

DISEÑO Y DESARROLLO DEL NUEVO SISTEMA DE MEDICIÓN PARA EL PATRÓN NACIONAL DE DENSIDAD

Tovar Zarate Luis Javier, Luz María Centeno González.
 Centro Nacional de Metrología.
 km. 4.5 Carretera a los Cués, El Marques, Querétaro, C.P.: 76246
 (442) 211 05 00 Ext. 3522, ltovar@cenam.mx

Resumen: A continuación se presenta el diseño y desarrollo del actual sistema de medición para el patrón nacional de densidad, el cual utiliza el principio de pesada hidrostática para la medición de la densidad de sólidos y líquidos. Un sistema de medición automático es fundamental para la trazabilidad de la densidad y la elaboración de material de referencia certificado.

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de medición se desarrolló para el nuevo laboratorio del patrón nacional de densidad del edificio de laboratorios especiales del Centro Nacional de Metrología (CENAM), el objetivo: disminuir el tiempo de medición por parte del metrólogo e invertirlo en actividades de investigación, desarrollo científico y tecnológico y actividades de impacto social.

Para el desarrollo y automatización del sistema de medición fue necesario el diseño de la parte mecánica y electrónica que brinda el movimiento autónomo al sistema, el desarrollo de un *software* que controle cada una de los procesos del sistema y sea capaz de comunicarse de manera puntual con cada uno de los instrumentos.

2. DESARROLLO

Inicialmente se realizó un análisis del actual procedimiento para la medición de la densidad, con el objetivo de determinar el material y equipo necesario se consideraron todas las contribuciones de la Ec 1, para obtener los mejores resultados y disminuir la incertidumbre asociada a la medición, además de disminuir los errores aleatorios presentes en la medición.

$$\rho_L = \left[\frac{m_E - m_{ms} + \rho_{air} V_{ms} [1 + \alpha_{ms} (t_{air} - t_{ref})] - \Delta m - Gc - Mc}{V_E [1 + \alpha_E (t_{liq} - t_{ref})] [1 - \beta_E (\rho_{liq} - \rho_{ref})]} \right] [1 + \alpha_{liq} (t_{liq} - t_{ref})] [1 - \beta_{liq} (\rho_{liq} - \rho_{ref})]$$

Ec.1

2.2 DISEÑO DEL SISTEMA MECÁNICO.

Como se explica en el procedimiento es necesario contar con un sistema que sea capaz de controlar el movimiento para la colocación de los patrones tanto en la parte superior de la balanza como en la inferior,

por tal motivo el diseño sistema mecánico se dividió en dos partes.

2.2.1. Sistema superior

En el sistema superior se deben colocar los patrones de masa en el instrumento para pesar que servirán de comparador entre los valores de masa de los patrones y un sólido de densidad conocida.

El sistema superior consta de un actuador de movimiento lineal que proporciona un movimiento uniforme y delicado con el fin de colocar el patrón de masa sobre el receptor de carga del instrumento.

2.2.2. Sistema inferior

El sistema inferior tiene la tarea de colocar el patrón de densidad en el soporte de sujeción inferior del instrumento para pesar y cuenta con un baño termostático (utilizado para controlar la temperatura del material de referencia).

Al igual que el sistema superior, el movimiento de este sistema es generado por un actuador de movimiento lineal, el cual sujeta a la esfera cuando el sistema superior se encuentra pesando los patrones de masa, una vez que este finaliza, el actuador coloca la esfera en una soporte que se encuentra sujetado al receptor de carga inferior del instrumento, espera el tiempo de estabilización, se registra el dato de masa y la esfera regresa a su posición inicial.

2.3 CONTROL AUTOMÁTICO DEL SISTEMA

El movimiento rotatorio de los actuadores lineales motores y servomotores, el control de los procesos del sistema fue desarrollado en LabView, en el software se programan los tiempos y condiciones para el movimiento de cada uno de los motores, la adquisición de la indicación puntual de cada uno de

los instrumentos de medición, las fases de verificación y la visualización de cada elemento.

3. RESULTADOS

El sistema en funcionamiento fue probado con agua (como material de referencia) y con patrones sólidos de densidad conocida, identificados como BK-7, Z1 y Z2 los cuales dieron trazabilidad a las mediciones de densidad. El control de la temperatura fue monitoreado durante el proceso de medición y se obtuvieron variaciones de 0.002 °K/h y la desviación estándar de las mediciones en masa fue de 0.0005 7 g.

Para validar las mediciones realizadas en este sistema se compararon los valores de la densidad del agua obtenidos experimentalmente contra valores de la densidad del agua calculados mediante la fórmula de Tanaka. Esta comparación se realizó mediante el criterio del error normalizado, resultando un valor de 0.57, lo que indica que los resultados cumplen satisfactoriamente este criterio.

Con la desviación estándar de las mediciones se pudo estimar la reproducibilidad del sistema y su respectiva estabilidad, seguidamente se calculó la densidad del líquido, para calcular los la densidad el proceso se dividió en 16 ciclos, con 7 series por ciclo, la densidad obtenida de cada una de las series por ciclo se promedia, para contar con un valor de densidad promedio. Los resultados obtenidos de la verificación del sistema son los siguientes:

Medicion	Densidad	Inc. (k=1).	Inc. Rel	Temp	Presion	Densidad Tanaka	Inc. (k=1).
1	0.9981896	0.0000016	1.6E-06	20.003	82950	0.9981916	0.0000021
2	0.9981891	0.0000019	1.9E-06	20.003	82912	0.9981917	0.0000021
3	0.9981883	0.0000018	1.8E-06	20.003	83144	0.9981918	0.0000021
4	0.9981884	0.0000017	1.7E-06	20.003	83142	0.9981918	0.0000021
5	0.9981882	0.0000016	1.6E-06	20.003	83136	0.9981918	0.0000021
6	0.9981886	0.0000017	1.7E-06	20.003	83125	0.9981918	0.0000021
7	0.9981877	0.0000016	1.6E-06	20.003	83109	0.9981917	0.0000021
8	0.9981886	0.0000017	1.7E-06	20.003	83094	0.9981917	0.0000021
9	0.9981893	0.0000017	1.7E-06	20.003	83080	0.9981918	0.0000021
10	0.9981892	0.0000018	1.8E-06	20.003	83068	0.9981917	0.0000021
11	0.9981891	0.0000017	1.7E-06	20.003	83064	0.9981917	0.0000021
12	0.9981887	0.0000017	1.7E-06	20.003	83054	0.9981917	0.0000021
13	0.9981895	0.0000016	1.6E-06	20.003	83027	0.9981917	0.0000021
14	0.9981890	0.0000017	1.7E-06	20.003	83003	0.9981917	0.0000021
15	0.9981880	0.0000017	1.7E-06	20.003	82961	0.9981916	0.0000021
16	0.9981878	0.0000017	1.7E-06	20.004	82892	0.9981915	0.0000021
Valor medio	0.9981887	Inc. (k=2)		20.003	83035	0.9981917	Inc. (k=2)
Desvest	5.99E-07	0.0000034		0.0002	82.393		0.0000041
En	0.57						

Tabla 1. Resultados de mediciones en el sistema automático.

Derivado a los excelentes resultados, el Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET), solicito al CENAM la adquisición de un sistema de medición con las mismas características, por lo que en Febrero del 2014, se inició la fabricación de un nuevo sistema, y en octubre del mismo año se entregó instalado directamente en sus instalaciones. Permitiendo a

LACOMET ponerse a la vanguardia en las mediciones de densidad; homologar y proporcionar trazabilidad internacionalmente a las mediciones de densidad realizadas en entre México, Costa Rica y Latino América, además mantener el prestigio del CENAM, como un laboratorio primario de metrología nivel internacional, desarrollando nuevos sistemas de medición y transferir la tecnología a otros países.



Fig. 2. Sistema automático para la medición de la densidad de sólidos y líquidos.

4 CONCLUSIONES

En el presente trabajo se presenta el desarrollo del sistema automático de pesada hidrostática para la medición de la densidad de líquidos, el cual será utilizado como parte del equipo requerido para la certificación de materiales de referencia certificados en densidad. El sistema automático de pesada hidrostática puede alcanzar valores de incertidumbre relativa en densidad del orden de 4.1×10^{-6} para un nivel de confianza de aproximadamente 95%, para una temperatura de 20 °C.

REFERENCIAS

- [1] Manfred Kochsiek, Michel Glaser, Ed. Wiley-VCH. "Comprehensive Mass Metrology". en la ingeniería de las estructuras".
- [2] M. Tanaka, G. Girard, R. Davis, A. Peuto and N. Bignell, "Recommended table for the density of water between 0 °C and 40 °C based on recent experimental reports, Metrología" Vol. 38, 2001, 301-309.
- [3] Díaz J. Julio, Becerra S. Luis. "Caracterización de líquidos para ser usados como materiales de referencia certificados en densidad".