



RED NACIONAL DE METROLOGIA

**UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES NACIONALES
MAGNITUD FLUJO LÍQUIDO**

INFORME FINAL INTER-COMPARACION NACIONAL

FL-15

**ENSAYO DE APTITUD – CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO
ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO”**

Año 2015

PROGRAMA

1. Introducción
2. Nombre del Programa
3. Objetivo
4. Manejo de la información
5. Alcance instrumento a calibrar
6. Generalidades de la intercomparación
7. Generalidades procedimiento de Calibración de Flujómetro Tipo Electromagnético en Ducto Cerrado
8. Presentación de resultados
9. Evaluación estadística
10. Resultados de ~~la Intercomparación~~ [Ensayo de Aptitud](#), comentarios y conclusiones

COMPARACION NACIONAL DE FLUJO LÍQUIDO – ENSAYO DE APTITUD CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO

El presente informe tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos en la Comparación Nacional de Flujo Líquido año 2015, correspondiente al Ensayo de Aptitud Calibración de Flujo Líquido tipo Electromagnético en ducto cerrado, denominada con el código FL-15. Participaron en este ejercicio 01 laboratorio y Calibraciones Industriales S.A. (CISA), el cual fue el laboratorio piloto (LP).

1. INTRODUCCION

La magnitud flujo líquido está asignada al Laboratorio ~~Referencia Nacional~~ de Flujo Líquido, ~~a cargo~~ de Calibraciones Industriales S.A., integrante de la Red Nacional de Metrología coordinada por el INN, este laboratorio está encargado de la diseminación ~~correcta~~ de esta magnitud y dar a la cadena de trazabilidad los niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades del país.

Esta actividad se inserta en el compromiso de los Laboratorios Designados – LD - [Custodios de los Patrones Nacionales] de distintas magnitudes, integrantes de la Red Nacional de Metrología [RNM], en cuanto a organizar inter-comparaciones [Ensayos de Aptitud] a nivel nacional. ~~El INN tiene delegadas por el MINECON las funciones de coordinación y supervisión de la RNM.~~

El objetivo principal de un ensayo de aptitud es proveer una herramienta de aseguramiento de la calidad, consistente en que cada laboratorio pueda comparar su desempeño con el de otros laboratorios similares, lo que permite verificar deficiencias y aplicar en consecuencia las necesarias acciones correctivas y lograr mejoras.

Durante la evaluación para la acreditación, cada laboratorio debe demostrar su competencia de acuerdo con la norma NCh-ISO 17025. Of 2005 Requisitos Generales para la Competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo, esta actividad está orientada a laboratorios de ensayos y calibración, proveedores de flujómetros, los que realizan la calibración de flujómetros electromagnético en ducto cerrado.

En el marco de funcionamiento de la red, se realizará una comparación con el fin de estimar los niveles de concordancia para la realización de la “**CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO**”.

~~Este documento presenta los lineamientos generales y procedimiento con que se realizó esta actividad.~~

2. NOMBRE DEL PROGRAMA

Intercomparación Nacional “Ensayo de Aptitud - CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO

3. OBJETIVO

Conocer la capacidad de medición en la magnitud flujo líquido/volumen de los proveedores de calibración de flujómetros / laboratorios de calibración y ensayo, en adelante “Participantes”. La que se conocerá mediante la comparación de los niveles de error e incertidumbres determinados en el ejercicio. El ID-FL, en adelante será llamado

“Laboratorio Piloto” (LP).

4. MANEJO DE LA INFORMACION

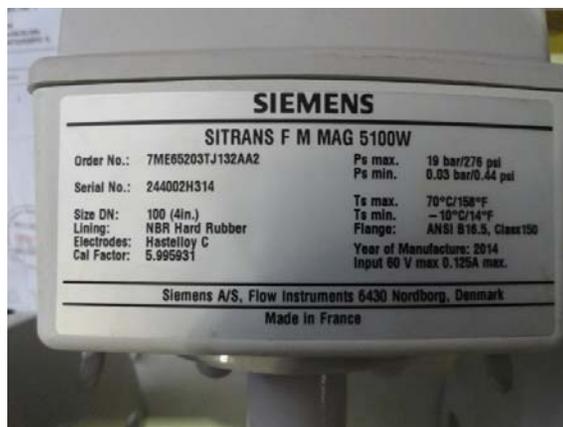
Acorde con los principios de funcionamiento de las rondas de intercomparación establecidos en la [NCh-ISO 17043:2011](#) ~~Guía ISO/IEC 43~~, los resultados obtenidos por cada/el participante serán **anónimos**, para cuyos efectos el coordinador procederá a asignar a cada laboratorio un código que sólo será conocido por el participante y el coordinador.

Los resultados, serán comunicados en forma individual, sin embargo, tanto el nombre del participante como los resultados globales, serán de conocimiento público.

5. ALCANCE, INSTRUMENTO A CALIBRAR.

El instrumento a medir en la comparación, en adelante **MUT**, es el que a continuación se individualiza:

- Descripción : Flujómetro Electromagnético Compacto
- Marca : Siemens
- Modelo : Sx: Sitrans FM MAG 5100W - Tx: Sitrans FM MAG 6000
- Serie : Sx: 244002H314 / Tx: N1E7250154
- DN : NPS4"/DN100 mm ANSI 150



Notas:

- Las pruebas fueron realizadas usando agua potable fría.
- El flujómetro (**MUT**) es propiedad del Laboratorio Piloto (LP).

6. GENERALIDADES DE LA INTERCOMPARACION

El objeto de comparación fue trasladado vía transporte convencional y embalado apropiadamente



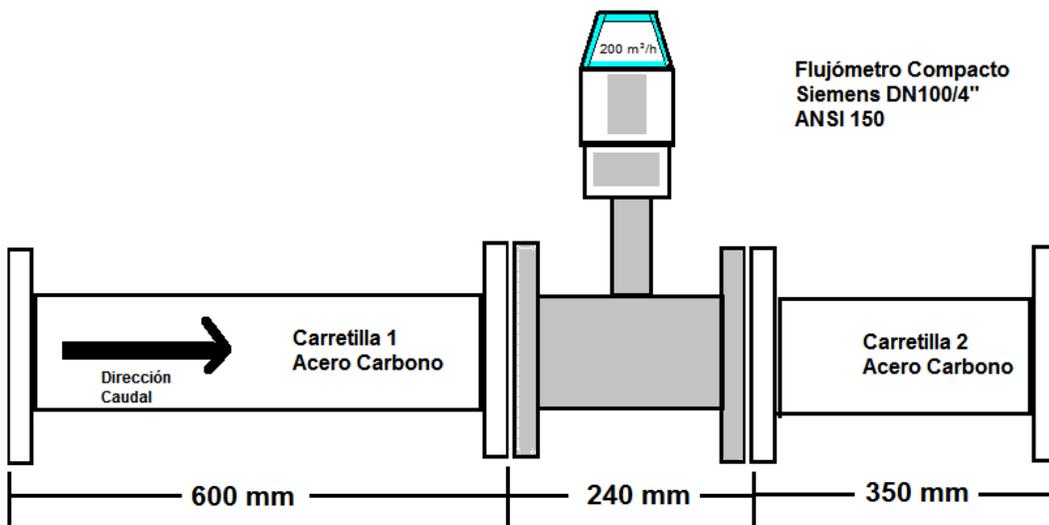
Figura 1: Carretillas



Figura 2: MUT

Figuras 1 y 2: Detalles embalaje MUT y sus respectivas “carretillas”.

“Carretillas”: son tuberías agua arriba y aguas abajo enviadas por el LP, para ser conectadas al del flujómetro MUT, lo anterior es para evitar problemas con la diferencias en el diámetro interior de tuberías y afecte el perfil de caudal.



Las actividades relacionadas con la intercomparación tuvieron los siguientes lineamientos para su realización:

La coordinación fue asumida por la Unidad de Coordinación y Supervisión de la RNM del INN, a través del Sr. Gerardo Gonzales, teléfono (2) 2445 8831, fax (2) 2441 0429, e-mail: gerardo.gonzalez@inn.cl, quién asignó al participante un código, que fue conocido sólo por ambos.

El Coordinador realizó las siguientes funciones:

- Recopiló los resultados obtenidos por los participantes de la intercomparación y los enviará al Laboratorio Piloto, para su análisis.
- Entrega a los participantes el informe de la intercomparación preparado por el Laboratorio Piloto.

El [LD-FL-ID-FL](#) [Laboratorio de Referencia] en donde el MUT fue calibrado inicialmente, es el Laboratorio Designado como el Patrón Nacional de la Magnitud Flujo Líquido [[ID-FL](#)], (Laboratorio Piloto, LP), teléfono (57) 2422750; fax (57) 2416366; El Jefe del Laboratorio Designado y responsable técnico de esta intercomparación, es la Srta. Jeny Vargas Angel. e-mail: j.vargas@ci-sa.com

- El **MUT** fue suministrado por el Laboratorio Piloto y fue calibrado por este al inicio y término de la intercomparación. El transporte del instrumento, según el programa y ruta establecida, fue de cargo y responsabilidad de cada participante.
- El **MUT** fue calibrado en cinco puntos; **200 m³/h, 150 m³/h, 100 m³/h, 50 m³/h y 20 m³/h**. Por cada punto de calibración se deberán realizar 5 repeticiones; ver Instructivo Anexo 1.

Nota: Por un error en la planilla sugerida, el valor de caudal 50 m³/h fue reemplazado por 60 m³/h; se tomará este valor como caudal de prueba en vez de 50 m³/h.

- El Laboratorio Piloto se encargó de analizar los resultados de la comparación, los que posteriormente fueron enviados al Coordinador (INN).
- Cada participante nombrará a la persona que será responsable de la intercomparación en su institución.

Nota: Al participar 1 sólo laboratorio en este ejercicio, la devolución fue directa al LP.

- El **MUT** no sufrió daño alguno durante la intercomparación.

Tabla 1: Cronograma

N°	Laboratorio	Fecha Programada	Fecha Ensayo
1	Piloto	17 al 28 /08/15	27/08/15
2	FL-15	30/08/15 al 11/09/15	15/10/15
4	Piloto	14 al 30 /09/14	03/11/15

Tabla 1: Cronograma

Nota: Se produjeron retrasos debido a que el participante solicitó realizar ensayo después que el [ID-FL](#) haya calibrado su patrón.

7. GENERALIDADES, PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO”

El **MUT** de la comparación fue tratado en su totalidad como un flujómetro electromagnético compacto.

La instalación del **MUT** en la línea de prueba debe satisfacer los requerimientos especificados en el Anexo IV, VIII - A y VIII – B del protocolo

Se debe asegurar que el todo el sistema de medición (**MP + MUT + Accesorios**) deben

ser instalados en la posición recomendada por el fabricante, purgando durante su instalación el aire existente en tuberías y sistema de medición.

La temperatura de referencia para las mediciones serán las condiciones existentes al momento de la medición y éstas deben ser registradas; máximas y mínimas en temperatura (°C) y % humedad relativa.

La manipulación del **MUT** y **MP** debe ser realizada cuidando en todo momento la integridad de los equipos.

El laboratorio participante debió realizar la calibración de acuerdo a sus procedimientos internos en el marco de la acreditación bajo la NCh-ISO-17025.

Además, en el marco de la instrucción anterior, se deberá tener especialmente presente:

La instalación del equipo en la línea de prueba debió satisfacer los requerimientos especificados por el fabricante; para ello el piloto dispuso de las carretillas aguas arriba y agua abajo del flujómetro. Se adjuntó manual del fabricante.

Las mediciones fueron ejecutadas después de un periodo de ambientación mínimo de 30 minutos (agua recirculando a través del flujómetro).

Se sugirió que el informe de los resultados se haga sobre el formato del Anexo VI.

Formato anexo VI: “Certificado de Calibración”, se deben indicar los errores promedios e incertidumbre por cada prueba de caudal. Los participantes realizarán los cálculos de error acuerdo al Anexo V (sugerido) y tomando como referencia la forma de cálculo de incertidumbre sugerida del Anexo VII. Estas planillas **deben** ser entregadas para revisión de cálculos de los participantes

8. PRESENTACION DE RESULTADOS

8.1 Resultados enviados por el participante FL-15

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	200	0,98	0,49	0,37
2	150	0,72	0,48	0,37
3	100	0,72	0,72	0,37
4	60	0,70	1,18	0,37
5	20	0,40	2,06	0,37

Tabla 2

8.2 Resultados del Laboratorio Piloto LP

Calibración al comienzo de la Ronda

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error % (Lectura)	Incert +/-%
1	200	0,08	0,15
2	150	0,29	0,15
3	100	-0,03	0,15
4	60	-0,15	0,15
5	20	-0,23	0,15

Tabla 3

Calibración al final de la Ronda

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error % (Lectura)	Incert. ±%
1	200	0,06	0,16
2	150	-0,06	0,15
3	100	-0,02	0,15
4	60	-0,16	0,15
5	20	-0,19	0,16

Tabla 4

Nota: Se detecta variación del comportamiento del error del caudal en el punto 150 m³/h. Se vuelven a repetir la calibración 3 veces más para confirmar el error (instalando y desinstalando flujómetro cada vez). La tabla siguiente muestra el promedio de los errores de la calibración inicial y las finales (4 veces repetida).

Error e Incertidumbre Final del Laboratorio Piloto

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio % Lectura	Incert +/-%
1	200	0,07	0,22
2	150	0,11	0,21
3	100	-0,02	0,21
4	60	-0,16	0,21
5	20	-0,21	0,22

Tabla 5

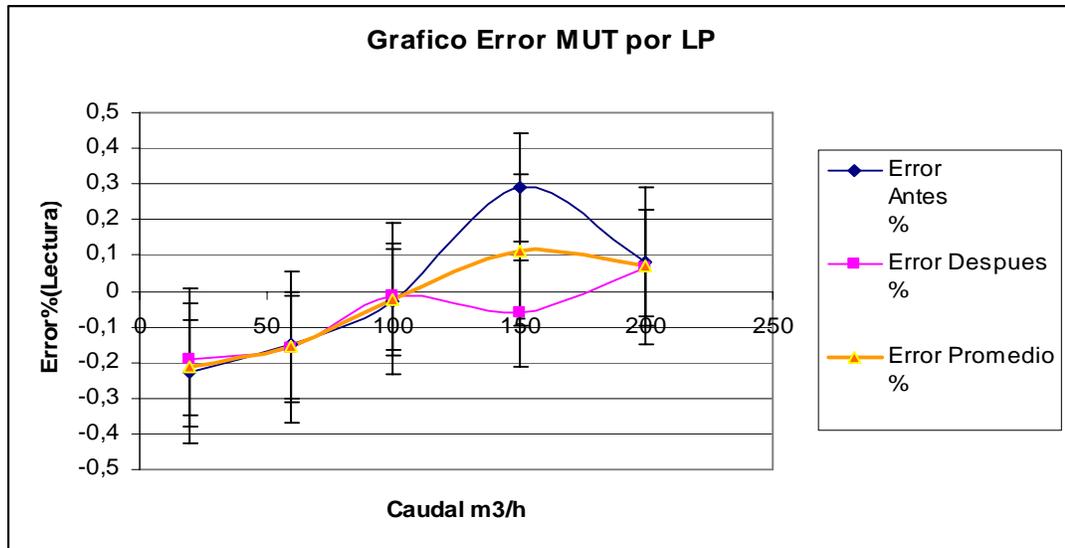


Gráfico 1

8.3 Cálculo de Incertidumbre

Incertidumbre: Resultado de la evaluación, que tiene por objeto la caracterización de un intervalo dentro del cual se estima que se encuentra el valor real del mensurando, generalmente con una probabilidad dada.

Para el cálculo de la incertidumbre, se sugirió como mínimo considerar las siguientes contribuciones:

- Incertidumbre por desvío estándar del Error del MUT (u_A)
- Incertidumbre del MP, (u_{MP})
- Incertidumbre de la resolución del MP (u_{Res_MP})
- Incertidumbre de la resolución del MUT (u_{Res_MUT})

$$U_T (\%) = 2 \cdot \sqrt{(u_A)^2 + (u_{Res_MUT})^2 + (u_{Res_MP})^2 + (u_{MP})^2}$$

Expresión Incertidumbre desvío estándar del Error de MUT (%)

$$\text{Media: } \bar{x}(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$\text{Desvío Estándar: } s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

La incertidumbre estándar debido a efectos aleatorios es entonces

$$u_A = \frac{s(x)}{n} = s(\bar{x})$$

Expresión Incertidumbre de la Resolución del MUT (%)

$$u_{Res_MUT} (\%) = \frac{Re s_{MUT}}{2 \cdot \sqrt{3}} * \frac{100}{V_{MUT}}$$

Donde:

$u_{Res_MUT} (\%)$: Incertidumbre debida de la resolución del MUT (%)

V_{MUT} : Volumen acumulado por el MUT (en m³)

$Re s_{MUT}$: Resolución adoptada del MUT (0,0001 m³)

Expresión Incertidumbre de la Resolución del MP (%)

$$u_{Res_MP}(\%) = \frac{Res_{MP}}{2 \cdot \sqrt{3}} * \frac{100}{V_{MP}}$$

Donde:

$u_{Res_MP}(\%)$: Incertidumbre debida de la resolución del MP (%)

V_{MP} : Volumen acumulado por el MP

Res_{MP} : Resolución adoptada del MP

Expresión Incertidumbre del MP (%)

$$u_{MP}(\%) = \frac{U_{MP}}{k}$$

Donde:

$u_{MP}(\%)$: Incertidumbre del Patrón utilizado; dato de certificado de calibración

$k = 2$ (Factor de cobertura al 95%)

Expresión Incertidumbre combinada y expandida U_T (%)

$$U_T(\%) = 2 \cdot \sqrt{(u_A)^2 + (u_{Res_MUT})^2 + (u_{Res_MP})^2 + (u_{MP})^2}$$

Donde:

U_T : Incertidumbre combinada y expandida

Nota: Si el laboratorio de acuerdo a su sistema de calibración/ tipo de medidor patrón y sus procedimientos, considera necesario incorporar otras fuentes de incertidumbres, entonces éstas deben quedar incorporadas a los cálculos.

8.4 Resultados cálculo de error e incertidumbre del participante de la intercomparación FL-15

Cálculos de Error

De acuerdo a las planillas enviadas por el participante FL-15, se detectó en la planilla de cálculo del error, que no se realizó correctamente la corrección de la lectura de su patrón, es decir, por definición la corrección es igual al negativo del error sistemático estimado (certificado de calibración):

$$\text{Corrección} = \text{Error} \times (-1)$$

Por tanto

$$\text{Lectura Patrón Corregida} = \text{Lectura Patrón} + \text{Corrección} \quad \text{o bien}$$

$$\text{Lectura Patrón Corregida} = \text{Lectura Patrón} - \text{Error}$$

De unas de las celdas de cálculo se tiene la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen Acumulado Patrón Corregido MPC} = ((C10 * \text{Cert. Cal.} - \text{Interp}'! \$N\$3) / 100) + C10$$

Como se observa, no se encuentra el signo negativo en el **error**.

Cálculo de Incertidumbre

- Respecto a los cálculos de incertidumbre no se detectaron errores en formulas o cálculos realizados.
- Los cálculos de la incertidumbre realizados por el participante FL-15, coincide con los cálculos chequeados por el LP.
- Los valores de incertidumbres calculados son menores a la incertidumbre indicada en el certificado de calibración emitido, por tanto se consideraran correctos el uso si este valor de incertidumbre es la acreditada (mejor capacidad de medición declarada)

9. EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

El desempeño del laboratorio fue evaluado de acuerdo al índice de error normalizado. **Para realizar la evaluación sólo serán considerados los laboratorios que calculen de forma correcta la incertidumbre de medición en caso contrario se les comunicará oficialmente al laboratorio que sus resultados no serán incorporados en el informe.**

A los laboratorios participantes se les evaluará mediante el uso del error normalizado, el cual es un criterio especificado en la NCh-ISO 17043 'Ensayos de aptitud mediante comparaciones interlaboratorio – Parte 1: Desarrollo y operación de los programas de ensayos de aptitud'. Dicho error normalizado es calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_n = \frac{|LAB - REF|}{\sqrt{U_{LAB}^2 + U_{REF}^2}}$$

E_n: Error Normalizado
LAB: Resultado del laboratorio participante.
REF: Resultado del laboratorio de referencia.
U_{LAB}: Incertidumbre expandida reportada por el laboratorio participante.
U_{REF}: Incertidumbre expandida reportada por el laboratorio de referencia.

Dónde:

- $|E_n| < 1,0$: desempeño satisfactorio, no genera acción.
- $|E_n| = 1,0$: desempeño cuestionable, genera acción preventiva.
- $|E_n| > 1,0$: desempeño insatisfactorio, genera acción correctiva.

Resultados de la evaluación estadística, de acuerdo a los resultados entregados por el participante FL-15:

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio Piloto %	Error Promedio FL-15 %	Incert. Piloto ±%	Incert FL-15 ±%	En	Evaluación
1	200	0,07	0,49	0,22	0,37	0,97	Cuestionable
2	150	0,11	0,48	0,21	0,37	0,86	Satisfactorio
3	100	-0,02	0,72	0,21	0,37	1,75	Insatisfactorio
4	60	-0,16	1,18	0,21	0,37	3,14	Insatisfactorio
5	20	-0,21	2,06	0,22	0,37	5,28	Insatisfactorio

Tabla 6

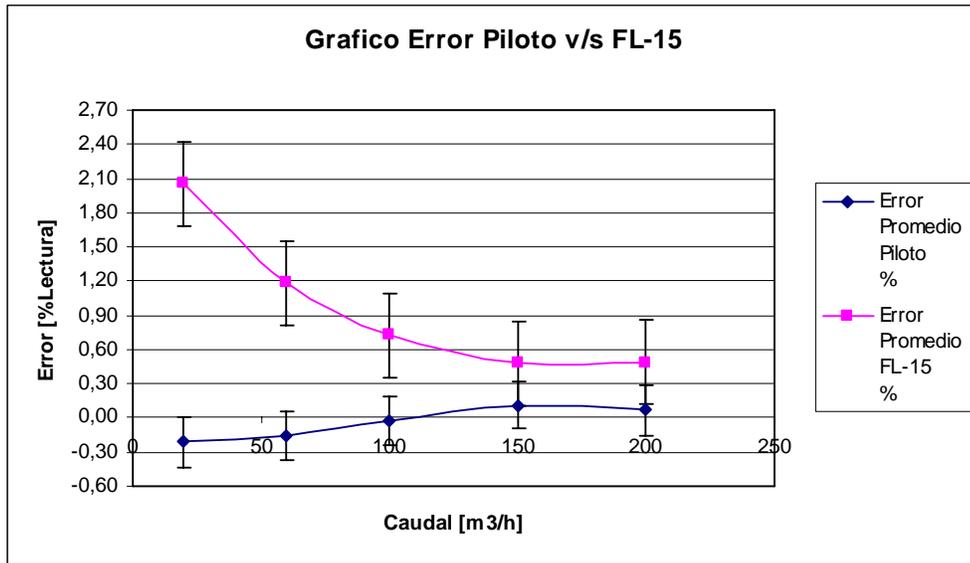


Gráfico 2

PUNTO 200 m³/h

Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	0,07	0,22		
FL-15	0,49	0,37	0,97	Cuestionable

Tabla 7 y grafico 3: Resultados de la calibración pto. 200 m³/h

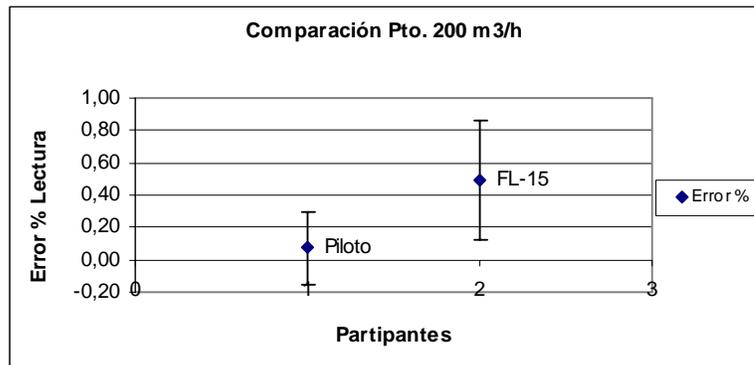


Gráfico 3

PUNTO 150 m³/h

Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	0,11	0,21		
FL-15	0,48	0,37	0,86	Satisfactorio

Tabla 8 y grafico 4: Resultados de la calibración pto. 150 m³/h

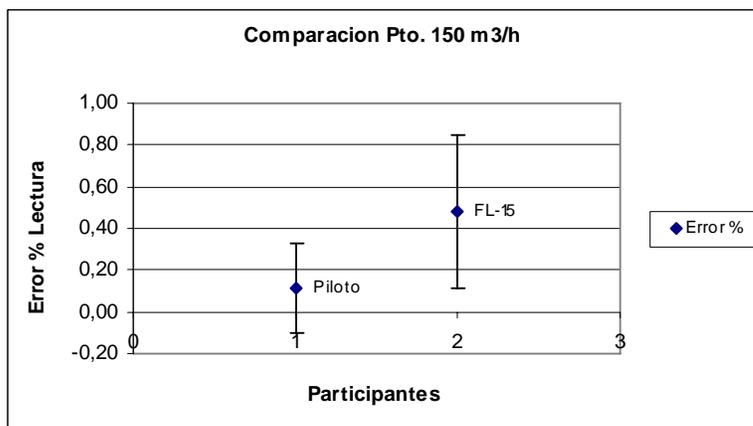


Gráfico 4

PUNTO 100 m³/h

Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	-0,02	0,21		
FL-15	0,72	0,37	1,75	Insatisfactorio

Tabla 9 y grafico 5: Resultados de la calibración pto. 100 m³/h

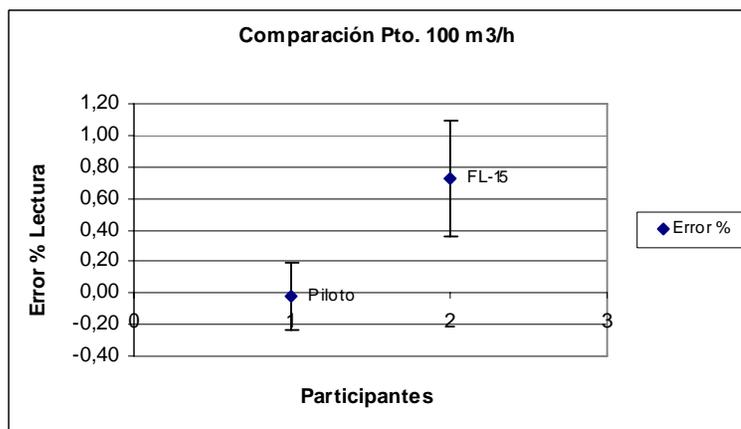


Gráfico 5

PUNTO 60 m³/h

Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	-0,16	0,21		
FL-15	1,18	0,37	3,14	Insatisfactorio

Tabla 10 y grafico 6: Resultados de la calibración pto. 60 m³/h

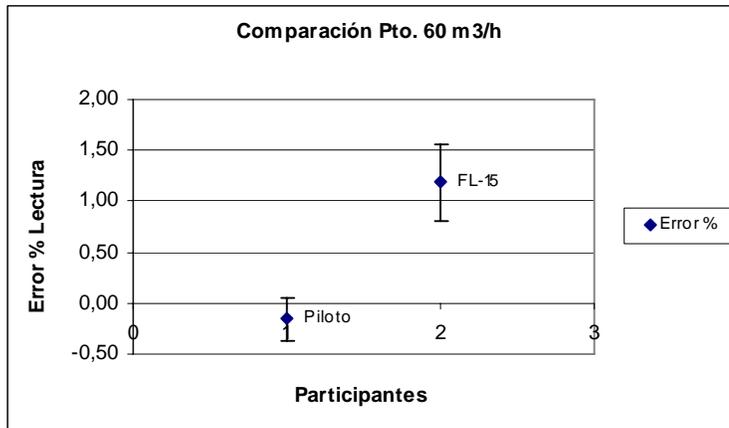


Gráfico 6

PUNTO 20 m³/h

Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	-0,21	0,22		
FL-15	2,06	0,37	5,28	Insatisfactorio

Tabla 11 y grafico 7: Resultados de la calibración pto. 20 m³/h

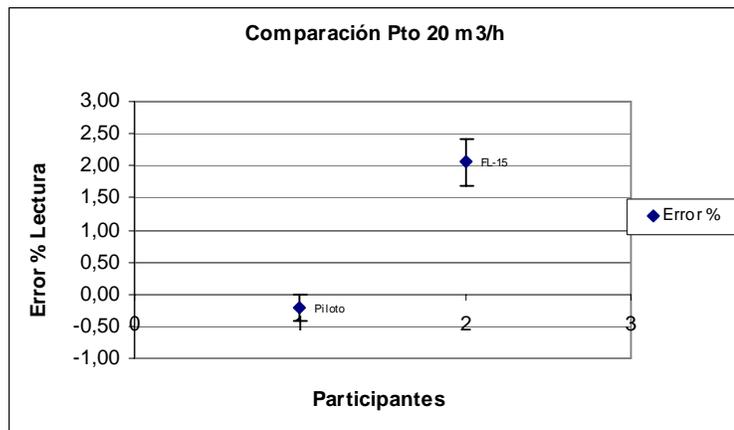


Gráfico 7

10 RESULTADOS DE LA INTERCOMPARACIÓN, COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

- Se detecta una variación importante en el error del caudal en 150 m³/h de nuestro MUT, razón por la cual se le hizo un seguimiento durante 2 semanas, montando en la línea de prueba, calibrándolo y desmontándolo de la línea de prueba cada vez, de manera de evaluar la reproducibilidad de los resultados.
- Por un error en la planilla sugerida se cambió el punto de calibración de 50 m³/h a 60 m³/h; lo anterior no afecta el análisis de los resultados.
- El LP entregó solo el valor del pulso y no el ancho del pulso; lo anterior provocó alguna demora en el comienzo del ejercicio del participante.
- El laboratorio participante FL-15 ha obtenido **1 resultado satisfactorio**, **1 resultado cuestionable** y **3 resultados insatisfactorios**.
- El participante en esta comparación determinó el error del MUT de acuerdo a lo que se indicaba en el Anexo IV, "Instructivo de Calibración-Calibración de Flujómetro Tipo Electromagnético en ducto cerrado.
- El participante cubrió el rango de calibración; flujo mínimo (20 m³/h) hasta máximo (200 m³/h), cinco puntos de calibración.
- El laboratorio participante envió las planillas de datos del Anexo V; con esta información se pudo chequear la forma de tratamiento de los datos de la calibración; tal como lecturas de los acumuladores (MP, MUT), correcciones, cálculo del caudal, cálculo del error relativo (%), cálculo de los promedios y desvío estándar e incertidumbres.

Cálculo del Error:

- Se observa que el participante FL-15 utilizó los errores del certificado para corregir el valor de lectura del Patrón. Cabe señalar que el valor del error en 20 m³/h no está incluido en el certificado de calibración de su patrón (DKD 00727); por tanto asumir el valor del error en 30 m³/h para 20 m³/h es erróneo ya que no se pueden extrapolar los errores.
- De acuerdo a las planillas de cálculo enviadas por el participante FL-15, se detectó en la planilla de cálculo del error, no se realizó correctamente la corrección de la lectura de su patrón, es decir, por definición la corrección es igual al negativo del error sistemático estimado (del certificado de calibración), por tanto la corrección es:

$$\text{Corrección} = \text{Error} \times (-1)$$

Cálculos de Incertidumbres:

- El participante realizó el cálculo de incertidumbre de acuerdo a lo sugerido en el Anexo VII. No se observan errores en formulas o cálculos.
- Los cálculos de la incertidumbre realizados por el participante FL-15, coincide con los cálculos chequeados por el LP.
- Los valores de incertidumbres calculados son menores a la incertidumbre indicada en el certificado de calibración emitido, por tanto se consideraran correctos el uso si este valor de incertidumbre es la acreditada (mejor capacidad de medición)
- No se consideraron en sus cálculos el aporte de incertidumbre del contador de pulsos.

Se recomienda:

- Aplicar en forma correcta la corrección de las lecturas del patrón y volver analizar los cálculos.
- Reevaluar el cálculo de incertidumbre incorporando los aportes del contador de pulsos y determinar si su aporte incrementa o no la incertidumbre de calibración.