



RED NACIONAL DE METROLOGIA

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

INFORME FINAL INTER-COMPARACION NACIONAL

FL-16

**ENSAYO DE APTITUD – CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO
ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO DN100**

Año 2016

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 Fluómetro 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 DN100

El presente informe tiene como objetivo presentar los resultados obtenidos en la Comparación Nacional de Flujo Líquido año 2016, correspondiente al Ensayo de Aptitud Calibración de Flujo tipo Electromagnético en ducto cerrado, denominada con el código FL-16. Participaron en este ejercicio 02 laboratorios 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 DN100”**.

Este documento presenta los lineamientos generales y procedimiento para la realización de esta actividad.

2. NOMBRE DEL PROGRAMA

Intercomparación Nacional “Ensayo de Aptitud - **CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO DN100**”

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 LD-FL, en adelante será llamado "Laboratorio Piloto".

4. MANEJO DE LA INFORMACION

Acorde con los principios de funcionamiento de las rondas de intercomparación establecidos en la NCh-ISO 17043:2011 "Evaluación de la conformidad - Requisitos generales para los ensayos de aptitud", los resultados obtenidos por cada 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 participantes enviaron al coordinador sus resultados, identificándose sólo con el código asignado, y serán consolidados por éste en una carpeta electrónica que enviará al Laboratorio Piloto. Los resultados individuales de cada laboratorio, serán comunicados en forma individual, sin embargo, tanto el nombre de los participantes como los resultados globales, serán de conocimiento público.

5. ALCANCE, INSTRUMENTO A CALIBRAR.

En esta comparación participaron proveedores de flujómetros, laboratorios de ensayo y calibración acreditados o en vías de acreditación por INN y el Laboratorio Piloto. El instrumento medido 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 : DN100 / NPS 4"0, ANSI 150
- Rango a calibrar : 15 m³/h a 50 m³/h
- Puntos calibración: 50, 42, 33, 24 y 15 m³/h (5 repeticiones por cada punto de calibración)



Foto 1: Vista frontal flujómetro



Foto 2: Detalle de la placa del transmisor



Foto 3: Vista lateral del MUT

Foto 4: Detalle de placa del sensor

Notas:

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

6. GENERALIDADES DE LA INTERCOMPARACIÓN

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

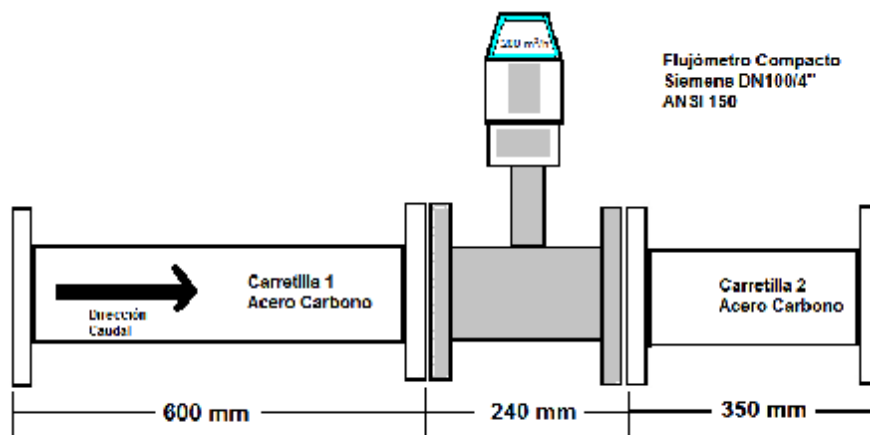


Foto 5: Vista carretillas



Foto 6: Vista flujómetro embalado

“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.



a) Patrón de calibración (**MP**): Sistema de Medición o Banco de Calibración Gravimétrico o Comparativo (Master Meter: Coriolis, Electromagnético, Turbina) o cualquier sistema de calibración que sea demostrable su trazabilidad por medio de un Certificado de Calibración. (**MP**)

b) Sistema de adquisición de datos capaz de poder recolectar los pulsos del **MUT**

Nota: Ninguno de los participantes tenía un sistema para recolectar pulsos del MUT

c) Sensor de temperatura y presión para tomar la temperatura de la línea y presión de prueba o circuito de agua (**MP y MUT**).

d) Cronómetro u otro sistema similar para registrar el tiempo de la prueba.

e) Condiciones ambientales: Deben indicarse las condiciones del recinto o el Laboratorio en las cuales se realizan las pruebas (Máximas y mínimas en Temperatura ambiente y Humedad Relativa).

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

La coordinación será asumida por la Unidad de Coordinación y Supervisión de la RNM del INN, a través del Sr. Gerardo González, teléfono (2) 2445 8831, e-mail: gerardo.gonzalez@inn.cl, quién asignará a cada participante un código, que será conocido sólo por ambos.

El Coordinador realizará las siguientes funciones:

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

El LD-FL [Laboratorio de Referencia] en donde el MUT fue calibrado inicialmente, es el Laboratorio Designado como el Patrón Nacional de la Magnitud Flujo Líquido [LD-FL], (Laboratorio Piloto, LP), teléfono (57) 2422750; (57) 2410024; 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 éste 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; **50 m³/h, 42 m³/h, 33 m³/h, 24 m³/h y 15 m³/h**. Por cada punto de calibración se realizaron 5 repeticiones; ver Instructivo Anexo IV.
- El Laboratorio Piloto fue el encargado de analizar los resultados de la comparación, los que posteriormente fueron enviados al Coordinador (INN).
- Cada participante nombró a la persona que fue responsable de la intercomparación en su institución.
- El **MUT** no sufrió daño alguno durante la intercomparación.

Tabla 1: Cronograma

N°	Laboratorio	Fecha Programada	Fecha Ensayo
1	Piloto	12/07/16	12/12/16
2	FL-16-23	25 al 29/07/16	12/08/16
3	FL-16-02	01 al 05/08/16	1,2,3 y 7/11/2016
4	Piloto	16 al 19/08/16	30/11/16

Tabla 1: Cronograma

Nota: Se produjeron retrasos debido a que un participante tenía una alta carga de trabajo.

7.- GENERALIDADES, PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE FLUJÓMETRO TIPO ELECTROMAGNÉTICO EN DUCTO CERRADO DN100

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

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.

Los laboratorios se deben limitar a 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 debió tener especialmente presente:

- La instalación del equipo en la línea de prueba debió satisfacer los requerimientos especificados por el fabricante; para ello el piloto dispondrá 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).

El informe de los resultados se hará 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 en formato Excel.

8. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

8.1 Resultados enviados por el participante FL-16-02

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	50	-1,02	0,026
2	42	-0,99	0,134
3	33	-0,67	0,039
4	24	-0,71	0,007
5	15	-0,55	0,010

Tabla 2

8.2 Resultados enviados por el participante FL-16-23

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	50	-0,09	-0,18	0,39
2	42	-0,29	-0,69	0,37
3	33	-0,12	-0,36	0,38
4	24	-	-	-
5	15	-	-	-

Tabla 3: Participante no presenta resultados para 24 m³/h y 15 m³/h

8.3 Resultados del laboratorio Piloto (LP)

Calibración al comienzo de la Ronda

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	50	-0,61	0,15
2	42	-0,55	0,15
3	33	-0,62	0,15
4	24	-0,64	0,15
5	15	-0,49	0,15

Tabla 3

Calibración al final de la Ronda

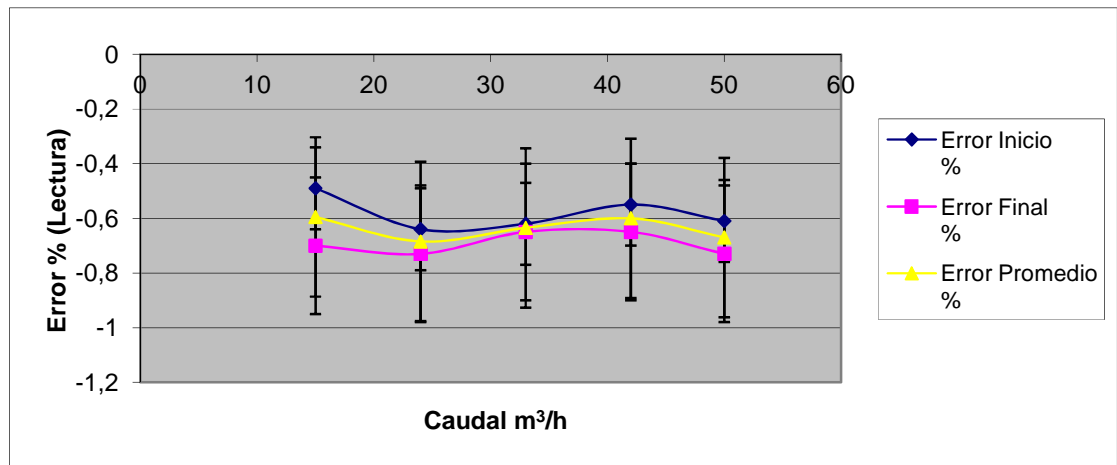
Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	50	-0,73	0,25
2	42	-0,65	0,25
3	33	-0,65	0,25
4	24	-0,73	0,25
5	15	-0,70	0,25

Tabla 4

Nota: Se detecta una pequeña deriva del patrón entre la calibración inicial y final. Se consideró este comportamiento en el segundo cálculo de incertidumbre (efecto de deriva en el flujómetro).

Error e Incertidumbre Final del Laboratorio Piloto

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio %Lectura	Incert +/-%
1	50	-0,67	0,29
2	42	-0,60	0,29
3	33	-0,64	0,29
4	24	-0,69	0,29
5	15	-0,60	0,29



8.4 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 sugiere 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 (%)

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

Dónde:

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

V_{MUT} : Volumen acumulado por el MUT (en m^3)

$Re s_{MUT}$: Resolución adoptada del MUT ($0,0001 m^3$)

Expresión Incertidumbre de la Resolución del MP (%)

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

Dónde:

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

V_{MP} : Volumen acumulado por el MP

$Re.S_{MP}$: Resolución adoptada del MP

Expresión Incertidumbre del MP (%)

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

Dónde:

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

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

Expresión Incertidumbre combinada y expandida U_T (%)

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

Dónde:

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.

8.5 Resultados cálculo de error e incertidumbre del participante FL-16-02

Cálculos de Error

De acuerdo a las planillas enviadas por el participante FL-16-02, se observa que calculó en forma correcta los errores del MUT.

Cálculo de Incertidumbre

- Respecto a los cálculos de incertidumbre no se detectaron errores en formulas, pero se detectaron inconsistencias respecto a las resoluciones reales del MUT (0,1 L) y el Patrón (5L),
- La incertidumbre del Patrón estaba en unidades de volumen y no se transformó a % (lectura), tal como los otros cálculos de incertidumbre presentados, por todo lo anterior los cálculos de incertidumbre realizados por el LP no coincidieron con el del participante.

8.6 Resultados cálculo de error e incertidumbre del participante FL-16-23

Cálculos de Error

De acuerdo a las planillas enviadas por el participante FL-16-23, se observa que calculó en forma correcta los errores del MUT.

Cálculo de Incertidumbre

- Respecto a los cálculos de incertidumbre no se detectaron errores en formulas, pero se detectaron inconsistencias respecto a las resoluciones reales del MUT, ya que al no utilizar la salida digital y usar la salida 4-20mA, se está limitado a lecturas de 0,01 mA del MUT (equivalente a caudal es 0,13 m³/h) y 0,001 mA del Patrón (Equivalente a 0,02 m³/h) y por tanto los cálculos de incertidumbre realizados por el LP no coincidieron con el del participante.

9 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA

Una manera para evaluar el desempeño de los laboratorios participantes, es mediante el uso del error normalizado, cuyo criterio se especifica en la NCh-ISO 17043 Evaluación de la conformidad – Requisitos generales para los ensayos de aptitud.

El error normalizado es calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

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

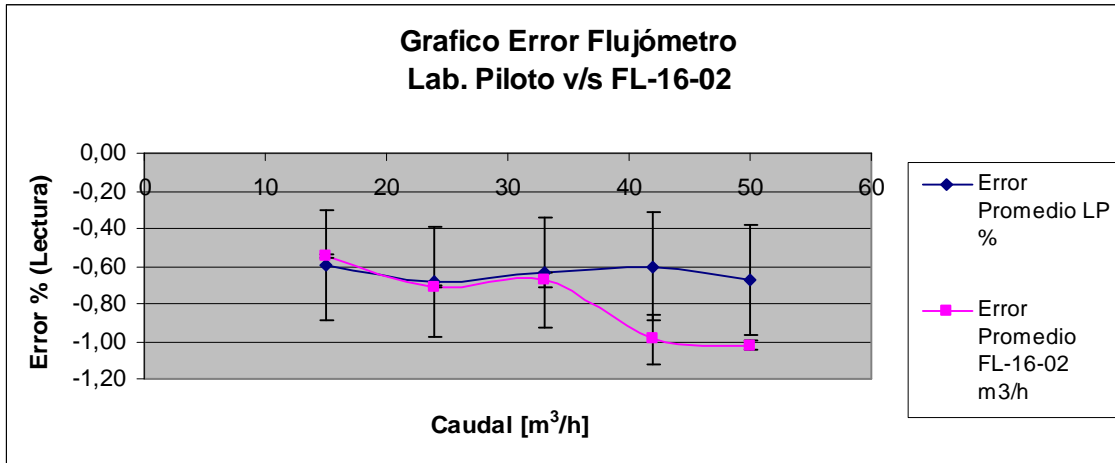
E_n : Error Normalizado
 x : Resultado del participante.
 X : Valor asignado.
 U_{LAB} : Incertidumbre expandida del resultado del laboratorio participante.
 U_{REF} : Incertidumbre expandida del valor asignado del laboratorio de referencia.

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.

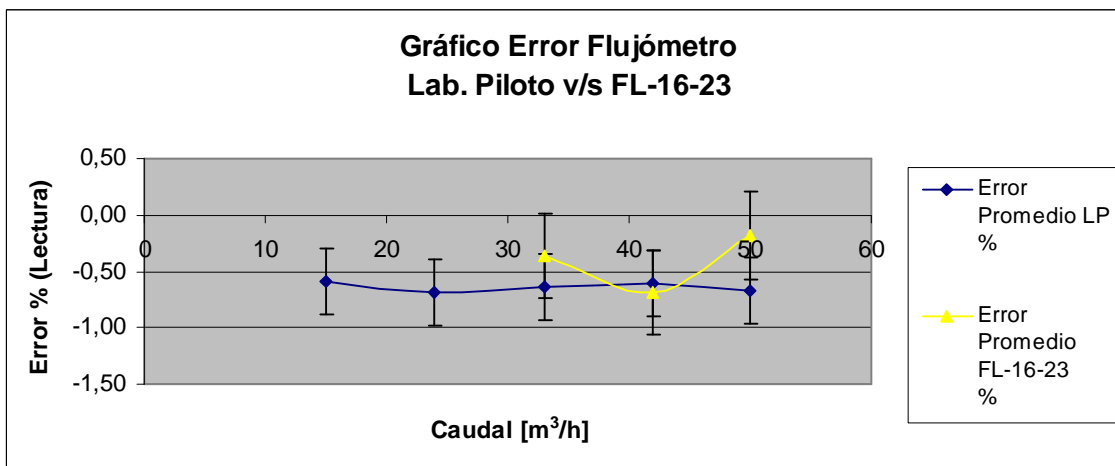
9.1 Resultados de la evaluación estadística, de acuerdo a los resultados entregados por el participante FL-16-02:

Caudal Punto	Caudal Referencia m ³ /h	Error Promedio Piloto %	Error Promedio FL-16-02 %	Incert. Piloto ±%	Incert FL-16-02 ±%	En	Evaluación
1	50	-0,67	-1,02	0,29	0,026	1,20	Insatisfactorio
2	42	-0,60	-0,99	0,29	0,134	1,22	Insatisfactorio
3	33	-0,64	-0,67	0,29	0,039	0,12	Satisfactorio
4	24	-0,69	-0,71	0,29	0,007	0,09	Satisfactorio
5	15	-0,60	-0,55	0,29	0,010	0,15	Satisfactorio



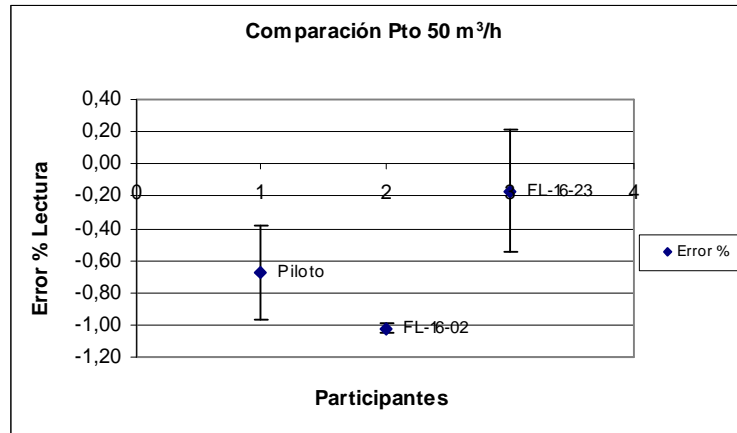
9.2 Resultados de la evaluación estadística, de acuerdo a los resultados entregados por el participante FL-16-23:

Caudal Punto	Caudal Referencia m³/h	Error Promedio Piloto %	Error Promedio FL-16-02 %	Incert. Piloto ±%	Incert FL-16-02 ±%	En	Evaluación
1	50	-0,67	-0,18	0,29	0,39	1,01	Insatisfactorio
2	42	-0,60	-0,69	0,29	0,37	0,19	Satisfactorio
3	33	-0,64	-0,36	0,29	0,38	0,38	Satisfactorio
4	24	-0,69	No participa				
5	15	-0,60	No participa				

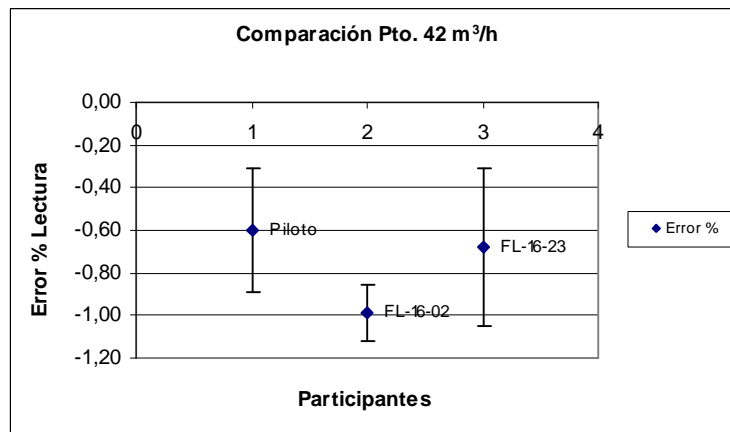


9.3 Resultados punto a punto de los caudales de prueba

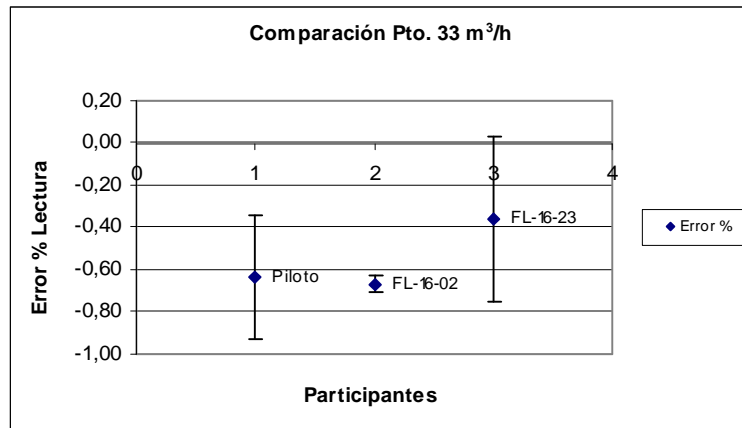
PUNTO 50 m ³ /h				
Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	-0,67	0,29		
FL-16-02	-1,02	0,026	1,20	Insatisfactorio
FL-16-23	-0,18	0,39	1,01	Insatisfactorio



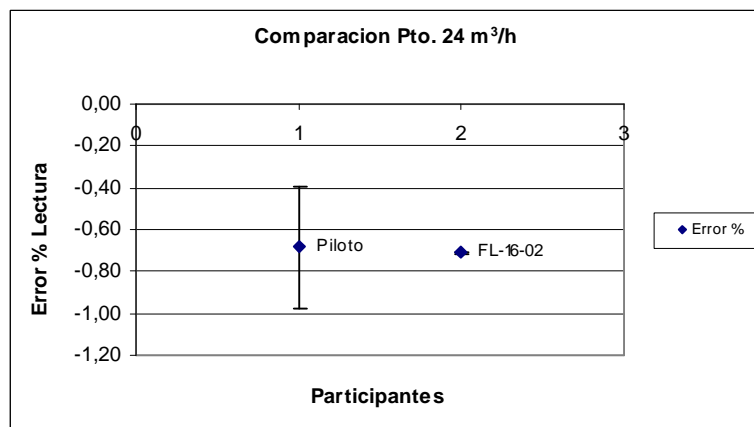
PUNTO 42 m ³ /h				
Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	-0,60	0,29		
FL-16-02	-0,99	0,134	1,22	Insatisfactorio
FL-16-23	-0,69	0,37	0,19	Satisfactorio



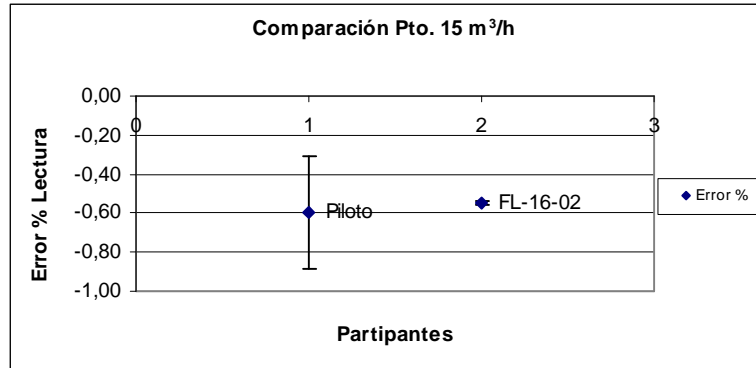
PUNTO 33 m ³ /h				
Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	-0,64	0,29		
FL-16-02	-0,67	0,039	0,12	Satisfactorio
FL-16-23	-0,36	0,38	0,57	Satisfactorio



PUNTO 24 m ³ /h				
Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	-0,69	0,29		
FL-16-02	-0,71	0,007	0,09	Satisfactorio
FL-16-23	No participa			



PUNTO 15 m ³ /h				
Laboratorio	Error %	Incert ±%	En	Evaluación
Piloto	-0,60	0,29		
FL-16-02	-0,55	0,01	0,15	Satisfactorio
FL-16-23	No participa			



10 RESULTADOS DE LA INTERCOMPARACIÓN, COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

- Se detecta una pequeña variación en el error del caudal en todos los puntos del rango de promedio (-0,11%) razón por la cual se incorpora esta variabilidad en el aporte de incertidumbre del MUT de prueba.
- Los participantes en esta comparación determinaron 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 laboratorio participante **FL-16-02 ha obtenido 3 resultado satisfactorios y 2 insatisfactorios.**
- El laboratorio participante **FL-16-23 ha obtenido 2 resultados satisfactorios y 1 insatisfactorio.**
- El participante **FL-16-02** cubrió todo el rango de calibración de la ronda.
- El participante **FL-16-23** cubrió sólo 03 puntos de calibración de la ronda (50, 42 y 33 m³/h).
- El participante **FL-16-02** al no poder disponer de un equipo que cuente la cantidad de pulsos del MUT, informa y solicita al LP, usar el procedimiento de calibración mediante corte con válvula y así poder leer directamente el acumulador del MUT al inicio y al final de cada prueba. El LP acepta las condiciones.
- El participante **FL-16-23** utiliza como señal de calibración la salida de corriente 4-20mA del MUT; la cual es una señal que no está calibrada y no incluida en el protocolo. Este laboratorio no dio aviso de este cambio al coordinador y/o al Jefe LP. Aún así se procede a revisar sus datos. Cabe señalar que la salida digital y la salida análoga son dos sistemas distintos desde el punto de vista de una calibración, se relacionan entre sí, pero no hay certeza que el comportamiento de uno sea comparable al otro (Sus ajustes son independientes).
- Ambos participantes enviaron sus planillas de datos con los cálculos respectivos; con esta información se pudo chequear la forma de tratamiento de los datos de la calibración; tal como lecturas de los acumuladores (MP, MUT), corriente 4-20mA, correcciones, cálculo del caudal, cálculo del error relativo (%), cálculo de los promedios y desvío estándar e incertidumbres respectivas.
- No se observa aporte de incertidumbre del patrón de lectura de corriente (mA) del MUT del participante **FL-16-23.**

Se recomienda:

- Reevaluar los cálculos relacionados al aporte de la resolución del Patrón y del MUT; si se está comparando el volumen en litros, la resolución a utilizar debe ser en litros y no en m³ (FL-16-02).
- Así mismo se recomienda revisar que el aporte de incertidumbre del Patrón, ya que si éste está en unidades de volumen, este valor debe ser convertido a % de la lectura (FL-16-02).
- Lo más probable que si los participantes consideran estas recomendaciones, sus resultados insatisfactorios cambien a satisfactorios.