



# INFORME DE LABORATORIO

**Autores:** *Juan Manuel Correa Jiménez, Valentina Restrepo Jaramillo*

*Laboratorio de Acondicionamiento de Señales*

*Departamento de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones*

*Universidad de Antioquia*

- Acondicionar desde software las señales para obtener resultados precisos y fiables.

## Introducción

Los dispositivos electrónicos actuales para medir temperatura resultan bastante precisos y fáciles de usar en comparación con su pequeño tamaño y bajo coste, por lo que obtener valores de temperatura acertados y fiables con sistemas de adquisición de datos sencillos es bastante accesible. En esta práctica se lleva a cabo la conexión de tres sensores de temperatura a un módulo USB-6008 de National Instruments que a través del software LabView entregan medidas de temperatura de partes del cuerpo humano, del ambiente y de una pistola de calor.

Se caracterizaron los sensores con estas diferentes pruebas y se acondicionaron con restadores y divisores para eliminar los efectos indeseados de los ófsets, se tomaron los resultados y se compararon los tres resultados a través de tablas y gráficas para garantizar y analizar su coherencia.

## Objetivos

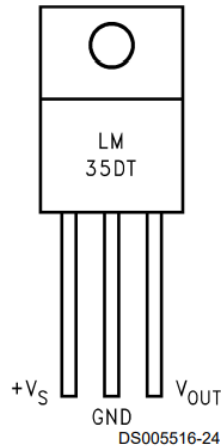
- Obtener valores de temperatura semejantes para un mismo elemento en cada sensor.
- Realizar apropiadamente la conexión de los tres sensores al sistema de adquisición y al computador.

## Marco Teórico

Los sensores de temperatura son dispositivos electrónicos cuya funcionalidad consiste en medir temperatura, basándose en efectos termoelectrónicos. Estos dispositivos son usados en una amplia gama de aplicaciones que requieran gran precisión en este tipo de mediciones. Su capacidad para transformar la temperatura en una señal eléctrica interpretable los hace muy necesarios para sistemas de control, monitoreo y seguridad.

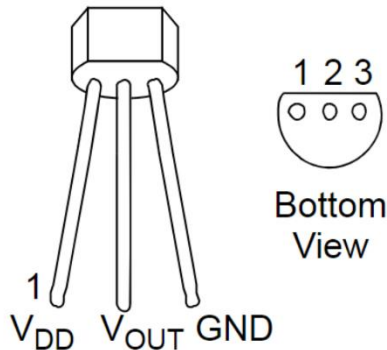
El LM25 es un encapsulado pequeño, este sensor de temperatura cuenta con tres pines (VCC, SIGNAL, GND) y su salida es analógica, por lo que su rango de valores de temperatura va desde 2°C hasta 150°C. [1] El rango completo de temperatura que este sensor proporciona incluye valores desde -55°C hasta 150°C con una configuración que incluye una resistencia.

Su señal de salida de voltaje es proporcional a la temperatura en grados Celsius [2]



**Figura 1.** LM35 Pinout

El MCP9701 es un sensor de temperatura análogo que convierte temperatura en valores de voltaje analógicos, de la familia de Circuitos Integrados de termistores activos lineales. Su rango de operación está entre 0°C y 70°C con una precisión de  $\pm 4^\circ\text{C}$  [3].



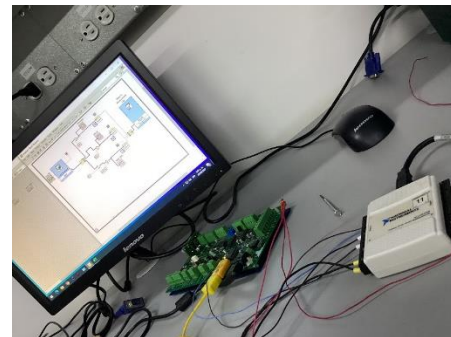
**Figura 2.** MCP9701 Pinout

Por otro lado, existen dispositivos de adquisición de datos (DAQ) multifunción los cuales ofrecen entradas y salidas analógicas y digitales, así como un contador de 32 bits. Un claro dispositivo con estas características es el NI 6008 [4] el cual funciona para tomar registro de datos simple, medidas portátiles y experimentos académicos de laboratorio.

## Procedimiento Experimental y Resultados

Inicialmente durante el desarrollo del laboratorio se hizo entrega de un sensor de temperatura LM-35 y MCP-9701, una termocupla tipo K y el dispositivo DAQ NI-6008. Este último se conectó por medio USB al computador de laboratorio para controlarlo por medio del software LabView.

Los dispositivos de temperatura se conectaron en los puertos análogos del NI-6008 indicados en LabView para poder tomar las medidas y que el programa los reconozca para mostrarlos en pantalla, tal cual como se muestra en la **Figura 3**. Se agregaron entre el asistente de adquisición de datos y los módulos de los sensores en LabView módulos que permitían eliminar el offset de los sensores que lo requerían, por lo que los valores en las salidas resultaban incoherentes sin este procedimiento. El offset en el sensor MCP9701 es de 400mV.



**Figura 3.** Montaje del sistema de adquisición

Una vez hecho todo lo anterior se procedió a crear tres etiquetas, uno para cada sensor y para la termocupla. Este mostró en pantalla la temperatura registrada en cada uno de los elementos anteriormente mencionados. Estos valores inicialmente no eran muy precisos y tenían un offset inicial por lo que fue necesario realizar un montaje en LabView, mostrado en la **Figura 4**, para eliminar el offset y dar más

The figure consists of two side-by-side screenshots from the LabVIEW software interface.

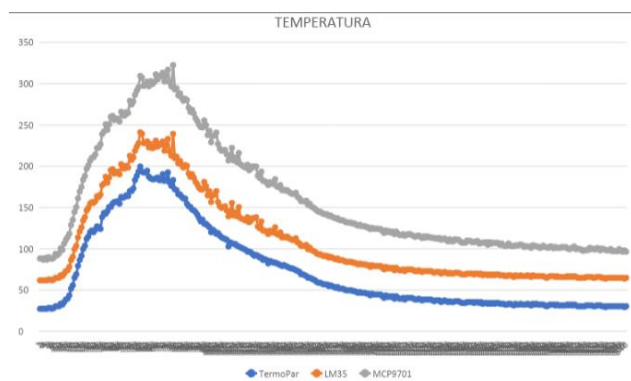
The left screenshot shows the 'Front Panel' of a LabVIEW application. The title bar reads 'Untitled -1 Front Panel'. The menu bar includes File, Edit, View, Project, Operate, Tools, Window, and Help. The toolbar shows various icons for file operations, zooming, and execution. Below the toolbar is a 'stop (F)' button. The main area contains a table with three columns: 'Tempor', 'LMA\_35', and 'MCP\_3701'. The table has two rows of data:

Tempor	LMA_35	MCP_3701
30.206	34.6847	31.6798

The right screenshot shows the 'Block Diagram' of the same LabVIEW application. The title bar reads 'Untitled -1 Block Diagram'. The menu bar is identical to the front panel. The diagram shows a signal flow starting from a 'stop (F)' button, which triggers a 'DAQ Assistant data' block. The output of this block is split into three parallel paths, each passing through a gain block with values 0.01, 0.4, and 0.0195 respectively. These paths then converge at a summing junction. The output of the summing junction is connected to a 'Write Measure File' block and a 'Sign + Push' block. The diagram also includes several other blocks and connections, such as 'LMA\_35' and 'MCP\_3701' blocks, and a 'Sign + Push' block.

El montaje anteriormente mencionado se basó en una serie de divisores de valores para aumentar la precisión y un restador para el MCP9701 para eliminar el offset inicial que tiene. Para la salida del sistema los valores obtenidos en los sensores y en la termocupla pasaron por una función interna llamada **mean** la cual calcula la media del valor de la señal entrante para finalmente llevarla a la salida del sistema.

Para finalizar con la práctica, se utilizó una pistola que producía calor para subir de manera abrupta la temperatura en cada uno de los componentes y se caracterizó el comportamiento de cada uno.



En la figura anterior, se muestra por separado cada elemento siendo la termocupla la de color azul, el LM35 de naranja y el MCP9701 de color gris.

El factor de conversión para el LM35 es de 10mV/°C, para el MCP9701 es de 19.5mV/°C.

Como primeros resultados, se obtuvieron luego del acondicionamiento con los módulos que eliminaban los offset, en un rango de  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  aproximadamente temperaturas para la zona de unión entre el antebrazo y el brazo:

Sensor	Termopar	Termómetro	LM35	MCP9701
Temperatura	33.8 °C	28.8 °C	35.5 °C	31.15 °C

Se observa en las mediciones que el sensor LM35 tiene una tasa de muestreo pequeña, por lo que sus valores tardan mucho tiempo en variar y, por otro lado, el termopar y el MCP9701 tienen una tasa de muestreo muy alta, por lo que sus valores siempre están oscilando en rangos pequeños al estar estables frente a estímulos.

Finalmente, al usar una pistola de calor se observan en los tres sensores temperaturas muy similares, por lo que el rango de error de cada sensor es bastante pequeño en comparación a su tamaño y su facilidad de uso. Sin embargo, se puede aclarar que al comparar

cada elemento, la termocupla es el más sensible ante los cambios de temperatura y de mayor precisión.

## Conclusiones

- Esperar a que el sistema se estabilice es esencial en la correcta toma de medidas, pues cada sensor varía su tiempo de respuesta según sus características y no respetar este parámetro ocasiona la obtención de datos erróneos.
- El adecuado acondicionamiento para cada sensor antes de llevar a cabo mediciones es fundamental para obtener resultados coherentes, así como conocer las características de los sensores desde la hoja de datos del fabricante.
- Conocer las características de cada sensor para su montaje es un factor importante, ya que existirán referencias con montajes específicos que permitan variar su rango de valores.
- Determinar el porcentaje de error con herramientas externas al sistema de adquisición es ideal para validar los datos y filtrar respuestas no esperadas ni deseadas.

## Bibliografía

[1] UNIT ELECTRONICS, “LM35 Sensor de Temperatura”, UElectronics, <https://uelectronics.com/producto/lm35-sensor-de-temperatura/>, Acceso: 31 de agosto de 2023.

[2] National Semiconductor, “LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors”, noviembre de 2000, <https://uelectronics.com/wp-content/uploads/2017/08/LM35-DATASHEET.pdf>

[3] Microchip Technology Inc., “Low-Power Linear Active Thermistor™ ICs”, <https://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/305673/MICROCHIP/MCP9701.html>, 2009.

[4] NATIONAL INSTRUMENTS, “USB-6008”, <https://www.ni.com/es-co/support/model.usb-6008.html>, Acceso: 31 de agosto de 2023.

## Lista de Figuras

**Figura 1.** LM35 Pinout

**Figura 2.** MCP9701 Pinout

**Figura 3.** Montaje del sistema de adquisición

**Figura 4.** Montaje en LabView del DAQ

**Figura 5.** Gráfica de temperatura con pistola de calor

## Lista de Tablas

**Tabla 1.** Temperatura con diferentes sensores en antebrazo