

# CARACTERIZACIÓN DE UN BAÑO TERMOSTÁTICO PARA MEDIR VISCOSIDAD CINEMÁTICA

Galván M. del C. Trujillo S.  
Centro Nacional de Metrología, Laboratorio de Viscosidad  
Apdo. Postal 1-100 centro, C.P. 76000. Querétaro, Qro.  
Tel: (4) 211-05-00, Fax (4) 211-05-68

[mgalvan@cenam.mx](mailto:mgalvan@cenam.mx), [strujill@cenam.mx](mailto:strujill@cenam.mx)

**Resumen:** Con el fin de conocer las variaciones de temperatura que pudieran presentarse en un baño cuando se efectúan mediciones de viscosidad, se lleva a cabo la caracterización de un baño termostático para medir viscosidad cinemática. El método consiste en registrar valores de temperatura en el centro del baño con un termómetro de referencia fijo y monitorear vertical y horizontalmente el área de trabajo del baño con otro termómetro auxiliar. Se observan las diferencias de temperatura entre los termómetros en cada posición donde se colocan. Se determina la estabilidad de temperatura en un plazo superior al tiempo estimado para realizar las mediciones de viscosidad. Al terminar el estudio, se concluye que las variaciones de temperatura que presenta el baño termostático cuando se usa para mediciones de viscosidad cinemática, son menores de 5 mK.

## INTRODUCCIÓN

La temperatura tiene una relación directa con la viscosidad. Un aumento de temperatura resulta en una disminución de la viscosidad y viceversa. Por ejemplo, a temperatura ambiente, una variación de temperatura de 0, 1 °C, ocasiona un cambio de viscosidad de 0, 6% en los aceites minerales y 0, 3% en el agua. Por tal motivo, cuando se quieren realizar mediciones de viscosidad de alta exactitud, el primer parámetro a controlar es la temperatura. Esto se logra colocando el material que se quiere medir dentro de un baño termostático con temperatura controlada.

Para cumplir con los requisitos de control de temperatura en el establecimiento del Patrón Nacional de Viscosidad, es necesario que durante las mediciones, la estabilidad de temperatura dentro del baño termostático sea de  $\pm 5$  mK y la diferencia de temperatura entre dos puntos cualquiera del baño sea  $\leq 5$  mK [1].

El propósito de este estudio es presentar un método de caracterización que permita evaluar la estabilidad y las variaciones espaciales de la temperatura en el baño termostático en donde se realizan las mediciones para el establecimiento del Patrón Nacional de Viscosidad, cuyo valor de viscosidad ha sido convenido internacionalmente a 20 °C [1].

## DESCRIPCIÓN DEL BAÑO TERMOSTÁTICO PARA MEDIR VISCOSIDAD CINEMÁTICA

El baño termostático para medir viscosidad cinemática, tiene una capacidad de 70 L y dimensiones de: largo x ancho x alto = 267 mm x 229

mm x 610 mm. El interior es visible a través de dos paredes (al frente y en la parte de atrás) de 257 mm x 571 mm. Esta parte está separada de la zona del controlador de temperatura (serpentín y agitador) por una placa de acero inoxidable, por consecuencia el líquido enfriador circula sobre la cámara de medición.

Con el fin de mejorar la estabilidad del baño, se integra un calentador con sistema de control computarizado. El control de la temperatura se lleva a cabo a través de una resistencia eléctrica de 1 500 W (calentador que se integra), utilizando la técnica de ancho de pulso (PWM) para descargar una tensión de 120 V a través de la conmutación de un relevador de estado sólido. El control y monitoreo se efectúa por medio de una computadora que emplea un programa desarrollado en LabView [3].

Las dimensiones del baño en la zona de medición, permiten que los viscosímetros capilares (capilar de 400 mm de longitud) se observen completamente a través de las ventanas.

## CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Durante la caracterización, la temperatura se mide con dos termómetros de resistencia de platino (RTD), que se calibran de acuerdo con la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT-90), con una incertidumbre de calibración a 20 °C de 1 mK, con  $k = 2$ .

Las resistencias se conectan en una configuración de 4 cables a un puente de precisión termométrica de corriente alterna. El valor registrado por el puente es la relación de resistencia del RTD con una resistencia patrón.

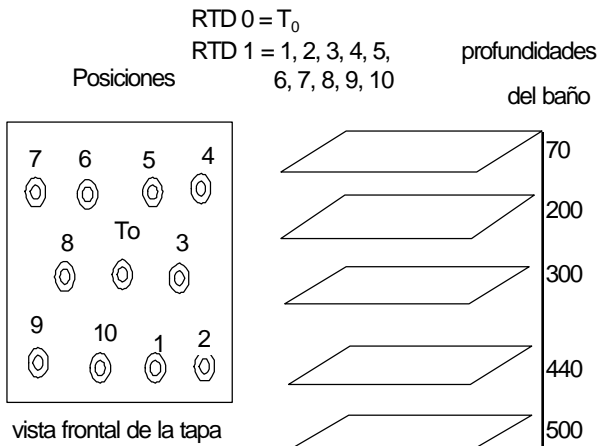
## PARTE EXPERIMENTAL

### Condiciones de medición

La temperatura ambiente del laboratorio donde esta ubicado el baño termostático se mantiene a  $(20, 0 \pm 1)^\circ\text{C}$ . El baño termostático opera con un sistema de enfriamiento donde re-circula agua con etilenglicol en proporción 1:1

### Diferencia de temperatura entre dos puntos cualquiera del baño termostático

La diferencia de temperatura entre dos puntos cualquiera del baño termostático se evalúa de acuerdo al esquema representado en la Figura 1, donde  $T_0$  es la posición del RTD 0 (fijo en el centro del baño) y los otros números sobre la parte frontal de la tapa del baño (1 a 10), indican las posiciones horizontales donde se mueve el RTD 1. Las profundidades marcadas en la figura 1, indican las posiciones verticales donde se mueve el RTD 1.



**Figura 1.** Posiciones donde se colocan los RTD durante las pruebas para conocer la diferencia de temperatura entre dos puntos cualquiera del baño termostático

Cuando la temperatura del baño permanece estable a  $20^\circ\text{C}$ , el RTD 0 se fija al centro del baño a 300 mm de profundidad y el RTD 1 se coloca en la posición 1 a 70 mm de profundidad de la superficie del baño. Después de 2 minutos se registran lecturas de manera simultánea tanto del RTD 0 como del RTD 1 en la posición 1. Entonces se mueve el RTD 1 a la posición 2 sin cambiar de profundidad, se esperan 2 minutos y se registran de nuevo lecturas simultáneas del RTD 0 y el RTD 1 y así sucesivamente hasta completar las 10 posiciones marcadas en la tapa del

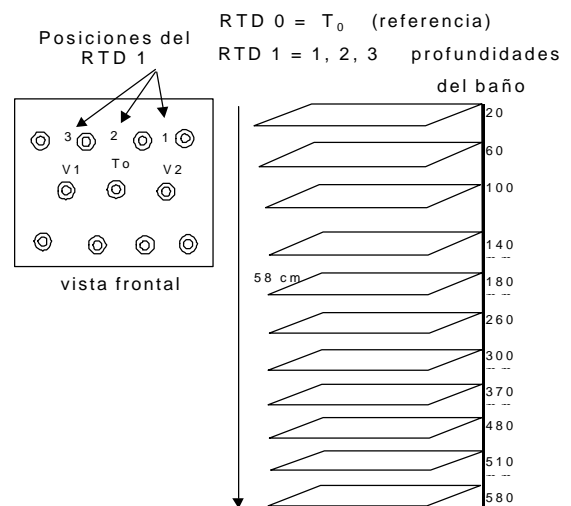
baño. Se repite el mismo recorrido de las 10 posiciones a la misma profundidad para tener dos datos registrados en cada posición y profundidad. Después se cambia a 200 mm de profundidad y se repite el recorrido con las 10 posiciones y así sucesivamente en cada una de las profundidades restantes. El RTD 0 se mantiene siempre en la misma posición y profundidad mientras dura la prueba, el RTD 1 es el que va cambiando.

### Estabilidad a largo plazo

Cuando el baño termostático alcanza una temperatura estable a los  $20^\circ\text{C}$ , el RTD 0 se introduce al centro del baño, a 300 mm de profundidad [2] y se toman lecturas cada 10 minutos durante 15 horas consecutivas. Los datos se registran en un archivo del software para el puente de medición de resistencias.

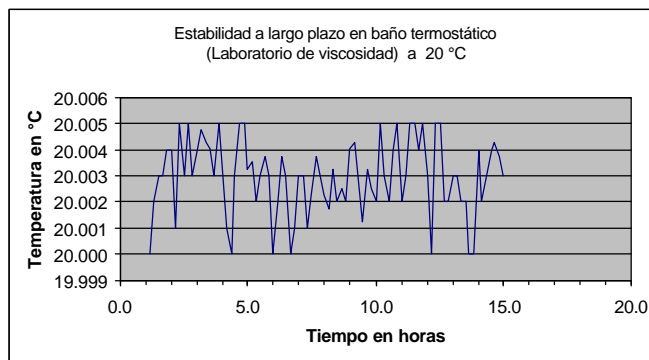
### Uniformidad de la temperatura en tres posiciones del baño termostático cuando se introducen viscosímetros capilares

La uniformidad de la temperatura en el baño termostático cuando se introducen viscosímetros capilares se evalúa de acuerdo al esquema representado en la figura 2, donde  $T_0$  es la posición del RTD 0 fijo en el centro del baño a 300 mm de profundidad, V1 y V2 son viscosímetros capilares que se introducen en el baño termostático. Los números 1, 2 y 3 indican las posiciones horizontales del RTD 1 cercanas a los viscosímetros y las profundidades indican las posiciones verticales donde se mueve el RTD 1.



**Figura 2.** Posiciones para los RTD en la prueba con viscosímetros capilares

El RTD 1 se coloca en la posición 1 a 20 mm de profundidad de la superficie del baño. Cuando la temperatura del baño permanece estable a 20 °C, se registra la diferencia de temperaturas entre el RTD 0 y el RTD 1. Entonces se mueve el RTD 1 a la posición 2 sin cambiar de profundidad, se esperan 2 minutos para registrar la diferencia de temperaturas y se cambia a la posición 3, después de 2 minutos se registra la diferencia de temperaturas. Entonces se cambia a 60 mm de profundidad y se hace el mismo recorrido por las 3 posiciones registrando la diferencia de temperatura entre el RTD 0 y el RTD 1. Se repite el recorrido con las profundidades restantes.



Gráfica 1. Estabilidad a largo plazo en el baño termostático

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los gradientes de temperatura en mK encontrados entre el RTD 0 y el RTD 1 durante la prueba para detectar la diferencia de temperatura entre dos puntos cualquiera del baño termostático. Se presentan dos datos en cada posición y profundidad, ya que el recorrido del RTD 1 se realizó dos veces.

La diferencia de temperatura *positiva* más grande registrada entre el centro del baño y las diferentes posiciones de la superficie de la placa se observa en las posiciones 5 y 8 a 440 mm de profundidad con 1, 3 mK. La diferencia de temperatura *negativa* más grande registrada entre el centro del baño y las diferentes posiciones de la superficie de la placa se observa en la posición 4 a 500 mm de profundidad con -1, 1 mK.

La figura 3 muestra los gradientes de temperatura registrados en tres posiciones del baño termostático cuando se introducen dos viscosímetros capilares.

TEMP. DE PRUEBA (°C)	PROFUND. mm	POSICIONES									
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
20	70	0.63	-0.38	0.13	0.38	0.38	0.63	0.62	0.68	0.38	0.38
	200	0.63	0.63	0.63	0.63	0.38	0.63	0.38	0.63	0.38	0.63
	300	0.63	0.63	0.38	0.63	0.63	0.88	0.63	0.38	0.38	0.63
	440	0.63	-0.64	0.88	0.77	1.3	1.1	1.1	1.3	0.87	1.1
	500	-0.9	-0.9	-0.6	0.9	-0.6	0.9	0.6	1.1	0.6	1.1

Tabla 1. Gradientes de temperatura en mK registrados dentro de la zona de trabajo del baño termostático

La gráfica 1, muestra los resultados que se obtienen en la prueba de estabilidad a largo plazo. Considerando un plazo mayor al estimado para realizar las mediciones de viscosidad, se observa que el baño presenta una estabilidad de temperatura de  $\pm 5$  mK en un periodo de 15 horas.

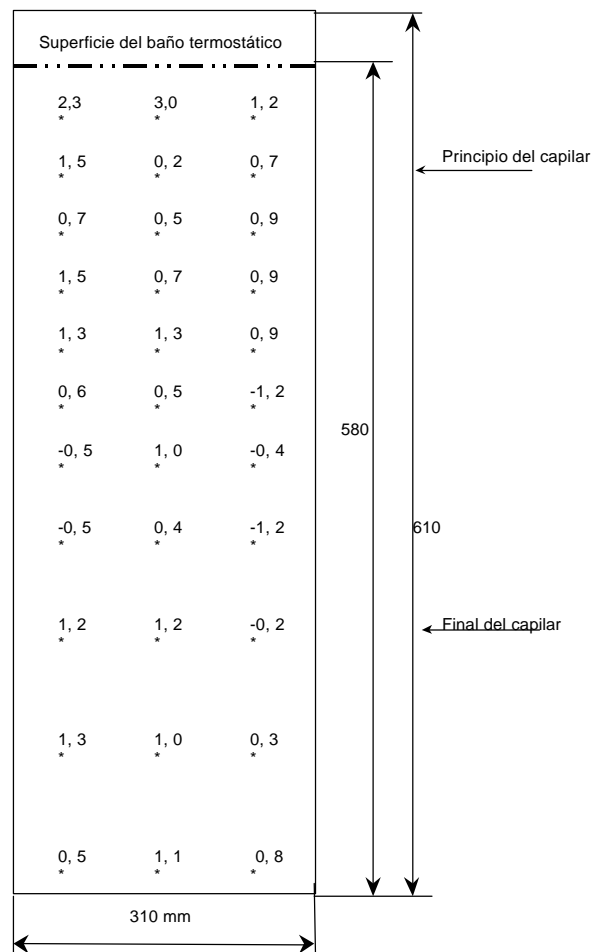
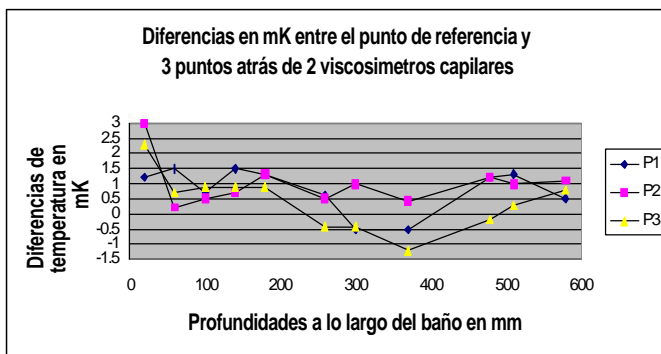


Figura 3. Gradientes de temperatura en tres posiciones del baño termostático cuando se introducen dos viscosímetros capilares

Los gradientes de temperatura más grandes (hasta 3, 0 mK) se presentan en la parte superior del baño termostático. En el centro y en la parte inferior (área que incluye la zona de trabajo donde se colocan los viscosímetros), los gradientes se mantienen por debajo de 1, 5 mK.

En la gráfica 2 se presentan los gradientes de temperatura registrados en las zonas cercanas a los viscosímetros capilares. La diferencia de temperatura más grande registrada entre dos puntos en la zona de trabajo cercana a los viscosímetros es de 4,2 mK. Los puntos extremos se encuentran en la posición 1 a 370 mm de profundidad con -1, 2 mK y la posición 2 a 20 mm de profundidad con 3 mK.



**Gráfica 2.** Gradientes de temperatura en las zonas cercanas a los viscosímetros capilares.

Se encuentra que la diferencia más grande de temperatura entre dos puntos cualquiera del baño termostático es de 2, 4 mK.

Cuando se introducen dos viscosímetros capilares, la diferencia más grande de temperatura entre dos puntos cualquiera cercanos a los viscosímetros es de 4, 2 mK.

La estabilidad de temperatura en el baño termostático durante aproximadamente 15 horas es  $\leq 5$  mK.

El baño termostático cumple con las especificaciones indicadas en el documento internacional DI No. 17 de la OILM [1] para el establecimiento del Patrón Nacional de Viscosidad, es decir, la variación de temperatura en el baño termostático durante las mediciones de viscosidad es  $\leq 5$  mK.

## CONCLUSIONES

Se presenta el método de caracterización para baños termostáticos.

Se cuantifican las diferencias de temperatura que se presentan en forma horizontal y en forma vertical dentro del área de trabajo del baño. Se determina la estabilidad de temperatura en un plazo superior al tiempo estimado para realizar las mediciones de viscosidad.

## REFERENCIAS

- [1] Organización Internacional de Metrología Legal, Documento Internacional No. 17 (1987).
- [2] C. Coggiala, S. Loreface, M. Rasetti, Characterization of a visibility bath for kinematic viscosity.
- [3] Blancas J., Conejo A., Sistema de monitoreo y control de temperatura para el Patrón Nacional de Viscosidad, (2000)