



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 2

Neiva, 6 de junio del 2023

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Santiago Diaz Cedeño, con C.C. No. 1079509274,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

\_\_\_\_\_, con C.C. No. \_\_\_\_\_,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_

titulado IMPLEMENTACION DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LOS MOVIMIENTOS RECTILÍNEO UNIFORME Y VARIADO presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de FISICO;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

Santiago Diaz Cedeño

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma:  \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_



TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: IMPLEMENTACION DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LOS MOVIMIENTOS RECTILÍNEO UNIFORME Y VARIADO

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
DIAZ CEDEÑO	SANTIAGO

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
PEDRAZA GUERRERO	GONZALO EDGARDO

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
NO APLICA	NO APLICA

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: FISICO**

**FACULTAD:** CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

**PROGRAMA O POSGRADO:** FISICA

**CIUDAD:** NEIVA

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2023 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 62

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Diagramas\_\_\_ Fotografías X Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general X Grabados\_\_\_  
Láminas\_\_\_ Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_\_\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas  
o Cuadros X



**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento:

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. <u>Laboratorio</u>	<u>Laboratory</u>	6. _____	_____
2. <u>didáctica</u>	<u>Didactics</u>	7. _____	_____
3. <u>Electrónica</u>	<u>electronics</u>	8. _____	_____
4. <u>Cinemática</u>	<u>kinematics</u>	9. _____	_____
5. _____	_____	10. _____	_____

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

Esta tesis aborda la necesidad de equipos e instrumentos de los laboratorios de física en instituciones educativas, tanto públicas como privadas. Ante esta necesidad, se ha propuesto incrementar el número de proyectos de aula enfocados en la construcción y diseño de montajes experimentales de bajo costo utilizando la electrónica. Esta iniciativa busca mejorar las actividades experimentales en las escuelas, ayudando a los estudiantes en la construcción y comprensión de conceptos fundamentales de las ciencias físicas, así como en el desarrollo de habilidades y destrezas en la aplicación del método científico.

La estrategia planteada busca contextualizar la física a través de situaciones cotidianas que los estudiantes experimentan, con el objetivo de reforzar conceptos, teorías y conocimientos, y despertar en ellos un interés por la materia. Para lograr esto, se presenta un prototipo de cronómetro llamado S.M.U.R.V (Sensor de movimiento rectilíneo uniforme y variado) que se utiliza para medir el tiempo transcurrido entre dos puntos. El dispositivo utiliza sensores infrarrojos y un microcontrolador Arduino nano atmega mini, junto con una pantalla LCD y otros componentes.

La implementación de este laboratorio de cinemática con el dispositivo S.M.U.R.V busca abordar los desafíos que los estudiantes enfrentan al aprender sobre los movimientos



rectilíneos en la física. Algunos de estos desafíos incluyen la aplicación de cálculos matemáticos, la comprensión del lenguaje matemático utilizado en las ecuaciones físicas y la comprensión de conceptos como la velocidad media y la aceleración. A través de esta propuesta, se busca promover el interés de los estudiantes y facilitar su comprensión de estos conceptos.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

This thesis addresses the need for equipment and instruments in physics laboratories in educational institutions, both public and private. In response to this need, an increase in the number of classroom projects focused on the construction and design of low-cost experimental setups using electronics has been proposed. This initiative aims to enhance experimental activities in schools, assisting students in constructing and comprehending fundamental concepts in the physical sciences, as well as developing skills in the application of the scientific method.

The proposed strategy seeks to contextualize physics through everyday situations experienced by students, with the objective of reinforcing concepts, theories, and knowledge, and instilling an interest in the subject. To achieve this, a prototype chronometer called S.M.U.R.V (Sensor de movimiento rectilíneo uniforme y variado) is introduced, which is used to measure the elapsed time between two points. The device utilizes infrared sensors and an Arduino nano atmega mini microcontroller, along with an LCD screen and other components.

The implementation of this kinematics laboratory with the S.M.U.R.V device aims to address the challenges students face when learning about rectilinear motion in physics. Some of these challenges include the application of mathematical calculations, comprehension of the mathematical language used in physics equations, and understanding concepts such as average velocity and acceleration. Through this proposal, the goal is to foster student interest and facilitate their comprehension of these concepts.

In summary, the implementation of low-cost construction and design projects, such as the S.M.U.R.V device, seeks to enhance the teaching and learning of physics by allowing students to experiment and gain practical understanding of fundamental kinematics concepts.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>4 de 4</b>
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Presidente Jurado: Edgar Andres Bernal Castro

Firma:

Nombre Jurado: Armando Losada Medina

Firma:

Nombre Jurado: Elkin Barreiro Rocha

Firma:

# IMPLEMENTACION DE UN DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LOS MOVIMIENTOS RECTILÍNEO UNIFORME Y VARIADO

Presentado por:

SANTIAGO DIAZ CEDEÑO

Código:

20151133951

Universidad Surcolombiana

Facultad, ciencias exactas

Neiva, Colombia

2023

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi querida mamá, Dora Liliana Cedeño, Tu amor incondicional, apoyo constante y ejemplo de fortaleza han sido el motor que impulsó cada paso en este camino académico. Tu aliento y confianza en mí nunca flaquearon, y gracias a ti hoy puedo celebrar el logro de esta tesis. Tus palabras de aliento y tu dedicación han sido fundamentales en mi crecimiento personal y académico. Te dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud.

A mis querido abuelos, Ramiro Cedeño Ch. y Edilma Rojas Q., Sus enseñanzas, sabiduría y paciencia han sido una guía invaluable a lo largo de mi vida. Su apoyo constante y sus palabras de aliento siempre me han inspirado a superar los desafíos y a alcanzar mis metas. Este logro no habría sido posible sin su amor incondicional y su confianza en mí. Les dedico esta tesis como muestra de mi admiración y gratitud eterna.

A mis amigos, Su amistad y compañía han sido un pilar fundamental en mi vida durante estos años de estudio. Gracias por estar a mi lado, por brindarme su apoyo incondicional, por escucharme y animarme en cada etapa de este proceso. Nuestras risas, conversaciones y momentos compartidos han sido un valioso impulso en los momentos difíciles. Les dedico este trabajo como un testimonio de nuestra amistad y como un agradecimiento sincero por todo lo que han significado para mí.

A cada uno de ustedes, gracias por ser parte de mi vida y por acompañarme en este viaje. Su amor, amistad y apoyo han sido un regalo invaluable que siempre llevaré en mi corazón.

Con cariño y gratitud, Santiago Diaz Cedeño.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis:

A la Universidad SURCOLOMBIANA, Quiero agradecer a la Universidad por brindarme la oportunidad de cursar mis estudios superiores. Durante mi tiempo en esta institución, he recibido una educación de calidad y he tenido acceso a recursos académicos y profesionales que han enriquecido mi experiencia. Agradezco a todos los docentes, administrativos y personal de apoyo por su dedicación y compromiso con la formación de los estudiantes.

A mis profesores y asesores, Mi profundo agradecimiento a todos mis profesores y asesores, cuya sabiduría, guía y enseñanzas han sido fundamentales en mi desarrollo académico. Agradezco su paciencia, disposición para resolver mis dudas, por compartir su conocimiento y por motivarme a ir más allá de mis límites. Sus enseñanzas y consejos perdurarán a lo largo de mi carrera profesional.

A todas las personas que de alguna manera contribuyeron a este proyecto, Agradezco a todas aquellas personas que de alguna manera colaboraron en la realización de esta tesis. Ya sea brindando su tiempo, conocimientos, recursos o cualquier forma de apoyo, su contribución ha sido invaluable. Cada conversación, cada consejo y cada aporte han sido de gran importancia para el éxito de este trabajo.

¡Gracias a todos!, Santiago Diaz Cedeño

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1. INFORMACIÓN DE LA PROPUESTA</b> .....	7
1.1 Resumen.....	8
1.2 Antecedentes.....	9
1.3 Descripción del proyecto.....	10
1.4 Justificación.....	10
1.5 Planteamiento del problema.....	11
1.4 Objetivos.....	12
1.4.1. Objetivo general.....	12
1.4.2 Objetivos específicos.....	12
<b>2. MARCO TEORICO</b> .....	14
2.1 Cinemática.....	15
2.1.1 Movimiento rectilíneo uniforme (M.R.U):.....	18
2.1.2 Movimiento rectilíneo uniforme variado (M.R.U.V):.....	19
2.2 Teoría del error.....	20
2.3 Materiales.....	23
2.3.1 Sensor HW-201.....	23
2.3.2 Arduino nano atmega mini (microcontrolador).....	25
2.3.3 Pantalla LCD LM016.....	27
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	29
3.1 Programación.....	29
3.2 Circuito eléctrico.....	31
3.3 Plug and Play del S.M.U.R.V.....	33
<b>4. CALIBRACION, RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	36
4.1 Resultados.....	36
4.2 Calibración.....	39
4.3 Resultados de la calibración.....	40
4.4 Análisis.....	41
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	43
5.1 Conclusiones.....	43
5.2 Recomendaciones.....	45



<b>6. REFERENCIAS</b> .....	46
<b>7. ANEXO</b> .....	48
<b>7.1 Código de programación</b> .....	48
<b>7.2 Tablas</b> .....	52
<b>Tabla 1. Datos mediciones S.M.U.R.V sin calibrar vs dispositivo LEYBOLD</b> .....	52
<b>Tabla 2. Datos mediciones S.M.U.R.V calibrado vs dispositivo LEYBOLD</b> .....	54
<b>Tabla 3. Presupuesto</b> .....	56
<b>7.3 Manual</b> .....	57
<b>7.4 Guía de laboratorio</b> .....	59
<b>Teoría:</b> .....	59

## INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Vector posición $\vec{r}$ .....	16
Imagen 2. Esquema indicando partes del sensor HW-201 .....	24
Imagen 3. Distribución de puertos arduino nano.....	26
Imagen 4. Pantalla LCD LM016L .....	28
Imagen 5. Ingresar distancia .....	29
Imagen 6. Cronometro activado.....	30
Imagen 7. Capturando el tiempo .....	30
Imagen 8. Pantalla final.....	31
Imagen 9. Esquema de conexión S.M.U.R.V.....	32
Imagen 10. Montaje S.M.U.R.V sin caja.....	34
Imagen 11. Montaje S.M.U.R.V en la caja.....	35
Imagen 12. Prueba de calibración S.M.U.R.V con dispositivo LEYBOLD.....	36

## INDICE DE GRAFICAS

Grafica 1. Curva polinómica S.M.U.R.V (sin calibrar) y dispositivo LEYBOLD.	38
Grafica 2. Curva polinómica S.M.U.R.V (calibrado) y dispositivo LEYBOLD...	40



## 1. INFORMACIÓN DE LA PROPUESTA

<b>Título de la propuesta de trabajo de grado:</b>	Implementación de un diseño experimental para la enseñanza y el aprendizaje de los movimientos rectilíneo uniforme y variado
<b>Tipo de investigación:</b>	Didáctica, experimental
<b>Grupo de investigación:</b>	FIASUR
<b>Semillero:</b>	PRAGMA
<b>Asesor:</b>	Gonzalo Edgardo Pedraza
<b>Facultad - Programa:</b>	Ciencias Exactas y Naturales-Física
<b>Lugar:</b>	Universidad Surcolombiana
<b>Duración del Proyecto:</b>	24 semanas
<b>Palabras clave:</b>	Laboratorio, electrónica, Arduino, programación, didáctica, sensor, cinemática.



## 1.1 Resumen

La necesidad que se tiene en las instituciones educativas tanto en privadas como en públicas con respecto de equipos e instrumentos en el laboratorio de física ha llevado como iniciativa de incrementar el número de proyectos de aula encaminados en la construcción y diseño de montajes experimentales a bajo costo mediante el uso de la electrónica. Esto además permite mejorar las actividades experimentales en los colegios, ayudando a los estudiantes a la construcción y comprensión de conceptos fundamentales de las ciencias físicas, así como también el desarrollo de habilidades y destrezas en aplicación del método científico, resolviendo problemas donde planteen hipótesis y su validación sea con énfasis experimental. Esta estrategia contextualiza la física con situaciones cotidianas que los estudiantes vivencian, para así reforzar conceptos, teorías y conocimientos logrando no solo una respuesta a un interrogante, sino que al hacerlo adquieran y asimilen un gusto por la materia.

El prototipo de cronómetro con sensores infrarrojos o S.M.U.R.V (Sensor de movimiento rectilíneo uniforme y variado) como lo llamaremos a partir de ahora, se utiliza para medir el tiempo transcurrido entre dos puntos, se piensa utilizar en la enseñanza de la cinemática para medir el tiempo que tarda un objeto en recorrer una determinada distancia. El usuario simplemente debe colocar los sensores infrarrojos en los puntos de inicio y final, y el cronómetro se activará automáticamente cuando se interrumpa el primer sensor y se detendrá cuando se interrumpa el segundo, saldrá en la pantalla el tiempo, y podrá guardarlo. Para su elaboración se usó un microcontrolador Arduino nano atmega mini, sensores infrarrojos HW-201, pantalla lcd LM016L, baquela y cables de conexión.

Los movimientos rectilíneos son unos de los temas de la cinemática que presentan mayor dificultad en la enseñanza - aprendizaje de la física, algunos de los principales problemas a los que se enfrentan los estudiantes es la aplicación de cálculos matemáticos, la complejidad del lenguaje matemático utilizado para las ecuaciones físicas, la poca comprensión del significado de una ecuación física y el concepto de velocidad media, aceleración etc.; por lo anterior se promueve el

interés del estudiante mediante la implementación de un laboratorio de cinemática con el dispositivo creador (S.M.U.R.V).

## 1.2 Antecedentes

En el departamento de Huila, la Secretaría de Educación y el Proyecto Ondas están trabajando en conjunto para fomentar el desarrollo de la Física y otras ciencias. Gracias a estos esfuerzos, se están implementando mejoras significativas en la enseñanza de estas materias en la ciudad de Neiva y sus alrededores. Sin embargo, es importante destacar que aún existen instituciones que siguen utilizando métodos de enseñanza tradicionales, sin incluir estrategias didácticas basadas en experiencias vivenciales o estudios previos. En el contexto nacional se destaca el trabajo de investigación de Torres, 2013 [1] en el que se aborda el problema de falta de claridad que tienen estudiantes de una institución educativa pública del municipio de Medellín, sobre los conceptos de la cinemática. La investigación propone una interesante perspectiva al utilizar la teoría del aprendizaje significativo, la solución de problemas y el uso de applets (subprogramas interactivos que se ejecutan en línea) para la enseñanza de la cinemática en estudiantes de grado décimo. Por ejemplo, uno de los programas de simulación utilizado fue el de applet de movimiento rectilíneo uniforme (MRU) disponible en el sitio web de Physense (<https://phet.colorado.edu/en/simulation/moving-man>). A nivel latinoamericano se observa una fuerte tendencia hacia la innovación educativa como destaca el artículo: *Desarrollo de un sistema para medir tiempos en experimentos de movimiento rectilíneo* [2]. Este artículo aplicó metodologías innovadoras para enseñar física en el tema de la cinemática, el cual, atrae la intención del educando hacia el aprendizaje significativo mediante la utilización de foto compuertas, como sensores, y una tarjeta de sonido de la computadora para la adquisición de datos de distancia.

El diseño e implementación de nuevas estrategias didácticas en física son fundamentales en el proceso de mediación del aprendizaje en la praxis docente,

esto de la mano con las políticas institucionales establecidas por el Ministerio de Educación de Colombia, el cual impulsa la innovación pedagógica.

### 1.3 Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño e implementación de un dispositivo (S.M.U.R.V) diseñado para la enseñanza de la cinemática, la rama de la física que estudia el movimiento de los objetos. El S.M.U.R.V utiliza dos sensores infrarrojos para medir el tiempo que tarda un objeto en pasar de un sensor al otro. Cuando se activa el primer sensor, se inicia el cronómetro, y cuando se activa el segundo sensor, se detiene y se muestra el tiempo transcurrido en una pantalla LCD.

El código del proyecto utiliza la librería *LiquidCrystal* para controlar la pantalla LCD y define los pines de los sensores infrarrojos. En la función *setup*, se inicializa la LCD y se configuran los pines de los sensores como entradas. En la función *loop*, se leen los estados de los sensores y se inicia o detiene el cronómetro según corresponda. Cuando se detiene el cronómetro, se calcula el tiempo transcurrido y se muestra en la pantalla LCD junto con el cálculo de velocidad y aceleración. La estrategia de enseñanza se centrará en la resolución de situaciones problema y la realización de diversas prácticas de laboratorio.

### 1.4 Justificación

Aunque algunas instituciones educativas, ya sean públicas o privadas, han comenzado a renovar sus laboratorios de física para facilitar el aprendizaje de esta materia, aún existen muchas instituciones en Colombia que carecen de los equipos e instrumentos necesarios para realizar experimentos en clase de física. Esto limita la comprensión de los conceptos fundamentales y la aplicación práctica de la física, especialmente en las instituciones del área rural donde la situación es aún más precaria. Por lo tanto, se hace necesario implementar proyectos de aula que



permitan la construcción y diseño de montajes experimentales a bajo costo, utilizando la electrónica básica y materiales accesibles.

Además, este proyecto se enmarca en las políticas y lineamientos curriculares establecidos por el Ministerio de Educación Nacional en Colombia como la Ley 115 de 1994 [3], que promueven la formación de educadores de alta calidad científica, la investigación educativa, científica y tecnológica, y la generación de una cultura científica entre los estudiantes. Al proporcionar a los estudiantes las herramientas necesarias para la realización de experimentos en el laboratorio de física, se contribuye a la formación de futuros científicos y tecnólogos en el país.

En resumen, este proyecto busca llenar una necesidad importante en las instituciones educativas de Colombia al proporcionar a los estudiantes los equipos y materiales necesarios para realizar experimentos en el laboratorio de física, así como estimular su interés y curiosidad por la física a través de la aplicación de situaciones problemas y la realización de prácticas experimentales. Además, se enmarca en los objetivos y lineamientos curriculares establecidos por el Ministerio de Educación Nacional para fomentar la formación de científicos y tecnólogos en el país.

## 1.5 Planteamiento del problema

En Colombia, la educación es un derecho fundamental para todos los ciudadanos y la falta de calidad en la educación en ciencias puede afectar el desarrollo económico y social del país. Por lo tanto, es importante implementar estrategias en el aula que generen interés, motivación y gusto por la ciencia.

Enseñar física presenta múltiples factores que influyen en los procesos de enseñanza y aprendizaje, como las características de los estudiantes, docentes, contenidos, institución escolar y contexto sociocultural. También uno de los problemas con la enseñanza de la física es la falta de recursos didácticos e infraestructura que permita la realización de actividades que promuevan la

clarificación de conceptos, la experimentación y el modelado, tanto a nivel básico como superior.

La falta de un laboratorio adecuado y guías de estudio es un problema prioritario para la educación en física, ya que el aprendizaje experimental es fundamental para la comprensión de algunos temas y sin él, el estudio de las ciencias se convierte en algo tradicional y desactualizado. Esto ha afectado a los resultados de los estudiantes en pruebas como SABER 11 y ha evidenciado la carencia de conocimientos en ciencias en estudiantes de semestre 0 de la universidad Surcolombiana.

Además, es importante mencionar que muchos laboratorios de física en colegios se enfrentan a la limitación de recursos y presupuesto para adquirir equipos y materiales adecuados. La falta de inversión en estos aspectos puede llevar a que los laboratorios estén desactualizados y no cuenten con los recursos necesarios para realizar prácticas óptimas en la enseñanza de la física. Como resultado, los estudiantes no tienen la oportunidad de experimentar y aplicar los conceptos teóricos de manera práctica y no logran una comprensión completa del tema.

## 1.4 Objetivos

### 1.41. Objetivo general

- Diseñar un dispositivo para medir tiempos entre distancias conocidas, con la aplicación en la enseñanza y el aprendizaje de los movimientos rectilíneo uniforme y variado.

### 1.4.2 Objetivos específicos

- Construir un dispositivo de movimiento para la enseñanza y el aprendizaje de los movimientos rectilíneo uniforme y variado.
- Calibrar el sensor para su óptimo uso en los procesos de enseñanza de los movimientos rectilíneo uniforme y variado para estudiantes de secundaria.

- Contribuir en la enseñanza y el aprendizaje de la cinemática a través de la implementación de diseños experimentales utilizando el dispositivo creado para los temas de movimiento rectilíneo uniforme y variado.

## 2. MARCO TEORICO

El estudio de la cinemática es de gran relevancia, debido a que desarrolla en los estudiantes habilidades de pensamiento y acción. Este tema en particular genera interés en su desarrollo didáctico, ya que, concibe una dificultad al docente el enseñarla y al estudiante el aprenderla. La cinemática, al igual que cualquier otro tema en física, hay leyes y teorías que son necesarias comprenderlas, y esta comprensión supone una habilidad de analizarlas y tomar de ellas lo necesario para lograr una síntesis del tema.

Diversos temas relacionados con la física están presentes en muchas de las conversaciones que se tienen en el día a día; por ejemplo, se habla mucho de los fenómenos meteorológicos, de la potencia de los automóviles, del peso que tienen los objetos, de la fuerza, de la velocidad y la aceleración, por lo que en un principio los alumnos deberían estar familiarizados con los contenidos físicos que se dan en secundaria. Sin embargo, a la hora de abordar un tema de física en secundaria, en la mayoría de las veces, el profesor se encuentra con un alumnado que no es capaz de interpretar fenómenos físicos básicos.

La mayoría de los estudiantes no son capaces de discriminar los conceptos de posición, aceleración y velocidad media e instantánea [4]. Un ejemplo claro es la caída libre de los objetos. A pesar de que los alumnos realizan reiteradamente ejercicios sobre dicho tema, un porcentaje muy alto de alumnos todavía afirma que un objeto de doble masa necesita la mitad del tiempo que el otro objeto para caer desde la misma altura [5]. Estas ideas alternativas persisten a lo largo de todo el proceso de aprendizaje de los estudiantes, desde la educación secundaria hasta incluso la universidad. A pesar de haber finalizado sus estudios, siguen cometiendo los mismos errores conceptuales que al principio de su educación científica.

Los sensores son herramientas muy útiles en la enseñanza de la cinemática, ya que permiten la recolección de datos precisos y en tiempo real. Esto facilita la observación de los fenómenos físicos y la medición de variables como la posición, velocidad y aceleración, lo que ayuda a los estudiantes a comprender de manera más clara y tangible los conceptos abstractos de la cinemática [6].

Además, la utilización de sensores permite la realización de experimentos y prácticas en el aula, lo que fomenta el aprendizaje activo y participativo de los estudiantes. Los sensores también permiten la realización de prácticas más complejas y realistas, como el análisis del movimiento de un cuerpo en caída libre o el estudio de las fuerzas que actúan sobre un objeto en movimiento. En este sentido, los sensores se convierten en una herramienta fundamental para la comprensión de los conceptos de la cinemática y para la formación de habilidades científicas en los estudiantes.

## 2.1 Cinemática

La Física puede definirse como la ciencia que estudia propiedades y transformaciones de la materia, mediante aproximaciones teóricas y experimentales [7]. La física sirve de apoyo para otras ciencias, tales como la química y biología; para su desarrollo y elaboración de teorías. La física al igual que otras ciencias exactas y naturales se divide en varias ramas. Una de estas ramas es la Mecánica, la cual se ocupa del movimiento de los cuerpos y las fuentes que los generan (fuerzas).

La Mecánica, a su vez puede dividirse en tres ramas: Cinemática, la cual describe el movimiento de los cuerpos independientemente de sus causas (fuerzas), Dinámica que estudia el movimiento y las causas que lo producen y Estática que estudia el equilibrio y las fuerzas que actúan sobre un cuerpo.

En la Cinemática clásica existen cuatro elementos básicos que permiten describir el movimiento de los cuerpos: posición, tiempo velocidad y aceleración. El concepto de posición está relacionado con el sistema de referencia elegido, para especificar la posición del cuerpo objeto del estudio cinemático y su unidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI), es el metro (m).

Una vez especificado el sistema de referencia, la posición está dada por un vector  $\vec{r}$  el cual sitúa al objeto respecto al origen del sistema de referencia elegido. En el

caso del sistema de coordenadas cartesianas la posición del cuerpo  $P$  está especificada por el vector  $\vec{r}$  y la línea que va del origen al punto donde se encuentra el cuerpo, se denomina trayectoria (ver figura 1). Así mismo el vector desplazamiento  $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$  puede definirse como el cambio del vector posición. Por otro lado, el tiempo es la magnitud física mediante la cual medimos la duración o separación de un fenómeno físico, en este caso el movimiento y su unidad SI de medida es el segundo (s).

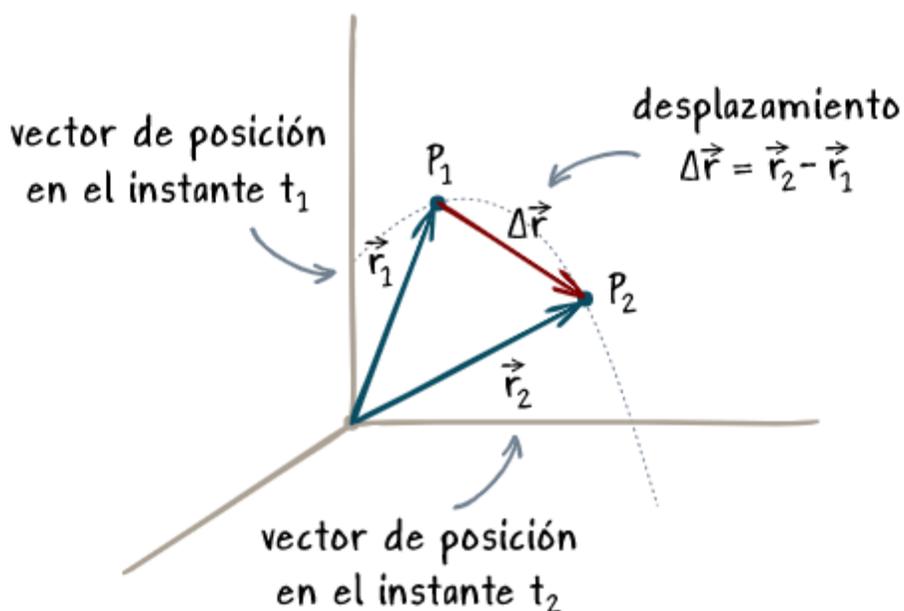


Imagen 1.

Vector posición  $\vec{r}$  para un cuerpo  $P$  en un sistema de coordenadas cartesianas [8]

La velocidad media ( $\vec{v}$ ) de un objeto se define como el desplazamiento dividido por el intervalo de tiempo:

$$\vec{V} = (\Delta\vec{r})/\Delta t \quad (1)$$

La velocidad media es una medida a la que un objeto se desplaza durante un intervalo de tiempo determinado. Es importante destacar que la velocidad media no

tiene en cuenta las variaciones de velocidad que puede experimentar un objeto durante su trayectoria. Solo representa una medida promedio de la rapidez en todo el intervalo de tiempo considerado.

Es importante tener en cuenta que la velocidad media solo proporciona información sobre la magnitud de la velocidad promedio, pero no sobre la dirección en la que se mueve el objeto. Si el objeto se mueve en una dirección constante, la velocidad media y la velocidad instantánea (la velocidad en un punto específico) serán iguales. Sin embargo, si el objeto cambia de dirección o experimenta cambios en su velocidad a lo largo del tiempo, la velocidad media puede no reflejar con precisión la velocidad en un momento dado.

La velocidad media es útil para comparar el desempeño de diferentes objetos en términos de rapidez promedio. También se utiliza en análisis de datos y en el estudio de fenómenos físicos y naturales, donde se busca entender las relaciones entre la distancia y el tiempo.

Así mismo la aceleración media ( $\vec{a}$ ) de un objeto, es el cambio de velocidad en un intervalo de tiempo dividido por ese intervalo de tiempo:

$$\vec{a} = (\Delta\vec{v})/\Delta t \quad (2)$$

La aceleración media es otra medida importante en el estudio del movimiento. Se define como el cambio promedio de velocidad de un objeto por unidad de tiempo. Indica cómo varía la velocidad de un objeto en un intervalo de tiempo dado.

La aceleración media puede ser positiva, negativa o cero, dependiendo de si el objeto está acelerando, desacelerando o manteniendo una velocidad constante durante el intervalo de tiempo considerado.

Es importante destacar que la aceleración media solo representa la variación promedio de la velocidad en un intervalo de tiempo y no tiene en cuenta las

variaciones instantáneas de la aceleración durante ese intervalo. Si el objeto experimenta cambios significativos en su aceleración a lo largo del tiempo, la aceleración media puede no reflejar con precisión la aceleración en un momento específico.

La aceleración media es útil para comparar la rapidez con la que diferentes objetos cambian su velocidad promedio en un intervalo de tiempo determinado. También se utiliza en análisis de datos y en el estudio de fenómenos físicos y naturales, donde se busca comprender las relaciones entre la velocidad y el tiempo.

Existen varios tipos de movimiento, de los cuales se encarga la cinemática y pueden clasificarse según la trayectoria que describe la partícula y/o el intervalo de tiempo en cual se produce. Si el movimiento se produce a través de una línea recta, se habla de entonces de movimiento lineal. Si el movimiento se repite en intervalos regulares de tiempo hablamos de movimiento periódico y por último hablamos de movimiento circular si el movimiento describe una trayectoria circular. En este trabajo se analizarán 2 tipos de movimiento:

**2.1.1 Movimiento rectilíneo uniforme (M.R.U):** Es un tipo de movimiento en línea recta en el cual un objeto se mueve a una velocidad constante, es decir, su velocidad no cambia.

Las principales características del M.R.U son:

- I. La velocidad del objeto es constante a lo largo de su recorrido.
- II. El desplazamiento del objeto es proporcional al tiempo transcurrido.
- III. La aceleración del objeto es cero.

La ecuación matemática que describe el M.R.U es:

$$x = x_0 + vt \quad (3)$$

En donde:

“ $x$ ” es posición final, “ $x_0$ ” es posición inicial, “ $v$ ” es velocidad constante, “ $t$ ” tiempo transcurrido.

También se pueden utilizar otras ecuaciones para calcular diferentes variables del movimiento rectilíneo uniforme, tales como:

$$v = (x - x_0) / t \quad (4)$$

$$t = (x - x_0) / v \quad (5)$$

Es importante tener en cuenta que en el M.R.U la velocidad es escalar, es decir, solo se considera la magnitud de la velocidad, y no su dirección. Por ejemplo, si un objeto se mueve en línea recta a una velocidad constante de 10 metros por segundo hacia la derecha, y luego cambia su dirección y se mueve a 10 metros por segundo hacia la izquierda, se dice que su velocidad es constante en ambos casos, pero su velocidad vectorial (que incluye la dirección) es cero.

**2.1.2 Movimiento rectilíneo uniforme variado (M.R.U.V):** Es un tipo de movimiento en el cual un objeto se mueve en línea recta a velocidad variable. A diferencia del M.R.U donde la velocidad es constante, en el M.R.U.V la velocidad cambia en el tiempo y esto produce una aceleración.

La aceleración en el M.R.U.V se define como el cambio de velocidad que experimenta un objeto en cada unidad de tiempo. Esta aceleración se representa por la letra "a" y su unidad en el Sistema Internacional de Unidades (SI) es  $m/s^2$ . La aceleración en el M.R.U.V puede ser constante o variable.

La fórmula que se utiliza para calcular la velocidad en el M.R.U.V es la siguiente:

$$v = v_0 + at \quad (6)$$

Donde:

“v” es la velocidad final, “ $v_0$ ” es la velocidad inicial, “a” es la aceleración, “t” es el tiempo transcurrido.

La fórmula que se utiliza para calcular la posición en el M.R.U.V es la siguiente:

$$x = x_0 + v_0t + 1/2at^2 \quad (7)$$

Donde:

“x” es la posición final, “ $x_0$ ” es la posición inicial, “ $v_0$ ” es la velocidad inicial, “t” es el tiempo transcurrido, “a” es la aceleración.

Cuando se necesita hallar “a” la ecuación queda de la siguiente forma haciendo los cálculos necesarios:

$$a = 2 \frac{x}{t^2} \quad (8)$$

Es importante destacar que en el M.R.U.V la velocidad y la aceleración pueden ser positivas o negativas, dependiendo del sentido del movimiento. Si la velocidad y la aceleración tienen el mismo signo, el objeto está acelerando; si tienen signos opuestos, el objeto está desacelerando o frenando.

## 2.2 Teoría del error

La teoría del error es una herramienta fundamental en cualquier campo que involucre medición, especialmente en física y ciencias experimentales. Esta teoría se basa en la idea de que cualquier medición que se realice tendrá una incertidumbre asociada, es decir, una posible discrepancia entre el valor medido y el valor real. [9]

La teoría del error establece que hay dos tipos principales de errores: errores sistemáticos y errores aleatorios. Los errores sistemáticos son aquellos que afectan

a todas las mediciones de la misma manera y pueden ser causados por problemas en el equipo de medición o por el método de medición en sí mismo. Por otro lado, los errores aleatorios son aquellos que varían aleatoriamente de medición a medición y pueden ser causados por factores como la variabilidad en la habilidad del observador o en las condiciones ambientales.

Para minimizar los errores sistemáticos, es importante calibrar el equipo de medición y verificar que el método de medición esté bien diseñado y se esté utilizando correctamente. Para minimizar los errores aleatorios, se pueden utilizar dispositivos con sensores, como el dispositivo S.M.U.R.V que se creó. Este dispositivo al contar con sensores reduce los errores aleatorios, puesto que al ser una máquina y no un humano, puede detectar el tiempo con mayor eficacia en vez de que una persona se confíe en su habilidad con el cronómetro, es importante tomar múltiples mediciones y calcular el promedio para obtener una medida más precisa y confiable.

La teoría del error también proporciona herramientas matemáticas para calcular la incertidumbre asociada a una medición, lo que permite establecer límites de confianza en los resultados obtenidos. Es importante tener en cuenta que la incertidumbre asociada a una medición no significa que la medición sea incorrecta, sino que proporciona información sobre la precisión de la medición.

Acá sus diferentes fórmulas:

- Error absoluto: es la diferencia entre el valor medido y el valor real. Se calcula como:

$$Error\ absoluto = V_{medido} - V_{real} \quad (9)$$

- Error relativo: es el error absoluto dividido por el valor real. Se calcula como:

$$Error\ relativo = (V_{medido} - V_{real}) / V_{real} \quad (10)$$

- Error porcentual: es el error relativo expresado en forma de porcentaje. Se

calcula como:

$$Error\ porcentual = (V_{medido} - V_{real}) / V_{real} \times 100\% \quad (11)$$

- Error cuadrático medio (ECM) es una medida comúnmente utilizada para evaluar la precisión de un modelo o estimador al comparar sus predicciones con los valores reales. Se calcula como la media de los errores al cuadrado entre las predicciones y los valores observados, La fórmula para calcular el ECM es la siguiente:

$$ECM = (1/n) * \Sigma(y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (12)$$

Donde:

- ECM es el error cuadrático medio.
- n es el número de observaciones o datos.
- $y_i$  son los valores observados.
- $\hat{y}_i$  son los valores predichos por el modelo o estimador.

También una forma de hallar el error es con la **desviación estándar** que es una medida estadística que indica qué tan dispersos están los datos en relación con la media o promedio. Representa la variabilidad o dispersión de un conjunto de datos, la desviación estándar cual se utiliza ampliamente en diversos campos, como la estadística, la física, la economía y las ciencias sociales. Es una medida importante para comprender la variabilidad de los datos y para tomar decisiones informadas basadas en la consistencia y predictibilidad de los resultados. [10]

La fórmula matemática de la desviación estándar se expresa de la siguiente manera:

Desviación estándar

$$(\sigma) = \sqrt{(\Sigma(x - \mu)^2 / N)} \quad (13)$$

Donde:

- $\sigma$  representa la desviación estándar.
- $\Sigma$  indica la suma de todos los valores.
- $x$  representa cada valor individual.
- $\mu$  representa la media (promedio).
- $N$  es el número total de datos.

La desviación estándar se calcula mediante los siguientes pasos:

1. Calcular la media o promedio de los datos.
2. Restar la media a cada valor individual para obtener las desviaciones individuales.
3. Elevar al cuadrado cada desviación individual.
4. Calcular la media de las desviaciones al cuadrado.
5. Obtener la raíz cuadrada de la media de las desviaciones al cuadrado.

Es importante mencionar que la desviación estándar es una medida de dispersión que indica cuánto se alejan los valores individuales de la media. Cuanto mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos alrededor de la media, mientras que una desviación estándar baja indica que los datos están agrupados cerca de la media, lo que significa que hay poca variabilidad o dispersión.

## 2.3 Materiales

### 2.3.1 Sensor HW-201

Es un sensor óptico infrarrojo de reflexión que detecta obstáculos al frente. Su construcción compacta y bajo coeficiente de temperatura lo hacen ideal para diversas aplicaciones. De acuerdo con la información proporcionada por el datasheet del sensor HW-201 [11], el módulo está compuesto por un LED emisor infrarrojo y un fotodiodo receptor sensible a la intensidad de luz. Cuando el módulo detecta un obstáculo, el LED verde se enciende y el puerto / Pin OUT emite una

señal de corriente baja. Es importante tener en cuenta la limitación óptica del dispositivo, ya que, al ser infrarrojo, puede ser inquietado por luces con mucha brillantez, luz solar, la cual perturba el infrarrojo del sensor. El potenciómetro del sensor permite ajustar la sensibilidad de detección de distancia, lo que lo hace ideal para su uso en proyectos de electrónica. Se puede conectar el puerto / Pin OUT de salida del sensor a un microcontrolador, como la tarjeta Arduino, para su procesamiento de datos.

La precisión del sensor HW-201 es de 1 microsegundo, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren mediciones de alta precisión en el tiempo. El rango de medición del sensor es de 0 a 99 horas, 59 minutos y 59,999 segundos. Además, cuenta con una resolución de 1 milisegundo, lo que lo hace muy preciso y confiable en la medición del tiempo.

### HW-201 Sensor De Proximidad Detector Obstáculos Infrarrojo

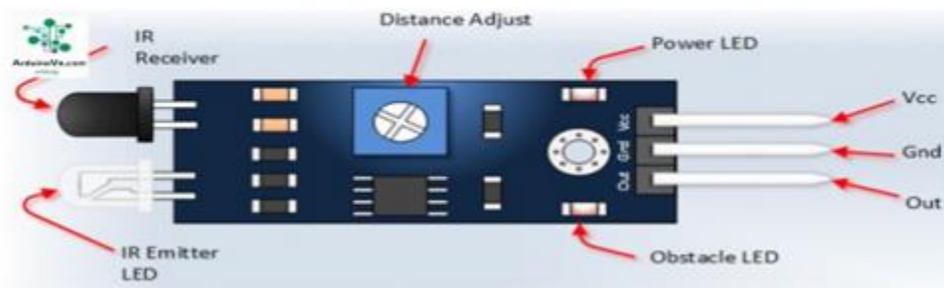


Imagen. 2.

Esquema indicando las partes del sensor hw-201.

Imagen extraída del datasheet del sensor HW-201

Este sensor es ampliamente utilizado en la industria y en la investigación científica debido a su alta precisión y confiabilidad en la medición del tiempo. Algunas de las aplicaciones en las que se utiliza el sensor HW-201 son:

- Cronometraje deportivo: se utiliza para medir el tiempo en carreras de

velocidad, competencias de natación, carreras de caballos, entre otras disciplinas deportivas.

- Mediciones industriales: el sensor se utiliza en la medición del tiempo en procesos industriales, como en la sincronización de máquinas, en la automatización de procesos de producción, y en el control de calidad.
- Experimentos científicos: se utiliza en experimentos científicos que requieren mediciones precisas en el tiempo, como en estudios de la mecánica, la física de partículas, y en la medición de la velocidad de reacciones químicas.
- Control de acceso: en sistemas de seguridad se utiliza para controlar el acceso a instalaciones y para el registro de asistencia de los empleados.

### **2.3.2 Arduino nano atmega mini (microcontrolador)**

Arduino nano atmega mini es una placa microcontroladora muy popular, que ha sido ampliamente adoptada en proyectos de electrónica y robótica debido a su facilidad de uso y flexibilidad.

Es una versión más pequeña y económica de la popular tarjeta Arduino Uno, y cuenta con un menor número de pines de entrada/salida, pero conserva la mayoría de sus características y funcionalidades.

De acuerdo con la información que nos proporciona la página oficial de Arduino en donde se extrajo el datasheet [12]. El microcontrolador utilizado para la lectura del tiempo fue una Arduino nano (ATMega168), este dispositivo contiene una memoria de programa tipo FLASH, su consumo de potencia es muy bajo y adicional a esto es completamente estático, es decir, que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden. La placa se basa en un microcontrolador de 8 bits de la familia AVR de Atmel, y cuenta con una serie de pines de entrada/salida (I/O) que pueden ser programados para realizar diferentes tareas.

La tarjeta Nano tiene un voltaje de operación de 5V, pero también se puede programar para operar con 3.3V, lo que la hace compatible con una amplia gama de dispositivos electrónicos. Además, su pequeño tamaño permite integrarla en proyectos en los que se requiere una alta portabilidad.

Además, la placa Arduino Nano Atmega utiliza un reloj interno basado en un oscilador de cristal de cerámica. Este oscilador genera pulsos de frecuencia constante que son utilizados por el microcontrolador para contar el tiempo. En cada ciclo de reloj, se incrementa un contador interno que lleva la cuenta de los milisegundos transcurridos desde que el programa comenzó a ejecutarse.

La Arduino Nano es ideal para proyectos que requieren un tamaño compacto y bajo consumo de energía, como sensores y dispositivos portátiles. También es muy popular para proyectos de robótica y control de motores, debido a su capacidad de conexión con sensores, actuadores y motores.

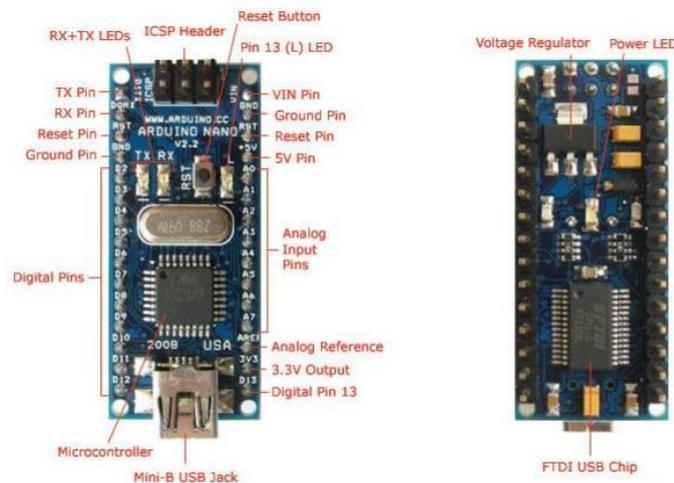


Imagen 3.

Distribución de puertos Arduino nano

Imagen extraída del datasheet Arduino nano atmega mini.

La placa Arduino nano tiene un total de 20 pines de entrada/salidas digitales, de los cuales 14 se pueden utilizar como pines de entrada/salida PWM (modulación por

ancho de pulso). Además, cuenta con 6 pines de entrada analógica y un puerto USB tipo b para la conexión con una computadora.

La distribución de pines de entrada/salidas digitales de la placa Arduino nano es la siguiente:

- Alimentación: La placa puede ser alimentada a través del conector USB tipo b. La entrada de voltaje permitida varía entre 6 y 20 voltios.
- Pines digitales: La placa tiene 14 pines digitales, numerados del 0 al 13, que pueden ser configurados como entradas o salidas digitales.
- Pines analógicos: La placa cuenta con 8 pines analógicos, etiquetados como A0 a A7, que se pueden utilizar como entradas analógicas.
- PWM: Seis de los pines digitales, del 3 al 11, tienen capacidad de generar señales PWM (modulación por ancho de pulso).
- Comunicación: La placa tiene un puerto USB que se utiliza para cargar el código y comunicarse con el ordenador. Además, cuenta con un puerto serie que se utiliza para la comunicación con otros dispositivos.
- Interrupciones: Dos pines digitales, 2 y 3, tienen capacidad para interrupciones externas.

### **2.3.3 Pantalla LCD LM016**

Es un módulo de pantalla de cristal líquido (LCD) de 16 caracteres por 2 líneas que se utiliza comúnmente en proyectos electrónicos con microcontroladores, como Arduino.

De acuerdo con la información dada por el datasheet [13] de la pantalla lcd lm016l, la pantalla tiene un controlador integrado HD44780 que permite una fácil comunicación con el microcontrolador a través de un bus de datos paralelo de 8 bits. Además, la pantalla tiene una luz de fondo LED blanca que se puede encender y apagar según sea necesario.

La pantalla tiene una resolución de 16 caracteres por 2 líneas, lo que significa que puede mostrar hasta 32 caracteres en total. Cada carácter se compone de una

matriz de 5x8 píxeles, lo que significa que la pantalla puede mostrar caracteres alfanuméricos estándar y algunos caracteres especiales, también utiliza tecnología de polarización negativa, lo que significa que los caracteres se muestran en una pantalla con fondo oscuro. La pantalla también tiene una luz de fondo LED azul integrada, lo que permite la visualización del texto en condiciones de baja luminosidad.

La pantalla es relativamente fácil de usar y programar con microcontroladores como Arduino. Hay muchas librerías disponibles que simplifican la tarea de enviar información a la pantalla, lo que la hace ideal para proyectos de principiantes y avanzados.

En cuanto a su aplicabilidad, la pantalla LM160L se utiliza comúnmente en proyectos de control de dispositivos y en sistemas de monitoreo y visualización de datos en tiempo real. También se puede utilizar en proyectos de automatización del hogar, sistemas de seguridad y control de robots, entre otros.

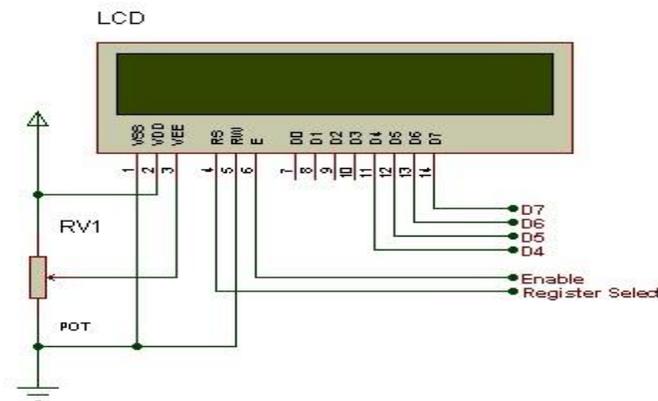


Imagen 4.

Pantalla LCD LM016L

Imagen extraída por el datasheet de la pantalla lcd lm016.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Programación

El código que se usó para la programación está escrito en C++ y utiliza una serie de bibliotecas y pines de entrada/salida para controlar el cronómetro y la pantalla LCD.

En el *setup*, inicializas las entradas y salidas necesarias para el funcionamiento del programa, y estableces la interrupción en los pines sensor1 y sensor2, los cuales se utilizan para medir el tiempo transcurrido entre ellos.

En el *loop* "Ingresar Dist.", se espera a que el usuario seleccione una distancia en el rango de 0-100 cm y presione el botón OK para iniciar la medición del tiempo. Una vez que se presiona el botón OK, se inicia el cronómetro y se muestra en la pantalla LCD el mensaje "Cronometro ACT." durante 1 segundos antes de comenzar la medición del tiempo.



Imagen 5.  
Ingresar distancia.



Imagen 6.  
Cronometro activado

Dentro del *loop*, se utiliza un switch para mostrar diferentes mensajes en la pantalla LCD dependiendo del estado del cronómetro. El estado 1 muestra un mensaje de "CAPTURANDO..." en la pantalla, mientras que el estado 2 muestra la medición del tiempo transcurrido.



Imagen 7.  
Capturando el tiempo.

En las funciones *startTimer* y *stopTimer*, se utiliza *millis* para medir el tiempo transcurrido entre la activación del pin sensor1 y la activación del pin sensor2, y se guarda el tiempo transcurrido en la variable *elapsedTime*.

Después, se muestra en la pantalla LCD la medición del tiempo en formato minutos, segundos, milisegundos. Además, se calcula la velocidad y la aceleración en

función de la distancia seleccionada y el tiempo medido está en la pantalla final a la hora de ver los datos.



Imagen 8.  
Pantalla final.

En resumen, la programación utiliza una combinación de entradas y salidas, interrupciones y la función *millis* para medir el tiempo transcurrido y mostrar la medición en la pantalla LCD.

En el anexo 1 se puede ver la programación completa en donde se divide bien lo explicado acá.

### 3.2 Circuito eléctrico

El circuito eléctrico diseñado consta de tres componentes principales: una fuente de alimentación, un microcontrolador y una pantalla LCD. La fuente de alimentación se encarga de proporcionar la corriente necesaria para que el microcontrolador y la pantalla LCD funcionen adecuadamente. El microcontrolador es el encargado de procesar la información y controlar el tiempo y la distancia en el cronómetro. La pantalla LCD es utilizada para mostrar información relevante, como la distancia ingresada, el tiempo medido y la velocidad calculada.

El microcontrolador utilizado en el circuito es un Arduino nano, que cuenta con varios pines digitales que se utilizan para controlar los sensores y la pantalla LCD.

Los sensores de distancia se conectan al microcontrolador a través de los pines digitales 12 y 14, mientras que los botones de control de distancia y el botón OK se conectan a los pines digitales 15, 16 y 17, respectivamente.

La pantalla LCD es una pantalla de cristal líquido con interfaz I2C, lo que significa que se comunica con el microcontrolador a través del protocolo de comunicación I2C. Esto reduce la cantidad de pines necesarios para su conexión al microcontrolador y simplifica el diseño del circuito.

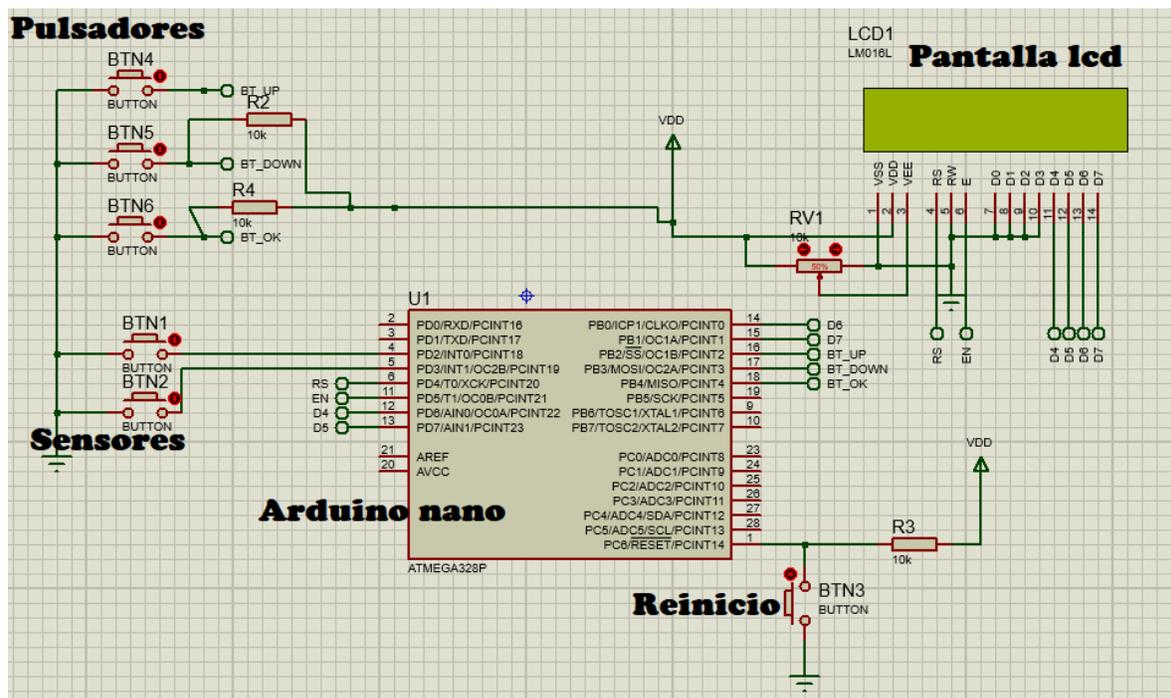


Imagen 9.

Esquema de conexión del S.M.U.R.V en el Proteus

Cabe resaltar que este esquema se hizo en el *Proteus 8 Professional* esto con el fin de ver si las conexiones que se harán serán las óptimas para que el S.M.U.R.V funcione en físico y también para comprobar el bueno uso de la programación. Para hablar un poco acerca del *Proteus 8 Professional* es un software de diseño y simulación de sistemas electrónicos desarrollado por Labcenter Electronics. Es ampliamente utilizado en la industria electrónica y en el ámbito académico para el diseño, simulación y verificación de circuitos electrónicos.

Una de las características principales de *Proteus 8 Professional* es su capacidad de simular y diseñar circuitos electrónicos completos, incluyendo componentes digitales y analógicos, microcontroladores, sistemas embebidos y sistemas de comunicación. Permite la creación de esquemas eléctricos, diseño de PCB (Printed Circuit Board), simulación de circuitos y análisis de señales.

### 3.3 Plug and Play del S.M.U.R.V

Una vez se revisaron los conceptos y herramientas necesarias, se procedió a conectar y configurar el S.M.U.R.V en la baquela universal. Para ello, se consideraron diferentes aspectos como la elección de los materiales, las limitaciones presupuestarias y las especificaciones técnicas necesarias para su correcto funcionamiento. Se buscó construir un sensor accesible y de bajo costo para que pueda ser replicado en otros contextos.

Además, se integraron otros componentes electrónicos como la tarjeta Arduino Nano utilizada para la programación, una pantalla LCD LM016L para visualizar los resultados, y 4 pulsadores (uno para subir la distancia, otro para bajar la distancia, otro para dar un "ok" y el último para reiniciar el dispositivo). Todos estos componentes se montaron en una baquela universal y se realizaron las conexiones utilizando cable rainbow para asegurar una correcta interacción entre los sensores y los demás elementos del sistema.

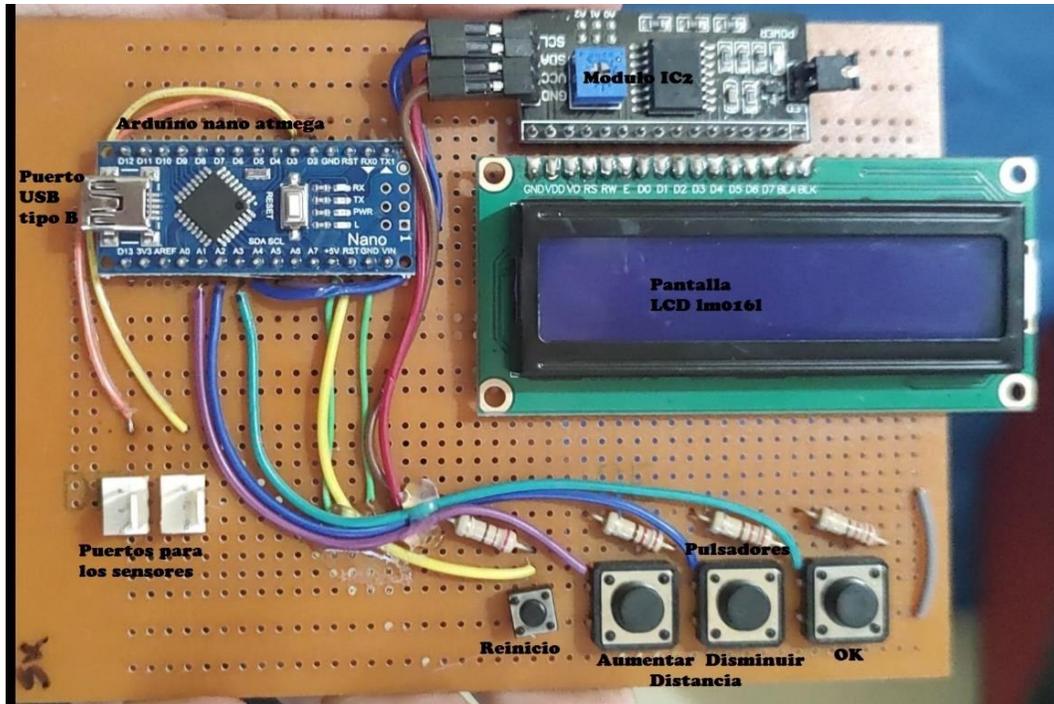


Imagen 10

Montaje del S.M.U.R.V sin caja

La alimentación eléctrica del S.M.U.R.V se realiza a través de una fuente de alimentación externa conectada a la Arduino Nano mediante un cable tipo B. Esta fuente de alimentación suministra un voltaje de operación estándar de 5 voltios, que es la tensión proporcionada por los puertos USB.

En cuanto al consumo de energía, se ha tenido en cuenta el consumo típico de la Arduino Nano, que se estima en aproximadamente 20 mA en condiciones normales de funcionamiento.

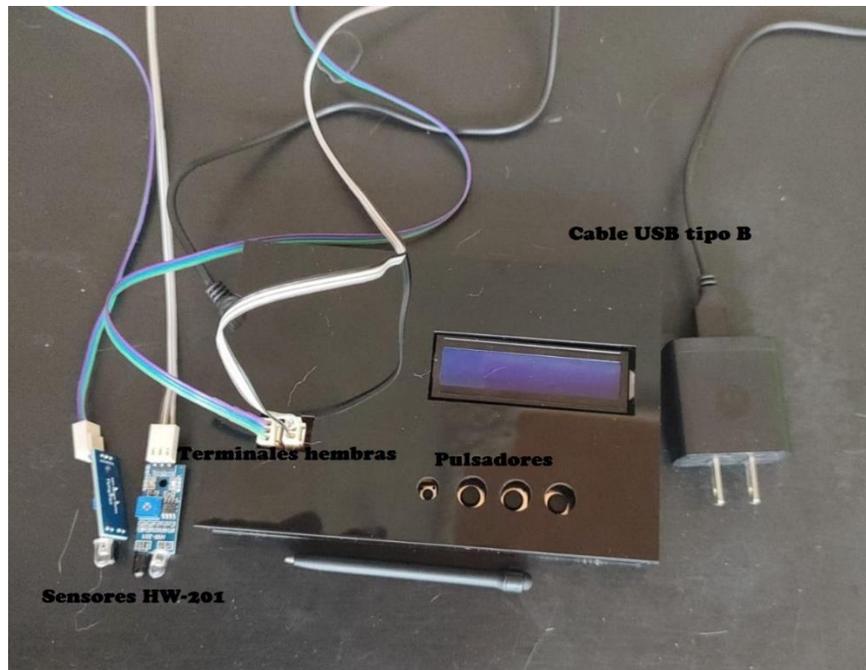


Imagen 11.

### Montaje del S.M.U.R.V en la caja

Se tuvieron en cuenta aspectos como la facilidad de uso del S.M.U.R.V, su portabilidad y su capacidad para trabajar en diferentes condiciones y situaciones experimentales.

## 4. CALIBRACION, RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 4.1 Resultados

En esta sección se muestran los resultados obtenidos con el S.M.U.R.V para medir el tiempo en el experimento de caída libre con el objetivo de obtener el valor de la gravedad. Nuestros resultados se comparan con los obtenidos con el dispositivo de la marca LEYBOLD.

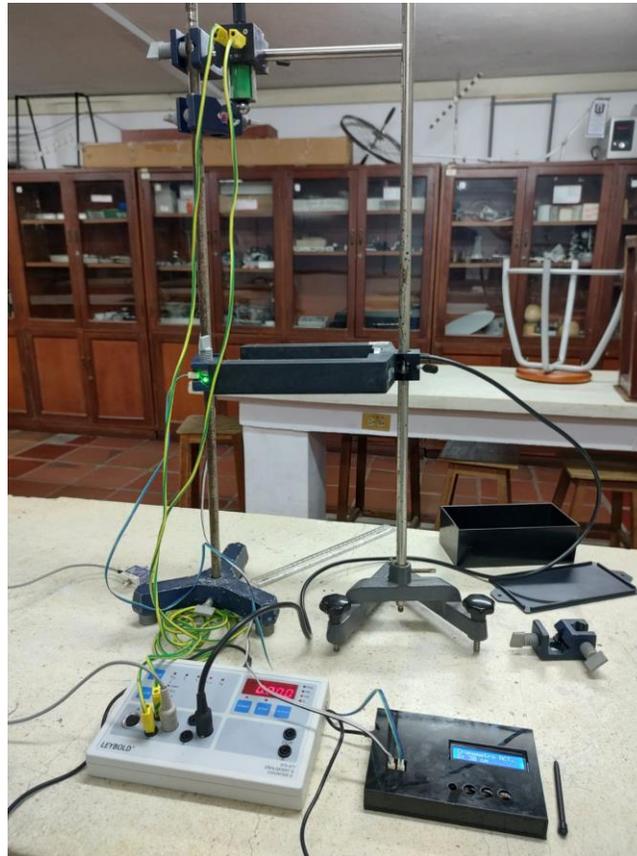


Imagen 12

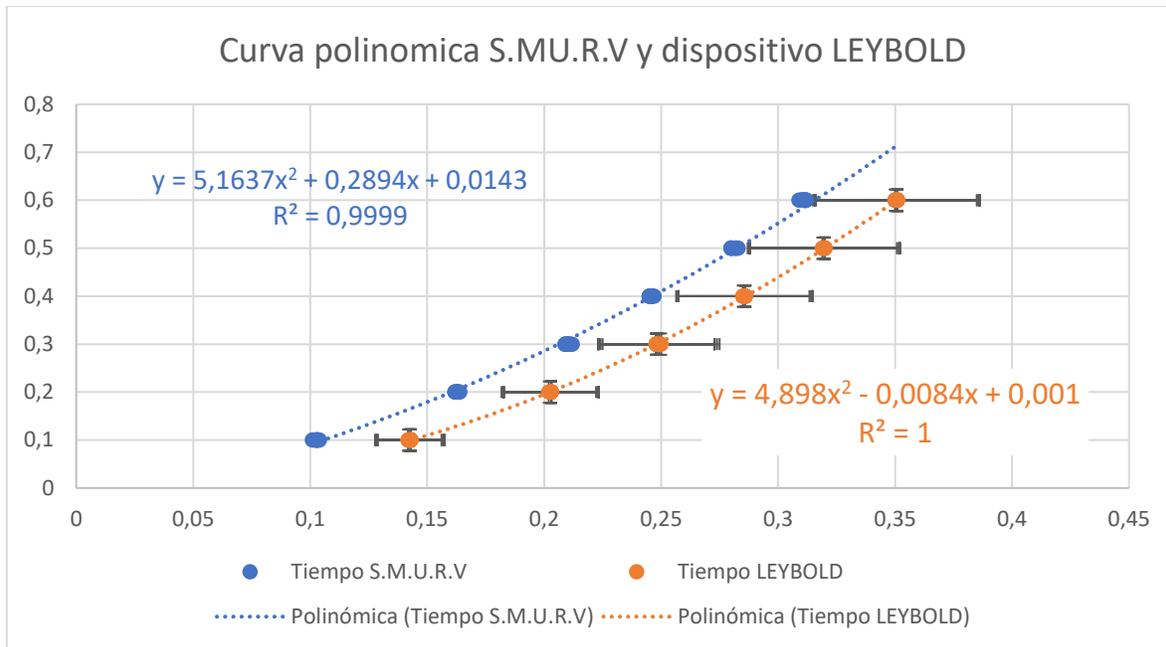
Prueba de calibración S.M.U.R.V con el dispositivo LEYBOLD (sensor herradura)

La tabla 1 (ver tabla 1 en anexos) presenta los tiempos en segundos (s) y los desplazamientos en metros (m) obtenidos tanto del dispositivo (sin calibrar) como del equipo LEYBOLD durante un experimento de caída libre utilizando una esfera de acero con un radio de 6 milímetros (mm). Los sensores del dispositivo desarrollado se colocaron a lo largo de la barra de acero para registrar los valores que se muestran en la tabla. El experimento se repite 10 veces para cada altura, comenzando desde 10 cm y aumentando en incrementos de 10 cm hasta alcanzar una altura de 60 cm.

La Gráfica 1 representa la relación entre la altura (m) y el tiempo (s), utilizando los datos recopilados de la tabla 1. Con el fin de analizar los datos experimentales, se realizó un ajuste de curva polinómica de segundo grado, este ajuste permite encontrar una expresión matemática que se ajuste de manera precisa a los datos experimentales y nos brinda información sobre la relación entre el desplazamiento y el tiempo, también se agregaron unas barras de error de 10% a los datos del dispositivo LEYBOLD el cual se tiene como referencia para poder ver si hay margen de error.

Para evaluar la precisión del ajuste a los datos experimentales, se utilizó el coeficiente de correlación, que proporciona una medida de la calidad del ajuste. Cuanto más cercano sea el coeficiente de correlación a 1, mayor será la precisión del ajuste a los datos experimentales.

La ecuación resultante, basada en la posición en el Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (M.U.R.V), se expresó en su forma (7), pero en este caso particular utilizaremos la forma (8) para describir hallar la gravedad.



**Grafica 1.**  
**Curva polinómica 1**

Al analizar la gráfica 1, se puede observar que el dispositivo S.M.U.R.V cumple con su objetivo principal al calcular los tiempos. Sin embargo, se evidencia un desfase considerable en comparación con el dispositivo LEYBOLD, el cual se considera como referencia calibrada. Esto se debe a que el S.M.U.R.V se encuentra desfasado en 40 milisegundos con respecto al dispositivo LEYBOLD, lo que contribuye al margen de error observado.

El error en los datos del equipo de referencia se representa mediante las barras de error presentes en la gráfica, las cuales se aplicaron a los datos del dispositivo LEYBOLD y representan un 10% de error.

Las barras de error nos brindan información sobre la precisión de las mediciones. En general, cuando los datos se encuentran más alejados de la punta de las barras de error, indica una mayor precisión en las mediciones realizadas.

Esta situación presenta un inconveniente significativo, ya que se evidencia una mayor inexactitud en los datos cuando se miden alturas/distancias más cortas. Sin

Vigilada Mineducación

embargo, a medida que la altura/distancia aumenta, el impacto de este error disminuye y llega un punto en el que se vuelve despreciable.

Al examinar la gráfica, se puede observar que las mediciones realizadas por el S.M.U.R.V. muestran una variabilidad de aproximadamente 2 milisegundos entre sus mediciones, esto nos indica que los datos no son tan consistentes aun así se mantienen en un margen de error aceptable para la medición.

## 4.2 Calibración

El desfase observado se atribuye a la desincronización de 40 milisegundos del cronómetro interno del S.M.U.R.V, controlado por la placa Arduino nano, en comparación con el dispositivo LEYBOLD. Esta discrepancia en el tiempo medido se debe a las características del cronómetro interno de la Arduino Nano, el cual se basa en un oscilador cristal de cerámica que mide en tiempo en ciclos de milisegundos.

Para abordar esta situación, se llevará a cabo la calibración del S.M.U.R.V mediante programación. Este proceso permitirá ajustar el cronómetro interno y corregir la desincronización, logrando así mediciones más precisas y confiables. Al realizar esta calibración, se espera eliminar el desfase y garantizar la adecuada sincronización temporal del dispositivo.

Es importante tener en cuenta que el dispositivo LEYBOLD es un sensor calibrado y preciso, por lo que su tiempo de medición se considera como el valor de referencia.

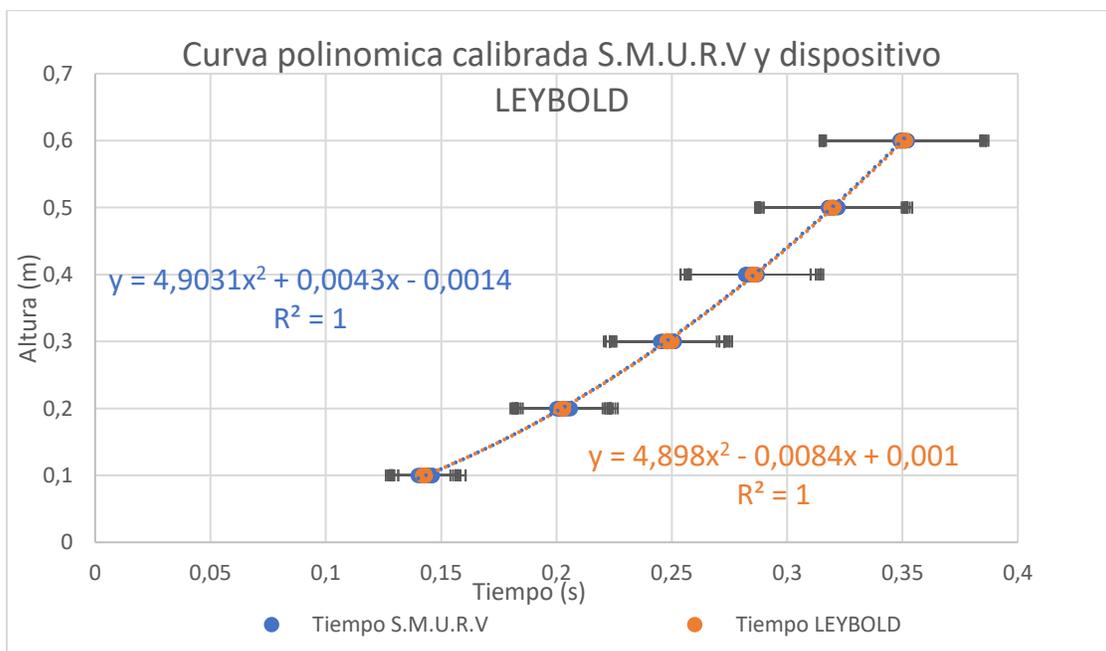
Tras realizar el análisis previo, se identificó la necesidad de realizar un ajuste en el código, que involucra las variables de tiempo. Este ajuste consistió en sumar 40 milisegundos al tiempo calculado, con el objetivo de reducir la discrepancia en los valores de tiempo obtenidos en comparación con el dispositivo LEYBOLD. Al

realizar este ajuste, se esperaba minimizar las diferencias notables en las mediciones de tiempo entre ambos dispositivos.

Una vez realizado el ajuste, se procedió a llevar a cabo nuevas mediciones utilizando las mismas alturas con el fin de verificar la calibración del dispositivo desarrollado. El proceso consistió nuevamente en tomar 10 mediciones para cada altura, y con los valores obtenidos se generó una tabla 2 (ver tabla 2 en anexos) de resultados y se construyó un gráfico correspondiente para su posterior análisis.

### 4.3 Resultados de la calibración

A continuación, se muestra la gráfica actualizada, donde se ha realizado un ajuste de curva polinómica de grado 2 para obtener su expresión matemática correspondiente:



Gráfica 2.

Datos tabla 2 Desplazamiento vs Tiempo con barra de error.



Tras realizar los ajustes correspondientes en la programación del S.M.U.R.V, podemos observar un impacto positivo en las mediciones de tiempo. Ahora, el desfase se eliminó y los datos obtenidos concuerdan más con los del dispositivo LEYBOLD. Esto se evidencia al calcular la gravedad utilizando la ecuación (8), la cual fue proporcionada directamente en la gráfica.

Para evaluar el margen de error de ambos dispositivos, se utilizará como referencia el dispositivo LEYBOLD. Al realizar los cálculos pertinentes, se podrá determinar con mayor precisión el margen de error existente en cada dispositivo y compararlos entre sí, el margen de error absoluto se calculará con la ecuación (11).

Al realizar los cálculos correspondientes, se obtiene el valor de la aceleración gravitacional en juntos dispositivos (S.M.U.R.V y LEYBOLD):

$$\text{LEYBOLD } g = 2(4,8902) \frac{m}{s^2} = 9.78 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{S.M.U.R.V } g = 2(4,903) \frac{m}{s^2} = 9.862 \frac{m}{s^2}$$

Margen de error del S.M.U.R.V con respecto a el dispositivo LEYBOLD es:

- % error =  $| (9.862 - 9.78) / 9.78 | \times 100\% = 0.83\%$

#### 4.4 Análisis

Ahora se observa que las mediciones muestran una mayor precisión, ya que se encuentran significativamente alejadas de la barra del margen de error del 10%, también se observa que, en distancias más cortas, como por ejemplo 10 cm el margen de error de cada medida tienen a ser un poco más grande, sin embargo, a medida que la distancia aumentaba, se pudo apreciar una mayor precisión en las mediciones del S.M.U.R.V.



Posteriormente, se procedió a calcular el porcentaje de error entre los valores de gravedad calculados entre S.M.U.R.V. y LEYBOLD, obteniendo un valor de 0.83%. Este resultado evidencia una diferencia aceptable en términos de precisión entre ambos dispositivos, lo cual es un indicador positivo del proceso de calibración llevado a cabo. Es importante destacar que el ajuste realizado en el código del S.M.U.R.V. ha tenido un impacto significativo al mejorar su precisión y alinear sus mediciones de manera más precisa con los valores obtenidos por el dispositivo de referencia, el dispositivo LEYBOLD.

Para corroborar estos se calculó la desviación estándar (13) de cada medida, el resultado fue el siguiente:

- Para el S.M.U.R.V: 0.0599
- Para el dispositivo LEYBOLD: 0.000467.

El valor de la desviación estándar indica la dispersión de los datos alrededor de la media. En este caso, el valor de la desviación estándar es muy pequeño, lo que indica que los datos están muy cercanos entre sí y tienen poca variabilidad, este resultado es positivo en términos de precisión.

Como resultado, se puede concluir que el S.M.U.R.V. se encuentra completamente calibrado y puede ser utilizado con mayor confianza en futuras mediciones o experimentos. Estos hallazgos refuerzan la validez y precisión del dispositivo desarrollado.



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

En este trabajo se llevó a cabo el diseño, construcción e implementación de un dispositivo denominado S.M.U.R.V que se caracteriza por ser de bajo costo y fácil manejo. Se utilizó el microcontrolador Arduino Nano Atmega, programado mediante el software "Arduino IDE". La creación de este tipo de sistemas representa una herramienta adicional para la integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la enseñanza de las ciencias naturales, en particular, en el ámbito de la física.

El S.M.U.R.V. representa una solución económica y accesible para la medición precisa del tiempo. Su diseño y programación han sido concebidos para garantizar una interacción sencilla entre estudiantes y profesores, obteniendo mediciones confiables y precisas. Gracias a la utilización de Arduino y el software "Arduino IDE", el dispositivo puede adaptarse y personalizarse según las necesidades específicas de cada entorno educativo.

Uno de los objetivos de este proyecto es resolver el desafío que surge debido a la falta de equipos costosos en muchas instituciones educativas para llevar a cabo experimentos en física, por ejemplo, al considerar experimentos de medición de tiempo, se evidencia una notable diferencia de costo en comparación con dispositivos comerciales como el LEYBOLD, cuyo precio mínimo alcanza los 700 mil pesos (cotizado en LEYBOLD), en contraste, el dispositivo S.M.U.R.V. presenta un costo inferior a 200 mil pesos (consultar tabla de presupuesto en los anexos). Esta diferencia económica significativa apoya a las instituciones con recursos limitados, brindándoles una alternativa asequible y de calidad, además su diseño sencillo y de bajo costo permite que pueda ser replicado en otros contextos educativos sin mayores dificultades ni requerimientos económicos significativos.



El S.M.U.R.V, basado en la utilización de sensores de movimiento y un sistema de medición preciso, ha demostrado su capacidad para registrar y calcular con precisión los tiempos asociados a los movimientos estudiados. Esto ha facilitado la realización de experimentos y la recolección de datos relevantes, esto es una experiencia práctica y significativa en el estudio de los experimentos que requieran medir tiempo (caída libre, movimiento uniforme, etc.), también brinda a los estudiantes la oportunidad de observar directamente el fenómeno en estudio y obtener valores temporales en diferentes posiciones de referencia establecidas por los sensores. El análisis de la gráfica y el cálculo del porcentaje de error demuestran que el S.M.U.R.V. ha logrado su objetivo de proporcionar mediciones precisas. El dispositivo ha superado las expectativas al mostrar una mayor precisión a medida que las distancias aumentan, lo cual respalda su utilidad en la descripción y comprensión en la medición de tiempos.

Además, se pudo observar que el S.M.U.R.V. ofrece mediciones consistentes y estables a lo largo del tiempo. No se detectaron variaciones significativas en las mediciones de un día a otro, lo cual demuestra la confiabilidad del dispositivo y su idoneidad para ser utilizado en el ámbito educativo de la Física como una herramienta de medición precisa y confiable en el estudio del tiempo. Esta consistencia en las mediciones brinda una mayor confianza en los resultados obtenidos y garantiza la exactitud de los datos recopilados durante los experimentos y prácticas de laboratorio.

Por último, se pudo observar que los sensores HW-201, pueden presentar dificultades o no funcionar correctamente en condiciones de luz intensa que contenga radiación infrarroja y que afectan su funcionamiento. Estos sensores están diseñados para detectar niveles de luz ambiente. Sin embargo, en presencia de luz solar directa o la iluminación artificial muy brillante, los sensores pueden saturarse y proporcionar lecturas inexactas o poco fiables. Por lo tanto, es recomendable utilizar estos sensores en condiciones de luz moderada para obtener mediciones más precisas y confiables.



## 5.2 Recomendaciones

Es relevante destacar que, si bien el proyecto cumple con su propósito de ser una herramienta económica y funcional para la enseñanza de la física, existen oportunidades para su mejora y expansión. Una posible línea de desarrollo futuro consistiría en agregar funciones adicionales al sensor, lo cual permitiría la realización de laboratorios relacionados con la dinámica y la termodinámica. Esto ampliaría aún más la utilidad del proyecto y proporcionaría a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más completa y enriquecedora en el campo de la física.

La incorporación de funciones complementarias al dispositivo S.M.U.R.V. abriría nuevas posibilidades para explorar diferentes fenómenos físicos. Además, permitiría a los estudiantes realizar mediciones y análisis más sofisticados, brindándoles una comprensión más profunda de los conceptos físicos y fomentando su capacidad de razonamiento científico.

Asimismo, sería beneficioso considerar la posibilidad de desarrollar una interfaz de usuario intuitiva y amigable, que facilite la configuración y visualización de los datos obtenidos. Esto permitiría a los estudiantes interactuar de manera más fluida con el dispositivo y obtener resultados de manera más rápida y precisa.

## 6. REFERENCIAS

[1] Torres, S. *La enseñanza de la cinemática apoyada en la teoría del aprendizaje significativo, la solución de problemas y el uso de applets* (tesis de maestría). 2013. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.

[2] C. Collazos Morales. *Construcción de un prototipo para experimentos de mecánica*, 2010.

[3] Ley 115. *Presidencia de la República, Bogotá, Colombia, 08 de febrero de 1994.*

[4] Hewson, P. W. *La enseñanza de "Fuerza y Movimiento" como cambio conceptual. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 1990, Vol. 8, n.º 2, pp. 157-171,  
<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51315>.

[5] Mora, C. y Herrera, D. *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza*. 2009.

[6] Villota, W. & Lambert, Y, *Contribución de la tecnología sensores de movimiento en la producción de videos educativos para la educación básica. diseño de un software de control gestual*. 2017. universidad católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador.

[7] Giancoli, D. C. *FISICA 1: PRINCIPIOS CON APLICACIONES* (6th ed.): Pearson. 2005.

[8] FisicaBachillerato. (s.f.). Movimiento y desplazamiento. Recuperado de <https://fisicabachillerato.netlify.app/movimiento-desplazamiento.html>



[9] Salvador Medina Rivera. *Breve introducción a la teoría de errores y la graficación*, 2017, primera edición. Universidad Autónoma de Aguascalientes.

[10] Murray R. Spiegel y Larry J. Stephens. *Estadística de Schaum*. 2009, cuarta edición.

[11] IR *Sensor Module*. (s. f.). Components101. | *Datasheet* | *sensor ir-HW-201*.  
[https://components101.com/sites/default/files/component\\_datasheet/Datasheet%20of%20IR%20%20Sensor.pdf](https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/Datasheet%20of%20IR%20%20Sensor.pdf)

[12] Arduino *Nano*. (s. f.). Components101. | *Datasheet* | *ARDUINO NANO ATMEGA*.  
<https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>

[13] Crystalfontz America Inc. (s. f.). *Hitachi HD44780 Datasheet*. | *HD44780* | *Hitachi* | *LM016L*.  
<https://www.crystalfontz.com/controllers/Hitachi/HD44780/>

## 7. ANEXO

### 7.1 Código de programación

```
// Incluimos la librería para controlar la LCD
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define sensor1 2
#define sensor2 3
#define botonSubirDistancia 15
#define botonBajarDistancia 16
#define botonOK 17

// Variables para guardar los minutos, segundos y milisegundos
static byte minutes = 0;
static byte seconds = 0;
static byte milliseconds = 0;
    static byte toma = 0;

// Variables para guardar el tiempo
unsigned long startTime = 0;
unsigned long stopTime = 0;
unsigned long elapsedTime = 0;
int ajuste = 40; // Variable para el ajuste del tiempo en milisegundos

// Variables
int distancia = 0;
float velocidad = 0.0;
float aceleracion = 0.0;

// Inicializamos la LCD
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
void setup() {
    // Configuración de los pines de los pulsadores
```



```

lcd.init();
lcd.backlight();
pinMode(botonSubirDistancia, INPUT_PULLUP);
pinMode(botonBajarDistancia, INPUT_PULLUP);
pinMode(botonOK, INPUT_PULLUP);
    // Configuramos los pines de los sensores como entradas con pull-up
pinMode(sensor1, INPUT_PULLUP);
pinMode(sensor2, INPUT_PULLUP);
// Mensaje inicial en el display LCD
lcd.print("Ingresar Dist.");
pinMode(sensor1, INPUT_PULLUP);
pinMode(sensor2, INPUT_PULLUP);
// Configuramos las interrupciones de cambio de estado en los pines de los
sensores
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor1), startTimer, FALLING);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(sensor2), stopTimer, FALLING);
}
void loop() {
    // Si se presiona el botón para subir la distancia
    if (!digitalRead(botonSubirDistancia)) {
        if (distancia < 100) { // La distancia máxima es 100 cm
            distancia++; // Aumentar la distancia en 1 cm
        }
    }
    // Si se presiona el botón para bajar la distancia
    if (!digitalRead(botonBajarDistancia)) {
        if (distancia > 0) { // La distancia mínima es 0 cm
            distancia--; // Disminuir la distancia en 1 cm
        }
    }
    lcd.setCursor(0, 1); // Posicionar el cursor en la segunda fila del display

```



```

lcd.print("D: "); // Imprimir el mensaje en el display
lcd.print(distancia);
lcd.print(" cm ");
delay(250); // Esperar un tiempo para evitar múltiples pulsaciones
// Si se presiona el botón OK
if (!digitalRead(botonOK)) {
    lcd.clear(); // Limpiar el display LCD
    lcd.print("Cronometro ACT.");
    delay(1000); // Esperar un segundo antes de empezar la medición del tiempo
    // tiempo = 0; // Reiniciar el contador del tiempo
}
switch(toma)
{ case 1: lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("CAPTURANDO...");
    break;
  case 2: lcd.clear(); // Limpiar el display LCD
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("T: ");
    lcd.setCursor(2, 0);
    milliseconds = elapsedTime%1000;
    seconds = elapsedTime/1000;
    if(seconds>59)
    { minutes = seconds/60;
      seconds= seconds %60;
    }
    lcd.print(String(minutes)+":"+String(seconds)+"."+String(milliseconds));
    // Calculamos la velocidad y la aceleración
    velocidad = (int)distancia / ((float)elapsedTime / 1000); // Velocidad en cm/s
    aceleracion = velocidad / ((float)elapsedTime / 1000); // Aceleración en cm/s^2
    lcd.setCursor(10, 0);

```



```
lcd.print("V:");
lcd.print(velocidad);
lcd.setCursor(10, 1);
lcd.print("A:");
lcd.print(acceleracion);
delay(1000); // Esperar un segundo antes de actualizar el display con el nuevo
tiempo
/// codigo para guardar los datos. y activar una bandera
break;
}
}
// Función para iniciar el cronómetro
void startTimer() {
  //cli(); // Desactivamos interrupciones para evitar problemas de concurrencia
  // noInterrupts();
  startTime = millis();
  toma=1;
  minutes=0;
  seconds=0;
}
// Función para detener el cronómetro
void stopTimer() {
  //noInterrupts();
  stopTime = millis();
  elapsedTime = stopTime - startTime + ajuste;
  toma=2;
}
```

## 7.2 Tablas

**Tabla 1. Datos mediciones S.M.U.R.V sin calibrar vs dispositivo LEYBOLD**

Altura	Tiempo S.M.U.R.V	Tiempo LEYBOLD
0,1	0,104	0,143
0,1	0,103	0,143
0,1	0,102	0,143
0,1	0,103	0,143
0,1	0,103	0,142
0,1	0,102	0,142
0,1	0,103	0,143
0,1	0,103	0,143
0,1	0,101	0,142
0,1	0,103	0,143
0,2	0,163	0,203
0,2	0,163	0,203
0,2	0,162	0,203
0,2	0,163	0,203
0,2	0,162	0,203
0,2	0,163	0,203
0,2	0,163	0,202
0,2	0,162	0,203
0,2	0,163	0,203
0,2	0,164	0,203
0,3	0,21	0,248
0,3	0,211	0,248
0,3	0,209	0,248
0,3	0,21	0,248
0,3	0,21	0,248
0,3	0,21	0,249
0,3	0,209	0,25
0,3	0,209	0,248
0,3	0,211	0,248
0,3	0,212	0,248
0,4	0,246	0,286
0,4	0,246	0,286
0,4	0,246	0,286



0,4	0,246	0,286
0,4	0,245	0,286
0,4	0,246	0,285
0,4	0,245	0,285
0,4	0,245	0,286
0,4	0,246	0,286
0,4	0,247	0,286
0,5	0,28	0,32
0,5	0,28	0,32
0,5	0,28	0,32
0,5	0,281	0,32
0,5	0,28	0,32
0,5	0,282	0,32
0,5	0,282	0,32
0,5	0,282	0,319
0,5	0,283	0,319
0,5	0,28	0,32
0,6	0,35	0,351
0,6	0,31	0,351
0,6	0,311	0,351
0,6	0,312	0,351
0,6	0,31	0,351
0,6	0,309	0,351
0,6	0,312	0,351
0,6	0,312	0,351
0,6	0,31	0,35
0,6	0,311	0,351
0,6	0,312	0,35



**Tabla 2. Datos mediciones S.M.U.R.V calibrado vs dispositivo LEYBOLD**

Altura	Tiempo S.M.U.R.V	Tiempo LEYBOLD
0,1	0,142	0,143
0,1	0,14	0,143
0,1	0,141	0,143
0,1	0,144	0,143
0,1	0,142	0,142
0,1	0,144	0,142
0,1	0,144	0,143
0,1	0,142	0,143
0,1	0,146	0,142
0,1	0,146	0,143
0,2	0,2	0,203
0,2	0,201	0,203
0,2	0,203	0,203
0,2	0,205	0,203
0,2	0,206	0,203
0,2	0,202	0,203
0,2	0,204	0,202
0,2	0,201	0,203
0,2	0,201	0,203
0,2	0,202	0,203
0,3	0,246	0,248
0,3	0,25	0,248
0,3	0,246	0,248
0,3	0,248	0,248
0,3	0,25	0,248
0,3	0,251	0,249
0,3	0,248	0,25
0,3	0,251	0,248
0,3	0,245	0,248
0,3	0,249	0,248
0,4	0,284	0,286
0,4	0,286	0,286
0,4	0,284	0,286
0,4	0,285	0,286



0,4	0,286	0,286
0,4	0,287	0,285
0,4	0,282	0,285
0,4	0,282	0,286
0,4	0,282	0,286
0,4	0,286	0,286
0,5	0,322	0,32
0,5	0,32	0,32
0,5	0,319	0,32
0,5	0,321	0,32
0,5	0,318	0,32
0,5	0,318	0,32
0,5	0,322	0,32
0,5	0,318	0,319
0,5	0,319	0,319
0,5	0,319	0,32
0,6	0,35	0,351
0,6	0,352	0,351
0,6	0,35	0,351
0,6	0,352	0,351
0,6	0,349	0,351
0,6	0,349	0,351
0,6	0,349	0,351
0,6	0,349	0,351
0,6	0,349	0,351
0,6	0,35	0,35
0,6	0,349	0,351
0,6	0,349	0,35

### Tabla 3. Presupuesto.

El siguiente presupuesto detalla los costos asociados con la construcción del S.M.U.R.V. Los costos se dividen en dos categorías principales: materiales, tiempo y otras cosas. La tabla a continuación incluye una lista de todos los materiales necesarios para la construcción del S.M.U.R.V, junto con la cantidad y el precio unitario en pesos. También se incluye el costo estimado del tiempo requerido para la construcción del dispositivo.

Costo	Descripción	Cantidad	Precio unitario (pesos)	Total (pesos)
<b>Materiales</b>				
	Arduino nano	1	30,000 mil	30,000 mil
	Pantalla LCD LM016L	1	22,000 mil	22,000 mil
	Sensor HW-201	2	8,000 mil	16,000 mil
	Baquela universal	1	5,000 mil	5,000 mil
	Modulo I2C	1	12,000 mil	12,000 mil
	Pulsadores	4	600	2,400 mil
	Cable Rainbow	3 metros	1,8	5,400 mil
	Resistencias	4	50	200
	Terminal hembra	12	300	3,600 mil
<b>Tiempo</b>				82,200
	Costo de tiempo	50 horas	4,100 la hora	100000 mil
<b>Total</b>				182,200 mil

## 7.3 Manual

### Manual del Sensor de Movimiento

Este pequeño manual está diseñado para ayudarte a entender cómo funciona el sensor y cómo puedes utilizarlo para medir el tiempo, la velocidad y la aceleración de un objeto en movimiento.

¿Qué es el Sensor S.M.U.R.V?

El Sensor S.M.U.R.V es un dispositivo electrónico que utiliza dos sensores HW-201 y una placa Arduino Nano para medir el tiempo que tarda un objeto en moverse entre dos puntos. El sensor es capaz de calcular la velocidad y la aceleración del objeto en función del tiempo y la distancia entre los sensores.

### Requisitos

Antes de utilizar el Sensor de Movimiento, asegúrate de tener los siguientes elementos:

- Sensor de Movimiento
- Cable de conexión (rainbow) de 2 metros
- Arduino Nano
- Baquela
- Pantalla LCD LM016L
- Módulo I2C
- 4 pulsadores

### Preparación



Conecta los dos sensores HW-201 al Arduino Nano utilizando el cable de conexión, en la baqueta están los terminales hembra para que se puedan conectar los sensores también conecta el cable de poder USB tipo b ya sea a un enchufe cercano a un computador.

Asegúrate de que todos los componentes estén correctamente conectados y encendidos.

### Uso

1. Antes de iniciar la medición del tiempo, ingresa la distancia a la cual van a estar separados los sensores en los pulsadores 1 y 2, la distancia se podrá ver en la pantalla LM016L
2. Una vez ingresada la distancia, presiona el pulsador 3 para iniciar la medición.
3. Cuando un objeto pase por el sensor 1, el cronómetro comenzará a correr.
4. Cuando el objeto pase por el sensor 2, el cronómetro se detendrá y se mostrará el tiempo que tardó en recorrer la distancia.
5. La pantalla LCD LM016L mostrará el tiempo que tardó el objeto en moverse entre los sensores, la distancia a la cual están separados los sensores, la velocidad y la aceleración a la que se movió el objeto.
6. Para reiniciar el programa, presiona el pulsador 4.

¡Listo! Ya sabes cómo utilizar el S.M.U.R.V. Este dispositivo es una herramienta valiosa para medir la velocidad y la aceleración de objetos en movimiento. Esperamos que este manual te haya sido útil. ¡Que disfrutes utilizando tu Sensor de Movimiento!

## 7.4 Guía de laboratorio

Título del experimento: Estudio del movimiento rectilíneo uniforme utilizando el S.M.U.R.V

Objetivo: Analizar el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y determinar la velocidad promedio y velocidad instantánea

### Teoría:

El movimiento de un cuerpo es completamente conocido si la posición del cuerpo en el espacio es conocida en todos los momentos. Si un objeto se está moviendo se puede determinar su cambio de posición. El desplazamiento está definido como el cambio de posición.

$$\Delta x = x_f - x_i$$

Donde  $x_i$  es la posición inicial y  $x_f$  es la posición final del objeto. En el caso del movimiento unidimensional el (x) y el (-) indican la dirección del vector. El recorrido es una cantidad escalar y es la distancia total recorrida. La velocidad promedio de un cuerpo está definida como el desplazamiento  $\Delta x$  del objeto dividido por el intervalo de tiempo  $\Delta t$  durante el cual el desplazamiento ocurre.

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

La  $\bar{v}$  se puede interpretar geoméricamente trazando una línea recta entre los puntos de la gráfica posición-tiempo, formando la hipotenusa de un triángulo de altura  $\Delta x$  y de base  $\Delta t$ . La rapidez promedio de un cuerpo es una cantidad escalar y está definida como la distancia total dividida por el tiempo que le tomo recorrer esa distancia.

$$\text{Rapidez promedio} = \frac{\text{Distancia total}}{\text{Tiempo total}}$$

La velocidad instantánea (se llamará velocidad) es igual al valor límite de la razón

$\frac{\Delta x}{\Delta t}$  cuando  $\Delta t$  se aproxima a cero:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$$

### Materiales:

- S.M.U.R.V
- Regla o cinta métrica
- Objeto en movimiento (por ejemplo, una pelota, un coche de juguete u otro objeto que pueda desplazarse en línea recta)
- Superficie lisa y horizontal para realizar las mediciones

### Procedimiento:

- Coloca la superficie lisa y horizontal en un lugar adecuado para realizar las mediciones.
- Utiliza la regla o cinta métrica para medir la longitud de desplazamiento del objeto entre los sensores del S.M.U.R.V. Esta será la distancia recorrida en línea recta durante el experimento.
- Registra los datos.

### Realización de las mediciones:

- Coloca el objeto en la posición inicial, asegurándote de que esté en reposo.
- Digita la distancia que hay entre los sensores del S.M.U.R.V.
- Observa y registra el tiempo transcurrido cuando el objeto pasa por el sensor 2.

- Repite este proceso al menos tres veces para obtener mediciones más precisas.

Cálculo de la velocidad promedio:

- Haz una gráfica donde estes todos los datos medidos, y calcula la velocidad promedio.

