

INSTRUMENTACIÓN ALTERNATIVA EN LA DIDÁCTICA DE LA INGENIERÍA CIVIL. EL CASO DE LA MEDICIÓN DE TEMPERATURA EN CILINDROS DE CONCRETO USANDO MICROCONTROLADORES

Francisco A. Alonso F.¹, Erivan Velasco N.¹, Joseph E. Mandujano¹,
Luis M. Reynosa M.³

RESUMEN

En este artículo se presenta una aplicación que permite reforzar el proceso enseñanza aprendizaje y fortalecer el desarrollo de habilidades y competencias en los estudiantes, al vincular el aprendizaje en ciencias básicas con la ingeniería aplicada, esto a través de la experimentación con microcontroladores, aplicados a un diseño de experimento tradicional en lo referente al control de calidad del concreto, en específico la medición de la temperatura del concreto durante su etapa de endurecimiento.

Palabras Claves: experimentación, Arduino, sensor de temperatura, concreto.

ABSTRACT

This article presents an application that reinforces the teaching-learning process and strengthens the development of skills and competences in students, linking learning in basic sciences subjects with applied engineering subjects, through experimentation with microcontrollers, applied to a design of a traditional experiment in relation to the quality control of concrete, specifically the measurement of the temperature of the concrete during its hardening stage.

Keywords: Experimentation, Arduino, temperature sensor, concrete.

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo de la propuesta de instrumentación alternativa se empleó como microcontroladores un Arduino y un sensor de temperatura, de manera particular el dispositivo electrónico LM35, es fabricado por la National Semiconductor, el cual tiene una respuesta lineal a la medición de temperatura (ver figura 1).

El Arduino es un tablero de programación que hace uso de un microcontrolador, por ejemplo, el Arduino UNO hace uso del microcontrolador ATmega328, tal y como se ve en la figura 2.

La medición de la temperatura se le realizó a un cilindro de concreto con la intención de que en la didáctica de la ingeniería civil los estudiantes de la Facultad de Ingeniería (FI) desarrollen habilidades y competencias en las áreas de ciencias básicas e ingeniería aplicada.

Se propuso utilizar este tipo de microcontroladores por su eficiencia y su bajo costo.

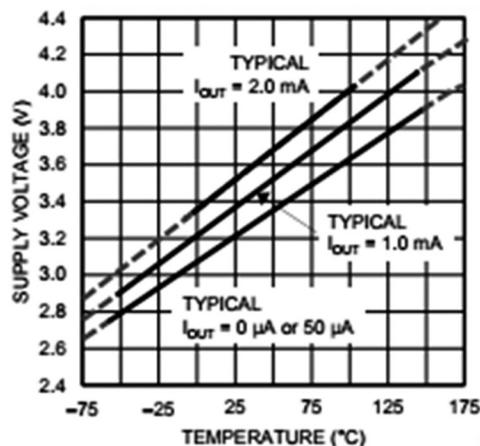


Figura 1. Suministro de voltaje contra temperatura del LM35. Fuente: Texas Instrument (1999:11)

¹ Docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Chiapas.

² Docente de la Universidad Autónoma de Coahuila

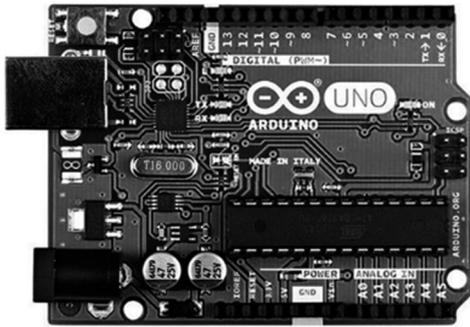


Figura 2. Tablero de Arduino UNO. Fuente: Arduino.org (2017)

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

La experimentación es una metodología de investigación en el método científico. Según Hernández (2010) denomina a los experimentos como estudios de intervención, porque un investigador genera una situación para tratar de explicar cómo afecta a quienes participan en ella en comparación con quienes no lo hacen. Siguiendo a Hernández (2010), expone que es posible experimentar con seres humanos, seres vivos y ciertos objetos. Los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control. Según este mismo autor esto se da de la siguiente manera, tal y como se ilustra en la figura 3:



Figura 3. Ejemplos de variables Fuente: Hernández (2010:121)

En el proyecto, se supone que la medición alternativa con microcontroladores (Arduino y sensor LM35) incrementa las habilidades en los estudiantes que cursan los primeros semestres de la licenciatura en Ingeniería Civil (IC) para que, en cursos posteriores, cuando manejen instrumentos con mayor grado de complejidad los estudiantes posean herramientas suficientes poder instrumentar ensayos de ingeniería aplicada. Se plantea realizar la medición de temperatura en un cilindro de concreto usando el Arduino y sensor LM35 como parte de la materia de Electromagnetismo y Óptica correspondiente al cuarto semestre de la IC (UNACH, 2017).

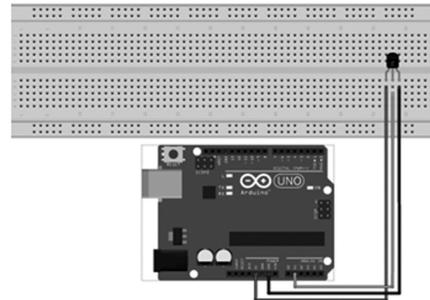


Figura 4. Forma de conectar Arduino Uno y el sensor de temperatura (Llamas, 2015)

González, Núñez, & Vilorio (2012) expresan que se puede utilizar el sensor LM35 con una debida interfaz para el puerto paralelo de la computadora y el programa C++ para la adquisición de los datos, sin embargo, en este caso se optó por el Arduino ya que se simplifica este proceso, se implementó el sistema de adquisición de datos por el puerto paralelo de bajo costo utilizando un sensor de temperatura LM35. El sistema contó con una etapa de amplificación donde se utilizó el amplificador de instrumentación INA128. Para la conversión de datos provenientes del sensor se utilizó el convertor ADC0809 con la compuerta NAND y los switches para multiflexar la señal digital para enviarla al puerto paralelo. Se realizó una interfaz de visualización en el programa C++ en la cual se pudo observar el comportamiento de la salida del sensor a través del tiempo. Este sensor tiene un alto grado de confiabilidad el sensor (González, et al., 2012). Así también se calibró el sistema de adquisición de datos para la temperatura utilizando solamente de 0°C hasta 95°C, que es un

buen rango de medida para los laboratorios de física tanto para la investigación, la docencia y la industria. Se pudo demostrar la linealidad del voltaje de salida del sensor LM35 la cual fue de $99.6\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ con una confiabilidad del 99,6%, esto muestra que el sistema de adquisición tuvo buena respuesta. (González, et al. 2012)

Los cilindros de concreto fueron elaborados en el laboratorio usando cemento portland CPC 30R y agregados de la región, de acuerdo a lo establecido en las normas NMX-C-077-1997, NMX-C-083-2014, NMX-C-109-2013, NMX-C-156-2010 y NMX-C-159-2016.

Especificaciones:

Se realizó el diseño de la mezcla para una resistencia de $f'c=250\text{ kg/cm}^2$, con un revenimiento de 10 cms. Las cantidades en peso para el primer muestreo que consistió en la elaboración de 10 especímenes de prueba es la siguiente:

Cemento: 24.69 kg.

Grava: 66.110 kg.

Arena: 40.86 kg.

Agua: 14 litros.



Figura 5. Mezcla de cemento y agregados. Fuente: los Autores

Como se mencionó anteriormente, todo el proceso se realizó de acuerdo a lo establecido en las normas mexicanas para controlar la calidad de los especímenes.



Figura 6. Proceso de llenado en los cilindros. Fuente: Los autores



Figura 7. Cilindros terminados y listos para comenzar el secado. Fuente: Los autores.



Figura 8. Proceso de perforación de los cilindros. Fuente: los Autores.

El siguiente paso fue perforar los cilindros para introducir el sensor LM35 y poder obtener la medición de la temperatura por contacto.

Las mediciones fueron realizadas cada tres horas durante los 25 días posteriores a la elaboración de los cilindros.

ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el proceso de la elaboración de especímenes, obtención de datos y análisis de los mismos, se pudieron identificar habilidades y competencias en los estudiantes de diversa índole, por ejemplo aplicaron los conocimientos de programación al momento de desarrollar el código para la obtención de datos con el Arduino (Llamas, 2015), que es el que se muestra a continuación

```
// Declaración de variables
float tempC;
int tempPin = 0; // Definimos la entrada en pin A0
void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Abre puerto serial y lo configura a 9600 bps
}
void loop()
{
  tempC = analogRead(tempPin); // Lee el valor desde el sensor
  tempC = (5.0 * tempC * 1000)/1024.0; // Convierte el valor a temperatura
  Serial.print(tempC); // Envía el dato al puerto serial
  Serial.print(" grados Celsius\n");
  delay(5000); // Espera cinco segundo para repetir
}
```

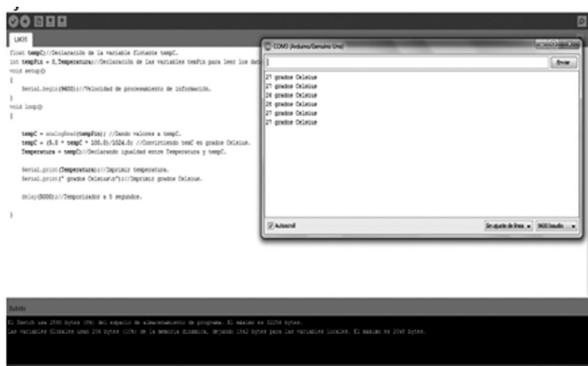


Figura 9. Entorno de programación del Arduino Uno. Fuente: los Autores.

En una segunda etapa mejoraron el código de programación con la finalidad de obtener datos mejor tabulados. Los cuales pueden ser manejados en hojas electrónicas.

```
float tempC, Temperatura;
int tempPin = 0, LABEL = 1;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,FECHA,HORA,TEMPERATURA,GRADOS");
}
void loop()
{
  tempC = analogRead(tempPin);
  tempC = (5.0 * tempC * 100.0)/1024.0;
  Temperatura = tempC;
  Serial.print("DATA,DATE");
  Serial.print(",");
  Serial.print("TIME");
  Serial.print(",");
  Serial.print(Temperatura);
  Serial.print(",");
  Serial.print("Celsius\n");
  delay(5000);
}
```

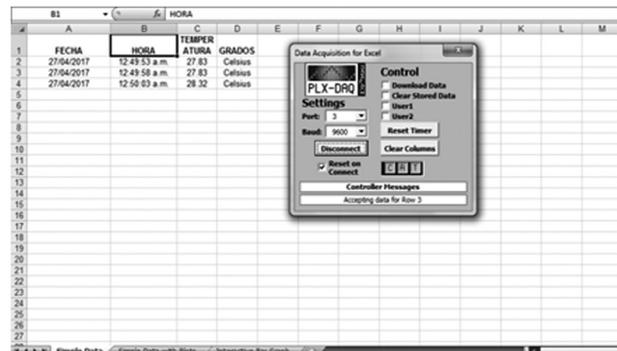


Figura 10. Los datos en Excel, para configurar una base de datos. Fuente: los Autores

Para modelar la temperatura del cilindro y la temperatura del medio ambiente se empleó el software matemático, interactivo libre GeoGebra, con el cual se obtuvieron las gráficas que se muestran a continuación.

La curva de temperatura ambiente se muestra en la figura 11.

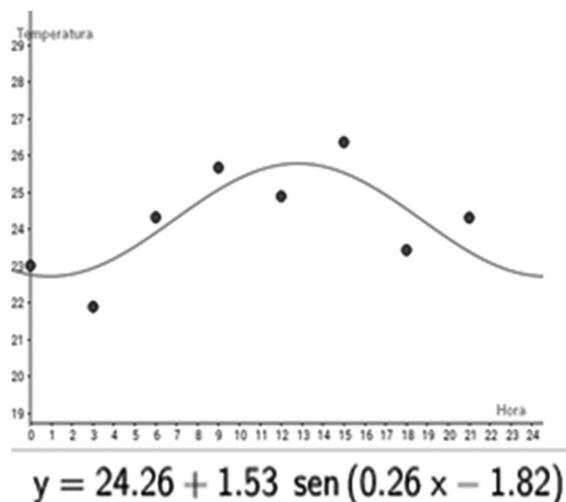


Figura 11. Curva para la temperatura ambiente modelada con GeoGebra. Fuente: los Autores.

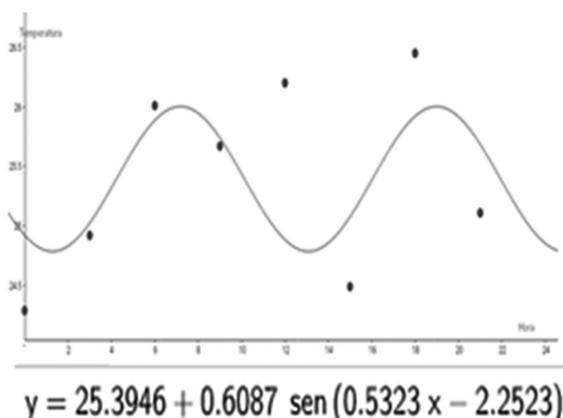


Figura 12. Curva de la temperatura en el cilindro modelada con GeoGebra. Fuente: los Autores.

La curva de temperatura en el cilindro se muestra en la figura 12.

Los resultados obtenidos fueron analizados y discutidos por los alumnos con la finalidad de presentar las opiniones de cada uno de ellos con respecto al proyecto, principalmente en la parte de cómo se vinculó el experimento con lo aprendido en clase, la argumentación general sobre esta alternativa didáctica

fue positiva. Finalmente, los participantes en el proyecto presentaron, ante docentes del área, el diseño de experimento realizado para recibir comentarios, observaciones y críticas constructivas fortalecer sus habilidades y competencias. Esta presentación incluyó un reporte escrito.



Figura 13. Presentación de los proyectos por parte de los estudiantes a sus pares académicos. Fuente: los Autores.



Figura 14. Presentación en formato de revista. Fuente: los Autores.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos a partir de las mediciones con el sensor de temperatura para una semana del mes de abril se resumen en la siguiente figura, donde se tienen los promedios de las mediciones comenzando desde las cero horas hasta las 24 horas en intervalos de tres horas.

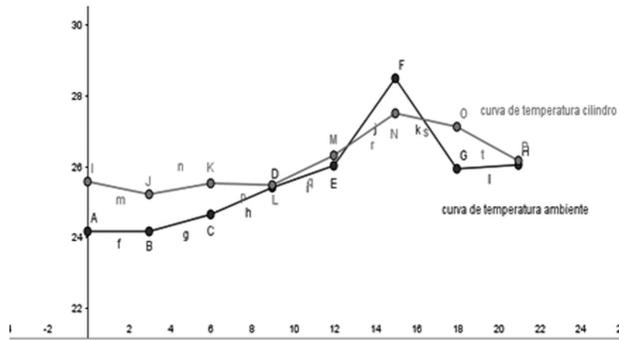


Figura 15. Comparación de los promedios de temperatura para la semana de medición del 19 de abril al 23 de abril del 2017. Fuente: los Autores

Como se puede observar en la gráfica, la temperatura del concreto se ve influenciada por la temperatura del medio ambiente durante un día, hasta llegar a una hora donde se nivelan, el pico que se observa es debido al promedio que se realizó para presentar el comportamiento durante su fase de endurecimiento en un día. Según Ortiz, Aguado, Roncero y Zermeño (2009)

En cuanto a posibles aplicaciones industriales en la producción de concreto premezclado, es posible optimizar el consumo de cemento a través del estudio de algunas propiedades de los agregados y del propio concreto que dependan de la temperatura.

En lo que respecta a la parte didáctica, el proyecto permitió trabajar a lo largo de todo el semestre y realizarlo de manera interdisciplinaria, como un proyecto integrador para las temas de las asignaturas materias relacionadas al proyecto con la finalidad de que los estudiantes demuestren sus habilidades y competencias adquiridas en las asignaturas.

REFERENCIAS

- González, J., Núñez, B., Viloria, P. (2012). Sistema de monitoreo en tiempo real para la medición de temperatura. En *Scientia Et Technica*, XVII(1) 128-131.
- Hernández, R. (2010). *Metodología de Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Llamas, L. (2015). Medir temperatura con Arduino y sensor LM35. Tutoriales Arduino. Recuperado de <https://www.luisllamas.es/medir-temperatura-con-arduino-y-sensor-lm35/> [22 julio 2017]
- NMX-C-077-1997 Industria de la Construcción - Agregados para Concreto - Análisis Granulométrico - Método de Prueba. Recuperado de <http://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/catalogo-de-normas> [20 septiembre 2017]
- NMX-C-083-2014 Industria de la Construcción - Concreto - Determinación de la Resistencia a la Compresión de Especímenes - Método de Ensayo. Recuperado de <http://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/catalogo-de-normas> [20 septiembre 2017]
- NMX-C-109-2013 Industria de la Construcción - Concreto Hidráulico - Cabeceo de Especímenes. Recuperado de <http://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/catalogo-de-normas> [20 septiembre 2017]
- NMX-C-156-2010 Industria de la Construcción - Concreto Hidráulico - Determinación del Revenimiento en el Concreto Fresco. Recuperado de <http://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/catalogo-de-normas> [20 septiembre 2017]
- NMX-C-159-2016 Industria de la Construcción - Concreto - Elaboración y Curado de Especímenes de Ensayo. Recuperado de <http://www.onncce.org.mx/index.php/es/venta-normas/catalogo-de-normas> [20 septiembre 2017]
- Ortiz, J.A., Aguado, A., Roncero, J. y Zermeño, M.E. (2009). Influencia de la temperatura ambiental sobre las propiedades de trabajabilidad y microestructurales de morteros y pastas de cemento. En *Concreto y Cemento*. Investigación y desarrollo. 1(1), 2-29.
- Texas Instrument. (1999). Datasheet LM35. Recuperado de <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- UNACH (2017). Mapa Curricular de la licenciatura en Ingeniería Civil plan de estudios 2007. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Chiapas. Recuperado de <http://www.ingenieria.unach.mx/files/mapa%20curricular%202007.jpg> [21 julio 2017]