

## DESARROLLO DE UN KIT PORTABLE PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

## DESENVOLVIMENTO DE UM KIT PORTAVEL PARA O ENSINO DE FÍSICA

## DEVELOPMENT OF A PORTABLE KIT FOR PHYSICS TEACHING

Karen Milena Fonseca 1\*, Luis Fernando Aguilar 2\*\*

Fonseca K., Aguilar L. (2023). Desarrollo de un kit portable para la enseñanza de la Física. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, Número especial, v18, pp.1-10

### Resumen

Mientras que en la física se identifican tres tipos de investigación (teórica, experimental y computacional), el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física privilegia las bases teóricas de la misma. Frecuentemente, aunque no siempre, también se desarrollan prácticas experimentales. Dichas prácticas permiten a los estudiantes desarrollar habilidades integrales para interpretar fenómenos naturales y solucionar problemas de forma lógica y crítica. Con el fin de mejorar el acceso a las prácticas experimentales, nos proponemos a diseñar un kit portable orientado a la enseñanza de la física mecánica cuyos ejes centrales de estudio son: los movimientos rectilíneos uniforme y acelerado, la caída libre y el movimiento parabólico. El kit debe ser de fácil acceso y de bajo presupuesto en contraste con laboratorios experimentales especializados, debe tener en cuenta criterios de seguridad de acuerdo con el manual de normas en el laboratorio expedido por el Ministerio de Educación Nacional, mantenimiento, reproducibilidad, confiabilidad y portabilidad, y debe ser suficientemente flexible para poder usarlo en diferentes escenarios y niveles académicos. En este artículo reportamos nuestros avances en el diseño y fabricación del kit experimental, para el cual hemos usado técnicas de impresión 3D y el software de Arduino para almacenar los tiempos empleados en los movimientos. Aunque nuestro kit puede usarse de varias maneras, está pensado como un elemento de la estrategia REMSI (realidad, modelación, simulación), la cual replica los tipos de investigación en física en la enseñanza de la misma. Este kit está pensado para uso en cursos de educación media enfocado en estudiantes entre los 15 y los 18 años de edad.

**Palabras-Clave:** Estrategia de aprendizaje. Entorno de programación. Tecnologías de la información

\* Dr. Sc., Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, Grupo de Óptica e Información Cuántica, Carrera 30 Calle 45-03, Bogotá, C.P. 111321, Colombia, kmfonsecar@unal.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-2073-9473>.

\*\* Estudiante de Maestría, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá, Facultad de Ciencias, Departamento de formación en Ciencias, Carrera 30 Calle 45-03, Bogotá. luaguilarp@unal.edu.co

## Abstract

While in physics three types of research are identified (theoretical, experimental and computational), the teaching-learning process of physics favors its theoretical bases. Frequently, but not always, experimental practices are also developed. These practices allow students to develop comprehensive skills to interpret natural phenomena and solve problems logically and critically. In order to improve access to experimental practices, we intend to design a portable kit aimed at teaching mechanical physics which are the central axes of study: uniform and accelerated rectilinear motion, free fall and parabolic motion. The kit must be easily accessible and low budget in contrast to specialized experimental laboratories, it must take into account safety criteria in accordance with the manual of standards in the laboratory issued by the Ministry of National Education, maintenance, reproducibility, reliability and portability, and it must be flexible enough to be used in different scenarios and academic levels. In this article we report our progress in the design and manufacture of the experimental kit, for which we have used 3D printing techniques and Arduino software for data collection. Although our kit can be used in various ways, it is intended as an element of the REMSI (reality, modeling, simulation) strategy, which replicates the types of physics research in teaching physics. This kit is intended for use in secondary education courses focused on students between 15 and 18 years of age.

**Keywords:** Learning strategy. Programming environment. Information technology

## Resumo

Em física, são identificados três tipos de pesquisa (teórica, experimental e computacional), no entanto, o processo de ensino-aprendizagem de física favorece suas bases teóricas. Com frequência, embora nem sempre, também são desenvolvidas práticas experimentais. Essas práticas permitem que os estudantes desenvolvam habilidades abrangentes para interpretar fenômenos naturais e resolver problemas de forma lógica e crítica. Com o objetivo de melhorar o acesso a práticas experimentais, pretendemos projetar um kit portátil voltado para o ensino de física mecânica, que são os eixos centrais de estudo: movimento retilíneo uniforme e acelerado, queda livre e movimento parabólico. O kit deve ser facilmente acessível e de baixo custo, em contraste com laboratórios experimentais especializados. Ele deve levar em consideração critérios de segurança de acordo com o manual de padrões no laboratório emitido pelo Ministério da Educação Nacional, além de manutenção, reprodutibilidade, confiabilidade e portabilidade. Além disso, deve ser suficientemente flexível para ser utilizado em diferentes cenários e níveis acadêmicos. Neste artigo, relatamos nosso progresso no projeto e fabricação do kit experimental, para o qual utilizamos técnicas de impressão 3D e o software Arduino para coleta de dados. Embora nosso kit possa ser utilizado de diversas maneiras, ele é destinado a ser parte da estratégia REMSI (realidade, modelagem, simulação), que replica os tipos de pesquisa em física no ensino de física. Este kit destina-se a ser utilizado em cursos de ensino médio voltados para estudantes entre 15 e 18 anos de idade.

**Palavras-chave:** Estratégias de aprendizagem. Ambiente de programação. Tecnologia da informação.

## 1. Introducción

La enseñanza actual de la física recoge dos componentes fundamentales para el estudio de cualquier fenómeno natural: la observación y la experimentación. Anteriormente, se consideraba que la física sólo debía ser enseñada a partir de una serie de conceptos, leyes y modelos a través de lecturas (ALLIE et al., 1998); hoy día se considera que el trabajo de laboratorio es fundamental, porque permite enseñar habilidades y métodos científicos de forma explícita (GKIOKA, 2019). De hecho, los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales Física para la media académica (MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, 2006), señalan que el conocimiento científico se construye a partir de la observación y modelación, las cuales llevan a los estudiantes a desarrollar habilidades centradas en la indagación científica, fomentan el pensamiento crítico y promueven el aprendizaje significativo (CRISTOBAL TEMBLADERA, GARCÍA POMA, 2013).

Por otra parte, la incorporación del trabajo de laboratorio implica el desarrollo de nuevas estrategias pedagógicas, o la adaptación de estrategias pedagógicas en uso, que incluyan este aspecto de la enseñanza. Como ejemplos de este tipo de estrategias podemos mencionar el aprendizaje basado en STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemática) y REMSI (realidad, modelación, simulación). Diferentes estrategias didácticas requieren materiales didácticos apropiados (SUYATNA, 2019); en particular, aquellos relacionados con los experimentos (nuevos experimentos, experimentos modificados, cambio en las metas de aprendizaje de los experimentos).

Pero existen varias situaciones que obstaculizan o impiden el uso de la experimentación en la enseñanza de la física. Entre ellas tenemos el costo de los equipos, la ausencia de espacios para realizar los experimentos, la enseñanza remota y la falta de material didáctico específico para la aplicación de estrategias didácticas específicas.

Por esto, se han desarrollado kits de experimentos como respuesta a uno o varios de estos obstáculos. La pandemia de covid-19 y el alto precio de kits comerciales impulsaron el desarrollo de kits personalizados para la enseñanza de la física (HOWARD, MEIER, 2021), los cuales se envían a los estudiantes. Si los estudiantes elaboran sus propios kits a partir de situaciones problema, podrán desarrollar habilidades de pensamiento creativo. Algunos kits, como el desarrollado por (MCAKLEXANDER, 2003) con el nombre “Physics to Go”, surgen como una posible solución al problema de cómo llevar a cabo la experiencia de laboratorio a estudiantes que toman cursos de física a través de alguna forma de aprendizaje a distancia. (TURNER, PARISI, 2008) reportan la realización de un kit de bajo costo para la enseñanza del péndulo simple, refracción y reflexión, circuitos eléctricos, la constante de un resorte, fluidos y la velocidad del sonido.

Las propuestas anteriormente mencionadas apuestan por el uso tanto de elementos de bajo costo como de elementos disponibles gracias a los avances tecnológicos, tales como los teléfonos inteligentes. Para el estudio de la cinemática de los cuerpos, la cual es el área en la que se enfoca este trabajo, muchos laboratorios cuentan con pistas de aire para disminuir la fricción y programas especializados como Tracker, para determinar la posición como función tiempo, y estimar velocidad y aceleración. Las versiones recientes también incluyen la modelación de algunas situaciones físicas. (CHEN et al., 2022) proponen usar fotointerruptores infrarrojos conectados con una placa de Arduino para obtener la aceleración de bolas de acero bajando por perfiles de aluminio empleados como planos inclinados. Los tiempos en los cuales las bolas pasan al frente de los interruptores se envían por Bluetooth a un teléfono móvil en donde una aplicación calcula la aceleración de las mismas. Como alternativa al análisis de video, (HOWARD, MEIRER, 2021) proponen el uso de

cronómetros acústicos, empleando la aplicación Phyphox, desarrollada en una universidad alemana.

En este trabajo, reportamos nuestros avances en el diseño y construcción de un kit portable de bajo costo para la enseñanza de los movimientos rectilíneo uniforme y rectilíneo uniformemente acelerado, caída libre y el movimiento parabólico. Este artículo está organizado como sigue.

## 2. Marco de Referencia

### 2.1. *Importancia del uso de laboratorios para la experimentación en física*

Para realizar una investigación científica se necesitan herramientas que permitan analizar un fenómeno tanto de forma cualitativa como cuantitativa; así mismo, poder determinar las variables que pueden intervenir en la búsqueda de una explicación sólida de un suceso particular. En ciencias naturales frecuentemente se suele hablar de la existencia del método científico, una herramienta que le permite al estudiante, entre otras cosas, observar, medir, realizar hipótesis y encontrar relaciones entre las variables (STERN et al., 2017). En el caso particular de la enseñanza de la física, el uso de laboratorios le da la posibilidad al estudiante de desarrollar habilidades de pensamiento crítico y cognitivo; de esta manera se fomenta un enfoque constructivista en el estudiante basado en los principios que se enuncian a continuación (HOLUBOVA, 2019).

1. El arte de la experimentación: todos los estudiantes deben tener experiencias experimentales significativas, incluyendo el diseño de la investigación.
2. Desarrollo de habilidades experimentales y analíticas: amplia gama de habilidades y herramientas experimentales; análisis de datos.
3. Comprensión de la generación de conocimiento en física: el papel de la observación directa, la inferencia teórica y los resultados experimentales.

### 4. Desarrollo de habilidades de aprendizaje colaborativo.

La aplicación de una estrategia que permita mejorar las habilidades de exploración en conjunto con el uso de los laboratorios, permite crear ambientes de aprendizaje en los cuales el estudiante puede aprender a partir de la experiencia.

### 2.2. *Estrategias pedagógicas para la enseñanza de la física en el laboratorio.*

Para lograr el objetivo de una enseñanza que construya el pensamiento integral de los estudiantes en el campo de la física mecánica, se deben adicionar métodos que faciliten su aprendizaje de forma que relacionen el marco conceptual con el componente experimental de una manera más cómoda y comprensible. Es por esto que se han ideado estrategias que permiten unificar dichos componentes, siguiendo una serie de pasos ordenados que llevarán al alcance del objetivo propuesto.

#### 2.2.1. *Formación por fases de las acciones mentales y su relación con el laboratorio docente*

La actividad de enseñanza de la física experimental se puede organizar atendiendo la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales (RODRÍGUEZ et al., 2014).

1. Fase motivacional: las tareas asignadas deben motivar al estudiante a acometer nuevas actividades, que le permitan apropiarse de conceptos y contenidos.
2. Fase de elaboración de la base orientadora: herramienta que permita que los estudiantes comprendan los métodos que les posibilite llevar a cabo la práctica experimental, usualmente en forma de instructivos o guías de laboratorio.
3. Fase material: la práctica experimental en sí o simulaciones del experimento real.
4. Fase del lenguaje externo: los estudiantes deben estar en condiciones de explicar a sus pares, de forma verbal o escrita, los conocimientos adquiridos tanto de manera oral como de forma escrita. Esto se puede evidenciar durante el

desarrollo del experimento mediante el trabajo grupal.

5. Fase del lenguaje interno: Incorporación del conocimiento en la estructura cognitiva propia.

6. Fase mental: apropiación completa y consciente de los contenidos por parte del estudiante.

Es importante recalcar que las fases expuestas anteriormente no fluyen de la misma forma para todos los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que los conocimientos previos que tiene cada uno pueden o no estar al mismo nivel de asimilación (RODRÍGUEZ et al., 2014).

### 2.2.2. Estrategia REMSI

REMSI (Realidad, Modelación y Simulación) es una estrategia didáctica de aprendizaje activo en la que el estudiante desarrolla habilidades cognitivas mediante la solución de situaciones problema, análisis de datos, deducción y construcción de modelos matemáticos, y desarrollo de simulaciones. REMSI reúne los componentes que permiten un aprendizaje en el cual se desarrolla un pensamiento crítico. La solución de estas situaciones problema abre la posibilidad de que el estudiante tenga en consideración tanto las variables como los parámetros que puedan influir en el estudio de algún fenómeno en particular (BRAVO et al., 2016).

### 2.3. Importancia del modelamiento computacional

La física tiene el rol principal de explicar los fenómenos que ocurren en la naturaleza y adicionalmente pueden ser estudiados a partir de la observación y la determinación de las variables que se encuentran implicadas en dichos fenómenos. En el proceso de la enseñanza de la física el docente debe brindar al estudiante las herramientas necesarias para lograr el entendimiento de la misma de forma que este pueda mejorar el aprendizaje a partir de la experiencia mediante la realización de las prácticas experimentales. Dentro de estas herramientas se encuentran las matemáticas que permiten describir cualquier fenómeno físico a través de modelos matemáticos que permiten relacionar diferentes cantidades físicas, de esta

manera se logra comprender el comportamiento de sistemas físicos a partir de una relación causa-efecto.

Debido a que no todos los sistemas físicos pueden ser estudiados a partir de métodos analíticos, se han vinculado dentro del entorno de la enseñanza y aprendizaje de la física el uso de computadoras. En investigaciones realizadas por (ANDALORO et al., 1991) se menciona que las computadoras tienen un papel importante ya que desde hace algunos años han sido utilizadas para analizar y mostrar de forma adecuada los resultados de procedimientos experimentales y, además, permite la comparación de predicciones basadas en teorías ya establecidas.

Por otra parte, (WEBER, WILHELM, 2020) indican que hacer uso de las computadoras para realizar modelamiento abre la posibilidad para que los estudiantes desarrollen habilidades que les permita llevar a cabo estimaciones y aproximaciones y de esta manera optimizar el razonamiento científico.

## 3. Metodología de investigación

La enseñanza de los conceptos de la física mecánica puede ser asimilada de forma satisfactoria si se emplean métodos o estrategias que permitan al estudiante asociarlos con situaciones de la vida cotidiana, de esta manera se puede desarrollar un aprendizaje en el que se involucre de forma activa a cada estudiante. Por esto, se propone el diseño de un kit portable de bajo costo que permite la realización de diferentes situaciones problemas de la cinemática.

En nuestro medio hemos identificado varias causas por las cuales no se hace trabajo experimental en los cursos de física. En muchas instituciones, especialmente públicas y rurales, no se cuenta con un espacio físico destinado al laboratorio, ni con los equipos apropiados. Otra razón, que ha venido cobrando mayor importancia en los últimos años, es la preocupación por la seguridad de las y los estudiantes. Los kits portables son una de las posibles soluciones a estos problemas.

Estos kits pueden utilizarse en las aulas o en casa. Cuando los estudiantes realizan experimentos en casa, pueden trabajar a su propio ritmo porque no tienen las limitaciones de tiempo y la presión de los compañeros que se presentan cuando los experimentos se realizan en clase (RUBY, 2006). Por otra parte, (SMITH, 2006) sugiere que los estudiantes aprenden más trabajando como parte de un grupo. Sin embargo, (SMITH, 2006) también señala que los objetivos alcanzados fueron similares al de los estudiantes que trabajaron de forma individual. Este resultado indica que los estudiantes que trabajan solos en prácticas experimentales pueden aprender con la misma eficacia que los estudiantes que trabajan en grupo.

En consecuencia, el kit portable que estamos desarrollando está pensado para ser usado en el aula de clase, pero con algunos ajustes también podría usarse en casa. En el diseño del kit se tuvo en cuenta que, además de ser portátil y de tamaño reducido, también fuese modular, de bajo costo, versátil, reproducible, seguro y destinado a la enseñanza de la física mecánica. Finalmente, aunque puede usarse dentro de un curso genérico que incluya trabajo de laboratorio, el kit está pensado como un material didáctico de la estrategia REMSI.

Las prácticas tenidas en cuenta en el kit estarán limitadas a nociones cinemáticas tales como espacio y tiempo para la solución de problemas que contemplen el movimiento rectilíneo uniforme, movimiento rectilíneo uniforme acelerado, caída libre y movimiento parabólico. Estos temas se escogieron porque se tratan usualmente en los cursos de física de enseñanza media.

Para la elaboración de este kit, ni los perfiles de aluminio ni los tubos PVC resultaron adecuados para sustituir las pistas que usualmente se emplean para la enseñanza de la cinemática. Los perfiles de aluminio del mercado local presentan imperfecciones y se deforman fácilmente. Los tubos de PVC no son suficientemente rígidos, pero además son difíciles de cortar.

Debido a estas dificultades, escogimos usar la impresión 3D. Haciendo uso de la plataforma en línea Tinkercad para el modelamiento en 3D, se diseñan los componentes del kit de experimentos. Las piezas han sido modeladas milimétricamente para ser ensambladas. Para este desarrollo se deben considerar medidas tanto longitudinales como angulares. Las primeras se consideran para la elaboración de las pistas sobre las cuales se estudian los movimientos anteriormente descritos y las segundas para que faciliten la construcción de planos con distintos ángulos de inclinación.

Este diseño no es definitivo porque se sabe que los materiales y el diseño empleados en los experimentos pueden ocasionar errores sistemáticos. Por ejemplo, (HOWARD, MEIER, 2021), muestran que un montaje particular para medir el valor de la aceleración de la gravedad arroja un valor experimental alejado del valor real. En caso de que encontremos errores sistemáticos semejantes, sería necesario mejorar el diseño.

Además de los elementos estructurales que se imprimen en 3D, son necesarios algunos sensores de posición, velocidad o aceleración y un cronómetro. También pueden llegar a ser necesarias una o varias interfaces o pantallas. Aprovechando que muchas personas poseen uno, algunas propuestas usan conexión con un teléfono inteligente y una aplicación para el teléfono, desarrollada, por ejemplo, usando MIT Inventor. Como en otras propuestas, nuestro kit usa sensores de movimiento acoplados a placas Arduino. Si bien es posible enviar información directamente a un computador, se decidió disponer de una pantalla visualizadora, para obviar la necesidad de contar con un computador o con un teléfono inteligente.

Es por esto que se ha desarrollado un circuito bajo el lenguaje de programación utilizado por Arduino para la programación de sensores de movimiento que permitan determinar variables de tiempo para cada uno de los experimentos que se van a realizar. De esta manera se les brinda a los estudiantes la herramienta que les permita obtener los datos necesarios que serán utilizados para hallar la

magnitud de cantidades vectoriales como la velocidad y la aceleración.

Asimismo, se están explorando algunas actividades didácticas empleando la estrategia REMSI (Realidad, Modelación y Simulación), la cual enfrenta al estudiante ante un evento desde su contexto o realidad para que esté en la capacidad de construir un modelo matemático y finalmente simularlo con el uso de herramientas tecnológicas (BRAVO et al., 2016). Esta estrategia permite integrar los contenidos teóricos y experimentales de la física con el campo de la computación y la programación; en el contexto de este trabajo, se trata de simular algunos sistemas fundamentados en la cinemática del movimiento en una y dos dimensiones.

Los experimentos del kit tienen los mismos requisitos exigidos por (TURNER, PARISI, 2008): preparación del tema, alguna forma de medición, cálculos, construcción y análisis de datos, y un informe que permita evaluar el proceso.

Finalmente, las piezas diseñadas son versátiles ya que pueden usarse en el desarrollo de varios experimentos. Su realización permite obtener una herramienta experimental de fácil reproducibilidad, bajo costo y viabilidad para la enseñanza de conceptos de la física tal como se reporta en el trabajo realizado por (VERA et al., 2021). Así mismo, cumple la función de complementar el uso de laboratorios especializados de tal manera que los estudiantes puedan cambiar la configuración del sistema físico en estudio; de esta manera se posibilita la realización de diversos experimentos de forma rápida y completa (HOWARD, MEIER, 2021).

El desarrollo de este kit portable abre la posibilidad para que estudiantes de las instituciones educativas puedan, además de acceder a este recurso, optimizar su proceso de aprendizaje de la física a partir de la experimentación.

#### 4. Resultados.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir del diseño, impresión y ensamble del kit experimental. Además, se muestra el circuito

integrado que fue utilizado para el funcionamiento de los sensores de movimiento.

##### 4.1. Diseño

Por medio de la plataforma Tinkercad se logran modelar milimétricamente cada una de las piezas que le darán la estructura a la pista sobre la cual se llevarán a cabo los experimentos. Cada una de las piezas modeladas tiene la característica de ser fácilmente ensamblable, esto permitirá que el kit cumpla los criterios de portabilidad, fácil reproducibilidad, confiabilidad, flexibilidad y mantenimiento. Adicional a esto, se integran las piezas electrónicas que permitirán llevar a cabo la recolección de los datos obtenidos en cada uno de los experimentos realizados. Los componentes y su respectivo valor comercial se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Componentes impresos y electrónicos

Piezas en Diseño 3D	Cantidad	Precio
Pistas de 20 cm	2	16.800
Pista de unión central de 13.5 cm	1	5.400
Soportes	4	14.400
Base para los sensores de movimiento	2	9.600
Caja para el circuito integrado	1	10.200
Componentes electrónicos	Cantidad	Precio
Sensores ópticos CNY70	2	6.000
Pantalla LCD	1	13.000
Placa Arduino Nano	1	35.000

Piezas diseñadas que conforman el kit experimental.

**Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.



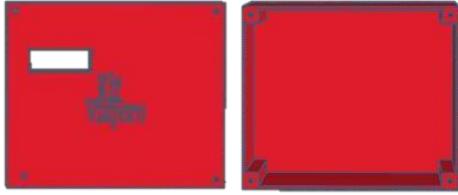


Figura 1. Diseño de las partes del kit experimental. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

#### 4.1. Impresión 3D

Posterior al diseño de las piezas en la plataforma y de su visualización en la misma (ver Figura 1), estas pasan por un proceso de impresión 3D en el que se utiliza un filamento termoplástico de tal forma que el extrusor de la impresora realiza la deposición de dicho filamento capa por capa en las tres dimensiones espaciales. De esta manera se obtiene como resultado los componentes que se muestran en la Figura 2. Es importante recalcar que para que este proceso se complete de forma exitosa, se debe esperar un tiempo considerable ya que el filamento que es utilizado en este procedimiento se debe solidificar puesto que ha pasado por un proceso de fundición.



Figura 2. Piezas impresas en 3D con características de ensamblaje. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

#### 4.2. Circuito integrado y funcionamiento

El circuito cuenta con dos sensores ópticos CNY70 (ver Figura 3) que tienen la función de detectar por medio de la emisión de luz infrarroja el tiempo que tarda una esfera en pasar sobre la pista y una pantalla LCD en la cual se proyecta dicho tiempo. El proceso que se sigue para la obtención del tiempo es el siguiente: la luz infrarroja que arroja el emisor del sensor golpea la esfera que actúa como el cuerpo en movimiento, posteriormente, este haz de luz rebota sobre este y es detectado por el

fototransistor que a su vez envía la señal al circuito integrado. De esta manera se logran obtener los tiempos que serán empleados para calcular la velocidad y la aceleración de las distintas configuraciones con las que cuenta el kit experimental.

Este circuito se ha introducido en una caja que ha sido diseñada para su fácil manipulación (Figura 4) y así generarle protección, además, permite acoplarlo a la pista experimental.

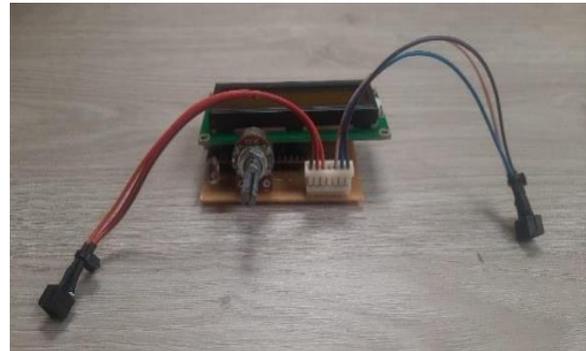


Figura 3. Estructura interna del circuito integrado. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

Los sensores de movimiento (1 y 2) se encuentran situados en puntos específicos de la pista como se aprecia en la Figura 4. La esfera de masa  $M$  pasa por el sensor de movimiento 1 iniciando el temporizador de tal manera que se empieza a contar el tiempo que tarda la esfera en pasar desde un punto inicial hasta un punto final que se encuentra identificado en el sitio en donde se ubica el sensor de movimiento 2.



Figura 4. Circuito dentro de caja rectangular para acoplar a la pista. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

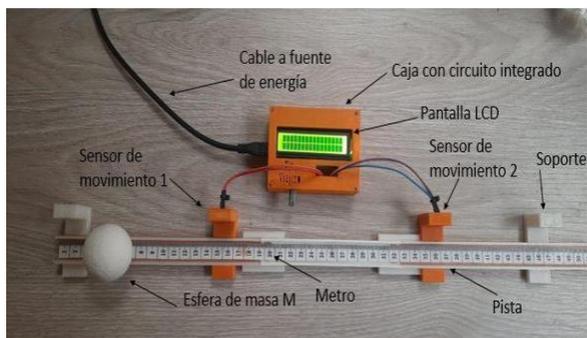


Figura 4. Diseño completo de pista y sensores de movimiento. **Fuente:** Grupo Proyecto REMSI, Universidad de Cundinamarca, Universidad Nacional de Colombia.

Finalmente, los datos son observados en la pantalla LCD indicando el tiempo inicial como  $t_i$  y el tiempo final como  $t_f$ . Adicional a esto, el circuito se encuentra conectado a un computador portátil que también permite visualizar el tiempo que tarda la esfera en recorrer la pista.

## 5. Conclusiones

En este trabajo se ha desarrollado un kit experimental portable, de fácil reproducibilidad y de bajo costo en comparación con laboratorios especializados en la enseñanza de la física mecánica que permite la elaboración de prácticas experimentales para la enseñanza de la física, en particular, de conceptos como el movimiento rectilíneo uniforme, movimiento rectilíneo uniforme acelerado movimiento parabólico y caída libre. Este kit cuenta además con el uso de tecnología basada en Arduino que permite la elaboración de sensores de movimiento de manera que se pueda registrar el tiempo que le toma a un cuerpo de masa  $M$  viajar de un punto a otro. De esta manera se logra que los estudiantes recolecten los datos necesarios que permitan modelar un sistema en movimiento, fomentando así el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y solución de problemas. El diseño de fácil ensamble y su adecuado tamaño permite que los docentes de física accedan a una

herramienta fácil de preparar y manipular, de esta manera se facilita desarrollar variados experimentos relacionados con la cinemática de los cuerpos.

## 6. Referencias

- Allie, S., Buffler, A., Campbell, B., & Lubben, F. (1998). First-year physics students' perceptions of the quality of experimental measurements. *International Journal of Science Education*, 20(4), 447-459.
- Andaloro, G., Donzelli, V. & Sperandeo-Mineo, R. M. (1991, julio). Modelling in physics teaching: the role of computer simulation. *International Journal of Science Education*, 13(3), 243-254. <https://doi.org/10.1080/0950069910130303>
- Bravo-Bohórquez, A., Castañeda-Rodríguez, L. J., Hernández-Yomayusa, H. I., & Hernández-Hernández, L. A. (2016). Enseñanza de las matemáticas en ingeniería: Modelación matemática y matemática contextual. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(21), 27-31.
- Chen, H. Y., Nieh, H. M. & Ko, S. W. (2022b, mayo). Acceleration Measurement Using Arduino and a Smartphone for the Motion of Objects on an Inclined Plane. *The Physics Teacher*, 60(5), 351-354. <https://doi.org/10.1119/5.0038831>
- Cristobal Tembladera, C. M. & García Poma, H. A. (2013, 16 diciembre). La indagación científica para la enseñanza de las ciencias. *Horizonte de la Ciencia*, 3(5), 99. <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2013.5.81> desarrollo de RECURSOS VISUALES para mediar información. (s. f.).
- Gkioka, O. (2019, 1 agosto). Learning how to teach experiments in the school physics laboratory. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012016>.
- Holubova, R. (2019, September). The impact of experiments in physics lessons—"Why, when, how often?". In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2152, No. 1, p. 030007). AIP Publishing LLC.
- Howard, D. & Meier, M. (2021, septiembre). Meeting Laboratory Course Learning Goals Remotely via Custom Home Experiment Kits. *The Physics Teacher*, 59(6), 404-409. <https://doi.org/10.1119/5.0021600>
- McAlexander, A. (2003). Physics to go. *The Physics Teacher*, 41(4), 214-218.

- Ministerio de Educación Nacional. (2006). Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- Rodriguez, Aurea Deysi & González, Juan Jose. (2014). Estrategias de enseñanza en el laboratorio docente de Física para estudiantes de ingeniería. *Latin American Politics & Society*.
- Ruby, G G (2006) An instructional design for online college physics laboratories, Capella University, [http://www.gailruby.com/GAIL\\_RUBY\\_Dissertation\\_Final.pdf](http://www.gailruby.com/GAIL_RUBY_Dissertation_Final.pdf) Accessed 23 May, 2007.
- Smith, J. (2006). Effects of group size on student performance in the physics laboratory. *Teaching Science*, 52(4), 34-37.
- Stern, C., Echeverría, C. & Porta, D. (2017). Teaching Physics through Experimental Projects. *Procedia IUTAM*, 20, 189-194. <https://doi.org/10.1016/j.piutam.2017.03.026>
- Suyatna, A. (2019, February). Future physics learning materials based on STEM education: Analysis of teachers and students perceptions. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1155, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.
- Turner, J., & Parisi, A. (2008). A take-home physics experiment kit for on-campus and off-campus students. *Teaching Science*, 54(2), 20-23.
- Vera, F., Ortiz, M., Villanueva, J. & Horta-Rangel, F. A. (2021, diciembre). 3D-Printed Labs: A Force Table and Simple Pulleys. *The Physics Teacher*, 59(9), 700-702. <https://doi.org/10.1119/10.0007396>
- Weber, J. & Wilhelm, T. (2020, 20 abril). The benefit of computational modelling in physics teaching: a historical overview. *European Journal of Physics*, 41(3), 034003. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab7a7f>