

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**“ARDUINO: MEDICIÓN Y REGISTRO DE TEMPERATURAS  
EN CURSOS FORMATIVOS PARA LA CARRERA  
DE METEOROLOGÍA EN LA UNALM 2022-I”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título de:

**INGENIERO METEORÓLOGO**

**JUAN CARLOS CHANG CHANG FUN**

Lima – Perú

**2023**

---

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

## Document Information

Analyzed document	TSP_final JuanChang.docx (D152505129)
Submitted	2022-12-07 15:56:00
Submitted by	Oscar Enrique Tang Cruz
Submitter email	otang@lamolina.edu.pe
Similarity	5%
Analysis address	otang.unalm@analysis.urkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/843060">https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/843060</a> Fetched: 2020-12-12 04:20:30		1
<b>W</b>	URL: <a href="http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/jpmipa/article/download/24992/pdf">http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/jpmipa/article/download/24992/pdf</a> Fetched: 2022-08-09 19:02:22		1
<b>SA</b>	<b>Ciro Antonio Carhuancho Lucen.pdf</b> Document <b>Ciro Antonio Carhuancho Lucen.pdf</b> (D80958745)		4
<b>SA</b>	<b>tesis Sebastian Arrieta V1.docx</b> Document <b>tesis Sebastian Arrieta V1.docx</b> (D19087060)		2

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA  
FACULTAD DE CIENCIAS

"ARDUINO: MEDICIÓN Y REGISTRO DE TEMPERATURAS EN CURSOS FORMATIVOS PARA LA CARRERA DE METEOROLOGÍA EN LA UNALM 2022-I"

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO METEORÓLOGO  
JUAN CARLOS CHANG CHANG FUN

LIMA - PERÚ 2022  
DEDICATORIA

A mis padres, quienes me dieron valores educación lograda con sacrificios y poder ser alguien que pueda a portar al desarrollo de nuestra sociedad. Con mucho cariño a Gloria y Gregorio.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA INDICE DE FIGURAS RESUMEN

ABSTRACT I INTRODUCCIÓN 1 1.1 Problemática 1 1.2 Objetivos 2 1.2.1 Objetivo general 2 1.2.2 Objetivos específicos 2 II REVISIÓN DE LITERATURA 3 III DESARROLLO DEL TRABAJO 6 3.1 Fuente de información 6 3.2 Periodo de estudio 6 3.3 Proyecto de inducción 6 3.4 Materiales ..... 6 3.5 Metodología 7 IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN 8 4.1 Adaptación de los laboratorios 1 y 3 para su uso con Arduino 8 4.2 Ensamblaje del circuito Arduino para ser usado con dos sensores DS18B20 ..... 8 4.3 Resultados de los laboratorios 1 y 3 9 4.4 Encuesta a los estudiantes 9 4.5 Grabación de datos(registro no volátil) 10 V CONCLUSIONES 11 VI RECOMENDACIONES 12 VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía de la adaptación del esquema del tutorial a un módulo Arduino MKR ZERO. 4

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**“ARDUINO: MEDICIÓN Y REGISTRO DE TEMPERATURAS  
EN CURSOS FORMATIVOS PARA LA CARRERA  
DE METEOROLOGÍA EN LA UNALM 2022-I”**

Trabajo de Suficiencia Profesional para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO METEORÓLOGO**

Presentada por:

**JUAN CARLOS CHANG CHANG FUN**

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

---

Maestro Martín Benedicto Sandoval Casas  
Presidente

---

Ing. Héctor Ladislao Huisacaina Soto  
Miembro

---

Mg. Sc. julio Alfonso Arakaki Kiyán  
Miembro

---

Maestro Oscar Enrique Tang Cruz  
Asesor

## **DEDICATORIA**

A mis padres, quienes me dieron valores, educación, lograda con sacrificios y poder ser alguien que pueda aportar al desarrollo de nuestra sociedad.

Con mucho cariño a Gloria y Gregorio.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Luis Yoza y mi colega Eusebio Idelmo Cisneros por su apoyo y aliento durante todo este proceso.

Al maestro Óscar Tang, por su ayuda, y entusiasta apoyo. A mis compañeros de trabajo por el tiempo prestado, apoyo y aliento.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Problemática.....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Bases Teóricas.....	3
2.2. La Tecnología Arduino .....	4
III. DESARROLLO DEL TRABAJO .....	6
3.1. Fuente de información y ubicación física del proyecto .....	6
3.2. Periodo de estudio .....	6
3.3. Proyecto de inducción .....	6
3.4. Materiales .....	6
3.4.1. Sistema Arduino.....	6
3.4.2. Laboratorio 1 .....	7
3.4.3. Laboratorio 3.....	7
3.5. Metodología .....	7
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	8
4.1. Adaptación de los laboratorios 1 y 3 para su uso con Arduino.....	8
4.2. Ensamble del circuito en Arduino MKR ZERO para usar dos sensores DS18B20.....	8
4.4. Encuesta a los estudiantes .....	9
4.5. Grabación de datos (registro no volátil).....	10
V. CONCLUSIONES .....	12

VI. RECOMENDACIONES .....	13
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
VIII. ANEXOS .....	15

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> fotografía de la adaptación del esquema a un módulo Arduino MKR ZERO .....	8
---	---

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Laboratorios 1 y 3 de la guía de prácticas del curso “Física de Calor y Procesos 2022-I” .....	16
Anexo 2. Modificación del laboratorio 1.....	27
Anexo 3. Modificación del laboratorio 3.....	29
Anexo 4. Resultados del experimento 1.....	30
Anexo 5. Resultados del experimento 3.....	31
Anexo 6. Circuito Arduino con dos sensores DS18b20 .....	32
Anexo 7. Programa (Sketch) proporcionado por el tutorial de Naylamp Mechatronics SAC.....	33
Anexo 8. Programa demostrativo para grabar datos en una tarjeta microSD usando Arduino MKR ZERO.....	34
Anexo 9. Características del sensor DS18B20 de acuerdo a Dallas Semiconductor .....	35

## RESUMEN

El abaratamiento de los dispositivos electrónicos ha puesto al alcance de muchas personas la capacidad de medir y grabar datos de manera automatizada. Y la meteorología es un campo del conocimiento en la que se miden y registran datos. Capacitar a los estudiantes de carreras de meteorología en estos menesteres requiere de un largo proceso que en el caso de la UNALM, empieza con el curso Electrónica experimental, donde se les presenta la plataforma Arduino. Una plataforma de fuente abierta que permite trabajar con sensores analógicos y digitales y procesarlos. Al añadirse otros componentes, esta plataforma puede medir y registrar datos meteorológicos. En este trabajo se pretende inducir al estudiante de las carreras de meteorología al mundo de Arduino mediante el uso práctico de esta plataforma e incentivarlo para que en cursos futuros siga explorando, asimilando y aprovechando las ventajas de la electrónica de bajo costo. Dos grupos de estudiantes voluntarios realizaron dos experimentos, uno usando termómetros de alcohol o mercurio para calcular la conductividad de la espuma de poliestireno, comprobar la ley de enfriamiento, y un segundo usando la plataforma Arduino para medir la temperatura usando sensores digitales DS18B20. Los estudiantes sintieron la satisfacción de avanzar en sus conocimientos de electrónica, conocieron las ventajas y desventajas de usar equipo electrónico de bajo costo, y percibieron la utilidad que tendría el uso de esta tecnología en el futuro de sus carreras.

**Palabras clave:** Arduino, conductividad térmica, ley de enfriamiento, carreras de meteorología.

## ABSTRACT

The continuing cost lowering of electronic elements has made accessible to more people the capability to measure and record data automatically. And meteorology is a field of knowledge where data is measured and recorded. Training meteorology students in electronic measuring and recording of data, requires a long process, that in UNALM beings with the course “Electrónica Experimental” where students are give a glimpse of Arduino. An open source platform that allows working with analog and digital sensors and process their signals. When combined with other components this platform can measure and record weather data. This work’s intention is to induce students of meteorology careers to the world of Arduino by the hand-on experience of using this platform in actual laboratory experiments to foster the exploration, assimilation and exploitation of low cost electronic technology in their future courses. Two voluntary student groups made two experiments, one using conventional alcohol or mercurythermometers to calculate styrofoam thermal conductivity and demonstrate cooling law, a second one using and Arduino platform fit with two DS18B20 temperature probes. The students expressed satisfaction to advance in their knowledge of electronics, knowing the advantages and disadvantages of using low cost electronic equipment and perceived the usefulness that this technology could have in their careers.

**Keywords:** Arduino, thermal conductivity, cooling law, meteorology careers.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Problemática

La actividad meteorológica requiere de la medición y registro de ingentes cantidades de información meteorológica. Hoy en día, los profesionales en meteorología manejan la tecnología informática manejando hojas de cálculo, bases de datos, uno que otro o varios lenguajes de programación. Sin embargo, tanto en la formación académica como en el desempeño profesional, el uso de tecnología electrónica de bajo costo ha sido descuidada por decir lo menos. El registro de información para investigaciones específicas suele requerir de data loggers, dispositivos de costo medio a alto que suelen ser específicos para determinados sensores, o peor aún para los sensores acondicionados por el fabricante. En los últimos años, China ha ido manufacturando productos electrónicos de bajo costo, los que permiten captar datos y almacenarlos, a “gusto del cliente”. Sin embargo, hay cierto desorden en el mundo de los fabricantes chinos. En el 2003, el Instituto Ivrea de Diseño de Interacción, en Italia, empezó el proyecto Arduino, creando una plataforma de fuente abierta usando un microcontrolador Atmega, para conectar sensores tanto analógicos como digitales y procesarlos debidamente.

Actualmente los estudiantes de las carreras de meteorología, aunque se han modernizado usando termistores y multímetros digitales, pueden modernizarse usando electrónica de bajo costo basados en microcontroladores como el modelo ATmega823 usado en los módulos Arduino Uno y sensores de humedad y temperatura. Agregando tecnología de almacenamiento en tarjetas SD o microSD se puede agregar la funcionalidad de grabación de datos, entonces los estudiantes (y también los profesionales) de meteorología podrán crear sus propias microestaciones meteorológicas con un relativo bajo costo, el cual les servirá ya sea para sus tareas en diferentes cursos de las carreras de meteorología y en investigaciones relacionadas con perfil vertical del viento, temperatura, humedad, y/o perfil vertical de la temperatura del suelo.

Inducir a los estudiantes a usar esta tecnología en cursos de formación básica puede incentivarlos a interesarse en usar estos dispositivos y modificarlos según sus objetivos del

momento. En este trabajo, se introduce el uso de Arduino en la medición de temperatura a modo de tener una primera experiencia real en el uso de esta tecnología y notar el significado cambio cualitativo que significa el uso de tecnología electrónica/informática.

## **1.2. Objetivos**

### 1.2.1. Objetivo general

- Desarrollar las destrezas para que un estudiante de la carrera de meteorología/IMGRC pueda medir y registrar variables meteorológicas usando dispositivos electrónicos de bajo costo.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- OE1: Adaptar las prácticas de laboratorios 1 y 3 del curso de Física de Calor y Procesos para su uso con Arduino
- OE2: Realizar en la práctica los circuitos y programas necesarios para poder ejecutar la medición de temperatura y su registro en memoria no volátil
- OE3: Ejecutar las prácticas de laboratorio por estudiantes de meteorología/IMGRC durante el semestre 2022-I de la UNALM
- OE4: Agregar un suplemento para el registro de información en memoria no volátil

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

Sari & Kirindi (2019), en su investigación titulado *Using Arduino in Physics Teaching: Arduino-based Physics Experiment to Study Temperature Dependence of Electrical Resistance*, publicada en *Journal of Computer and Education Research*, utilizaron Arduino para estudiar la dependencia de la temperatura de la resistencia eléctrica y para definir el coeficiente de temperatura de un conductor. Los datos experimentales se recopilaban utilizando el ohmímetro Arduino y un sensor de temperatura. La curva resistencia-temperatura obtenida tuvo el carácter esperado y el coeficiente de temperatura estuvo en el valor esperado. Con este experimento, el estudiante pudo observar fácilmente el cambio de temperatura de la resistencia del conductor y calcular el coeficiente de temperatura de la resistencia. La investigación concluye que el aparato basado en Arduino se presenta como una alternativa simple y de bajo costo a los laboratorios de física.

### **2.1. Bases Teóricas**

#### **Tecnologías de la Información y Comunicación**

Las TIC es un término que contempla toda forma de tecnología usada para crear, almacenar, intercambiar y procesar información en sus diferentes formas tales como datos, conversaciones de voz, imágenes fijas o en movimiento, presentaciones multimedia y otras formas, incluyendo aquellas aún no concebidas. Las Tecnologías de la Información y Comunicación se desarrollan a partir de los avances científicos desarrollados en el campo de la informática y las telecomunicaciones (Ayala & Gonzales, 2015)

La introducción y uso de las TIC en los diferentes niveles educativos es común ya que son herramientas que se utilizan para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje considerándose estas una competencia básica como la lectura o escritura. Así desde un enfoque pedagógico y de una acción institucional concertada, el uso de las TIC puede ayudara lograr que en una determinada institución más estudiantes aprendan mejor y de modo más activo (Rué, 2015). El proceso de enseñanza- aprendizaje en el aula haciendo uso de las TIC requiere de un conjunto de competencias que el docente debe adquirir con la

lógica de sumar una metodología capaz de aprovechar las herramientas tecnológicas, donde la capacitación docente deberá considerarse una de las primeras opciones antes de afrontar nuevos retos educativos.

## **2.2. La Tecnología Arduino**

El desarrollo y la utilización de la tecnología de microcontroladores se ha implementado en varios sectores de la vida. Los productos de tecnología de microcontroladores también se pueden aplicar en varios campos, ya sea industrial o social. Los microcontroladores se utilizan ampliamente en muchos rangos, como: equipos educativos, dispositivos electrónicos domésticos, equipos de juego para niños, dispositivos de apoyo automotriz, equipos industriales, equipos de telecomunicaciones, equipos médicos, controladores de robots y armamento militar. Arduino es una placa de microcontrolador multipropósito que se puede programar y es de código abierto. La plataforma Arduino ahora es muy popular entre un número creciente de nuevos usuarios. Es fácil de usar y escribir el código del programa, es capaz de interactuar con multisensores, motores, parlantes, sistema de posicionamiento global (GPS), cámaras, pantallas LCD (Yusro et al. 2021).

Hoy en día, los rápidos avances en ciencia y tecnología tienen un impacto en la educación, así como en todos los reductores. La integración de la tecnología en el proceso educativo ofrece oportunidades efectivas, particularmente en los campos STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). En este contexto, la plataforma Arduino ha comenzado a utilizarse como un microcontrolador de bajo costo y fácil de usar en la enseñanza de la física. En este estudio, se diseñó un experimento de física basado en Arduino que se puede utilizar en laboratorios de física.

Arduino Uno, es una plataforma (hardware basado en un microcontrolador y software) “open source” para hacer objetos electrónicos interactivos. La parte física programable es una placa de 6,8 cm x 5,3 cm que tiene 14 pines de entrada / salida digital, 6 entradas analógicas, 5 pines de alimentación con diferentes rendimientos, un oscilador de cristal de 16 MHz, un puerto USB para recopilar datos. El software Arduino programable en, C y C++ y es compatible con los sistemas operativos Windows, MacOS y Linux.

Una de las principales capacidades del microcontrolador es leer sensores y capturar los valores. En otras palabras, se puede expresar que los sensores son una especie de objetos,

capaces de convertir cantidades físicas (como temperatura o humedad) en una cantidad eléctrica. Para medir diferentes parámetros a través de Arduino existen varios tipos de sensores. Por ejemplo, temperatura, movimiento, humedad, vibración, desplazamiento, presión, etc., estas mediciones pueden realizarse para varios propósitos, como mejorar los sistemas de medición, comercio minorista, logística, agricultura y seguridad.

Los sensores de Arduino se clasifican en digitales y analógicos. Los sensores analógicos observan los cambios externos, como las variaciones de temperatura y humedad, y producen un voltaje analógico que representa el parámetro medido. Normalmente, este voltaje de salida está entre 0 y 5 V. Las señales analógicas pueden verse influenciadas por el ruido ambiental que conduce a producir errores en las señales de salida. Sin embargo, los sensores digitales generan valores binarios. Tienen menor rango de registro que los analógicos. Por lo tanto, los sensores analógicos son más apropiados para una amplia gama de medidas (Mobaraki et al., 2020). Otros tipos de softwares educativos se orientan directamente al alumno, ofreciéndole un entorno en el cual puede aprender por su propia cuenta. Esto último pretende que el alumno aprenda o refuerce sus conocimientos dentro de un entorno de aprendizaje.

### **III. DESARROLLO DEL TRABAJO**

#### **3.1. Fuente de información y ubicación física del proyecto**

El presente trabajo se desarrolló principalmente en la oficina doméstica del autor y en el laboratorio F1 del Departamento Académico de Física y Meteorología. En la oficina doméstica se armó el circuito en cuestión y se le programó concordantemente usando tutoriales disponibles en la página web de la compañía Naylamp Mechatronics SAC, con sede en Trujillo. En el laboratorio F1, se ejecutaron los laboratorios 1 y 3 del curso Física de Calor y Procesos, y a los alumnos participantes, se les hizo una encuesta sobre su experiencia usando Arduino.

#### **3.2. Periodo de estudio**

Este trabajo condensa la experiencia del autor desde el 2020 haciendo experimentos con Arduino y el final del semestre académico 2022-1

#### **3.3. Proyecto de inducción**

La inducción al uso de Arduino se realizó utilizando los laboratorios 1 y 3 del curso Física de Calor y Procesos, que involucra a estudiantes de las carreras de Meteorología, Ingeniería Ambiental e Ingeniería Meteorológica y Gestión de Riesgos Climáticos.

#### **3.4. Materiales**

##### **3.4.1. Sistema Arduino**

- Módulo Arduino MKR ZERO
- Protoboard
- Dos sensores ds18b20 preparados para ser usados dentro de líquidos (ver especificaciones técnicas en el Anexo 9).
- Tres resistencias de 4,7 k $\Omega$ , conectores, cable microUSB, tarjeta microSD.
- Laptop para programar la Arduino y presentar datos

### 3.4.2. Laboratorio 1

- Caja de espuma de poliestireno (“tecnopor”)
- Regla milimetrada.
- Bombilla de luz incandescente de 25W con su conexión eléctrica.

### 3.4.3. Laboratorio 3

- Estufa eléctrica
- Vaso de vidrio refractario
- Agua

## 3.5. Metodología

A continuación, se detalla la secuencia lógica seguida para realizar los laboratorios usando Arduino y evaluar su impacto en las carreras de Meteorología.

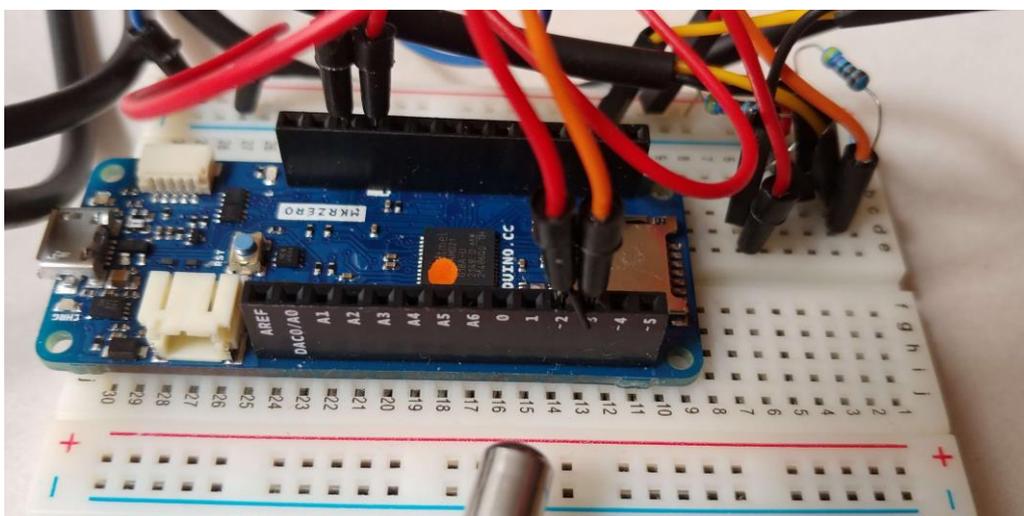
1. Se redactaron las modificaciones a los laboratorios 1 y 3 para su uso con Arduino.
2. Se modificó el programa de uso de los sensores DS18B20 para que haga lecturas cada minuto. Ver última línea del Anexo 1.
3. Un grupo de estudiantes voluntarios realizó el experimento 1 (conductividad térmica de un material) con ayuda del autor, usando un módulo Arduino preparado para leer las señales de dos sensores DS18b20. El programa de lectura de dichos sensores estaba precargado en el módulo Arduino MKR ZERO y con ello se realizó el experimento 1.
4. Un segundo grupo de estudiantes voluntarios realizó el experimento 3 (ley de enfriamiento), de manera similar, con ayuda del autor.
5. Al final de cada experimento se preguntó a los estudiantes su parecer del uso de Arduino y sensores de temperatura, facilidad/dificultad de uso, ventajas y desventajas con respecto a los laboratorios convencionales, impacto en el desarrollo de las carreras de meteorología.
6. Al no ser necesaria la grabación de datos para realizar los experimentos, la grabación se hizo solamente de modo demostración de las capacidades del módulo Arduino MKR ZERO.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Adaptación de los laboratorios 1 y 3 para su uso con Arduino.

El Anexo 1 presenta los laboratorios 1 y 3. Los anexos 2 y 3 presenta las modificaciones en el procedimiento de dichos laboratorios para su uso respectivo de Arduino.

### 4.2. Ensamble del circuito en Arduino MKR ZERO para usar dos sensores DS18B20



**Figura 1.** fotografía de la adaptación del esquema a un módulo Arduino MKR ZERO

La principal diferencia entre Arduino Uno y la serie Arduino MKR, además del tamaño y el uso de otro microcontrolador, es que el voltaje para los sensores es de 3,3 V. Por lo que los sensores analógicos tienen que tener un acondicionamiento adecuado para su uso con este voltaje. Pero dada la naturaleza digital de los sensores DS18b20 no hubo necesidad de cambiarlas resistencias “pull-up” de 4,7k $\Omega$  usados en el circuito original.4.3. Resultados del experimento 1 y 3

Los resultados de lecturas de temperaturas de ambos experimentos se muestran en los anexos 3A y 3B. El programa está diseñado para presentar dos cifras decimales en lo que respecta a temperatura siendo la resolución real 1/16 de grado o 0,0625°C.

En lo referente a los resultados numéricos del experimento 1, la guía original presenta una tabla que “limita” el número de lecturas de temperatura antes de llegar a la temperatura de

equilibrio. (La temperatura dentro de la caja de material aislante hasta llegar a un valor constante). Un problema para hallar la temperatura de equilibrio es que habría que esperar aproximadamente media hora o más para poder registrar este dato. La automatización de Arduino libera a los estudiantes del tedio o hastío de tener que estar atento al cronómetro y tomar la temperatura correspondiente.

En cuanto a los resultados del experimento 3, el coeficiente de determinación es más cercano a 1 debido a la precisión con la que se mide la temperatura cada minuto. (La temperatura de una masa de agua caliente disminuye hasta ser igual a la del ambiente). A diferencia del experimento 1, en este no es necesario llegar a la temperatura de equilibrio, lo importante es tener suficientes puntos para tener los parámetros de la ecuación exponencial logarítmica correspondiente.

#### **4.4. Encuesta a los estudiantes**

##### **Pregunta 1.**

¿Es más fácil o difícil usar el módulo Arduino con sus sensores en lugar del equipo convencional?

Resumen de las respuestas:

- El ensamblado del circuito, aunque simple, hace que la duración del laboratorio se extienda.
- La programación del módulo Arduino es “complicada”, pero manejable.

En los experimentos realizados con Arduino, el circuito estuvo preensamblado por el autor para ahorrar tiempo ya que los estudiantes estaban usando un tiempo extra que podrían usarlo para estudiar para sus exámenes finales. El programa de lectura de dos termómetros debe estar cargado en la pc (computadora personal) del laboratorio, cuando estén disponibles.

##### **Pregunta 2.**

¿Ve ventajas en el uso de Arduino?

Resumen de las respuestas:

- Es más preciso en cuanto a dígitos y momento de la medición.

En lo referente al experimento 1, se reduce el tedio de los estudiantes. Y se puede monitorizar cuándo se alcanza la temperatura de equilibrio. En cuanto al experimento 3, se nota que los resultados sí son más exactos porque el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de la curva empírica con datos usando Arduino es más cercano a 1, que cualquier otro obtenido por métodos “convencionales”.

### **Pregunta 3.**

¿Cómo evalúa Ud. su experiencia de haber realizado estos experimentos usando Arduino en relación al futuro de su carrera?

- Muy interesante.
- Importante.

Resulta difícil evaluar respuestas subjetivas. Pero el hecho de la participación voluntaria a finales del semestre y/o en plena semana de exámenes finales hay una indicación del alto interés de los estudiantes en usar esta tecnología de la cual han “oído” tanto. Su primer contacto “oficial” con Arduino fue mediante una explicación virtual de lo que es, en el curso de “Electrónica Experimental”, por lo que el uso real de estos dispositivos debe haber ocasionado alguna respuesta emocional positiva.

Sin embargo, el autor supone que la mayor expectativa de estos estudiantes voluntarios, es la de tener la capacidad de leer y registrar datos de temperatura y humedad relativa de manera automatizada cuando lleven el curso “Micrometeorología”, en la cual los estudiantes usan un par de termistores por cada punto de lectura. Están más cerca de lograrlo que cuando terminaron “Electrónica Experimental”, pero no lo suficiente cerca como para hacerlo sin ayuda de los docentes.

### **4.5. Grabación de datos (registro no volátil)**

El autor usó inicialmente un “data logger shield” producido por “Deek Robots”. Debido a problemas de carga de las bibliotecas (“librerías”), decidió usar un Arduino MKR ZERO en su lugar. Se cargaron las bibliotecas respectivas para ser usadas con el programa respectivo presentado en el tutorial de la compañía Arduino, al igual que el programa demostrativo. Se insertó una tarjeta microSD en la ranura (“slot”) respectiva, se corrió el programa. Se desconectó el módulo Arduino, se extrajo la tarjeta microSD y finalmente, dicha tarjeta fue leída. Se encontró el archivo generado por el programa de demostración.

Los laboratorios del curso “Física de Calor y Procesos” no requieren de grabación de datos, por lo que no se incorporó la grabación en las modificaciones. Simplemente fue una demostración para que los estudiantes supieran que se puede hacer.

Uno de los principales problemas para implementar correctamente el programa de grabación, es que este requiere que se abra un archivo y eventualmente se cierre. El cierre del archivo de datos puede ser programado de antemano o puede utilizar algún interruptor que sirva de señal para cerrar el archivo. Otra forma de adaptar la grabación de datos para laboratorios de física es la de crear un bucle (“loop”) que abra un archivo con un nombre generado automáticamente, lea datos, los escriba en la tarjeta SD (o microSD) y lo cierre. Este bucle será interrumpido manualmente destruyéndose el último archivo creado.

Usar grabación de datos en los laboratorios requeriría de apagar el módulo Arduino para extraer la tarjeta SD y leerla aparte. Ello acarrearía más tiempo de lo requerido para terminar la práctica.

El Anexo 8 muestra el programa usado para demostrar la grabación de datos en el módulo Arduino MKR ZERO.

## V. CONCLUSIONES

- El uso de Arduino en experimentos de cursos formativos de las carreras de meteorología promueve el interés de la mayoría de los estudiantes en su uso para medir y registrar variables meteorológicas usando dispositivos de bajo costo.
- Es muy factible adaptar los laboratorios que usan termómetros de mercurio o alcohol al uso de Arduino con sensores de temperatura.
- El ensamblaje del circuito para la lectura de temperatura es relativamente simple y no presenta dificultad alguna, al igual que la programación, teniendo a la mano las bibliotecas de los sensores. La adaptación de los programas para su lectura en intervalos determinados es sencilla y no requiere de conocimientos del lenguaje C, con el cual se programa Arduino.
- Un grupo de alumnos del curso Física de Calor y Procesos usó Arduino en dos de los laboratorios de este curso y expresaron lo siguiente:  

Usar Arduino en experimentos de física permite lectura de datos más fiables, en el momento preciso y disminuye la ansiedad producida por “medir temperatura en el momento correcto”.
- Sin lugar a dudas, usar Arduino en forma real, incentiva al estudiante a usar esta tecnología en sus futuras tareas tanto como estudiantes como siendo profesionales.
- Usar Arduino en los laboratorios de Física de Calor y Procesos es una buena introducción o forma de inducción a la tecnología Arduino y al manejo correspondientes de sensores.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Usar Arduino en un laboratorio del curso “Física de Calor y Procesos” para inducir a los estudiantes de las carreras de meteorología al uso de esta tecnología.
2. Las modificaciones al manual deben incluir un acápite en la que se solicite al estudiante ensamblar el circuito bajo la supervisión del docente a cargo.
3. En el caso en el que se necesite leer la temperatura de equilibrio como en el experimento 1, sería deseable una rutina que compare dos lecturas consecutivas y termine la lectura con una señal audible, cuando la diferencia de temperatura entre dos lecturas consecutivas sea menor a  $0,5^{\circ}\text{C}$ .
4. La grabación o registro de datos en memoria no volátil debe ser incluida en otro curso de las carreras de meteorología.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, E. & Gonzales, S. (2015). *Tecnologías de la información y la comunicación*. Fondo Editorial Universidad Inca Garcilaso de la Vega.
- Mobaraki, B., Komarizadehasl, S., Lozano Galant, J.A., & Turmo, J. (2020). Detailed evaluation of low-cost ranging sensor for structural health monitoring applications. *Recent Trends in Construction Engineering and Education (RTCEE) International Conference*. Kuala Lumpur, Malasia. ISBN-13: 978-0-6489449-0-4
- Rué, J. (2015). *Entornos de aprendizaje digitales y calidad en la docencia en Educación Superior*. Barcelona. Universitat Oberta de Catalunya.
- Sari, U. & Kirindi, T. (2019), Using Arduino in Physics Teaching: Arduino-based Physics Experiment to Study Temperature Dependence of Electrical Resistance. *Journal of Computer and Education Research*, vol 7, nro. 14.
- Yusro, M., Guntoro, N.A., & Rikawarastuti. (2021, April). Utilization of microcontroller technology using Arduino board for Internet of Things (a systematic review). In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2331, No. 1, p. 060004). AIP Publishing LLC. DOI 10.1063/5.0041705

## **VIII. ANEXOS**

## CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE UN AISLANTE

### I. OBJETIVOS

1. Encontrar la conductividad térmica de un material aislante.

### II. PRINCIPIOS TEÓRICOS

#### CONDUCCIÓN

Hay tres modos en que se transfiere el calor: conducción, convección y radiación. La conducción es el principal modo en que se transfiere calor en los sólidos. Siempre que exista una diferencia de temperatura en el interior de un cuerpo o entre cuerpos que estén en contacto, tiene lugar un flujo espontáneo de calor de la región de temperatura más alta hacia la de temperatura más baja.

Una comprensión cualitativa del fundamento microscópico de la conducción de calor se obtiene por medio de la teoría cinética, en la cual el calor se describe en términos de la energía mecánica de los átomos y moléculas de una sustancia. En un sólido, las moléculas se mantienen unidas en un orden fijo y vibran en torno a sus posiciones de equilibrio. Las moléculas de la región de temperatura más elevada tienen en general, más energía cinética que las de una región circundante de menor temperatura, y la energía es transferida por interacción molecular a la región de temperatura más baja (menos movimiento molecular).

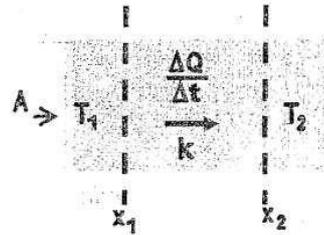
#### ECUACIÓN PARA LA CONDUCCIÓN

Considere una losa de material cuya área de sección transversal sea  $A$  y su espesor sea  $\Delta x = x_2 - x_1$ , cuyas caras se conserven a diferentes temperaturas  $T_1$  y  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ). Mida la cantidad de calor  $\Delta Q$  que fluye perpendicularmente a las caras durante un tiempo  $\Delta t$ . Los experimentos demuestran que  $\Delta Q$  es proporcional a  $\Delta t$  y al área  $A$  de la sección transversal para una diferencia de temperaturas dada  $\Delta T$ ; y que  $\Delta Q$  es proporcional a  $\Delta T/\Delta x$  para un  $\Delta t$  y un área  $A$  determinado, con tal que  $\Delta T$  y  $\Delta x$  no sean muy grandes; es decir:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} = -kA \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

En esta ecuación,  $\Delta Q/\Delta t$  es la rapidez de transmisión del calor a través del área  $A$ ,  $\Delta T/\Delta x$  es el gradiente de temperatura y  $k$  es una constante de proporcionalidad, llamada conductividad térmica. Como el calor fluye en el sentido de  $T$  decreciente, y coincide con el sentido de  $x$  creciente, se introduce un signo menos en ecuación. (1).

Figura 1. Conducción del calor a través de una placa de material.



### III. BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, M; ROJO, O. *Física – Mecánica y Termodinámica*. Wilmington, Delaware, E.U.A. Edit. Addison – Wesley Iberoamericana, S.A, 1986. ISBN 0-201-00273-6.
- TIPLER, P; MOSCA, G. *Física para la Ciencia y la Tecnología*. Barcelona, España. Edit. Reverté, S.A, 2007. ISBN 978-84-291-4401-7.
- GIANCOLI, D. *Física – Principios con Aplicaciones*. Sexta Edición. México. Edit. Pearson Educación, 2006. ISBN 970-26-0695-0
- SEARS, F y otros. *Física Universitaria- Volumen 1*. Novena Edición. México: Edit. Addison Wesley Longman de México, S.A de CV, 1999. ISBN 968 444 2785.
- RAYMOND A. SERWAY – *Física para Ciencias e Ingenierías – Volumen 1*. Sexta Edición. México: Edit. International Thomson Editores, S.A, 2005. ISBN 970-686-423-7.

### IV. CUESTIONARIO I. PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿A qué se llama resistencia térmica?
2. La madera es mejor aislante que el vidrio. Sin embargo se suele emplear fibra e vidrio para aislar construcciones de madera ¿Por qué?
3. En la zona Sur-Este de los EEUU se recomienda un valor R-26 de aislamiento para los techos. ¿Qué significa eso?
4. ¿A qué temperatura común un bloque de madera y un trozo de metal no parecerán ni fríos ni calientes?
5. Una tubería de radios interior y exterior iguales a "a" y "b", y altura "h", tiene en sus superficies interna y externa, temperaturas de  $T_1$  y  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ). Si la conductividad térmica del material es "k". Encuentre el gradiente de temperatura para un radio igual a "r".

**V. EQUIPO.**

- *Dos termómetros de mercurio (0 – 110)°C.*
- *Una tapa de jebe horadada.*
- *1 foco de 25W, con su respectivo zócalo.*
- *Una caja de tecnopor.*
- *Una regla.*
- *Un cronómetro.*

**VI. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.**

1. *Mida el espesor y las dimensiones de la caja. Calcule el área total. Anote sus medidas en los casilleros encima de la Tabla 1.*
2. *Ponga el foco con su zócalo dentro de la caja. Tapar bien (Figura 2a).*
3. *Inserte uno de los termómetros (termómetro 1) en la tapa de jebe. Debe de poderse leer la temperatura en él. Colóquelo en el agujero de la tapa (ver Figuras 2.a, y 2.b).*
4. *Conecte los focos a la fuente de 110 V, AC.*
5. *Prenda el cronómetro. Con el termómetro 1 registre la temperatura  $T_1$  del interior, y con el otro (termómetro 2), las temperaturas " $T_2$ " afuera de la caja cerca a una de las seis caras de la caja.*
6. *Tome lecturas de temperaturas " $T$ ", " $T_0$ " y la temperatura del interior de la caja cada dos minutos. Registre estas lecturas en la Tabla de Datos I.*
7. *Cuando note que las temperaturas en el interior y en el exterior se mantienen aproximadamente constantes, (se llega al estado estacionario), pare de definir.*
8. *Desconecte el foco por algunos minutos, vuelva a conectarlo y repita los pasos del 1 al 7. Con el voltaje de 220V.*

**POTENCIA DE FOCO**

<i>110 V.</i>	<i>15 WATT</i>
<i>220 V.</i>	<i>35 WATT</i>

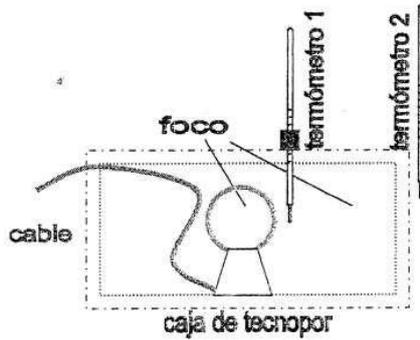
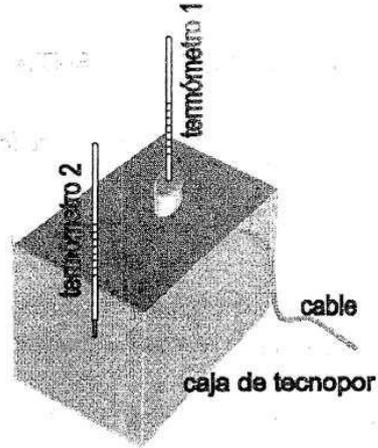


Figura 2.a. Vista interior de la caja, de perfil.

Figura 2. b. Vista exterior de la caja. El equipo ya está listo para medir.



VII. CUESTIONARIO II. PREGUNTAS DEL INFORME.

1. Con los datos de la Tabla I, tomando la última diferencia de temperaturas, ya estable, calcule la conductividad térmica del tecnopor. Use la potencia total de los focos como el flujo de calor. Coloque su resultado en la Tabla III
2. Responda la pregunta uno, pero usando los datos de la Tabla II.
3. ¿Porqué se espera al estado estacionario (Paso 7) para medir las temperaturas?

TABLA III

Potencia Total (W)	Conductividad Térmica (J/(s.m, °C))

## VIII. HOJA DE DATOS

Apellidos y Nombres \_\_\_\_\_

Curso \_\_\_\_\_ Grupo de Teoría \_\_\_\_\_

Fecha de Realización de la Práctica \_\_\_\_\_

TABLA I

Voltaje: 110 V

Potencial total \_\_\_\_\_ W

Área de la caja \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup>

Espesor \_\_\_\_\_ cm

Dato #	Tiempo Minutos	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

TABLA II

Voltaje: 220 V

Potencial total \_\_\_\_\_ W

Área de la caja \_\_\_\_\_ cm<sup>2</sup>

Espesor \_\_\_\_\_ cm

Dato #	Tiempo Minutos	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

## LEY DE ENFRIAMIENTO

### I. OBJETIVOS

1. *Comprender el comportamiento de la rapidez de enfriamiento de un cuerpo.*

### II. PRINCIPIOS TEÓRICOS

#### *Convección y Radiación.*

*En un proceso de convección, el calor se transfiere por movimiento de masa. Es decir, la energía calorífica se transporta junto con una sustancia móvil. Ya que la materia debe poder desplazarse en el proceso, la convección es un proceso importante en gases y líquidos.*

*Cuando se calienta una parte de un fluido, hay una diferencia de densidad y de presión dentro del fluido por la expansión térmica. La parte calentada es menos densa que el material de las regiones circundantes. Por ello, el material en la parte más caliente del fluido se impulsa hacia arriba, y se transfiere calor.*

*Otro proceso de transferencia de calor es la radiación. Es muy distinta de la conducción y la convección, pues la energía radiante puede desplazarse en el espacio vacío.*

*Todos los objetos emiten energía radiante. La radiación emitida por objetos a temperatura ambiente, es por lo general una despreciable transferencia de calor. Pero a temperaturas altas como las que hay en un filamento de una lámpara incandescente, la radiación es más importante que la conducción y la convección.*

#### *Rapidez de enfriamiento.*

*Todo objeto cuya temperatura sea distinta a la de su entorno terminará por tener la misma temperatura que éste. Un objeto relativamente caliente se enfría calentando su ambiente, y un objeto frío se calienta enfriando su entorno.*

*La razón de cambio de un objeto en el enfriamiento depende de cuanto mayor sea su temperatura respecto a la del entorno. Por ejemplo, el cambio en la temperatura por unidad de tiempo de una mazamorra de manzana caliente será mayor si se introduce la mazamorra en el congelador que si se la ubica sobre la mesa de la cocina. La diferencia de temperatura es mayor cuando la mazamorra está en el congelador.*

La razón de cambio en el enfriamiento de un objeto es aproximadamente proporcional a la diferencia de temperaturas  $T$  y  $T_0$  que existe entre el objeto y su entorno.

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_0)$$

Esta es la ley de enfriamiento de Newton.

### III. BIBLIOGRAFÍA

- WILMINGTON, DELAWARE, E.U.A. Edit. Addison – Wesley Iberoamericana, S.A, 1986. ISBN 0-201-00273-6.
- TIPLER, P; MOSCA, G. Física para la Ciencia y la Tecnología. Barcelona, España. Edit. Reverté, S.A, 2007. ISBN 978-84-291-4401-7.
- GIANCOLI, D. Física – Principios con Aplicaciones. Sexta Edición. México. Edit. Pearson Educación, 2006. ISBN 970-26-0695-0
- SEARS, F y otros. Física Universitaria- Volumen 1. Novena Edición. México: Edit. Addison Wesley Longman de México, S.A de CV, 1999. ISBN 968 444 2785.
- RAYMOND A. SERWAY – Física para Ciencias e Ingenierías – Volumen 1. Sexta Edición. México: Edit. International Thomson Editores, S.A, 2005. ISBN 970-686-423-7.

### IV. CUESTIONARIO I. PREGUNTAS DE REPASO

1. ¿Qué es el efecto invernadero?
2. ¿Qué es un cuerpo negro?
3. ¿Qué es la convección forzada?
4. ¿Cuál es el origen de los vientos?
5. ¿Cómo se aminora la transferencia de calor en un frasco al vacío (frasco Dewar)?.

**V. EQUIPO**

- 1 balanza de brazos iguales.
- Pesas de 100 g y 200 g.
- Agua y hielo.
- Probeta.
- Dos termómetros de mercurio (0 -110)°C.
- 1 vaso pirex elemeyer de 250 ml.
- Horno eléctrico (estufa).
- Un cronómetro.

**VI. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.**

1. Con la balanza encuentre la masa del vaso de 250 ml.
2. Separe en la probeta 200ml de agua. Agregue este volumen de agua al vaso pesado.
3. Caliente el vaso con agua hasta 90°C. sacar de la estufa.
4. Mida la masa total (vaso + agua) y por diferencias, encuentre la masa real de agua en el vaso. Registre este dato en la Tabla I.
5. Prenda el cronómetro. Con un termómetro registre la temperatura "T" del agua calentada y con el otro, la temperatura "T<sub>0</sub>" de su ambiente.
6. Tome lecturas de temperaturas "T", "T<sub>0</sub>". La temperatura del agua cada 1 minuto. Registre estas lecturas en la Tabla de Datos I.
7. Repita el procedimiento para 150 gramos de agua.

**VII. CUESTIONARIO II. PREGUNTAS DEL INFORME**

1. Con los datos de la Tabla I, haga un gráfico de  $\ln(T-T_0)$  [eje y] vs. Tiempo [eje x].
2. Si en la pregunta 1, obtuvo una línea recta, encuentre la pendiente y el intercepto con el eje y.  
m = \_\_\_\_\_  
b = \_\_\_\_\_
3. ¿Qué significado físico tienen los valores hallados en la pregunta dos?.

4. ¿Cuál sería la ecuación empírica que relaciona a la temperatura del agua calentada y el tiempo?.

$$T = \underline{\hspace{2cm}}$$

Sugerencia: Como ayuda para responder a esta pregunta, Ud. debería resolver la ecuación diferencial planteada en la introducción teórica.

5. Resuelva la pregunta uno, pero con los datos de la Tabla II.

6. Responda la pregunta dos, pero con los datos de la Tabla II.

7. ¿De qué parámetros depende la rapidez de enfriamiento? ¿De la masa de agua?, ¿del volumen y la forma del recipiente?, ¿del tipo de sustancia?, ¿de la temperatura inicial del agua?

**VIII. HOJA DE DATOS**

Apellidos y Nombres \_\_\_\_\_

Curso \_\_\_\_\_

Grupo de Teoría \_\_\_\_\_

Fecha de Realización de la Práctica \_\_\_\_\_

**TABLA I**

Masa del vaso \_\_\_\_\_ g

Masa de agua \_\_\_\_\_ 200 \_\_\_\_\_ g

<b>Dato #</b>	<b>tiempo (s)</b>	<b>Temper. T (°C)</b>	<b>Temper. T<sub>0</sub> (°C)</b>
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

## **Anexo 2. Modificación del laboratorio 1.**

### **V. EQUIPO**

- Sistema Arduino programado para leer dos sensores DS18B20 cada minuto y presentar sus datos en el monitor serial del Ambiente Integrado de Desarrollo (IDE) Arduino en una PC.
- 1 PC con el IDE Arduino.
- Una tapa de caucho horado.
- 1 “foco” (bombilla de luz incandescente) con su respectivo zócalo y enchufe.
- Una caja de espuma de poliestireno “tecnopor”.
- Una regla milimetrada.

### **VI PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.**

1. Mida el espesor y las dimensiones de la caja. Calcule el área total.  
Anote sus medidas en los casilleros en la parte superior de la TABLA I.
2. Ponga el “foco” con su zócalo dentro de la caja. Tapar bien (Figura 2<sup>a</sup>, del Anexo 1).
3. Inserte uno de los sensores de temperatura en el agujero de la tapa de caucho. Extienda el sensor unos 20cm más allá del tapón. Coloque el tapón en la tapa de la caja. (ver figuras 2.a y 2.b)
4. Conecte el foco a una fuente de 110 V, AC.
5. Encienda la PC, abra el IDE Arduino, y ejecute el programa respectivo.
6. Abra el monitor serial de Arduino en la pestaña “Herramientas” del IDE.
7. Aquellos datos de temperatura que empiecen a aumentar son los correspondientes al sensor dentro de la caja. Y aquellos que permanezcan casi constantes son del sensor en la parte externa.
8. Registre las temperaturas cada dos minutos (saltando una línea en el monitor serial) en la Tabla de datos I.
9. Cuando las temperaturas se estabilicen pare el programa.
10. Desconecte el “foco”, vuelva a conectarlo y repita los pasos 1 al 9 con un voltaje de 220

V AC.

**POTENCIA DEL "FOCO"**

110V	10.5 W
220V	25 W

### **Anexo 3. Modificación del laboratorio 3**

#### **EQUIPO**

- Balanza con resolución mínima de 1 gramo.
- Agua.
- Probeta
- PC con el IDE Arduino
- Módulo Arduino Uno acondicionado con 2 sensores DS18B20 programado para leer temperaturas cada minuto.
- Vaso de vidrio refractario “pyrex” de 250mL
- Estufa eléctrica.

#### **V. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.**

1. Mida la masa del vaso de 250mL
2. Separe en la probeta 200mL de agua. Agregue este volumen al vaso.
3. Caliente el vaso hasta 90°C y sáquela de la estufa.
4. Inicie el programa del módulo Arduino.
5. Traslade las lecturas a la Tabla de datos 1.
6. Mida la masa del agua por sustracción de pesos.
7. Repita los procedimientos con 1-6 usando 150 g de agua.

**Anexo 4.** Resultados del experimento 1.

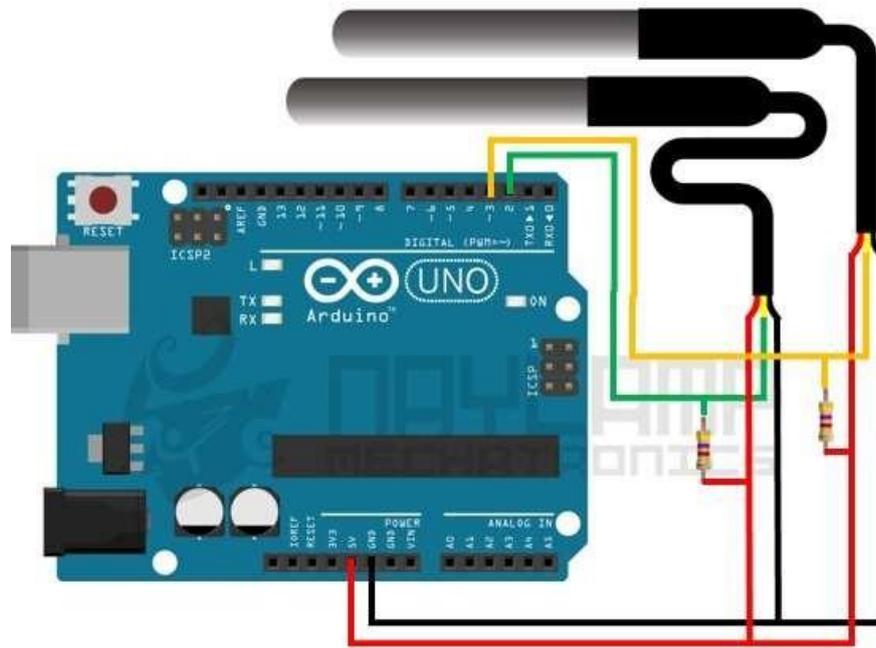
tiempo min	Temperatura interna °C	Temperatura externa °C
1	25.19	19.06
3	29.19	19.13
5	32.56	19.81
7	35.44	20.06
9	37.88	20.50
11	39.94	20.94
13	41.69	20.94
15	43.19	21.06
17	44.50	21.00
19	45.56	21.06
21	46.50	21.06
23	47.61	21.13
25	47.94	21.13
27	48.50	21.06
29	49.00	21.06
31	49.44	21.13

**Anexo 5.** Resultados del experimento 3

t (s)	$\Delta T$ (°C)	T (°C)	$T_0$ (°C)
60	58.25	76.19	17.94
120	55.93	73.87	17.94
180	53.69	71.69	18
240	51.56	69.5	17.94
300	49.25	67.25	18
360	47.31	65.37	18.06
420	45.18	63.37	18.19
480	43.38	61.44	18.06
540	41.37	59.56	18.19

$$\Delta T = 60.97e^{-0.0007117t}$$
$$R^2 = 0.9996$$

**Anexo 6.** Circuito Arduino con dos sensores DS18B20



**Anexo 7.** Programa (Sketch) proporcionado por el tutorial de Naylamp Mechatronics SAC.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
OneWire ourWire1(2); //Se establece el pin 2 como bus OneWire
OneWire ourWire2(3); //Se establece el pin 3 como bus OneWire
DallasTemperature sensors1(&ourWire1); //Se declara una variable u objeto para nuestro
sensor1DallasTemperature sensors2(&ourWire2); //Se declara una variable u objeto para
nuestro sensor2
void setup() {
delay(1000);
Serial.begin(9600);
sensors1.begin(); //Se inicia el sensor 1sensors2.begin(); //Se inicia el sensor 2
}
void loop() {
sensors1.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura
float temp1= sensors1.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C del
sensor 1
sensors2.requestTemperatures(); //Se envía el comando para leer la temperatura
float temp2= sensors2.getTempCByIndex(0); //Se obtiene la temperatura en °C del
sensor 2
Serial.print("Temperatura 1 = ");
Serial.print(temp1);
Serial.print(" C");
Serial.print("Temperatura 2 = ");
Serial.print(temp2);
Serial.println(" C");
delay(100);
}
la línea 11 delay(1000); fue modificada por delay(60000)
```

**Anexo 8.** Programa demostrativo para grabar datos en una tarjeta microSD usando ArduinoMKR  
ZERO

```
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
const int chipSelect = SDCARD_SS_PIN;
void setup() {
  // Open serial communications and wait for port to open:Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
  }
  Serial.print("Initializing SD card...");
  // see if the card is present and can be initialized:
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    while (1);
  }
  Serial.println("card initialized.");
}
void loop() {
  // make a string for assembling the data to log:
  String dataString = "";
  // read three sensors and append to the string:
  for (int analogPin = 0; analogPin < 3; analogPin++) {
    int sensor = analogRead(analogPin);
    dataString += String(sensor);
    if (analogPin < 2) {
      dataString += ",";
    }
  }
  // open the file. note that only one file can be open at a time,
  // so you have to close this one before opening another.
  File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);
  // if the file is available, write to it:if (dataFile) { dataFile.println(dataString);
  dataFile.close();
  // print to the serial port too:Serial.println(dataString);
}
// if the file isn't open, pop up an error:
else {
  Serial.println("error opening datalog.txt");
}
delay(1000);
}
```

**Anexo 9.** Características del sensor DS18B20 de acuerdo a Dallas Semiconductor

1. Interfaz de un cable para la comunicación.
2. No requiere componentes externos.
3. El rango de voltaje de funcionamiento es de 3,0V a 5,5V
4. Mide temperaturas desde -55°C a 125°C
5. La exactitud es de 0,5°C desde -19°C a 85°C
6. La resolución es programable de 9 a 12 bits