

# METROLOGÍA DE FLUJO DE PETRÓLEO EN BRASIL

Henry Abril Blanco ([habril@cdtdegas.com](mailto:habril@cdtdegas.com))  
Omar Naranjo ([oanaranjo@gmail.com](mailto:oanaranjo@gmail.com))



**Entra en Servicio un Nuevo Laboratorio en Latinoamérica para la Calibración de Medidores de Combustibles Líquidos y para la Evaluación de Componentes de Sistemas de Medición**

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:**

El presente artículo busca resaltar la importancia de establecer alianzas tecnológicas, que mediante el propósito de alcanzar un fin común, permitan desarrollar infraestructura de primera línea en Latinoamérica y consolidar el conocimiento nacional (en este caso, el de Brasil), que correctamente utilizado, facilitará al final, el reconocimiento internacional, mejorará la confianza en los procesos de comercialización, brindará herramientas para desarrollar, con máxima calidad, la industria local en los sectores metalmeccánico, de electrónica y de comunicaciones, entre otras, y sin duda, optimizará el uso de recursos y divisas demandadas para adquirir desarrollos tecnológicos y científicos internacionales, en caso de requerirse.

Se destaca entonces el desarrollo, con tecnología brasileña, de un esfuerzo común que podría llegar a convertirse en un verdadero hito en materia metrológica, al colocar al servicio de Latinoamérica un Nuevo Laboratorio que fue construido en el Centro de Metrología de Fluidos CMF del Instituto de Pesquisas Tecnológicas IPT del Estado de Sao Paulo en Brasil, con el propósito principal de poner a disposición de la sociedad, no solamente un laboratorio tradicional de calibración de medidores de flujo, sino también una instalación capaz de llevar a cabo pruebas e investigaciones con el fin de asegurar la exactitud y la confiabilidad de actividades metrológicas hechas en contextos fiscales, legales y comerciales, cumpliendo así con las necesidades de la industria petrolera brasileña y los organismos nacionales de regulación.

**INTRODUCCIÓN**

Como se puede leer en uno de los documentos aprobados y difundidos durante el 15<sup>TH</sup> Flow Measurement Conference (FLOMEKO) realizado entre el 13 y el 15 de Octubre de 2010 en Taipei, Taiwán [1], hasta hace pocos años, Brasil no tenía una infraestructura apropiada y ni siquiera contaba con una tradición metrológica en el campo de la metrología de combustibles líquidos, comparable por ejemplo, con aquella existente en otros países donde han operado muchos laboratorios por décadas, probando y calibrando medidores de flujo para la industria del petróleo. Sin embargo, en años recientes este escenario ha ido cambiando de forma gradual, y posiblemente, debido a la cada vez más creciente producción del energético, se evidenció el surgimiento de

algunos laboratorios de carácter privado, enfocados en el flujo de petróleo, principalmente operados por fabricantes de medidores.

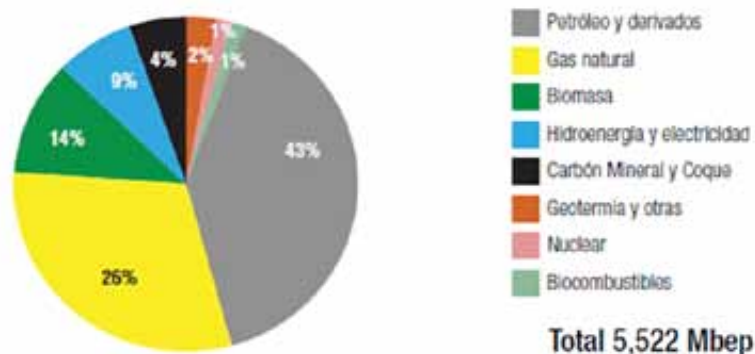
El CMF del IPT del Estado de Sao Paulo en Brasil se fortaleció en la última década como uno de los principales proveedores de soluciones tecnológicas relacionadas con la medición de caudal de fluidos en Brasil y en razón a la alta competencia multidisciplinar y a su excelente competencia para ejecutar actividades laboratoriales -replicables y aplicables a la industria- se fijó el compromiso de diseñar y desarrollar una Nueva Infraestructura, que sumada a la ya existente de gas, agua y saneamiento ambiental entre otras, fuera útil para atender con la máxima confiabilidad y calidad las necesidades presentes en los sectores industriales y, en especial, el del petróleo. En términos eminentemente técnicos, se trazó el objetivo, de manera conjunta entre los interesados, para instalar un laboratorio capaz de llevar a cabo calibraciones y pruebas a diferentes tecnologías de medición de flujo, en un intervalo de operación mayor al actualmente disponible, que permitiera reducir las incertidumbres de medición, y donde se lograra operar con diferentes fluidos de calibración, similares a los productos utilizados realmente en campo.

En este sentido, el pasado mes de diciembre de 2010 el CMF del IPT inauguró su nuevo laboratorio de metrología de flujo de petróleo, destacando que para su construcción requirió realizar inversiones del orden de los 4,2 millones de dólares.

En Brasil, el petróleo cuenta con una participación de aproximadamente el 40% de la balanza energética nacional, en términos de suministro interno de energía [2]. De acuerdo con los resultados del V Foro de Integración Energética Regional, realizado en Octubre de 2010 en Managua - Nicaragua, bajo el auspicio de la Coordinación de Fuentes Renovables de Energía y Medio Ambiente de la OLADE y por la Unidad de Energía Renovable y Rural del Sector de Energía y Cambio Climático de la ONUDI, en América Latina y el Caribe la demanda de energía, no presenta demasiadas variaciones, como se observa en la Fig. 1, (ya que coincide plenamente con Brasil) dado que el petróleo representa en dicha región el 43% como fuente de energía [3].

En Colombia, por su parte, como se leyó recientemente en uno de los principales diarios nacio-

## América Latina y El Caribe - Demanda de Energía



Fuente: Sistema de Información Económica Energética - SEE OLADE 2008

Figura 1. Matriz Energética de América Latina y El Caribe.

nales, la autosuficiencia petrolera se extendería hasta el año 2021, destacando que la producción petrolera ha continuado incrementándose, llegando a 780.000 barriles diarios (bpd) en mayo del 2010, y que Colombia, como el cuarto exportador latinoamericano de crudo, espera alcanzar la meta de producción de 800.000 bpd en 2011, y asumir retos mayores en los próximos 3 años, precisó en una entrevista el director de la estatal Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), Dr. Armando Zamora. Así mismo el titular de la cartera de Minas y Energía reportó que en el último año se perforaron 110 nuevos pozos que permitieron confirmar hallazgos en los Llanos Orientales y que sumaron un mayor volumen de reservas destacando que la industria petrolera alcanzó a adelantar 25 mil kilómetros de sísmica, es decir, pruebas para detectar la existencia de hidrocarburos en distintas zonas del país. De esa área, 17 mil kilómetros corresponden a territorio continental y los restantes a la búsqueda en alta mar. Por su parte, el Dr. Javier Gutiérrez, como presidente de Ecopetrol, dio a conocer un plan de inversión para 2011 por US\$6.738 millones en proyectos que actualmente se encuentran en fases de maduración destacando que para la producción de hidrocarburos se destinará un total de US\$3.848 millones, con lo que la empresa espera incrementar la extracción y producción de petróleo y gas. En general, se deduce que Colombia podrá tener autosuficiencia y seguramente continuará siendo un considerable exportador de crudo desde Latinoamérica.

## ALGUNAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA NUEVA INFRAESTRUCTURA

Como se aprecia en [1], la nueva infraestructura está instalada en un edificio con un área total de 700 m<sup>2</sup> y cuatro niveles, con una altura total interna de 14 metros, albergando un patrón gravimétrico tipo diverter de 6 toneladas de diseño especial, el cual tiene trazabilidad a los patrones nacionales (INMETRO-Brasil) de masa y tiempo, a fin de que las incertidumbres de medición resulten menores a 0,04% del valor medido para flujo másico y 0,05% para flujo volumétrico, considerando un factor de cobertura k=2 y un 95% de nivel de confianza.

La instalación laboratorial tiene capacidad para manejar caudales hasta de 1000 m<sup>3</sup>/h y, mediante una amplia sección de pruebas (Ver figura 3), permite que se ensamblen tuberías de hasta 16 pulgadas de diámetro y hasta 35 metros de largo, capaz de obtener perfiles de velocidad de flujo bien acondicionados hacia los medidores. Igualmente admite montajes, acondicionamientos y configuraciones complejas compuestas por tramos rectos, curvas, reducciones y válvulas de múltiples tipos y tamaños, permitiendo la simulación de condiciones reales existentes en las estaciones de medición en territorio continental e inclusive en plataformas off-shore.

Como una herramienta para realizar las investigaciones pertinentes, la infraestructura fue dise-

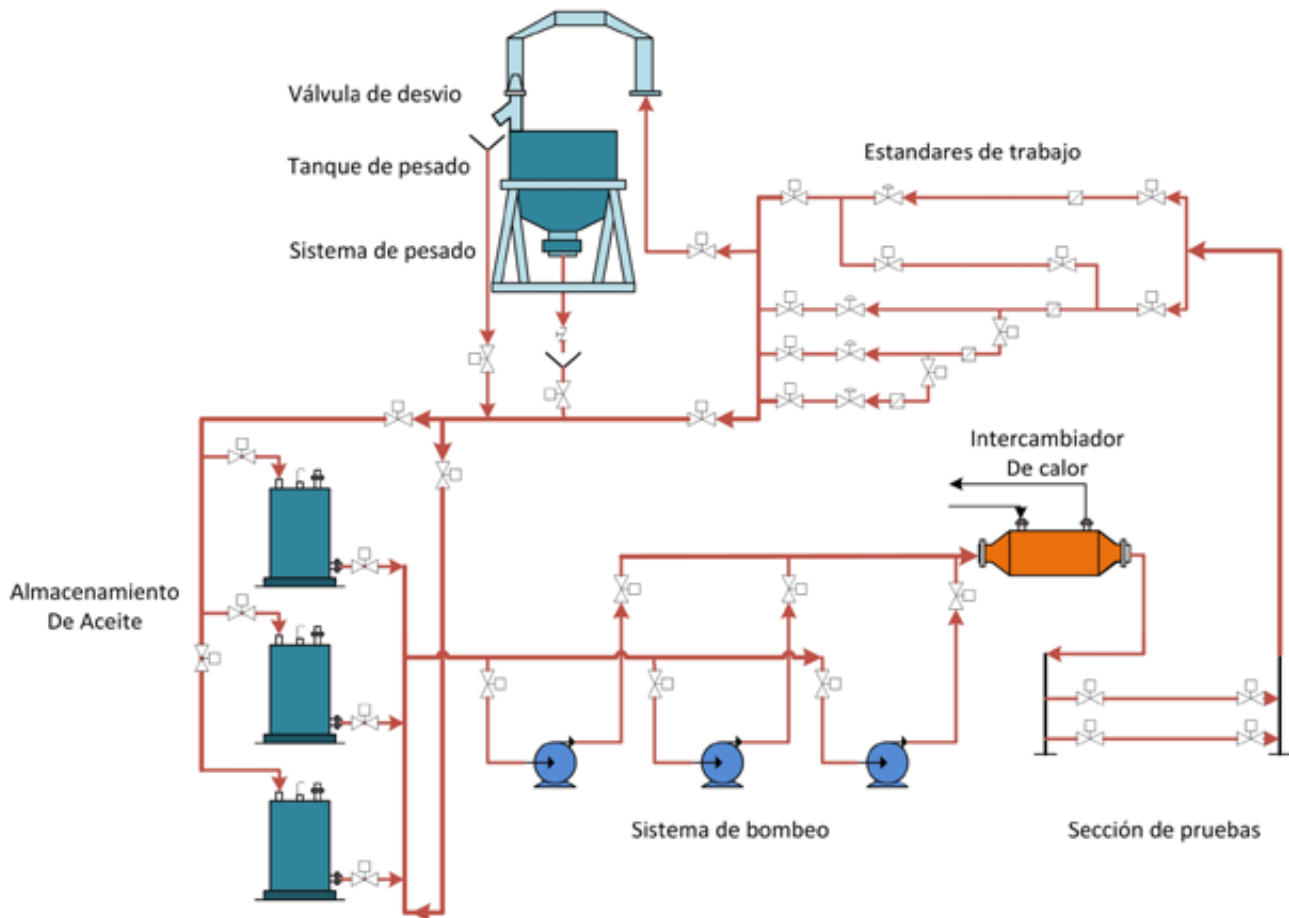


Figura 2. Diagrama Esquemático del laboratorio.

ñada para que opere en un ambiente totalmente climatizado y para que utilizando aceite de tres diferentes viscosidades (baja, media y alta) sometido a un control preciso de la temperatura del fluido y de la presión de línea, sea posible la simulación de la mayoría de situaciones en las cuales se encuentran instalados los sistemas de medición en campo. Basado en sus características y capacidades únicas, las condiciones de instalación y operación de la nueva infraestructura desarrollada, puede utilizarse al máximo, para investigar el desempeño de los sistemas de medición bajo tales circunstancias.

El conjunto de medidores de flujo -tipo patrones de trabajo- está compuesto por dos medidores ultrasónicos de cinco trayectorias, para altos caudales, y dos medidores tipo Coriolis para flujos más pequeños. Estos patrones de trabajo están instalados en serie con el patrón de referencia, en un mezzanine de acuerdo con una configuración especial de tubería que les permite trabajar en modo simple o paralelo, y también les permite su alineación en serie para propósitos de comparación de rutina.

Finalmente, el laboratorio fue perfeccionado con una unidad móvil consistente de un Probador Patrón, el cual previamente es calibrado por los patrones del laboratorio anteriormente mencionado. Esta unidad móvil posibilita la realización de pruebas y la calibración de medidores de caudal, con fluidos reales de proceso en los propios lugares de operación. La unidad móvil provista de un probador compacto de 18 pulgadas tiene asociado un patrón tipo turbina helicoidal de 8 pulgadas, que se convierte así en una herramienta con exactitud inherente, versatilidad, movilidad, robustez e inmunidad a los fenómenos adversos del flujo, permitiendo que se investiguen los efectos de instalación, las condiciones de proceso y características del flujo en operación sobre el desempeño de diferentes tipos de medidores para el petróleo y sus derivados, dado que estos se pueden probar contra las condiciones ideales de un laboratorio y también in situ. De esta manera es posible comparar los resultados con el fin de validar las calibraciones en laboratorio o para identificar diferencias eventuales entre los procedimientos utilizados.

## EXPERIENCIAS DE SINERGIAS INSTITUCIONALES

En el entorno Latinoamericano y muy especialmente en los países del norte de América del Sur y Centroamérica (quizás exceptuando a México) obtener 4,2 millones de dólares (\$ 8.000 millones de pesos colombianos aproximadamente) para inversiones en metrología, resulta casi imposible, por ello vale la pena resaltar, que en la segunda mitad de la década de los 90, en México, una primera estrategia integradora se forjó entre la Petrolera Mexicana Pemex - Refinación y el Centro Nacional de Metrología del mismo país - CENAM [4], constituyéndose en un ejemplo digno de admirar y de repetir para alcanzar beneficios para la petrolera, pero que en verdad redundaron en apropiación y aplicación de conocimientos, y por ende del incremento del nivel general de conocimientos de la sociedad mexicana. En esa ocasión, el voto de confianza permitió fortalecer las estrategias que aseguraban la confiabilidad en las mediciones de transferencia de custodia de productos en diferentes procesos de PEMEX al manejar incertidumbres de medición adecuadas a cada aplicación. Dicha “simbiosis” metrológica contribuyó con la equidad en las transferencias de custodia realizadas a través de mediciones de volumen que empleaban tecnologías tradicionales y nuevas tecnologías de medición de flujo, adoptando los cambios en la normatividad, el fortalecimiento del sistema nacional de calibraciones y el hecho de que los resultados de las mediciones incluyeran la expresión de la incertidumbre. Un caso absolutamente similar se requiere en Colombia y pasan los días, los meses y los años y aún no ha sido posible establecer ese acuerdo para establecer un programa estratégico, que presentado a COLCIENCIAS, le permita al país ingresar al notable grupo de países que poseen infraestructuras metrológicas confiables, que le brinden la confianza internacional la cual es indispensable para lograr con mayor facilidad los acuerdos de reconocimiento mutuo.

En el ejemplo que nos ocupa de Brasil, igualmente el CMF del IPT requirió obtener, como se mencionó anteriormente, la suma de 4,2 millones de dólares de los cuales 2,4 millones de dólares llegaron provenientes de PETROBRAS, por medio de un proyecto relacionado con el impulso a la Red de Metrología Brasileña; 1,2 millones de dólares invertidos por la Secretaría de Desarrollo del Estado de Sao Paulo, como parte del proyecto de modernización del IPT; y 420 mil dólares que fueron destinados por la Financiadora de Estudios

Sin duda para Colombia y para cualquier país, estos beneficios serán inobjetables. Se requiere un voto de confianza entre los entes implicados, pero sobre todo, se requiere comprender que no existe desarrollo de un país si éste no cuenta con la infraestructura suficiente.

Es importante entonces continuar consolidando los esfuerzos para dotar al país, de más y mejores profesionales formados a alto nivel, pero igualmente, e inclusive mayormente importante, es dotarlos de infraestructura tecnológica en donde sea posible “aprender haciendo” tal como se hace en los países desarrollados.



Figura 3. Vista parcial de la sección de prueba.

y Proyectos FINEP, entidad adscrita al Ministerio de Ciencia y Tecnología del Brasil [5]. Los resultados, a partir de su puesta en marcha, se harán evidentes y la recuperación de la inversión no se hará esperar, si se logra incluir en los ejercicios de contabilidad el sentido beneficio para la sociedad.

### LAS EXPECTATIVAS EN BRASIL Y LAS SEMEJANZAS PARA COLOMBIA

El laboratorio será fundamental para la industria nacional del petróleo en Brasil una vez que las mediciones de volumen sean dispuestas en base cuantitativa para la contabilización de los ingresos, costos y beneficios de las empresas del sector. Será también importante en cuanto a la garantía de la exactitud de las mediciones fiscales realizadas sobre la producción de petróleo en el territorio nacional y utilizadas en la contabilización de las regalías y las participaciones especiales, además de proporcionar confiabilidad en las actividades de tributo de todas las etapas del proceso de producción, transporte, refinación y distribución del petróleo y sus derivados.

Sin duda para Colombia y para cualquier país, estos beneficios serán inobjetable. Se requiere un voto de confianza entre los entes implicados, pero sobre todo, se requiere comprender que no existe desarrollo de un país si éste no cuenta con la infraestructura suficiente. Es importante entonces continuar consolidando los esfuerzos para dotar al país, de más y mejores profesio-

nales formados a alto nivel, pero igualmente, e inclusive mayormente importante, es dotarlos de infraestructura tecnológica en donde sea posible “aprender haciendo” tal como se hace en los países desarrollados.

### AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Un agradecimiento especial expresan los autores al PhD. Kazuto Kawakita, Director del CMF del IPT por compartir esta información que sin duda contribuye a la difusión del conocimiento de nuestra sociedad.

### REFERENCIAS

- [1] KAWAKITA Kazuto; PEREIRA Marcos Tadeu: A New Laboratory for Calibration and Testing of Oil Meters and Measurement Systems Components. 15th Flow Measurement Conference (FLOMEKO). Taipei, Taiwan. October 2010.
- [2] BRAZILIAN ENERGY BALANCE. Primary Energy Production: Brazilian Federal Government, Ministério de Minas e Energia / Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Año 2009, base año 2008
- [3] OLADE Organización Latinoamericana de Energía. V Foro de Integración Energética Regional. Managua, Nicaragua. Octubre de 2010.
- [4] DAUED Arturo; LOZA Darío Alejandro: Experiencia Mexicana: Resultado de la Sinergia entre PEMEX - Refinación y el CENAM para el Mejoramiento de los Procesos de Medición de Hidrocarburos. 3ra Jornada Internacional de Medición de Fluidos. CDT de GAS. Bogotá, Colombia. Diciembre de 2004
- [5] www.ipt.br Instituto de Pesquisas Tecnológicas del Estado de Sao Paulo. Brasil