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ejercicio "Ronda H-18" integrantes de la RNM de Chile, se obtiene el siguiente Resultado:

- un 100% tienen un resultado concordante y satisfactorio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación de los 4 laboratorios Participantes del ensayo de aptitud H18 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 8°edition, 2006.
- (3) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPN-R-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.