

DESARROLLO DEL BANCO DE CALIBRACIÓN PARA MEDIDORES DE GAS A ALTO CAUDAL DE LA CORPORACIÓN CDT de GAS

Luís Eduardo García S., Germán José Covelli S.
Corporación CDT de GAS, Colombia.

lgarcia@cdtdegas.com – gcovelli@cdtdegas.com

RESUMEN: El artículo inicia presentando el diseño del proceso de calibración y la definición de los medidores objetivo, lo cual permitió establecer requerimientos metroológicos y operacionales para la instalación. Aborda el diseño metroológico, partiendo de la incertidumbre requerida, proceso que inicia con la definición del modelo matemático y las fuentes de incertidumbre, seguido de la cuantificación e iteración de las contribuciones de cada una de las fuentes, considerando supuestos y escenarios hasta balancear el diseño, definir las características metroológicas de los instrumentos a utilizar, y los límites de control operacionales (estabilidad) para las variables de influencia como la temperatura y el caudal. Se comparten los resultados obtenidos, producto del diseño realizado, se presentan las pruebas de validación y la estimación de la mejor capacidad de medida, junto con la cadena de trazabilidad establecida para la magnitud principal (Volumen y/o Caudal) y las de influencia (Presión y Temperatura). Finalmente se concluye resaltando, que es posible desarrollar infraestructura metroológica, con recurso humano propio y a un costo razonable, superando las expectativas técnicas y económicas planteadas.

1 INTRODUCCIÓN

En Países como Colombia, México, Perú, Bolivia, cuya masificación del gas natural se encuentra consolidada o en proceso de consolidación, es necesario que existan Laboratorios con Banco de Calibración para proveer Trazabilidad a sus mediciones, a costos razonables acorde con la escala de la economía y las transacciones realizadas en el sector gas natural, debido a que el envío de los medidores, a laboratorios en el extranjero, resulta costoso y la logística necesaria lo hace inviable.

En respuesta a la necesidad evidenciada y como parte de su misión institucional, la Corporación CDT de GAS, con recursos del gobierno colombiano, suministrados a través del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS, el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, y con el apoyo científico del Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de Brasil, se diseñó, construyó, validó y puso al servicio de Colombia y la Región Andina, un Banco para la Calibración de Medidores de Volumen y Caudal de Gas a alto caudal y baja presión.

En el desarrollo del Banco se utilizó toda la experiencia y conocimiento de la Corporación en el área de la metrología de Fluidos, especialmente de los gases, para abordar retos comunes en implementación de este tipo de instalaciones, tales como: Fabricación e integración de componentes utilizando industria regional; presupuesto limitado frente a los objetivos planteados; ambiciosos

alcances operativos y metroológicos; diseño compacto para su operación en un área reducida; control preciso de las condiciones de calibración y capacidad para calibrar medidores de diversas tecnologías y dimensiones, según las necesidades del mercado colombiano. Los anteriores retos son comunes en nuestros países latinoamericanos, cuyo nivel tecnológico, cultural y económico, es similar. Por tal motivo, se comparte en este artículo la metodología utilizada y los resultados obtenidos con el proyecto que le permite hoy a Colombia, contar con un Banco de calibración de excelentes cualidades metroológicas, el cual se constituye en un ejemplo para aquellos, países o empresas dispuestas a innovar, apropiar conocimiento, aplicarlo y desarrollar su propia infraestructura metroológica en el área de volumen y caudal de gases.

1.1 Abreviaturas

ANSI: American National Standards Institute
CDT de GAS: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas
CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas.
MM: Master Meter - Medidor Patrón
MUT: Meter Under Test – Medidor en Calibración
NTC: Norma Técnica Colombiana
PTB: Physikalisch Technischen Bundesanstalt.
Qmax: Caudal Máximo [m^3/h]
Qmin: Caudal mínimo [m^3/h]
Qt: Caudal de transición [m^3/h]
RPM: Revoluciones por minuto
RUT: Reglamento Único de Transporte [4]
SM: Sistema de Medición de Gas Natural

2 PARÁMETROS DE DISEÑO

Para iniciar el proceso de diseño se debe conocer el mercado objetivo, especificando el tipo de medidores que se desean calibrar, de tal forma que se defina en su totalidad el alcance y la capacidad operativa del banco a desarrollar.

2.1 Medidores Objetivo

Con base en la información de la CREG [1] (Fig. 1), y en información recolectada por la Corporación CDT de GAS, se estima que en Colombia, alrededor del 43% de la cantidad total (para transferencia de custodia de gas natural) de medidores de alto caudal por sectores, corresponde a tecnologías tipo turbina, rotativo y ultrasónicos, es decir 2 537 medidores.

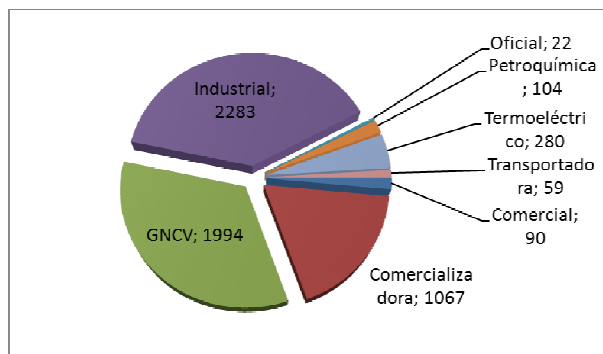


Fig. 1 Usuarios no Regulados por sectores

Asumiendo periodos de calibración de 5 años, se estimó que el banco de calibración debe estar en capacidad de calibrar máximo 500 medidores por año, es decir dos (2) medidores por día.

2.1.1 Tamaño (Diámetro Nominal - DN)

El tamaño de los medidores depende del volumen medido en los puntos de transferencia de custodia. En el caso de Colombia, los medidores instalados se encuentran comprendidos entre 50 mm a 500 mm [2] de diámetro nominal. Sin embargo, se acondicionó el banco para medidores de 50 mm a 300 mm, cubriendo los tamaños más comunes.

2.1.2 Clase ANSI - Presión de Operación

En Colombia, la presión de operación en los SM puede variar de 345 kPa a 8 274 kPa, por consiguiente se utilizan conexiones bridadas con clases ANSI 150, 300 y 600. Por esta razón el Banco de calibración debe permitir el acople de las diferentes clases de bridas ANSI, de los medidores.

2.1.3 Designaciones e intervalos de medición

Con base en las normas de producto y los DN de medidores tipo turbina y rotativo, se obtuvieron las

designaciones típicas del mercado colombiano, la **Tabla 1** resume esta información.

Tabla 1. Designación y alcance de medición según el diámetro nominal del medidor

Diámetro Nominal	Designación G	Alcance de medición [m ³ /h]
DN 50	G40	3 - 65
DN 50	G65	5 - 100
DN 80	G100	8 - 160
DN 80	G160	13 - 250
DN 100	G250	20 - 400
DN 150	G400	32 - 650
DN 150	G650	50 - 1000
DN 200	G1000	80 - 1600
DN 250	G1600	130 - 2500
DN 300	G2500	200 - 4000

2.2 Límites de Error Establecidos

Los límites de error dependen de las regulaciones de cada país y del tipo de proceso. Para el caso de Colombia los límites de error son referenciados a normativas reconocidas y reportes AGA, como los presentados en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Límites de error para medidores objetivo

Tecnología	Intervalo de medición				Referencia
	Qmin ≤ Q < Qt		Qt ≤ Q ≤ Qmax		
	Nuevo	Servicio	Nuevo	Servicio	
Rotativo	± 2 %	± 3 %	± 1 %	± 1,5 %	NTC 4531
	± 1 %	± 1 %	---	---	ANSI B109.3
Turbina	± 2 %	± 2 %	± 1 %	± 1 %	ISO 9951
	± 1,5 %	± 1,5 %	± 1 %	± 1 %	AGA 7
USM	±1,4 %	±1,4 %	±1 %	±1 %	AGA 9

2.3 Condiciones operativas para la instalación

Las condiciones operativas definen la selección de componentes físicos que integran el Banco de calibración.

2.3.1 Presión de calibración

La calibración de medidores con aire, como gas de calibración a condiciones cercanas a las atmosféricas, es una práctica utilizada por reconocidos laboratorios como el PTB de Alemania. Este tipo de instalaciones representan varias ventajas en comparación con las utilizadas para calibración a alta presión. A continuación se describen algunas ventajas:

- No se requiere acople a un gasoducto cercano ni de unidades de regulación, calentamiento o limpieza para el gas.
- Debido a que se utiliza aire atmosférico, la instrumentación asociada no requiere de requisitos especiales de seguridad (Seguridad intrínseca).
- El gas de calibración “no tiene costo”.
- Los elementos mecánicos, tuberías, válvulas, bridas, etc. no deben soportar alta presión.
- La Inversión inicial es baja en comparación con un banco de las mismas condiciones que opere a alta presión.
- Las actuales tecnologías ultrasónicas se acoplan a condiciones de operación cercanas a la atmosférica.

Por las consideraciones anteriores se estableció que el banco de calibración operara a condiciones cercanas a la atmosférica.

2.3.2 Selección de patrones

Teniendo en cuenta el intervalo de operación de los medidores objetivo, se seleccionaron los alcances de los patrones (ver Fig. 2), considerando un esquema de operación en paralelo, para reducir el tamaño de la instalación, y el costo de los patrones, pero principalmente para facilitar la ejecución de comparaciones entre patrones.

Los patrones adquiridos fueron los siguientes: un (1) patrón rotativo G100, un (1) patrón tipo turbina G400 y tres (4) patrones tipo turbina G1000 que permiten la operación en paralelo a partir de 1600 m³/h hasta 4800 m³/h.

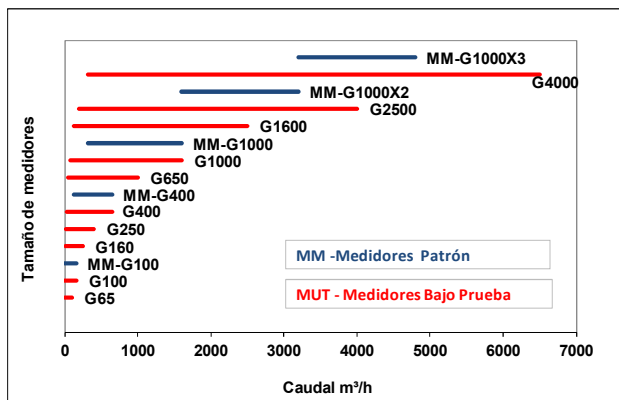


Fig. 2 Selección y alcance operativo de patrones

2.3.3 Generación de caudal

Sistema inductor: Una calibración requiere del paso de caudal por el medidor en calibración (MUT) y el medidor patrón (MM), en procesos de

calibración a presiones cercanas a la atmosférica este caudal debe ser inducido o generado.

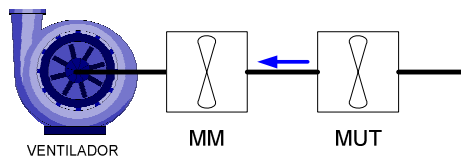


Fig. 3 Caudal inducido

Un caudal inducido permite la toma de aire desde la atmósfera, lo que garantiza un caudal más uniforme en comparación al generado, especialmente cuando se trata de calibrar medidores susceptibles al perfil de velocidad como turbinas y ultrasónicos;

Para lograr lo anterior se adquirieron dos ventiladores centrífugos, uno para caudales bajos (hasta 650 m³/h) zona 1 y otro para altos caudales (a partir de 650 m³/h y hasta 6400 m³/h) zona 2. El límite entre los intervalos de operación de los ventiladores, coincide con el caudal máximo del MM2 (Q_{max}= 650 m³/h) y permite evitar las inestabilidades de caudal que resultan al operar los ventiladores por debajo del 10% de su caudal máximo.

Control de caudal: Se integró un variador de frecuencia (ver Fig. 4), que a través de un lazo de corriente (4 – 20 mA) controla las RPM del motor acoplado al ventilador; de esta manera se ajusta el caudal objetivo para cada punto. El Lazo de control PID es retroalimentado con la frecuencia emitida por el, o los medidores patrón.

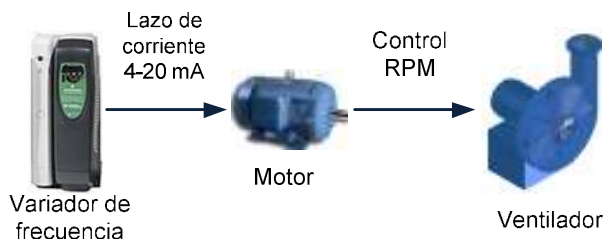


Fig. 4 Control del caudal inducido

2.3.4 Área Disponible

El área disponible para la instalación y operación del Banco de Calibración y las facilidades, tales como, los generadores de caudal, puede limitar en gran medida el diseño a implementar.

Homogeneidad térmica: El espacio del laboratorio representa el volumen de aire que puede ser recirculado a través del banco; un ambiente térmicamente homogéneo facilita que el aire mantenga una temperatura estable en el transcurso de la calibración.

El paso del aire por las tuberías, válvulas, accesorios y ventiladores incrementa la temperatura del fluido, razón por la cual se acondicionó un cuarto de pre-mezcla entre el aire recirculado y el aire refrigerado, descargado por la unidad de aire acondicionado.

Trazado: Un espacio amplio permite disponer de instalaciones de tuberías en línea recta, ahora bien, cuando los espacios disponibles son limitados, el diseño debe considerar un arreglo espacial que permita el mayor aprovechamiento del volumen del laboratorio y el fácil acceso a los diversos componentes de la instalación. Finalmente, se obtuvo e implemento el diseño del trazado mostrado en la Fig. 5, en la cual se pueden apreciar las dos zonas de patrones de calibración separadas por una válvula de mariposa, que permite aislar cada una de las zonas minimizando los volúmenes “muertos” entre el MUT y los MM. La orientación de los patrones permite el aprovechar del espacio vertical disponible en el laboratorio.

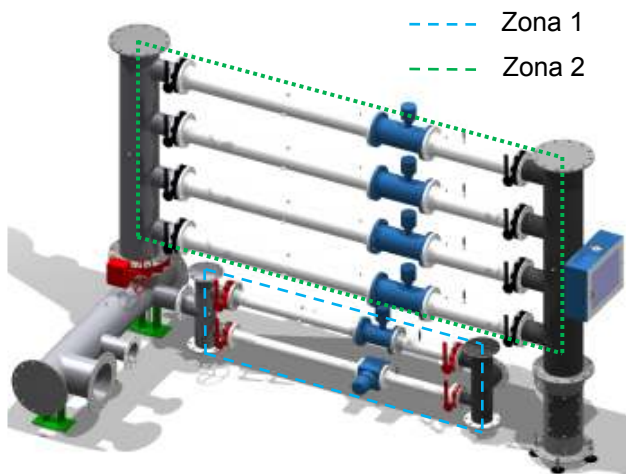


Fig. 5 Trazado del banco

2.3.5 Estabilidad térmica

La temperatura durante la calibración debe ser estable, debido a que su variación afecta la repetibilidad de las lecturas, ocasionando un incremento en la incertidumbre tipo A del mensurando en cuestión. Básicamente se pueden presentar dos fenómenos, Inestabilidad de temperatura cuando se opera a alto caudal y carencia de homogeneidad térmica cuando se opera

a bajo caudal. En cualquiera de los casos, puede presentarse variación de la densidad del aire acumulada en la línea de flujo entre el MM y el MUT, que de no ser corregida mediante su inclusión en el modelo matemático puede generar considerables incrementos en la incertidumbre de medición. Para el Caso particular del Banco de Calibración que nos ocupa, se decidió controlar las condiciones ambientales y minimizar el aire atrapado en las líneas de flujo, para evitar así, los indeseables fenómenos descritos anteriormente.

2.3.6 Condiciones de instalación

Con el fin de reducir los fenómenos de remolino y distorsión del perfil de velocidad, se diseñaron tramos de tubería y placas acondicionadoras de flujo, estas últimas instaladas aguas arriba de los patrones tipo turbina. Todo el trazado se baso en las condiciones de instalación presentadas en el reporte AGA 7 [4] . La sección de entrada se acondicionó con una forma cónica para facilitar el desarrollo del perfil de velocidad en la toma de aire atmosférico y reducir el ruido generado por la vena contracta a la entrada de las tuberías.

2.4 Diseño metrológico

El diseño metrológico permite estimar los niveles de incertidumbre en función de los errores máximos permisibles [5] y las características de los instrumentos. Para realizar dicha estimación, se tomó como referencia el requisito para control metrológico presentado en la OIML R-137-1 [6] , el cual se resume en la **Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

$$\pm \left(\frac{6}{5} \cdot MPE - U \right) \% = \pm \%E \tag{1}$$

En donde:

MPE: Máximo error permisible

U: Incertidumbre (k=2).

%E: Error del medidor.

Para establecer la incertidumbre objetivo se utilizaron los límites de error permisibles presentados en la **Tabla 3**, y se asumió la condición más estricta de error para el medidor.

Tabla 3. Límites de Incertidumbre para medidores objetivo.

MPE [%]	±%E	U (k=2)
1,0	1,0	0,20
1,4	1,4	0,28
1,5	1,5	0,30
2,0	2,0	0,40

3,0	3,0	0,60
-----	-----	------

La incertidumbre objetivo fue definida en 0,20 %. El siguiente paso consistió en estimar la incertidumbre a partir del modelo matemático establecido para el mensurando, definiendo las condiciones metrologías de los instrumentos y medidores patrón.

2.4.1 Modelo matemático y presupuesto de incertidumbre para la mejor capacidad de medición

Las calibraciones son realizadas para evaluar el porcentaje de error en la indicación del MUT, aplicando el modelo matemático presentado en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*

El volumen del MM a condiciones del MUT se obtiene a partir del modelo matemático presentado en la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.*, el cual se basa en el principio de la conservación de la masa y la ecuación de los gases ideales. Como puede apreciarse el factor de

compresibilidad no se encuentra incluido, pues al operar el MUT y el MM a condiciones termodinámicas tan cercanas, el efecto de compresibilidad se hace despreciable contribuyendo con menos 0,001% sobre la incertidumbre del error en el medidor.

$$\%E_{MUT} = \frac{V_{MUT} - \sum V_{CMM@MUT}}{\sum V_{CMM@MUT}} \times 100 \tag{2}$$

Dónde:

Símbolo	Und	Magnitud
$\%E_{MUT}$	A/D	Porcentaje de error en la indicación del medidor
V_{MUT}	m ³	Volumen indicado por el medidor en calibración
$\sum V_{CMM@MUT}$	m ³	Volumen total registrado por el patrón de medición

$$V_{totalMM@MUT} = \frac{(T_{MUT} + 273,15)}{(P_{atm} - P_{MUT})} \cdot \left[\sum_{i=1}^4 \left(\frac{100 \cdot Np_{MMi}}{(\%E_p + 100) \cdot KF_{MMi}} \right) \cdot \left(\frac{(P_{atm} - P_{MMi})}{(T_{MMi} + 273,15)} \right) \right] \tag{3}$$

Dónde:

Símbolo	Und	Magnitud
$V_{totalMM@MUT}$	m ³	Volumen total registrado por el o los MM a condiciones del MUT
$\%E_p$	%	Error del Medidor patrón
Np_{MMi}	Pulsos	Número de pulsos
KF_{MMi}	Pulsos/m ³	K-Factor del Patrón de Medición
T_{MMi}	°C	Temperatura del fluido de Calibración en el Medidor Patrón
T_{MUT}	°C	Temperatura del fluido de Calibración en el Medidor bajo prueba
P_{MMi}	Pa	Presión diferencial del fluido de calibración en el medidor patrón
P_{MUT}	Pa	Presión diferencial del fluido de calibración en el medidor bajo prueba

P_{atm}	Pa	Presión atmosférica
-----------	----	---------------------

Con base en los modelos matemáticos y las variables involucradas, se definieron las fuentes de incertidumbre y los tipos de distribución para cada una de ellas, ver **Fig. 6**.

2.4.2 Estimación de incertidumbre

Una vez definidos los modelos matemáticos y basados en la información disponible de los instrumentos involucrados en la medición, se realizó la estimación de la incertidumbre para cada una de las variables. En la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.* se muestra la estimación preliminar de incertidumbre para la temperatura del MM y las fuentes consideradas. Las fuentes de incertidumbre con menor influencia, como por Ejemplo la alimentación eléctrica, en el caso de la temperatura, fueron retiradas de la estimación final de por considerarse despreciable.

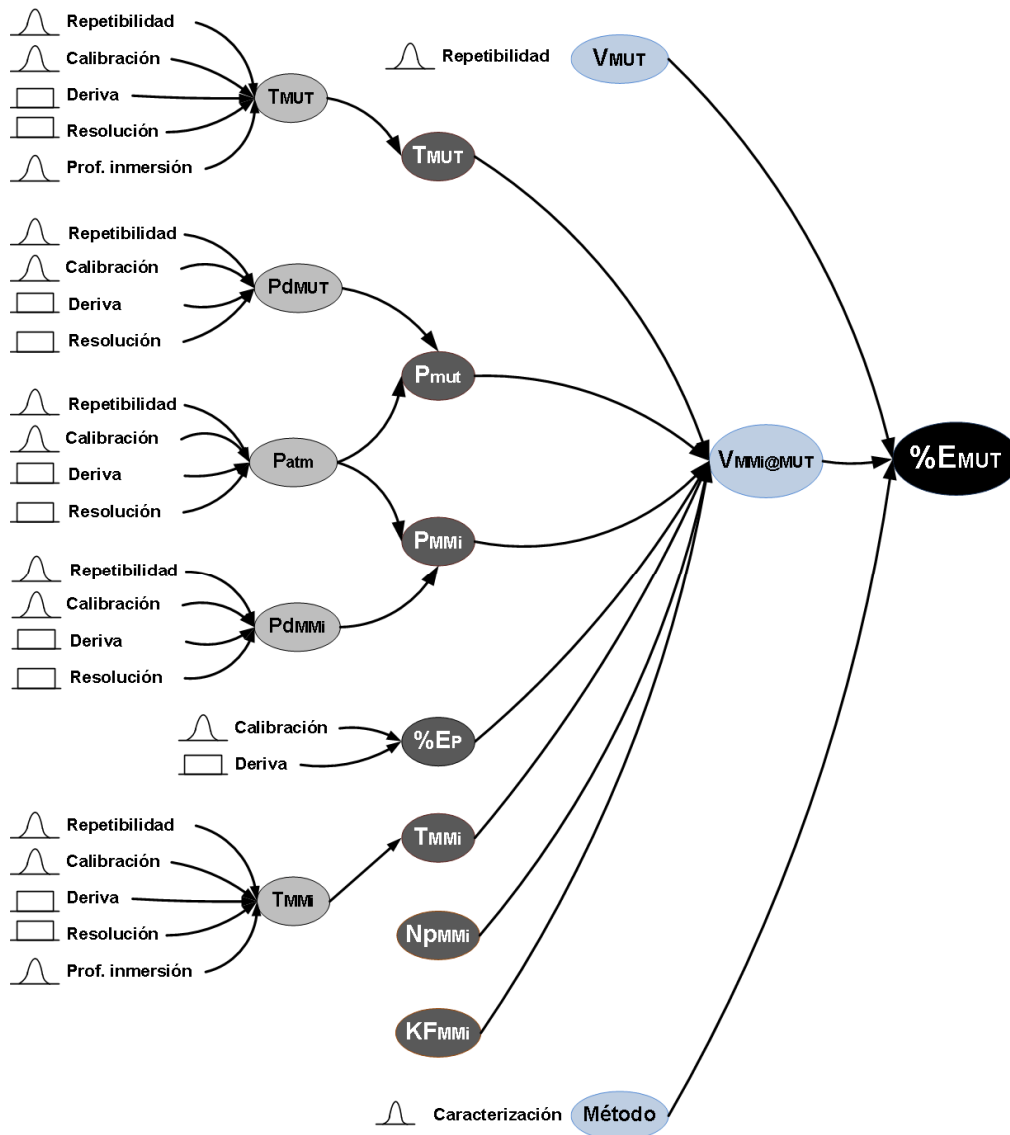


Fig. 6 Árbol de Fuentes de incertidumbre asociadas al %E del MUT

Tabla 4. Estimación Preliminar de Incertidumbre para la Temperatura MM

ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE INCERTIDUMBRE TIPO B - TEMPERATURA MM									
Fuente	Fuente	$u(x_i)$	Distribución	$u_c(x_i)$	C_i	$u_i(y)$	ν	$u_i(y)^2$	Contrib %
Sensor transmisor	y			0,036 °C	1	0,036 °C	169	0,001	100,00 %
Calibración	Certificado	0,100 °C	B normal, k= 2	0,050 °C	XXX	0,050 °C	100	2,5E-03	73,23 %
Deriva	Fabricante	0,058 °C	Rectangular	0,017 °C	XXX	0,017 °C	100	2,8E-04	8,21 %
Alim. Eléctrica	Fabricante	0,0004 °C	Rectangular	0,000 °C	XXX	0,000 °C	100	1,3E-08	0,00 %
Resolución	Fabricante	0,010 °C	Rectangular	0,003 °C	XXX	0,003 °C	100	8,3E-06	0,24 %
Prof. inmersión	de Ref. Técnicas	0,050 °C	B normal, k= 2	0,025 °C	XXX	0,025 °C	50	6,3E-04	18,31 %
Descripción							Valor	Unidad	
Incertidumbre combinada							0,058	°C	
Grados de libertad efectivos							163	xxx	
Factor de cobertura							1,97	xxx	

Incertidumbre total	0,115	°C
Incertidumbre relativa	0,04%	%

Luego de la estimación de Incertidumbre para cada una de las magnitudes de influencia, se evaluó la contribución de cada una de las fuentes (ver Fig. 7); la primera estimación arrojó un valor de incertidumbre de 0,23% asociada al cálculo del error en el MUT, superior al límite establecido de 0,2%. La información anterior y la generada a partir de escenarios supuestos, permitieron determinar los elementos de mayor contribución.

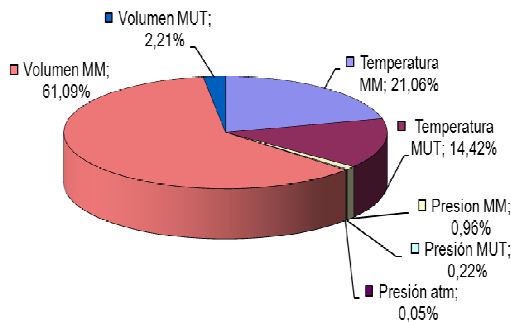


Fig. 7 Contribución de las fuentes a la Incertidumbre total.

Como resultado del diseño metrológico se estableció la clase (calidades metrológicas) de los instrumentos y de los patrones, así como los límites de control permisibles en las magnitudes Volumen y temperatura (ver **Tabla 5**), que se constituyen en los mayores contribuyentes a la incertidumbre de medición.

Magnitud	Variación permisible
Caudal	± 2 % del caudal registrado por el MM
Temperatura	± 0,5 °C evaluada en la variación de la lectura en el MM o en el MUT, el más crítico.

Tabla 5. Límites permisibles

2.5 Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA)

El diseño del banco, integra un sistema de adquisición y control basado en una plataforma comercial, encargada de controlar, monitorear y registrar las variables involucradas en el proceso, mediante módulos de entrada y salida, tanto análogos, como digitales. La frecuencia de registro de los datos, se realiza con base en el tiempo estimado de calibración, para obtener entre 20 y 40 datos por cada prueba o repetición a un determinado caudal, incluyendo todas las variables involucradas en el modelo matemático. El monitoreo del proceso se realiza desde un PC

que comunicado con el SCADA, mediante protocolo TCP/IP estándar para redes Ethernet, permite al operario supervisar el proceso de calibración.

2.6 Validación

El proceso de Validación de resultados se realizó utilizando un medidor tipo turbina G1000 de alta repetibilidad y desempeño metrológico conocido, el cual fue calibrado en 10 puntos, 4 repeticiones por punto y con diferentes patrones (MM3 y MM5).

El proceso de validación permitió evaluar la repetibilidad y reproducibilidad de la instalación e identificar las magnitudes de influencia que impactan la incertidumbre. La Fig. 8 presenta algunos de los resultados de la validación.

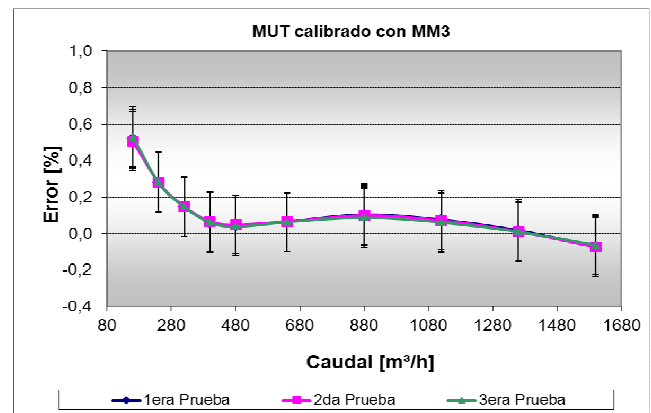


Fig. 8 MUT calibrado con patrón MM3

3 RESULTADOS

3.1 Banco de calibración

Como resultado del diseño mecánico se obtuvo un Banco de calibración compacto con capacidad de calibrar medidores de gas tipo rotativo, turbina y ultrasónico (acople a baja) en un intervalo de 3 m³/h a 4800 m³/h.



Fig. 9 Banco de calibración CDT de GAS

3.2 Mejor Estimado de Medición

Para realizar la estimación se realizaron pruebas a condiciones normales de operación, controlando las variables del proceso de calibración. En la Tabla 6 se presenta el presupuesto del mejor valor estimado de medición en la calibración de medidores volumétricos utilizando el Banco de Alto Caudal. Estos datos corresponden a la calibración de un medidor tipo turbina, al cual se le realizó la calibración con cuatro repeticiones en cada punto de caudal.

Tabla 6. Mejor valor estimado de medición

N°	Magnitud de entrada Xi Fuente de Incertidumbre	Valor estimado xi		Fuente de inform.	Incert. original		Tipo, distribución	Incert. estándar u(xi)		Coefficiente sensibilidad ci		Contribución ui(y)	Grados libertad vi
A	Volumen total MM VtotalMM@MUT	15,882	m³	---	---	---	---	0,012	m³	-6,343	%/m³	-0,078	250
A1	Presión atmosférica Pa	90742	Pa	---	---	---	---	21,4	Pa	2,30E-07	m³/Pa	4,9E-06	200
A1a	Repetibilidad	---		Med. repetidas	0,2	Pa	A Normal	0,2	Pa	---			
A1b	Calibración	---		Certificado	40,0	Pa	B, Normal, k=2	20,0	Pa	---			
A1c	Deriva	---		Fabricante	25,0	Pa	B, Rectang.	7,2	Pa	---			
A1d	Resolución	---		Escala	7,0	Pa	B, Rectang.	2,0	Pa	---			
A2	Presión MM PMM	220	Pa	---	---	---	---	11,5	Pa	-1,80E-04	m³/Pa	-2,1E-03	200
A2a	Repetibilidad	---		Med. repetidas	0,2	Pa	A Normal	0,2	Pa	---			
A2b	Calibración	---		Certificado	15	Pa	B, Normal, k=2	7,5	Pa	---			
A2c	Deriva	---		Fabricante	30	Pa	B, Rectang.	8,7	Pa	---			
A2d	Resolución	---		Escala	1	Pa	B, Rectang.	0,3	Pa	---			
A3	Presión MUT PMUT	99	Pa	---	---	---	---	4,7	Pa	0,00017	m³/Pa	8,0E-04	200
A3a	Repetibilidad	---		Med. repetidas	0,1	Pa	A Normal	0,1	Pa	---			
A3b	Calibración	---		Certificado	6	Pa	B, Normal, k=2	3,0	Pa	---			
A3c	Deriva	---		Fabricante	12,5	Pa	B, Rectang.	3,6	Pa	---			
A3d	Resolución	---		Escala	1	Pa	B, Rectang.	0,3	Pa	---			
A4	Temperatura MM TMM	20,47	°C	---	---	---	---	0,06	°C	-0,054	m³/°C	-3,5E-03	169
A4a	Repetibilidad	---		Med. repetidas	0,015	°C	A Normal	0,02	°C	---			
A4b	Calibración	---		Certificado	0,1	°C	B, Normal, k=2	0,05	°C	---			
A4c	Deriva	---		Fabricante	0,1	°C	B, Rectang.	0,03	°C	---			
A4d	Resolución	---		Escala	0,01	°C	B, Rectang.	0,00	°C	---			
A4e	Profundidad de inmersión	---		Doc. Internac.	0,05	°C	B Normal, k=2	0,03	°C	---			
A5	Temperatura MUT TMUT	18,09	°C	---	---	---	---	0,06	°C	0,054	m³/°C	3,4E-03	200
A5a	Repetibilidad	---		Med. repetidas	0,003	°C	A Normal	0,00	°C	---			
A5b	Calibración	---		Certificado	0,1	°C	B, Normal, k=2	0,05	°C	---			
A5c	Deriva	---		Fabricante	0,1	°C	B, Rectang.	0,03	°C	---			
A5d	Resolución	---		Escala	0,01	°C	B, Rectang.	0,00	°C	---			
A5e	Profundidad de inmersión	---		Doc. Internac.	0,05	°C	B Normal, k=2	0,03	°C	---			
A6	Error del MM	0,24	%	---	---	---	---	0,07	%	-0,158	m³/%	-1,1E-02	200
A6a	Calibración	---		Certificado	0,12	%	B, Normal, k=2	0,06	%	---			
A6b	Deriva	---		Certificado	0,125	%	B, Rectang.	0,04	%	---			
A7	Numero de pulsos Np	60777	pulsos	---	---	---	---	---		---		---	---
A8	K-factor del patrón de medición KF	3781,53	Pulsos /m³	---	---	---	---	---		---		---	---
B	Volumen MUT	16	m³	Med. repetidas	8,6E-05	m³	A Normal	8,6E-05	m³	1	%/m³	8,6E-05	200
C	Método	---	---	Caracterización	0,05%	%	B,Normal,	0,025	%	1	%	0,025	299

							k=2						
Error MUT %EMUT	0,742	%	---	---			---	---				0,082	299
												k	1,97
												U	0,16%

3.3 Trazabilidad

El Sistema de Gestión de la Calidad del Laboratorio de Calibración y Ensayos de la Corporación CDT de GAS se basa en los lineamientos de la ISO 17025, y una de sus principales políticas es la validez de los resultados, garantizando la trazabilidad de los mismos. Por tal motivo la trazabilidad de todas las variables involucradas en el proceso se asegura mediante la calibración de los patrones o instrumentos de trabajo (ver Fig. 10 Trazabilidad Volumen) en reconocidos Laboratorios Internacionales y en el propio INM de Colombia (SIC).

Cabe anotar que la sola calibración no garantiza la trazabilidad de los resultados, y por ello se mantiene un constante programa de aseguramiento metrológico combinado con ejercicios para evaluación de la calidad de los resultados, tales como comparaciones Intra e Interlaboratoriales.

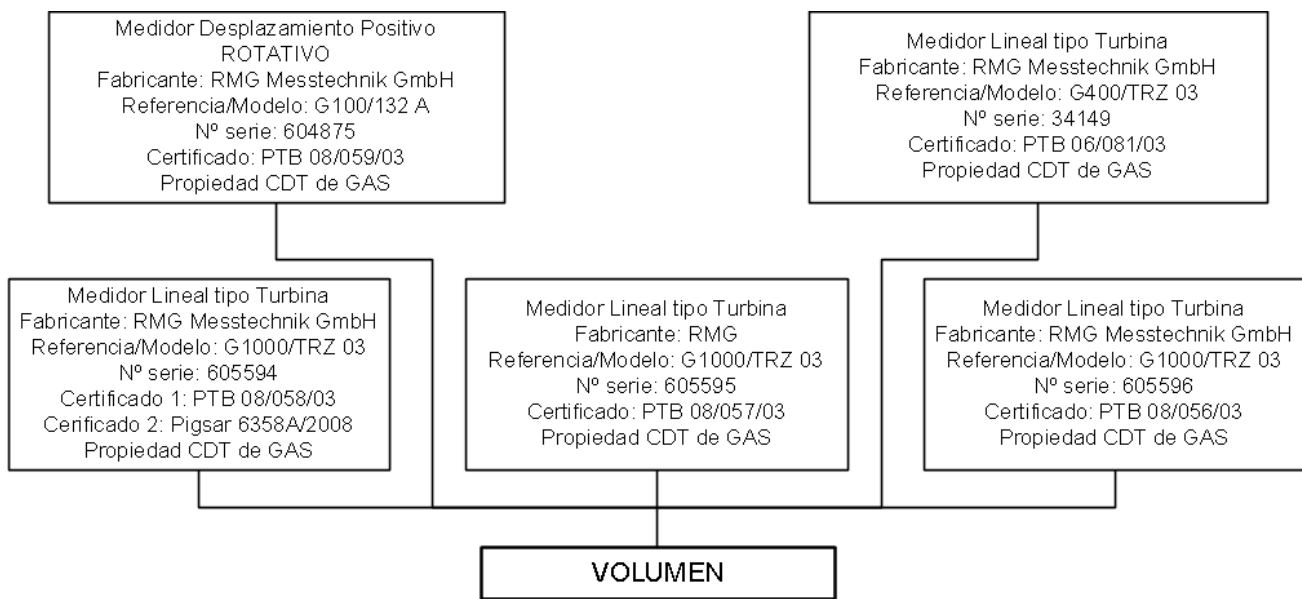


Fig. 10 Trazabilidad volumen

4 CONCLUSIONES

Existe una notable diferencia entre adquirir infraestructura y desarrollarla; con la adquisición es probable que se resuelva la necesidad, pero el know-how se queda en manos del proveedor, trayendo como consecuencia una dependencia tecnológica que estanca el desarrollo nacional; el desarrollo propio de bancos de calibración trae consigo la apropiación de conocimiento relacionado con la mecánica de fluidos, fenómenos de flujo, instrumentación y control,

métodos numéricos, estadística, diseño e innovación en procesos de manufactura, y otras tantas áreas que soportan el desarrollo de este tipo de bancos de calibración.

El CDT de GAS tiene muy claro que el eje estratégico para su desarrollo y el de la industria es la difusión del conocimiento, la Corporación tiene las puertas abiertas para compartir experiencias adquiridas poniendo al servicio la infraestructura desarrollada y el conocimiento

adquirido en el desarrollo de bancos de calibración.

Con el desarrollo del Banco de Calibración Colombia cuenta con una nueva infraestructura metrológica, con cadena de trazabilidad clara y definida que pueden co-ayudar a desarrollar una cultura de las mediciones, para la formación de una sociedad más sostenible y productividad.

El nuevo Banco de Calibración representa un gran éxito, por cuanto se lograron y superaron las características operativas propuestas con un reducido presupuesto y con una Mejor Capacidad de Medida en la calibración de medidores volumétricos de 0,16 % (k=1,97)

REFERENCIAS

- [1] Comisión de Regulación de Energía y Gas, <http://www.creg.gov.co/html/j_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-372&p_options> , 04 de Abril de 2010.
- [2] Transportadora de Gas Internacional (TGI), <<http://www.tgi.com.co/Paginas/MapaNacional>>, 06 de Abril de 2010.
- [3] JMG M 100:2008 GUM "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement".
- [4] AGA REPORT N° 7, Measurement of Gas Natural by Turbine Meters, 2006.
- [5] Resolución No. 071 de 1999 "Reglamento Único de Transporte de Gas Natural", CREG.
- [6] OIML R-137-1, Gas Meter – Part 1: Requirements, 2006.