

EVALUACIÓN Y PROPOSICIÓN DEL KIT ARDUINO PHYSICS LAB COMO HERRAMIENTA
DE APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS PARA EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO
DE ORDEN SUPERIOR



TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO FÍSICO

JULIÁN DAVID VIDAL GONZÁLEZ

DIRECTOR:
PH.D. DIEGO ALBERTO BRAVO MONTENEGRO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA FÍSICA
POPAYÁN, FEBRERO DE 2022

Nota de aceptación

Director: D.Sc. Diego Alberto Bravo M.

Jurado: Mag. Leonairo Pencue-Fierro

Jurado: Mag. Carlos Felipe Ordoñez Urbano

Popayán, 8 de Febrero de 2022.

Agradecimientos

Quiero agradecer este gran triunfo en mi vida primeramente a Dios, dador de vida, sabiduría y dones.

A mi familia, especialmente a mis padres, Gabriel y Marlene, por su apoyo incondicional durante toda mi vida, con quienes siempre estaré en deuda por su amor, cuidados, y consejos.

A mi amada esposa, Jeniffer Reyes, por aceptar compartir la vida juntos, con todos sus avatares pero hoy celebramos este triunfo.

A todos mis docentes desde el kinder hasta la universidad, en especial a mi director, D.Sc. Diego Alberto Bravo Montenegro por todo el apoyo y tiempo invertido para la culminación de este trabajo de grado.

LISTA DE CONTENIDOS

Agradecimientos	III
Introducción General	1
1. Revisión Sistemática	4
1.1. Antecedentes	5
1.2. Justificación	9
1.3. Propuesta	12
2. Arduino Physics Labs	14
2.1. Especificaciones del Arduino MKR WiFi 1010	15
2.2. Evaluación del Kit	17
3. Implementación del enfoque PBL con el kit Arduino Physics Lab	19
3.1. Aceleración de un objeto en caída cuasi libre	19
3.1.1. Planteamiento del problema	19
3.1.2. Proyecto	20
3.1.3. Recursos de apoyo	20
3.1.4. Diagrama de la ejecución del proyecto	20

3.2. Conductividad y resistividad térmica	21
3.2.1. Planteamiento del problema	21
3.2.2. Proyecto	21
3.2.3. Recursos de apoyo	21
3.2.4. Diagrama de la ejecución del proyecto	22
3.3. Ley de Hooke	22
3.3.1. Planteamiento del problema	22
3.3.2. Proyecto	22
3.3.3. Recursos de apoyo	23
3.3.4. Diagrama de la ejecución del proyecto	23
3.4. Movimiento Rotacional	24
3.4.1. Planteamiento del problema	24
3.4.2. Proyecto	24
3.4.3. Recursos de apoyo	24
3.4.4. Diagrama de la ejecución del proyecto	25
3.5. Conductividad y resistividad eléctrica	25
3.5.1. Planteamiento del problema	25
3.5.2. Proyecto	25
3.5.3. Recursos de apoyo	26
3.5.4. Diagrama de la ejecución del proyecto	26
3.6. Guías de laboratorio autoguiadas con el kit Arduino Physics Lab	27
3.7. Valoración y evaluación	30
4. Conclusiones y recomendaciones	38

LISTA DE CONTENIDOS	VI
A. Manual de funcionamiento	40
B. Guías de laboratorio autoguiadas	44
Bibliografía	95

LISTA DE FIGURAS

2-1. Arduino Science Kit physics lab. Imagen tomada de la pagina web oficial de Arduino	15
2-2. Arduino MKR WiFi 1010	16
3-1. Diagrama de la ejecución del proyecto: Aceleración de un objeto en caída cuasi libre.	20
3-2. Diagrama de la ejecución del proyecto: Conductividad y resistividad térmica	22
3-3. Diagrama de la ejecución del proyecto: Ley de Hooke	23
3-4. Diagrama de la ejecución del proyecto: Movimiento Rotacional	25
3-5. Diagrama de la ejecución del proyecto: Conductividad y resistividad eléctrica	26
3-6. Evidencia fotográfica de la prueba piloto realizada - fase autoguiada	30
3-7. Resultados Encuesta - Guía Torre de caída	31
3-8. Resultados Encuesta - Guía Conductividad y resistividad térmica	31
3-9. Resultados Encuesta - Guía Ley de Hooke	32
3-10. Resultados Encuesta - Guía Movimiento Rotacional	32
3-11. Resultados Encuesta - Guía Conductividad y resistividad eléctrica	33
3-12. Evidencia fotográfica de la prueba piloto realizada - fase propositiva	34
3-13. Resultados Encuesta - Trabajo en equipo	36

3-14. Resultados Encuesta - Solución de problemas	36
3-15. Resultados Encuesta - Autoaprendizaje	37

LISTA DE TABLAS

1-1. Tabla comparativa entre PBL con Arduino Physics Lab y los laboratorios reales y/o virtuales.	10
2-1. Especificaciones técnicas del Arduino MKR WiFi 1010	16

Introducción General

La calidad de vida de la civilización humana ha aumentado significativamente en las últimas décadas, en gran medida, gracias a los avances en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, o STEM por sus siglas en inglés: Science, Technology, Engineering, and Mathematics. STEM le ha dado a la humanidad grandes avances como: edificaciones seguras y cómodas, aviones, automóviles, dispositivos electrónicos (computadores, smartphones, televisores, entre otros), equipos de toda índole para la medicina, satélites, automatización en los procesos de producción industriales y la lista cada día se hace más larga. Lo que impulsa a STEM es el capital humano: profesionales altamente capacitados que constantemente están expandiendo la frontera del conocimiento. Por ende, si se quiere ver más avances en la calidad de vida de la humanidad es inminente la formación de profesionales competentes en STEM que de forma responsable con el medio ambiente y la sociedad, desarrollen los futuros inventos que mejoren el bienestar de nuestra civilización, nuestro planeta y los seres que lo habitamos.

En el intento de formar profesionales STEM cada vez más competentes se han desarrollado diferentes enfoques educativos para lograr este ambicioso objetivo. Ha sido ampliamente comprobado que uno de los más efectivos es el Aprendizaje Basado en Proyectos, o PBL por sus siglas en inglés: Project-Based Learning [1], el cual ha sido definido por B. Christopher y K. Christine [2] como una estrategia en la que las actividades de aprendizaje y enseñanza tienen lugar para desarrollar un aprendizaje activo dando a los estudiantes el control del proceso. El aprendizaje en sí mismo implica el uso de problemas abiertos y no estructurados para desencadenar el aprendizaje. Uno de los principales objetivos del PBL es la comprensión práctica de la relación entre los conceptos teóricos y los factores presentes en los entornos reales [3].

Además, el PBL ayuda a los estudiantes a desarrollar sus habilidades para analizar, evaluar, y crear; las cuales se catalogan como habilidades de Pensamiento de Orden Superior (HOT, High-Order Thinking) [4], que son indispensables en los profesionales STEM. Esta metodología ha sido implementada en muchos campos del saber y en muchas instituciones educativas de todo el mundo obteniendo resultados significativos, algunos de ejemplos se mencionan en 1.1, razón por la cual el presente trabajo de grado brinda una propuesta para la implementación del kit Arduino Physics Lab como herramienta de PBL para fomentar las habilidades que involucra el HOT en los estudiantes de Ciencias e Ingeniería de la Universidad del Cauca.

Organización del Trabajo

El presente documento está compuesto por cuatro capítulos y dos apéndices. El primero trata sobre el estado del arte del Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL, por sus siglas en inglés) como enfoque educativo. El capítulo dos está dedicado al Arduino Physics Lab, se dan detalles técnicos de la placa Arduino y demás componentes incluidos en el kit anteriormente mencionado, asimismo se presentan las observaciones de la evaluación realizada a la placa Arduino y los componentes incluidos en el kit . En el tercer capítulo se presentan los cinco proyectos a desarrollarse junto con las características de las guías de laboratorio autoguiadas con enfoque PBL propuestas. En el cuatro y último capítulo se consignan las conclusiones y recomendaciones de este trabajo de grado. Como apéndices se incluyen el manual de funcionamiento del kit y las guías de laboratorio autoguiadas realizadas.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar y proponer el kit Arduino Physics Lab como herramienta de aprendizaje basado en proyectos para ayudar a cultivar el pensamiento de orden superior en los estudiantes de ingeniería y ciencias básicas de la Universidad del Cauca por medio de prácticas autoguiadas y a distancia de mecánica, termodinámica y electromagnetismo.

Objetivos Específicos

- Desarrollar los montajes experimentales con el kit Arduino Physics Lab de las prácticas autoguiadas de mecánica, termodinámica y electromagnetismo para analizar su aplicabilidad en entornos reales.
- Adaptar las prácticas prediseñadas propuestas por el fabricante del kit para que sean relevantes en el ámbito universitario.
- Elaborar manual de funcionamiento y guías de laboratorio autoguiadas de las prácticas de mecánica, termodinámica y electromagnetismo a implementarse con el kit Arduino Science Physics Lab.

Capítulo 1

Revisión Sistemática

La ingeniería no es una profesión teórica, sino teórica-práctica; por lo cual no es descabellado afirmar que la formación en ingeniería estaría incompleta sin prácticas de laboratorio. Estas actividades son el lugar propicio para el aprendizaje activo o como ha sido llamado popularmente ‘aprender haciendo’; es en estos espacios donde los estudiantes aprenden en un entorno del mundo real, comparten ideas sobre el análisis y la interpretación de los datos, funcionan como miembros de un equipo y discuten la planificación de experimentos. Información no es formación, y es precisamente durante estas prácticas de laboratorio donde los estudiantes de ingeniería pueden corroborar lo aprendido en el aula de clase y apropiarse de dicho conocimiento de una manera experimental. Una muestra fehaciente de ello es el estudio realizado por el departamento de química de la universidad estatal de Michigan [5], en el cual se desarrollaron prácticas de laboratorio de quimioluminiscencia en las que se evidencia el genuino interés de los estudiantes en el tema y que lograron entender los factores que afectan el ratio de la reacción quimioluminiscente; además de desarrollar la capacidad de crear sus propios procedimientos, analizar e interpretar los datos y construir argumentos basados en la evidencia de sus resultados. Por si fuera poco, la mayoría de los estudiantes tuvieron calificaciones de 7.5 o superiores (en una escala del 0 al 10), sugiriendo que los estudiantes no solo completaron una práctica satisfactoriamente sino que tienen un profundo entendimiento de los procesos fisicoquímicos involucrados.

Si los centros educativos de verdad están comprometidos con promover que los estudiantes entiendan la ciencia, motivarlos a desarrollar un interés de por vida en ella y formar ciudadanos científicamente alfabetizados, entonces deben brindarles la oportunidad de «hacer» ciencia para aprender ciencia. Los estudiantes necesitan realizar las actividades que hacen

los científicos: hacerse preguntas, explorar y explicar fenómenos y resolver problemas, todo dentro de entornos del mundo real. Ellos necesitan ser capaces de usar su conocimiento tal como lo hacen los científicos [6]. El Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL por sus siglas en inglés: *Project-Based Learning*) es un enfoque educativo en el que los estudiantes participan en actividades similares a las de los científicos y precisamente las prácticas de laboratorio hacen parte de este modelo educativo el cual reta a los estudiantes con un problema real, interesante y complejo para el que tienen que diseñar una solución o un artefacto basado en la recopilación de datos, hipótesis y consultas adicionales. En este proceso, los estudiantes aplican e integran conceptos y procedimientos mientras mejoran sus habilidades profesionales. [7]. La metodología PBL se caracteriza por brindar a los estudiantes oportunidades para aplicar conocimientos adquiridos previamente, integrar diversos temas en un mismo proyecto, desarrollar nuevos conocimientos y perspectivas, incrementar y mantener la motivación e interés en los temas desarrollados en clase y aprender a trabajar en equipo [8].

1.1. Antecedentes

Centros educativos en diversas partes del mundo han empezado a incluir en sus currículos educativos el Aprendizaje Basado en Proyectos (PBL por sus siglas en inglés: *Project-Based Learning*) ya que este fomenta el desarrollo del Pensamiento de Orden Superior (HOT, High-Order Thinking) [9]. Este ha sido calificado como un componente importante de las habilidades del siglo XXI [10]. El concepto de HOT fue introducido por Benjamin Bloom, un psicólogo y pedagogo estadounidense que publicó en 1956 un libro llamado «Taxonomía de objetivos educativos» [11] en el cual clasifica los procesos cognitivos según su complejidad. Esta publicación fue examinada por múltiples pedagogos alrededor del mundo y en 2001 se publicó una versión revisada [12]. En esta taxonomía se definen los procesos cognitivos en dos categorías: el pensamiento de orden inferior (LOT por sus siglas en inglés Low-Order Thinking) y el pensamiento de orden superior (HOT); el primero contiene las habilidades de recordar, entender, y aplicar mientras que el segundo involucra las actividades de analizar, evaluar, y crear; tres de las actividades más importantes y cotidianas en la vida laboral de un ingeniero. De acuerdo a esta versión revisada [12], dichos procesos cognitivos se definen de la siguiente manera:

- *Analizar* consiste en desglosar la información en sus partes constituyentes y determinar como se relacionan entre si. Esta habilidad consiste involucra aprender

a determinar las piezas importantes de un mensaje (*diferenciar*), la forma en que las piezas del mensaje están organizadas (*organizar*), y el propósito subyacente del mensaje *atribuir*.

- *Evaluar* se define como hacer juicios basados en criterios y estándares, este proceso cognitivo implica *comprobar* (juicios sobre la consistencia interna) y examinar (juicios basados en criterios externos)
- *Crear* involucra unir elementos para formar un todo coherente o funcional. En este proceso cognitivo el estudiante elabora un método de solución y lo convierte en un plan de acción (*planificación*), una vez el plan ha sido diseñado se ejecuta (*producir*).

Dada la importancia del desarrollo del HOT en los estudiantes de ingeniería, la Universidad Tecnológica de Dublin en la cual se le pidió a estudiantes del tercer año de ingeniería mecánica que usaran una solución de una ecuación diferencial de segundo orden para diseñar un sistema de amortiguación de resorte simple de un camión, excavadora, camión, tractor, automóvil, motocicleta o *pogo stick*. El proyecto equivalía al 10% del curso y se realizó en grupos de 4 integrantes. El proyecto fue bien recibido por los estudiantes e incrementó su interés en la materia, además de fortalecer sus habilidades de trabajo en equipo y abstracción de problemas [15]. Ese sólo fue el primer esfuerzo de la Universidad Tecnológica de Dublin en acoger la metodología PBL, adicionalmente, hay un trabajo reciente donde implementaron dicha metodología en un curso de estadística [16] al poner a los estudiantes de ingeniería a desarrollar 6 proyectos distintos usando datos reales, al final de los cursos se recopiló evidencia sólida de que los estudiantes mejoraron su entendimiento de la estadística y aumentaron su interés en las clases.

También la universidad del País Vasco en España, incorporó el enfoque PBL en la materia ‘Operaciones unitarias en ingeniería ambiental’ y lograron disminuir la tasa de deserción del 35% al 0% en los primeros cuatro años: todos los estudiantes asistieron a todas las clases presenciales, trabajaron en el proyecto, se sintieron más motivados y por ende no abandonaron el curso. Los autores concluyen que el uso de PBL llevó al cumplimiento de los objetivos del curso [17].

En Brasil, se llevó a cabo un estudio para verificar la eficacia del PBL como una herramienta motivacional. La propuesta fue aplicar PBL para resolver problemas de la industria metalúrgica y mecánica con estudiantes de ingeniería de materiales. El estudio reveló que la interacción entre la universidad y la industria mediante PBL incrementó la auto-confianza del estudiante y abrió nuevas relaciones profesionales [18].

La universidad de Qatar, implementó PBL en cursos de ingeniería eléctrica logrando que los estudiantes desarrollen exitosamente habilidades como comunicarse efectivamente, trabajar colaborativamente en equipo, pensamiento crítico y creativo, además, de gestionar proyectos de manera eficiente [19].

En Polonia, La facultad de ingeniería civil y ambiental de la Universidad de Tecnología de Gdnask implementó PBL en 2 cursos de maestría: *planeación espacial y monitoreo y gestión ambiental*. Se enfocaron en el desarrollo del suelo junto al río Reda y soluciones para minimizar los efectos del cambio climático como las inundaciones provocadas por lluvias torrenciales en la ciudad que tienen un impacto directo e indirecto en el valle de Reda [20].

Los hallazgos de Parrado y Sánchez [21], adscritos al departamento de Economía financiera y contabilidad de la universidad de Jaén en España, reafirman la efectividad de la metodología PBL en el desarrollo de competencias claves para la empleabilidad estudiantil tales como trabajo en equipo, comunicación, creatividad, organización o gestión de la información. Vale la pena destacar que en este estudio, se implementó la metodología PBL en estudiantes de posgrado de economía o finanzas.

Otro ejemplo de la efectividad del PBL es el estudio realizado en la Universidad Estatal de Georgia en Atlanta, USA en el cual apelaron a este enfoque educativo para enseñar programación paralela. En dicho caso de estudio se organizaron 124 estudiantes en 26 grupos de cuatro o cinco integrantes y les asignaron cinco proyectos distintos, cada uno de dos semanas de duración. Se les suministró una Raspberry PI para que los estudiantes exploren su arquitectura multinúcleo y creen programas para el paralelismo de memoria compartida utilizando OpenMP y lenguaje C. Los resultados muestran que la incorporación de este módulo PBL tiene un efecto directo y significativo en el aprendizaje de programación paralela. Como beneficio adicional, también se evidencia una mejora directa en el crecimiento personal de los estudiantes en términos de habilidades blandas, que son esenciales en el desarrollo profesional y el éxito en el lugar de trabajo [22].

La aplicación de la metodología PBL no se limita a la educación superior. En Israel, Irit Sasson, et al. [23] llevaron a cabo una investigación de efectividad educacional en estudiantes de grados 9 y 10 con el fin de evaluar el impacto del PBL en el desarrollo de pensamiento crítico y formulación de preguntas. Este estudio, consistía en comparar un grupo de estudiantes educados de la forma tradicional con otro grupo que fue educado usando la metodología PBL. Al cabo de 2 años, los estudiantes que aprendieron bajo la

metodología PBL mostraron ventajas significativas en estas dos habilidades.

En Tailandia, un grupo de 23 expertos participaron en un estudio para evaluar la efectividad de un proyecto colaborativo STEM con un robot educativo resuelve laberintos para ser implementado en un programa gubernamental llamado *Thailand 4.0*. Dicho programa busca impulsar el desarrollo económico del país al formar trabajadores altamente calificados que creen tecnología y ofrezcan servicios de alto valor. La propuesta de este equipo de expertos es implementar prácticas autoguiadas en las que se les enseñe robótica y programación a estudiantes de bachillerato y universitarios, además de fomentar el desarrollo del pensamiento crítico y que aprendan a través de la prueba y error [24].

Estonia es un país que está enseñando tópicos de STEM desde 2018 en las escuelas, en ese año formaron aproximadamente 3,100 estudiantes en esas áreas del saber. A las escuelas se les provee 5 kits de sensores distintos para ser usados por estudiantes de 6 a 12 grados para que resuelvan varios problemas cotidianos usando métodos IBL (*Inquiry-Based Learning, Aprendizaje Basado en Consultas*) y PBL. Este método de enseñanza activa usando kits de sensores IoT hace que las lecciones de ciencias naturales y exactas sean más interesantes e inclusivas para los estudiantes; asimismo influyen en su elección de educación y futura carrera [25].

A nivel nacional, La universidad Católica Luis Amigó ubicada en Medellín ha desarrollado actividades con estudiantes de primer semestre de ingeniería para fomentar en ellos el desarrollo del pensamiento científico [26]. Durante la investigación se realizaron cuatro experiencias: tres prácticas en las que se suministraban a los estudiantes guías de laboratorio mientras que para la cuarta experiencia no tenían guía, solamente se les presentaba un problema a resolver que obligó al estudiante a usar los conocimientos adquiridos previamente para resolver el problema. En conclusión, se determinó que los estudiantes lograron, entre otras cosas, describir movimiento traslacional de un cuerpo usando el método dinámico, sin necesidad de guías, superando con creces el estilo tradicional de enseñanza-aprendizaje.

A nivel local, en la universidad del Cauca los docentes Carlos Rengifo y Diego Bravo implementaron el enfoque PBL para ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades de programación y diseño electrónico [27]. La propuesta consiste en usar una herramienta de enseñanza que tiene dos componentes: un script de Matlab que diseña un controlador en tiempo discreto tomando como entrada la data experimental obtenida de un circuito eléctrico. El segundo componente es un generador de código C que toma el controlador generado por el primer componente y lo implementa en una tarjeta Arduino. Después de

usar esta herramienta de enseñanza en el curso de modelado y simulación de sistemas del programa de Ingeniería en Automática Industrial se observó que los estudiantes entendieron el propósito del experimento, estuvieron altamente motivados durante la práctica y reconocieron que la herramienta en cuestión es muy importante para su proceso de formación.

1.2. Justificación

Para países en vía de desarrollo como Colombia, realizar prácticas de laboratorio de altísima calidad como parte del PBL es un privilegio del que pocas universidades gozan debido principalmente al elevado costo de los equipos necesarios para ello. Una de las soluciones más populares que ha tomado mucha fuerza en los últimos años son los laboratorios virtuales y/o remotos. Estos tipos de laboratorios son clasificados detalladamente por diversos autores [28] pero para el desarrollo de este trabajo se destacan:

- **Laboratorios remotos:** Uso de laboratorios reales de forma remota. Se basan en laboratorios que son controlados remotamente a través del internet. En muchos casos se trata de equipos costosos o sensibles. Estos laboratorios ofrecen la oportunidad de hacer prácticas en horarios apropiados para los estudiantes aunque necesitan agendar su uso.
- **Laboratorios virtuales:** Se basan únicamente en el software y la simulación digital de modelos matemáticos. El grado de similitud con el equipo real depende de cada caso. De hecho hay dos categorías: Una en la que el software intenta reproducir esquemáticamente el entorno del laboratorio y otra en la que se reproduce el entorno del laboratorio para crear realismo.
- **Laboratorios virtuales y remotos:** Son una combinación de los dos mencionados anteriormente.

Si bien estas herramientas son útiles ya que ayudan al estudiante a visualizar de una forma clara y detallada los fenómenos físicos, le quitan la verdadera experiencia de un PBL ya que nunca se manipulan directamente los equipos del laboratorio. Afortunadamente, existen otras alternativas que permiten ir más allá de la visualización y dan al estudiante la oportunidad de interactuar con un montaje experimental en el mundo real, una de

estas herramientas es el science kit physics lab desarrollado por Arduino en alianza con Google [29] . Este kit provee a los estudiantes una experiencia práctica para explorar los conceptos de fuerza, movimiento y conductividad eléctrica y térmica. El kit incluye un rango de sensores para medir luz, temperatura, movimiento y campos magnéticos; además viene integrado con Google's Science Journal para registrar los datos de una forma eficiente y automatizada al conectarse con un dispositivo android.

En la tabla **1-1** se hace un comparativo detallado de las ventajas y desventajas de los laboratorios remotos y/o virtuales y aprendizaje basado en proyectos con el Arduino Physics Lab.

Tabla 1-1: Tabla comparativa entre PBL con Arduino Physics Lab y los laboratorios reales y/o virtuales.

Característica	Laboratorios remotos y/o virtuales	PBL con Arduino Physics Lab
Disponibilidad 24/7	Si	No
Los estudiantes tienen que movilizarse hasta la universidad para realizar las prácticas	No	Parcialmente
Uso óptimo de los recursos	Si	Si
Accesibilidad a diferentes tipos de experimentos	Si	Si
Aporta en el proceso de aprendizaje ya que se crea un nexo constante entre la experimentación y la teoría	Si	Si
Fácil comprensión y uso	Si	Si
Adquisición de datos de una manera sencilla	Si	Si
Interacción directa con el experimento	Si	No
Inestabilidad de la práctica debido a conexión a internet	Si	Si
Posibilidad de realizar el experimento cuantas veces se desee	Si	Si
Experimentar en el mundo real la teoría de la propagación del error	No	Si

Cabe resaltar que los programas de ingeniería y ciencias básicas de la Universidad del Cauca siempre han propendido a incentivar el desarrollo del Pensamiento de Orden Superior (*High-Order Thinking*, HOT, por sus siglas en inglés) en sus estudiantes al incorporar la metodología PBL (*Project-Based Learning*: Aprendizaje Basado en Proyectos) tanto en las clases magistrales como en las prácticas de laboratorio. Por mencionar algunos ejemplos, en el semestre 2017.1 en la materia de transductores, la docente Lina Jaller pidió a los estudiantes formar grupos de 3 integrantes para realizar un proyecto final en el cual se debía poner en práctica los conceptos vistos en clase; en la materia de Sistemas Analógicos impartida por el docente Willfrand Perez en 2016.2, también se planteó un proyecto final en el cual los estudiantes debían usar circuitos integrados, sensores, dispositivos pasivos, entre otros elementos para realizar prototipos funcionales de equipos electrónicos escogidos por los equipos de trabajo; en la electiva Procesamiento Óptico Digital de Imágenes orientada por el docente Leonairo Pencue en el semestre 2018.2, se desarrollaron equipos de trabajo para un proyecto final en el cual se implementaron los conceptos vistos en clase como radio hidráulico, gradientes, filtros, entre otros; en la electiva Metrología Óptica del semestre 2019.1 dictada por el docente Mario Patiño, uno de los proyectos era construir un prototipo de un escáner 3D; y la lista continúa en muchas materias. Pero recientemente lograr este objetivo se ha visto truncado por factores como:

- Algunos equipos de los laboratorios no son óptimos o son muy antiguos y renovarlos requiere de una alta inversión por parte de la universidad.
- La no presencialidad estudiantil debido al COVID-19, el cual fue declarado por la OMS como una pandemia el 11 de Marzo del 2020 [30]. Incluso al retornar a la presencialidad, esta va a estar estrictamente regulada por las normas de bioseguridad las cuales establecen la no aglomeración de personas en lugares cerrados.
- Antes de la pandemia, los estudiantes experimentaban congestión en los laboratorios lo cual hace difícil repetir la toma de datos o reponer una práctica de laboratorio debido a su alta demanda.

Todo esto conlleva a que no haya una formación ingenieril integral. En base a estos obstáculos para brindar una educación integral por falta de experiencias tangibles y relevantes en la formación de ciencias e ingeniería, se plantea la siguiente pregunta para este trabajo de investigación: ¿Es posible implementar la metodología PBL en tópicos de mecánica, electromagnetismo y termodinámica a distancia usando el Arduino Physics Lab para con-

tribuir a la formación integral de los estudiantes de ingeniería y ciencias básicas de la Universidad del Cauca?

En este trabajo de investigación se evaluó y sugirió el uso del Arduino Science Kit Physics Lab como una herramienta de bajo costo para desarrollo de proyectos que incluyen prácticas de laboratorios de mecánica, electromagnetismo y termodinámica mencionadas en la descripción de este documento, las cuales son parte de la malla curricular de los programas de ingeniería y ciencias básicas de la Universidad del Cauca, donde los estudiantes puedan experimentar las tesis descritas en las leyes y principios físicos aprendidos teóricamente en las clases; además podrán afrontar problemas intrínsecos a los montajes y medidas de las prácticas de laboratorio, tales como propagación del error, el ruido de sensado, los disturbios externos entre otros.

1.3. Propuesta

En este trabajo de grado se plantea el desarrollo de cinco proyectos dentro de los cuales se usa el kit Arduino Physics Lab (el cual será descrito detalladamente en el capítulo 2) como herramienta de aprendizaje basado en proyectos para el desarrollo del pensamiento de orden superior. Dicho kit facilita la interacción con montajes experimentales de mecánica, termodinámica y electromagnetismo al ser una herramienta que permite desarrollar proyectos dentro y fuera del aula de clase (a distancia), contribuyendo significativamente al proceso de formación profesional de los estudiantes de ingeniería y ciencias básicas de la Universidad del Cauca.

El kit en mención permite realizar las siguientes prácticas de laboratorio:

- Laboratorio de mecánica: Se mide la aceleración de un cuerpo variando el ángulo de inclinación para descubrir la correlación de estas dos variables. *Palabras clave:* aceleración, fuerza, gravedad, inercia, velocidad, acelerómetro, giroscopio.
- Laboratorio de termodinámica: Se mide la temperatura en diferentes materiales para determinar si son aislantes o conductores de calor. *Palabras clave:* calor, transferencia de calor, conducción, convección, radiación, temperatura, conductividad térmica, resistividad térmica, termómetro.
- Laboratorio de mecánica: Se mide la aceleración lineal de un objeto cuando tiene movimiento armónico simple para determinar la constante de elasticidad del resorte

y el periodo de oscilación. *Palabras clave:* Aceleración, acelerómetro, desplazamiento máximo, posición de equilibrio, fuerza, fricción, frecuencia, fuerza gravitacional, momentum, oscilación, M.A.S., péndulo, periodo, velocidad.

- Laboratorio de mecánica: Se mide la intensidad lumínica y se correlaciona con la velocidad rotacional, adicionalmente se determinan las revoluciones por minuto. *Palabras clave:* velocidad rotacional, torque, fuerza centrífuga, fuerza centrípeta, inercia, fotodetector, periodo, r.p.m., fuerza de fricción, velocidad crítica.
- Laboratorio de electromagnetismo: Se mide resistencia eléctrica para determinar si ciertos materiales son conductores o aislantes eléctricos. *Palabras clave:* carga, conductividad, corriente, resistencia, voltaje.

Capítulo 2

Arduino Physics Labs

El Science kit physics lab de Arduino es un kit de bajo costo desarrollado por Arduino en alianza con Google para brindar a los estudiantes la oportunidad de realizar experimentos de física básica para entender de manera pragmática conceptos como: aceleración, fuerza, rotación, conductividad y resistividad térmica, gravedad, inercia, velocidad, calor, temperatura, fricción, M.A.S entre otros. Este kit incluye los siguientes componentes:

- Arduino MKR WiFi 1010
- Tablero de soporte para la placa Arduino
- Dos soportes de silicona
- Cable USB tipo C
- Módulo sensor de luz con conector groove
- Módulo sensor de temperatura con conector groove
- Dos cables groove de 20cm - conector universal de 4 pines
- Cables puntas banana - pinza de cocodrilo: dos de 50cm y dos de 20cm
- Imán
- Dos tiras de velcro
- Dos puntos de velcro

32-bit SAMD21. La conectividad WiFi y Bluetooth se realiza con el modulo u-blox NINA-W10, un chip BLE de bajo consumo que opera en el rango de 2.4GHz. Además de eso, los protocolos de comunicación segura son encriptados por el chip criptográfico Microchip® ECC508. En la tabla **2-1** se muestran las especificaciones técnicas del dispositivo según el fabricante y en la figura **2-2** se muestra la board por la parte superior e inferior.

Microcontrolador	SAMD21 Cortex®-M0+ 32bit low power ARM MCU
Módulo de radio	u-blox NINA-W102
Fuente de alimentación	5V
Chip de encriptación	Microchip® ATECC508A
Voltaje de funcionamiento del circuito	3.3V
Pines digitales I/O	8
Pines PWM	13 (0 .. 8, 10, 12, 18 / A3, 19 / A4)
UART	1
SPI	1
I2C	1
Pines de entrada análogos	7 (ADC 8/10/12 bit)
Pines de salida análogos	1 (DAC 10 bit)
Interruptores externos	10 (0, 1, 4, 5, 6, 7, 8,9, 16 / A1, 17 / A2)
Corriente DC por pin I/O	7 mA
Memoria Flash CPU	256 KB (internal)
SRAM	32 KB
EEPROM	No
Velocidad de reloj	32.768 kHz (RTC), 48 MHz
LED_BUILTIN	6
USB	Full-Speed USB Device and embedded Host
Longitud	61.5 mm
Ancho	25 mm
Peso	32 gr

Tabla 2-1: Especificaciones técnicas del Arduino MKR WiFi 1010

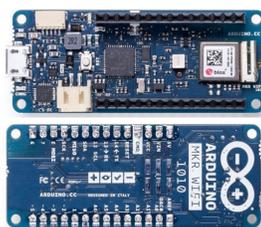


Figura 2-2: Arduino MKR WiFi 1010

2.2. Evaluación del Kit

En la web oficial de Arduino [29], se describe el kit como un producto «diseñado específicamente para profesores de ciencias y física interesados en llevar un enfoque práctico y basado en la investigación a su salón de clases. El kit está actualmente alineado con los estándares NGSS y el plan de estudios nacional de ciencias del Reino Unido". También, el fabricante indica que el kit en mención está "diseñado para estudiantes de secundaria de 11 a 14 años (grados escolares 6 a 8)» lo cual planteó el reto de adaptar estas prácticas para que sean aplicables mediante PBL en el entorno universitario, para ello se incluyó una sección de preguntas previas y posteriores a la práctica, instrucciones detalladas que incluyen capturas de pantalla de la aplicación, una sección de procesamiento de datos que incluye temas universitarios, entre otras; mas detalles al respecto se encuentran en la sección 3.6.

Para dar cumplimiento al segundo objetivo específico de este trabajo de grado, se realizaron los montajes de los experimentos descritos en el capítulo 3 y se investigaron las especificaciones técnicas del kit y sus componentes. En base a los resultados obtenidos se resaltan las siguientes observaciones:

- La sensibilidad del sensor de temperatura es de ± 0.1 °C.
- La sensibilidad del sensor de luz es de ± 0.1 lux.
- La sensibilidad del acelerómetro es de ± 0.1 m/s^2 .
- La sensibilidad del sensor de resistencia eléctrica es de ± 0.1 $k\Omega$.
- La sensibilidad del sensor de voltaje es de ± 0.1 V.
- La sensibilidad del sensor de corriente es de ± 0.1 A.
- La sensibilidad del giroscopio es de ± 2.1 °/s.
- La sensibilidad del magnetómetro es de ± 0.1 μT .
- Cuando la placa Arduino se ha conectado al smartphone via Bluetooth, se desconecta por un par de horas y se vuelve a conectar después, aunque el dispositivo aparece conectado, no recibe data de los sensores. Para solucionar este bug, se descubrió que hay que «olvidar el dispositivo» desde la app y volver a vincularlo desde el principio. Este paso se ha incluido en todas las guías propuestas.

- Si bien la documentación del kit no indica los datasheets de los sensores, se envió un email solicitando los datasheets a soporte técnico de Arduino, quienes confirmaron que el sensor de temperatura incluido en el kit es el TMP-36 del fabricante Analog Devices, el sensor de luz es el TEMA6000X01 del fabricante Vishay semiconductors y el módulo inercial (acelerómetro, giroscopio, y magnetómetro) es el LSM9DS1 del fabricante STMicroelectronics. Los datasheets de estos sensores se encuentran en las paginas web de los fabricantes [31], [32], y [33] respectivamente.
- El kit es compatible con los sensores grove del fabricante Seeed Studio. Lo cual es un gran beneficio ya que en caso de necesitar sensores con mayor precisión y/o sensibilidad se pueden usar los sensores de dicho fabricante. Esta información fue confirmada vía email por la product manager de Arduino, Valentina Chinnici.
- Una ventaja del kit es que varios componentes como cables groove para conectar los sensores de luz y temperatura, los cables banana-cocodrilo, tiras de velcro, cable USB tipo C, entre otros, son fáciles de reemplazar en caso de daño o pérdida.
- Los materiales adicionales requeridos para las prácticas son fáciles de conseguir ya que son elementos caseros en su mayoría, lo cual simplifica el desarrollo de las guías.
- Otra ventaja del kit, es que el Arduino MKR WiFi 1010 incluido viene el código fuente necesario para realizar todas las prácticas, lo cual ayuda a disminuir el tiempo requerido para realizar el montaje experimental ya que los estudiantes no tienen que escribir código o subirlo a la placa.

Capítulo 3

Implementación del enfoque PBL con el kit Arduino Physics Lab

En este trabajo de grado se propone desarrollar la metodología PBL usando el kit Arduino Physics Lab, para ello se plantean cinco proyectos: tres enfocados a tópicos de mecánica, uno enfocado a termodinámica y otro relacionado al electromagnetismo. Cada proyecto contiene dos partes: La primera consiste en el desarrollo de una práctica usando una guía de laboratorio autoguiada y el kit Arduino en mención; para el desarrollo de la segunda parte, se le provee al estudiante un problema o reto el cual estudiante debe resolver con la única condición que debe usarse un procedimiento distinto al presentado en la práctica realizada en la primera fase, no obstante si se puede, más no es obligatorio, usar elementos de la guía como por ejemplo una tarjeta Arduino.

3.1. Aceleración de un objeto en caída cuasi libre

3.1.1. Planteamiento del problema

Los estudiantes de ingeniería aprenden en el aula de clase la teoría sobre la aceleración de un cuerpo en caída cuasi libre bajo la influencia de la gravedad; lo cual es de vital importancia en el proceso formativo de un profesional STEM, pero si las capacidades de un estudiante de ingeniería no van más allá del conocimiento teórico se vuelve en un problema a solucionar; este proyecto busca darle al estudiante recursos para medir la aceleración de un objeto en caída cuasi libre de forma experimental.

3.1.2. Proyecto

Con el fin de brindarle al estudiante herramientas que le permitan medir la aceleración de un objeto en caída cuasi libre, se plantea un proyecto compuesto por dos fases: una autoguiada en la cual se provee una guía de laboratorio y el kit Arduino Physics lab y otra propositiva en la que se le da libertad de diseñar y proponer otro método de realizar la misma medición usando un procedimiento experimental distinto al presentado en la guía.

3.1.3. Recursos de apoyo

Los estudiantes tienen acceso a los siguientes recursos de apoyo para la realización del proyecto:

- Kit Arduino Physics lab.
- Guía de laboratorio autoguiada.
- Acceso a los laboratorios adscritos al departamento de física de la universidad del Cauca.
- Acceso a recursos bibliográficos dispuestos por la universidad: bibliotecas y bases de datos virtuales.

3.1.4. Diagrama de la ejecución del proyecto

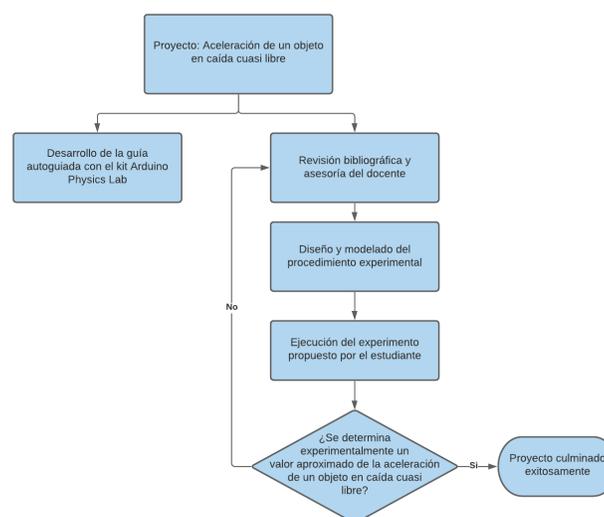


Figura 3-1: Diagrama de la ejecución del proyecto: Aceleración de un objeto en caída cuasi libre.

3.2. Conductividad y resistividad térmica

3.2.1. Planteamiento del problema

En el aula de clase los estudiantes de ingeniería aprenden sobre los conductores y aislantes térmicos desde la teoría; lo cual es necesario en el proceso formativo de un profesional STEM, pero el problema es que en el salón de clase los estudiantes no realizan un experimento para determinar si un material es un conductor o un aislante térmico. Este proyecto busca darle al estudiante medios para aprender a diferenciar experimentalmente que tan buen aislante o conductor térmico es un material.

3.2.2. Proyecto

Para dar solución a este problema se propone el desarrollo de un proyecto dividido en dos partes: una autoguiada en la cual el estudiante desarrolla una guía de laboratorio de forma autónoma usando el kit Arduino Physics lab y otra propositiva en la que se le pide al estudiante que proponga otra manera de determinar de si un material es un conductor o un aislante térmico.

3.2.3. Recursos de apoyo

Los estudiantes tienen acceso a los siguientes recursos de apoyo para la realización del proyecto:

- Kit Arduino Physics lab.
- Guía de laboratorio autoguiada.
- Acceso a los laboratorios adscritos al departamento de física de la universidad del Cauca.
- Acceso a recursos bibliográficos dispuestos por la universidad: bibliotecas y bases de datos virtuales.

3.2.4. Diagrama de la ejecución del proyecto

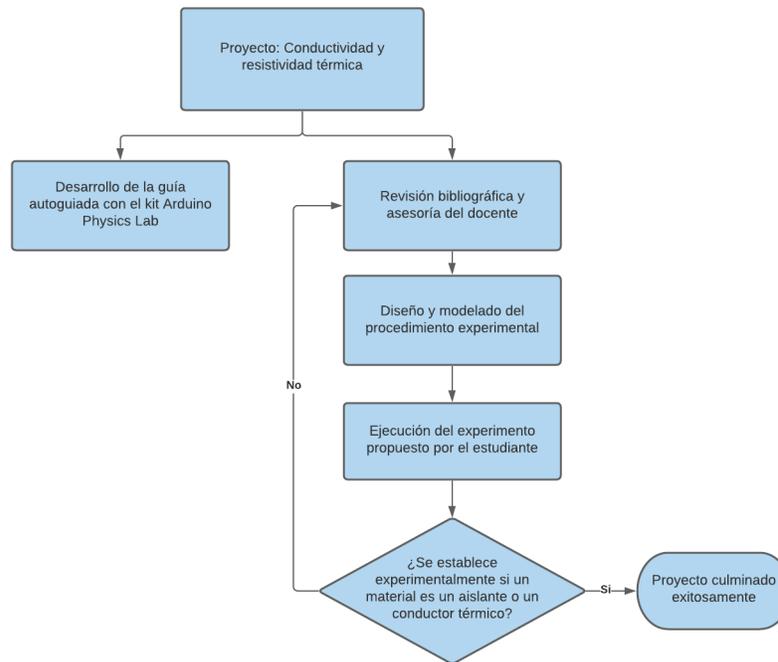


Figura 3-2: Diagrama de la ejecución del proyecto: Conductividad y resistividad térmica

3.3. Ley de Hooke

3.3.1. Planteamiento del problema

Los estudiantes de ingeniería aprenden en el aula de clase los fundamentos teóricos de la ley de Hooke y la constante de elasticidad de un resorte; tópicos importantes en el proceso formativo de un profesional STEM, pero se presenta un problema si los estudiantes de ingeniería no son capaces de usar la teoría en la práctica para estimar experimentalmente la constante de elasticidad de un resorte. Este proyecto busca darle al estudiante recursos para ello.

3.3.2. Proyecto

Se plantea un proyecto que permita a los estudiantes determinar experimentalmente la constante de elasticidad de un resorte, el proyecto en mención consta de dos etapas: una

autoguiada en la cual se usa el kit Arduino Physics lab para llevar a cabo una guía de laboratorio y otra propositiva donde formulan otra manera de estimar la constante de elasticidad de un resorte.

3.3.3. Recursos de apoyo

Los estudiantes tienen acceso a los siguientes recursos de apoyo para la realización del proyecto:

- Kit Arduino Physics lab.
- Guía de laboratorio autoguiada.
- Acceso a los laboratorios adscritos al departamento de física de la universidad del Cauca.
- Acceso a recursos bibliográficos dispuestos por la universidad: bibliotecas y bases de datos virtuales.

3.3.4. Diagrama de la ejecución del proyecto

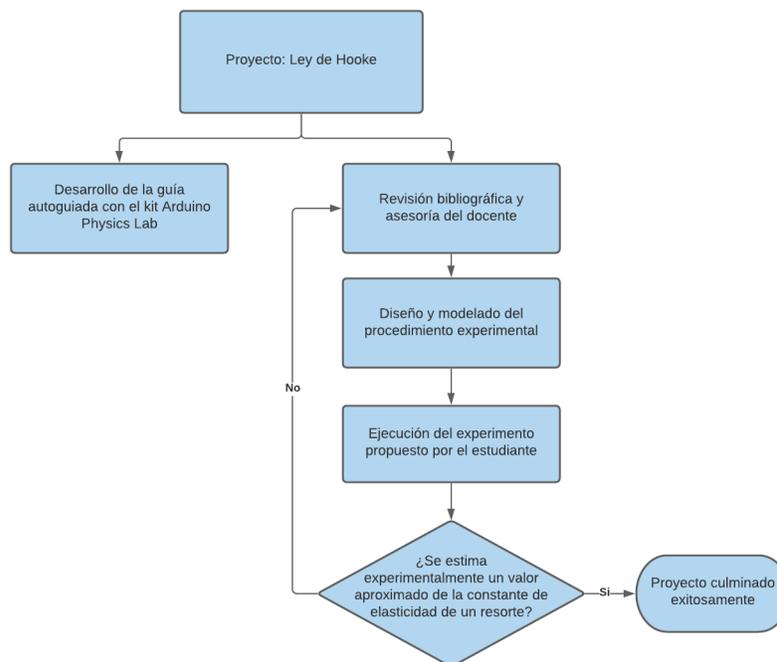


Figura 3-3: Diagrama de la ejecución del proyecto: Ley de Hooke

3.4. Movimiento Rotacional

3.4.1. Planteamiento del problema

En el aula de clase los estudiantes de ingeniería aprenden la teoría sobre el movimiento rotacional; lo cual es de vital importancia en el proceso formativo de un profesional STEM, pero se presenta un problema si las capacidades de un estudiante de ingeniería se limitan al conocimiento teórico y no es capaz de medir las revoluciones por minuto (RPM) y la velocidad rotacional de un objeto de forma experimental.

3.4.2. Proyecto

Con el objetivo de dar al estudiante herramientas que le permitan medir experimentalmente la velocidad rotacional y las revoluciones por minuto (RPM) de un objeto se formula un proyecto compuesto por dos fases: una autoguiada en la cual se provee una guía de laboratorio y el kit Arduino Physics lab y otra propositiva en la que se le da libertad de idear otra forma de realizar la misma medición usando un procedimiento experimental diferente al presentado en la guía.

3.4.3. Recursos de apoyo

Los estudiantes tienen acceso a los siguientes recursos de apoyo para la realización del proyecto:

- Kit Arduino Physics lab.
- Guía de laboratorio autoguiada.
- Acceso a los laboratorios adscritos al departamento de física de la universidad del Cauca.
- Acceso a recursos bibliográficos dispuestos por la universidad: bibliotecas y bases de datos virtuales.

3.4.4. Diagrama de la ejecución del proyecto

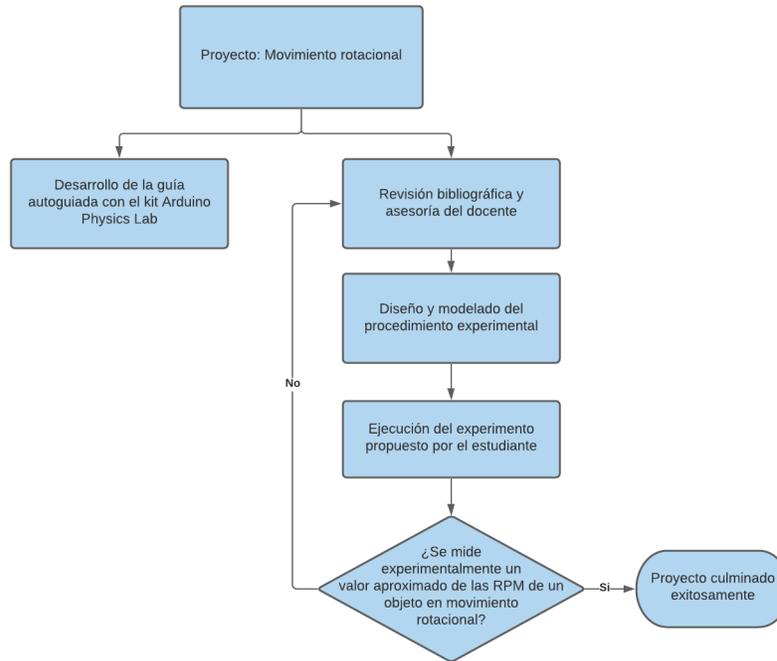


Figura 3-4: Diagrama de la ejecución del proyecto: Movimiento Rotacional

3.5. Conductividad y resistividad eléctrica

3.5.1. Planteamiento del problema

En el proceso formativo de un profesional STEM, los estudiantes aprenden teóricamente sobre los conductores y aislantes eléctricos en el aula de clase; lo cual es sumamente valioso y necesario, sin embargo se evidencia un problema si un estudiante no es capaz de determinar por medio de la experimentación si un material es un conductor o un aislante eléctrico. Este proyecto busca darle al estudiante herramientas y métodos para ello.

3.5.2. Proyecto

Como solución a esta problemática se plantea un proyecto dividido en dos partes: la primera autoguiada en la cual el estudiante desarrolla una guía de laboratorio de forma

autónoma usando el kit Arduino Physics lab y otra propositiva en la que el estudiante presenta otro procedimiento para diferenciar experimentalmente los materiales conductores de los aislantes eléctricos

3.5.3. Recursos de apoyo

Los estudiantes tienen acceso a los siguientes recursos de apoyo para la realización del proyecto:

- Kit Arduino Physics lab.
- Guía de laboratorio autoguiada.
- Acceso a los laboratorios adscritos al departamento de física de la universidad del Cauca.
- Acceso a recursos bibliográficos dispuestos por la universidad: bibliotecas y bases de datos virtuales.

3.5.4. Diagrama de la ejecución del proyecto

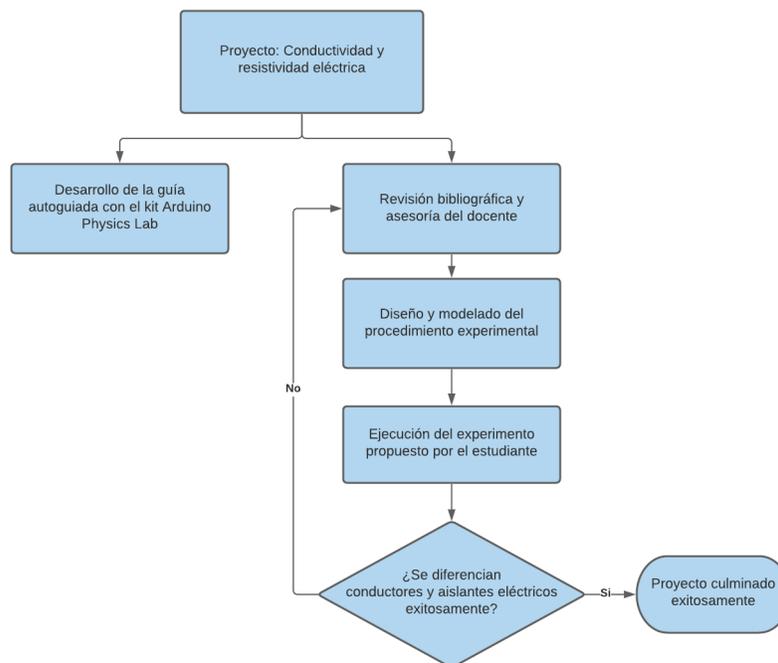


Figura 3-5: Diagrama de la ejecución del proyecto: Conductividad y resistividad eléctrica

3.6. Guías de laboratorio autoguiadas con el kit Arduino Physics Lab

El kit Arduino Science Physics incluye un código único para crear una cuenta en la web <https://physics-lab.arduino.cc/> desde la cual se acceden a las prácticas prediseñadas propuestas por el fabricante. Ya que las guías están disponibles sólo para aquellos usuarios con cuenta, se procedió a publicar una copia de estas guías como páginas web usando GitHub pages, una herramienta que permite publicar sitios web directamente de un repositorio GitHub. Como se ha mencionado anteriormente en la sección 2.2, estas prácticas fueron adaptadas para el ámbito universitario ya que originalmente se diseñaron para estudiantes de 11 a 14 años, ambas versiones (la original y la adaptada) se listan a continuación:

- The Drop Zone - la versión adaptada de esta práctica es la guía torre de caída. En esta guía se mide la aceleración de un cuerpo variando el ángulo de inclinación para descubrir la correlación de estas dos variables.
- Thermo Magic Show - la versión adaptada de esta práctica es la guía de conductividad y resistividad térmica. En esta guía se mide la temperatura en diferentes materiales para determinar si son aislantes o conductores de calor.
- The Ejection Seat - la versión adaptada de esta práctica es la guía de la ley de Hooke. En esta guía se mide la aceleración lineal de un objeto cuando tiene movimiento armónico simple para determinar la constante de elasticidad del resorte y el periodo de oscilación.
- The Gravitron - la versión adaptada de esta práctica es la guía de movimiento rotacional. En esta guía se mide la intensidad lumínica y se correlaciona con la velocidad rotacional, adicionalmente se determinan las revoluciones por minuto.
- Electric Fortune Teller - la versión adaptada de esta práctica es la guía de conductividad eléctrica. En esta guía se mide resistencia eléctrica para determinar si ciertos materiales son conductores o aislantes eléctricos.

Tomando como referencia varios aportes significativos respecto a las formas de estructurar guías se incluyen las siguientes secciones:

3.6. GUÍAS DE LABORATORIO AUTOGUIADAS CON EL KIT ARDUINO PHYSICS LAB28

- **Introducción:** Descripción concisa de qué consiste la práctica de laboratorio a realizar.
- **Objetivos:** Se establecen de forma clara y medible los resultados que se esperan obtener al final de la práctica.
- **Preguntas previas y posteriores a la práctica:** Esta metodología implementada por múltiples instituciones educativas alrededor del mundo, consiste en hacer un cuestionario, no calificable y en algunos casos de forma anónima, a los estudiantes antes de que realicen la práctica, con el fin de tener un punto de referencia de los conocimientos adquiridos hasta el momento. Si bien en algunos laboratorios de física básica orientados en la universidad del Cauca se realizan preguntas previas a la práctica, en este trabajo se propone ir un paso más allá y repetir el mismo cuestionario, de manera anónima y no calificable, inmediatamente después de realizar la práctica. Esto con el fin de que el docente pueda comparar las respuestas de ambos cuestionarios para determinar, en forma general, si el desarrollo de la práctica contribuyó a que los estudiantes entendieran mejor los conceptos involucrados en la actividad experimental. *El objetivo principal de estas secciones no es evaluar al estudiante, sino la efectividad del desarrollo de las prácticas para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos, leyes y/o principios físicos por medio de la experimentación.*

Ya que para el desarrollo de las guías de laboratorio autoguiadas propuestas en el apéndice B de este trabajo no se requiere estrictamente la presencia de un docente que realice dichos cuestionarios, en las guías se han anexado estas secciones. Además, en la plantilla del informe de laboratorio proporcionada a los estudiantes en la sección «procesamiento de datos» de cada guía [34], se les anima a responder las preguntas de manera transparente, recalando que las respuestas proporcionadas en estas secciones no afectarán su calificación y que el propósito de estas es evaluar las guías y el desarrollo de las mismas. De igual modo, se invita a los estudiantes a describir su experiencia durante la realización de la práctica, compartir los inconvenientes y/o desafíos que se le presentaron durante esta y compartir sugerencias para mejorar la guía y el desarrollo de la misma.

- **Materiales:** Lista e imágenes de los elementos necesarios para llevar a cabo el experimento en cuestión.
- **Montaje:** Se explica de manera detallada, incluyendo imágenes de referencia, cómo

3.6. GUÍAS DE LABORATORIO AUTOGUIADAS CON EL KIT ARDUINO PHYSICS LAB29

realizar el montaje de la práctica de laboratorio a realizar.

- **Procedimiento:** Se describe paso a paso el desarrollo de la práctica de laboratorio, en esta sección se anexan capturas de pantalla y fotos para evitar ambigüedad en el proceso. Esta sección es de gran importancia ya que se le explica al estudiante cómo hacer la toma de los datos experimentales, también se incluyen recomendaciones con el fin de reducir la propagación del error en las medidas.
- **Procesamiento de datos:** En esta sección:
 - Se le explica al estudiante cómo realizar el tratamiento de los datos obtenidos para sacar de ellos información relevante. Teniendo en cuenta que son prácticas llevadas a cabo en los primeros semestres, los pasos a llevar a cabo son claros y detallados para que el estudiante pueda entenderlos y realizarlos de manera autónoma.
 - Se plantean preguntas claves al estudiante para que en base a los datos e información obtenida, llegue a conclusiones congruentes con los principios y/o leyes físicas implicadas en la práctica. Esto es de suma importancia ya que ayuda al estudiante a evaluar y analizar los datos experimentales para relacionarlos con la teoría aprendida en el aula de clase, permitiéndole tener una experiencia tangible con la ciencia y no meramente teórica.
 - Se incluye una plantilla del informe de laboratorio, en este documento los estudiantes plasman de forma concisa la teoría relacionada con el experimento, presentan las medidas tomadas de la forma más adecuada (tablas, gráficas de barras, histogramas, entre otras) según el tipo de datos, también se incluyen los cálculos y/o tratamiento de datos llevados a cabo y las conclusiones sobre la práctica de laboratorio.
- **Bibliografía y recursos:** Se citan referencias en las que los estudiantes pueden profundizar los fundamentos teóricos involucrados en la práctica. También se anexan links de descarga de la aplicación *Arduino Science Journal* para dispositivos Apple, Android, y Harmony OS, un video demostrativo del montaje experimental y un link a la guía propuesta por el fabricante.

3.7. Valoración y evaluación

Para validar la propuesta presentada, se realizó una prueba piloto con tres estudiantes de ingeniería física; la reducida población de esta prueba piloto es debido a la no presencialidad de la Universidad del Cauca durante los últimos semestres y la contingencia sanitaria debido al COVID-19, factores que dificultan la coordinación de grupos de estudiantes para realizar la prueba. En esta prueba se desarrollaron ambas fases del proyecto, para la primera fase, la autoguiada, los estudiantes desarrollaron las cinco prácticas autoguiadas propuestas anteriormente y diligenciaron las encuestas en la sección «Preguntas previas y posteriores a la práctica» de cada guía. A continuación se anexa evidencia fotográfica de esta primera fase y gráficas comparativas de las respuestas dadas por los estudiantes antes y después de realizar las prácticas.



Figura 3-6: Evidencia fotográfica de la prueba piloto realizada - fase autoguiada

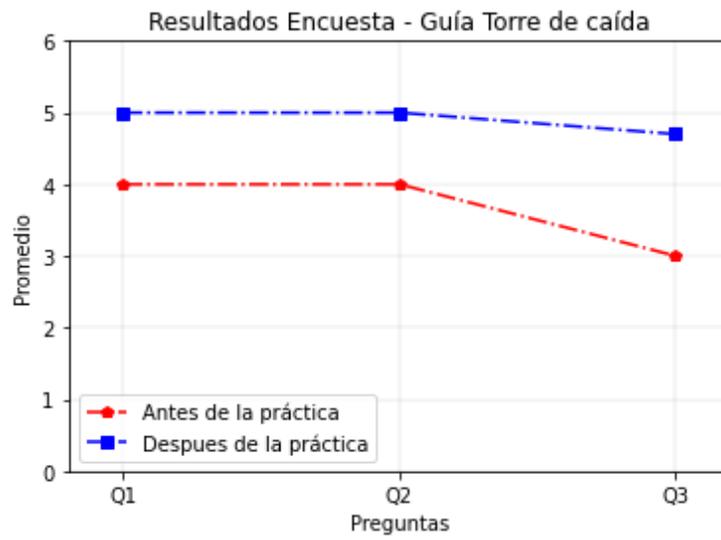


Figura 3-7: Resultados Encuesta - Guía Torre de caída

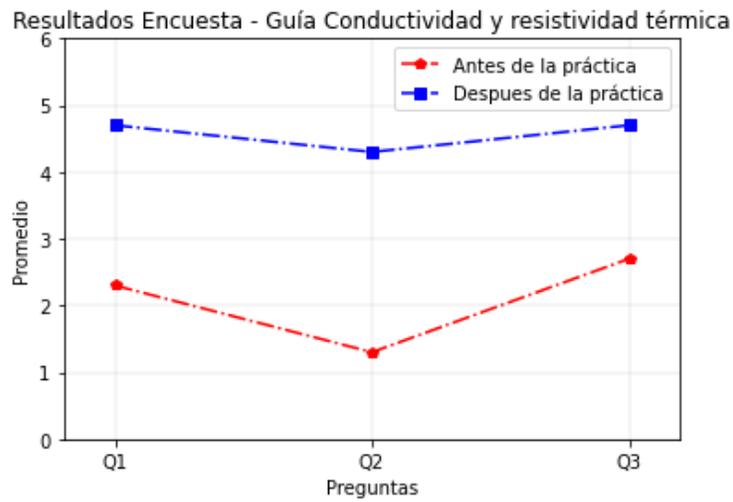


Figura 3-8: Resultados Encuesta - Guía Conductividad y resistividad térmica

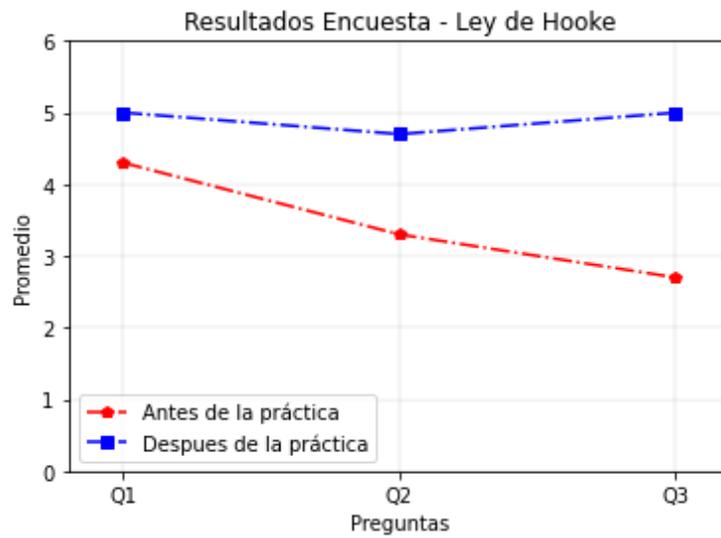


Figura 3-9: Resultados Encuesta - Guía Ley de Hooke

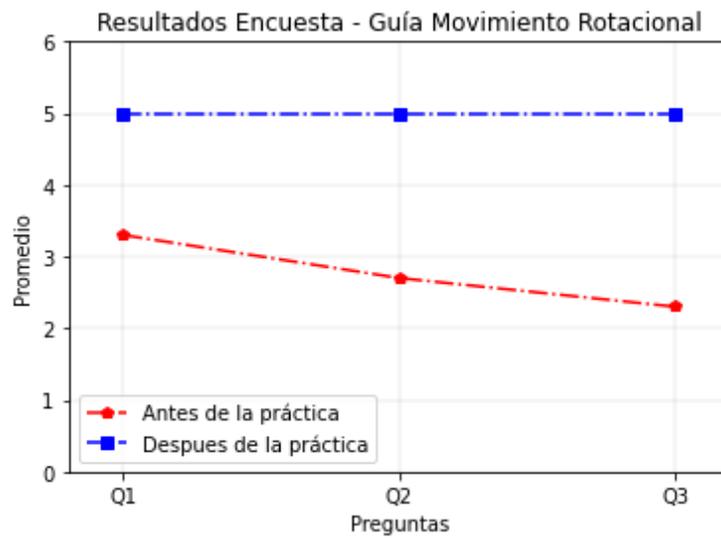


Figura 3-10: Resultados Encuesta - Guía Movimiento Rotacional

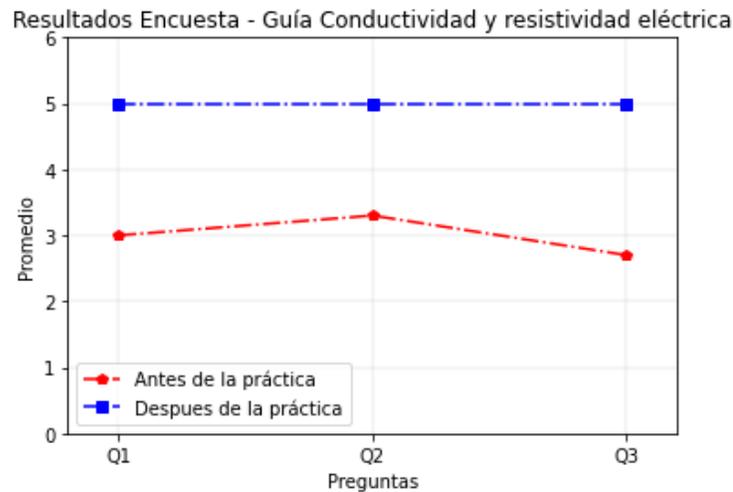


Figura 3-11: Resultados Encuesta - Guía Conductividad y resistividad eléctrica

Algunas observaciones para destacar sobre la primera fase de la prueba piloto realizada:

- Los estudiantes de ingeniería física que participaron ingresaron en los periodos 2018.1, 2017.2, y 2017.1. Todos afirmaron haber aprobado las materias de mecánica, electromagnetismo, y termodinámica.
- Durante el desarrollo de la práctica los estudiantes estuvieron muy activos, expresaron el buen planteamiento de las prácticas y lo entretenido de la experiencia; también realizaron comentarios como «me sentí más ingeniero haciendo los montajes», «chévere por que es algo diferente a lo visto en clase», «se ven conceptos físicos en las cosas del común».
- A los estudiantes les gustó mucho la forma en que la app Arduino Science Journal grafica los datos en vivo, es decir, mientras va haciendo la toma de datos.
- En promedio, el desarrollo de cada práctica de laboratorio autoguiada tardó aproximadamente 40 minutos.
- Para el desarrollo de la primera práctica, los estudiantes necesitaron orientación para algunos pasos, lo cual es entendible al ser una situación nueva para ellos, no obstante, fueron capaces de desarrollar las siguientes prácticas de manera autónoma.

- Ya que los estudiantes cursaron varios cursos de manera virtual debido a la pandemia del COVID-19, expresaron lo valioso de este tipo de experiencias que difícilmente pueden ser reemplazadas totalmente por la virtualidad.
- Después de realizar la práctica autoguiada, cada estudiante incrementó, en promedio, su puntaje en las preguntas en 1.9 puntos.
- La práctica en la que se evidenció un mayor incremento en el puntaje de la encuesta, fue en la de conductividad y resistividad térmica, en la que en promedio, los estudiantes mejoraron su puntuación en 2.4 puntos después de realizar la práctica.
- La práctica en la que se evidenció un menor incremento en el puntaje de la encuesta, fue en la de torre de caída, en la que en promedio, los estudiantes mejoraron su puntuación en 1.2 puntos después de realizar la práctica.

Para la segunda parte del proyecto, la propositiva, los estudiantes escogieron el proyecto de conductividad y resistividad térmica, para el cual compararon papel común y un globo para descubrir cual de los dos es mejor aislante térmico. Para esto llenaron el globo con 25mL de agua y lo calentaron con una vela por un minuto, al lapso de ese tiempo midieron la temperatura del agua. Después usaron el papel para hacer un contenedor o caja el cual llenaron con el mismo volumen de agua y lo calentaron por un minuto con la misma fuente de calor. Después de repetir el procedimiento 12 veces, encontraron que la temperatura promedio del agua dentro del globo después de estar en contacto directo con la llama de la vela por un minuto fue de 34.2°C mientras que la del agua en la caja de papel fue de 38.6°C . En la figura **3-12** se muestran algunas fotografías del experimento realizado.



Figura 3-12: Evidencia fotográfica de la prueba piloto realizada - fase propositiva

Ya que los estudiantes habían cursado el curso de termodinámica, se les pidió llenar la siguiente encuesta para evaluar si el cursar la materia les ayudó a desarrollar sus habilidades de trabajo en equipo (QT), la solución de problemas (QP), y el autoaprendizaje (QS) [35]. La encuesta en mención consta de 14 preguntas en las que el estudiante responde de 1 a 5, donde 5 corresponde al puntaje más alto y 1 el más bajo, a continuación se presenta la encuesta:

Cursar la materia termodinámica me ayudó a:

- QT1: Desarrollar habilidades para el trabajo en equipo.
- QP1: Mejorar mi capacidad para aplicar la teoría vista en clase en la práctica.
- QP2: Perfeccionar mis habilidades de hacer mediciones y tomar datos experimentalmente.
- QS1: Mejorar mis habilidades para el análisis de datos.
- QP3: Desarrollar mi capacidad para resolver problemas de ingeniería.
- QP4: Aumentar mi interés por la investigación y/o experimentación.
- QP5: Gestionar la información de manera más eficiente.
- QP6: Mejorar mi capacidad para adaptarme a nuevas situaciones.
- QS2: Adquirir capacidades para trabajar individualmente.
- QT2: Perfeccionar la capacidad de comunicarme efectivamente con otros.
- QS3: Entender mejor los conceptos y/o principios físicos vistos en clase.
- QS4: Consultar bibliografía adicional y documentación por cuenta propia.
- QT3: Participar activamente en las reuniones del equipo.
- QT4: Contribuir en las discusiones del equipo.

Una vez desarrollado completamente el proyecto de resistividad y conductividad térmica, es decir la fase autoguiada y la propositiva, se les pidió contestar la misma encuesta para cuantificar si el desarrollo del proyecto ayudó al estudiante a fortalecer sus habilidades de HOT. La comparación entre ambas encuestas se presentan en las siguientes gráficas:

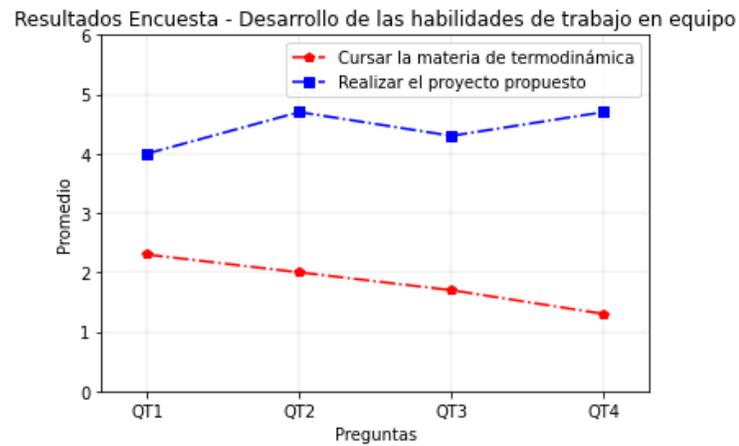


Figura 3-13: Resultados Encuesta - Trabajo en equipo

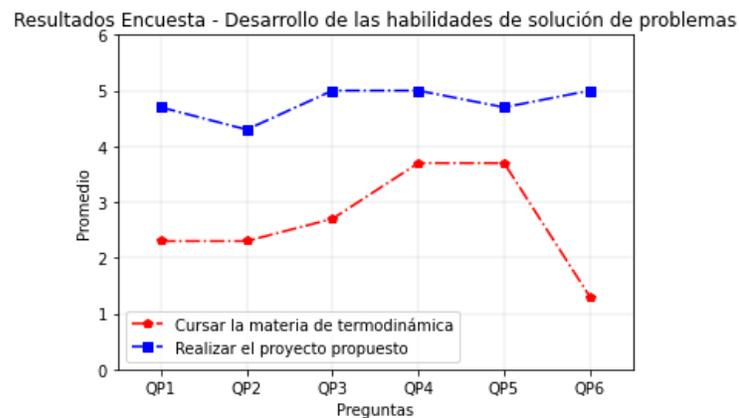


Figura 3-14: Resultados Encuesta - Solución de problemas

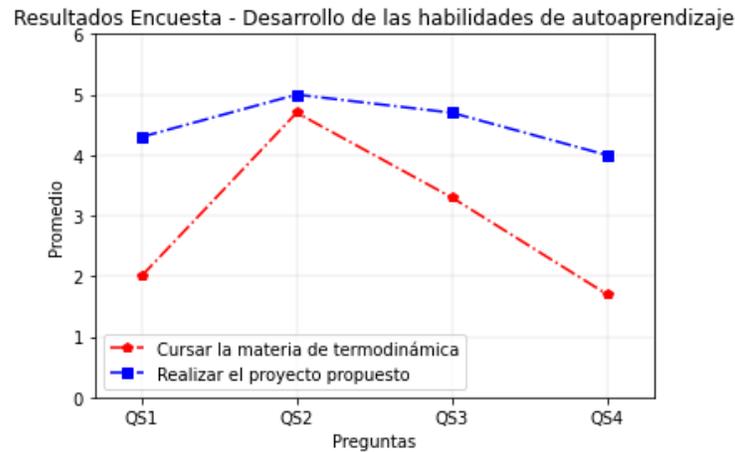


Figura 3-15: Resultados Encuesta - Autoaprendizaje

- Después de cursar la materia de termodinámica, los estudiantes manifestaron que sus habilidades de trabajo en equipo, en una escala de 1 a 5, eran en promedio de 1.8 mientras que después de realizar las dos fases del proyecto de conductividad y resistividad térmica, eran de 4.4, lo cual representa un aumento de 2.4x en sus habilidades de trabajo en equipo.
- Antes del proyecto, sus habilidades de solución de problemas era, en promedio, de 2.7 y después de realizarlo fue de 4.8, lo cual implica un incremento de 2.1 puntos.
- Después de realizar el proyecto, las habilidades de autoaprendizaje fue en promedio de 4.5 mientras que antes de este era de 2.9, lo cual indica un aumento de 55%.
- Cursar la materia de termodinámica y desarrollo el proyecto 3.2 ayudan casi en la misma proporción a adquirir capacidades para trabajar individualmente (la diferencia es de 0.3 puntos), mientras que el proyecto aporta 3.3 puntos más que la materia teórica en las habilidades de contribuir en las discusiones del equipo y 3.7 puntos por encima de la materia teórica para mejorar su capacidad de adaptarse a nuevas situaciones.

Cabe mencionar que si bien el enfoque tradicional busca que los estudiantes analicen datos y resuelvan problemas a partir de lo asimilado en los principios, el análisis dentro del contexto HOT propuesto en este trabajo permite tener dichas habilidades presentes en todo momento durante la realización de los proyectos y sugiere una metodología para cuantificar el desarrollo de estas, permitiendo así una mayor efectividad en el proceso de aprendizaje en comparación con el enfoque tradicional como se evidencia en los resultados presentados.

Capítulo 4

Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se evaluó el kit Arduino physics lab como herramienta de aprendizaje basado en proyectos para fomentar las habilidades de análisis, evaluación, y creatividad, las cuales están involucradas en el desarrollo del pensamiento de orden superior. Después de dicho análisis se concluye lo siguiente:

1. El desarrollo de las prácticas de laboratorio autoguiadas descritas en el apéndice B permiten a los estudiantes experimentar en el mundo real la teoría de la propagación del error, lo cual es invaluable para los profesionales STEM en formación.
2. La primera fase de los proyectos, práctica autoguiada con el kit Arduino Physics Lab, permite a los estudiantes desarrollar sus habilidades HOT relacionadas con el análisis y la evaluación, mientras que la segunda fase de estos, les permite estimular sus habilidades para crear.
3. La sensibilidad de los sensores incluidos en el kit es apta para fines educativos, sin embargo, se recomienda reemplazarlos por sensores del fabricante Seeed Studio para obtener medidas más fiables.
4. Se recomienda realizar la encuesta presentada en la sección 3.7 a estudiantes que estén próximos a terminar los cursos de mecánica, electromagnetismo, y termodinámica y que no hayan desarrollado los proyectos propuestos en este trabajo de grado; luego realizar la misma encuesta a estudiantes que hayan realizado los proyectos en mención para comparar el impacto de estos en el desarrollo de las habilidades HOT de los estudiantes.

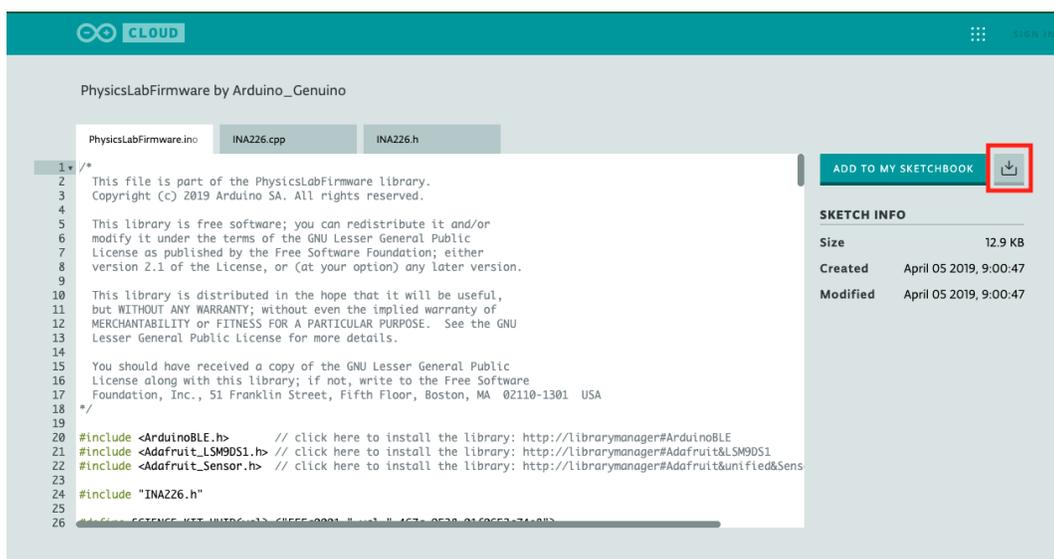
5. Se recomienda hacer una prueba piloto con una mayor población de estudiantes de ingeniería para desarrollar los proyectos propuestos en este trabajo con el fin de tener más datos que permitan proponer mejoras a la metodología y/o prácticas autoguiadas propuestas.
6. Como trabajo a futuro, se plantea formular más proyectos donde se haga uso de otros sensores compatibles con el kit, como por ejemplo el magnetómetro, el giroscopio, entre otros.
7. Se recomienda diseñar más proyectos y/o prácticas autoguiadas haciendo uso de los sensores internos de los smartphones ya que la app Arduino Science Journal permite usarlos como instrumentos de medida.

Apéndice A

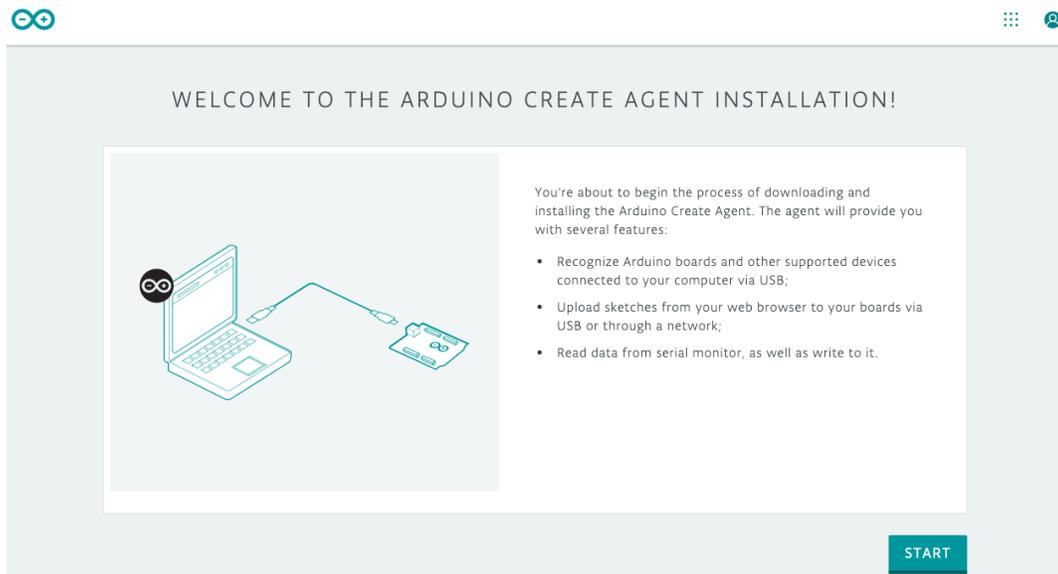
Manual de funcionamiento

Por defecto, la tarjeta Arduino MKR WiFi 1010 incluida en el kit ya viene con el código fuente necesario para las guías de laboratorio explicadas en este trabajo de grado, pero a continuación se explica como reprogramarla en caso de que el código haya sido sobrescrito. Para este ocasión se va a utilizar Arduino Web Editor, un aplicativo web gratuito desarrollado por Arduino para escribir código y subirlo a las tarjetas Arduino.

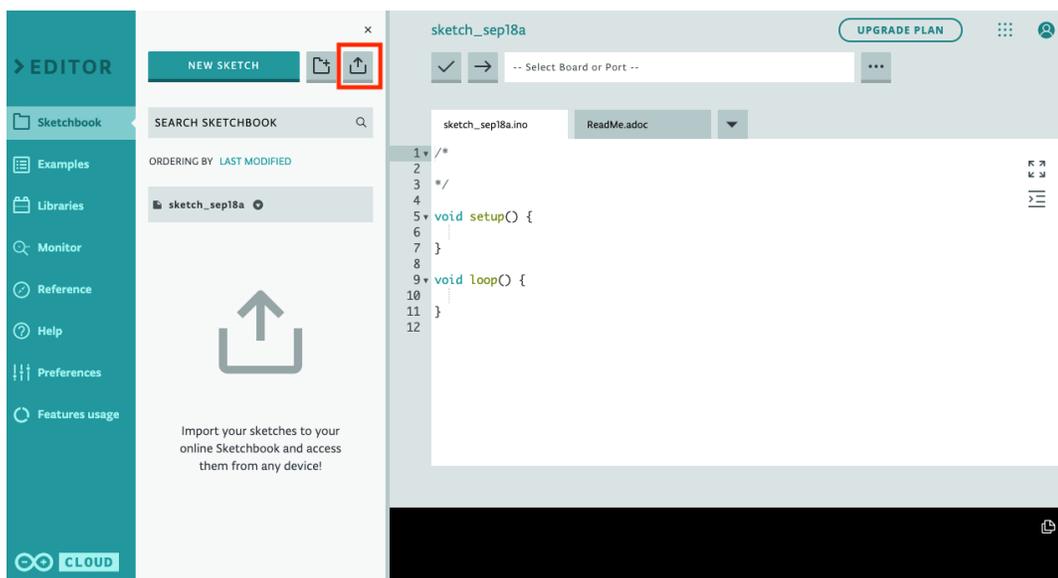
1. El código fuente está disponible en el link [36] de la página del sitio web oficial de Arduino, proceda a descargarlo haciendo click en el botón de descarga al lado del botón «add to my sketchbook».



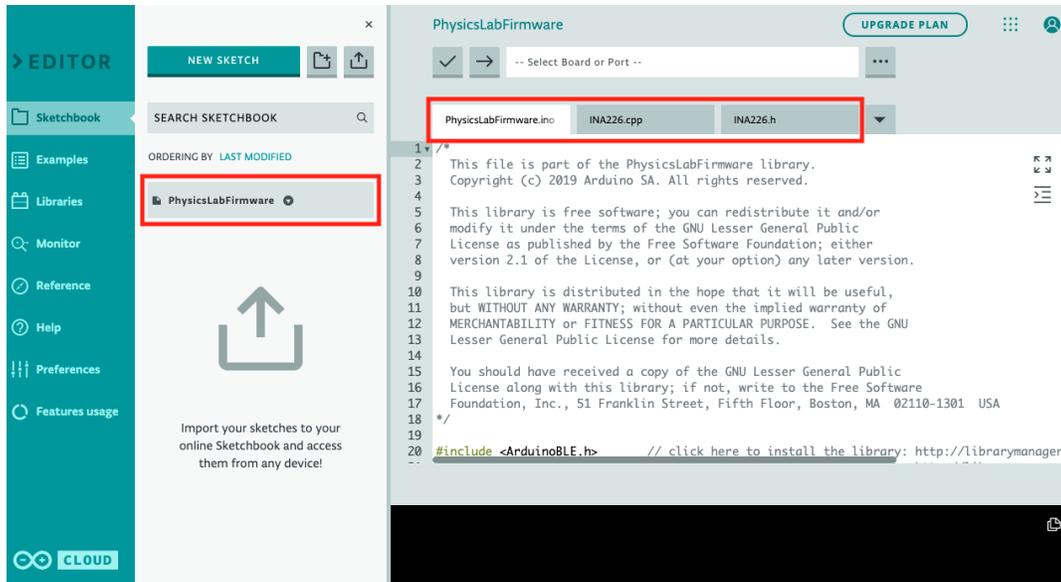
- Para poder usar el aplicativo Arduino Web Editor y subir código fuente a la tarjeta Arduino, hay que instalar un plugin. Para ello diríjase a create.arduino.cc/getting-started/plugin/welcome, haga click en el botón «start» y siga las instrucciones para instalar el plugin según el sistema operativo de su computador.



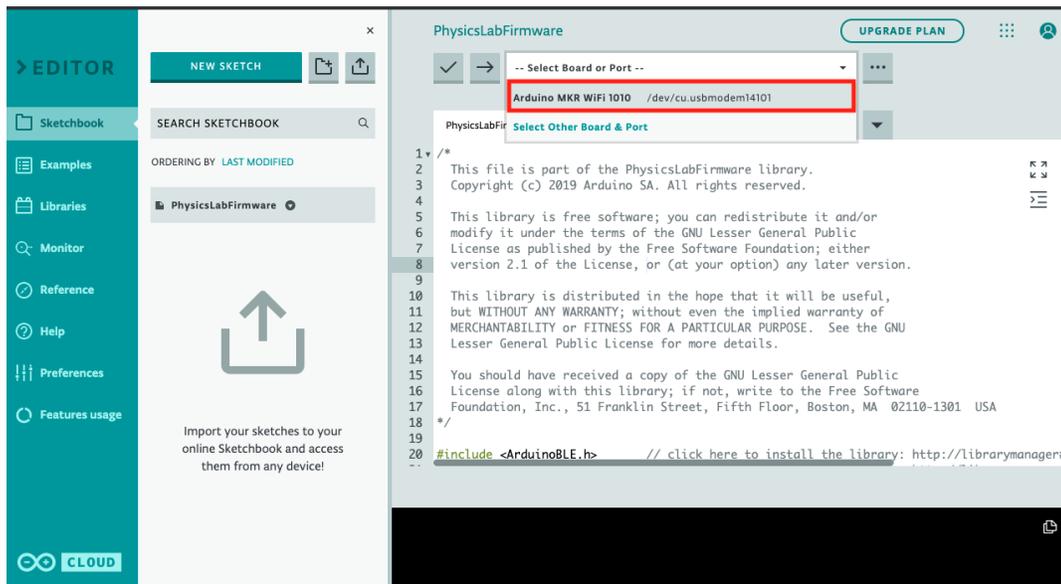
- Una vez instalado el plugin, vaya a create.arduino.cc/editor y cree una cuenta gratuita.
- Después de crear la cuenta e iniciar sesión, haga click en el botón con el icono de importar archivos y seleccione el archivo .zip descargado en el paso 1.



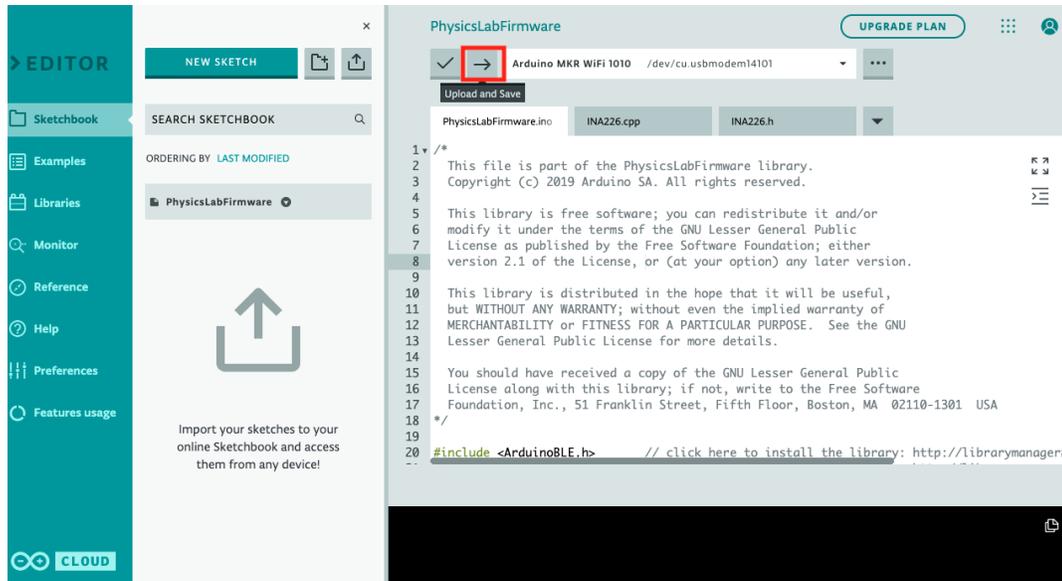
5. Una vez importado el archivo .zip, seleccione el sketchbook *PhysicsLabFirmware* el cual contiene tres ficheros: *PhysicsLabFirmware.ino*, *INA226.cpp*, y *INA226.h*



6. Conecte la placa MKR WiFi 1010 a un puerto USB del computador, el Arduino Web Editor deberá reconocerlo inmediatamente. Seleccione «Arduino MKR WiFi 1010» del dropdown «Select Board or Port».



7. Para subir el código, haga click en el botón con el ícono de la flecha apuntando a la derecha.



Más detalles y recursos sobre la placa MKR WiFi 1010 pueden encontrarse en la página de documentación [37] y la guía de inicio [38] disponibles en el sitio web del fabricante.

Apéndice B

Guías de laboratorio autoguiadas

Torre de caída

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
LABORATORIO DE MECÁNICA

I. INTRODUCCIÓN

Si alguna vez montaste en este juego mecánico, habrás experimentado la fuerza de la gravedad en acción. En esta práctica, construirás una torre de caída en miniatura y un deslizadero (también conocido como tobogán o resbaladero) para experimentar cómo la fuerza de gravedad afecta el movimiento. Usarás un sensor llamado acelerómetro para medir el cambio de la velocidad y analizarás los resultados para determinar cómo influye el ángulo de inclinación a un objeto en caída cuasi libre.

Palabras clave: aceleración, fuerza, gravedad, inercia, velocidad, rapidez, acelerómetro, giroscopio.

II. OBJETIVOS

- Medir la aceleración de un objeto en caída cuasi libre al caer bajo la influencia de la gravedad.
- Calcular la fuerza que actúa sobre un objeto cayendo.
- Investigar el efecto del ángulo de inclinación sobre la aceleración de un objeto en caída cuasi libre.

III. PREGUNTAS PREVIAS Y POSTERIORES A LA PRÁCTICA

El propósito de esta guía de laboratorio autoguiada es ayudarle a ver en acción conceptos vistos en clase; antes de realizar la práctica, responda estas preguntas de manera clara y concisa sin consultar materiales de apoyo, una vez terminada la práctica se le solicitará responder las mismas preguntas. *Esta sección no afectará su nota, el objetivo de estas preguntas no es evaluar al estudiante, sino la efectividad del desarrollo de las prácticas para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos, leyes y/o principios físicos por medio de la experimentación.*

Responda las preguntas a continuación de 1 a 5, donde 5 corresponde al puntaje más alto y 1 el más bajo.

1. Sé cómo medir experimentalmente la aceleración de un cuerpo en caída cuasi libre: ____.
2. Comprendo cómo influye el ángulo de inclinación en el movimiento de un objeto en caída cuasi libre: ____.
3. Sé cómo disminuir la fricción entre dos superficies: ____.

IV. MATERIALES

Tabla 1: Tabla de materiales

Materiales incluidos en el kit	Materiales adicionales
Tablero de soporte para la placa Arduino (fig 1.1)	Dispositivo Android, HarmonyOS o iOS con la app Arduino Science Journal instalada
Arduino MRK wifi 1010 (fig 1.2)	Regla (se recomienda una regla de al menos 60cm)



Tiras de velcro (fig 1.3)	Transportador
Soportes de silicona (fig 1.4)	
Cable USB tipo C (fig 1.5)	
Aros grandes de silicona (fig 1.6)	

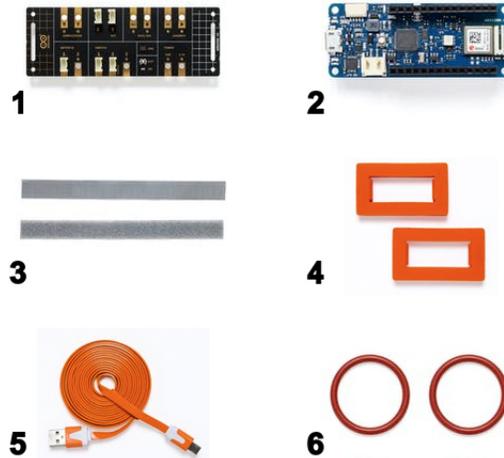


Figura 1: Materiales incluidos en el Arduino Science Kit. Imagen tomada de la página oficial de Arduino

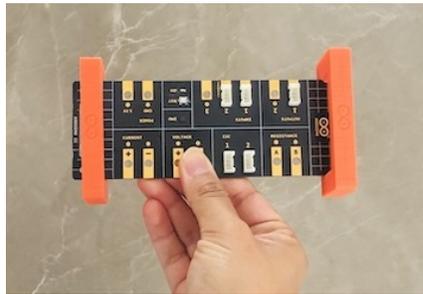
V. MONTAJE

1. Cuidadosamente estire el aro de silicona y deslízelo a un extremo de la regla. Este será el encargado de frenar el tablero de soporte.

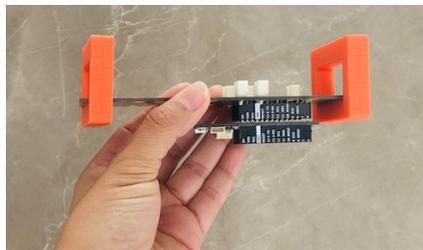




- Monte los soportes de silicona a cada lado del tablero de soporte como se muestra en la imagen



- Ajuste los soportes hasta que estén como se muestra a continuación



- Inserte la regla en el espacio creado por los soportes



- La fricción entre los soportes y la regla es considerable, para disminuirla use las tiras de velcro como se muestra en la imagen.





6. Use el cable USB para conectar el Arduino a la fuente de poder (computador o power bank)



7. Deje caer libremente el soporte desde lo más alto de la regla

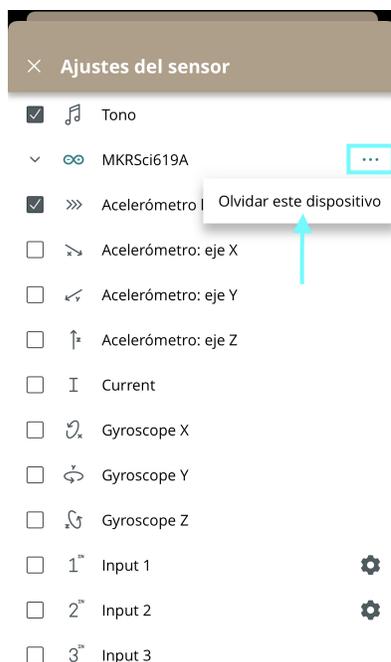


VI. PROCEDIMIENTO

1. Descargue la aplicación *Arduino Science Journal* desde App Store [1], Google Play [2], o AppGallery[3] según el sistema operativo de su teléfono móvil.
2. Active el bluetooth de su dispositivo móvil, abra la aplicación *Arduino Science Journal* y conceda a la app los permisos para enviar notificaciones, usar la cámara, acceder a la galería de fotos y al micrófono.



3. Si ha sincronizado previamente su dispositivo con la tarjeta Arduino, se recomienda olvidar el dispositivo para evitar problemas de conexión, para hacer esto de click a los 3 puntos al lado del nombre de la placa y elegir la opción "Olvidar este dispositivo".

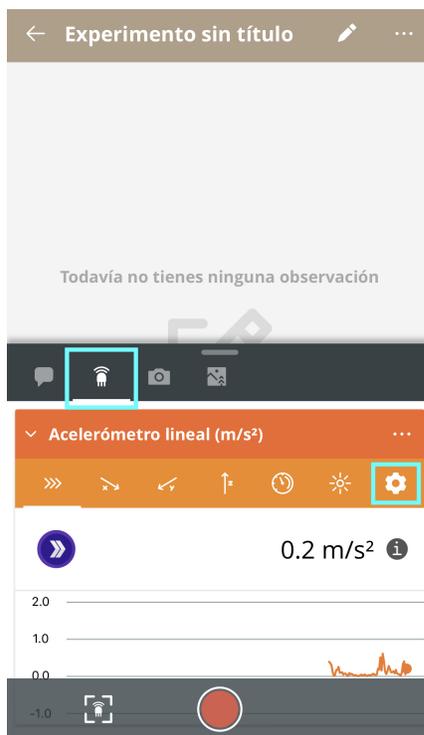


4. Conecte la placa Arduino a un puerto USB del computador o un power bank para suministrarle energía. El Arduino ya tiene el código necesario para la práctica, bajo ningún motivo sobre escriba el código de la placa Arduino, dichas placas son para uso exclusivo de prácticas de este laboratorio.
5. Inicie un nuevo experimento dando click en el icono "+" ubicado en la parte inferior derecha.

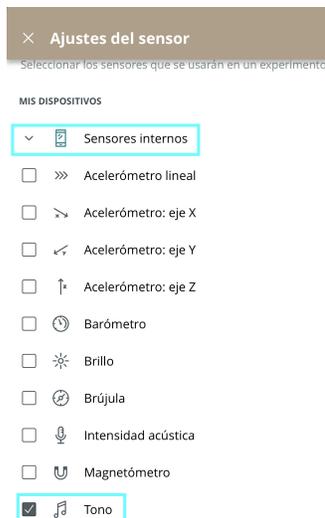




6. Haga click en el segundo icono de izquierda derecha ubicado en la barra gris oscuro. Luego haga click en ícono de configuraciones ubicado en la barra naranja.

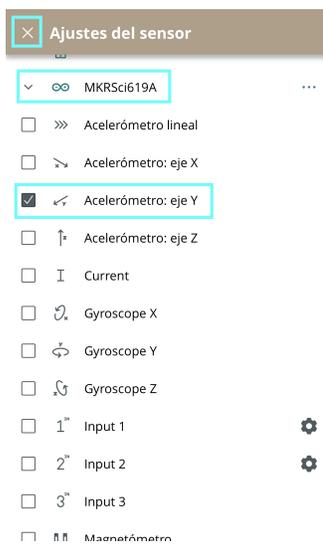


7. De la lista va a poder elegir sensores internos o Arduino boards, desactive todos los sensores internos posibles: la versión 4.10 de la app obliga a dejar activo al menos un sensor interno, en este caso se deja activo el sensor de tono





8. Del menu de opciones bajo Arudino boards, seleccione únicamente "Acelerómetro: eje Y" y de click en la x para cerrar el menu.

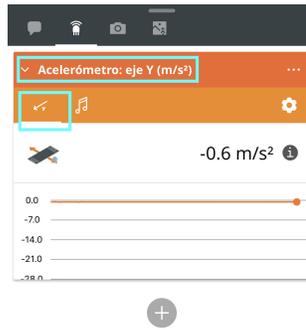


9. Coloque en el tablero de soporte Arduino en la punta de la regla, asegurnadose que el velcro está aferrado a los soportes de silicona. Inicie colocando la regla totalmente vertical (perpendicular a la superficie).





10. Cerciórese que esté seleccionado el "acelerómetro: eje Y" y haga click en el botón de grabar.



11. Deje caer completamente el kit a través de la regla.





12. Cuando haya caído totalmente, presione el botón de detener la grabación



13. Cambie el nombre de la grabación a "Torre de caída - 90 grados - Datos 1"

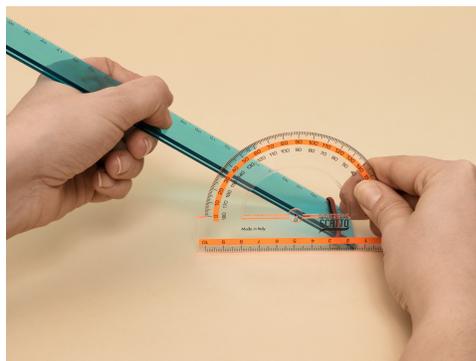
14. Repita los pasos 9-12 al menos 20 veces y nombre las tomas de datos llevando el consecutivo de muestras.

15. Cambie el ángulo de inclinación de la regla a 60 grados y repita los pasos 10-12 por lo menos 20 veces y nombre las tomas de datos llevando el consecutivo de muestras.





16. Varie el ángulo de inclinación de la regla a 30 grados y repita los pasos 8-10 por lo menos 20 veces y nombre las tomas de datos llevando el consecutivo de muestras.



17. Para cada muestra (mínimo 60 en total), recorte el tiempo de sensado que no tenga información, esto con el fin de evitar errores en el posterior procesamiento de datos.



18. Llene la siguiente tabla para cada muestreo de datos :

Tabla 2: Torre de caída: [90, 60, 30] grados de inclinación

Muestra	Aceleración máxima [m/s ²]	Tiempo de vuelo [s]	Rapidez Media [m/s]
1			
2			
...			
20			

VII. PROCESAMIENTO DE DATOS

- Ya que conoce la distancia recorrida por el kit y el tiempo de vuelo, calcule la rapidez media de cada muestra de datos y encuentre la rapidez media promedio de los 20 datos para cada inclinación.
- El sistema (placa Arduino con el tablero de soporte, tiras de velcro y los soportes de silicona) tiene una masa de 90g. Con este dato, aplique la segunda ley de movimiento de Newton para determinar la fuerza máxima que actúa sobre el objeto mientras cae y halle la fuerza máxima promedio de los 20 datos para cada inclinación.
- Para cada conjunto de datos, encuentre la energía cinética y determine el promedio de cada inclinación.



4. ¿Cual de las configuraciones experimentales (grado de inclinación) obtuvo una mayor aceleración máxima promedio y cual la menor? ¿Por qué?
5. ¿Cual de las configuraciones experimentales (grado de inclinación) obtuvo una mayor fuerza máxima promedio y cual la menor? ¿Por qué?
6. ¿Cual de las configuraciones experimentales (grado de inclinación) obtuvo una mayor energía cinética promedio y cual la menor? ¿Por qué?
7. Con base en los datos adquiridos en este experimento, deduzca si las siguientes variables son directamente proporcionales, inversamente proporcionales o si no tienen relación alguna:
 - (i) Ángulo de inclinación y aceleración máxima
 - (ii) Ángulo de inclinación y rapidez media
 - (iii) Ángulo de inclinación y fuerza máxima
 - (iv) Ángulo de inclinación y energía cinética
 - (v) Ángulo de inclinación y tiempo de vuelo
 - (vi) Aceleración máxima y rapidez media
 - (vii) Aceleración máxima y fuerza máxima
 - (viii) Aceleración máxima y energía cinética
 - (ix) Aceleración máxima y tiempo de vuelo
 - (x) Rapidez media y fuerza máxima
 - (xi) Rapidez media y energía cinética
 - (xii) Rapidez media y tiempo de vuelo
 - (xiii) Fuerza máxima y energía cinética
 - (xiv) Fuerza máxima y tiempo de vuelo
 - (xv) Energía cinética y tiempo de vuelo
8. Para realizar el informe de laboratorio, haga una copia de la plantilla [4] y diligencie las secciones allí especificadas. El documento de Google sólo se puede ver desde una cuenta de correo unicauca.

VIII. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

1. Link de descarga Arduino Science Journal desde App Store <https://apps.apple.com/us/app/arduino-science-journal/id1518014927>
2. Link de descarga Arduino Science Journal desde Google Play <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.arduino.sciencejournal>
3. Link de descarga Arduino Science Journal desde AppGallery <https://appgallery.huawei.com/#/app/C103223179>
4. J. Vidal, "Plantilla informe de laboratorio con el Arduino Science Kit" [Online]. Available: <https://docs.google.com/document/d/1B-CUre9e4paJEeywUHHWP6F2ma30xt84-zU-2ab9Tdc/edit>



5. Gratnells, "Arduino Science Kit Physics Lab - Drop Zone" [Online]. Available: <https://youtu.be/eatu2RikuJ>
6. S. Zemansky y Y. Freedman, Física universitaria, 11 ed, Vol 1, Prentice Hall, pp. 47- 52
7. Arduino Education, "The Drop Zone" [Online] Available: <https://jdvidalg.github.io/arduino-the-drop-zone/>

Conductividad y resistividad térmica

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
LABORATORIO DE TERMODINÁMICA

I. INTRODUCCIÓN

En esta práctica vamos a medir la variación de la temperatura en el tiempo para determinar si un material es un aislante o un conductor térmico; adicionalmente compararemos la tasa (ratio) en la que el agua se enfría según el material del que esté hecho el recipiente contenedor.

Palabras clave: calor, transferencia de calor, conducción, convección, radiación, temperatura, conductividad térmica, resistividad térmica, termómetro.

II. OBJETIVOS

- Medir la tasa de enfriamiento del agua.
- Comparar la conductividad térmica de diferentes materiales.
- Identificar si un material es aislante o conductor térmico basado en medidas experimentales.
- Reconocer el tipo de transferencia de calor predominante en distintos materiales.
- Investigar el efecto de la temperatura del entorno sobre la tasa de enfriamiento.

III. PREGUNTAS PREVIAS Y POSTERIORES A LA PRÁCTICA

El propósito de esta guía de laboratorio autoguiada es ayudarle a ver en acción conceptos vistos en clase; antes de realizar la práctica, responda estas preguntas de manera clara y concisa sin consultar materiales de apoyo, una vez terminada la práctica se le solicitará responder las mismas preguntas. *Esta sección no afectará su nota, el objetivo de estas preguntas no es evaluar al estudiante, sino la efectividad del desarrollo de las prácticas para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos, leyes y/o principios físicos por medio de la experimentación.*

Responda las encuestas a continuación de 1 a 5, donde 5 corresponde al puntaje más alto y 1 el más bajo.

1. Conozco a detalle cómo determinar experimentalmente si un material es un aislante o un conductor térmico: ____.
2. Sé cómo medir experimentalmente la tasa de enfriamiento de un material: ____.
3. Sé cómo comparar dos materiales para determinar, por medio de la experimentación, cual de ellos es mejor aislante o conductor térmico: ____.



IV. MATERIALES

Tabla 1: Tabla de materiales

Materiales incluidos en el kit	Materiales adicionales
Tablero de soporte para la placa Arduino (fig 1.1)	Dispositivo Android, HarmonyOS o iOS con la app Arduino Science Journal instalada
Arduino MRK wifi 1010 (fig 1.2)	Recipiente de vidrio con tapa
Módulo sensor de temperatura Arduino con conector grove (fig 1.3)	Hojas de papel
Soportes de silicona (fig 1.4)	Tela
Cable USB tipo C (fig 1.5)	Marcador
Cable grove - conector universal de 4 pines (fig 1.6)	Plástico burbuja
Banda elástica (fig 1.7)	Papel aluminio
	Agua caliente

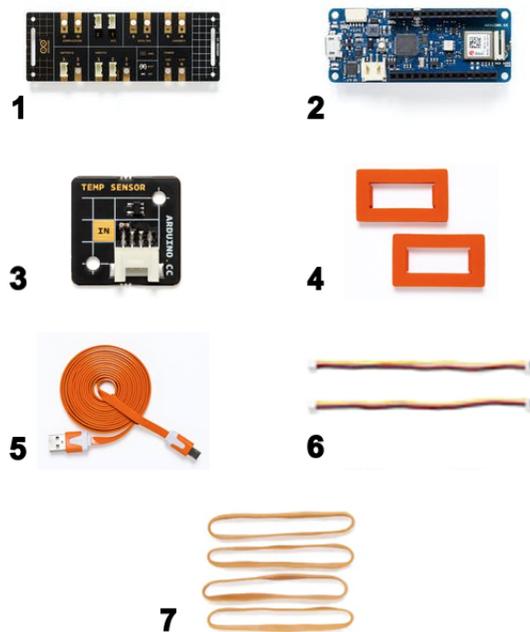


Figura 1: Materiales incluidos en el Arduino Science Kit. Imagen tomada de la página oficial de Arduino



V. MONTAJE

1. Vierta agua caliente en el frasco de vidrio.



2. Indique el nivel de agua con un marcador, esto ayudará a que todas las medidas se hagan con el mismo volumen de agua.

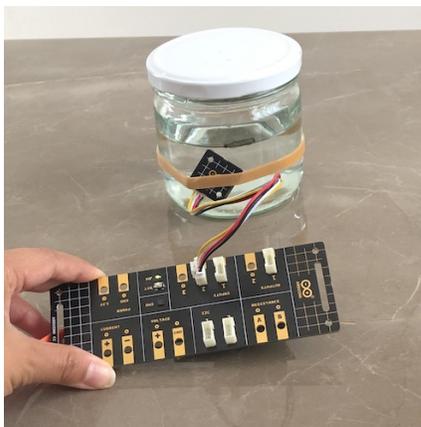


3. Tape el frasco (luego hacerlo sin la tapa y analice la diferencia)



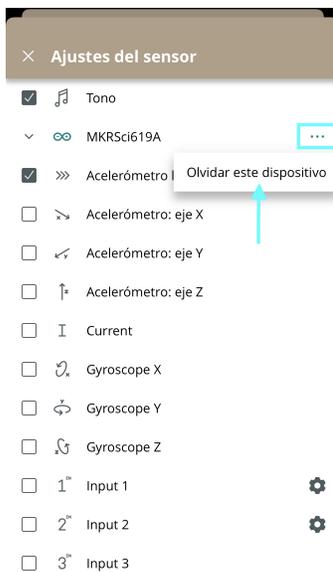


4. Conecte el sensor de temperatura en el input 1 de la placa Arduino usando el cable grove y pongalo en contacto con la superficie del frasco asegurándolo con la banda elástica



VI. PROCEDIMIENTO

1. Descargue la aplicación *Arduino Science Journal* desde App Store [1], Google Play [2], o AppGallery [3] según el sistema operativo de su teléfono móvil.
2. Active el bluetooth de su dispositivo móvil, abra la aplicación *Arduino Science Journal* y conceda a la app los permisos para enviar notificaciones, usar la cámara, acceder a la galería de fotos y al micrófono.
3. Si ha sincronizado previamente su dispositivo con la tarjeta Arduino, se recomienda olvidar el dispositivo para evitar problemas de conexión, para hacer esto de click a los 3 puntos al lado del nombre de la placa y elegir la opción "Olvidar este dispositivo".

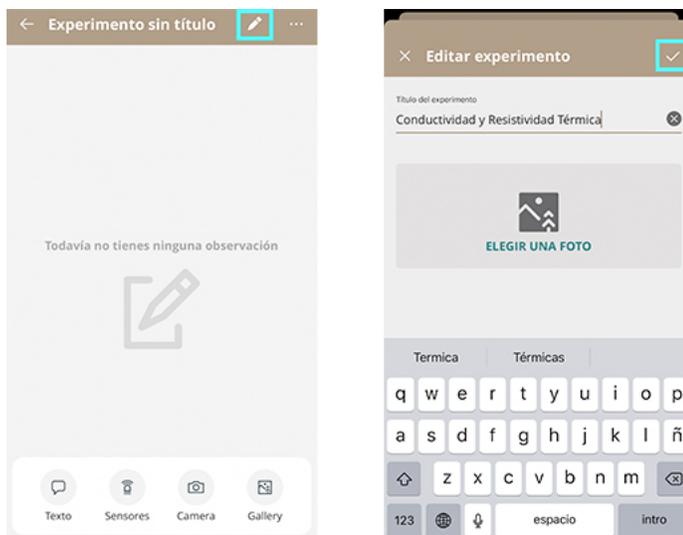




4. Conecte la placa Arduino a un puerto USB del computador o un power bank para suministrarle energía. El Arduino ya tiene el código necesario para la práctica, bajo ningún motivo sobre escriba el código de la placa Arduino, ya que estas placas son para uso exclusivo de prácticas de este laboratorio.
5. Inicie un nuevo experimento dando click en el icono "+" ubicado en la parte inferior derecha.

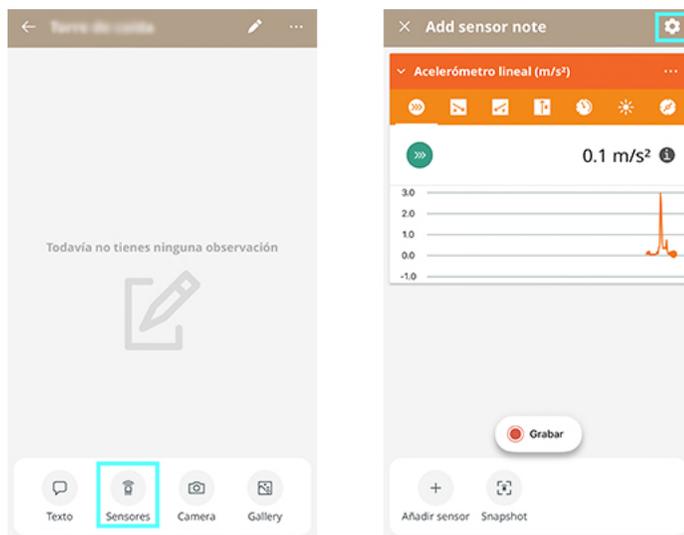


6. Cambie el nombre del experimento a "Conductividad y Resistividad Térmica" haciendo click en el ícono del lápiz.





7. Haga click en el icono "sensores", el segundo ícono de izquierda derecha ubicado en el menu inferior. Luego haga click en ícono de configuraciones ubicado en la barra superior.



8. De la lista va a poder elegir sensores internos o Arduino boards, desactive todos los sensores internos posibles: la versión 4.10 de la app obliga a dejar activo al menos un sensor interno, en este caso se deja activo el sensor de tono

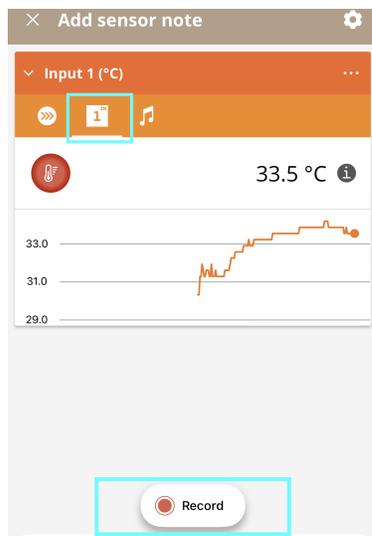




9. Del menu de opciones bajo Arudino boards seleccione únicamente "Input 1", de click en el icono de ajustes para configurar el sensor en grados celsius y de click en la x para cerrar el menu.



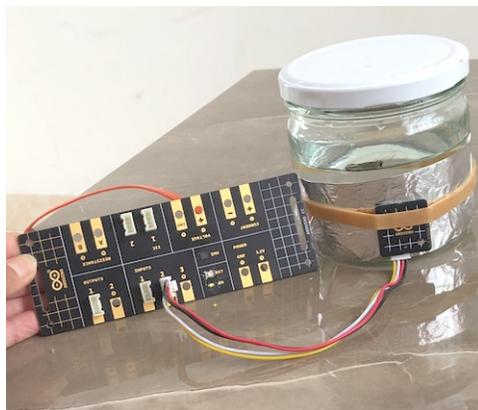
10. Una vez el sensor esté en contacto con el contenedor (como se muestra en el paso 4 de la sección montaje), verifique que el sensor seleccionado es "Input 1" y haga click en el botón grabar. Espere como mínimo 15 minutos para que el sensor registre la variación de la temperatura y pare la grabación.



11. Cambie el nombre de la grabación a "Conductividad térmica - medida de control", se denomina medida de control porque es la referencia para comparar cambios al poner distintos materiales entre el recipiente y el sensor.



12. Ponga entre el contenedor y el sensor un trozo de papel aluminio, repita el paso 9 y nombre la grabación como "Conductividad térmica - medida con papel aluminio". Ya que el grosor del papel aluminio es relativamente pequeño, ponga 5 capas de este para una mejor medida.



13. Coloque entre el recipiente y el sensor un trozo de tela, repita el paso 9 y nombre la grabación como "Conductividad térmica - medida con tela". Ya que el grosor de la tela es relativamente pequeño, ponga 3 capas de esta para una mejor medida.



14. Ponga entre el recipiente y el sensor una hoja de papel, repita el paso 9 y nombre la grabación como "Conductividad térmica - medida con papel". Ya que el grosor del papel es relativamente pequeño, ponga 5 capas de este para una mejor medida.





15. Repita el paso 9 pero esta vez sin materiales entre el recipiente y el sensor y quite la tapa del recipiente. Nombre la grabación como "Conductividad térmica - medida sin tapa".
16. Llene la siguiente tabla para cada muestreo de datos :

Tabla 2: *Conductividad térmica*

Muestra	Temperatura máxima [°C]	Temperatura mínima [°C]	Tiempo de sensado [min]
Control			
Papel Aluminio			
Tela			
Papel			
Sin tapa			

VII. PROCESAMIENTO DE DATOS

1. Adjunte en el informe las gráficas de temperatura vs tiempo generada por la aplicación para cada muestra. ¿Es una línea recta o una curva? Explique las implicaciones del tipo de gráfica.
2. Calcule el ratio de enfriamiento por minuto para cada muestra de datos:

$$\delta = \frac{\text{Temperatura max} - \text{Temperatura min}}{\text{Tiempo de sensado}}$$

3. Haga una lista ordenando de mayor a menor las tasas de enfriamiento calculadas. ¿En cuál muestra de datos se evidencia la mayor tasa de enfriamiento? ¿En cuál la menor? ¿Qué indica esto?
4. ¿Qué tipo de transferencia de calor está presente durante el experimento? Justifique su respuesta.
5. Con la configuración descrita en este experimento, ¿Cuál es la temperatura mínima que puede alcanzar el agua? ¿Por qué?
6. Liste algunos ejemplos de conductores y aislantes térmicos más comunes en el día a día.
7. Para realizar el informe de laboratorio, haga una copia de la plantilla [4] y diligencie las secciones allí especificadas. El documento de Google sólo se puede ver desde una cuenta de correo unicauca.

VIII. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

1. Link de descarga Arduino Science Journal desde App Store <https://apps.apple.com/us/app/arduino-science-journal/id1518014927>
2. Link de descarga Arduino Science Journal desde Google Play <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.arduino.sciencejournal>
3. Link de descarga Arduino Science Journal desde AppGallery <https://appgallery.huawei.com/#/app/C103223179>



4. J. Vidal, "Plantilla informe de laboratorio con el Arduino Science Kit" [Online]. Available: <https://docs.google.com/document/d/1B-CUre9e4paJEeywUHHWP6F2ma30xt84-zU-2ab9Tdc/edit>
5. Gratnells, "Arduino Science Kit Physics Lab - Thermo Magic Show" [Online]. Available: <https://youtu.be/rm4rMokQRJA>
6. Y. Çengel, Heat transfer: A practical approach, 2 ed., Mcgraw-Hill, 2002, pp. 1-59.
7. Arduino Education, "Thermo Magic Show" [Online]. Available: <https://jdvidalg.github.io/arduino-thermo-magic-show/>

Ley de Hooke y M.A.S.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
LABORATORIO DE MECÁNICA

I. INTRODUCCIÓN

En esta actividad, se va a construir un Bongie para estudiar el movimiento de un resorte e investigar cómo la masa de un objeto unido al resorte afecta su movimiento y lo hace oscilar de diferentes formas. Se medirán la aceleración del movimiento usando el acelerómetro en el tablero de soporte para la placa Arduino.

Palabras clave: aceleración, acelerómetro, amplitud, equilibrio, fuerza, fricción, frecuencia, fuerza gravitacional, Unidad de Medición Inercial (IMU), momentum, oscilación, péndulo, periodo, resorte, velocidad.

II. OBJETIVOS

- Medir el periodo de oscilación de un resorte.
- Calcular la frecuencia de oscilación de un resorte.
- Analizar la variación de la aceleración de un resorte mientras oscila.
- Observar la relación entre la relación entre la masa sujeta al resorte y su periodo de oscilación.
- Determinar la constante de elasticidad de un resorte usando la ley de Hooke.

III. PREGUNTAS PREVIAS Y POSTERIORES A LA PRÁCTICA

El propósito de esta guía de laboratorio autoguiada es ayudarle a ver en acción conceptos vistos en clase; antes de realizar la práctica, responda estas preguntas de manera clara y concisa sin consultar materiales de apoyo, una vez terminada la práctica se le solicitará responder las mismas preguntas. *Esta sección no afectará su nota, el objetivo de estas preguntas no es evaluar al estudiante, sino la efectividad del desarrollo de las prácticas para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos, leyes y/o principios físicos por medio de la experimentación.*

Responda las preguntas a continuación de 1 a 5, donde 5 corresponde al puntaje más alto y 1 el más bajo.

1. Entiendo cómo afecta el peso de un cuerpo en movimiento armónico simple (M.A.S.) al periodo máximo del movimiento: ____.
2. Conozco cómo medir experimentalmente la constante de elasticidad de un resorte: ____.
3. Sé cómo medir el periodo máximo de oscilación de un cuerpo en M.A.S: ____.



IV. MATERIALES

Tabla 1: Tabla de materiales

Materiales incluidos en el kit	Materiales adicionales
Tablero de soporte para la placa Arduino (fig 1.1)	Dispositivo Android, HarmonyOS o iOS con la app Arduino Science Journal instalada
Arduino MRK wifi 1010 (fig 1.2)	Mesa o escritorio
Resorte metálico (fig 1.3)	
Soportes de silicona (fig 1.4)	
Cable USB tipo C (fig 1.5)	

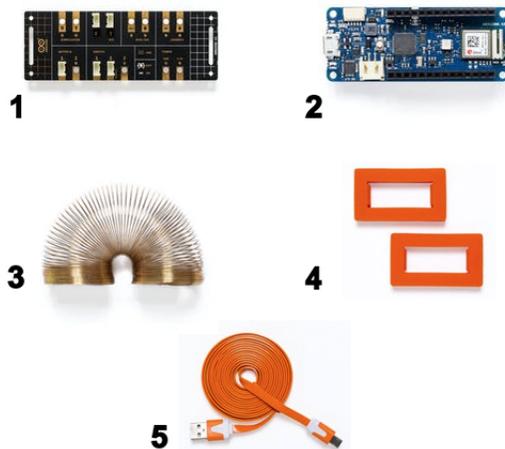
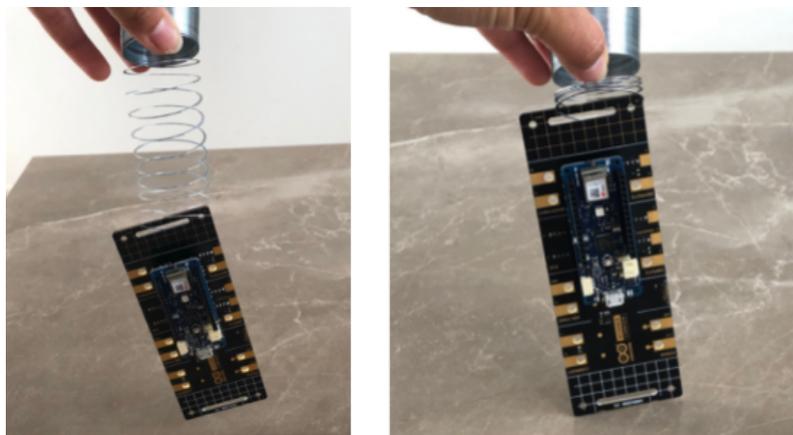


Figura 1: Materiales incluidos en el Arduino Science Kit. Imagen tomada de la página oficial de Arduino

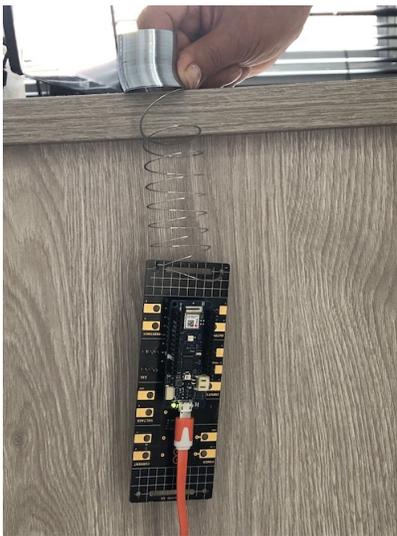
V. MONTAJE

1. Una el resorte al tablero de soporte para la placa Arduino pasandolo por orificios en la placa como se muestra a continuación



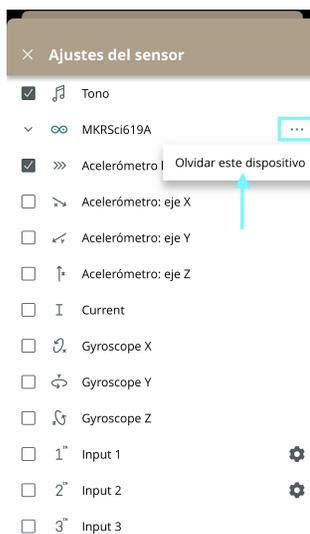


2. Coloque el sistema resorte + placa en el borde de una mesa o escritorio y déjelo oscilar



VI. PROCEDIMIENTO

1. Descargue la aplicación *Arduino Science Journal* desde App Store [1], Google Play [2], o AppGallery [3] según el sistema operativo de su teléfono móvil.
2. Active el bluetooth de su dispositivo móvil, abra la aplicación *Arduino Science Journal* y conceda a la app los permisos para enviar notificaciones, usar la cámara, acceder a la galería de fotos y al micrófono.
3. Si ha sincronizado previamente su dispositivo con la tarjeta Arduino, se recomienda olvidar el dispositivo para evitar problemas de conexión, para hacer esto de click a los 3 puntos al lado del nombre de la placa y elegir la opción "Olvidar este dispositivo".

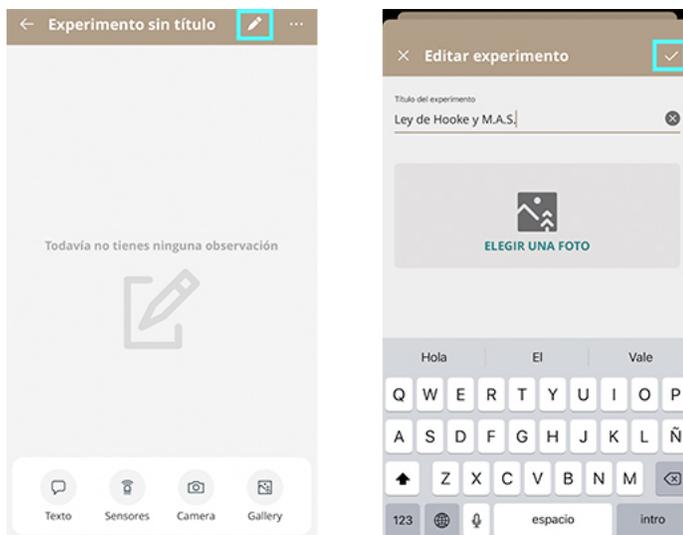




4. Conecte la placa Arduino a un puerto USB del computador o a un power bank para suministrarle energía. El Arduino ya tiene el código necesario para la práctica, bajo ningún motivo sobrescriba el código de la placa Arduino, dichas placas son para uso exclusivo de prácticas de este laboratorio.
5. Inicie un nuevo experimento dando click en el icono "+" ubicado en la parte inferior derecha.

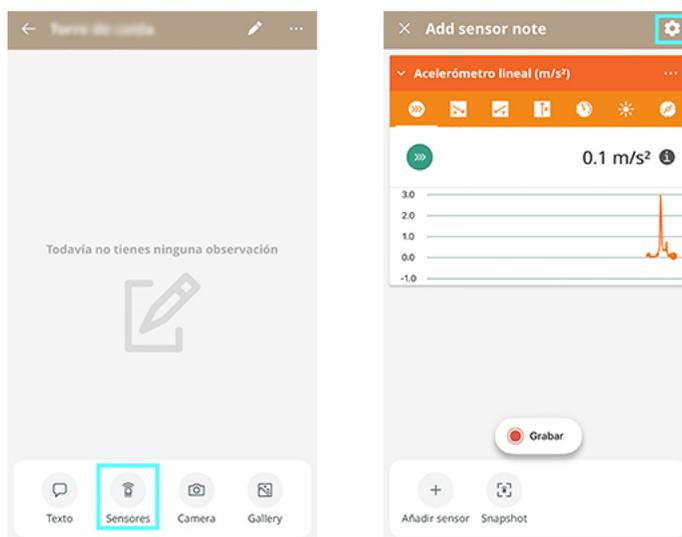


6. Cambie el nombre del experimento a "Ley de Hooke y M.A.S." haciendo click en el ícono del lápiz.





7. Haga click en el icono "sensores", el segundo ícono de izquierda derecha ubicado en el menu inferior. Luego haga click en ícono de configuraciones ubicado en la barra superior.

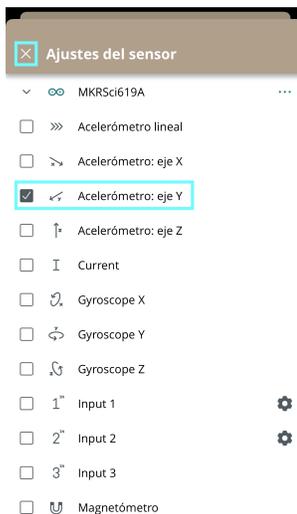


8. De la lista va a poder elegir sensores internos o Arduino boards, desactive todos los sensores internos posibles: la versión 4.10 de la app obliga a dejar activo al menos un sensor interno, en este caso se deja activo el sensor de tono

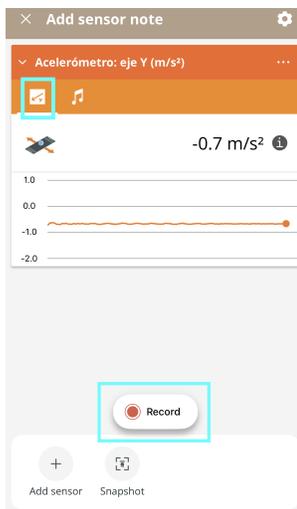




9. Del menu de opciones bajo Arudino boards seleccione únicamente "Acelerómetro eje Y", después de click en la "x" para cerrar el menu.



10. Asegúrese que la placa de soporte no tenga los soportes de silicona (item #4 en la lista de materiales)
11. Estire el sistema resorte-placa 2cm por debajo de su posición, como se muestre en el segundo paso del montaje experimental.
12. Asegúrese que el sensor en uso es el del acelerómetro y no el de tono; presione el botón "record" para grabar los datos y suelte el sistema resorte-placa.



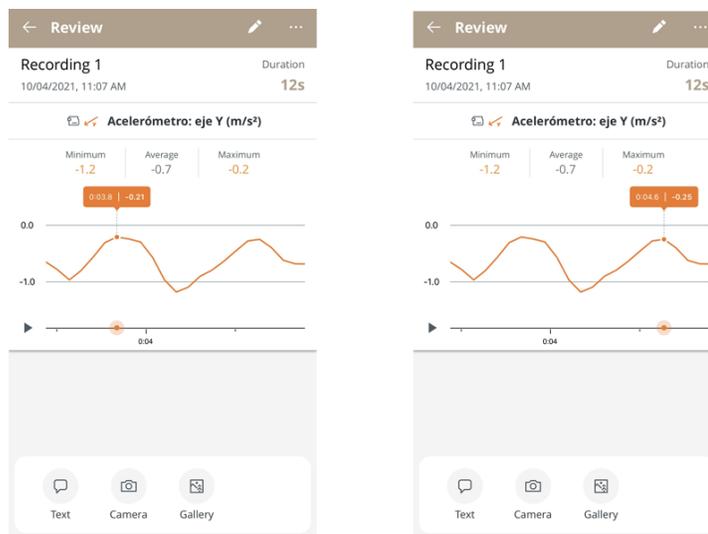
13. Deje que el sistema oscile libremente hasta que regrese a su posición de equilibrio, una vez en equilibrio presione el botón "stop" para detener la toma de datos.



14. Cambie el nombre de la grabación a "Ley de Hooke - medida de control 1", se denomina medida de control porque es la referencia para comparar cambios al variar la masa adjunta al resorte.



15. Abra la toma de datos y haciendo zoom en la gráfica encuentre la diferencia de tiempo entre los dos primeros picos máximos continuos. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo donde entre cada pico hubo una diferencia de 0.8 segundos, este valor se conoce como período máximo T_{max} .



16. Repita doce veces los pasos 10-14 y llene la siguiente tabla

Tabla 2: *Periodo de oscilación máximo*

Muestra	T_{max}
1	T1
2	T2
...	...
12	T12

17. Ponga sólo uno de los soportes de silicona, repita los pasos 10 al 15 y nombre la grabación como "Ley de Hooke - masa 1 - Muestra N".
18. Ponga el otro soporte de silicona y con ambos soportes anexos al tablero, repita los pasos 10 al 15, nombre la grabación como "Ley de Hooke - masa 2 - Muestra N".
19. Para la última parte de esta práctica se va a calcular la constante de elasticidad del resorte; para esto asegúrese de quitar los soportes de silicona del tablero, y repita los pasos uno y dos del montaje experimental. Mida la distancia desde el borde de la mesa hasta el soporte Arduino. Esta medida será nuestra medida de control δ_0 .
20. Una vez el sistema resorte-placa esté en reposo, una un soporte de silicona al resorte y espere hasta que el sistema vuelva a estar en reposo, luego proceda a medir de nuevo la distancia entre el borde de la mesa y el soporte Arduino (Δ_1) para determinar la elongación (δ_1) causada por el nuevo peso añadido al sistema: $\delta_1 = \Delta_1 - \delta_0$.
21. Agregue el otro soporte de silicona al tablero y repita el paso anterior: $\delta_2 = \Delta_2 - \delta_0$.
22. Repita los pasos 18 al 20 doce veces.



VII. PROCESAMIENTO DE DATOS

1. Teniendo en cuenta que el sistema placa Arduino y el tablero de soporte tiene una masa de 44g y cada soporte de silicona tiene una masa de 23g. Calcule la Fuerza (Peso) que se ejerció sobre el resorte. Asegúrese de hacer uso del sistema internacional de unidades.
2. Calcule las elongaciones promedio $\langle \delta_1 \rangle$ y $\langle \delta_2 \rangle$ y use estos valores para hallar la constante de elasticidad del resorte k usando la ley de Hooke (tenga en cuenta que el signo menos en dicha ecuación es físico no matemático):

$$F_1 = -k_1 \langle \delta_1 \rangle \quad F_2 = -k_2 \langle \delta_2 \rangle$$

3. El valor más aproximado a la constante de elasticidad del resorte está dada por el promedio de k_1 y k_2 .
4. Para cada masa, halle el promedio de periodo máximo ($\langle T_{max} \rangle$) y la aceleración máxima media ($\langle a_{max} \rangle$)
5. Para cada masa, calcule la frecuencia de oscilación máxima media.

$$\langle v_{max} \rangle = \frac{1}{\langle T_{max} \rangle}$$

6. Calcule el ratio de la variación de la aceleración para cada masa:

$$\Delta a = \frac{\langle a_{max} \rangle}{\text{Tiempo de sensado}}$$

7. Consigne los datos calculados anteriormente en la siguiente tabla:

Tabla 3: Resultados

Muestra	Masa [Kg]	Peso [N]	$\langle T_{max} \rangle$	$\langle v_{max} \rangle$	Δa	Tiempo de sensado [min]
Control						
Un soporte de silicona añadido						
Dos soportes de silicona añadidos						

8. ¿En cuál masa se obtuvo mayor T_{max} ? ¿Para cuál el menor? ¿Por qué?
9. ¿En cuál masa se obtuvo mayor v_{max} ? ¿Para cuál la menor? ¿Por qué?
10. ¿En cuál masa se obtuvo mayor Δa ? ¿Para cuál la menor? ¿Por qué?
11. Para realizar el informe de laboratorio, haga una copia de la plantilla [4] y diligencie las secciones allí especificadas. El documento de Google sólo se puede ver desde una cuenta de correo unicauca.



VIII. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

1. Link de descarga Arduino Science Journal desde App Store <https://apps.apple.com/us/app/arduino-science-journal/id1518014927>
2. Link de descarga Arduino Science Journal desde Google Play <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.arduino.sciencejournal>
3. Link de descarga Arduino Science Journal desde AppGallery <https://appgallery.huawei.com/#/app/C103223179>
4. J. Vidal, "Plantilla informe de laboratorio con el Arduino Science Kit" [Online]. Available: <https://docs.google.com/document/d/1B-CUre9e4paJEeywUHHWP6F2ma30xt84-zU-2ab9Tdc/edit>
5. Gratnells, "Arduino Science Kit Physics Lab - Ejection Seat " [Online]. Available: <https://youtu.be/zgqoXEIJs0s>
6. S. Zemansky and Y. Freedman, Física Universitaria , 11 ed., Pearson , pp 490-505.
7. Arduino Education, "Ejection Seat" [Online] Available: <https://jdvidalg.github.io/arduino-the-ejection-seat/>

Movimiento Rotacional

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
LABORATORIO DE MECÁNICA

I. INTRODUCCIÓN

En esta práctica se estudiará el movimiento rotacional, se verán en acción conceptos como velocidad rotacional, RPM y frecuencia rotacional. Además se hará uso de un sensor fotovoltaico para medir la intensidad lumínica y correlacionarla con la velocidad rotacional, adicionalmente se determinan las revoluciones por minuto.

Palabras clave: velocidad rotacional, torque, fuerza centrífuga, fuerza centrípeta, inercia, fotodetector, periodo, r.p.m., fuerza de fricción, velocidad crítica.

II. OBJETIVOS

- Identificar las fuerzas que actúan sobre objetos en rotación.
- Determinar la frecuencia rotacional de un cuerpo en rotación.
- Medir la velocidad rotacional de un cuerpo en rotación.
- Medir las RPM de un cuerpo en rotación.

III. PREGUNTAS PREVIAS Y POSTERIORES A LA PRÁCTICA

El propósito de esta guía de laboratorio autoguiada es ayudarle a ver en acción conceptos vistos en clase; antes de realizar la práctica, responda estas preguntas de manera clara y concisa sin consultar materiales de apoyo, una vez terminada la práctica se le solicitará responder las mismas preguntas. *Esta sección no afectará su nota, el objetivo de estas preguntas no es evaluar al estudiante, sino la efectividad del desarrollo de las prácticas para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos, leyes y/o principios físicos por medio de la experimentación.*

Responda las preguntas a continuación de 1 a 5, donde 5 corresponde al puntaje más alto y 1 el más bajo.

1. Conozco detalladamente como medir experimentalmente la frecuencia de rotación: ____.
2. Sé cómo medir experimentalmente las RPM de un cuerpo en movimiento rotación: ____.
3. Conozco los factores que determinan las RPM de un cuerpo en movimiento rotación: ____.

IV. MATERIALES

Tabla 1: Tabla de materiales

Materiales incluidos en el kit	Materiales adicionales
Tablero de soporte para la placa Arduino (fig 1.1)	Dispositivo Android, HarmonyOS o iOS con la app Arduino Science Journal instalada (links de descarga en el paso de 2 de la sección procedimiento)
Arduino MRK wifi 1010 (fig 1.2)	Lápiz



Módulo sensor de luz Arduino con conector groove (fig 1.3)	Tijeras
Soportes de silicona (fig 1.4)	Marcador
Cable USB tipo C (fig 1.5)	Cinta de enmascarar
Cable groove - conector universal de 4 pines (fig 1.6)	
8 tornillos (fig 1.7)	
8 arandelas (fig 1.8)	
2 sticks negros (fig 1.9)	
1 encoder negro (fig 1.10)	
3 aros de silicona pequeños (fig 1.11)	

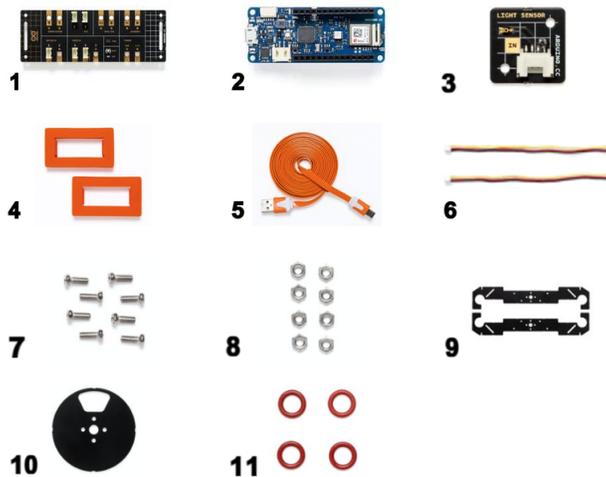
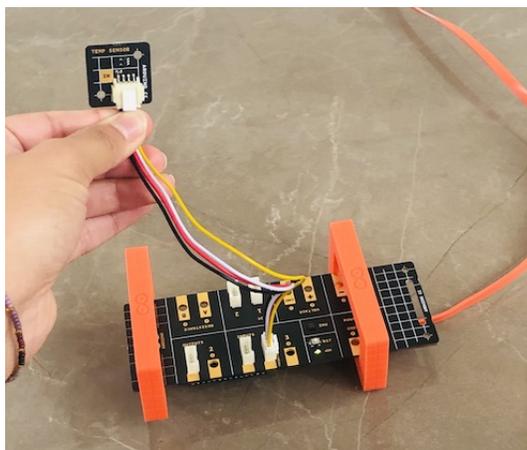


Figura 1: Materiales incluidos en el Arduino Science Kit. Imagen tomada de la página oficial de Arduino

V. MONTAJE

1. Conecte el sensor de luz a las entradas 1 o 2 del tablero de soporte para la placa Arduino usando el cable groove

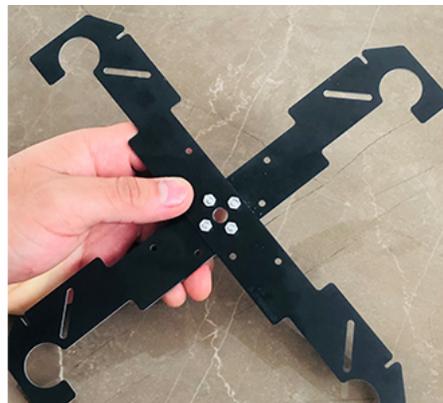
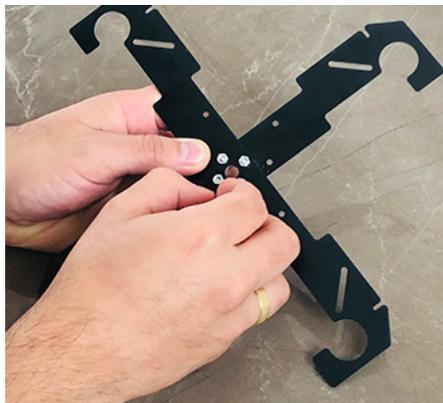




2. Junte los 2 sticks formando un ángulo de 90° asegurandose que los agujeros en el centro de ambos sticks coincidan.



3. Use los tornillos y las tuercas para asegurar los sticks



4. Asegure el sensor de luz a los sticks usando los tornillos y las tuercas





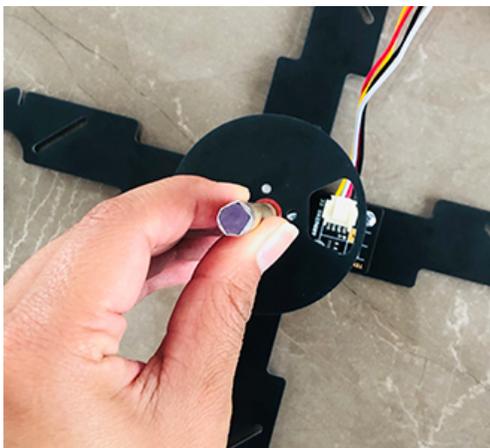
5. En un lápiz, inserte un aro de silicona pequeño, luego el encoder y por último otro aro de silicona como se muestra en la imagen



6. Asegure el aro de silicona al encoder para evitar que este se mueva arriba o abajo mientras gira



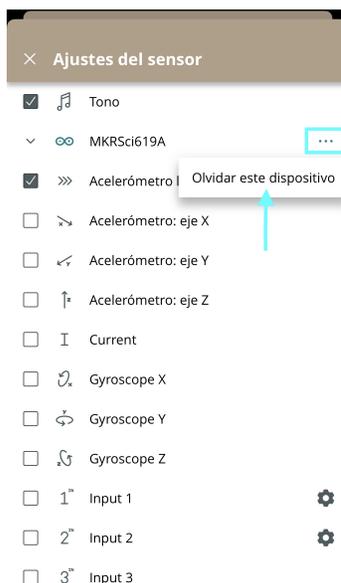
7. Una el lápiz a los sticks fijándose que el sensor de luz quedé frente al encoder como se muestra a continuación.





VI. PROCEDIMIENTO

1. Descargue la aplicación *Arduino Science Journal* desde App Store [1], Google Play [2], o AppGallery [3] según el sistema operativo de su teléfono móvil.
2. Active el bluetooth de su dispositivo móvil, abra la aplicación *Arduino Science Journal* y conceda a la app los permisos para enviar notificaciones, usar la cámara, acceder a la galería de fotos y al micrófono.
3. Si ha sincronizado previamente su dispositivo con la tarjeta Arduino, se recomienda olvidar el dispositivo para evitar problemas de conexión, para hacer esto de click a los 3 puntos al lado del nombre de la placa y elegir la opción "Olvidar este dispositivo".

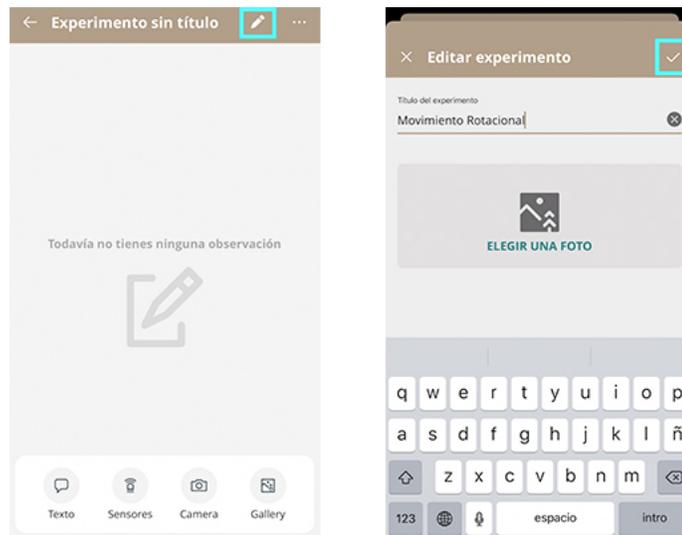


4. Conecte la placa Arduino a un puerto USB del computador o a un power bank para suministrarle energía. El Arduino ya tiene el código necesario para la práctica, bajo ningún motivo sobrescriba el código de la placa Arduino, estas son para uso exclusivo de prácticas de este laboratorio.
5. Inicie un nuevo experimento dando click en el icono "+" ubicado en la parte inferior derecha.

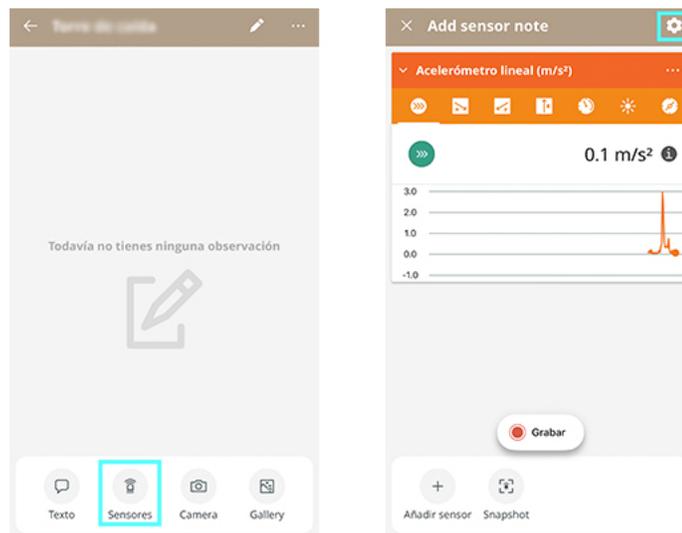




6. Cambie el nombre del experimento a "Movimiento Rotacional" haciendo click en el ícono del lápiz.

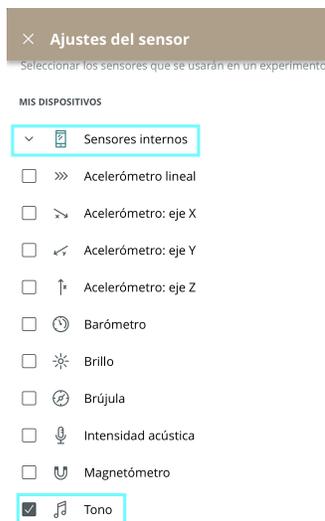


7. Haga click en el icono "sensores", el segundo ícono de izquierda derecha ubicado en el menu inferior. Luego haga click en ícono de configuraciones ubicado en la barra superior.

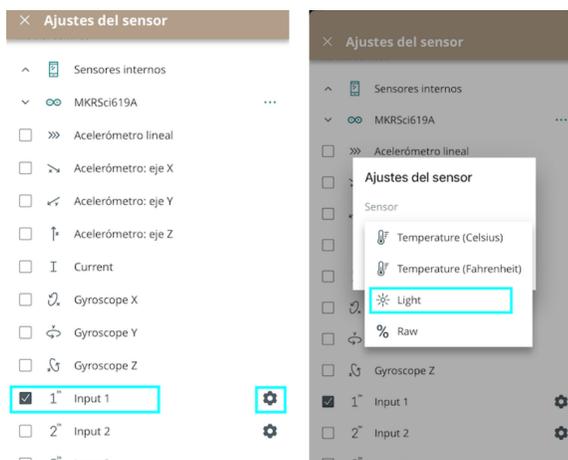




8. De la lista va a poder elegir sensores internos o Arduino boards, desactive todos los sensores internos posibles: la versión 4.10 de la app obliga a dejar activo al menos un sensor interno, en este caso se deja activo el sensor de tono

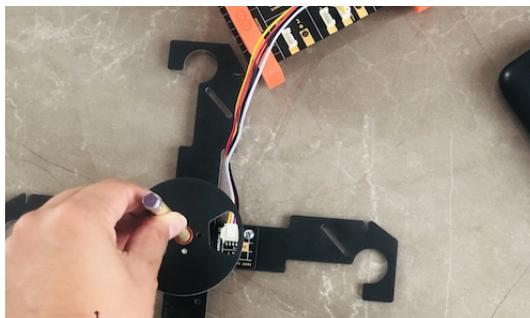


9. Del menu de opciones bajo Arudino boards seleccione únicamente "Input 1", después haga click en el ícono de ajustes y seleccione el sensor "light".

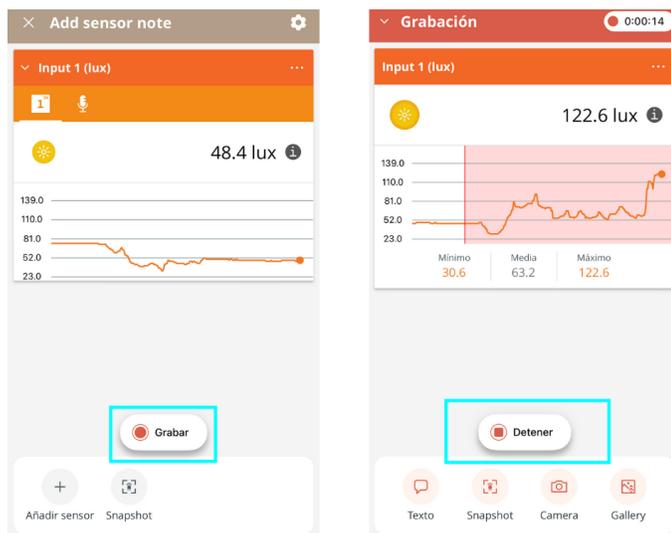




- Una vez tenga el montaje experimental como se describe en el paso # 7 de la sección montaje, gire **lentamente** el lápiz; los sticks deben estar sobre una superficie plana y no deben moverse al girar el lápiz.

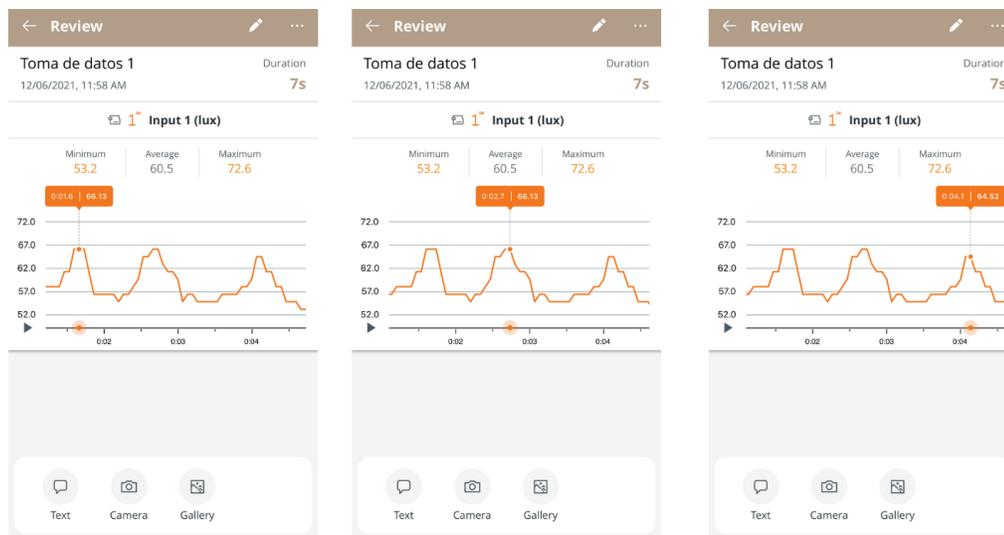


- Presione el botón grabar para empezar la toma de datos y después de 15 segundos detenga la grabación.





12. Haga zoom en la gráfica para hallar la diferencia de tiempo entre picos máximos continuos. A continuación se muestra un ejemplo en el que entre los primeros picos hubo una diferencia de 1.1 segundos y entre el segundo y el tercer pico una diferencia de 1.4 segundos



13. Repita el paso anterior 12 veces y llene la siguiente tabla. ΔT_1 representa el periodo, es decir el tiempo entre el pico 1 y 2, ΔT_2 representa el periodo entre el pico 2 y 3, así sucesivamente y $\langle \Delta T \rangle$ es el periodo promedio.

Tabla 2: Promedio de ΔT

Muestra	ΔT_1 [s]	ΔT_2 [s]	...	ΔT_{10} [s]	$\langle \Delta T \rangle$ [s]
1					
2					
...					
12					

14. Gire **ligeramente** más rápido el lápiz; los sticks deben estar sobre una superficie plana y no deben moverse al girar el lápiz. Repita los pasos 9-12.
15. Gire **rapidamente** el lápiz; los sticks deben estar sobre una superficie plana y no deben moverse al girar el lápiz. Repita los pasos 9-12.

VII. PROCESAMIENTO DE DATOS

1. Tome los 12 periodos promedio para cada tipo de rotación (lenta, ligeramente rápida y rápida) y halle el promedio del periodo $\langle \Delta T \rangle$ para cada una de ellas.
2. Calcule la frecuencia f para cada rotación:

$$f = \frac{1}{\Delta T}$$



3. Calcule la velocidad rotacional w (también conocida como velocidad angular) para cada rotación:

$$w = 2\pi f$$

4. Determine las revoluciones por minuto (RPM) para los tres tipos de rotaciones

$$RPM = \frac{\Delta T}{60}$$

5. Consigne los datos calculados anteriormente en la siguiente tabla:

Tabla 3: Resultados

Muestra	$\langle \Delta T \rangle$ [s]	f [Hz]	ω [rad/s]	RPM
Rotación lenta				
Rotación ligeramente rápida				
Rotación rápida				

6. ¿En cuál muestra se obtuvo mayor $\langle \Delta T \rangle$? ¿Para cuál el menor? ¿Por qué?
7. ¿En cuál muestra se obtuvo mayor f ? ¿Para cuál la menor? ¿Por qué?
8. ¿En cuál muestra se obtuvo mayor ω ? ¿Para cuál la menor? ¿Por qué?
9. ¿En cuál muestra se obtuvo mayor RPM? ¿Para cuál la menor? ¿Por qué?
10. Para realizar el informe de laboratorio, haga una copia de la plantilla [4] y diligencie las secciones allí especificadas. El documento de Google sólo se puede ver desde una cuenta de correo unicauca.

VIII. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

1. Link de descarga Arduino Science Journal desde App Store <https://apps.apple.com/us/app/arduino-science-journal/id1518014927>
2. Link de descarga Arduino Science Journal desde Google Play <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.arduino.sciencejournal>
3. Link de descarga Arduino Science Journal desde AppGallery <https://appgallery.huawei.com/#/app/C103223179>
4. J. Vidal, "Plantilla informe de laboratorio con el Arduino Science Kit" [Online]. Available: <https://docs.google.com/document/d/1B-CUre9e4paJEeywUHHWP6F2ma30xt84-zU-2ab9Tdc/edit>
5. Gratnells, "Arduino Science Kit Physics Lab - Gravitron" [Online]. Available: https://youtu.be/_0iJSNChzIk
6. S. Zemansky and Y. Freedman, Física Universitaria , 11 ed., Vol 1, Pearson , pp 327-339.
7. Arduino Education, "The Gravitron" [Online] Available: <https://jdvidalg.github.io/arduino-the-gravitron/>

Conductividad y Resistividad Eléctrica

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO

I. INTRODUCCIÓN

En esta práctica de laboratorio vamos a comprobar por medio de la experimentación la diferencia entre conductores y aislantes eléctricos.

Palabras clave: *Carga eléctrica, Conductividad eléctrica, Corriente eléctrica, Resistencia eléctrica, Voltaje.*

II. OBJETIVOS

- Diferenciar entre un conductor y un aislante eléctrico.
- Medir la resistencia eléctrica de diferentes materiales.
- Identificar patrones relacionados a los tipos de materiales y su conductividad.

III. PREGUNTAS PREVIAS Y POSTERIORES A LA PRÁCTICA

El propósito de esta guía de laboratorio autoguiada es ayudarle a ver en acción conceptos vistos en clase; antes de realizar la práctica, responda estas preguntas de manera clara y concisa sin consultar materiales de apoyo, una vez terminada la práctica se le solicitará responder las mismas preguntas. *Esta sección no afectará su nota, el objetivo de estas preguntas no es evaluar al estudiante, sino la efectividad del desarrollo de las prácticas para ayudar a los estudiantes a comprender conceptos, leyes y/o principios físicos por medio de la experimentación.*

Responda las preguntas a continuación de 1 a 5, donde 5 corresponde al puntaje más alto y 1 el más bajo.

1. Conozco a detalle cómo determinar experimentalmente si un material y/o sustancia es un aislante o un conductor eléctrico: ____.
2. Sé cómo varía la resistencia eléctrica de un líquido al mezclarlo con sal: ____.
3. Sé cómo varía la resistencia eléctrica de un líquido al mezclarlo con azúcar: ____.

IV. MATERIALES

Tabla 1: *Tabla de materiales*

Materiales incluidos en el kit	Materiales adicionales
Tablero de soporte para la placa Arduino (fig 1.1)	Dispositivo Android, HarmonyOS o iOS con la app Arduino Science Journal instalada
Arduino MRK wifi 1010 (fig 1.2)	Sustancias líquidas (Gaseosa, jabón líquido, bebida energizante, entre otros)



Dos cables de banana a cocodrilo (fig 1.3)	Lata de aluminio
Soportes de silicona (fig 1.4)	Sal y azúcar
Cable USB tipo C (fig 1.5)	Cuchara metálica
	Fruta fresca (manzana, naranja, mandarina, entre otros)
	Frutos secos (almendras, pasas, mani, entre otros)

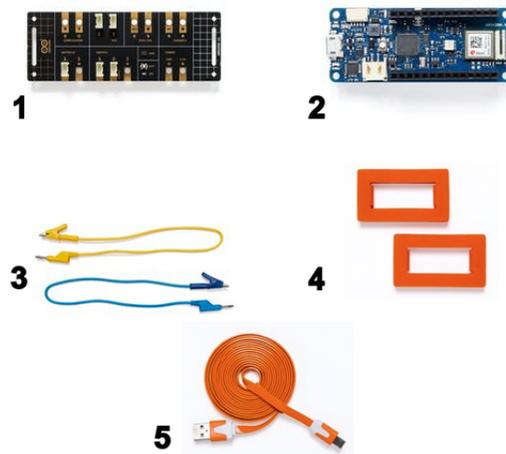


Figura 1: Materiales incluidos en el Arduino Science Kit. Imagen tomada de la página oficial de Arduino

V. MONTAJE

1. Conecte la punta de la banana de un cable en la la entrada A del tablero de soporte de la placa Arduino

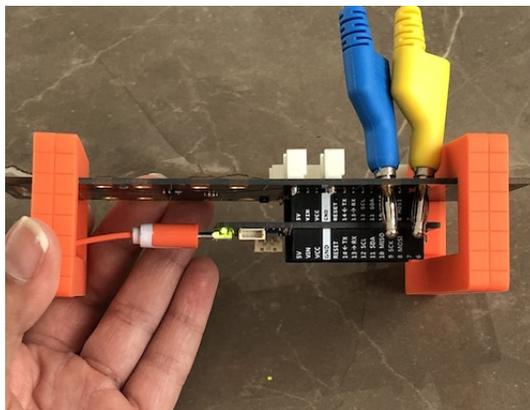




2. Repita el paso anterior con el otro cable, y conéctelo en la entrada B del tablero.

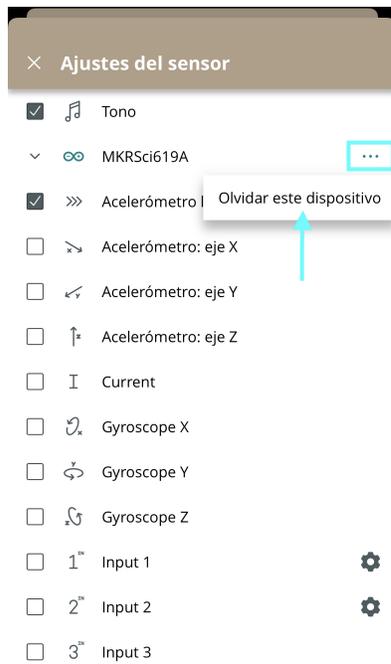


3. Aplique un poco de presión sobre los cables hasta que queden como se muestra en la siguiente figura.



VI. PROCEDIMIENTO

1. Descargue la aplicación *Arduino Science Journal* desde App Store [1], Google Play [2], o AppGallery [3] según el sistema operativo de su teléfono móvil.
2. Active el bluetooth de su dispositivo móvil, abra la aplicación *Arduino Science Journal* y conceda a la app los permisos para enviar notificaciones, usar la cámara, acceder a la galería de fotos y al micrófono.
3. Si ha sincronizado previamente su dispositivo con la tarjeta Arduino, se recomienda olvidar el dispositivo para evitar problemas de conexión, para hacer esto de click a los 3 puntos al lado del nombre de la placa y elegir la opción "Olvidar este dispositivo".

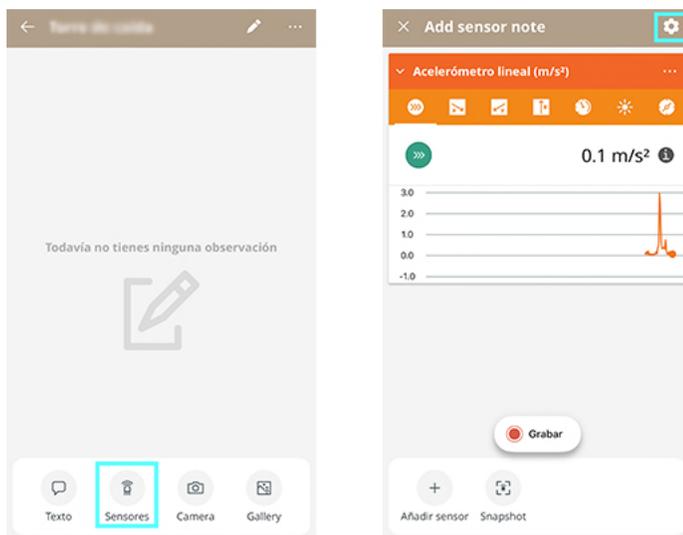


4. Conecte la placa Arduino a un puerto USB del computador o a un power bank para suministrarle energía. El Arduino ya tiene el código necesario para la práctica, bajo ningún motivo sobrescriba el código de la placa Arduino, estas placas son para uso exclusivo de prácticas de este laboratorio.
5. Inicie un nuevo experimento dando click en el icono "+" ubicado en la parte inferior derecha.

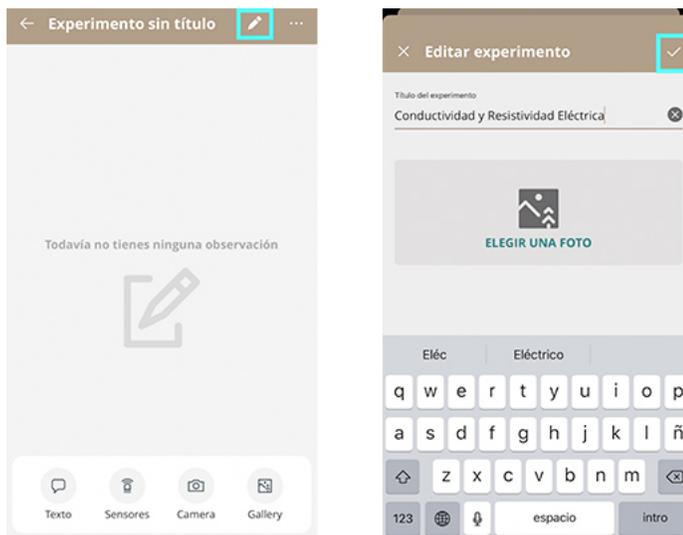




6. Haga click en el icono "sensores", el segundo ícono de izquierda derecha ubicado en el menu inferior. Luego haga click en ícono de configuraciones ubicado en la barra superior.

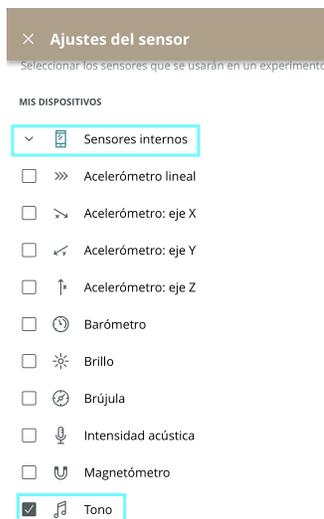


7. Cambie el nombre del experimento a "Conductividad y Resistividad Eléctrica" haciendo click en el ícono del lápiz.

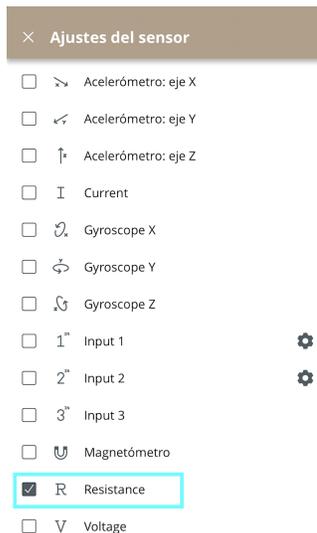




8. De la lista va a poder elegir sensores internos o Arduino boards, desactive todos los sensores internos posibles: la versión 4.10 de la app obliga a dejar activo al menos un sensor interno, en este caso se deja activo el sensor de tono



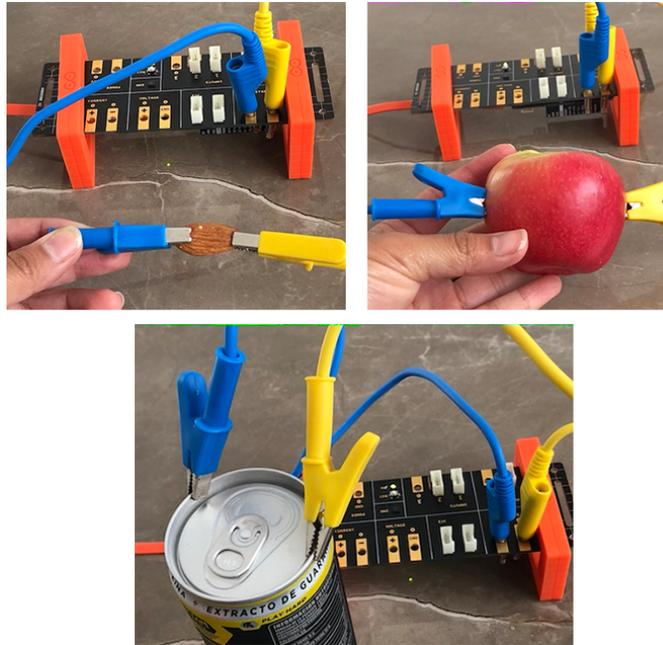
9. Del menu de opciones bajo Arudino boards seleccione únicamente "Resistance".



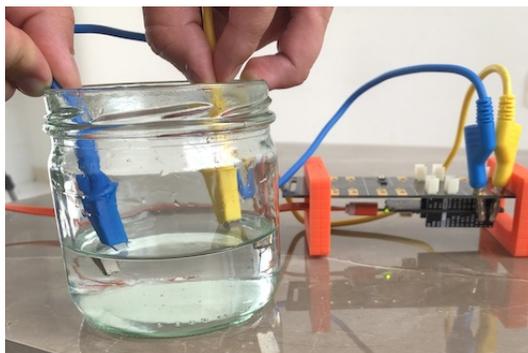
10. Para comprobar que el Arduino está recibiendo correctamente la data, una las dos puntas cocdrilo de los cables, el Arduino debe marcar $0\text{ k}\Omega$ y al separarlos debe marcar $1000\text{ k}\Omega$.



11. Sujete con las pinzas cocodrilo los objetos a los que desea medir la resistividad eléctrica, por ejemplo: frutos secos (pasas, almendras, etc),fruta fresca (manzana, limón, banano, etc.), lata de aluminio, cuchara metálica, etc. y registre de forma escrita el valor para cada medida.



12. Sumerja las pinzas en líquidos como Gaseosa, jabón líquido, bebida energizante, agua, zumo de fruta, etc. para medir la resistencia eléctrica, luego



13. A las mismas sustancias, viértales sal y revuelva. Repita de nuevo las medidas y consigne por escrito las medidas obtenidas.
14. Repita el paso anterior pero en vez de agregar sal al líquido, agregue azúcar y registre las medidas.



15. Consigne todas las medidas realizadas en la siguiente tabla 2

Tabla 2: *resistencia eléctrica de distintos materiales*

Material	Resistencia Eléctrica [$k\Omega$]
Material 1	
Material 2	
...	
Material N	

VII. PROCESAMIENTO DE DATOS

1. Represente la información de la tabla 2 en un diagrama de barras.
2. Identifique el material con mayor conductividad eléctrica y el material con menor conductividad eléctrica, explique la diferencia en la estructura atómica entre los conductores y los aislantes eléctricos.
3. ¿Cómo varía la resistencia eléctrica cuando a los líquidos se les agrega sal o azúcar? Justifique dichos cambios en base a los conceptos teóricos vistos en clase.
4. ¿Las medidas varían según la posición en la que ponga las pinzas caimán? Justifique su respuesta.
5. Para realizar el informe de laboratorio, haga una copia de esta plantilla y diligencie las secciones allí especificadas. El documento de Google sólo se puede ver desde una cuenta de correo unicauca.

VIII. BIBLIOGRAFÍA Y RECURSOS

1. Link de descarga Arduino Science Journal desde App Store <https://apps.apple.com/us/app/arduino-science-journal/id1518014927>
2. Link de descarga Arduino Science Journal desde Google Play <https://play.google.com/store/apps/details?id=cc.arduino.sciencejournal>
3. Link de descarga Arduino Science Journal desde AppGallery <https://appgallery.huawei.com/#/app/C103223179>
4. J. Vidal, "Plantilla informe de laboratorio con el Arduino Science Kit" [Online]. Available: <https://docs.google.com/document/d/1B-CUre9e4paJEeyUHHWP6F2ma30xt84-zU-2ab9Tdc/edit>
5. Gratnells, "Arduino Science Kit Physics Lab - Electric Fortune Teller" [Online]. Available: https://youtu.be/Dr7bFxB_7dg
6. W. Hayt and J. Buck, Engineering Electromagnetics, 8 ed., Mc Graw Hill, pp 109-137.
7. Arduino Education, "Electric Fortune Teller" [Online] Available: <https://jdvidalg.github.io/arduino-electric-fortune-teller/>

Bibliografía

- [1] Parno, L. Yuliati, N. Munfaridah, M. Ali, F. U. N. Rosyidah, and N. Indrasari, “The effect of project based learning-STEM on problem solving skills for students in the topic of electromagnetic induction”, *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1521, p. 022025, apr 2020.
- [2] B. Christopher and K. Christine, “Implications of introducing problem-based learning in a traditionally taught course”, *Engineering Education*, vol. 1, 06 2006.
- [3] S. Hara, K. Kuroda, Y. Aoi, K. Nakagami, K. Hashizume, and S. Hata, “Pbl program producing flying robot in mechanical and aerospace engineering department”, *MATEC Web of Conferences*, vol. 306, p. 05003, 01 2020.
- [4] A. Effendi and A. T. Fatimah, “Improving students mathematical higher order thinking through the implementation of the creative problem-solving model of high school students”, *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1521, p. 032025, apr 2020.
- [5] J. H. Carmel, J. S. W. Orcid, and M. M. CooperOrcid, “A glowing recommendation: A project-based cooperative laboratory activity to promote use of the scientific and engineering practices”, *The American Chemical Society and Division of Chemical Education, Inc.*, vol. 5, no. 94, pp. 626–631, 2017.
- [6] A. M. Novak and J. S. Krajcik, *A Case Study of Project-Based Learning of Middle School Students Exploring Water Quality*, ch. 24, pp. 551–572. John Wiley & Sons, Ltd, 2019.
- [7] A. F. Repko, R. Szostak, and M. P. Buchberger, *Introduction to interdisciplinary studies*. SAGE, 3 ed., 2020.

- [8] M. MacLeod and J. T. van der Veen, “Scaffolding interdisciplinary project-based learning: a case study”, *European Journal of Engineering Education*, vol. 45, no. 3, pp. 363–377, 2020.
- [9] H. Suwono and E. K. Dewi, “Problem-based learning blended with online interaction to improve motivation, scientific communication and higher order thinking skills of high school students”, *AIP Conference Proceedings*, vol. 2081, no. 1, p. 030003, 2019.
- [10] A. Zohar and A. Cohen, “Large scale implementation of higher order thinking (hot) in civic education: The interplay of policy, politics, pedagogical leadership and detailed pedagogical planning”, *Thinking Skills and Creativity*, vol. 21, pp. 85–96, 2016.
- [11] B. S. Bloom, *Taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman, Inc., 1956.
- [12] p. w. a. Lorin W. Anderson, David R. Krathwohl, *A taxonomy for learning, teaching, and assesing*. Addison Wesley Longman, Inc., 2001.
- [13] G. T. McMahon, “Getting the hots with what is in the box: Developing higher order thinking skills within a technology-rich learning environment”, 2007.
- [14] H. ., I. Septiawati, and A. C. Prihandoko, “High-order thinking skill in contextual teaching and learning of mathematics based on lesson study for learning community”, *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, no. 3, pp. 1576–1580, 2018.
- [15] E. N. F. Michael Carr, “A project-based-learning approach to teaching second-order differential equations to engineers”, *Proceedings of 45th SEFI Annual Conference*, 2017.
- [16] F. Farrell and M. Carr, “The effect of using a project-based learning (PBL) approach to improve engineering students understanding of statistics”, *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, vol. 38, pp. 135–145, 08 2019.
- [17] J. M. Requies, I. Agirre, V. L. Barrio, and M. Graells, “Evolution of project-based learning in small groups in environmental engineering courses”, *Journal of Technology and Science Education*, vol. 8, no. 1, pp. 45–62, 2018.
- [18] R. L. P. Teixeira, P. C. D. Silva, R. Shitsuka, M. L. de Araújo Brito, B. M. Kaizer, and P. da Costa e Silva, “Project based learning in engineering education in close

- collaboration with industry”, in *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1945–1953, 2020.
- [19] A. Khandakar, M. E. H. Chowdhury, A. J. S. P. Gonzales, F. Touati, N. A. Emadi, and M. A. Ayari, “Case study to analyze the impact of multi-course project-based learning approach on education for sustainable development”, *Sustainability*, vol. 12, no. 2, 2020.
- [20] D. Wroblewska and R. Okraszewska, “Project-based learning as a method for interdisciplinary adaptation to climate change-reda valley case study”, *Sustainability*, vol. 12, no. 11, 2020.
- [21] P. Parrado-Martínez and S. Sánchez-Andújar, “Development of competences in post-graduate studies of finance: A project-based learning (pbl) case study”, *International Review of Economics Education*, vol. 35, p. 100192, 2020.
- [22] A. A. Younis, R. Sunderraman, M. Metzler, and A. G. Bourgeois, “Case study: Using project based learning to develop parallel programming and soft skills”, in *2019 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops (IPDPSW)*, pp. 304–311, 2019.
- [23] I. Sasson, I. Yehuda, and N. Malkinson, “Fostering the skills of critical thinking and question-posing in a project-based learning environment”, *Thinking Skills and Creativity*, vol. 29, pp. 203–212, 2018.
- [24] C. Wongwatkit, P. Prommool, R. Nobnob, S. Boonsamuan, and R. Suwan, “A collaborative stem project with educational mobile robot on escaping the maze: Prototype design and evaluation”, in *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2018* (G. Hancke, M. Spaniol, K. Osathanunkul, S. Unankard, and R. Klamma, eds.), (Cham), pp. 77–87, Springer International Publishing, 2018.
- [25] M. Kusmin, M. Saar, and M. Laanpere, “Smart schoolhouse - designing iot study kits for project-based learning in stem subjects”, in *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1514–1517, 2018.
- [26] S. Vega-Royero, “Desarrollo de competencias genéricas y específicas en estudiantes de ingeniería en el marco del laboratorio de física”, *Revista Mexicana de Física E*, 2020.

- [27] C. F. Rengifo and D. A. Bravo, “A project-based learning approach to teach identification and control systems”, *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, vol. 15, no. 1, pp. 10–16, 2020.
- [28] A. Villar-Martínez, L. Rodríguez-Gil, I. Angulo, P. Orduña, J. García-Zubía, and D. López-De-Ipiña, “Improving the scalability and replicability of embedded systems remote laboratories through a cost-effective architecture”, *IEEE Access*, vol. 7, pp. 164164–164185, 2019.
- [29] Arduino and Google, “Arduino science kit physics lab”.
- [30] O. M. de la Salud, “Alocución de apertura del director general de la OMS en la rueda de prensa sobre la COVID-19 celebrada el 11 de marzo de 2020”.
- [31] A. Devices, “Tmp36 datasheet”.
- [32] V. Semiconductors, “Tempt6000x01 datasheet”.
- [33] STMicroelectronics, “Lsm9ds1 datasheet”.
- [34] J. Vidal, “Plantilla informe de laboratorio con el arduino science kit”.
- [35] D. A. B. Montenegro, “Comparación entre el aprendizaje presencial y remoto para la enseñanza de sistemas de control automático”, Artículo en revisión.
- [36] A. Education, “Physicslabfirmware by arduino genuino”.
- [37] Arduino, “Documentación oficial arduino mkr wifi 1010”.
- [38] Arduino, “Getting started with the mkr wifi 1010”.