Solución Tecnológica Integral

basada en Metrología, Estadistica y TIC para el aseguramiento de las Mediciones en la Red de Distribución de Gases de Occidente S.A. ESP

Jesús Badillo (jbadillo@cdtdegas.com)
Henry Abril (habril@cdtdegas.com)
Corporacion CDT de GAS

Geovanna Calero (geovannac@gasesdeoccidente.com)
Rafael Barón (rafaelb@gasesdeoccidente.com)
Gases de Occidente S.A. ESP

El desarrollo tecnológico de un país está directamente relacionado con la disponibilidad y la calidad de la infraestructura utilizable, por ello conscientes de que Colombia aún se encuentra en etapa de fortalecimiento de su infraestructura tecnológica alineada con estándares internacionales, continuamos en esta sección presentando infraestructuras disponibles a nivel nacional así como a nivel internacional que merezcan destacarse para apoyar el desarrollo productivo en Colombia.

RESUMEN:

Frente a la dificultad para mantener y mejorar el control de los balances en su red de distribución de gas natural, en razón a la presencia de fugas, fraudes, nivel de aseguramiento metrológico entre otros, GASES de OCCIDENTE S.A. ESP en conjunto con la Corporación CDT de GAS desarrollaron un proyecto aprobado y auspiciado por COLCIENCIAS y el SENA, denominado "SOLUCIÓN TECNOLÓGICA INTEGRAL, BASADA EN METROLOGÍA, ESTADÍSTICA Y TIC, PARA EL ASEGURAMIENTO DE LAS MEDICIONES EN GASES DE OCCIDENTE S.A. ESP", el cual tuvo como objetivo principal generar herramientas tecnológicas e innovadoras, en el contexto nacional, que le permitieran a GDO mejorar y mantener el control del balance en sus redes de distribución, brindando equidad en sus procesos de medición y facturación y garantizando el cumplimiento de la normatividad establecida.

1. INTRODUCCIÓN

La metrología de los fluidos en el entorno internacional, desde hace más de una década, se ha convertido en uno de los aspectos fundamentales para el desarrollo de planes estratégicos y para la consolidación empresarial, debido a los beneficios económicos y operacionales que esta rama de la ciencia representa. Colombia no podría ser la excepción, y por ello la metrología ha comenzado a ser percibida como una ventaja competitiva para los diferentes sectores.

La Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico del GAS, con el apoyo económico de COLCIENCIAS-SENA y el apoyo tecnológico de Centros de Metrología Internacional, ha apropiado los avances de la ciencia y la tecnología en materia de metrología de fluidos, con el fin de aplicarlos en los procesos productivos, especialmente en los más críticos, como es el caso de los balances de gas, entregados y recibidos, por las empresas distribuidoras de gas natural.

Producto de múltiples estudios, orientados hacia el establecimiento de las variables relevantes, su manejo y su impacto dentro del marco tarifario y regulatorio de la distribución del gas natural, (referenciados en las Resoluciones 067 [1], 057 [2] y 046 [3] de la CREG), el CDT de GAS venía visualizando, que amén de las fugas y los fraudes, la complejidad que representaba la variación en la composición del gas (en razón a las mezclas dentro del sistema de transporte), las medianas Estrategias de Control y la incipiente Estimación de la Incertidumbre, generaban dificultades para mantener el Balance, afectando el ajuste de las cifras de compra y de venta de gas en las concesionarias. Para aumentar la problemática, se observaba igualmente una escasa existencia de laboratorios de metrología debidamente acondicionados, y el incipiente aseguramiento de los sistemas de medición.

Sumado a lo anterior, también se observaron diferencias en la interpretación de la regulación vigente, así como una diversa manera de conceptualizar las variables que influyen en la medición del gas, por el efecto que causa la compresibilidad y por el efecto de la mezcla del gas de diferentes composiciones.

En vista de esta problemática, el CDT de GAS, en conjunto con Gases de Occidente S.A. ESP (GDO), (empresa distribuidora de gas natural que atiende el sur-occidente colombiano y que ha pretendido consolidar sus procesos buscando expandir sus áreas de influencia con eficiencia, generando alta productividad para competir incluso en el entorno internacional), con el apoyo económico de COLCIENCIAS-SENA, plantearon una solución tecnológica integral, que basada en la aplicación de la metrología de fluidos, el análisis estadístico, los modelos de gestión y la aplicación de TIC's, le permitirían a GDO S.A. ESP mantener y mejorar el control de los balances en su red de distribución, brindando equidad en sus procesos de medición y facturación, y garantizando el cumplimiento de la regulación aplicable en torno a las mediciones de gas natural.

En este sentido, se plantearon cuatro estrategias a saber:

- El desarrollo de modelos matemáticos para la evaluación y control del balance, implementados a través de un software.
- El desarrollo de la infraestructura metrológica para la evaluación, control y mejoramiento de los sistemas de medición, mediante desarrollos tecnológicos aplicables.
- La implementación de los sistemas de gestión basados en la ISO/IEC 17025 para garantizar la calidad de los procesos de calibración y ensayos, alineados dentro de los sistemas de calidad, seguridad y medio ambiente de GDO S.A. ESP.
- Generación de competencias del recurso humano de manera específica, en el área de la metrología aplicada al control de los balances.

En este artículo se mostrarán los resultados obtenidos por medio de la solución tecnológica desarrollada.

2. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS

Garantizar una efectiva administración de los sistemas de medición utilizados para la cuantificación del volumen, y sustentar objetivamente la confiabilidad de sus mediciones, desde las instalaciones de recibo de gas, hasta los puntos de recepción y entrega a los usuarios finales, fue la estrategia a seguir. Para esto se desarrollaron una serie de actividades que contemplan los factores de mayor influencia sobre el cálculo del balance, las cuales se describen a continuación.

2.1. Modelos Matemáticos Confiables para la Evaluación y Control de los Balances.

A través de este proyecto de índole tecnológica se realizó un diagnóstico de los modelos matemáticos utilizados por GDO S.A. ESP.

Con el resultado del análisis y habiendo concebido con claridad los nuevos modelos se planteó el desarrollo de un software que integrara el modelo y las estrategias pertinentes para el control del balance.

Diagnóstico de los modelos de los balances de las redes.

En esta etapa se realizó un diagnóstico de la estrategia de administración del balance en las redes de GDO. Dicho diagnostico se realizó en dos etapas. La primera consistió en la evaluación de los sistemas de medición que hacen parte de la red más crítica de GDO (Red de la ciudad de Cali). Para esto, se evaluó la participación de los distintos sectores que conforman la red comenzando por los históricos de los consumos, con el fin de identificar los tramos de mayor impacto en el balance. A partir de este análisis y teniendo en cuenta factores adicionales como ubicación geográfica y disponibilidad, se seleccionaron los sistemas de medición más relevantes y se evaluaron metrológicamente en campo, a través del Organismo de Inspección del CDT de GAS, el cual cumple con los requisitos establecidos en la ISO/IEC 17020. Basados en los hallazgos encontrados, el área de ingeniería del CDT de GAS realizó una serie de recomendaciones a GDO, cuyo objetivo fue la optimización del funcionamiento de los sistemas evaluados. Estas recomendaciones se hicieron extensibles a sistemas de medición de características metrológicas similares.

La segunda parte consistió en evaluar la estrategia y algoritmos de cálculo para la determinación de los desbalances en la redes de gas. Para esto, se llevó a cabo un análisis de los modelos utilizados por GDO tales como cálculo de inventario, factor de compresibilidad, poder calorífico, correcciones del volumen a condiciones de distribución etc., así como la verificación de los algoritmos utilizados y de las posibles fuentes de desviación o ruido de los balances efectuados. Dicha evaluación permitió evidenciar las ventajas que poseía el modelo y las oportunidades de mejora para garantizar confiabilidad en los resultados obtenidos. A partir de dicha revisión fue posible realizar recomendaciones y definir una nueva estrategia para el mejoramiento de dicho proceso.

Planteamiento de modelos estadísticos y herramientas para el control del balance

A partir del diagnóstico del modelo, se plantearon alternativas para optimizar el esquema de control y el cálculo del balance, teniendo como resultado una nueva estrategia que se realizó por medio de la apropiación del conocimiento y la experiencia asimilada durante las pasantías que realizaron los profesionales del CDT de GAS en el CMF del IPT de Estado de Sao Paulo en Brasil. Esta estrategia de control y administración de balance permitió, que a partir de los análisis estadísticos, se lograran realizar seguimientos al comportamiento de los medidores de mayor impacto en la red de distribución, de forma tal que se evidenciaran cambios generados por desviaciones en dicho sistema de medición.

Adicionalmente, se planteó un modelo que permitiera realizar un control sobre los balances en las redes de distribución de gas natural, detectando los errores en las mediciones, reduciéndolos y ajustando dichas mediciones de manera que se cumpliera con las restricciones impuestas por las leyes de conservación, lo cual fue posible mediante la implementación de las técnicas de Reconciliación de Datos (RD) y Detección de "Errores Gruesos"[1] (DEG). Estas técnicas se basan en cálculos estadísticos, generando calidad y confiabilidad en los datos medidos, disminuyendo el efecto de los errores aleatorios, detectando los sistemas de medición que presentan fallas y asegurando el cumplimiento de las restricciones impuestas por los balances de masa [4, 5, 6].

Finalmente, el estudio de los modelos de reconciliación de datos fue fortalecido a través de la capacitación de seis (6) profesionales del CDT de GAS, con Miguel Bagajewickz PhD de la Universidad de Oklahoma. Esta herramienta fue desarrollada por medio de Matlab y se encuentra incorporada en el software *Gas Balance Manager - GBM* desarrollado por el CDT de GAS, el cual se describe a continuación.

Desarrollo de software para gestión y control del balance de redes de distribución de gas.

Posterior al desarrollo de los modelos matemáticos y estadísticos, y de la estrategia de gestión y control del balance, se generaron las especificaciones del software, definiendo las características técnicas con el objetivo de garantizar que el modelo planteado fuera implementado adecuadamente, y que pudiera ser integrado y adaptado a las necesidades de GDO (Software a la medida). Además se incluyeron aspectos metrológicos para validar la calidad de la información suministrada. El software desarrollado correspondió a una aplicación Web, con base de datos SQL, utilizando como IDE Visual Studio .Net 2010 con Silverlight 4 y motor de base de datos SQL Server 2008. El Software consiste en seis módulos los cuales son descritos a continuación:

- *Módulo Simulador de Redes:* permite la creación de redes de gas natural, incluyendo detalles de sus características y propiedades, así como la creación y/o modificación de las propiedades de los elementos que se han generado en el software.

- *Módulo Datos:* permite ingresar los valores de las propiedades asociadas a cada uno de los elementos pertenecientes a las redes configuradas, establecer valores conciliados del volumen medido cuando no hay una forma de obtener esta cantidad por una lectura, ejecutar procesos internos de la aplicación que hayan quedado inconclusos, revisar la composición reportada por los puntos donde se encuentra disponible por medio de los reportes de cromatografía o la asignación suministrada por parte del transportador, y por último cargar archivos con la información que no se encuentra disponible en las bases de datos que se integran con el software.

- *Módulo Balance:* permite revisar el balance de las redes configuradas en el software en unidades de Volumen y/o Energía.

- Módulo Herramientas: en este módulo se encuentran herramientas que facilitan operaciones fundamentales en el cálculo del balance; actualmente se divide en FluxPro, el cual permite el cálculo de las propiedades del gas natural a partir de su composición y de las condiciones termodinámicas a las que se encuentra sometido (presión y temperatura), y el Reconciliador de Datos, el cual fue descrito en la sección anterior.

- *Módulo Reportes:* permite al usuario generar documentos en formato de MS Excel®, con el fin de presentar de manera estructurada y resumida una serie de datos que se encuentran almacenados en la aplicación, balances, poder calorífico entre otros, los cuales pueden ser utilizados como soporte para la toma de decisiones.

- *Módulo Administración:* permite establecer permisos para los usuarios sobre las operaciones a realizar en la aplicación, gestionar los valores de ciertos parámetros que son claves para el funcionamiento de la aplicación, gestionar las opciones del menú principal de la aplicación, y realizar seguimiento a las operaciones que se llevan a cabo dentro de esta.

Cada una de las facilidades de ingreso de datos cuenta con una funcionalidad de validación *(Figura 1)*, la cual permite verificar los datos que ingresan a la aplicación, confirmando que se encuentre dentro de los intervalos de aceptación o desviaciones permisibles.

2.2. Infraestructura metrológica mínima necesaria para la evaluación, control y mejoramiento de los sistemas de medición.

Para lograr un control adecuado del balance en la red de distribución de gas es necesario garantizar previamente la confiabilidad en las mediciones realizadas. Por tal motivo, GDO no escatimó esfuerzos en la consolidación de un laboratorio metrológico para realizar las calibra-

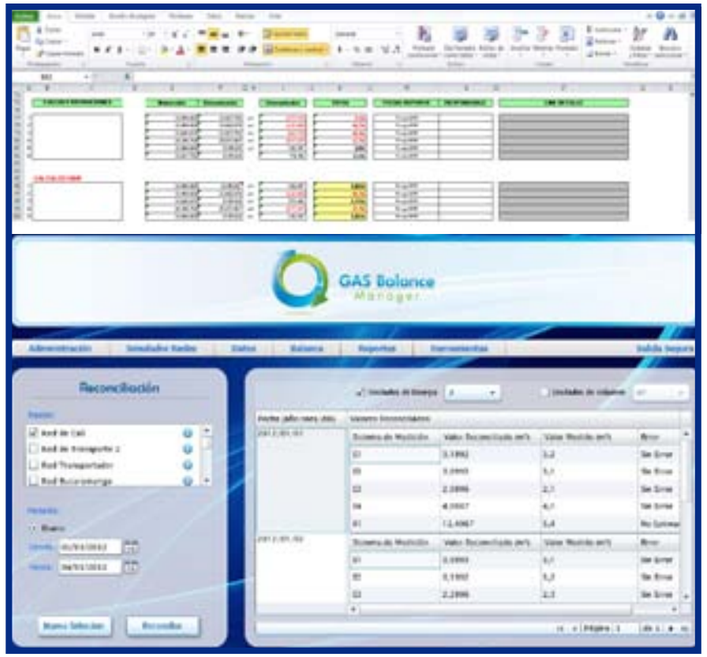

***Figura 1**. Pruebas y Validación del Software.*
Fuente: Corporación CDT de GAS.

[1] *Errores generados por eventos no aleatorios como desajustes de instrumentos de medición, Outliers, corrosión, fugas y cuya contribución al error de la medición es constante en el tiempo. Smart Process Plant. Software and Hardware solution for accurate data and profitable operations. Miguel Bagajewickz.*

ciones en magnitudes de Presión, Temperatura y Volumen, con el objetivo de brindar trazabilidad a su parque de medidores.

Para brindar una solución costo-efectiva, el CDT de GAS desarrolló los bancos de calibración necesarios, con el fin de ayudar en la consolidación de la infraestructura metrológica de GDO S.A. ESP.

Para atender los bajos caudales, el CDT de GAS desarrolló, previo a este proyecto, un banco de calibración, conocido como B-SONIC *(Figura 2)*, el cual permite calibrar hasta 25.000 medidores por año haciendo hoy parte integral del laboratorio metrológico de GDO S.A. ESP.

No obstante, para lograr un control adecuado de las mediciones a bajo caudal, era necesario garantizar un mejor control sobre las presiones de la red de distribución de gas, variable fundamental para los cálculos de la facturación. Por tal razón, en el marco de desarrollo de este proyecto se propuso como solución tecnológica, el desarrollo de un banco de reguladores que le permitiera a GDO realizar ensayos para evaluar el desempeño y comportamiento estable de los elementos mecánicos implementados para la regulación del gas suministrado a los usuarios residenciales y comerciales. La evaluación de estos elementos pretende brindar mayor confiabilidad en la información recolectada y relacionada con la facturación por ciclos.

El banco, TRB-3727 Test Regulator Bench *(Figura 3)*, está enfocado a atender y evaluar los requerimientos relativos al funcionamiento de reguladores de gas natural de única etapa. Por medio de este banco es posible la realización de pruebas de Verificación del Punto de Ajuste de la Presión de Salida del Regulador, Capacidad de Flujo, Histéresis, Bloqueo, Desempeño de la válvula de alivio y Hermeticidad. El alcance operativo de este banco está definido para reguladores con capacidad de flujo entre 0,016 y 10 m^3/h, presión de 0,2 psi (1,37 kpa) a 120 psi (827,14 kpa) y diámetros de conexión de 0,5 in (0,0127m) a 1,5 in (0,0381m) pulgadas.

El TRB-3727 está conformado por tres sub-sistemas. El primero es la parte mecánica, en donde se realiza el desarrollo integral de los ensayos, la segunda es una herramienta informática a través de la cual se realizan los cálculos y se generan reportes de resultados y por último la automatización, la cual permite el control de los procesos y de la instrumentación. El banco incluye además, la instalación de tramos de tubería aguas arriba y aguas abajo para el acople al regulador, según lo especifica la norma y la conexión de la instrumentación.

***Figura 2**. B-SONIC*
Fuente: Corporación CDT de GAS

***Figura 3**. Test Regulators Bench TRB-3727*
Fuente: Corporación CDT de GAS

La herramienta de análisis de datos asociada al banco de reguladores permite la gestión de los datos y emisión de resultados para su facilidad tecnológica, logrando así mitigar las posibles causas que pueden afectar la calidad de los resultados finales. Algunas de las facilidades que esta herramienta presenta son: Generar Informe de Resultados de forma automática disminuyendo así el tiempo en la generación de resultados, Modificación del Formato de Resultados, lo cual permite actualizar la información contenida en el formato con el fin de incluir observaciones especiales identificadas durante los procesos de ensayos, y la Actualización de los Valores correspondientes los valores de incertidumbre Fuentes Tipo B (incertidumbre basada en la experiencia o en otras informaciones) para cada una de las magnitudes asociadas al proceso, debido a que pueden presentarse cambios de instrumentación, ajustes como producto de resultados de las calibraciones periódicas, etc.

Con respecto a los caudales medios de gas, a través del presente proyecto se desarrolló e integró al laboratorio de GDO, un nuevo Banco de Calibración tipo Prover (GMP1000) *(Figura 4)*, utilizado para la calibración de medidores tipo rotativo, turbina y diafragma, con el fin de brindar confiabilidad a las mediciones de los usuarios comerciales, de pequeña y mediana industria, de las estaciones de gas natural vehicular y de las estaciones regulación y medición.

El Prover está compuesto por un Banco de Calibración que utiliza como patrón de calibración medidores Tipo Rotativo de última tecnología, el cual permite el aseguramiento de las mediciones de volumen de gas en un rango de 3 a 1000 m^3/h, garantizando bajos niveles de incertidumbre (cercanos a 0,3% relativo al volumen con nivel de confianza del 95%). El gas utilizado para las calibraciones es aire a condiciones atmosféricas, el cual es suministrado, de acuerdo a los requerimientos de flujo, a través de un ventilador de alta presión y es ajustado automáticamente. Para el funcionamiento del Prover se programaron dos estrategias de control y adquisición de datos: una para la calibración de medidores y otra para el aseguramiento metrológico de los instrumentos secundarios. Cabe resaltar que este banco de calibración tiene la capacidad de realizar pruebas de fugas de manera semiautomática a presión positiva.

El Prover cuenta además con un PC utilizado como terminal HMI (Human Machine Interface) el cual permite monitorear los procesos de calibración y aseguramiento metrológico. Integra un software que posee la capacidad de realizar los cálculos y analizar los resultados de calibración, incluyendo la estimación de la incertidumbre asociada al error de los medidores. La herramienta computacional fue desarrollada para operar en una de las versiones de MS Excel, y se acopla a la plataforma MDM (Metrological Data Manager) "Software para la gestión de los proceso de calibración y emisión de resultados" desarrollado por el CDT de GAS.

Metrological Data Manager (MDM) cuenta con diferentes módulos que permite la gestión de los procesos y la emisión automática de resultados asegurados metrológicamente, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ISO/IEC 17025; además permite llevar a cabo control y rastreabilidad de la información para la toma correcta y oportuna de decisiones. Entre sus módulos se encuentran, Módulo Búsquedas, Módulo Servicios, Módulo Aseguramiento Metrológico, Módulo Documentos y Módulo Administración.

***Figura 4**. Gas Meter Prover GMP1000*
Fuente: Corporación CDT de GAS

Para la calibración de medidores de alto caudal, no se desarrolló infraestructura alguna, en razón a los altas inversiones requeridas. Se desarrolló entonces un plan de formación de competencias para que los funcionarios de GDO S.A. ESP que se encuentran directamente vinculados con el cálculo del balance, apropiaran conocimientos y los aplicaran durante las auditorías que se llevan a cabo periódicamente en los puntos donde se realiza la transferencia de custodia del gas natural.

2.3. Sistema de gestión basado en la ISO/IEC 17025 para garantizar la calidad de los procesos de calibración y ensayos implementados.

Para los desarrollos tecnológicos integrados al laboratorio de metrología de GDO S.A. ESP se implementaron los requisitos y lineamientos exigidos por la ISO/IEC-17025, con el fin de obtener resultados técnicamente válidos para el control y mejora de las mediciones de gas, manteniendo la armonía y la correspondencia con el Sistema Integrado de Gestión Organizacional de GDO S.A. ESP.

Estos lineamientos fueron integrados por medio de Manual de Calidad, Manual de Cargos, Manual de Procedimientos Generales, Manual de Calibraciones, Manual de Equipos, Manual de Instructivos, Plantillas de Cálculo (integradas en los software asociados a cada banco), Registros de la última revisión del SGC, Certificados de Calibración, Listado de Equipos, Patrones, Programa de Calibración de Instrumentos, Valores numéricos de Temperatura, Humedad Relativa y sus respectivas tolerancias, Listado Maestro de Documentos SGC y Normas Técnicas.

La Corporación CDT de GAS de forma sinérgica con los responsables de los sistemas de gestión de GDO S.A. ESP, realizaron una serie actividades de preparación con el objetivo de integrar el sistema ISO-17025:2005.

Es importante resaltar que actualmente el Laboratorio de Metrología de GDO se encuentra acreditado ante el Organismo Nacional de Acreditación con la norma NTC/ISO 17025 en la magnitudes de Presión (34 kPa a 10342kPa), Temperatura (5 a 350 °C) y Volumen (0,016 a $10m^3/h$).

2.4. Estrategia de apropiación del conocimiento para GDO en metrología aplicada al control de balances.

A medida que avanza el desarrollo de los países se hace más evidente la necesidad de desarrollar competencias. Por tal motivo y debido a que en Latinoamérica el tema de la metrología aplicada a la industria toma cada día más importancia, se desarrolló un programa de capacitaciones con el fin de que los funcionarios de GDO S.A. ESP aprovecharan e integraran de manera eficaz al interior de la empresa las diferentes herramientas generadas durante el desarrollo del proyecto, en pro del mejoramiento del balance de las redes administradas.

El programa de formación, dirigido específicamente a aquellos funcionarios que participan de manera directa e indirecta en el control del balance, se dividió en tres niveles debido a la diversidad de funciones y nivel de conocimiento requerido para los responsables. Estos niveles fueron Técnico, Gerencial y Financiero.

El nivel técnico permitió el desarrollo de competencias en Metrología básica, tecnologías de medición, sistemas de medición, instrumentación, balance en redes de gas natural, buenas prácticas metrológicas y cálculos de balance. El nivel financiero estuvo enfocado al análisis, control y gestión de Balances, reglamentación y normatividad vigente, tecnologías de medición, metrología básica y técnicas de conciliación. Por último el nivel gerencial permitió obtener conocimientos en Resultados de diagnóstico inicial del balance, comportamiento del balance y toma de decisiones.

3. FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES TECNOLÓGICAS DE LA CORPORACIÓN CDT DE GAS.

Con el objetivo de mejorar la calidad de los resultados obtenidos en Colombia en medición de volumen en redes de distribución de gas, y teniendo en cuenta que el Centro de Metrología de Fluidos del CDT de GAS brinda trazabilidad a la mayoría de las empresas del sector de gas natural en Colombia, se realizó la actualización de la infraestructura metrológica actual por medio del desarrollo de una facilidad tecnológica para la calibración de medidores másicos por el método gravimétrico que opera entre 3 y 1300 *L/min* con incertidumbres típicas del orden de 0,1% relativo al volumen.

Se realizó también la actualización del Patrón primario tipo Campana Gasométrica *(Figura 5)* con el objeto de mejorar la operación y disminuir la incertidumbre asociada a los resultados.

Dicha actualización incluyó el desarrollo del strapping (método de calibración del patrón primario), el cambio de instrumentación secundaria, la modificación de estrategia de adquisición y control de datos y el cambio del Sistema de Detección de Desplazamiento de la Campana. Adicionalmente, mediante este proyecto, se logró la optimización del patrón primario tipo Pistón *(Figura 6)* y del Banco de Alto Caudal del CDT de GAS, permitiendo al país contar con una infraestructura metrológica acorde con los parámetros internacionales.

Por último, se fortalecieron las relaciones interinstitucionales entre entidades colombianas y extranjeras, permitiendo apropiar conocimiento y tecnología de última generación en el área de metrología de fluidos orientada a la aplicación industrial y al control de los balances en las redes de distribución. Esto fue logrado por medio de pasantías de algunos funcionarios del CDT de GAS a institutos tecnológicos internacionales, entre los cuales se encuentran Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Sao Paulo – IPT, en Brasil, Physikalisch Technische Bundesanstalt – PTB, en Alemania y Dutch Metrology Institute – VSL, en Holanda. Mediante estas pasantías se fortalecieron las competencias en el área de estadística aplicada a la metrología (IPT), metrología en flujo de fluidos y metrología química aplicada a las propiedades del gas natural (PTB y VSL).

Con respecto a la metrología aplicada a la distribución del gas natural puede mencionarse que se obtuvo información sobre el comportamiento operacional y metrológico de la redes de distribución de gas y de datos reales de redes nacionales, lo que permitió establecer patrones de comportamiento y desarrollar competencias sobre: **Análisis de redes de distribución**, permitiendo establecer los problemas típicos en las redes de gas nacionales; **Incertidumbre en balance de redes**, con lo cual se propuso una estrategia para estimación de incertidumbre de balances de redes de gas, siguiendo los lineamientos dados en la Guía para Estimación de Incertidumbre – GUM; e **Influencia de mezclas de gas natural en las redes de Gas de distribución**, analizando y comprendiendo el efecto en los cambios de composición de gas natural sobre sus propiedades y las posibles consecuencias en la facturación y los balances de energía en las redes de distribución.

***Figura 5**. CAMPANA GASOMÉTRICA*
Fuente: Corporación CDT de GAS

***Figura 6**. PATRÓN TIPO PISTÓN*
Fuente: Corporación CDT de GAS

En este sentido, la Corporación CDT de GAS coloca a disposición de la industria nacional nuevos servicios tecnológicos que mejoran las competencias y la productividad no sólo del sector gas, sino también a redes de agua y redes de hidrocarburos, entre otros.

5. CONCLUSIONES

A través de este proyecto se desarrollaron herramientas tecnológicas, basadas en la metrología de fluidos, el análisis estadístico, los modelos de gestión y la aplicación de TIC's, orientadas a la mejora del control de los balances en las redes de distribución de gas natural administradas por GDO S.A. ESP, de acuerdo con la regulación establecida y los estándares de calidad propios de esta concesionaria, fortaleciendo la equidad en sus clientes, en los procesos de medición y facturación, mitigando las pérdidas e identificando sus fuentes. Este logro permitirá a GDO potencializar su capacidad competitiva y establecer programas tendientes a atender otras regiones, incluyendo las internacionales, lo cual demuestra la importancia y conveniencia de aplicar recursos económicos y financieros para la investigación y el desarrollo tecnológico.

Los bancos piloto de medición desarrollados se convertirán en herramientas para la identificación de soluciones correctivas oportunas además de que brindarán trazabilidad en el occidente colombiano. El modelo desarrollado para la evaluación y control de los balances en la red de distribución de gas natural, incorporado en el *Gas Balance Manager – GBM*, es un producto innovador dentro del contexto colombiano, y permitirá identificar las diferentes fuentes que ocasionan las pérdidas No Controladas del energético, generadas por fugas y/o fraudes especialmente.

Se fortalecieron las competencias de los profesionales colombianos vinculados a las dos instituciones, lo cual permitirá incrementar la capacidad para ofrecer servicios tecnológicos integrales de alta competencia que impacten sobre la economía nacional, especialmente en el sector gas. Además, se estableció un plan de formación interna en GDO S.A, ESP haciendo transferencia del conocimiento y brindando las máximas competencias a los profesionales responsables del aseguramiento metrológico de la organización.

Proyectos de esta envergadura permiten concientizar el sector industrial colombiano de la importancia que representa la metrología de fluidos como elemento fundamental para el desarrollo y así gestar un cambio cultural que permita dirigir al país hacia una nueva era productiva, caracterizada por la apropiación de "conocimiento profundo" logrando mejorar la calidad de vida de nuestra sociedad.

6. REFERENCIAS

[1] Resolución CREG 067 de 1995. "Código de Distribución de Gas Combustible por Redes".

[2] Resolución CREG 057 de 1996. "Marco Regulatorio para el servicio público de gas combustible por red y para sus actividades complementarias".

[3] Resolución CREG 046 de 2008. Modificación del numeral 5.39 del Código de Distribución de Gas Combustible por Redes.

[4] **BAGAJEWICZ, Miguel J.** Smart Process Plants. Software and Hardware Solutions for Accurate Data and Profitable Operations. McGraw-Hill. 2010.

[5] **NARASIMHAN Shankar, JORDACHE Cornelius.** Data Reconciliation & Gross error Detection. An intelligent use of process data. Gulf Publishing. 2000

[6] **ÖZYURT, Derya B. PIKE, Ralph W.** Theory and practice of simultaneous data reconciliation and gross error detection for chemical processes. 2004.

[7] Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC, NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales Para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración", 2005.