

Plan de mejora del aseguramiento metrológico en la Refinería de Petróleo “Hermanos Díaz”

Ordanis Ramírez Ruiz

ordanis.ramirez@refineria.cupet.cu

Refinería de Petróleo “Hermanos Díaz”, Santiago de Cuba

Fridel Julio Ramos Azcuy

fjramosa@pucesm.edu.ec

Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Sede Manabí

RESUMEN

El aseguramiento metrológico es un pilar estratégico para la competitividad y seguridad en la industria de la refinación de petróleo, donde la fiabilidad de las mediciones es indispensable para garantizar la conformidad de los productos y el cumplimiento del marco regulatorio. A pesar de contar con un Sistema de Gestión de la Calidad, la Refinería de Petróleo “Hermanos Díaz” enfrenta deficiencias en su sistema de aseguramiento metrológico que comprometen sus objetivos. El objetivo de este trabajo es proponer un plan de mejora para dicho sistema. Se realizó un diagnóstico de la situación actual mediante una triangulación metodológica que combinó revisión documental, entrevistas a directivos y encuestas a trabajadores. El diagnóstico reveló debilidades críticas en el capital humano por las brechas de conocimiento detectadas y en los recursos tecnológicos debido a la obsolescencia del parque instrumental. A partir de estos hallazgos, se diseñó un plan de acciones de mejora enfocado en el fortalecimiento de las competencias del personal, la modernización de los procedimientos y la renovación tecnológica. Se concluye que las acciones propuestas establecen una hoja de ruta fundamentada para que la refinería fortalezca su sistema, mejore la fiabilidad de sus mediciones y consolide su cultura de calidad.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo industrial constituye un pilar fundamental para la economía de cualquier país. En un escenario globalizado, el éxito y la sostenibilidad de las industrias dependen directamente de su capacidad para ofrecer productos que cumplan con rigurosos estándares de calidad. Este atributo se ha convertido en un requisito indispensable para la competitividad, funcionando como una herramienta clave que permite superar barreras no arancelarias y asegurar el acceso a los mercados internacionales, como reconoce la

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo (ONUDI, 2017). La materialización de estas ventajas competitivas exige que la calidad sea una realidad comprobable y objetiva, fundamentada en la correcta ejecución de los procesos de medición y calibración. La Metrología, definida formalmente como la “ciencia de las mediciones y sus aplicaciones” (Oficina Nacional de Normalización, 2020), se presenta como la disciplina estratégica que responde a esta necesidad de mediciones confiables. Su correcta aplicación es determinante para obtener resultados fiables y comparables que sustentan la producción y los servicios en todas las ramas de la economía (Oficina Nacional de Normalización, 2007). Para la realización de operaciones comerciales, desde la adquisición de materias primas hasta la venta de productos, la metrología proporciona los medios técnicos necesarios para asegurar mediciones correctas mediante la trazabilidad y la validación de métodos y equipos (Hall, 2025).

La metrología es un componente esencial de la denominada Infraestructura de la Calidad (IC) de un país, un sistema que articula las políticas e instituciones necesarias para asegurar la calidad en toda la economía (Kellermann & Keller, 2015). Los pilares que componen este sistema son la normalización, la metrología, la evaluación de la conformidad y la acreditación (Sosa Vera & Guerra Bretaña, 2023). La fortaleza de la IC reside en la interacción sinérgica de estos elementos, donde la normalización establece los requisitos técnicos, y la metrología proporciona las mediciones fiables que permiten determinar objetivamente el cumplimiento de dichos requisitos.

Contar con una Infraestructura de la Calidad robusta y reconocida internacionalmente es una prioridad estratégica para el desarrollo. La debilidad de cualquiera de sus pilares compromete la eficacia de todo el sistema, aumentando la vulnerabilidad de un país a las barreras no arancelarias al comercio y retrasando su acceso a los mercados globales, como reconoce el Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM, 2003). En este marco, la implementación de un sistema de aseguramiento metrológico responde directamente a los requisitos de los sistemas de gestión de la calidad, como lo estipulado en la cláusula 7.1.5 “Recursos de seguimiento y medición” de la norma NC-ISO 9001:2015 (Oficina Nacional de Normalización, 2015). Por tanto, un sistema metrológico sólido es una condición indispensable para cualquier empresa que aspire a una certificación de calidad y a la competitividad sostenible.

La necesidad de mediciones confiables se acentúa de manera crítica en sectores de alto valor económico como la industria del petróleo, donde es indispensable contar con un sistema eficaz de gestión de las mediciones (Oficina Nacional de Normalización, 2007). Un aspecto fundamental es el control durante el traspaso de hidrocarburos, conocido como transferencia de custodia, donde la calibración periódica de los instrumentos previene cuantiosas pérdidas económicas y disputas comerciales (Franco et al., 2023). La precisión en estas transacciones, junto con el aseguramiento de la calidad del producto final, es un factor clave para la estabilidad financiera y la reputación de la empresa.

Además del impacto económico, la metrología es un elemento indispensable para garantizar la seguridad operacional en una refinería. La monitorización constante de parámetros críticos como la presión, la temperatura y el nivel es fundamental para prevenir accidentes graves, proteger la integridad del personal y cuidar el medio ambiente. Por estas razones, la metrología en la industria petrolera trasciende su rol de actividad de soporte

para consolidarse como un pilar de la viabilidad económica, la seguridad y la sostenibilidad del negocio, proveyendo los datos fiables necesarios para toda decisión estratégica (SICA Mediciones, 2025).

La presente investigación se centra en la Refinería de Petróleo “Hermanos Díaz”, entidad perteneciente a la Unión Cuba Petróleo (CUPET) y ubicada en Santiago de Cuba. El rol de esta refinería es de importancia estratégica para el país, ya que su producción de derivados vitales como gasolinas, diésel y kerosina la posiciona como un pilar del desarrollo económico y la soberanía energética nacional. El impacto de sus operaciones se extiende a través de sectores transversales de la economía, incluyendo el transporte, la agricultura y la generación eléctrica, lo que evidencia su papel fundamental en la cadena productiva cubana.

Consciente de su responsabilidad, la dirección de la empresa ha establecido como un objetivo estratégico fundamental el fortalecimiento del trabajo de normalización, metrología y control de calidad (Refinería de Petróleo “Hermanos Díaz”, 2022). Para alcanzar esta meta, la empresa ha estructurado formalmente su sistema de aseguramiento metrológico (SAM) como un subsistema integrado dentro de su Sistema de Gestión de la Calidad. Este último ha sido implementado según los principios de la norma NC-ISO 9001:2015, buscando una mejora continua de su desempeño global en términos de calidad, costos y seguridad.

A pesar de la existencia de estos sistemas documentados, la realidad operativa de la refinería evidencia una brecha que se manifiesta en una creciente incertidumbre sobre la fiabilidad de las mediciones clave. Las revisiones internas han revelado deficiencias que sugieren una falta de cultura metrológica consolidada, lo que plantea un riesgo latente para la conformidad del producto y la eficiencia de los procesos. Esta situación compromete directamente los objetivos estratégicos de la empresa, ya que la fiabilidad dudosa en las mediciones puede conducir a un uso subóptimo de materias primas e incrementar los costos de producción.

Este conjunto de vulnerabilidades exige una intervención estructurada que vaya más allá de soluciones puntuales. Por lo tanto, para dar solución a la brecha existente entre la estrategia de calidad y la capacidad metrológica real, el objetivo de este artículo es presentar un plan de mejora para el sistema de aseguramiento metrológico de la Refinería de Petróleo “Hermanos Díaz”. Dicho plan se fundamenta en un diagnóstico integral de las debilidades actuales y busca establecer una hoja de ruta para fortalecer el sistema, mejorar la fiabilidad de las mediciones y consolidar la cultura de calidad en la organización.

DESARROLLO

La presente investigación se enmarcó en un enfoque de investigación-acción, ya que su propósito fue estudiar una problemática en su contexto real para comprenderla y resolverla, vinculando la investigación directamente con la práctica. Este paradigma resultó el más pertinente para promover una transformación positiva dentro de la propia organización, permitiendo que los resultados se convirtieran en acciones prácticas y pertinentes para la entidad. El diseño de la investigación se articuló en torno al Ciclo de Deming (PHVA), partiendo de una fase de diagnóstico exhaustivo para luego formular una intervención que, en etapas posteriores, podrá ser ejecutada y evaluada.

El estudio se estructuró en dos etapas secuenciales para garantizar un abordaje sistemático del problema. La primera etapa consistió en un diagnóstico para analizar en profundidad el Sistema de Aseguramiento Metrológico, identificar las causas raíz de la problemática y determinar las áreas de oportunidad. La segunda etapa se centró en la formulación de las acciones de mejora, utilizando los hallazgos del diagnóstico para diseñar soluciones estructuradas y justificadas que respondieran directamente a las debilidades encontradas. Para la recolección de la información necesaria se empleó una estrategia de triangulación metodológica, combinando diversas técnicas para obtener una visión integral del problema. Se realizó una revisión documental que incluyó el análisis de los documentos internos de la refinería, como el manual de calidad, los procedimientos operativos y los informes de auditorías, para comprender el estado formal del sistema. Este análisis permitió evaluar el cumplimiento histórico de los acuerdos tomados en las supervisiones, con un 83,3 % de cumplimiento general en el período analizado.

De forma complementaria, se realizaron entrevistas semiestructuradas a los ocho directivos involucrados con la actividad metrológica para capturar su perspectiva cualitativa sobre la gestión y los desafíos del SAM. Finalmente, para cuantificar los hallazgos, se aplicó una encuesta a una muestra de 247 personas, obtenida mediante muestreo aleatorio estratificado sobre una población de 685 trabajadores. Este instrumento, validado mediante juicio de expertos, se diseñó para evaluar el nivel de conocimiento y la opinión general sobre la gestión metrológica en la empresa.

El hallazgo más preocupante del diagnóstico fue el bajo nivel de competencia técnica en la organización. Los resultados de la encuesta evidenciaron que el conocimiento general sobre conceptos metrológicos fundamentales es alarmantemente bajo, con un nivel calificado de "Muy Bajo" (40 %) en el personal obrero y "Bajo" (66 %) en el nivel directivo. Este déficit en la base operativa, que es la que interactúa directamente con los instrumentos, representa un riesgo considerable para la fiabilidad de las mediciones y la calidad del producto final.

Profundizando en el análisis, se identificaron confusiones conceptuales clave que afectan la gestión del sistema. Resulta especialmente alarmante que solo la mitad de los directivos (50 %) y especialistas (53 %) fueran capaces de diferenciar correctamente entre los términos "calibración" y "verificación". Esta falta de conocimiento a nivel estratégico y táctico puede explicar en parte las debilidades identificadas en el sistema, como la falta de seguimiento a los planes de calibración y un bajo compromiso directivo con la metrología más allá de las transacciones comerciales.

Como consecuencia directa de estas deficiencias, se constató una alta y generalizada demanda de mayor capacitación en todos los niveles de la organización. La encuesta reveló que la necesidad de recibir más formación en temas de metrología fue uno de los puntos con mayor acuerdo, obteniendo una mediana de 4 o superior en una escala de 5 en todos los estratos. Este dato corroboró que el propio personal es consciente de los déficits de conocimiento y demanda activamente acciones formativas para subsanarlos.

En cuanto a los recursos, el diagnóstico reveló una precariedad material que compromete directamente la fiabilidad de las mediciones. La encuesta cuantificó una percepción generalizada de obsolescencia tecnológica, donde un 85 % del personal considera que la instrumentación es obsoleta o insuficiente. Esta situación se ve agravada por una casi

inexistente política de equipos de respaldo, ya que un 80 % de los encuestados reportó que "rara vez" o "nunca" existen instrumentos de sustitución durante los periodos de calibración. La falta de equipos de recambio genera un riesgo operativo crítico, forzando a detener procesos productivos o, en el peor de los casos, a continuar operando sin la debida trazabilidad metrológica.

Esta debilidad en los activos tecnológicos se ve acentuada por una gestión no sistematizada de los mismos. Se constató que la gestión del SAM no está automatizada y que no se realizan análisis formales sobre la criticidad de las mediciones para priorizar los esfuerzos de calibración y mantenimiento. Esta ausencia de un enfoque basado en riesgo y de herramientas de gestión modernas perpetúa un ciclo de trabajo reactivo, donde los recursos, ya de por sí limitados, no se asignan de la manera más eficiente para mitigar los mayores riesgos para la calidad y la seguridad del proceso.

El análisis de la cultura organizacional reveló una profunda contradicción que define el estado del sistema. Por un lado, la encuesta demostró un consenso absoluto sobre la importancia estratégica de las mediciones para garantizar la calidad del producto, con una valoración máxima (mediana de 5 en una escala de 5) en todas las categorías ocupacionales. Sin embargo, esta alta valoración contrasta drásticamente con una percepción generalizada de bajo compromiso por parte de la alta dirección, evaluada de forma muy negativa con una mediana de 1 a 2.

Esta desconexión se explica por un enfoque de gestión desarticulado, evidenciado en las entrevistas a directivos. La metrología se prioriza casi exclusivamente en las áreas de transacción comercial, como el despacho de producto, subestimando su rol como herramienta para la optimización y eficiencia de los procesos productivos internos. Este enfoque limitado se ve perpetuado por la falta de un liderazgo técnico especializado, ya que se identificó la ausencia de un metrólogo con dedicación y formación específica que centralice y supervise el SAM de manera integral en toda la refinería.

El primer eje de la propuesta es el fortalecimiento del capital humano, considerado la piedra angular para la mejora del sistema. Esta acción ataca directamente las debilidades más críticas detectadas en el diagnóstico: las significativas brechas de conocimiento y la falta de un liderazgo técnico especializado. Para subsanar estas deficiencias, se proponen dos acciones fundamentales y complementarias: la creación de plazas con funciones definidas que doten al sistema de una estructura organizativa robusta y la implementación de un plan de capacitación para elevar las competencias técnicas en todos los niveles.

La primera acción consiste en la creación de dos plazas especializadas para dotar al SAM del liderazgo técnico del que carece. Se propone la creación de un rol de Especialista B en Metrología, con una responsabilidad táctica y estratégica para supervisar el sistema, controlar el cumplimiento de los planes de calibración, elaborar informes para la alta dirección y actuar como contraparte técnica en auditorías. De forma complementaria, se propone un rol de Técnico en Metrología, con una responsabilidad operativa para ejecutar los planes, mantener actualizado el nomenclador de instrumentos, gestionar la logística con laboratorios externos y revisar los certificados de calibración.

La segunda acción es la implementación de un plan de capacitación estratégica, diseñado para ser continuo y diferenciado según las necesidades detectadas en cada nivel de la organización. El objetivo es cerrar las brechas de conocimiento y asegurar que todo el

personal comprenda su rol dentro del sistema de aseguramiento metrológico. El plan contempla programas específicos para directivos, enfocados en el impacto estratégico de la metrología; para el personal técnico, centrados en habilidades prácticas como el cálculo de incertidumbre; y para los operarios, orientados al manejo correcto de los instrumentos de medición en planta. La Tabla 1 detalla la estructura inicial de este programa de formación.

Tabla 1 Plan de Capacitación Estratégica

Cargo / Nivel	Área de Enfoque	Necesidades de capacitación clave
Directivos y Gerentes	Gestión Estratégica	Impacto de la metrología en la rentabilidad, marco normativo vigente (Decreto Ley 8:2020), gestión de riesgos metrológicos.
Especialista B en Metrología	Liderazgo Técnico	Metrología General Avanzada, Cálculo de Incertidumbre de las Mediciones, Formación de Auditores Internos (NC-ISO 19011), Sistema Internacional (SI).
Técnico en Metrología y Técnicos de Instrumentación	Operaciones y Mantenimiento	Metrología General, Sistema Internacional (SI), Procedimientos de Calibración y Verificación, Mantenimiento Preventivo de Instrumentos.

El segundo eje de la propuesta se enfoca en la modernización de la gestión y los procedimientos, reconociendo que el fortalecimiento del capital humano debe estar respaldado por flujos de trabajo optimizados y herramientas eficientes. Este componente busca transformar el manejo del SAM de un enfoque reactivo, como se evidenció en el diagnóstico, a un sistema proactivo y controlado. Para ello, se plantean acciones concretas orientadas a mejorar la metodología de trabajo y a implementar soluciones informáticas que centralicen la información y garanticen la trazabilidad.

La primera acción es la optimización de procedimientos de trabajo, con un enfoque específico en la modificación de la metodología del SAM (procedimiento RU-DT/P 2102). Las modificaciones propuestas están diseñadas para incorporar un enfoque preventivo, permitiendo detectar los incumplimientos en el plan de calibración antes de las auditorías para informar a la dirección y establecer acciones correctivas oportunas. Asimismo, se busca controlar individualmente el tiempo de entrega y retorno de los instrumentos enviados a calibrar y la recepción de los certificados dentro de los plazos establecidos, mejorando la trazabilidad de todo el ciclo.

La segunda acción es la informatización de la gestión metrológica, comenzando con la plena utilización del módulo de Inventarios y Operaciones como herramienta para el control en toda el área comercial. El objetivo de esta herramienta es garantizar el suministro eficiente de combustible y optimizar los recursos, minimizando costos operacionales. Este sistema informático permitirá centralizar el control de las mediciones en los tanques de almacenamiento, asegurando la trazabilidad de las transacciones y reduciendo el riesgo de

error humano, lo que representa un primer paso hacia una futura digitalización completa del SAM en la refinería.

Finalmente, el tercer eje de la propuesta aborda la renovación tecnológica para superar el problema de la obsolescencia instrumental, una de las debilidades más contundentes reveladas en el diagnóstico. Para asegurar la sostenibilidad a largo plazo del SAM, es indispensable contar con un parque de instrumentos fiable y actualizado. Por ello, se propondrá a la alta dirección la creación de un comité técnico-financiero encargado de elaborar un plan de inversión a mediano plazo (3-5 años) para la actualización progresiva de los equipos de medición.

Este plan no se basará en adquisiciones reactivas, sino en un análisis de criticidad de las mediciones, lo que constituye un cambio fundamental en la gestión de los activos tecnológicos. Dicho análisis permitirá priorizar la sustitución de los equipos cuyo impacto en la calidad del producto, la seguridad operacional y la eficiencia del proceso de refinación sea mayor. De esta manera, se asegura que los recursos financieros se asignen de forma estratégica, maximizando el retorno de la inversión al mitigar los riesgos más significativos y fortalecer los puntos de control más importantes de la planta.

CONCLUSIONES

La principal conclusión de esta investigación es la existencia de una profunda brecha entre la importancia estratégica que se le reconoce a la metrología y su precaria implementación operativa en la Refinería “Hermanos Díaz”. Esta desconexión se manifiesta en debilidades críticas interconectadas, como la obsolescencia tecnológica del parque instrumental, un déficit generalizado de conocimiento normativo y técnico en todos los niveles, y una cultura gerencial que ha enfocado el aseguramiento metrológico principalmente como un requisito comercial reactivo.

Se demostró que una mejora efectiva y sostenible del sistema de aseguramiento metrológico debe ser multidimensional. En respuesta, el plan de mejora propuesto articula acciones en los frentes humano, procedimental y tecnológico, constituyendo una hoja de ruta integral para transformar el SAM. La investigación subraya la necesidad de un cambio de paradigma: concebir el aseguramiento metrológico como una inversión estratégica indispensable para la eficiencia operativa, la seguridad y la competitividad sostenible en la industria moderna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIPM. (2003). *Evolving needs for metrology in trade, industry and society and the role of the BIPM*. Bureau International des Poids et Mesures.
- Franco Fernández, J., Turiño Echeverría, E., Mendoza Sánchez, R., & Gómez Domínguez, A. (2023). Cadena de trazabilidad de las mediciones de flujo de gas licuado del petróleo en la Unión Cuba Petróleo. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 54, 1–14.
- Hall, B. D. (2025). *Título del trabajo de Hall*. Editorial o Revista. (Nota: Aún se necesita la información completa de esta referencia).
- Kellermann, M., & Keller, D. (2015). *The German Quality Infrastructure*. (Serie de publicaciones sobre la infraestructura de la calidad, N.º 3). Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Energía (BMW).

- Oficina Nacional de Normalización. (2007). *Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición (NC-ISO 10012)*.
- Oficina Nacional de Normalización. (2015). *Sistemas de gestión de la calidad – Requisitos (NC-ISO 9001)*.
- Oficina Nacional de Normalización. (2020). *Vocabulario internacional de metrología: Conceptos fundamentales y generales, términos asociados (VIM) (NC OIML V2-200)*.
- ONUDI (2017). Infraestructura de calidad de las Américas https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-01/NQI_Americas_Report_SP.pdf
- Refinería de Petróleo “Hermanos Díaz”. (2022). *Manual del sistema de gestión de la calidad*.
- SICA Mediciones. (2025). *La importancia de la calibración y el mantenimiento regular de equipos de medición para hidrocarburos*. <https://www.sicamedicion.com.mx/blog/calibracion/importancia-de-la-calibracion-y-mantenimiento-de-equipos-de-medicion-para-hidrocarburos>
- Sosa Vera, R., & Guerra Bretaña, R. M. (2023). Panorámica sobre la calidad en Cuba. *Universidad de La Habana, (298)*, 27-30.