

# Termohigrómetro usando Labview Interface for Arduino para estudios de homogeneidad de las condiciones ambientales en los laboratorios de Calibración o Ensayo

Thermohygrometer using Labview Interface  
For Arduino for studies of homogeneity  
on environmental conditions in calibration  
or testing laboratories

**Jaime Augusto Barranco Flórez\***

## **Resumen**

---

El propósito de este artículo es describir el caso de estudio para adquirir, en una computadora con software de instrumentación virtual, los datos de sensores de temperatura y humedad relativa con los cuales se puede realizar monitoreo a las condiciones ambientales dentro de un laboratorio de calibración o de ensayo. Se mostrará la manera en que los datos son adquiridos, manejados y registrados para entregar en una pantalla animada la información de los valores de las variables medidas.

**Palabras clave:** *adquisición de datos, condiciones ambientales, instrumento virtual, laboratorio de calibración, sensores.*

## **Abstract**

---

The purpose of this article is to describe the case study to acquire, in a computer with virtual instrumentation software, the data of temperature and relative humidity sensors in which monitoring can be performed to the environment conditions in a calibration or testing laboratory. It will be shown how data are acquired, managed and registered to be finally submitted in an animated screen the information about values of the measured variables.

**Keywords:** *data acquisition, environmental conditions, virtual instrument, calibration laboratory, sensors.*

\* Estudiante de Ingeniería Mecatrónica, XI Semestre. Especialista Técnico Profesional en Instrumentación Industrial, Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, Bogotá, jabarranco@itc.edu.co.

## 1. Introducción

En un laboratorio de calibración o de ensayo es necesario realizar una monitorización constante de las condiciones ambientales, ya que estas influyen en los resultados de las calibraciones o ensayos que se obtengan. Una temperatura no controlada o no monitorizada no permitirá compensaciones en los resultados presentados; lo mismo pasaría si la humedad relativa no se monitoriza.

Un termohigrómetro es un equipo para visualizar los datos de temperatura y humedad relativa; estos pueden ser con indicadores analógicos o digitales. Para el caso de este estudio, se implementa un termohigrómetro: Los datos se leerán en la pantalla de una computadora y se registran en un archivo de Excel, para que al final de una calibración se pueda tener un promedio de la temperatura y la humedad relativa de la zona de calibración.

A través de la plataforma de National Instruments LabVIEW se realiza la lectura de los datos de los sensores que están conectados a una tarjeta Arduino Uno, a través del protocolo de comunicación I<sup>2</sup>C, que conectada a una computadora por cable USB es reconocida por el kit de herramientas especializadas para Arduino (LabVIEW Interface for Arduino [LIFA]).

## 2. Descripción de caso

Los equipos para medición de temperatura y humedad relativa, conocidos comúnmente como termohigrómetro, son los encargados de informar las condiciones ambientales que se tienen en un área, sea o no controlada. La mayoría de estos dispositivos, dependiendo de su robustez, no permiten guardar registros de los cambios que se puedan presentar durante el tiempo en que se quiera monitorizar un área. Para el caso específico dentro de un laboratorio de calibración, donde las condiciones ambientales deben ser monitorizadas permanentemente, un dispositivo que no permita guardar registros de los cambios obliga al operario a estar constantemente mirando la

información en la pantalla del dispositivo y registrarla manualmente.

Otros equipos permiten guardar registros, pero tienen una limitación: Debe usar un *software* propio que provee el fabricante, con el logro de cierta fidelización de sus clientes. Los datos obtenidos de estos dispositivos no están organizados y deben acondicionarse para que puedan ser entendidos por el usuario.

Con el dispositivo aquí presentado se puede realizar una monitorización constante, en la que los datos son relacionados en una pantalla animada de una aplicación y registrados en tablas donde luego se pueden obtener los valores promedio de las magnitudes durante el tiempo en que se utilizó el equipo. Esto significa que los datos no necesitan ser acondicionados ni manipulados por el usuario.

## 3. Marco teórico

### ***NTC-ISO/IEC 17025:2005***

La norma NTC-ISO/IEC es el documento de referencia para cualquier laboratorio de calibración o ensayo. Su objetivo principal es, al cumplir los laboratorios con sus requisitos, demostrar la competencia técnica que tienen para el desarrollo de las actividades propias de calibración o ensayo.

Uno de los numerales que hace parte del capítulo de requisitos técnicos es el 5.3, instalaciones y condiciones ambientales. Este numeral especifica varios aspectos importantes que el laboratorio debe tener en cuenta en el momento de querer demostrar su competencia:

“... las condiciones ambientales deben facilitar la realización correcta de los ensayos y/o de las calibraciones” (*NTC-ISO/IEC 17025:2005, numeral 5.3.1*).

El laboratorio debe realizar seguimiento, control y registro de las condiciones ambientales, las cuales dependen de las especificaciones, métodos y procedimientos propios de cada actividad que se realice; la norma enumera algunas variables en

las cuales se debe tener especial cuidado: esterilidad biológica, polvo, interferencia electromagnética, radiación, humedad, suministro eléctrico, temperatura, ruido y vibración. Estas variables serán tenidas en cuenta en función de las actividades técnicas del laboratorio.

### **Guía MetAs año 05 #06 2005-junio**

La guía *MetAs, condiciones ambientales para calibración y prueba en laboratorio y campo* enumera algunas especificaciones técnicas de las condiciones ambientales. Los laboratorios, dependiendo de su clasificación y de acuerdo con las actividades y equipos que utilicen, deben aplicar los requisitos que el método de medición utilizado les exige. Por ejemplo, un laboratorio de calibración en volumen que utiliza el método de gravimetría debe tener en cuenta las mediciones de la presión atmosférica del área de calibración, puesto que influye en la densidad del aire y el empuje del aire sobre la balanza; o un laboratorio de ensayos de rigidez dieléctrica que realiza pruebas líquidas debe medir la concentración de ozono para evitar que se genere *flashover* (*MetAs*, 2005).

Todos los laboratorios, independientemente de las calibraciones o ensayos que realicen, deben realizar seguimiento, control y registro de la temperatura y de la humedad relativa. En un laboratorio de clase A, donde se tienen equipos electrónicos y computadoras, se deben mantener condiciones de temperatura en un intervalo de 18 °C a 27 °C y la humedad relativa entre el 20 % y el 80 %. Si el laboratorio no realiza dichas mediciones, puede entregar resultados no conformes, puesto que las condiciones ambientales invalidan las calibraciones y los ensayos. (*MetAs*, 2005).

Dicha guía establece estos lineamientos teniendo en cuenta normas internacionales como ANSI/ISA-S71.01-1985, Environmental Conditions for Process Measurement and Control Systems: Temperature and Humidity y la ISA-RP52.1-1975. Recommended Environments for Standard Laboratories (*MetAs*, 2005).

### **Medición de temperatura**

La temperatura es una magnitud primaria, es decir, que no depende de otra para ser medida. En el Sistema Internacional de Unidades, el grado Celsius es la unidad de medida (°C).

Existen diferentes tipos de instrumentos para medir la temperatura: algunos con un principio de funcionamiento mecánico y otros con un principio de funcionamiento electrónico, unos con indicación analógica y otros con indicación digital, sensores que no entregan ninguna indicación y requieren circuitos de acondicionamiento para convertir los valores de voltaje o corriente en grados Celsius. Cada uno de los diferentes instrumentos y sensores para medir la temperatura ha sido diseñado para ser usado en aplicaciones específicas: Para medir la temperatura ambiente se utilizan ampliamente sensores con principio de funcionamiento electrónico que tengan una salida de voltaje lineal, como por ejemplo el sensor LM35. Otro tipo de sensores electrónicos puede tener una tecnología para la adquisición y manejo de los datos.

### **Medición de humedad relativa**

La humedad relativa es una unidad derivada, pues es el resultado de dividir la presión parcial del vapor de agua a una temperatura,  $t_o$  y la presión total del vapor a saturación y a la misma temperatura  $t_o$ . Equivale al porcentaje de humedad (Creus, 2011).

La medición de la humedad relativa se puede realizar por distintos métodos: el elemento higroscópico, bulbo seco y húmedo, célula de cloruro de litio y sensores poliméricos; estos últimos son ampliamente utilizados, pues tienen un nivel de exactitud de  $\pm 1$  % cuando la temperatura es mayor de 20 °C, y de  $\pm 2$  % cuando la temperatura está entre 10 °C y 20 °C.

El sensor polimérico responde a los cambios de humedad variando su constante dieléctrica. Algunos de los sensores que cuentan con este principio de funcionamiento son fabricados con señales

de salida digital, de tal manera que la señal pueda ser adquirida, procesada y manejada de acuerdo con las necesidades de la aplicación requerida.

### Sensor SHT-21

El dispositivo SHT-21 es un sensor de temperatura y humedad relativa, es decir, el mismo dispositivo puede entregar los valores de ambas variables al mismo tiempo. Sus dimensiones son de 3 mm por 3 mm y 1 mm de espesor, lo que hace que sea bastante pequeño. Además, sus señales de salida son de tipo digital mediante una interfaz de comunicación I<sup>2</sup>C.

Las características metrológicas y eléctricas del sensor SHT-21 se encuentran descritas en las tablas 1, 2 y 3.

TEMPERATURA					
Parámetro	Condic.	Min.	Típico	Max.	Uni.
Resolución	14 bit		0,01		°C
	12 bit		0,04		°C
Exactitud			±0,3		°C
Repetibilidad			±0,1		°C
Intervalo de operación		-40		125	°C
Tiempo de respuesta	τ 63 %	5		30	s

**Tabla 1.** Especificaciones metrológicas de temperatura del sensor SHT-21

Fuente: Sensirion.

HUMEDAD RELATIVA					
Parámetro	Condic.	Min.	Típico	Max.	Uni.
Resolución	12 bit		0,04		% HR
	8 bit		0,7		% HR
Exactitud			±2,0		% HR
Repetibilidad			±0,1		% HR
Intervalo de operación		0		100	% HR
Tiempo de respuesta	τ 63%		8		s

**Tabla 2.** Especificaciones metrológicas de humedad relativa del sensor SHT-21

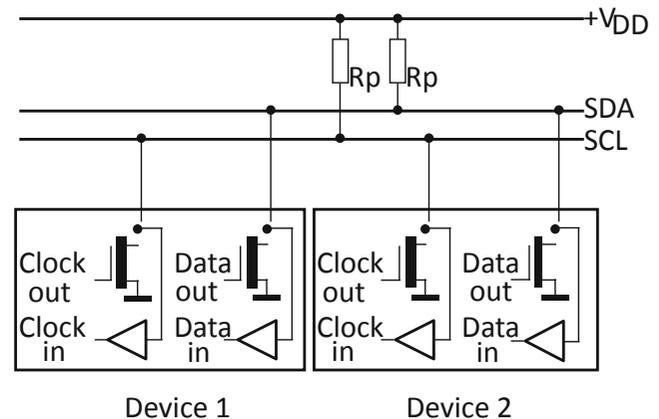
Fuente: Sensirion.

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS					
Parámetro	Condic.	Min.	Típico	Max.	Uni.
Voltaje de alimentación		2,1	3,0	3,6	V
Corriente de alimentación	Espera		0,15	0,4	μA
	Opera	200	300	330	μA

**Tabla 3.** Especificaciones eléctricas del sensor SHT-21  
Fuente: Sensirion.

### Comunicación I<sup>2</sup>C

Es un bus de comunicaciones en serie. Su nombre viene de Inter-Integrated Circuit. Para que el protocolo pueda establecer una comunicación se requieren solamente dos líneas: SDA y SCL. SDA es la línea de datos y SCL es la línea del reloj. Tanto la línea SDA como la señal SCL son bidireccionales conectadas a una fuente de tensión positiva vía suministro común o resistencias de carga (figura 1.)



**Figura 1.** Esquema de conexión de dispositivos a las líneas SDA y SCL.

Fuente: Texas Instruments.

Se requieren seis códigos para operar un esclavo sobre el bus I<sup>2</sup>C:

- Un bit de inicio
- 7 bits o 10 bits de direccionamiento

- Un R/W que define si el esclavo es transmisor o receptor
- Un bit de reconocimiento
- Mensaje dividido en bytes
- Un bit de stop

### **LabVIEW Interface for Arduino (LIFA)**

LIFA es un kit de herramientas diseñada por National Instruments, con la cual la plataforma de LabVIEW permite utilizar el arduino como una tarjeta de adquisición de datos.

Para que se pueda utilizar esta herramienta, es necesario descargar desde el arduino *sketch* la herramienta de programación del fabricante: un programa que se llama LIFA\_Base, el cual incluye todas las instrucciones de comunicación y de activación de los distintos puertos. Es decir, el programa LIFA\_Base es el *firmware* que se debe instalar en el arduino para que LabVIEW lo pueda reconocer a través de la herramienta LIFA.

Este kit de herramientas está disponible fácilmente para cualquier equipo que tenga instalada una versión de LabVIEW. Esta versión se puede obtener utilizando el VIPM (Virtual Instruments Package Manager), que el mismo fabricante instala paralelamente a todo el *software* de National Instruments.

## **4. Materiales y métodos**

### **Selección de materiales**

Existen diversas tecnologías con las cuales se puede establecer la medición de temperatura y humedad relativa. El principal criterio para seleccionar los sensores era el intervalo de medición, el tipo de comunicación y la disponibilidad para conseguirlos. Un termohigrómetro digital que permita guardar y descargar los datos históricos (*data-logger*) cuesta entre 1,5 y 1,6 millones de pesos colombianos, mientras que la construcción de este dispositivo se realizó con un presupuesto de 95.000 pesos. En la tabla 4 se observa el costo de los materiales.

ÍTEM	CANT.	COSTO (COP)
Placa Arduino Uno R3	1	65.000
Sensor de temperatura y humedad SHT-21	1	30.000
Total		95.000

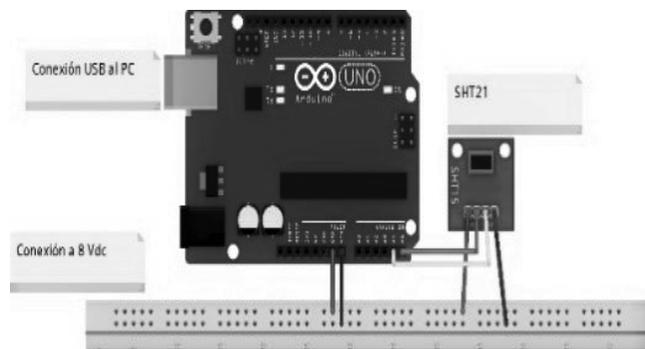
**Tabla 4.** Presupuesto para la construcción del dispositivo

Fuente: Autor.

En el presupuesto no se tuvieron en cuenta los costos de la licencia del *software* de programación, pues se hizo bajo una licencia educativa; tampoco se incluyeron las horas de ingeniería dedicadas, porque el desarrollo se realizó durante las clases de las asignaturas Trabajo Profesional Integrado e Instrumentación Virtual, del programa de Especialización en Instrumentación Industrial de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.

### **Conexión de los dispositivos**

El dispositivo de control arduino permite una fácil conexión de los sensores a sus puertos de entrada y salida. Arduino está basado en la tecnología de microcontroladores ATMEL y cuenta con toda una estructura embebida para comunicar de manera intuitiva los dispositivos periféricos. El controlador arduino uno permite establecer un protocolo de comunicación I<sup>2</sup>C y la conexión se realiza tal como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Esquema de conexión del sensor SHT21 al arduino.

Fuente: Autores

Los puertos analógicos A4 y A5 del controlador arduino son los que se encargan de la comunicación I<sup>2</sup>C; el puerto A4 funciona como el SDA y el puerto A5 funciona como el SCL.

### Construcción del programa en LabVIEW

El programa que se construyó en LabVIEW tiene ocho etapas importantes desde la inicialización y establecimiento de la comunicación mediante la herramienta VISA, hasta la determinación de la homogeneidad de las condiciones ambientales de acuerdo con el comportamiento de la temperatura y la humedad relativa en la zona de calibración o ensayo.

#### Etapas 1: Inicialización y establecimiento de la comunicación entre arduino y LabVIEW

La herramienta de trabajo LIFA entrega un instrumento virtual (VI) en forma de bloque de programación (figura 3) para establecer la comunicación entre el controlador arduino y el *software* LabVIEW. Para que se pueda establecer la comunicación se ha debido tener previamente instalado el arduino y reconocido por el administrador de dispositivos de la computadora en la que se quiere realizar la conexión; también se debe tener instalado en firmware LIFA\_Base.

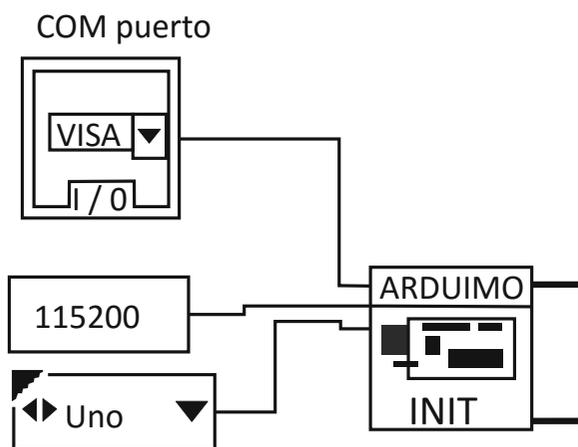


Figura 3. Bloque de inicialización.  
Fuente: Autores.

#### Etapas 2: Inicialización del protocolo I<sup>2</sup>C

El kit de herramientas LIFA contiene tres bloques importantes para establecer la comunicación I<sup>2</sup>C: uno para inicializar, otro para leer y un último para escribir los datos que se tengan a través de los puertos SDA y SCL en el controlador arduino. En la figura 4 se muestra la programación y conexión de dichos bloques.

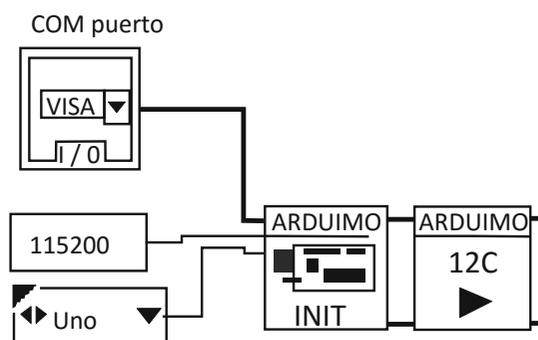


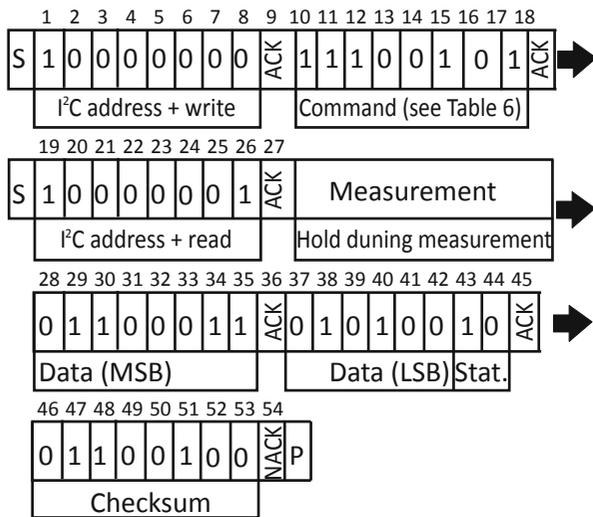
Figura 4. Inicialización del protocolo I<sup>2</sup>C.  
Fuente: Autores

#### Etapas 3: Lectura de los datos del sensor

El sensor SHT-21 -conectado a los puertos SDA y SCL- recibe y entrega una cadena de datos binarios mediante los bloques I<sup>2</sup>C-read e I<sup>2</sup>C-write, los cuales deben ser luego interpretados y manejados para entregarlos en valores de temperatura (°C) y humedad (% HR). La tabla 5 muestra los comandos básicos que deben entregarse al sensor para realizar las lecturas de la temperatura y la humedad relativa. En la figura 5 se observa un ejemplo.

Comando	Comentario	Código
Medida de T	Bloqueo maestro	'1110'0011'
Medida de HR	Bloqueo maestro	'1110'0101'
Medida de T	Sin bloqueo maestro	'1111'0011'
Medida de HR	Sin bloqueo maestro	'1111'0101'
Escribir registro		'1110'0110'
Leer registro		'1110'0111'
Reset		'1111'1110'

Tabla 5. Comandos básicos del sensor SHT-21  
Fuente: Sensirion.



**Figura 5.** Ejemplo de datos del sensor SHT-21.  
Fuente: Sensirion.

***Etapa 4: Procesamiento y conversión de los datos de temperatura y humedad relativa***

Para realizar la conversión de los datos adquiridos del sensor, se deben aplicar las siguientes ecuaciones:

$$\% HR = -6 + 125 \cdot \frac{S_{HR}}{2^{16}} \quad (1)$$

donde  $S_{HR}$  son los datos adquiridos del sensor. Por ejemplo, si en una medición los datos adquiridos son 0110'0011'0101'0000', este valor es igual a 25424 en decimal; al incluir el valor de  $S_{HR} = 25424$  en la ecuación (1), se obtendrá que el valor de humedad relativa es de 42,49 % HR.

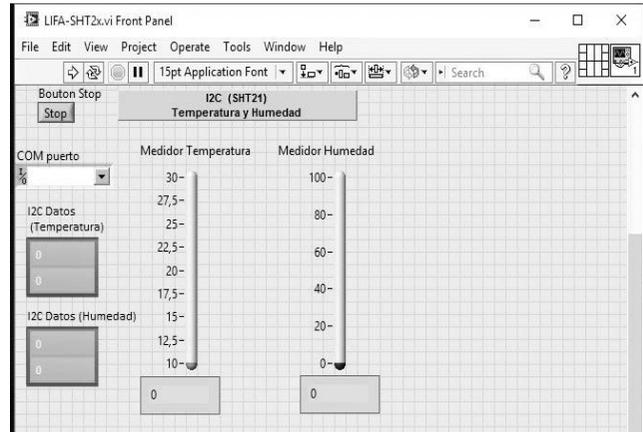
En la medición de humedad se aplica lo siguiente:

$S_T$  es el dato adquirido por el sensor, convertido en un número decimal, y la ecuación de conversión está dada por

$$T = -46,85 + 175,72 \cdot \frac{S_T}{2^{16}} \quad (2)$$

***Etapa 5: Muestra de los datos en el instrumento virtual***

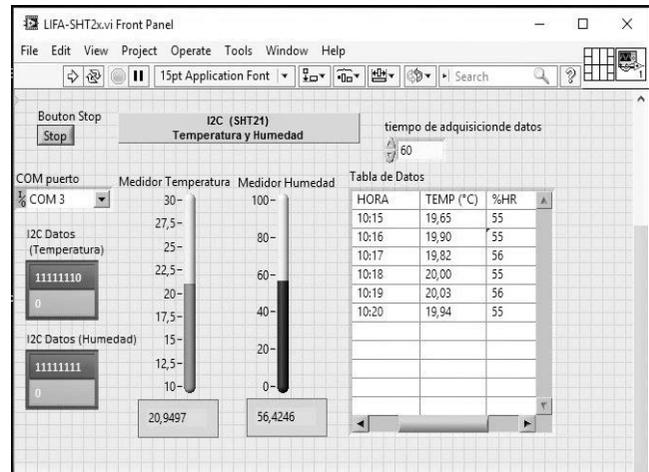
Los valores de las ecuaciones (1) y (2) son mostrados en indicadores dentro del visualizador del instrumento virtual (figura 6).



**Figura 6.** Indicadores de temperatura y humedad relativa en LabVIEW  
Fuente: Autores.

***Etapa 6: Archivo de los datos con ajustes en Excel***

El usuario puede escoger el tiempo periódico en el que los valores de temperatura y humedad van a ser guardados dentro de los ajustes en Excel: una fila para guardar la fecha, otra fila para la hora, otra para el valor de temperatura y una última para el valor de humedad relativa. En la figura 7 se puede observar la captura de pantalla del dispositivo en funcionamiento con una periodicidad de 60 segundos para la toma de los datos.



**Figura 7.** Registro de los datos de temperatura y humedad relativa  
Fuente: autores.

- Etapa 7: Gráfica del comportamiento de las condiciones ambientales

Los datos registrados son llevados a un formato Excel y graficados para ver el comportamiento de las condiciones ambientales durante la calibración.

- Etapa 8: Determinación de la homogeneidad de las condiciones

La determinación de la homogeneidad de las condiciones ambientales en la mayoría de los casos depende del tipo de calibración que se está realizando, pero normalmente se espera que esas variaciones no estén por encima de  $\pm 3$  °C y  $\pm 5$  % HR.

## 5. Resultados y discusión

El dispositivo y el *software* diseñado permiten registrar el comportamiento de las condiciones ambientales durante una calibración. Antes de poner en funcionamiento el dispositivo, fue necesario calibrar los medidores de temperatura y de humedad relativa, con la obtención de los resultados que se muestran en la tabla 6.

Instrumento Patrón		Instrumento bajo calibración		Error	
T (°C)	%HR	T (°C)	%HR	T(°C)	%HR
20	50	20,1	51	0,1	1
20,2	50	20,1	51	-0,1	1

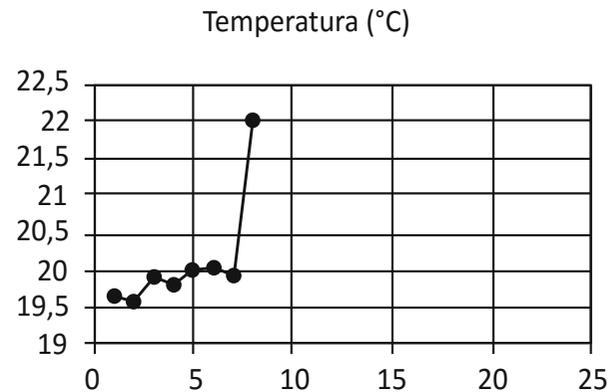
**Tabla 6.** Datos de calibración del dispositivo  
Fuente: Autores

Las calibraciones fueron realizadas comparando con patrones del Instituto Nacional de Metrología (INM) de Colombia.

### Mediciones en el laboratorio de pequeños volúmenes del INM de Colombia

El laboratorio de calibración de pequeños volúmenes del INM de Colombia aplica el método gravimétrico; por consiguiente, es un espacio controlado en el cual se espera que las condiciones sean

homogéneas, así lo demuestra la figura 8, donde se observa el comportamiento de la temperatura durante 8 minutos.

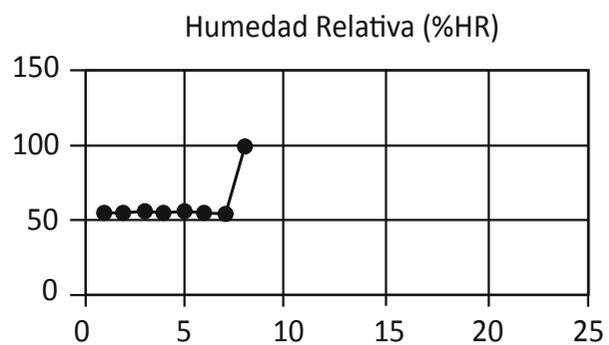


**Figura 8.** Gráfica del comportamiento de la temperatura en el INM.

Fuente: Autores.

### Mediciones en el laboratorio de tanques de Volumed, S. A. S.

En este laboratorio, las condiciones ambientales no son estrictamente controladas, puesto que el método aplicado no lo exige. En la monitorización que se realizó durante 8 minutos a una calibración se obtuvieron los resultados mostrados en la figura 9.



**Figura 9.** Gráfica del comportamiento de la humedad relativa en VoluMed.

Fuente: Autores.

## 6. Conclusiones

Para realizar las mediciones y el registro de los datos, el usuario requiere de un PC encendido durante el tiempo de la calibración; así que no es recomendable utilizarlo en actividades que estén por fuera de un espacio controlado.

El sensor utilizado tiene un área de detección bastante pequeña en comparación con el área de calibración de los laboratorios donde se realizaron las pruebas. Las mediciones se hicieron lo más cerca posible a la ubicación de los patrones y de los instrumentos bajo calibración, por lo cual no se pudo determinar el nivel de influencia que tienen las áreas aledañas a la zona de calibración.

## **7. Referencias**

Creus, Antonio (2011). *Instrumentación Industrial (8.ª edición)*. México: Alfaomega.

NTC-ISO/IEC 17025:2005 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

La Guía MetAs (2005) Condiciones ambientales para calibración y prueba en laboratorio y campo. Año 05 (6 junio).

Ruiz G, José M (2012). Utilización de LabVIEW para la visualización y control de la plataforma open hardware Arduino. Ver 1.0.

