



# Sistema de monitoreo y control de temperatura para el patrón nacional de viscosidad

Blancas J\*  
Conejo A\*

\* Centro Nacional de Metrología,  
Apdo. Postal 1-100 Centro C.P. 76900,  
Km 4.5 Carretera a Los Cués,  
Municipio El Marqués, Querétaro,  
México, Tel. (42) 110500.  
Fax (42) 153904. Email:  
jblancas@cenam.mx

## RESUMEN

Se ha desarrollado un sistema para monitoreo y control de la temperatura de un baño de agua, utilizado en mediciones de viscosidad, en el cual se requiere una temperatura de  $293.15^{\circ}\text{K} \pm 5 \text{ mK}$ , esta incertidumbre es necesaria para que pueda funcionar como patrón nacional. Dentro de este baño se introducirán los viscosímetros capilares maestros que sirven de referencia para la calibración de los viscosímetros que lleguen al Centro Nacional de Metrología. El control de la temperatura se lleva a cabo a través de una resistencia de 1500 W. El calentamiento de esta resistencia se hace eléctricamente utilizando la técnica de modulación por ancho de pulso (PWM).

## Palabras clave:

Sistema de monitoreo y control de la temperatura, Viscosímetros capilares, Técnica de modulación por ancho del pulso.

## ABSTRACT

We have developed a monitoring and control system for temperature of water bath in which required a temperature of  $293.15^{\circ}\text{K} \pm 5 \text{ mK}$ , this uncertainty is necessary so that it can work like national patron. Inside of this bath will introduced the masters capillaries viscosimeters that will use like reference for the calibration of the viscosimeters that will arrived to National Center of Metrology. The control of temperature is made by electrical resistor of 1500 W. This resistor's heat is made electrically by using the wide of pulse technique (PWM).

## Key words:

Monitoring and control system for temperatura, Capillaries viscosimeters and the wide of pulse technique.

## INTRODUCCIÓN

El Centro Nacional de Metrología (CENAM) no contaba con un patrón primario de viscosidad y sólo se tenía trazabilidad al centro de metrología alemán PTB. La necesidad de estar al mismo nivel que los países desarrollados en materia de metrología en viscosidad nos obliga a desarro-

llar nuestros propios patrones primarios, para ello se requiere un adecuado control de las condiciones del fenómeno físico.

## DESCRIPCIÓN DEL CONTROL

La temperatura del baño es medida a través de un sensor de temperatura de estado sólido (fuen-

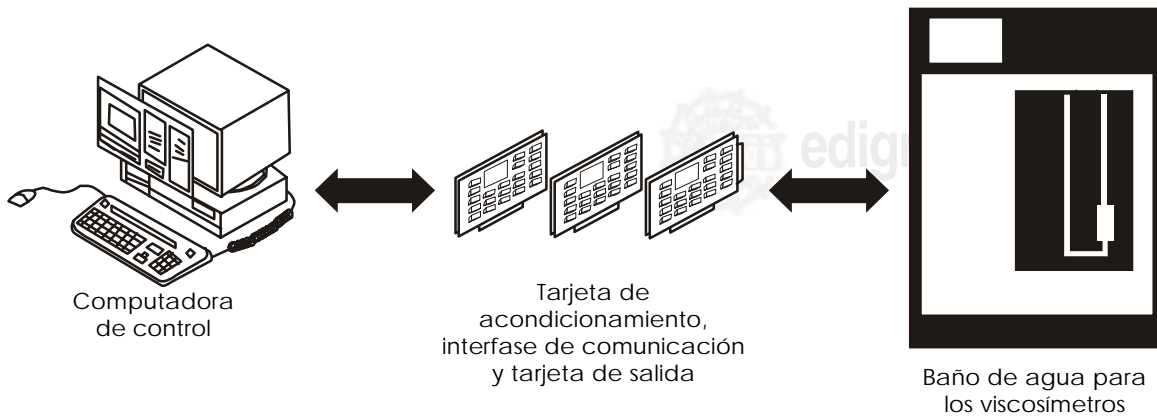


Figura 1. Esquema general del sistema.

te de corriente) de muy bajo costo y la señal que entrega éste pasa por una etapa de acondicionamiento y amplificación, posteriormente se envían a una interfase en la cual un convertidor analógico a digital realiza la conversión y transmite los datos a un microcontrolador, éste los almacena en memoria RAM y repite esta operación hasta que la computadora hace la petición de los datos. Una vez hecha la petición, los datos son enviados a la computadora a través del puerto serial en el estándar RS-232, y los datos son exhibidos en pantalla de manera gráfica y numérica; a su vez son utilizados para ejecutar el algoritmo de control y calcular el PWM (ancho de pulso) necesario para controlar la temperatura. Una vez que el PWM es calculado, la PC le indica al microcontrolador de la interfase, a través del puerto serial, que genere el PWM requerido por medio de su temporizador interno. Es importante destacar que el control se hace en la computadora y no en la interfase y el software que se está utilizando es LabView. En la figura 1

se puede ver un esquema general de este sistema.

#### TARJETA DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL

El sensor de temperatura está basado en un circuito integrado que funciona como una fuente de corriente dependiente de la temperatura y cuyo intervalo de operación es apropiado para este proyecto. La señal que entrega el circuito integrado está acondicionada por una etapa basada en dos circuitos amplificadores OP27 de Analog Device los cuales ofrecen bajo nivel de offset, bajo corrimiento térmico y bajo ruido, con lo que se logra una señal muy estable y limpia. En esta etapa la señal es acondicionada de tal forma que a la salida se obtenga un intervalo de 0 a 2 V correspondiente a un intervalo de temperatura de 0 a 40 °C respectivamente.

#### INTERFASE

Su desarrollo está basado en un microcontrolador 8751 y un convertidor A/D. Existen también otros dispositivos que ayudan a optimizar el sistema. En la figura 2 se puede ver un diagrama a bloques de esta interfase.

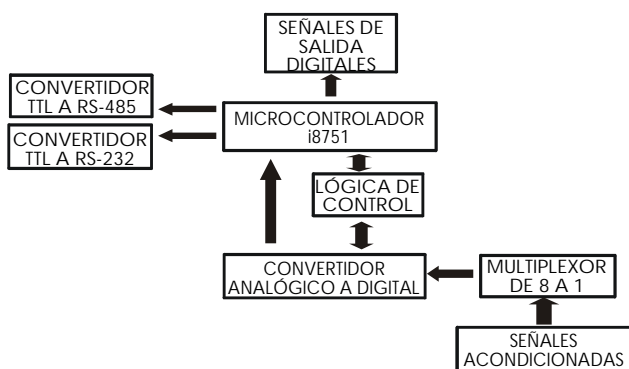


Figura 2. Diagrama a bloques de la interfase de comunicación.

#### Convertidor analógico a digital

El convertidor A/D utilizado es el ICL7135 de Harris Semiconductor. Este convertidor ofrece una resolución de 4 ½ dígitos con salida en BCD multiplexada y manejadores de dígitos. Además incluye señales tales como sobreflujo, bajo nivel, inicio y paro de la conversión, polaridad y una señal STROBE, la cual nos permite generar interrupciones externas.

Este convertidor puede manejar una tensión de entrada analógica a escala completa de 200 mV o 2 V, de acuerdo a las necesidades del sistema. Otra característica que lo hace muy versátil es el control que se tiene sobre el inicio y paro de la conversión, además que al término de la conversión indica cual de los dígitos está disponible a la salida y al mismo tiempo genera una señal de interrupción que facilita la sincronización con otros dispositivos.

#### Microcontrolador

El microcontrolador utilizado es el i8751 de INTEL. Este microcontrolador es el encargado de recibir los datos del convertidor y desarrolla un protocolo de comunicación en serie con la computadora de control utilizando una verificación de errores por medio de la paridad y redundancia de los datos. Es el intérprete de los comandos de ejecución que envía la computadora de control.

#### ETAPA DE POTENCIA

El calentamiento del agua del baño se lleva a cabo por medio de una resistencia de 1500 W. El calentamiento de esta resistencia se hace a través de la línea eléctrica conmutando un relevador de estado sólido de potencia a la frecuencia que el PWM indica. Este PWM es obtenido del temporizador interno del microcontrolador de la interfase.

#### PROGRAMACIÓN

El programa que se está utilizando es LabView de National Instruments. LabView es un lenguaje

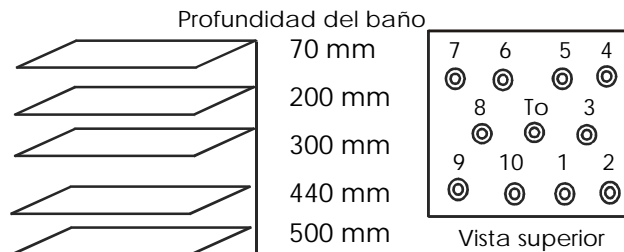


Figura 3. Posiciones de los termómetros.

de programación gráfico G, el cual nos permite construir instrumentos virtuales. Haciendo uso de su gran versatilidad, se desarrolló un programa que cumple con las siguientes características:

- Posibilidad de establecer límites máximo o mínimo de la temperatura, para indicar condiciones de alarma si así lo requiere el sistema.
- Presentación gráfica y numérica en la pantalla de la temperatura del baño.
- Capacidad de almacenamiento de la información.
- Protocolo de comunicación en formato ASCII con algoritmo de verificación de paridad y redundancia en el envío de datos para la detección de errores en la comunicación.

#### RESULTADOS

A continuación se muestran los resultados de la caracterización del baño que se hizo en el laboratorio de viscosidad, este estudio se hace con el fin de obtener la estabilidad del baño y verificar si cumple los requisitos para funcionar como

Cuadro I. Ambas lecturas en una sola tabla.

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	0,676	0,38	0,38
		0,38	0,88	0,88	0,38	0,63	0,63	0,63	0,63	0,38	0,63
	200	0,63	0,63	0,63	0,63	0,38	0,63	0,38	0,63	0,38	0,63
		0,38	0,63	0,38	0,63	0,38	0,38	0,38	0,63	0,63	0,63
	300	0,63	0,63	0,38	0,63	0,63	0,88	0,63	0,38	0,38	0,63
		0,38	0,63	0,63	0,38	-0,38	0,63	0,38	0,38	0,88	0,68
	440	0,63	-0,64	0,88	0,77	1,3	1,1	1,1	1,3	0,87	1,1
		1,1	-0,1	1,1	1,1	0,88	0,88	1	1,2	0,87	0,77
	500	-0,9	-0,9	-0,6	0,9	-0,6	0,9	0,6	1,1	0,6	1,1
		0,6	-0,6	-0,6	-1,1	-0,9	0,6	-0,4	0,9	-0,9	0,4

Distribución de temperaturas en las posiciones P1 a P10 en el baño Tamson (Laboratorio de viscosidad) a 20 °C

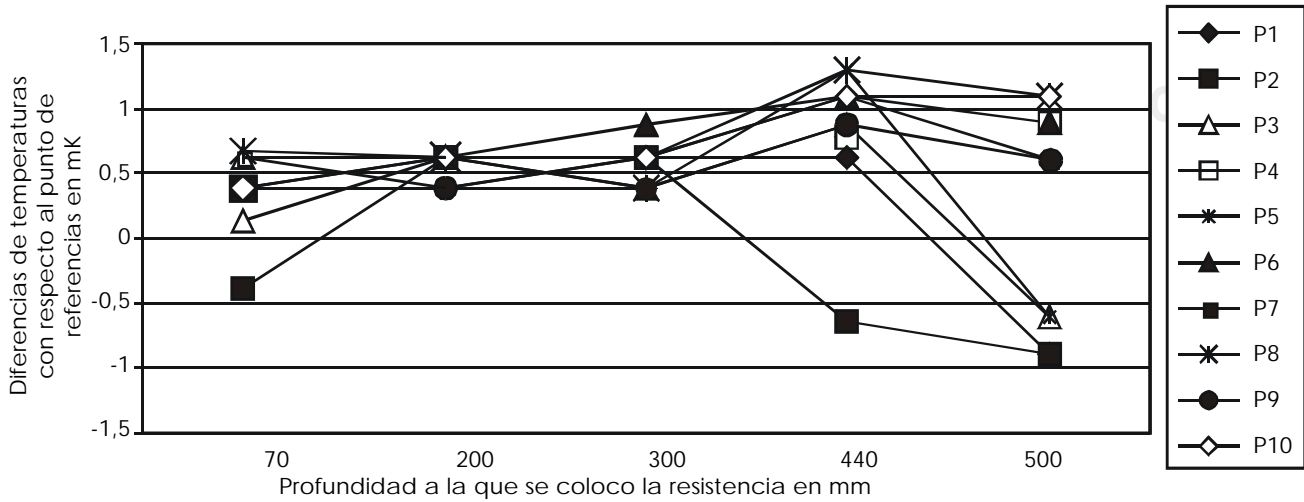


Figura 4. Distribución de temperaturas en las posiciones P1 a P10 en el baño Tamson (Laboratorio de viscosidad) a 20°C.

Patrón Nacional de Viscosidad (estabilidad de +/- 5 milésimas de grado).

En la figura 3 se muestra un esquema de las posiciones en que se colocaron los termómetros\* dentro del baño Tamson con el fin de hacer la caracterización del mismo, y comprobar si puede usarse como patrón nacional.

El cuadro I muestra los resultados de las diferencias de temperaturas, en mK, entre el termómetro 0 fijo en el centro del baño a 300 mm de profundidad y el termómetro 1 a 10 en diferentes posiciones sobre la superficie horizontal de medición y a 5 diferentes profundidades. Las lecturas se tomaron dos veces.

La diferencia de temperaturas con respecto al punto de referencia  $T_0$  contra las diferentes profundidades del baño en mm, se pueden observar en las siguientes figuras, siendo la figura 4

La diferencia de temperaturas con respecto al punto de referencia  $T_0$  contra las diferentes profundidades del baño en mm, se pueden observar en las siguientes figuras, siendo la figura 4

Distribución de temperaturas en las posiciones P1 a P10 en el baño Tamson (Laboratorio de viscosidad) a 20 °C

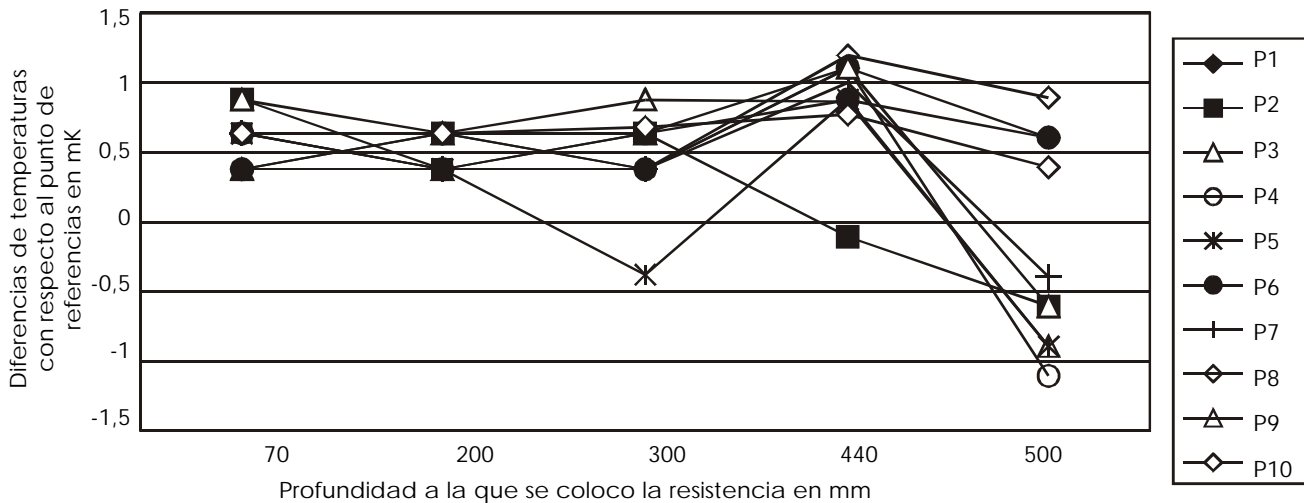


Figura 5. Distribución de temperaturas en las posiciones P1 a P10 en el baño Tamson (Laboratorio de viscosidad) a 20°C.

\* Termómetro 0 número de serie 419443  
 Termómetro 1 número de serie 419446

Distribución de temperaturas en cada posición horizontal del baño Tamson con respecto a (70, 200, 300, 440 y 500) mm de profundidad a una temperatura de 20 °C (1a. Lectura)

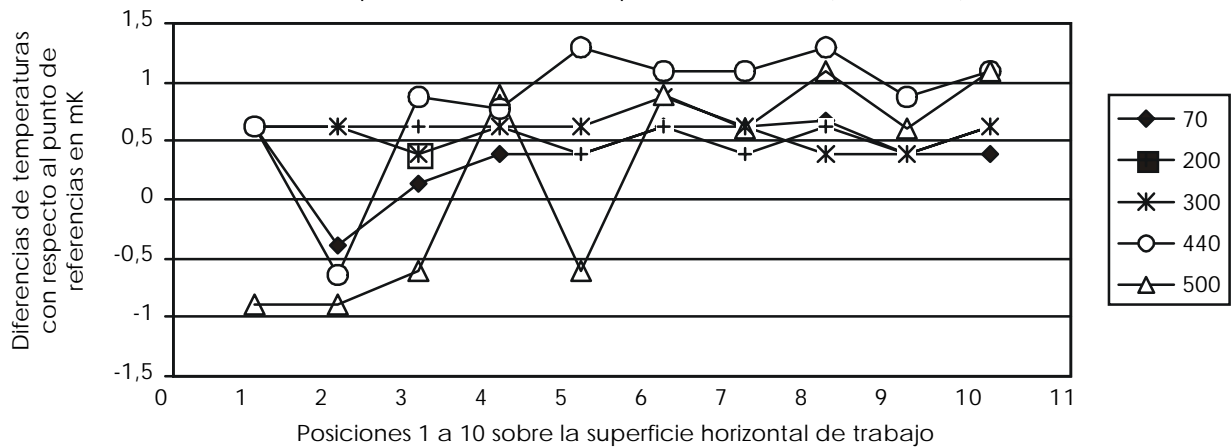


Figura 6. Distribución de temperatura en cada posición horizontal del baño Tamson con respecto a (70, 200, 300, 440 y 500) mm de profundidad a una temperatura de 20°C.

Distribución de temperaturas en cada posición horizontal del baño Tamson con respecto a (70, 200, 300, 440 y 500) mm de profundidad a una temperatura de 20 °C (2a. Lectura)

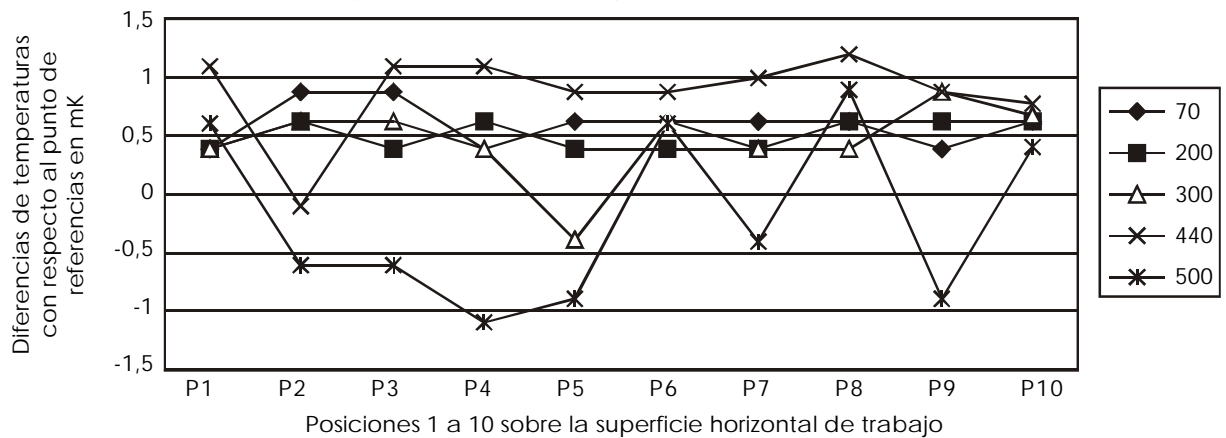


Figura 7. Distribución de temperatura en cada posición horizontal del baño Tamson con respecto a (70, 200, 300, 440 y 500) mm de profundidad a una temperatura de 20°C.

los resultados obtenidos en la primera vez y en la figura 5 los resultados obtenidos en la segunda vez.

La diferencia de temperaturas con respecto al punto de referencia  $T_0$  contra las diferentes posiciones en la superficie horizontal se puede observar en las siguientes figuras, siendo la figura 6, los resultados obtenidos en la primera vez y la figura 7 los resultados obtenidos en la segunda vez.

#### CONCLUSIONES

Se desarrolló un sistema de monitoreo y control que cumple con las siguientes características:

- Sistema de fácil manejo.
- Se tiene un total control sobre la temperatura del baño.
- Posibilidad de establecer límites máximo o mínimo de la temperatura, para indicar condiciones de alarma, si así se desea.
- Exhibición gráfica y numérica en la pantalla de la temperatura del baño.
- Capacidad de almacenamiento de la información, con el fin de hacer un historial del proceso.
- Protocolo de comunicación en formato ASCII con algoritmo de verificación de paridad y redundancia para la detección de errores en la comunicación serial.

- Es un sistema muy versátil, por lo que se podrá utilizar en infinidad de proyectos, con los que se pretende crear otros patrones nacionales o para ayudar a mejorar la calibración de los equipos recibidos en el Centro Nacional de Metrología.
- Es un sistema de bajo costo.
- Es tecnología propia.

Más allá del bajo costo económico, consideramos que el valor está sustentado en la independencia tecnológica, ya que ahora ya podemos desarrollar nuestros propios sistemas de control al mismo nivel que existe en los mercados internacionales, pero sobre todo, de alta calidad para sostener todo el aparato metrológico del país.

## BIBLIOGRAFÍA

1. B. Charles. Enciclopedia de la Electrónica, Editorial Océano, 1995. Tomos 4, 5 y 6.
2. Chester LN. Instrumentation and control, Wiley Interscience, 1990.
3. David W. ST. Clair. Controller tuning and control loop performance, second edition, Straight-line control company incorporated, 1995.
4. González VJA. Introducción a los microcontroladores, McGraw-Hill, 1992.
5. Hugh, Hildreth, Skilling, Circuitos en ingeniería eléctrica, Edit. C.E.C.S.A., 1990.
6. Gualda JA, Martínez S, Martínez PM, Electrónica Industrial: Técnicas de Potencia. 2ª Edición, Editorial Alfaomega Marcombo, 1995.
7. National Instruments, LabView user manual, 1996.