

**Universidad Nacional**  
**Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**  
**Escuela de Ciencias Biológicas**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN PRESENTADO BAJO LA MODALIDAD DE  
SEMINARIO PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN  
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

**Diseño de un prototipo de laboratorio portátil para la realización de prácticas  
experimentales en el área de cinemática de la asignatura de Física**

**Christopher Espinoza Araya (207310387)**  
**Judith Jiménez Chávez (114700805)**  
**Andrea Leandro Fuentes (701990707)**

**Tutor: Dr. Giovanni Sáenz Arce**

**Asesores:**

**MEd. Andrea Alvarado Arguedas**

**Dr. Carlos Arguedas Matarrita**

**Campus Omar Dengo**  
**Heredia, Costa Rica**


**Junio, 2023**

Este trabajo de graduación fue **APROBADO** por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias.

JOSE MIGUEL PEREIRA CHAVES (FIRMA)  
Firmado digitalmente por JOSE MIGUEL PEREIRA CHAVES (FIRMA)  
Fecha: 2023.08.22 13:54:45 -06'00'

---

Dr. José Pereira Chaves  
Representante, Decano, quién preside

 LUIS DAVID BADILLA OVIEDO (FIRMA)  
PERSONA FISICA, CPF-02-0715-0296.  
Fecha declarada: 04/09/2023 05:42:43 PM

---

Med. David Badilla Oviedo  
Representante Comisión Interunidad

Firmado por GIOVANNI SAENZ ARCE (FIRMA)  
PERSONA FISICA, CPF-01-1153-0569.  
Fecha declarada: 22/08/2023 08:45 PM

---

Dr. Giovanni Sáenz Arce  
Tutor

CARLOS ALBERTO ARGUEDAS MATARRITA (FIRMA)  
Firmado digitalmente por CARLOS ALBERTO ARGUEDAS MATARRITA (FIRMA)  
Fecha: 2023.08.22 12:48:09 -06'00'

---

Dr. Carlos Arguedas Matarrita  
Asesor

HUBERTH ANDRES PEREZ VILLALOBOS (FIRMA)  
Firmado digitalmente por HUBERTH ANDRES PEREZ VILLALOBOS (FIRMA)  
Fecha: 2023.08.23 09:14:25 -06'00'

---

Dr. Huberth Pérez Villalobos  
Invitado especial

## RESUMEN

La presente investigación consistió en el diseño de un prototipo de laboratorio portátil para la enseñanza experimental de la cinemática en la asignatura de física. Con la finalidad de lograr este objetivo dicho estudio se orientó dentro de un paradigma naturalista, con un enfoque cualitativo dominante y un abordaje fenomenológico. Primeramente, se identificaron las dificultades que tienen los docentes de física para realizar prácticas experimentales en el quehacer docente de los centros educativos del circuito 07 de la regional de Heredia con modalidad diurna académica.

Mediante una entrevista dirigida a educadores y directores, se identificó dificultades relacionadas a aspectos de formación docente, recursos del profesor y los recursos institucionales; destacando la falta de capacitaciones continuas y específicas del área de interés, escasos recursos propios, pocas lecciones para realizar experimentación, así como ausencia de laboratorios y materiales didácticos insuficientes en la institución.

En torno a estos hallazgos se elaboró un prototipo de laboratorio portátil con un software de Arduino incorporado, así como su manual de uso para realizar prácticas experimentales. El laboratorio se caracteriza por tener materiales de bajo costo y fácil acceso, de ensamblaje sencillo y fácil manejo, además de ser portable; mientras que el manual sigue una metodología indagatoria basada en los planeamientos del MEP, motivando a retomar la actividad experimental en las aulas.

Finalmente se validó de forma positiva la implementación del manual de prácticas experimentales junto al funcionamiento del laboratorio portátil, mediante un juicio de expertos y un grupo focal integrado por docentes del área de enseñanza de las ciencias; ambos recursos demostraron tener pertinencia y funcionar de forma integral, permitiendo el desarrollo de un aprendizaje activo que potencia habilidades científicas en la población estudiantil. Se concluyó que mediante esta propuesta sí es posible mitigar parte importante de las dificultades encontradas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al concluir este proceso de la licenciatura nosotros como grupo de trabajo extendemos un profundo agradecimiento a quienes estuvieron con nosotros en esta etapa, que nos enseñaron y aconsejaron para volvernos mejores personas y profesionales, así como a la Universidad Nacional de Costa Rica por brindarnos una excelente educación y propiciar el espacio físico donde por varios años crecimos y aprendimos.

Nuestra gratitud, también al Departamento de Física, Programa de Investigación en Física Aplicada y al Fondo para el Fortalecimiento de las Capacidades Estudiantiles (FOCAES) que nos brindaron su apoyo académico y económico para financiar muchos de los materiales e insumos necesarios para hacer posible esta investigación. Agradecemos especialmente a nuestras familias que siempre fueron esa inspiración, apoyo y fortaleza para poder cumplir nuestras metas.

Finalmente, nuestros más sinceros agradecimientos y admiración para nuestro tutor Giovanni Sáenz Arce, sin su guía y paciencia se logró concluir este trabajo. Así mismo, a nuestros lectores Andrea Alvarado Arguedas y Carlos Arguedas Matarrita gracias por su valioso tiempo dedicado a esta tesis y su retroalimentación al respecto.

## DEDICATORIA

A mi madre Elsa que me ha inspirado desde el primer día para cumplir mis sueños, así como cuidarme y ser un punto de guía en mi vida. También, a mi padre Minor que me brindo sus valores y amor, en su forma particular, hasta el día que partió.

Para mis hermanos Joe, Gian, Santi y Mary, que fastidian, pero siempre están para alegrarme y joder, los sueños cuestan, pero se logran. A mi tía abuela Naida que es mi pilar y es la primera en festejar cada avance que damos.

También, la dedico a Gio, que aparte de ser mi mentor se volvió una gran amistad y colega, sin su paciencia y guía no sería el profesional que soy hoy. Finalmente, a mis queridas compañeras Ju y André que, sin su amistad y apoyo no se hubiera terminado el trabajo.

**Christopher**

La presente tesis se la dedico a mi mamá Luzmila por ser un pilar fundamental en mi vida, por su apoyo incondicional, por inspirarme siempre a ser mejor y luchar por mis sueños; a mis hermanos y hermanas por sus palabras de aliento y todo el apoyo brindado y a mis compañeros de trabajo (Chris y Ju) por su apoyo, paciencia y esfuerzo, pero sobre todo por su amistad.

**Andrea**

A mis padres Miriam y Henry, que han sido durante todo este proceso mi mayor soporte, por no dejarme flaquear, brindarme siempre su sabio consejo y por instruirme en la búsqueda de la excelencia para no permitirme creer que merezco menos.

Para mis hermanos menores Jairo, Alisson y Julián, que también han sido fuente de inspiración y mejora sobre la persona que quiero ser, especialmente por su incondicionalidad. A mi tío Álvaro y prima Cristina por ser los hermanos mayores que nunca tuve, y estar ahí para mí cuando los necesité.

Finalmente, agradecer a todas las demás importantes personas, familiares, amigos o seres amados que me motivaron a conseguirlo, y por supuesto, a mis compañeros de tesis por su lealtad, así como a nuestros docentes mentores que fueron pacientemente grandes guías en todo el trayecto.

**Judith**

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
DEDICATORIA .....	V
ABREVIACIONES .....	XII
<b>1. CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedentes</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Justificación</b> .....	<b>6</b>
<b>1.3. Planteamiento del problema</b> .....	<b>9</b>
<b>1.4. Objetivos</b> .....	<b>9</b>
<b>1.4.1. Objetivo general</b> .....	<b>9</b>
<b>1.4.2. Objetivos específicos</b> .....	<b>9</b>
<b>2. CAPÍTULO II</b>	<b>10</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1. Metodologías en la enseñanza de la Física</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1.1. El papel de las prácticas experimentales en la enseñanza de la Física</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1.2. Dificultades para la enseñanza de la física</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1.3. Formación y rol del docente en el proceso de enseñanza</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2. Aprendizaje basado en trabajo de Laboratorio</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.1. Definición del trabajo de laboratorio como técnica de enseñanza</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.2. Clasificación de las diferentes modalidades de laboratorio</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2.3. Tipos de Laboratorios</b> .....	<b>18</b>
<b>2.3. Programación</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3.1. Conceptos básicos de programación</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3.2. Plataforma Arduino</b> .....	<b>23</b>
<b>3. CAPÍTULO III</b>	<b>24</b>
<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1. Paradigma</b> .....	<b>24</b>
<b>3.2. Enfoque</b> .....	<b>24</b>
<b>3.3. Tipo de investigación</b> .....	<b>25</b>
<b>3.4. Categorías de análisis</b> .....	<b>25</b>
<b>3.5. Descripción de las fuentes de investigación</b> .....	<b>29</b>
<b>3.6. Descripción de las técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	<b>29</b>

3.7.	<b>Criterios de Validación</b> .....	31
3.8.	<b>Descripción del análisis a realizar</b> .....	31
4.	<b>CAPÍTULO IV</b>	33
	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	33
4.1.	<b>Dificultades que tienen los docentes</b> .....	33
4.1.1.	<b>Formación del docente (FD)</b> .....	33
4.1.2.	<b>Recursos del profesor para el desarrollo de la clase (RP)</b> .....	42
4.1.3.	<b>Recursos institucionales (RI)</b> .....	46
5.	<b>Capítulo V.</b>	53
	<b>Propuesta didáctica</b> .....	53
5.1.	<b>Proceso de elaboración software y hardware para el prototipo de laboratorio portátil</b> .....	53
5.1.1.	<b>Equipo 1: Movimiento Rectilíneo Uniforme y Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado</b> .....	55
5.1.2.	<b>Equipo 2: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado Vertical, Caída Libre</b> 60	
5.1.3.	<b>Equipo 3: Movimiento en dos Dimensiones, Proyectiles</b> .....	64
5.2.	<b>MANUAL DE LABORATORIO PORTÁTIL CINEMÁTICA</b> .....	75
5.2.1.	<b>Justificación</b> .....	75
5.2.2.	<b>Fundamentación didáctica</b> .....	76
5.2.3.	<b>Diseño curricular</b> .....	79
5.2.4.	<b>Tipos de habilidades científicas</b> .....	80
5.2.5.	<b>Actividad Introdutoria para las prácticas experimentales</b> .....	83
5.2.6.	<b>Prácticas Experimentales</b> .....	88
5.3.	<b>Validación de la implementación del manual de prácticas experimentales de cinemática de la asignatura de Física</b> .....	110
5.3.1.	<b>Pertinencia con las temáticas de cinemática planteadas en los planes del MEP</b>	110
5.3.2.	<b>Funcionalidad del manual para la correcta ejecución del prototipo integral de laboratorio portátil.</b> .....	115
5.3.3.	<b>Pertinencia con una metodología basada en aprendizaje activo</b> .....	120
5.3.4.	<b>Presencia del formato establecido para el manual de prácticas experimentales</b>	123
6.	<b>CAPÍTULO VI</b>	128
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	128
6.1.	<b>Conclusiones</b> .....	128
6.2.	<b>Recomendaciones:</b> .....	129
	<b>REFERENCIAS</b>	132
	<b>ANEXOS</b>	143

<b>Anexo 1. Entrevista A .....</b>	<b>143</b>
<b>Anexo 2. Entrevista B.....</b>	<b>146</b>
<b>Anexo 3. Ficha de juicio de expertos .....</b>	<b>150</b>
<b>Anexo 4. Cuestionario .....</b>	<b>152</b>
<b>Anexo 5. Formación docente, parte 1 .....</b>	<b>156</b>
<b>Anexo 6. Formación docente, parte II .....</b>	<b>156</b>
<b>Anexo 7 Formación docente, parte III.....</b>	<b>157</b>
<b>Anexo 8 Recursos del docente, parte I.....</b>	<b>158</b>
<b>Anexo 9. Recursos del docente, parte II .....</b>	<b>159</b>
<b>Anexo 10. Recursos del docente, parte III .....</b>	<b>159</b>
<b>Anexo 11. Recursos del docente, parte IV.....</b>	<b>160</b>
<b>Anexo 12. Recursos institucionales .....</b>	<b>161</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propuestas de metodologías, tendencias y enfoques para la enseñanza de la física. ....	11
Tabla 2. Problemas o dificultades que presentan los docentes para la enseñanza de la física .....	13
Tabla 3. Disposición de los docentes frente al uso de LP y desarrollo de actividades experimentales según las entrevistas aplicadas .....	43
Tabla 4. Comparación de medidas del ancho en la primera prueba para determinar el kerf. ....	54
Tabla 5. Presupuesto para construir el equipo 1. ....	56
Tabla 6. Distancia de filtro para café lanzado en caída libre mediado mediante sensor HC-RS04. ....	62
Tabla 7. Observaciones obtenidas al aplicar sensor HC-RS04 con experimentación de asistencia al aire de un filtro para café. ....	62
Tabla 8. Presupuesto equipo caída libre.....	63
Tabla 9. Presupuesto para construir el equipo 3. ....	68
Tabla 10. Habilidades científicas para desarrollar según las cuatro dimensiones de los planes de estudios del MEP en el área de las ciencias. ....	80
Tabla 11. Temas o contenidos de los planes de estudios del MEP en el área de física, y su habilidad por desarrollar según nivel. ....	81
Tabla 12. Datos recolectados para la velocidad media. ....	94
Tabla 13. Datos recolectados para la velocidad instantánea. ....	99
Tabla 14. Tiempo de vuelo y alcance máximo promedio conseguido por el proyectil.....	108
Tabla 15. Catapulta con Arduino, lanzamiento de proyectil.....	108
Tabla 16. Pertinencia con las temáticas de cinemática planteadas en los planes del MEP.....	110
Tabla 17. Datos de los docentes sobre la funcionalidad del manual para la correcta ejecución del prototipo integral de laboratorio portátil. ....	116
Tabla 18. Datos de los docentes sobre la pertinencia con una metodología basada en aprendizaje activo.....	121
Tabla 19. Presencia del formato establecido para el manual de prácticas experimentales. ....	123
Tabla 20. Respuestas manifestadas por los docentes en cuanto a años de experiencia laboral y cantidad de estrategias de mediación pedagógicas (C. estrategias) en relación con su formación académica..	156
Tabla 21. Metodologías utilizadas por el profesor entrevistados para el desarrollo de las lecciones de Física.....	156
Tabla 22. Datos sobre los periodos de capacitación de los profesores de ciencias con experiencia en Física de los centros educativos en estudio e instancias donde se brindan capacitaciones.....	157
Tabla 23. Beneficios y Dificultades de la implementación de prácticas experimentales en las lecciones de Física. ....	158
Tabla 24. Percepción y conocimiento de los profesores sobre el término de LP.....	159
Tabla 25. Lecciones semanales que invierte el docente en realizar prácticas experimentales para el desarrollo de las clases de Física.....	159
Tabla 26. Dificultades para la implementación de prácticas Experimentales en Física, desde la perspectiva de los educadores. ....	160
Tabla 27. Infraestructura disponible en las instalaciones de los centros educativos, para el desarrollo de prácticas experimentales y uso que le dan los docentes a dichos espacios. ....	161

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación general de laboratorios.....	17
Figura 2. Porcentajes manifestados por los docentes en cuanto a años de experiencia laboral y cantidad de estrategias de mediación pedagógicas en relación con su formación académica.....	34
Figura 3. Estrategias de mediación pedagógica en términos porcentuales según el uso que le dan los profesores de ciencias durante el desarrollo de las lecciones.....	35
Figura: 4. Periodos de capacitación de los profesores de ciencias con experiencia en Física de los centros educativos en estudio e instancias donde se brindan capacitaciones: Universidades Públicas (U.P), Colegio de Licenciados y Profesores (COLYPRO), Ministerio. ....	37
Figura 5. Porcentaje de manifestación en cuanto al conocimiento que poseen los docentes en relación con el concepto de laboratorio portátil.....	39
Figura 6. Beneficios y dificultades de la implementación de prácticas experimentales durante las lecciones de Física.....	40
Figura 7. Porcentaje de lecciones mensuales que invierte el docente en realizar prácticas experimentales para el desarrollo de las clases de Física. ....	45
Figura 8. Infraestructura disponible en los centros educativos, para el desarrollo de prácticas experimentales, condiciones físicas de las instalaciones y frecuencia de uso que le dan los docentes a dichos espacios, versus la opinión de los directores.....	48
Figura 9. Dificultades para la realización de prácticas experimentales en el área de la Física desde la perspectiva docente.....	50
Figura 10. Representación del kerf, (a.), primera prueba para determinar el kerf (b.).....	54
Figura 11. Segunda prueba para determinar el kerf, (a.) diseños en LibreCAD y (b.) MDF cortado con láser.....	55
Figura 12. a. Diagrama de conexión de las fotoceldas y b. conexión con los componentes en una protoboard . ....	56
Figura 13. Primera aproximación del plano inclinado y el carril .....	57
Figura 14. Código de programación para las fotoceldas.....	58
Figura 15. Resultados obtenidos de los experimentos con los carritos de juguete (a.) con baterías, (b.) HotWhell y (c.) arrastre.. ....	59
Figura 16. Kit portátil MRU y MRUA.....	60
Figura 17. Sensor HC-RS04.....	61
Figura 18. Código de programación para el sensor ultrasónico .....	61
Figura 19. <i>Sistema para caída libre</i> . ....	63
Figura 20. Micro catapulta impresa en 3D .....	64
Figura 21. A. Rampa propulsora elaborada con cartón a mano (a), con LibreCAD (b) y en cortadora láser (c).....	65
Figura 22. Cañón de cartón construido a mano (a), y modelo construido y armado en MDF (b).....	66
Figura 23. Partes del cañón elaboradas en LibreCaD (a) y resultado después de pasar por la cortadora. ....	67
Figura 24. Diseño de plataforma de caída en LibreCaD, patas y tapa (a) y plataforma ensamblada en MDF.....	68
Figura 25. Acelerómetro MMA7361, vista superior e inferior del módulo .....	69
Figura 26. Conexión de un acelerómetro MMA7361, al Arduino UNO .....	70
Figura 27. Giroscopio GY-88.....	70
Figura 28. Ejes de rotación de un cohete según su centro de gravedad.....	71
Figura 29. Conexión de un módulo MPU6050, al Arduino UNO. ....	72
Figura 30. Módulo SW-180P .....	73

Figura 31. Sistema Fococelda-sensor de vibración, dibujado en Fritzing .....	74
Figura 32. Tomado de programación para el sistema fotocelda-sensor de vibración. ....	74
Figura 33. Kit portátil para movimiento de proyectiles .....	75
Figura 34. Habilidades a estimular o potenciar con el desarrollo de la propuesta didáctica de este manual, basada en el aprendizaje activo .....	82
Figura 35. Ensamblaje del kit portátil MRU y MRUA. Conexión de la fotocelda en el Arduino (a), Acercamiento de conexiones al Arduino.....	90
Figura 36. (a)Baranda de carril con escala numérica y colocación de fotocelda para inicio del recorrido. (b) Carril montado con la separación de 60 cm. ....	91
Figura 37. Carrito con bandera cortando el haz de luz .....	91
Figura38. Posición inicial del carrito para recolección de datos MRU. ....	92
Figura 39. Colocación de fotoceldas para toma de datos MRUA.....	98
Figura 40. Proyección angulada. Componentes de la velocidad instantánea en dos dimensiones ....	102
Figura 41. Ensamblaje del Arduino, fotocelda y sensor de vibración .....	105
Figura 42. Partes del Kit de Movimiento de Proyectiles.....	105
Figura 43. Kit de movimiento de proyectiles, cañón ensamblado con sus partes (izquierda) y plataforma de caída (derecha) .....	106

## ABREVIACIONES

- TICs: Tecnologías de la Información y la Comunicación.  
GMSP: Glider of length Moves through a Stationary Photogate.  
ASELL: Advancing Science by Enhancing Learning in the Laboratory.  
UNED: Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica  
MEP: Ministerio de Educación Pública de Costa Rica  
ADDIE: Metodología de Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación.  
OA: Objetivos de Aprendizaje.  
CTS: Ciencia Tecnología y Sociedad.  
TL: Trabajo de Laboratorio.  
LT: Laboratorios Tradicionales o presenciales.  
LV: Laboratorios Virtuales.  
LR: Laboratorios Remotos.  
LP: Laboratorios Portátiles.  
CI: Circuito Integrado.  
CPU: Microprocesador.  
RAM: Memoria de Datos.  
ROM: Memoria de Programa.  
SE: Sistema Embebido.  
IDE: Integrated Development Environment  
FD: Formación del Docente.  
UP: Universidad Pública.  
COLYPRO: Colegio de Licenciados y Profesores.  
FOD: Fundación Omar Dengo.  
CNFL: Centro Nacional de Fuerza y Luz.  
RP: Recursos del Profesor para el desarrollo de la clase  
RI: Recursos Institucionales.  
CAD: Programa de Diseño Asistido por Ordenador.  
MDF: Fibropanel de Densidad Media.  
MRU: Movimiento Rectilíneo Uniforme.  
MRUA: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado.  
MATLAB: MATriz LABoratory.  
MAE: Metodología de Aprendizaje en Equipo.  
MABP: Metodología de aprendizaje Basado en Problemas.  
MTC: Metodología Basada en Trabajo Colaborativo.  
MDG: Metodología Basada en Discusión Guiada.  
MP: Movimiento de Proyectiles.  
MVCL: Movimiento Vertical de Caída Libre.  
STEM: Enseñanza Basado en Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática.

# 1. CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

En este apartado se pretende evidenciar las líneas de investigación tanto a nivel nacional como internacional, que se desarrollan actualmente en las siguientes temáticas: las dificultades que poseen los docentes para la elaboración y aplicación de prácticas experimentales y la creación de laboratorios remotos o portátiles como recursos didácticos para facilitar la mediación pedagógica en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Iniciando en el 2009, Dell'Oro, Segura, Rubau, Lores, y Pegoraro, crean en una institución educativa piloto de Argentina que no contaba con un laboratorio para el desarrollo de prácticas experimentales, una propuesta para acercar los laboratorios de física y química a las escuelas socialmente desfavorecidas, con el fin de potenciar la alfabetización científica de esta población. Destacan además, la importancia de las prácticas de laboratorio en las aulas, como una modalidad de la ciencia en acción, que permiten el desarrollo de competencias básicas requeridas para el desempeño y el logro personal de un ciudadano en el contexto donde se desarrolla, y que además, potencian su capacidad de abstracción y comprensión lectora, permitiéndole no solo la capacidad de desenvolverse en un determinado entorno práctico de trabajo, sino también, dotándolo de cierta habilidad para la resolución de problemas de la vida cotidiana. Encontraron que por medio del diseño e implementación de laboratorios portátiles para usarse en el aula es posible enseñar ciencia práctica a todos, y se puede alfabetizar científicamente tanto a docentes como a estudiantes, para que los primeros sean acompañantes y orientadores en la construcción del aprendizaje de los jóvenes, permitiéndoles entender que los conceptos teóricos estudiados en clase también tienen aplicación en el contexto diario.

Por otro lado, Cruz y Espinoza (2012) realizaron una investigación bibliográfica sobre la relación de tres temáticas: didáctica en física, aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y la teoría de Gowin, en la Universidad de San Buenaventura, Colombia, donde citan dificultades y tendencias de los modelos utilizados por algunos profesores en años recientes para la enseñanza de la física. Además, formularon

componentes clave para la reflexión y construcción de un modelo didáctico enfocado al desarrollo de prácticas significativas dirigidas a estudiantes, para la adquisición de competencias del personal docente, acordes con las exigencias de su profesión. Encontraron que los educandos que tenían conocimientos digitales desde edades tempranas al aula ponen en una posición de desventaja al profesor, que hace un esfuerzo por acercarse a las tecnologías actuales intentando enseñar un lenguaje complejo que muchas veces hace perder la atención de los estudiantes por rechazo o desinterés, a causa de la falta de dominio de la tecnología de quien enseña. Como resultado propusieron que es importante planificar una alternativa didáctica que, junto con una estrategia de evaluación, posibilite la retroalimentación y construcción permanente de los modelos didácticos para evitar que se presenten como prácticas aisladas y sin efectos.

En el 2013, Reyes y Facón investigadores de la universidad de Carabobo Venezuela, plantearon como alternativa para la enseñanza y aprendizaje de la física en bachillerato de secundaria; el diseño, construcción y validación de un Kit móvil para promover el desarrollo de prácticas significativas y experimentales en muestra de docentes de dicha área, a base de prototipos confeccionados con materiales de bajo costo y de fácil acceso. Con ello, construyeron un laboratorio portátil junto con un manual de uso para el docente y el estudiante, donde se abarcan temas como: Hidrostática, Termodinámica, Cinemática, Dinámica, entre otros. El objetivo principal de dicha investigación fue promover experiencias en los educandos que les permitieran llegar a los cálculos correctos a través de la observación y la inferencia, con esto se llegó a la conclusión de que los laboratorios móviles pueden ser una opción para mitigar las carencias en los contenidos mínimos que deben existir dentro de los programas de la cátedra de física en bachillerato, para el fomento del pensamiento científico.

Dentro de este marco, Calderón, Núñez, Di Laccio y Iannelli (2015), aprovechando el desarrollo de programas gubernamentales en Argentina, que proporcionan computadoras personales para los estudiantes, tal y como se ha fomentado en otros países de Latinoamérica, realizaron como propuesta educativa una compilación de diferentes proyectos para ilustrar formas de incorporación de las TIC en los experimentos de ciencias en conjunto. Con ello, se implementó la combinación de dos estrategias, el Aprendizaje por inmersión, y el desarrollo de “Aulas-laboratorio” de bajo costo usando las TIC, dicha propuesta, fue desarrollada en distintas universidades de Latinoamérica y en talleres para docentes de escuelas medias e incluso institutos de formación docente del área de ciencias, y algunos congresos. En

conclusión, dichos autores recomiendan que para el mayor aprovechamiento de estas tecnologías, es necesario introducir nuevos enfoques pedagógicos para su uso efectivo, contar con docentes de ciencias con sólida formación didáctica y pedagógica, con deseable conocimiento informático básico, o al menos ser asistidos por un profesor en dicha área, y finalmente la promoción de las aulas-laboratorio a bajo costo para reducir el impacto de la escasez económica, que impide en los centros educativos la manipulación de los objetos y fenómenos de las ciencias experimentales, ya que estos recursos son instrumentos útiles para fomentar en los estudiantes el pensamiento crítico, mejorar el aprendizaje científico, e incentivar la escogencia de futuras vocaciones en ámbitos académicos y laborales a fines.

Erol, Buyuk y Onal (2016) evidenciaron los diferentes comportamientos que tuvieron 324 estudiantes de secundaria de zonas rurales de una ciudad en Turquía, a través del uso de un laboratorio de ciencias móvil construido para llevar a cabo diferentes actividades de divulgación en la zona. Esta investigación tuvo como fin demostrar durante 6 meses, la necesidad de adoptar métodos y enfoques diferentes que acaben con la insuficiencia de las actividades experimentales tradicionales en los cursos de ciencias de zonas rurales. Para esto, usaron un método mixto de estrategias cuantitativas y cualitativas en la recolección de datos, con una encuesta dirigida a los educandos. Los resultados demostraron, que en dichos contextos los estudiantes quedaron muy satisfechos con las actividades, donde disfrutaran al mismo tiempo que aprendían ciencia debido al uso del laboratorio móvil; incluso estos manifestaron que aumentó su interés y curiosidad por la ciencia.

En Tailandia, Saphet, Tong-On y Thepnurat (2017) mediante la interfaz LabVIEW y la plataforma Arduino UNO R3, elaboraron un prototipo moderno y de bajo costo llamado GMSP (siglas de Glider of length Moves through a Stationary Photogate o en español planeador de longitud se mueve a través de una fotopuerta estacionaria) para realizar experimentos de colisiones bidimensionales. En el proceso experimental se utilizaron una pista de aire, sensores fotográficos o de luz, planeadores con banderas, entre otros materiales para complementar el prototipo GMSP. Dichos investigadores, logran realizar exitosamente un prototipo para la recreación de colisiones de tipo elástica e inelásticas y de esta forma los usuarios logran hacer el cálculo respectivo de la energía cinética involucrada en este proceso y complementar las bases teóricas de los conceptos analizados.

En Roma, Organtini (2018) propuso el uso de una plataforma de Arduino para elaborar prácticas de laboratorio en el área de la física debido a su carácter accesible y económico, ya que también considera, que el uso de esta es una tendencia que favorece el aprendizaje basado en indagación, aprendizaje activo y aprendizaje cooperativo, resaltando del mismo modo su función interdisciplinar. También mencionan otros beneficios del Arduino, como: la programación para que ejecuten acciones u operaciones con programas que no requieren de habilidades profesionales en informática, que permiten adaptar una serie de diferentes sensores para la recopilación de datos de temperatura, luz, presión, aceleración, entre otros, y ofrecen la posibilidad de elaborar circuitos eléctricos, así como el uso de multímetros para medir. Finalmente, el autor concluye, que el Arduino cumple una función completa de herramienta pedagógica que permite a los estudiantes su comprensión de la ciencia en el ámbito teórico-práctico.

Ruhaisa y Jiradawan (2018) exploraron el proceso de aprendizaje de educandos en el laboratorio de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Yala Rajabhat en el sur de Tailandia, con una población de 103 estudiantes de pregrado. Para la recolección de datos se utilizó las encuestas de la organización Advancing Science by Enhancing Learning in the Laboratory (ASELL), con preguntas abiertas y entrevistas parciales. Como resultados se menciona, la ausencia de una actitud positiva por parte de los estudiantes hacia el laboratorio de Física, esto debido a que los mismos carecían de habilidades como desarrollo de interpretación de datos, habilidades de laboratorio e interés, relevancia para los estudios de física, trabajo en equipo, etc. Las preguntas abiertas y las entrevistas parciales confirmaron, además, que los estudiantes no poseían dominio de los contenidos del laboratorio ni el de las habilidades previamente mencionadas.

En España, Llamas, Vega, González y González (2018), plantearon el diseño y construcción de una plataforma como alternativa para realizar experimentos físicos sencillos, mediante la recolección de datos por medio de sensores variados. Para este diseño contemplaron cuatro requisitos indispensables; accesibilidad, simplicidad, flexibilidad y extensibilidad, con el fin de poder hacer este prototipo llamativo y universal. El uso casi exclusivo de software y hardware de código libre, le dan un carácter de uso compartido a la plataforma, la cual está disponible en el repositorio de GitHub, permitiendo el trabajo y la comunicación entre profesores de física y facilitando el diseño experimental de otras prácticas. Este prototipo fue probado en dos experimentos básicos; el estudio del movimiento



uniformemente acelerado en una pista de aire, y el de un péndulo simple para analizar el movimiento periódico, así como para obtener la magnitud de la gravedad. Luego de esto, comprobaron la utilidad del prototipo y concluyeron que dicha plataforma permite la obtención adecuada de diferentes mediciones en el mismo experimento, además de la creación de un laboratorio portátil a bajo costo.

En el ámbito nacional, Costa Rica, se encuentran pocas investigaciones relacionadas a las temáticas de interés de esta investigación, sin embargo, se mencionan a continuación algunos antecedentes de estudios recientes. En cuanto al tema de dificultades y problemáticas de la enseñanza y el aprendizaje de la física, Carpio (2012) menciona que las principales causas se deben a la estrecha relación que siguen teniendo las metodologías tradicionalistas predominantes en este proceso; esta investigación de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) de Costa Rica, realizó un análisis teórico junto con una investigación del tipo sondeo con 22 estudiantes universitarios de la carrera de Enseñanza de las Ciencias, además de 32 estudiantes de secundaria de décimo y quinto año, así como 5 docentes especialistas en el área Física, para determinar la problemática y relación existente entre las dificultades en la enseñanza de un estudiante, y la forma en que el educador desarrolla las lecciones. Se encontró que los factores que contribuyen al fracaso escolar de los estudiantes estaban relacionados directa o indirectamente con el profesor, tales como desmotivación, carencia de preparación y conocimiento de metodologías apropiadas, falta de una didáctica adecuada en la materia, predisposición negativa de los estudiantes, entre otros. En conclusión, el proceso de formación superior de los profesores de ciencias demanda actualización y minuciosa atención en los aspectos de mediación pedagógica y didáctica (específica) de esta disciplina, también en el uso de tecnologías para reforzar el aprendizaje de la física, que dependen de mejoras en el planteamiento y desarrollo de las clases.

Uno de los principales retos que se presentan en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es el lograr captar la atención de los estudiantes durante las lecciones de ciencia, es por esto que Acosta (2014) realizó una investigación para generar una propuesta didáctica híbrida, entre una clase magistral (tradicional) y el aprendizaje basado en problemas. Esta estrategia se implementó durante dos semestres en el curso de Termodinámica 1 de la Universidad de Costa Rica, para las carreras de Ingeniería Mecánica y Agrícola. Los resultados obtenidos fueron de gran agrado debido a que los estudiantes presentaron una mejora en su proceso de aprendizaje,

por lo que una estrategia híbrida resulta óptima para mejorar dicho proceso y a su vez concluyeron que el mejor recurso didáctico fue la pizarra digital.

En el año 2018, Arguedas y Concari realizaron un estudio sobre las características deseables a tener en un laboratorio remoto a partir de la opinión de 40 especialistas en educación a distancia, física e ingeniería provenientes de 17 países diferentes, con el objetivo de elaborar una propuesta de diseño y desarrollo de un laboratorio remoto para la UNED, algunos de los resultados que encontraron es que para los laboratorios remotos los lenguajes de programación utilizados con mayor frecuencia fueron HTML5, JavaScript y LabVIEW, los materiales utilizados para su elaboración son de bajo costo; en cuanto al correcto aprovechamiento de este, el uso de guías didácticas y la descripción de procedimientos son los recursos más empleados. Con base a los resultados obtenidos, concluyen que la tecnología que se encuentra vinculada al acceso de los laboratorios remotos permitiría un mejoramiento en la enseñanza de la física, así como es importante el aporte de opiniones y vivencias de los expertos para el diseño de un laboratorio remoto.

## **1.2. Justificación**

Una de las principales necesidades que presentan los sistemas educativos de diferentes países, entre ellos Costa Rica, es generar un sistema de aprendizaje flexible, el cual se base en un modelo teórico-práctico que favorezca la adquisición de conocimientos y habilidades de los educandos (Ortiz, Ríos, y Bustos, 2012), ligado a esto, surge la necesidad de formar docentes cuyas competencias puedan asumir el nuevo reto de la innovación didáctica y metodológica basada en los resultados de la investigación, con el fin de mitigar la desinformación de los ciudadanos y promover las ciencias como conceptos accesibles para todos (Michelini, Santi y Stefanel, 2013).

Los procesos de enseñanza que se desarrollan actualmente parecen gestarse únicamente con la finalidad de que se adquieran habilidades puntuales y aisladas unas de otras, desde una visión reduccionista y exclusiva de las disciplinas específicas, en vez de procurar una formación integral u holística orientada a la inter-transdisciplinariedad y al desarrollo de habilidades tanto conceptuales como procedimentales (Álvarez, 2004). Un ejemplo de lo anterior se ha dado principalmente en la asignatura de física, ya que en el pasado estuvo

solamente limitada a la integración de la matemática, sin contemplar la relación con las otras asignaturas (Organtini, 2018).

Así mismo la naturaleza del conocimiento científico y su especificidad ha influido para que cada vez más los procesos de enseñanza de las ciencias sean abordados de forma separada; las habilidades teóricas por un lado y las prácticas por otro, lo cual ha limitado la implementación de las experiencias de laboratorio en los ámbitos de la educación media, pues esta tendencia a separar ha logrado invisibilizar la naturaleza práctica del conocimiento científico y han provocado que cada vez menos veces se utilicen herramientas didácticas como los laboratorios. En algunos de los casos las dificultades que se les presentan a los docentes para realizar prácticas de laboratorio se ven influenciadas por factores como el tiempo de clase, recursos didácticos, infraestructura educativa, presupuesto, formación y conocimiento limitado del docente, lo que suele ocasionar el entorpecimiento de su labor y que escojan para el diseño de sus clases herramientas didácticas más enfocadas a la enseñanza tradicional y a las clases teóricas de ciencias.

A pesar de que los laboratorios y las experiencias prácticas promueven la potenciación de habilidades de pensamiento científico con las que los individuos podrán interactuar, razonar, emitir juicios de valor que les permita más tarde, buscar soluciones a problemas prácticos cotidianos, estas estrategias son poco utilizadas por los docentes. No obstante, resulta fundamental esclarecer con mayor profundidad las razones que influyen en el profesor para que tome estas decisiones y para esto es necesario proponer investigaciones que nos permitan exponer más ampliamente las necesidades y dificultades que tienen los docentes en la realización y desarrollo de prácticas en general y de laboratorios en particular, bajo la premisa de que el docente también debe identificar los aspectos que necesitan ser mejorados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Gámez, Ruz y López 2015).

En este sentido la presente investigación busca esclarecer las formas en las que un grupo de profesores de la enseñanza de la Física llevan a cabo su experiencia, así como diseñar un prototipo de laboratorio portátil y de bajo costo, para la elaboración de prácticas experimentales en cinemática y que contribuyan al proceso de enseñanza-aprendizaje de esta disciplina, usando como alternativa innovadora dispositivos digitales del tipo Arduino; la implementación de dicho dispositivo surge como una alternativa versátil que favorecerá tanto a educandos en la adquisición de habilidades y conocimientos, como a docentes, al servir de apoyo y herramienta

didáctica, que les permitirá potenciar actitudes y destrezas específicas en los estudiantes, así como la retroalimentación de su propia formación y actualización docente. Por lo tanto, se combinarán aspectos de la informática que no requerirán de conocimientos avanzados o profesionales en dicha área.

En la actualidad, se han presentado diversas formulaciones de laboratorios portátiles en las ciencias como recurso didáctico, inclusive algunos que con sus estrategias innovadoras han permitido a los docentes la transformación de las prácticas educativas en función de los avances tecnológicos y en respuesta de la necesidad de mejorar las prácticas tradicionales de la enseñanza de acuerdo con las exigencias pedagógicas y didácticas que la sociedad moderna les demanda. En cuanto los beneficios a obtener mediante la implementación de este tipo de laboratorios, se rescata no sólo el tema de un precio asequible, sino que además, su carácter de “móvil” les confiere la posibilidad a docentes y educandos, de realizar actividades académicas y prácticas experimentales en momentos y lugares distintos a la clase, logrando así que los estudiantes se involucren a su ritmo, siguiendo intereses propios de los cuales más tarde les permitirán ser protagonistas en la construcción de su aprendizaje (Gómez, 2015).

La elaboración de un prototipo de laboratorio portátil de bajo costo a partir de Arduino, puede facilitar al docente la ejecución de prácticas experimentales durante las lecciones de Física, sin necesidad de un espacio físico exclusivo para dicho fin. De igual forma el uso de este laboratorio puede ayudar a provocar, un acercamiento más directo con la física, ya que su implementación, desarrollará habilidades actitudinales, socioafectiva, procedimentales y cognitiva vinculadas con el quehacer científico tanto en el estudiantado como en el profesorado, de igual forma se promoverá, la participación activa, uso del diálogo, actitud crítica y reflexiva, así como la aplicación del método científico, argumentación e interpretación entre otras habilidades, acordes a los planteamientos del Ministerio de Educación Pública de Costa Rica (MEP) en los nuevos programas de estudio de Física (MEP,2016).

Esta investigación se centrará en la disciplina de Física, debido a que a nivel nacional, la creación de estos laboratorios móviles como estrategia pedagógica en las aulas de secundaria, ha sido exclusiva de las disciplinas como Biología y Química, dejando la Física limitada al saber teórico lo que puede generar una deficiencia a largo plazo en el currículum de los educandos, evitando el desarrollo de las habilidades científicas que brindaría un laboratorio en esta área; por ende, dicha propuesta ayudará a reducir las problemáticas que de ello se

desprenden. Específicamente se desarrollarán los conceptos de cinemática, puesto que son difíciles de visualizar o comprender a nivel teórico, sin embargo, mediante un proceso experimental donde se tenga un acercamiento real con estos fenómenos, les permitirá a los estudiantes argumentar, comprender y aplicar los conocimientos adquiridos en situaciones de la vida cotidiana, con lo cual se podría promover el aprendizaje de una nueva ciudadanía, propuesta por el MEP en el 2018.

### **1.3. Planteamiento del problema**

¿Cómo diseñar un prototipo de laboratorio portátil, que promueva la realización de prácticas experimentales en el área de cinemática y contribuya al proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Física en el circuito 07 de la Regional de Heredia?

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Diseñar un prototipo de laboratorio portátil, que promueva la realización de prácticas experimentales en el área de cinemática y contribuya al proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Física en el circuito 07 de la Regional de Heredia

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Identificar las dificultades relacionadas con los recursos del profesorado, institucionales y de formación que presentan los docentes para la realización de prácticas experimentales en el área de la Física.
- Elaborar el software y hardware del prototipo de laboratorio portátil mediante el uso de dispositivos digitales del tipo Arduino.
- Elaborar un manual de prácticas experimentales en el área de cinemática de la asignatura de Física para la implementación del prototipo de laboratorio portátil.
- Validar la implementación del manual de prácticas experimentales en el área de cinemática de la asignatura de Física.

## **2. CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Metodologías en la enseñanza de la Física**

De acuerdo con Navarro y Samón (2016), un método de enseñanza hace referencia a las acciones, actividades u operaciones por parte del docente como vía para lograr transmitir un contenido y cumplir con los objetivos educativos propuestos. A lo largo de los años, se han propuesto diferentes metodologías, las cuales se orientan a innovar la práctica docente y eliminar las clases tradicionales (magistrales) en la enseñanza, bajo perspectivas constructivistas a partir de los intereses y concepciones previas de los estudiantes, como alternativa para superar los antiguos enfoques de formación limitados meramente a la transmisión de contenidos, es por ello, que con el fin de darle un nuevo rumbo a las didácticas de clase, dicho cambio exige el uso de nuevas metodologías o estrategias de la enseñanza, así como establecer enlaces entre la práctica docente y la formación del estudiante. Al mismo tiempo, este tema representa un desafío para el profesorado a la hora de responder a las demandas del cómo enseñar y llevar las diferentes propuestas curriculares al aula, especialmente cuando se trata de innovar en las metodologías de enseñanza de las ciencias, para crear contextos favorables de acuerdo con las necesidades de los discentes, a través de enfoques novedosos dirigidos al tratamiento de problemas científicos (Gámez, Ruz y López, 2015).

De acuerdo con la investigación de diferentes autores se menciona en la tabla 1, algunas de las metodologías, tipos de enseñanza y enfoques más utilizados en la enseñanza de la ciencia y específicamente para el aprendizaje de la física.

**Tabla 1.** Propuestas de metodologías, tendencias y enfoques para la enseñanza de la física.

Autor	Propuestas
Uzcátegui y Betancourt (2013)	<b>Metodología Indagatoria:</b> Esta convierte al estudiante en el protagonista de experiencias significativas que facilitan su aprendizaje tanto el manejo de los contenidos, como a nivel de procesos, ya que parte de la observación de la realidad y promueve la experimentación a partir de cinco etapas: focalización, exploración, reflexión, aplicación y evaluación.
García, Narváez, Calle, Montagut, Leyton y Muñiz (2016)	<b>Metodología de Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación (ADDIE):</b> Diseñado para la creación de objetos de aprendizaje (OA), consta de cinco fases: 1) Análisis de la población para definir el tema, contexto y recursos a disposición para construir el OA. 2) Diseño de la estructura del objeto, planteamiento de las actividades de aprendizaje y evaluación de acuerdo con el modelo pedagógico, y concertación de la forma en la que se presenta el OA. 3) Desarrollo de la herramienta y montaje del contenido multimedia con sus actividades. 4) Implementación y publicación del OA. 5) Evaluación de la calidad del desempeño, adaptabilidad, navegabilidad y apariencia visual.
Según Jiménez y Oliva (2016)	<b>Enseñanza por descubrimiento:</b> Se enfoca desde el aprendizaje activo donde las experiencias del educando le proporcionan nuevos conocimientos. Se relaciona a tareas ligadas con la investigación científica.  <b>Enseñanza mediante cambio conceptual:</b> Concibe el aprendizaje científico como un proceso de cambio de concepción que tienen los estudiantes inicialmente, para esto es necesario que los sujetos estén insatisfechos con los conocimientos previos partiendo de nuevas ideas claras y comprensibles.  <b>Enseñanza por investigación en torno a problemas:</b> Aborda desde el enfoque por indagación a la investigación dirigida, planteada como estrategia de superación al cambio conceptual y como referente a las diferentes etapas del trabajo científico desde las perspectivas más modernas sobre la naturaleza de la ciencia (problema, conocimiento previo, hipótesis, diseño de investigación etc.).  <b>Enfoque de contextualización en Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS):</b> Educación científica en contexto, orientada a la vida cotidiana, implicación socioambiental y formación ciudadana, como una forma de contextualizar los diferentes problemas investigados o analizados por los educandos.

Fuente: Elaboración propia, 2019. Basada en los autores mencionados.

### 2.1.1. El papel de las prácticas experimentales en la enseñanza de la Física

Las prácticas de laboratorio tiene un papel vital en el proceso de enseñanza-aprendizaje, donde estas son una estrategia didáctica, dinámica, facilitada y regulada por el docente, que

consiste en generar ambientes de aprendizaje en el que el estudiantado realice acciones psicomotrices y sociales mediante la participación activa y el trabajo colaborativo, para establecer así una relación entre las diferentes fuentes de información, junto con la ayuda de diversos equipos o herramientas que den solución a un determinado problema desde una perspectiva interdisciplinaria, que más tarde permita comprender la forma en que se construye el conocimiento de una comunidad científica (Espinoza, González y Hernández, 2016).

Las prácticas experimentales fomentan la curiosidad y el interés de los estudiantes por aprender, así mismo la reflexión, formulación de hipótesis y el análisis de resultados cualitativos y cuantitativos. Para que esto sea posible no se debe seguir una simple receta que puede entorpecer la visión científica; este debe ser planeado en relación con temas de interés que favorezca la discusión, análisis de cálculos y resultados, así mismo que se oriente en la investigación y argumentación de los posibles temas a desarrollar (Gómez, 2015). Algunas consideraciones para tomar en cuenta son:

- Motivar el análisis cuantitativo para que el estudiantado tenga una mejor comprensión del problema a resolver y hacer uso de las matemáticas en la investigación científica.
- Hacer uso de la tecnología que tenga a su disposición en los diseños experimentales como computadoras, dispositivos móviles, sensores, entre otros.
- Que los problemas planteados tengan un nivel de complejidad adecuado con la población meta e impulsar a la interdisciplinariedad de los conocimientos.

### **2.1.2. Dificultades para la enseñanza de la física**

El docente desde inicios de su práctica profesional está sometido continuamente a diferentes desafíos que surgen en el contexto de su oficio, tanto en los aspectos prácticos de su formación, como los relacionados con los filtros que le impone el sistema, y que muchas veces logra entorpecer su quehacer; es por eso que asumir el reto de enseñar representa todo un desafío, en este caso Alliaud y Antelo (2011), mencionan que “... hay que probar para saber enseñar y probar para llevar a cabo una tarea que requiere pruebas y puestas a pruebas constantemente” (p. 93), es decir, para enfrentar y sobrellevar el agotamiento institucional al que nos somete la práctica y la experiencia. Por lo tanto, de acuerdo con los autores citados a



continuación, algunos de los problemas o dificultades presentadas en la enseñanza de esta área, suelen estar relacionados con siguientes aspectos presentes en la tabla 2.

**Tabla 2.** Problemas o dificultades que presentan los docentes para la enseñanza de la física

Autor	Problemas o dificultades
Según Sinarcas y Solbes (2013)	La existencia de dificultades no superadas o de visiones deformadas de los docentes, que persisten aún luego del proceso de enseñanza aprendizaje de su formación.
	Recurrencia al uso de analogías pedagógicas inadecuadas basadas en el uso de símiles de la vida cotidiana que suelen llevar a la construcción de modelos erróneos difíciles de corregir. Dicho aspecto generalmente es detectado en los profesores novatos.
Peña (2016)	Compromiso del docente al tratar de llevar el mundo real al aula, así como los atributos socialmente aceptados y del entorno reconocido dentro de las perspectivas de los estudiantes.
	Escasez del material de apoyo en la literatura que haga un aporte a la planificación y ejecución de actividades prácticas en el contexto de clase.
Pedrajas y López (2016).	Desmotivación por parte de los estudiantes debido a la falta de recursos innovadores en el proceso de enseñanza relacionado a ciencia y tecnología, al igual que el uso de metodologías tradicionales en el aula por parte de los docentes.
	Se tiene la concepción de que, en la enseñanza de la Física, las clases se deben centrar en aspectos teóricos y aplicación de problemas posterior a la explicación
Hurtado y Martínez (2017)	La formación de ciudadanos competentes en el ámbito tecnológico es uno de los retos actuales en cuanto el incremento de la demanda de profesionales en el entorno científico tecnológico, sin embargo, en muchas ocasiones los docentes no reciben ningún tipo de incentivo por capacitarse, modernizar sus conocimientos o innovar sus metodologías didácticas.
	Los estudiantes suelen mostrarse desmotivados especialmente en la secundaria y sobre todo en las asignaturas del ámbito científico-tecnológico.
García, Cerdas y Torres (2017)	Aspectos relacionados con la gestión y administración curricular de los centros educativos o recursos institucionales, a cargo de la dirección de organizaciones educativas en materia de: infraestructura, talento humano, presupuesto y área curricular. Aquí intervienen y se constituyen elementos clave como edificios, equipamiento tecnológico, materiales didácticos, capacitación del personal, presupuesto y manejo de fondos.

Fuente: Elaboración propia, 2019. Basada en los autores mencionados.

### **2.1.3. Formación y rol del docente en el proceso de enseñanza**

Los cambios de la sociedad actual implican que los docentes deben cambiar también, y mejorar día a día para suplir las demandas de sus estudiantes, pero para este proceso no es suficiente el acompañamiento de buenas metodologías de enseñanza y promover un aprendizaje activo, sino que la formación del educador y la experiencia influye en la forma que esas metodologías son aplicadas para favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje (Michelini y Stefanel, 2015).

Otro aspecto a tomar en cuenta, es que el docente puede tener mucho conocimiento de los contenidos que está impartiendo y desarrollando, sin embargo, la forma en que transforma esos contenidos en nuevas experiencias que sean entendibles para los estudiantes puede ser un reto y esto, está relacionado con los programas de enseñanza que estudió, las experiencias de laboratorio en su proceso de formación y los recursos didácticos a los que tiene acceso, porque el enseñar va más allá del conocimiento de una disciplina, ya que esto también involucra los conocimientos pedagógicos y los conocimientos didácticos que el docente tiene (Michelini, Santi, y Stefanel, 2013).

El profesorado se caracteriza por su papel de mediador del conocimiento, así como transmitir destrezas y valores por lo que es fundamental que su aprendizaje sea constante, en otras palabras, no se debe quedar con su formación inicial, sino que debe renovar sus conocimientos, destrezas e ideas al ritmo en que estas van cambiando y esta es una responsabilidad tanto del docente como del centro educativo y el gobierno (Fernández, Guerra y Vivar, 2016). También, la eficiencia del proceso de enseñanza puede variar según las estrategias didácticas utilizadas, la mediación del profesor y el ambiente de aula, propiciando así la respuesta del estudiantado; por lo tanto, según el contexto educativo, es importante retomar la interacción educando-docente, así como la función o rol que debe presentar cada uno de estos (Medina, 2015).

En el caso de Costa Rica, al ser un país multiétnico y pluricultural, el personal docente debe tener un perfil profesional para suplir las exigencias de esta población, para esto se requiere de liderazgo, trabajar de manera colaborativa y capacitarse continuamente mediante diversas fuentes de información que favorezcan el resolver las diferentes problemáticas de la

vida cotidiana a las que se pueda enfrentar. Para suplir estas necesidades, el MEP propone ciertas habilidades (pensamiento crítico, respeto hacia los demás, cumplimiento de los derechos humanos y valores éticos, comunicación de diferentes formas de expresión, entre otras) que debe cumplir un profesor del área de ciencias para la población estudiantil de educación general básica. En cuanto a los discentes como parte de un proceso de educación se plantea un perfil específico según el ciclo en que se encuentran, para el caso de II ciclo de educación general básico se contemplan habilidades tanto desde la perspectiva actitudinal, socioafectiva y cognitiva vinculadas con el quehacer científico para valorar la eficacia del proceso de enseñanza y aprendizaje (MEP, 2016).

La función del docente debe orientarse a propiciar espacios donde el estudiante asuma una responsabilidad de construir su conocimiento de forma autónoma. El quehacer docente es favorecer mediante la experimentación y cotidianidad, ser un portador de cultura que fomente en el estudiante la capacidad y responsabilidad para la toma de decisiones, ser personas autónomas y creativas en el esfuerzo de transformar la realidad donde se visualice al humano como un ser autónomo y no como un producto de fábrica más a cumplir una rutina en una sociedad globalizada (García, 2016). Para esto, se toma en cuenta los lineamientos basados en la educación para una nueva ciudadanía que se base en el desarrollo integral de derechos humanos que enriquezcan la sociedad y su visión individual del mundo, y donde una de sus metas sea una educación para el diario vivir, que fomente la creatividad, la equidad y el desarrollo sostenible de la sociedad. (Ministerio de Educación Pública, MEP, 2017).

Para orientar al docente en estos lineamientos, el MEP (2016) propone habilidades que favorecen al docente a cumplir con eficiencia su rol profesional, donde se busca que fomente en el estudiantado una actitud crítica y reflexiva ante el proceso de enseñanza y aprendizaje, buscando que se analicen las ideas tomando en cuenta el razonamiento y opiniones de los discentes desde una perspectiva de respeto, además, es necesario que se enfoque en un aprendizaje basado en logros y no desde el punto de vista conceptual, por otro lado también se busca el respeto de los derechos y deberes de terceros tomando en cuenta la atención a la diversidad desde el ámbito étnico, racial, religioso y de género, como parte de la interculturalidad de la población, así como el uso sostenible de los recursos para proteger el medio ambiente.

El docente debe de incentivar el interés de los estudiantes para que investiguen y se informen de los acontecimientos tanto nacionales como internacionales desde una perspectiva

crítica y respetuosa, planificar e implementar estrategias didácticas y recursos tecnológicos donde el estudiante participe de manera activa y colaborativa para la resolución de problemas que favorezcan la comunidad, la región y el planeta. De forma general, el docente se encarga de planificar, medir y evaluar el desempeño de los discentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

## **2.2. Aprendizaje basado en trabajo de Laboratorio**

En la actualidad el trabajo de laboratorio (TL) es muy utilizado en el mundo y es una de las bases para lograr avances en la tecnología, ciencia y medicina, por lo cual, es importante conocer los pilares pedagógicos que fundamentan esta práctica. Primeramente, se debe de conocer el concepto de estrategia didáctica o de enseñanza, el cual, es mencionado por Ortiz (2009) como la recopilación de técnicas didácticas que se aplican para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Las técnicas didácticas son actividades diseñadas y orientadas por el docente que se realizan durante las lecciones, para lograr alcanzar una parte del aprendizaje planteado desde la estrategia de enseñanza (Tunal, 2018). Por lo anterior el trabajo de laboratorio se puede establecer como una técnica didáctica, la cual se va a desarrollar a continuación.

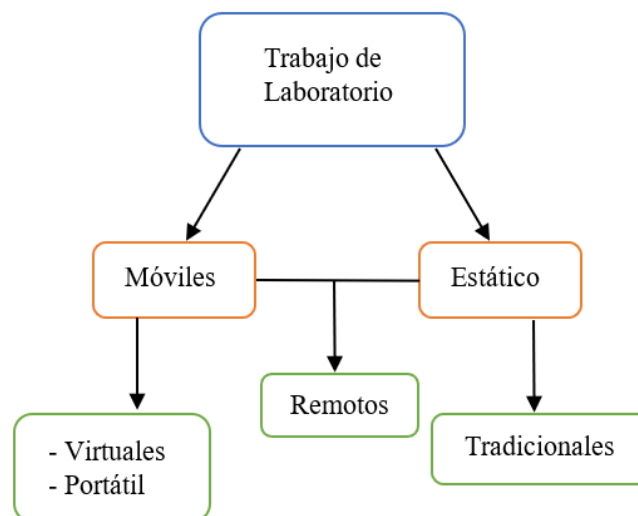
### **2.2.1. Definición del trabajo de laboratorio como técnica de enseñanza**

Según Vargas (1998), la técnica de laboratorio se define como, *“aquella en la que los alumnos tienen una experiencia directa con objetos y fenómenos reales y ejercen una acción sobre ellos para elaborarlos, transformarlos o adquirir la técnica de su manejo”* (p. 180). Por su parte Revuelta (2016), define el laboratorio como si fuera una planta, es decir, un espacio físico que posee equipamiento suficiente para la evaluación de una hipótesis, elaboración de un producto, establecimiento de especificaciones, entre otros fines que le permiten al estudiante realizar dichas actividades para construir su propio conocimiento.

En este documento se entenderá como trabajo de laboratorio a la evaluación de los conocimientos teóricos adquiridos en las lecciones mediante el uso de herramientas adecuadas que permitan esta actividad y ayuden a la finalidad del proceso de enseñanza-aprendizaje.

### 2.2.2. Clasificación de las diferentes modalidades de laboratorio

En la literatura existen varias clasificaciones de las modalidades de laboratorio, tal es el caso presentado por Revuelta (2016) en su trabajo de maestría donde cita la clasificación de Dormido (2004), “*las prácticas de laboratorio se pueden clasificar respecto a la forma de acceder al laboratorio y/o por la naturaleza del laboratorio*” (p. 31). Sin embargo, para este trabajo se propondrá una nueva clasificación que se muestra en la siguiente figura.



**Figura 1.** Clasificación general de laboratorios.

**Fuente:** Elaboración propia, 2019.

En los siguientes apartados se explicará con detalle los tipos de laboratorio, pero es pertinente antes establecer el significado de algunos términos:

- TL Móviles: hace referencia a los laboratorios que no presentan un espacio físico definido y poseen una disponibilidad de acceso mayor debido a que se pueden ejecutar en cualquier espacio de enseñanza.
- TL Estático: se refiere a aquellos laboratorios que poseen un espacio físico definido y los estudiantes deben de transportarse a estos para poder ejecutarlos.

### **2.2.3. Tipos de Laboratorios**

En esta sección se describirán detalladamente los tipos de laboratorio que se presentan en la figura 1.

- **Tradicionales**

Los laboratorios tradicionales o presenciales (LT) son aquellos que poseen un espacio físico determinado y cuentan con un conjunto de objetos e instrumentos específicos que les permiten a los estudiantes desarrollar un procedimiento experimental o secuencia de acciones para lograr realizar el objetivo de trabajo (Revuelta, 2016).

Arguedas (2017) menciona que un LT es aquel donde se puede manipular directamente el equipo y dispositivos, se requiere de la presencia del estudiantado en un espacio físico, además, se tiene un horario restringido para la elaboración de la práctica y por lo general la instrumentación es de alto costo. Por lo anterior, se entiende como LT al espacio físico donde los estudiantes de forma presencial realizan una serie de procedimientos para desarrollar habilidades conceptuales y prácticas durante un horario específico.

- **Virtual**

Los laboratorios virtuales (LV) nacieron en 1994 debido a la necesidad que presenta la población de adquirir habilidades básicas de laboratorio sin la obligación de presentarse a un determinado recinto, por lo cual es una herramienta informática que le permite al estudiante mejorar y complementar el proceso de enseñanza-aprendizaje (Arguedas, 2017).

Existen dos tipos de LV:

- **Software:** Para estos laboratorios se requiere la instalación y ejecución de un programa en las computadoras de los estudiantes, el cual, presenta un entorno virtual que simula un laboratorio, donde se pueden manipular diferentes variables del experimento y así fomentar el aprendizaje por descubrimiento. Este tipo de laboratorio permite al estudiante alcanzar los siguientes logros (Revuelta, 2016):

- Familiarización con el experimento.
- Optimización de recursos.
- Reducción del mal uso del equipo.
- Comparación entre los modelos teóricos con los reales.
- Dominio de procedimientos experimentales.
- Favorece la replicación de experimentos.
- Mejor manejo de las herramientas informáticas.

➤ Web: son entornos virtuales que se acceden de cualquier parte del mundo mediante una página web, por ende, se requiere de conexión a internet permanente, lo cual resulta una limitación debido a que no todas las instituciones de educación presentan este beneficio. La Universidad de Colorado, Estados Unidos, es una de las instituciones con mayor representación en este tipo de laboratorios por su proyecto PHET. Algunas de las características que posee esta modalidad de LV se citan a continuación según Arguedas (2017):

- El trabajo es mediante equipo simulado.
- Se pueden repetir los experimentos múltiples veces.
- Se pueden observar procesos que son difíciles de ver en la naturaleza.
- Los experimentos se pueden detener en un momento determinado para lograr un análisis más profundo del fenómeno observado.

- **Remotos**

Los laboratorios remotos (LR) son aquellos que permiten el acceso directo a un laboratorio con equipo real, sin la necesidad de moverse a un determinado recinto, es decir, que para acceder a estos laboratorios es necesario el uso del internet, lo cual resulta una limitación para los LR, adicionalmente varias computadoras son las que se encargan de realizar la mediación entre los usuarios y el equipo de laboratorio por medio de un software especializado (Revuelta, 2016).

El aporte a la educación que ha presentado este tipo de laboratorio es considerado uno de los cinco más importantes, principalmente para la educación a distancias como lo menciona Arguedas (2017), que a su vez presenta una serie de características de los LR las cuales se citan

a continuación:

- Se trabaja con equipos reales.
- Extienden la posibilidad de que mayores poblaciones estudiantiles accedan a equipos científicos.
- El equipo se puede usar las 24 horas del día los 365 días del año.
- Ayuda al desarrollo del trabajo autónomo.
- El docente puede supervisar más al detalle los avances de forma individual de cada estudiante debido al historial del LR.
- Pueden generar nuevas experiencias que mediante el LT no se pueden conseguir debido a las limitaciones de este.

- **Portátil**

El término de laboratorios portátiles (LP) se implementó de forma generalizada durante el siglo XVIII para referirse a un pequeño conjunto de reactivos básicos e instrumentos simples pertinentes a la química, que pueden ser transportados mediante trenes, barcos, o carruajes. Al principio estos LP tenían como finalidad la realización de análisis químicos en sitio, pero con la creciente tendencia de automatización y miniaturización del equipamiento científico durante el siglo XX, estos laboratorios llegaron a ser tan desarrollados que en la actualidad se cuenta con un laboratorio completo en un maletín o nave espacial (Álvarez, 2011).

Aunque este tipo de laboratorio se encuentra presente desde el siglo XVIII, no se cuenta con una definición conceptual, por lo que en este documento se define al LP como el conjunto de herramientas científicas que le permite al estudiante realizar diferentes procedimientos experimentales que desarrollen habilidades conceptuales y prácticas durante su uso en diferentes espacios geográficos. Gałuszka, Migaszewski, y Namieśnik (2015), mencionan una serie de características que deben de presentar los LP, las cuales se citan a continuación:

- Masa y dimensiones pequeñas para facilitar el transporte y el uso del equipo en las zonas de interés.
- Capacidad de realizar análisis rápidos en el sitio.
- Poseer una fuente de energía portátil.
- Está diseñado para ser usado en ambientes hostiles, por ejemplo; humedades



elevadas, diferentes temperaturas entre otros factores.

- Los datos recolectados deben de ser similares a los que se pueden tener en un LT.
- Tener un buen almacenamiento de datos que se pueden procesar en tiempo real mediante diferentes softwares.

## **2.3. Programación**

### **2.3.1. Conceptos básicos de programación**

Se dice que la electrónica “es una rama de la física y una especialización de la ingeniería” (Revuelta, 2016, p.43), cuyo estudio y aplicación se basa en el funcionamiento de la conducción y el control de flujo de partículas cargadas eléctricamente a partir de la invención del transistor en 1947, el cual consiste en un dispositivo semiconductor usado para enviar señales de salida en respuesta a otras señales de entrada, implementando lógica binaria y señales analógicas. Es entonces que empiezan a surgir con el pasar de los años los siguientes términos alrededor de esta disciplina (Revuelta, 2016):

- **Circuito integrado (CI):** Como su nombre lo indica, consiste en un circuito conformado de múltiples transistores, por medio de una técnica fotográfica en la que se usa una lámina hecha de material conductor cuyo tamaño puede ocupar tan solo unos pocos milímetros cuadrados, también se les conoce como chip o microchip.
- **Microcontrolador:** Básicamente es un CI pero complejo con una unidad programable de control, capaz de seguir instrucciones u órdenes programadas en su memoria tal y como en un ordenador, es decir, integra las tres unidades funcionales de una computadora (microprocesador (CPU), memoria de datos (RAM) y memoria de programa (ROM), además de las unidades de entrada-salida) en un mismo chip, realizando operaciones aritméticas, lógicas y de acceso.
- **Sistema Embebido (SE):** Se trata de un circuito electrónico por computadora, construido para ejecutar alguna o pocas funciones específicas, permitiendo la fabricación de artículos electrónicos de uso cotidiano, mediante la programación de un microcontrolador. Si se quiere elaborar SE basado en un microcontrolador, se necesita

programar en la memoria de este, una secuencia de instrucciones, códigos o algoritmos que le doten de la inteligencia requerida para poder efectuar una labor determinada.

- Máquina: Unidad central de procesos del microcontrolador, la cual depende de un lenguaje de máquina para que el microcontrolador pueda cumplir sus funciones, está expresado con números binarios, sin embargo, no es el único lenguaje en que el microcontrolador puede programarse.

En informática, existen diferentes niveles para clasificar los lenguajes de programación, su papel es traducir las órdenes delegadas por los seres humanos a las máquinas en una etapa denominada compilación. El nivel de lenguaje dependerá de su cercanía a la máquina, es decir, que un lenguaje de bajo nivel es un lenguaje cercano a esta y, por lo tanto, más difícil de comprender, por otro lado, un lenguaje de alto nivel es más fácil y cercano para el hombre, pero más difícil de comprender para la máquina (Goilav y Geoffrey, 2016).

A continuación, también se definen los siguientes términos según Revuelta (2016):

- Lenguaje Ensamblador: Posibilita la interacción efectiva entre la persona que programa y el microcontrolador.
- Compilador: Este es un software que transforma los archivos generados por el programador, en un archivo de código de máquina denominado ejecutable, es decir, lo traduce del código independiente de nivel (medio/alto) al de máquina.
- Código ejecutable: Archivo en código de máquina, se carga de la memoria del programa del microcontrolador.
- Integrated Development Environment (IDE): El entorno de desarrollo integrado, es un administrador de proyectos encargado de manejar la edición del código, así como su compilación y el debugging (depuración: proceso de identificar y corregir errores de programación). Debe antes estar instalado y correctamente conectado en una plataforma de desarrollo (placa de circuito impreso).

En su auge, los microcontroladores solo se programaban en lenguaje ensamblador, que era uno muy cercano a la máquina, se podían construir códigos optimizados, pero de gran dificultad para el aprendizaje, limitando su acceso. En la actualidad, existen varios lenguajes de programación como C, C++, Python que son más accesibles, más aún si necesitan algunos procedimientos adicionales para convertirlos al lenguaje binario (Goilav y Geoffrey, 2016).

### **2.3.2. Plataforma Arduino**

De acuerdo con Organtini (2018), Goilav y Geoffrey (2016), “Arduino” es una plataforma electrónica de circuitos de software libre o código abierto, conformado de tableros electrónicos, sensores, tableros de expansión, además de un entorno de desarrollo de software, para el desarrollo de aplicaciones dirigidas en parte al uso de microcontroladores del fabricante Atmel, y desarrollado en Italia por un equipo liderado por Massimo Banzi. Además, este dispositivo permite el uso rápido y sencillo de microcontroladores, por medio de la creación y programación de prototipos basados en software y hardware de fácil uso al ser flexibles.

Otro de sus mayores beneficios consiste en que dicha plataforma se encuentra disponible a todos de forma gratuita para la construcción y programación de objetos interactivos, ya que la tarjeta de Arduino, están equipadas con conectores estandarizados que sirven para conectarse a módulos compatibles (shields) que ofrecen variedad de extensiones de hardware tales como sensores, indicadores luminosos o interruptores para los diferentes fines y proyectos. Gracias a que estas tarjetas cuentan con conexión USB, es posible programar fácilmente el microcontrolador que incorporan, permitiendo que se puedan realizar un sin número de mediciones eléctricas simples (Goilav y Geoffrey, 2016).

Debido a que el Arduino UNO posee un reloj de 16MHz, las mediciones se pueden repetir muchas veces cada microsegundo, lo que brinda al usuario datos muy precisos y detallados, siendo este el más utilizado y sencillo. Otro beneficio llamativo es que hay muchos tutoriales en internet sobre cómo operar Arduino, sin embargo, solo hasta ahora se está empezando a reconocer el contenido pedagógico de esta plataforma.

### **3. CAPÍTULO III**

#### **MARCO METODOLÓGICO**

##### **3.1. Paradigma**

El paradigma naturalista, según Domínguez (2016), se basa en la comprensión del proceso en acción de las prácticas humanas y descubrir los patrones o fenómenos que involucra en su estado natural, así como desarrollar nuevos conceptos, redefinir conocimientos, identificar los problemas presentes y la explicación de estos fenómenos. En relación con lo anterior, este trabajo de investigación se fundamentó en este paradigma, ya que se indagó y explicó sobre las dificultades o necesidades que tienen los docentes encuestados para aplicar prácticas experimentales en el área de física, dentro del desarrollo natural del ambiente áulico. Basándose en la indagación previa, se propone un prototipo de laboratorio portátil como un posible recurso didáctico que mitigue las dificultades encontradas, e incorpore los saberes prácticos en las clases diarias, logrando así implementar un currículum integrado en el cual se puedan desarrollar habilidades útiles en la vida cotidiana.

##### **3.2. Enfoque**

En la actualidad las investigaciones socioeducativas presentan diferentes combinaciones de disciplinas y objetos de estudios para lograr una mejor comprensión sobre el fenómeno de interés (Hernández, 2014), principalmente se menciona la relación entre las metodologías cualitativas y cuantitativas, donde se pueden combinar a diferentes niveles dependiendo del objetivo de la investigación. El enfoque cualitativo dominante, es una de estas metodologías combinadas que se encuentra inmersa en el paradigma naturalista (Armas, Martínez y Fernández, 2010), donde el principal interés es la comprensión de las variables, además de realizar una integración de resultados y discusión que logre dar una mejor comprensión y poseer una perspectiva más completa del fenómeno estudiado, para lo cual se seleccionan las mejores características de cada enfoque por separado, por ejemplo el rigor formal de la cuantitativa, mientras que de la cualitativa su creatividad y plasticidad (Gómez, 2015).

En esta investigación se optó por desarrollar un enfoque cualitativo dominante, ya que se buscó comprender el entorno en que se encuentran inmersos los docentes de ciencias y se identificó las dificultades que tienen para realizar prácticas experimentales en el área de la física, permitiendo así interpretar las acciones y comportamiento de los sujetos en estudio como datos casi cuantitativos para el análisis de la investigación, generando una integración de resultados y discusión con el fin de comprender mejor el fenómeno estudiado.

### **3.3. Tipo de investigación**

La fenomenología indaga sobre el significado de una vivencia individual y experiencias subjetivas, desde la postura o mundo percibido de otras personas, identificando y entendiendo la verdadera naturaleza de los fenómenos cotidianos (Monje, 2011). Con respecto a lo anterior, la presente investigación se centró en este tipo de estudio ya que buscó entender las experiencias en común de diferentes docentes, en torno a los posibles problemas y dificultades frecuentes que les impide el desarrollo adecuado de su práctica pedagógica, por ejemplo aspectos relacionados con su formación, los recursos que le brinda la institución y los recursos didácticos disponibles para el desarrollo de clases, entre otras necesidades que limitan la posibilidad de la implementación de metodologías experimentales innovadoras en el área de física, en otras palabras, este trabajo estudió los factores relacionados con dichos eventos de acuerdo con las situaciones descritas y vividas en común por diferentes educadores de física, como un fenómeno que se desarrolla y es parte del contexto de su ocupación.

### **3.4. Categorías de análisis**

Para el desarrollo de esta investigación sobre las dificultades que presentan los docentes para realizar prácticas experimentales, y el diseño de un prototipo de laboratorio portátil, se contempla las siguientes categorías de análisis divididas en cinco grandes áreas y sus respectivas subcategorías de análisis en las cuales se fundamenta la presente investigación, cabe mencionar que las cinco grandes categorías son: dificultades que tienen los docentes, software para el prototipo de laboratorio portátil, hardware para el prototipo de laboratorio

portátil, validación del manual de prácticas experimentales y validación de la implementación del manual de prácticas experimentales usando el prototipo de laboratorio portátil.

### **3.4.1. Dificultades que tienen los docentes**

Para identificar las dificultades que tienen los docentes en el uso de laboratorios de física es necesario tener clara la concepción sobre laboratorios de física y las dificultades que hay actualmente hacia el uso de estos. En la actualidad, ser docente no es un oficio sencillo, su quehacer requiere más que cumplir un rol asignado ya que esta profesión requiere de hacer negociaciones, acuerdos, justificar y dar explicaciones, como producto del cumplimiento de su proceder con el programa institucional, bajo un sistema cuadrado integrado de valores y principios establecidos (Alliaud y Antelo, 2011). Por lo que las subcategorías fueron diseñadas en torno a tres principales dificultades que se pueden presentar en el uso de laboratorios de física.

#### **a. Recursos del profesor para el desarrollo de la clase**

Dentro de esta subcategoría de análisis se pueden encontrar un conjunto de términos referentes a las herramientas que un profesional en docencia puede o debe de poseer entre estos están los recursos didácticos, este término se puede entender como la compilación de elementos, materiales o estrategias que el docente emplea al desarrollar sus clases como apoyo o complemento en el proceso educativo (Blanco, 2012). En esta investigación se tomará como recursos del profesor:

- Prácticas de laboratorio.
- El tiempo de clase.
- Infraestructura destinada a prácticas experimentales.
- Manuales y materiales de laboratorio.

#### **b. Recursos institucionales**

Esta subcategoría hace referencia a los medios y recursos con los que cuentan las instituciones de educación secundaria para facilitar al docente la actividad de su mediación pedagógica, específicamente en cuanto al desarrollo de laboratorios o prácticas experimentales para el área de la Física. Algunos

aspectos relacionados con la gestión y administración curricular de los centros educativos se mueven en función de los procesos de enseñanza-aprendizaje a cargo de los docentes y donde interviene la dirección de las organizaciones educativas (García, Cerdas y Torres, 2017). En esta investigación se tomará como recursos institucionales:

- Infraestructura educativa.
- Presupuesto destinado a mejoras o inversión en materiales para prácticas experimentales.
- Recursos didácticos que brinda la institución al docente.

### **c. Formación docente**

Involucra aspectos como las competencias requeridas, investigación, capacitaciones y formación inicial del profesorado (Michelini, Santi y Stefanel, 2013), dando paso a la adaptación e innovación de los planes de estudio escolares, la metodología y didáctica.

### **3.4.2. Software para el prototipo de laboratorio portátil**

El software es un conjunto de programas computacionales que le permite al dispositivo realizar las distintas tareas específicas que se requieran (Parsons y Oja, 2008). Por su parte, los prototipos se consideran como el diseño preliminar de un dispositivo que sirve de modelo para la creación de los siguientes productos con mayores especificaciones (Pérez y Merino, 2015). Los laboratorios se consideran como el lugar donde se pueden realizar una interacción directa con objetos y fenómenos reales, para lograr manipular adecuadamente dichos objetos y comprender el fenómeno en estudio (Vargas, 1998; Arguedas, 2017), mientras que el término portátil usado como adjetivo, según la Real Academia Española (2014), se define como “Movable y fácil de transportar”. Por ende, el software para el prototipo de laboratorio portátil se compone de los programas computacionales necesarios para el funcionamiento del prototipo de laboratorio, el cual se puede trasladar de forma sencilla de un sitio a otro, sin alterar sus funciones.

Para esta categoría se tomará en cuentas las siguientes subcategorías:

- Lenguajes de programación
- Código de programación

### **3.4.3. Hardware para el prototipo de laboratorio portátil**

Los componentes físicos se les denomina hardware, por lo que consisten en las máquinas y dispositivos auxiliares que permiten realizar las funciones necesarias de procesamiento, almacenamiento y transferencia de datos, entre otras (Camazón, 2011). El hardware para el prototipo de laboratorio portátil se comprende como todo el material físico que se requiere para su elaboración, los cuales deberán ser de fácil transporte. Para esta categoría se tomará en cuenta la siguiente subcategoría:

- Dispositivo digital del tipo Arduino

### **3.4.4. Validación del manual de prácticas experimentales por Juicio experto**

El adjetivo validez según la Real Academia Española (2018), hace referencia a que algo o alguien es firme, consistente o que vale legalmente, por lo cual se puede entender que la validación del manual de prácticas experimentales es un proceso donde se valida, afirma o se da la consistencia de que este producto consta de los requisitos mínimos para ser puesto en práctica. En este proceso de validación se tomó en cuenta la comprensión del manual de prácticas experimentales, presencia del formato establecido para un manual de prácticas experimentales, funcionalidad del manual para la correcta ejecución del prototipo integral de laboratorio portátil, pertinencia de las prácticas experimentales del manual de laboratorio con la teoría física actual.

### **3.4.5. Validación de la implementación del manual de prácticas experimentales usando el prototipo de laboratorio portátil mediante grupo focal.**

Durante este proceso de validación se midió la validez del manual de prácticas a lo largo de la aplicación práctica de los experimentos propuestos utilizando el prototipo de laboratorio portátil; dentro de los criterios que se establecen para este proceso se encuentran: pertinencia con las temáticas de cinemática en planteados en los planes del MEP, la funcionalidad del manual para la correcta ejecución del prototipo integral de laboratorio portátil, la pertinencia con una metodología basado en aprendizaje activo y la presencia del formato establecido para el manual de prácticas experimentales que permite el desarrollo adecuado del proceso.



### **3.5. Descripción de las fuentes de investigación**

En esta investigación se trabajó con una muestra de 10 docentes de ciencias, seleccionados a través de un muestreo intencional, no aleatorio caso-tipo (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Estos docentes laboran en 3 instituciones del circuito 07 de La Regional de Heredia, los docentes seleccionados poseen un grado académico igual o mayor al bachillerato con una carrera profesional de tres o más años de experiencia, en la cual se incluya la ejecución de clases en el área de física, esto debido a que la información que se obtuvo es enriquecedora, profunda y de alta calidad para comprender el fenómeno en estudio.

Adicionalmente, se trabajó con los directores o directoras de las instituciones en las cuales laboran los docentes de la muestra, esto para complementar los datos recolectados de los educadores, en relación con las dificultades que presentan para el desarrollo de prácticas experimentales. Para fines de la investigación los directores/ras serán denominados D1, D2 y D3 respectivamente, mientras que los profesores encuestados son denotados con una P y la numeración correspondiente de 1 al 10.

### **3.6. Descripción de las técnicas e instrumentos de investigación**

En este trabajo de investigación se utilizaron encuestas y un grupo focal como técnicas de recolección de datos, que responden a tres entrevistas como instrumentos respectivos. A continuación, se detallan cada uno de las técnicas e instrumentos:

Encuesta: se caracteriza como una técnica que a través de interrogantes permite la producción y recogida de datos para medir conceptos o variables que se derivan de una problemática de investigación. Para la recolección de datos se puede utilizar una entrevista que se lleva a cabo cara a cara entre investigador y sujeto de investigación o mediante un cuestionario (López y Fachelli, 2015). Para esta técnica, se hizo uso de dos entrevistas, las cuales son instrumentos de recolección de datos representativas de las investigaciones de tipo cualitativo que se lleva a cabo de forma presencial, siguiendo una estructura de preguntas previamente establecidas y mediante una interacción de diálogo entre entrevistador y

entrevistado (Troncoso y Amaya, 2017). Este instrumento responde al primer objetivo específico que consiste en la identificación de las dificultades que tienen los docentes para la realización y ejecución de prácticas de laboratorio en el área de Física. Las entrevistas que utilizadas se describen a continuación:

Entrevista A. Está constituida por un total de 11 interrogantes abiertas dirigidas a los directores de los centros educativos en estudio con el objetivo de identificar las carencias y fortalezas que presentan dichas instituciones y que exista la posibilidad de que se relacionen con las dificultades que tienen los docentes para la realización de prácticas experimentales como estrategias didácticas en el desarrollo de las lecciones; para esta, se tomó en cuenta la subcategoría de recursos institucionales (Anexo 1).

Entrevista B. Se enfocó en identificar las dificultades para realizar prácticas experimentales desde una perspectiva docente, se elaboró con un total de 19 interrogantes de preguntas abiertas tomando en cuenta las siguientes subcategorías de análisis: formación docente, recursos del profesor para el desarrollo de la clase y recursos institucionales (Anexo 2).

La segunda técnica utilizada es un grupo focal conformado por 10 individuos de la muestra de docentes seleccionados para esta investigación; esta técnica se utilizó en el proceso de recolección de datos, donde se aplicó un instrumento de análisis para conocer las experiencias, fortalezas y debilidades de una temática específica según un grupo de personas como tal y no de forma individualizada, por lo que esta estrategia es utilizada cuando se quiere involucrar nuevos métodos y datos para lograr una validez (Bonilla y Escobar, 2017). El instrumento que se utilizó es una entrevista que consistió en un conjunto de interrogantes respecto a una o más variables de medición, de acuerdo con Behard (2008), estas preguntas pueden clasificarse como cerradas o abiertas. Además, su formato permite que sea resuelto por escrito por los mismos sujetos de investigación, reduciendo así los sesgos causados por la presencia del entrevistador y facilitando a su vez los costos de aplicación y análisis (Monge, 2011). Esta se compone por 13 interrogantes a evaluar en respuesta al cuarto objetivo de este proyecto de investigación que se basa en elaborar un manual de laboratorio validado para la implementación de un prototipo de laboratorio portátil en la realización de prácticas experimentales en la enseñanza de la cinemática (Anexo 3).

### 3.7. Criterios de Validación

A continuación, se detallan los criterios de validación para los instrumentos a utilizar en este proyecto de investigación:

- a. **Entrevista dirigida a docentes y entrevista para los directores:** se realizó por un juicio de expertos conformado por 3 personas calificadas debido a su formación académica, experiencia laboral y líneas de investigación.
- b. **Cuestionario para la evaluación del manual de prácticas experimentales para el uso de un prototipo de laboratorio portátil:** Para aplicar este instrumento previamente se realizó un proceso de validación mediante juicio de expertos integrado por 3 personas calificadas debido a su formación académica y experiencia. Este proceso se desarrolló de forma no presencial, por lo que se envió por vía electrónica los documentos necesarios, el tiempo de duración para este proceso fue de 8 días naturales para que los evaluadores emiten su juicio, el instrumento de evaluación a utilizar será una escala de apreciación.
- c. **Aplicación del Manual de prácticas experimentales para el uso de un prototipo de laboratorio portátil:** Mediante una entrevista para la recolección de datos, se validó tanto el prototipo de laboratorio como el manual para su uso de una forma integral mediante un grupo focal virtual, este fue conformado por una muestra de 10 docentes de ciencias pertenecientes a las fuentes de información de esta investigación, la metodología que se empleó consistió en un taller virtual donde se demostró mediante videos el uso del prototipo del laboratorio portátil siguiendo las instrucciones de las prácticas de laboratorio incluidas en el manual.

### 3.8. Descripción del análisis a realizar

Los datos recolectados se organizaron y presentaron en forma de tablas y gráficos para visualizar mejor los resultados obtenidos y analizarlos de forma cualitativa. Para el análisis de resultados se utilizó la triangulación ya que, como lo mencionan Aguilar y Barroso (2015), es una técnica cuya metodología permite comparar y contrastar la información recabada con diversos instrumentos, de modo tal que se generen resultados sólidos los cuales reflejan la realidad del fenómeno estudiado. Dicha técnica, además, permite generar validación de los

resultados obtenidos, ya que brinda la capacidad de contrastar datos recolectados en distintos tiempos, lugares o sujetos. Por su parte, a partir de toda la información recopilada se hicieron interpretaciones y reflexiones del fenómeno estudiado por medio del uso de las diferentes categorías de análisis.

## **4. CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y ANÁLISIS**

En esta sección se presentan los resultados obtenidos y sus análisis según las categorías de esta investigación. Se inicia por las dificultades de los docentes para desarrollar las prácticas experimentales; en un segundo apartado se analiza el proceso de elaboración de software y hardware del prototipo de laboratorio portátil; finalmente, en el tercero se presenta la validación del manual y su aplicación.

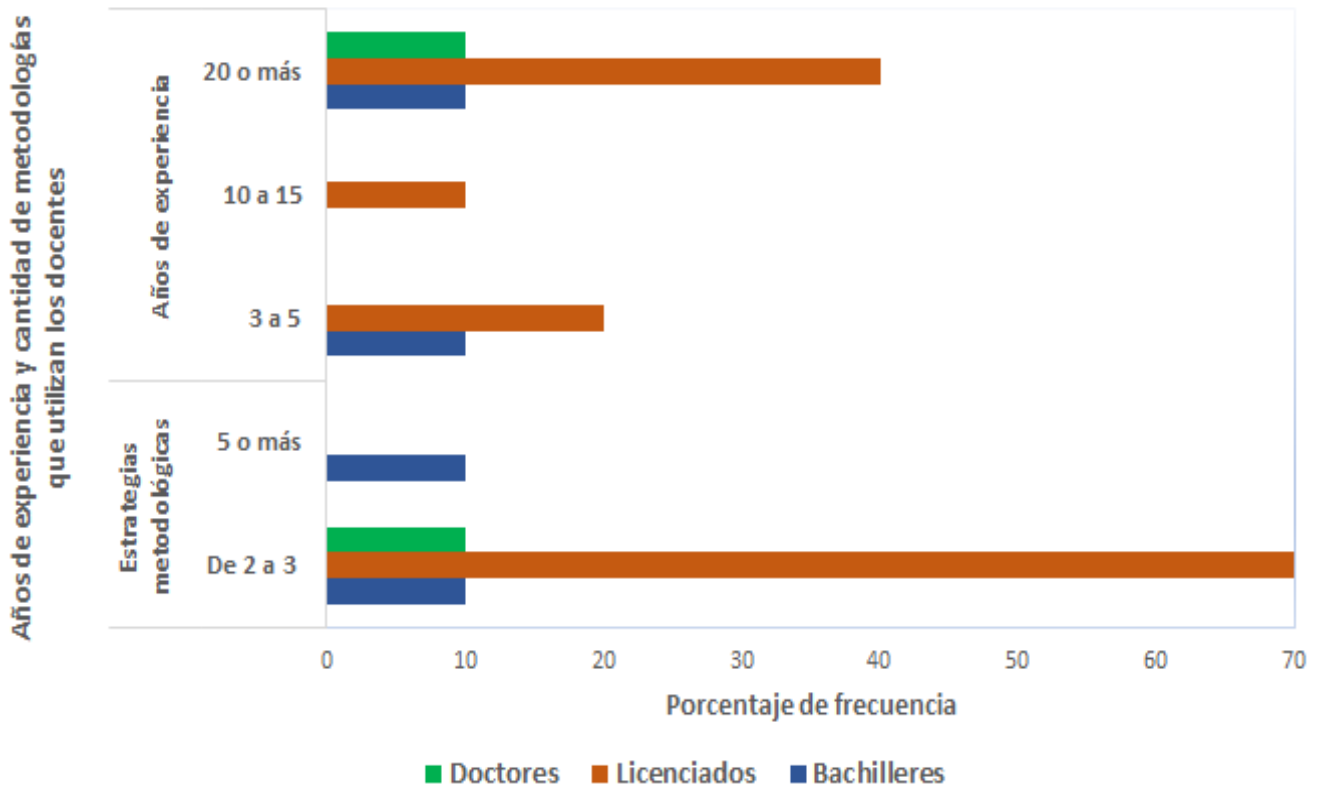
#### **4.1. Dificultades que tienen los docentes**

A continuación, se detallan las diferentes representaciones de los datos obtenidos mediante el análisis de los instrumentos y recolección de datos, según la información suministrada por los docentes y directores de las instituciones seleccionadas correspondiente a las dificultades de los docentes en las subcategorías: Formación Docente, Recursos del profesor para el desarrollo de la clase y Recursos Institucionales.

##### **4.1.1. Formación del docente (FD)**

En este primer apartado se describen aspectos referentes a la primera subcategoría de análisis de esta investigación que incorpora elementos de la formación docente de los sujetos entrevistados, tales como la especialidad, el nivel académico y los años de experiencia de los profesionales docentes, el o los tipos de mediación pedagógica que utilizan en el desarrollo de las clases de ciencias, así como también aspectos de sus procesos de capacitación, el conocimiento o percepción de nuevas tecnologías como los laboratorios portátiles.

Con respecto a los resultados obtenidos a partir de la entrevista aplicada a los docentes, se relaciona la formación inicial de los docentes con los años de experiencia laboral que poseen y cantidad de estrategias de mediación pedagógica que utilizan para el desarrollo de las lecciones de ciencias, los cuales se reflejan en la siguiente figura (anexo 5).



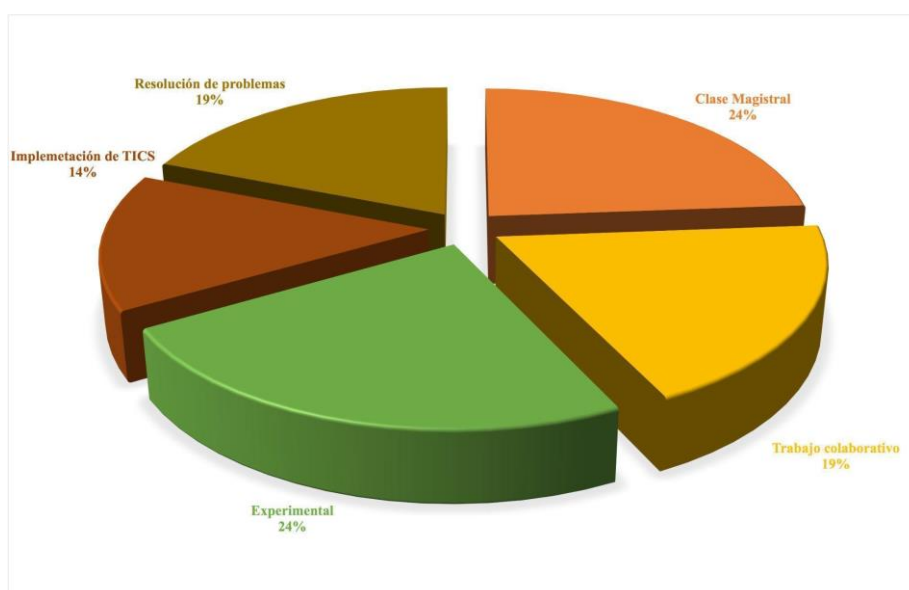
**Figura 2.** Porcentajes manifestados por los docentes en cuanto a años de experiencia laboral y cantidad de estrategias de mediación pedagógicas en relación con su formación académica

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.

Como se aprecia en la figura anterior, la mayor cantidad de estrategias aplicadas en la mediación pedagógica es por los bachilleres en ciencias, sin embargo, son los que poseen menos experiencia laboral, por lo que se podría inferir basándose en estos resultados, que no hay relación entre los años de experiencia del docente y su formación académica con la cantidad de estrategias de mediación pedagógica que utilizan para desarrollar sus clases. Alfaro (2013) menciona que los profesores aparte de su formación inicial en enseñanza, deben de capacitarse e innovar en el uso de estrategias pedagógicas, esto para lograr renovar y ampliar sus conocimientos, adquiriendo habilidades y destrezas para la mejora de su desarrollo profesional, adaptándose a los contextos y tecnologías modernas; además de esto, los profesores con mayor experiencia impartiendo lecciones tienen una tendencia a utilizar una clase más del tipo magistral y desconocen el uso de metodologías que involucren las herramientas tecnológicas. Por ende, resulta relevante el proceso de capacitación continua de los docentes para innovar y adaptarse a las necesidades que presenta el proceso de enseñanza-

aprendizaje actual, debido a que la falta de este proceso puede generar una dificultad a la hora de impartir lecciones.

En relación con lo anterior, se presenta en la figura 3 los tipos de estrategias de mediación pedagógica que utilizan estos educadores durante sus clases según lo manifestado por estos. Se evidenció que existe una tendencia por parte de los docentes entrevistados para implementar metodologías del tipo experimental al igual que las clases magistrales, dejando de lado otras estrategias como es el uso de las tecnologías de información y comunicación (TICs) (anexo 6), en este sentido, las clases magistrales son una de las formas más utilizadas en el desarrollo de las lecciones de ciencias. Con relación a esto, Jiménez y Oliva (2016) expresan la necesidad de que en la formación inicial de los profesores se enseñe el uso de estas herramientas, como una forma innovadora para que los docentes durante el ejercicio profesional apliquen diversas estrategias de mediación con el fin de sustituir la clase tradicional utilizada en los salones. El uso principal de clases magistrales por los docentes puede estar relacionado a una dificultad durante la formación inicial, donde no se motivó la utilización de nuevas alternativas para el desarrollo de las clases de ciencias, por lo tanto, durante el ejercicio profesional se favorece las clases magistrales y se omiten las nuevas alternativas que la sociedad actual brinda.



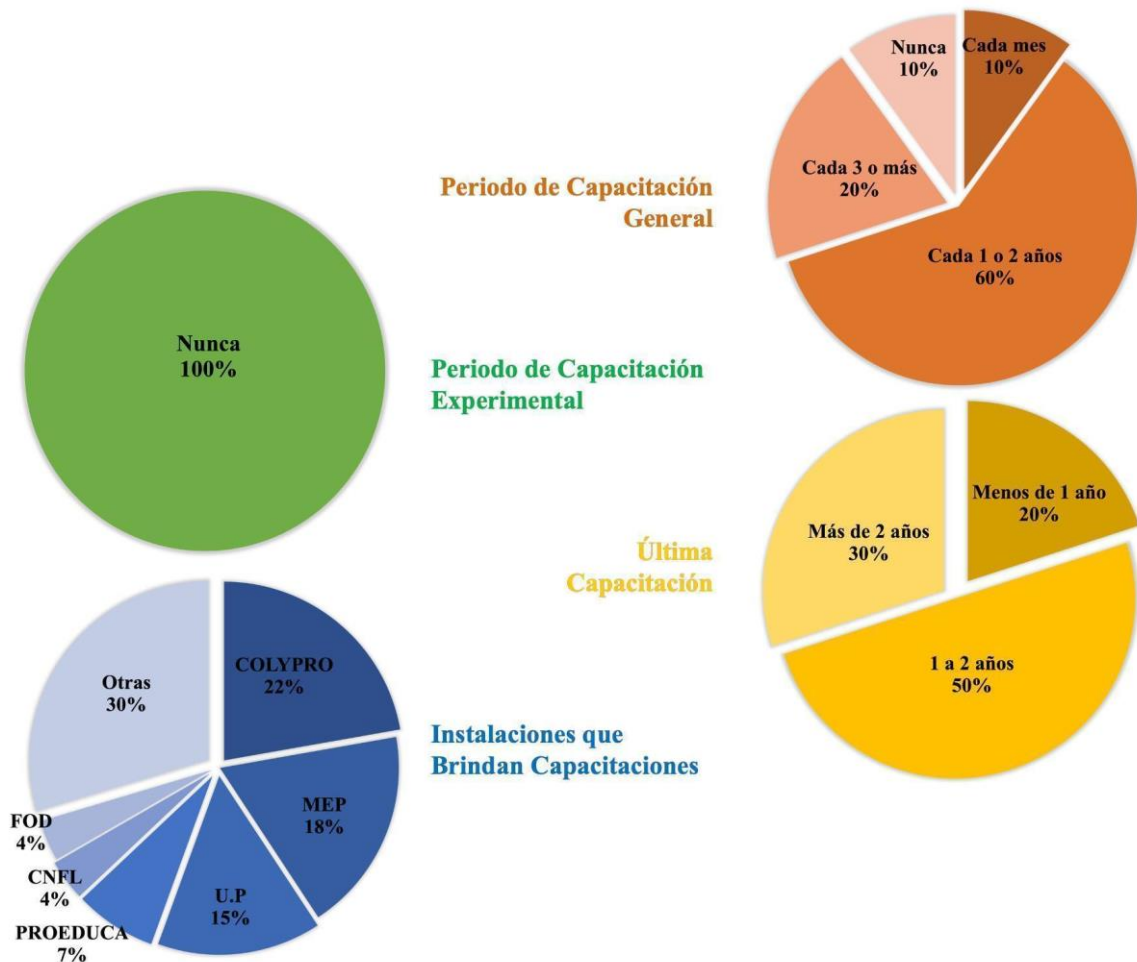
**Figura 3.** Estrategias de mediación pedagógica en términos porcentuales según el uso que le dan los profesores de ciencias durante el desarrollo de las lecciones.

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.

Según los datos obtenidos en la entrevista a los docentes, otra de las estrategias de mediación pedagógica más utilizadas es la experimentación. Según Arbués, (2015) la implementación de actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias es una estrategia innovadora que viene a sustituir las clases magistrales y a su vez, permite que el estudiantado se acerque a la actividad científica real. Basado en la información anterior, la experimentación puede ser una de las estrategias de mediación pedagógica que se encuentra en auge y llegue a sustituir las clases tradicionales, sin embargo, en muchos casos la experimentación se da mediante una demostración, donde el docente realiza el experimento y los estudiantes son observadores, quitándoles a ellos la oportunidad de ser protagonistas de su aprendizaje, lo cual ocurre debido a diferentes dificultades del quehacer profesional que se presentan en la figura 6. Se incentiva al docente para hacer uso de esta estrategia, pero dejando a los estudiantes realizar el experimento por ellos mismos y guiarlos en la correcta manipulación del equipo, se puede hacer que las ciencias favorezcan un aprendizaje significativo al estudiantado con respecto a la realidad científica, siempre y cuando se cuente con acceso al equipo necesario.

En las mismas entrevistas se indaga sobre los procesos de capacitación de los docentes de ciencias, debido a que este proceso es bastante amplio y extenso, se concentraron los esfuerzos para recolectar la información necesaria sobre los diferentes periodos temporales de capacitación de los docentes, estas capacitaciones se dividieron en generales donde se desarrollan temáticas de formación pedagógica general, no relacionada con el uso de herramientas tecnológicas o metodologías experimentales para la enseñanza de las ciencias, y las capacitaciones experimentales en las cuales si se abarcaban estas metodologías. Así mismo, se cuestionó sobre el periodo de tiempo que había transcurrido desde su última capacitación y de las instancias que han brindado estos procesos de formación, los resultados obtenidos se pueden apreciar en la figura 4.





**Figura 4.** Periodos de capacitación de los profesores de ciencias con experiencia en Física de los centros educativos en estudio e instancias donde se brindan capacitaciones: Universidades Públicas (U.P), Colegio de Licenciados y Profesores (COLYPRO), Ministerio.

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.

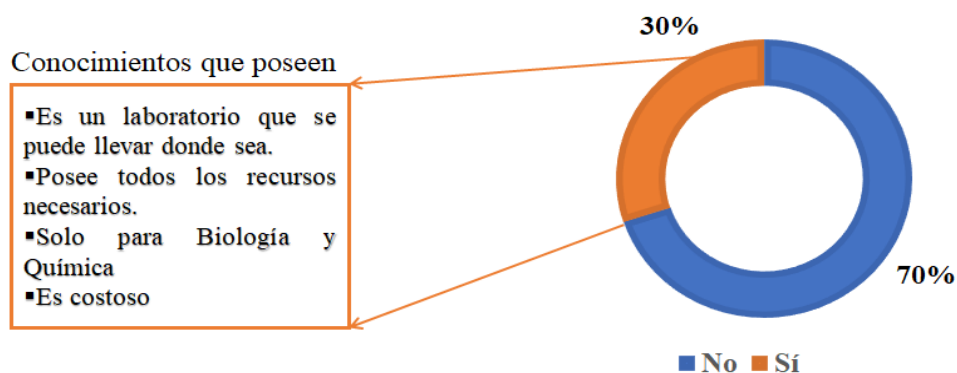
Partiendo de la figura 4 y del Anexo 7, se puede indicar que 6 de cada 10 docentes se capacitan cada uno o dos años, por lo que los docentes entrevistados se encuentran en un proceso de aprendizaje continuo, sin embargo, se encontró que 1 de cada 10 profesores no realizan ninguna capacitación para mejorar sus conocimientos y estrategias de mediación pedagógica. Así mismo, la mitad de los docentes entrevistados realizaron su última capacitación uno o dos años previo al 2019, reforzando la percepción que los docentes de ciencias del circuito 07 de la regional de Heredia presentan un proceso de aprendizaje continuo.

Las principales entidades que brindan estas capacitaciones son las universidades públicas (U.P), el Colegio de Licenciados y Profesores (COLYPRO) y el mismo Ministerio de Educación Pública (MEP), pero según lo comentado por los entrevistados (Anexo 7), por lo

general estas capacitaciones son cursos aislados, insuficientes que no se acoplan a las condiciones de las diferentes realidades del aula costarricense, y no están inmersos en un plan o programa de capacitación continua y actualizada, además la participación de los docentes en estas capacitaciones se ve influenciado por la adquisición de puntos de carrera profesional que conlleva a beneficios económicos, dichos resultados son comparables y similares a los presentados por Zamorano (2014), donde refleja un sistema educativo similar al de Costa Rica y que los programas que existen para alentar la capacitación de los docentes presentan poco impacto si no están orientados al estímulo de la carrera profesional y las remuneraciones del sistema educativo, así mismo no se encuentra un consenso de las competencias que los docentes deben de contar.

Cabe destacar que estos procesos de capacitación son meramente en la formación pedagógica generalizada de las distintas disciplinas científicas, por lo cual ninguno de los educadores de la muestra ha participado en una capacitación para la implementación de metodologías experimentales, dejando de lado el desarrollo de estas habilidades; realizando procesos de enseñanza en donde se adquieren habilidades aisladas, es decir, centradas en un tema específico de la asignatura, generando una comprensión limitada de las diversas disciplinas en los estudiantes (Álvarez, 2004), favoreciendo a la problemática actual que enfrenta el país para desarrollar un sistema educativo dinámico, donde se promueva el modelo teórico-práctico de la enseñanza (Ortiz, Ríos y Bustos, 2012). Se ha evidenciado mediante estos resultados que los profesores de los centros educativos aquí investigados presentan procesos de capacitación generalizados provenientes de una amplia gama de entidades gubernamentales y no gubernamentales, pero estos procesos se centralizan en los conocimientos científicos actuales y en las estrategias de mediación pedagógicas generales, sin incluir la formación experimental para el desarrollo del modelo de enseñanza antes mencionado.

En relación con los procesos de capacitación en técnicas experimentales se les cuestionó a los docentes sobre el conocimiento y la percepción que tienen en relación con el término de laboratorio portátil, los resultados obtenidos se presentan en la figura 5.



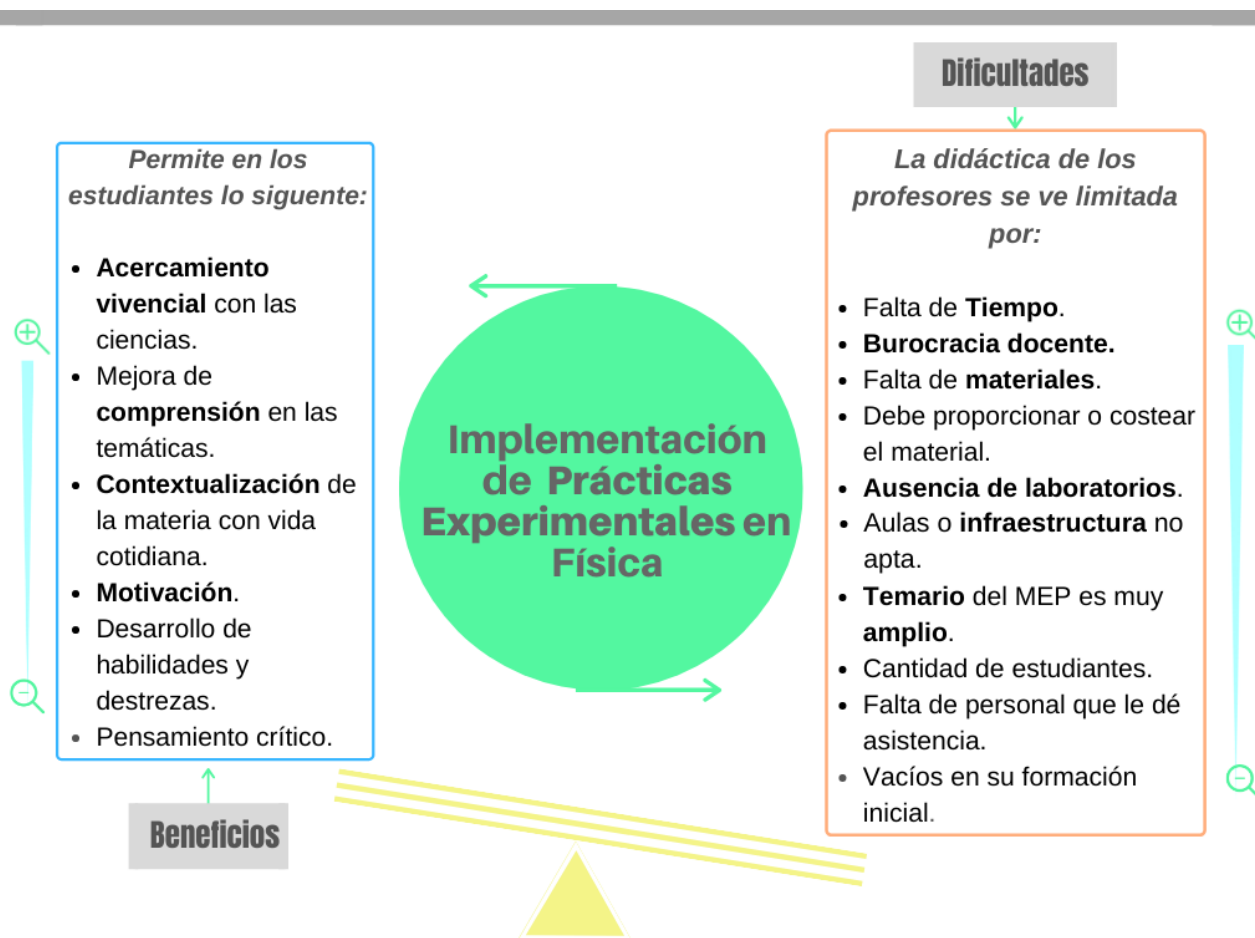
**Figura 5.** Porcentaje de manifestación en cuanto al conocimiento que poseen los docentes en relación con el concepto de laboratorio portátil

**Fuente:** Elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.

Con base a la figura anterior, se evidencia que la percepción sobre el término de LP es reducida, debido a que un 70% de la muestra de docente no conocía este término y los conocimientos que posee el otro 30% son muy reducidos y se limitan principalmente a ideas empíricas basadas a los conceptos individuales del término, donde se resalta que un LP es un laboratorio que se puede transportar a donde sea y que posee todos los recursos necesarios para realizar prácticas experimentales, pero que se presentan principalmente para biología o química, además de que la adquisición de estos laboratorios es de alto costo económico (Anexo 8).

La falta de conocimiento que presentan los docentes sobre el término de LP, resulta un poco preocupante debido a que el concepto existe desde el siglo XVIII y se fue perfeccionando durante el pasado siglo, hasta lograr que se pueda transportar un laboratorio completo dentro de un maletín (Álvarez, 2011), sin embargo, como lo mencionan los docentes, estos esfuerzos se han centrado para la enseñanza de la biología y química. Relacionando los procesos de capacitación mencionados anteriormente, se debe buscar la adquisición de un conjunto de competencias de parte de los docentes para lograr generar cambios dentro del sistema educativo, donde se incluyan las nuevas herramientas tecnológicas en la enseñanza de la física, los laboratorios portátiles pueden ser una manera para iniciar estos cambios, pero se deben de introducir tomando en cuenta el contexto y dificultades actuales de las aulas para fomentar las prácticas experimentales.

En cuanto a los principales beneficios y dificultades que tienen los docentes entrevistados, relacionadas con la implementación de prácticas experimentales de física para el desarrollo de sus lecciones, se evidencian los siguientes resultados en la figura 6.



**Figura 6.** Beneficios y dificultades de la implementación de prácticas experimentales durante las lecciones de Física

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.

La figura 6 evidencia que con respecto a la implementación de prácticas experimentales en las lecciones de Física, los docentes manifiestan dos situaciones, la primera es que dichas actividades traen una serie de beneficios fundamentales para el aprendizaje de los estudiantes, pues creen que el desarrollo de estas ayudan a mejorar la comprensión y contextualización de la materia, debido al acercamiento que los educandos tienen con las ciencias, además también señalan que se ven potenciadas habilidades científicas importantes como el pensamiento crítico; por otro lado, la segunda situación, es que los educadores agregan que existen varias dificultades que les limitan la implementación de dichas prácticas, las principales se encuentran

asociadas a factores externos como falta de tiempo, burocracia docente (recargo de funciones), ausencia de suficientes materiales didácticos y equipo entre otros. (Anexo 9).

Los docentes ven beneficioso el uso de prácticas experimentales para el desarrollo de sus lecciones, porque la mayoría concuerda en que éstas mejoran en los estudiantes la comprensión de temáticas de física tanto simples como abstractas, permitiéndoles un acercamiento más vivencial con las ciencias al poder explorar, crear o hacer cosas por ellos mismos, y por tanto, poder contextualizar mejor la teoría de dicha asignatura con los fenómenos de la vida cotidiana, lo que estimula su interés y motiva positivamente hacia la materia. Gómez (2015) comenta que el papel de las prácticas experimentales en la enseñanza de la física, es propiciar ambientes de aprendizaje flexibles donde los estudiantes puedan ser parte de la construcción de su propio conocimiento, por medio de la curiosidad que de ellos se genera alrededor de temas de interés, así mismo Ubaque(2009) citado por Romero y Aguilar (2016), afirma que el experimento, permite a los estudiantes una mayor profundización en los contenidos estudiados, facilitando una comprensión más amplia de los hechos y mostrando la aplicación de lo repasado teóricamente al permitir en ellos, una visión más real y emocionante de la Física. El uso de prácticas experimentales, por lo tanto, beneficia al permitir que el proceso de enseñanza-aprendizaje se dé de forma sencilla, facilitando la explicación y el entendimiento de conceptos y sucesos entorno a las leyes físicas, lo que convierte a este proceso en un ejercicio ameno y provechoso. Por ende, sumado a los beneficios mencionados anteriormente, educar haciendo uso de prácticas experimentales en el aula, constituirá una estrategia pedagógica fundamental e importante, en función del aprendizaje de los estudiantes.

Sin embargo, pese a la aparente iniciativa de los docentes de secundaria por desarrollar o implementar prácticas de física de índole experimental en sus lecciones (tabla.3), las dificultades mencionadas en la figura 6, mayormente atribuidas a factores externos, les impiden total o parcialmente la realización de estas, optando por el uso de metodologías de enseñanza tradicional basadas en la clase magistral, demostraciones, y la modalidad del aprendizaje meramente memorístico. Mengascini y Mordeglia (2014), mencionan que las actividades experimentales son poco seleccionadas por los docentes debido a factores tanto institucionales, personales o de formación, como de origen curricular, que los impulsa a utilizar estrategias sencillas con bajo nivel de complejidad y pocos procedimientos, propiciando una escasa participación de los estudiantes, no obstante, enfatizar en obstáculos externos, y el no concientizar en su propia práctica, podría favorecer que los docentes no busquen de otras

alternativas para enfrentar estas situaciones e introducir cambios. En consecuencias como: que los educandos solo adquieran información a corto plazo, así como habilidades limitadas o aisladas de sus necesidades inmediatas, e incluso generen dependencia total del profesor como figura de autoridad haciéndolos tomar una posición pasiva (Chavarría ,2012).

En torno a los resultados obtenidos en esta subcategoría existen dos principales dificultades que presentan los docentes en relación con su formación. La primera de estas es la falta de conocimientos sobre nuevas estrategias metodológicas para la enseñanza de la física implementando las herramientas tecnológicas, esto podría deberse a que en su formación inicial no contaron con la preparación correspondiente, y porque en las capacitaciones recibidas se centraron en los procesos pedagógicos generalizados. Sin embargo, a pesar de contar con pocas oportunidades de mejora a nivel de formación profesional en el ámbito de pedagogía experimental de las ciencias, los docentes no están exentos de reflexionar en su propia práctica, es decir, que esto no los exime de mirar en introspectiva y de ser autocríticos al momento de analizar la calidad de sus metodologías como parte de la ética profesional que implica ser docente, por ende, la segunda mayor dificultad podría ser ellos mismos.

A continuación, se describen los resultados obtenidos en las entrevistas aplicadas a los docentes, respecto a los recursos propios que disponen para sus clases, es decir, los recursos con los que cuentan para el desarrollo de prácticas experimentales independientemente de las que le provea la institución.

#### **4.1.2. Recursos del profesor para el desarrollo de la clase (RP)**

En la presente subcategoría se indagó sobre la disposición que poseen los profesores para utilizar un LP, además, se investigó si en la actualidad se presenta el desarrollo de actividades experimentales durante sus lecciones, los resultados se ven reflejados en la tabla 3.

**Tabla 3.** Disposición de los docentes frente al uso de LP y desarrollo de actividades experimentales según las entrevistas aplicadas

Indicador	Respuestas	% respuesta	Razones de la respuesta
Desarrollo de actividades experimentales durante las clases de Física	Si	30	-Se intenta ejecutar las actividades ajustándose al temario y al tiempo disponible, aunque cueste abarcar todos los contenidos. -Es fundamental que la parte teórica vaya acompañada de la práctica
	No	70	-Falta de tiempo. -Muy pocas lecciones. -Temario muy extenso -Recargo de funciones. -Prioridad a la teoría.
Apertura de los docentes ante la posibilidad de usar un LP como recurso alternativo para el desarrollo de prácticas experimentales	Sí	100	-Ayudaría en el proceso de aprendizaje y la comprensión de la materia.
			-La física es una ciencia exacta, necesita de experimentación.
	No	0	- N/A

**Fuente:** Elaboración propia, 2019, basada en los datos de la entrevista.

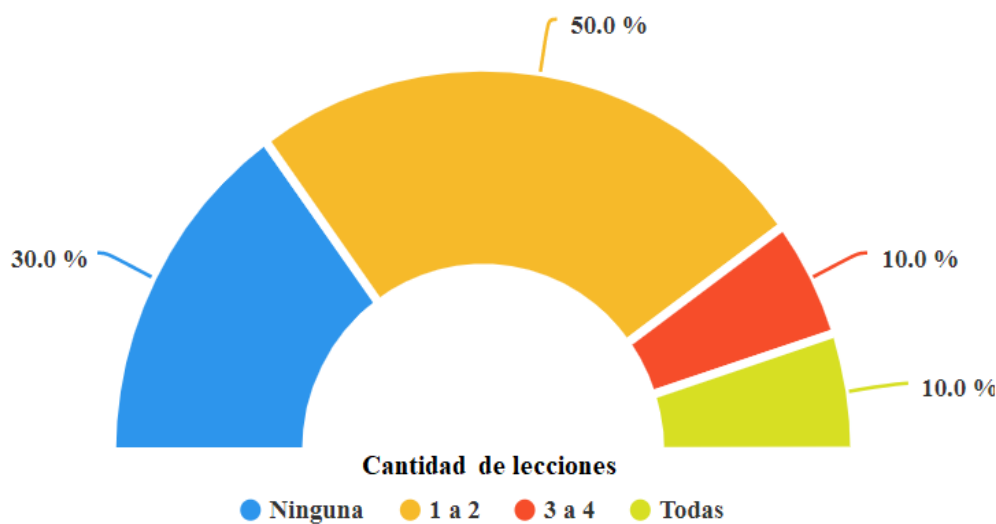
Como se aprecia en la tabla 3, el 30% de los docentes realizan los esfuerzos necesarios para aprovechar cada oportunidad de ejecutar actividades de índole experimental, pues es prudente que la parte teórica vaya acompañada de la práctica, aunque, por otra parte, el 70% de los encuestados mencionaron que casi no las realizan, o que del todo no aplican ningún tipo de intervención de esta clase durante sus lecciones, evidenciando dentro de sus razones, motivos como la falta de tiempo y pocas lecciones para abordar un temario tan extenso. En cuanto la apertura que tendrían de usar un laboratorio portátil (LP) para la implementación de prácticas experimentales, la totalidad de docentes encuestados manifestaron estar dispuestos a utilizar un LP para este fin, esto principalmente porque mencionan que el uso de este resultaría un complemento que mejoraría el proceso de enseñanza-aprendizaje, motivando la participación de los estudiantes.

De lo anterior se deduce, que una parte importante de los docentes entrevistados, no utilizan prácticas experimentales en sus clases de Física como complemento de los temas que abordan, es decir, son pocos quienes apropian o asumen dicha tarea como una parte esencial de su didáctica, para que potencie el desarrollo de habilidades científicas y experimentales en los estudiantes. De acuerdo con lo plasmado tanto en la sección de antecedentes como marco teórico de esta investigación, los autores citados evidencian y revelan en sus estudios, que las prácticas experimentales o de laboratorio, concebidas como una estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, resultan ser trascendentales en la construcción de ambientes enriquecedores de aprendizaje, donde estudiantes y docentes aportan en la construcción del conocimiento, favoreciendo en estos la comprensión de conceptos, así como el desarrollo de ciertas destrezas y habilidades investigativas (Espinosa, González y Hernández, 2016). Por lo tanto, que los docentes no realicen actividades en sus clases, o no generen espacios para promover el quehacer científico y mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes en las lecciones de Física, podría limitar la adquisición y desarrollo de habilidades experimentales de los mismos, e incluso, impulsarlos a tomar una postura negativa o desinteresada hacia la materia. Es por ello por lo que se debe hacer énfasis en la participación del docente hacia la búsqueda de nuevas metodologías de enseñanza, que involucren a los estudiantes en la ejecución de procedimientos experimentales, y que por medio del trabajo práctico estos sean los protagonistas en dicho proceso.

Adicionalmente, parece haber una predisposición positiva por gran parte de los docentes de Física entrevistados, en cuanto la implementación de nuevas tecnologías para sus lecciones que faciliten su proceso de mediación, y se conviertan en una herramienta complementaria de su didáctica, lo que representa un aspecto a favor o en beneficio del proceso educativo para la enseñanza de la Física. Según Gómez (2015), los docentes deben asumir el reto de implementar estrategias que les permita llevar a cabo una verdadera transformación de sus prácticas pedagógicas, aprovechando el auge de los avances tecnológicos, y respondiendo así a las demandas de la sociedad del momento. Lo anterior permitiría el desarrollo de competencias técnicas en los estudiantes, así como el perfeccionamiento de la labor docente gracias a la variedad de recursos que podría tener a su disposición, es el caso del laboratorio portátil, donde los docentes lo aceptan como una herramienta clave para el mejoramiento en la calidad de sus prácticas.



Para contrastar con los resultados de la figura 3, se preguntó por el número de lecciones que le dedican los docentes a realizar prácticas experimentales mensualmente, y se encontró que un 30% de los entrevistados no realizan ninguna experimentación, mientras que solo un 10% realiza prácticas experimentales durante todas las lecciones (ver figura 7 y Anexo 10).



**Figura 7.** Porcentaje de lecciones mensuales que invierte el docente en realizar prácticas experimentales para el desarrollo de las clases de Física.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de las entrevistas realizadas a los docentes, 2019.

Se evidencia con la figura 7 que existe una deficiencia en el uso de prácticas experimentales como estrategia de mediación pedagógica de forma continua, ya que más de la mitad de los docentes de los centros educativos investigados solo dedican de 1 a 2 lecciones o ninguna para el desarrollo de estas. Espinoza, González y Hernández (2016), mencionan que las metodologías experimentales son de vital importancia para el desarrollo de las lecciones, ya que permite que las clases sean dinámicas promoviendo una participación y trabajo colaborativo que genere en los estudiantes una mayor comprensión de las temáticas en estudio. Según lo anterior, la falta de prácticas experimentales para el desarrollo de los temarios de Física puede propiciar poca participación y trabajo colaborativo por parte de los estudiantes durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, limitando un verdadero aprendizaje significativo; por otro lado, la ausencia de estas prácticas puede incidir de forma negativa al obstaculizar la comprensión de la Física de una manera positiva y eficiente.

Contrastando la información anterior con la tabla 3, los docentes tienen la disposición de utilizar nuevas tecnologías para mejorar las prácticas experimentales, sin embargo, enfrentan dificultades como el tiempo limitado que se asocia a las pocas lecciones asignadas a la Física, más los temarios extensos entre otras, sin embargo, los docentes de la muestra en su mayoría no están realizando prácticas de este tipo, lo cual podría estar vinculado a dichas dificultades, e incluso repercutir en el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

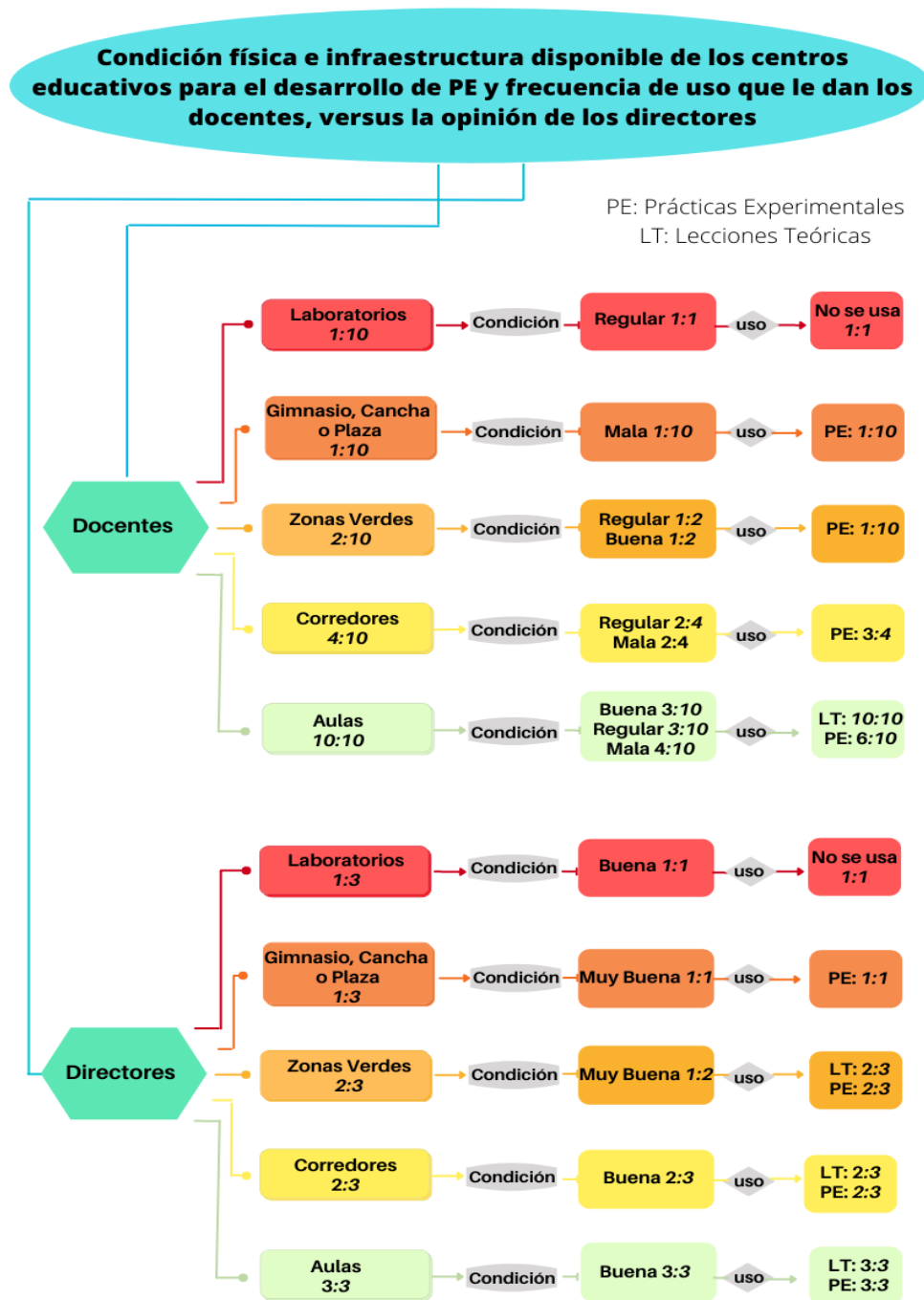
Posteriormente, se describen los resultados obtenidos en las entrevistas aplicadas tanto a profesores como a directores, respecto a los recursos que provee la institución al personal docente, para el desarrollo e implementación de prácticas experimentales en sus lecciones.

#### **4.1.3. Recursos institucionales (RI)**

En relación con los recursos que brinda la institución educativa al docente de ciencias para realizar prácticas experimentales, se muestra en la siguiente figura, la frecuencia de respuestas obtenidas en las entrevistas, sobre las diferentes infraestructuras con las que cuenta el docente para dichas prácticas, así como la condición física de estas y el uso que los educadores les dan a las mismas versus la apreciación de los directores. Se reflejan por lo tanto la perspectiva docente y la del director del centro educativo (anexo 12).

En la figura 8, se muestra los tipos de infraestructura presente en los centros educativos visitados, así como detalles de sus condiciones o estado físico, y la frecuencia de su uso para el desarrollo de prácticas experimentales, donde el color rojo a los extremos del esquema representa las infraestructuras menos disponibles en los centros educativos investigados, y los colores naranja a amarillo y verde claro, representan sucesivamente las instalaciones más frecuentes mencionadas por los docentes y directores para la ejecución de las lecciones tanto teóricas como experimentales de Física. Se observa en la figura 8 que la principal infraestructura con la que cuentan los docentes de ciencias para el desarrollo de prácticas experimentales son las propias aulas o salón de clase tradicional, las cuales según lo manifestado por los diferentes educadores, presentan condiciones físicas en una escala de buena a mala, donde predominan las condiciones malas o no aptas para la ejecución de esta mediación pedagógica, por lo que recurren al uso de otros espacios aledaños al salón de clase como los corredores o zonas verdes. Mientras tanto, solo uno de los docentes afirmó tener acceso a un laboratorio en el centro educativo, el cual se encuentra en condiciones regulares,

pero no se usa. Por otro lado, la mayoría de los directores manifestaron que las condiciones de sus aulas son regulares, afirmando también la existencia de otros espacios disponibles como áreas verdes, que los docentes pueden aprovechar para realizar el desarrollo de actividades experimentales en su ejercicio docente (Anexo 12).



**Figura 8.** Infraestructura disponible en los centros educativos, para el desarrollo de prácticas experimentales, condiciones físicas de las instalaciones y frecuencia de uso que le dan los docentes a dichos espacios, versus la opinión de los directores.

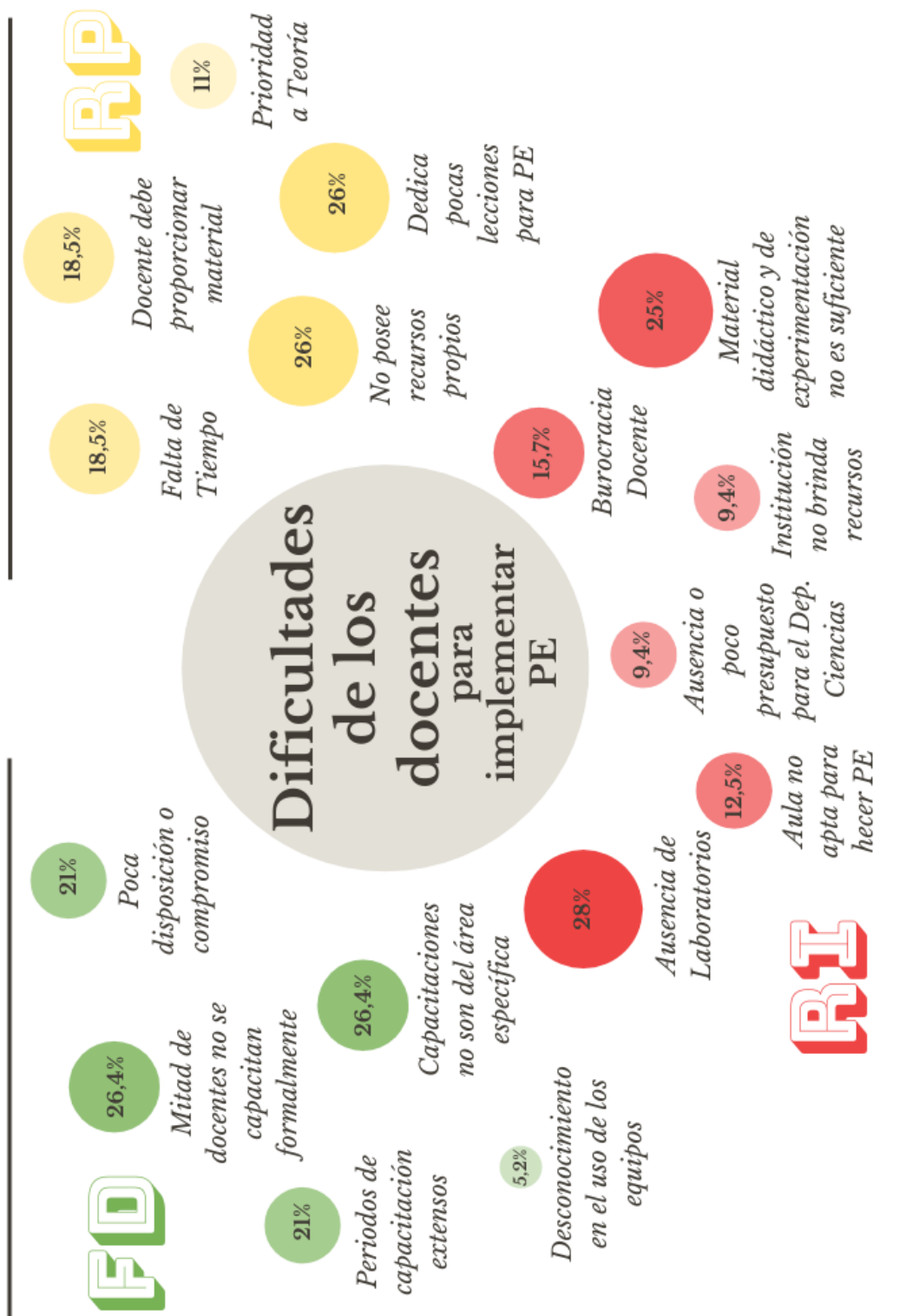
**Fuente:** elaboración propia a partir de las entrevistas realizadas a los docentes, 2019.

Se puede deducir que una parte considerable de los centros educativos visitados, aún no cuentan con espacios específicos de laboratorio dentro de sus instalaciones, destinando a los docentes a trabajar en el propio salón de clase o a recurrir a otros espacios poco usuales, que no siempre cumplen con los requisitos de infraestructura deseables para poder ejecutar prácticas experimentales. Sin embargo, los directores mencionaron en contraposición, que también es

necesario que los docentes reflexionen si realmente el espacio físico con el que cuentan en los centros educativos es un motivo suficiente por el cual se vean obligados a disminuir la implementación de prácticas experimentales dentro de sus estrategias de mediación. en las aulas, impidiendo el acercamiento de los estudiantes a este tipo de experiencias metodológicas, asimismo, estos autores mencionan que, de acuerdo con la perspectiva del educador, este elemento podría ser un elemento facilitador u obstaculizador de su práctica docente.

Con los datos de la figura 8 se respalda lo expuesto en los análisis de la figura 3 y tabla 3, donde se aprecia que existe una disposición por parte de los docentes de la muestra para realizar prácticas experimentales a pesar de no contar con espacios ideales para la realización de estas, ya que carecen de laboratorios. Por lo tanto, los lugares más utilizados para ello son las aulas y corredores, que poseen un estado físico de regular a malo, no obstante, el aula sigue siendo más utilizada para impartir lecciones teóricas. En esta misma línea se puede apreciar que una de las dificultades que pueden tener estos educadores a nivel institucional, y de gran peso, es que la parte administrativa de los centros educativos para los que laboran, no velan por habilitar infraestructuras adecuadas para realizar las prácticas experimentales, además de no contribuir con la adquisición de equipo de laboratorio como se reflejó en los resultados de las subcategorías anteriores donde se menciona que los experimentos realizados son meramente demostraciones por falta de equipo.

Finalmente, en la figura 9 se representa un resumen de los resultados generales obtenidos, en cuanto a las tres categorías antes mencionadas (formación docente, los recursos que dispone el profesor para desarrollar sus clases y los recursos que brinda la institución educativa) según las dificultades que tienen los docentes para la realización e implementación de prácticas experimentales en las aulas.



**Figura 9.** Dificultades para la realización de prácticas experimentales en el área de la Física desde la perspectiva docente.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de las entrevistas realizadas a los docentes, 2019.

La figura 9 muestra las tres subcategorías de análisis de esta investigación, donde el tamaño de los círculos de colores es acorde con la frecuencia en cuanto a la cantidad de respuestas obtenidas para cada caso. Aquí se evidencia por tanto, que desde la perspectiva de los docentes entrevistados existen variedad de dificultades para la realización de prácticas experimentales en la asignatura de física, tanto desde la formación docente (FD) que involucra aspectos de conocimiento y capacitación, como también los recursos propios (RP) que el profesor puede brindar o de los que dispone para sus lecciones, así como, las dificultades relacionadas directamente con respecto a los recursos que le ofrece la institución (RI), que tienen que ver con aspectos meramente administrativos, de infraestructura y de presupuesto que los centros educativos proveen a los educadores para el desarrollo de sus clases. De manera general, se puede observar que los círculos de color más grandes representan la mayor frecuencia en la que los docentes mencionan la presencia de dichas dificultades en el diario acontecer de su práctica. Entonces los aspectos más influyentes en el impedimento de la implementación de prácticas experimentales en su didáctica son: la falta de capacitaciones o actualización en el área de Física, la falta de materiales y recursos propios que tiene el docentes, pocas lecciones destinadas para el desarrollo de prácticas experimentales, la ausencia de laboratorios o de espacios aptos para la ejecución de dichas actividades, y que los centros educativos no brindan, o proporcionan muy pocos materiales didácticos y equipo de experimentación (Anexo 11).

Los docentes en el área de la enseñanza de las ciencias pueden llegar a presentar diversidad de dificultades en su ejercicio profesional, aun cuando poseen experiencia en su labor, tal es el caso de la muestra de docentes y directores entrevistados para esta investigación. Son variados los obstáculos del contexto educativo que les impiden el desarrollo de una buena praxis, tales como los factores externos de origen administrativo en las instituciones para las que laboran, el desgaste a nivel laboral y emocional que les genera la lucha diaria con un sistema complejo y rígido para el cual paulatinamente se ven casi obligados a obedecer, incluso a veces, también a estas dificultades se suman los vacíos de su formación inicial, y las consecuencias de la desactualización de su profesión. Para muchos educadores con formación limitada, cualquier reforma metodológica implica muchos desafíos, en cuanto a implementación e innovación en las aulas (Mengascini y Mordeglia, 2014). La realidad del aula en que están inmersas las prácticas de los docentes no son necesariamente las que los educadores desearían, pues el contexto en que se desarrollan puede ser una limitante poderosa al momento de pensar o considerar llevar a cabo una práctica de laboratorio (Giménez, Amador y Meinardi, 2016).

Contrastando con la parte de la administración educativa, Pacheco (2016), menciona que la dirección de los centros educativos es la que tiene el predominio incuestionable en materia de operación, planificación, supervisión, administración curricular del personal etc., pero, esta gestión se ve limitada por obstáculos de origen económico, político, legal, estructural y personal. El papel primordial de esta entidad debe ser el brindar las herramientas necesarias a la comunidad educativa con el fin de lograr un mejor rendimiento, siendo esencial que sus funciones no se desliguen del acompañamiento pedagógico para orientar a través de los procesos técnicos, la creación de espacios de reflexión donde se trabaja la sensibilización y promoción de relaciones humanistas e integradoras, se destaque el crecimiento personal y profesional de los docentes en función del fortalecimiento de su desempeño en el aula, y mejore el proceso educativo de los estudiantes. De lo anterior se extrae, que, si las instituciones educativas no ofrecen algún apoyo de esta índole para los profesores, es posible que la calidad de sus prácticas decaiga de manera significativa.

En contraposición de lo anterior, es importante resaltar la tendencia de algunos docentes al señalar sólo los factores externos, clasificándolos como obstáculos para la realización de prácticas experimentales, esto puede ocasionar que no mediten de su propia práctica, es decir, que no realicen una reflexión a conciencia para cuestionar y analizar desde la ética profesional, si su quehacer pueda ser deficiente o necesita mejoras para introducir cambios en sus metodologías, que les permitan sobresalir e innovar independientemente del contexto de su oficio (Mengascini y Mordegli, 2014).



## **5. Capítulo V.**

### **Propuesta didáctica.**

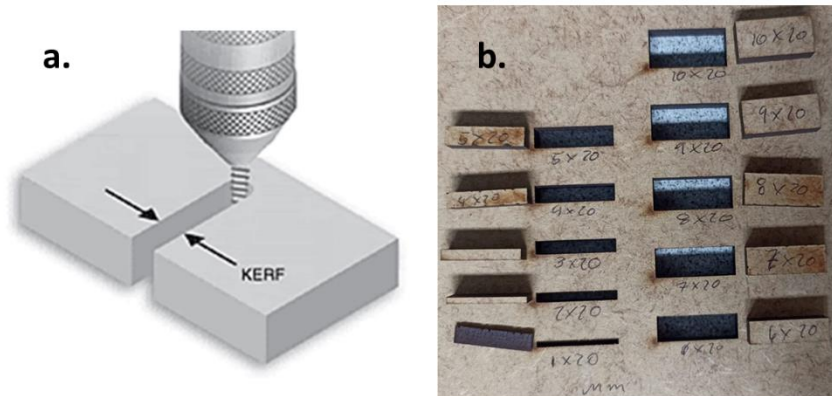
En este capítulo se presenta al lector el proceso de confección del software y hardware del prototipo de laboratorio portátil, así como el manual de uso y los resultados de validación de este mediante un grupo focal de docentes.

#### **5.1. Proceso de elaboración software y hardware para el prototipo de laboratorio portátil**

En este apartado se pretende evidenciar el proceso de la elaboración del software y el hardware del prototipo de laboratorio portátil para cada uno de los equipos y prácticas experimentales que se decidieron realizar. Para este proceso se tuvo que realizar una serie de aprendizajes en forma general, el primero de estos fue el empleo y manejo de la plataforma Arduino y su lenguaje de programación que se establecen como el software para el prototipo con diferentes programaciones dependiendo de la práctica.

Asimismo, se invirtió en la compra de varios sensores y dispositivos que se podían requerir para la construcción del hardware, esto pensado en las prácticas experimentales a realizar y en los datos requeridos para los cálculos y la elaboración de problemas en cinemática, en este sentido, y de acuerdo con los diferentes escenarios premeditados, se hizo la adquisición de módulos compatibles con Arduino tales como: sensores de vibración, acelerómetro, giroscopio, servomotores, interruptores, módulos Bluetooth, sensores de proximidad entre otros componentes electrónicos como diodos led infrarrojos, resistencias, entre otros. Para el diseño de este equipo solo algunos de estos sensores pudieron ser implementados.

En el segundo, se aprendió a usar el programa de diseño asistido por ordenador (CAD) denominado LibreCAD, el cual es una aplicación CAD de código abierto disponible de forma gratuita para Windows, Apple y Linux (LibreCAD - Free Open Source 2D CAD). Este programa se empleó para realizar los diseños del hardware del prototipo, los cuales fueron cortados mediante una cortadora láser, lo que consiste en el tercer aprendizaje que se realizó. La cortadora láser utilizada fue la CFL-CMA1080K, de CAMFive. Para calibrarla, se realizó un proceso de caracterización donde se determinó el kerf del equipo. Kerf que se define como la porción del material eliminado debido al corte realizado por el láser, como se muestra en la figura 10, debido a esta definición se realizaron dos pruebas con las cuales se estableció el kerf.



**Figura 10.** Representación del kerf, (a.), primera prueba para determinar el kerf (b.)

**Fuente:** a. Elektriska Svetsnings-Aktiebolaget y b. Elaboración propia, 2022.

La primera prueba realizada fue cortar rectángulos del mismo largo (20.00 mm) y variando el ancho, el cual se varió de 1.00 a 10.00 mm de uno en uno (figura 10.b), para comparar la medida de las piezas cortadas (machos) y el espacio vacío de la lámina (hembras) usando un vernier convencional con las medidas establecidas en el programa CAD. Los resultados obtenidos de esta prueba se presentan en la tabla 4

En los resultados presentes en la siguiente tabla se puede apreciar que, si existe una reducción en las medidas establecidas en el programa CAD y en los obtenidos posterior al corte láser, demostrando que en los machos se reduce las medidas mientras que en las hembras se aumentan. Asimismo, se aprecia que entre se aumenta el ancho de los rectángulos los machos salen con las mismas medidas que en el programa.

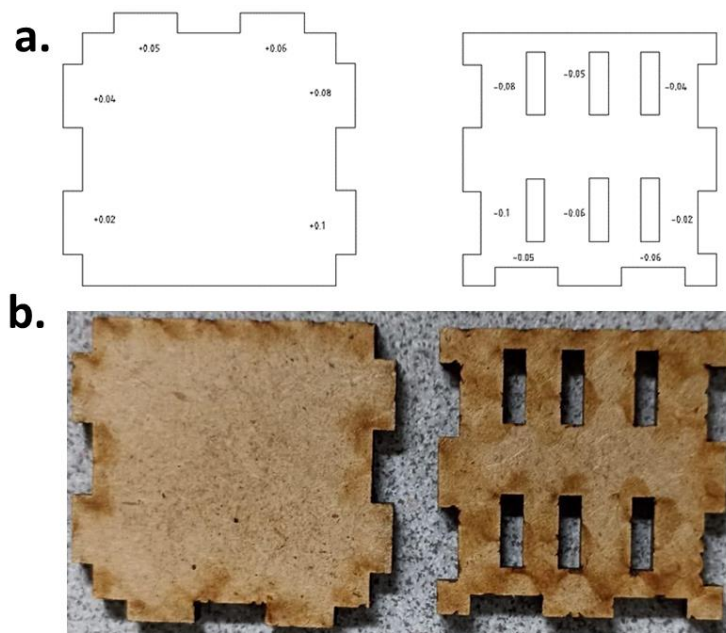
**Tabla 4.** Comparación de medidas del ancho en la primera prueba para determinar el kerf.

Medida en LibreCAD (mm)	Macho ( $\pm 0.012$ mm)	Hembra
1.00	0.80	1.40
2.00	1.60	2.40
3.00	2.80	3.30
4.00	3.80	4.45
5.00	4.80	5.45
6.00	5.80	6.35
7.00	6.95	7.45
8.00	7.75	8.45
9.00	9.00	9.40
10.00	10.00	10.40

**Fuente:** Elaboración propia

La segunda prueba fue realizar dos piezas donde se variaron los kerfs en cada corte, los kerfs usados variaron entre 0.02 y 0.10 mm según el programa CAD, como se presentan en la figura 11. Una vez cortadas las piezas se compararon los acoplamientos entre ellas para determinar el kerf específico que mantuvieran las piezas unidas, pero se pudieran separar. Con lo que se seleccionó que el kerf para emplear sería el de 0.08 mm.

El material empleado para estas pruebas fue el Fibropanel de densidad media (MDF, por sus iniciales en inglés) elaborado con fibras de madera, el cual también se seleccionó para los prototipos finales. Cabe destacar que para los primeros prototipos se empleó cartón corrugado y cartón reciclado como se muestra más adelante



**Figura 11.** Segunda prueba para determinar el kerf, (a.) diseños en LibreCAD y (b.) MDF cortado con láser.

**Fuente:** Elaboración propia

### **5.1.1. Equipo 1: Movimiento Rectilíneo Uniforme y Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado**

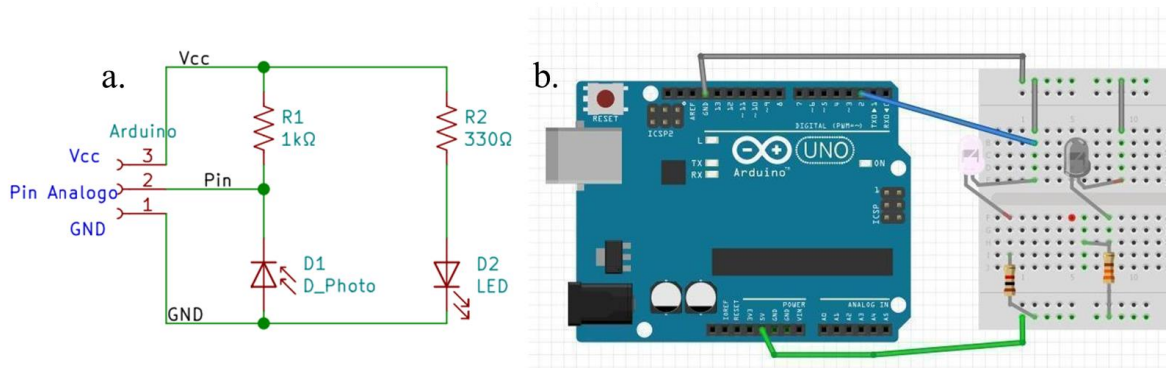
Para este equipo se escogió realizar fotoceldas o foto compuertas como sensores a usar en las prácticas experimentales. Se seleccionaron fotodiodos infrarrojos de emisión y receptor para la elaboración de los sensores, estos permiten generar una señal debido a la interrupción del haz de luz infrarroja que le indica al Arduino que se inicia el conteo del tiempo o se terminó este y emite el tiempo del experimento en la pantalla. En la tabla 5 se presenta un resumen de los materiales y presupuesto de los materiales necesarios para el equipo 1.

**Tabla 5.** Presupuesto para construir el equipo 1.

Materiales	Unidades	Precio en colones
Arduino UNO R3 genérico	1	5000
Cable USB Arduino, tipo AB	1	1000
Diodos LED 5mm infrarrojo emisión	2	400
Diodos LED 5mm infrarrojo negro receptor	2	400
Cables de conexión (machos y hembras)	10	500
MDF	2m <sup>2</sup>	2000
Carro de juguete	1	1400
<b>Total</b>		<b>10700</b>

**Fuente:** Elaboración propia 2021.

El fotodiodo emisor (IR333C/ H0/ L10) se caracteriza por ser de alta fidelidad e intensidad radiante con una longitud de onda máxima de 940 nm que trabaja con 5 V (Tsai, 2005a). Por su lado, el fotodiodo receptor (PD333-3B/ H0/ L2) presenta un tiempo de respuesta rápido y alta sensibilidad que permite una respuesta precisa y eficiente (Tsai, 2005). Adicionalmente se requieren dos resistencias de 330  $\Omega$  y 1 k $\Omega$ , el sistema de la fotocpuertas se presenta a continuación en la figura 12.



**Figura 12.** a. Diagrama de conexión de las fotoceldas y b. conexión con los componentes en una protoboard.

**Fuente:** Elaboración propia en Kicad,2022

En este equipo se necesitó construir rampas o planos inclinados con diferentes ángulos y carriles por donde corrieran carros de juguete para poder generar los movimientos deseados

y estudiarlos con los sensores generados. La primera aproximación para esta construcción se realizó con cartón corrugado procurando imitar lo presentado por Sagaz Perenne (2019) en su video, ver figura 13. Posterior a esta, se realizaron distintos diseños con LibreCAD hasta lograr el óptimo, para emplear la cortadora láser y el MDF como prototipo final. Se optó por este material en cuanto está elaborado por residuos de madera, haciéndolo más resistente que el cartón, y por ser convenientemente más económico



**Figura 13.** Primera aproximación del plano inclinado y el carril

**Fuente:** Elaboración propia, 2022.

Para adquirir los datos se realizó un código de programación para el sistema de fotoceldas (figura 14), que actuara como un cronometro, en el cual se empieza el conteo de tiempo cuando se corta el haz de luz al pasar un objeto en la primera fotocelda y parar de contar cuando pasa por la segunda. Cabe destacar, que este mismo código de programación se utilizará para la práctica de M.R.U y M.R.U.A.

```
int IRDetectorPin = 2;
int IRDetectorPin1 = 8;
float Tfinal;
float Tfin;
boolean photoGate;
boolean photoGate1;
unsigned long tiempo1 = 0;
unsigned long tiempo2 = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(IRDetectorPin, INPUT_PULLUP);
  pinMode(IRDetectorPin1, INPUT_PULLUP);
}
void loop() {
```

```

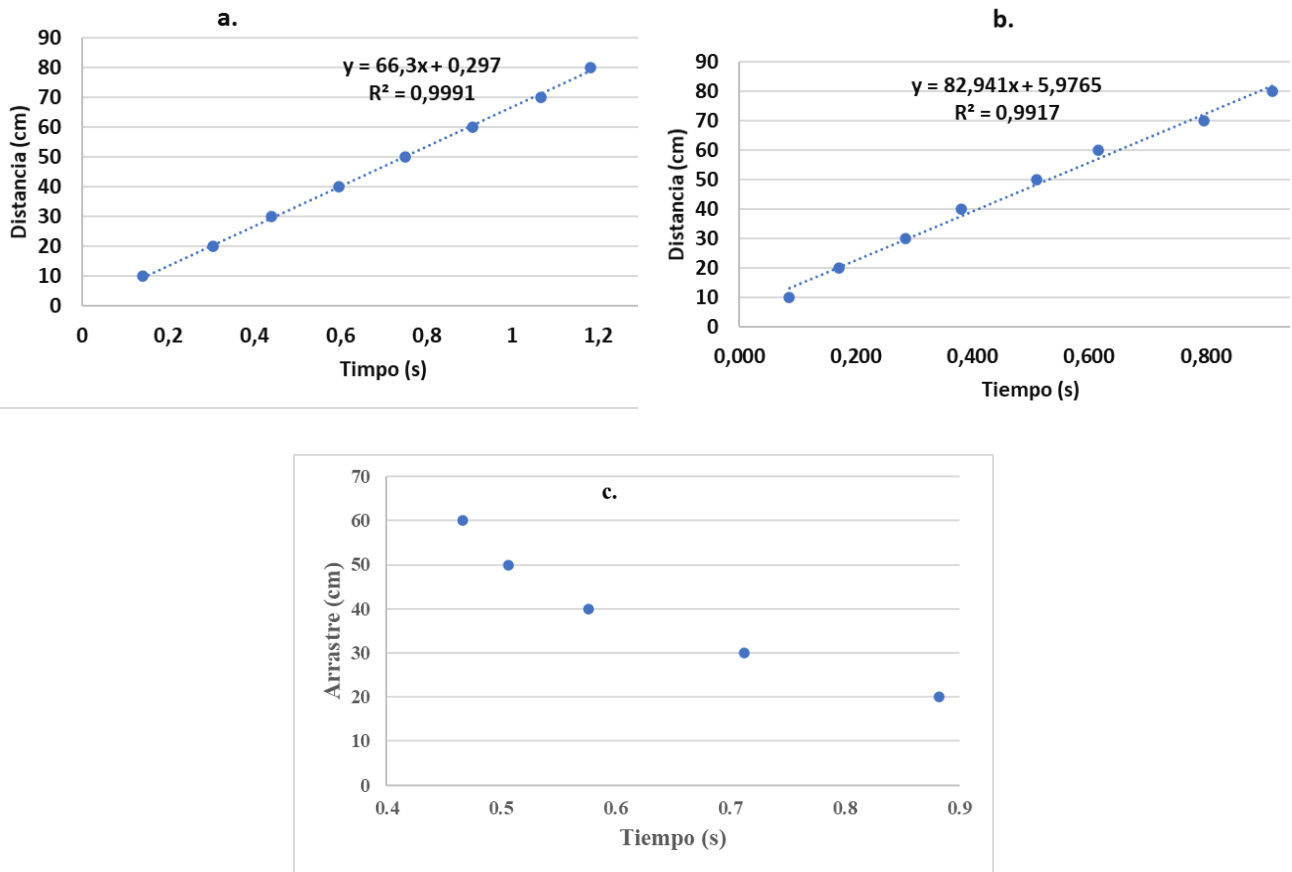
photoGate = digitalRead(IRDetectorPin);
photoGate1 = digitalRead(IRDetectorPin1);
if(photoGate == HIGH){
  digitalWrite(Indic1, HIGH);
  tiempo1 = millis();
  Serial.println(tiempo1);
}
else {
  if(photoGate1 == HIGH) {
    digitalWrite(Indic2, HIGH);
    tiempo2 = millis();
    Tfinal = tiempo2 - tiempo1;
    Tfin = Tfinal/1000;
    Serial.print("Tiempo Final: ");
    Serial.println(Tfin);
  }
}
}

```

**Figura 14.** Código de programación para las fotoceldas

**Fuente:** Elaboración propia.

Con dicho prototipo, se realizaron pruebas utilizando tres diferentes carros de juguete; uno de baterías, HotWhells y carros que funcionan por arrastre o fricción. A los dos primeros se les sometió a la metodología planteada en el manual de prácticas experimentales para el MRU, en ambos casos los resultados obtenidos fueron los deseados, cumpliendo bien con las necesidades para realizar los experimentos, estos se pueden apreciar en la figura 15a. y 15b. donde se observan líneas rectas con un R cuadrado mayor a 0.99 en ambos casos, por lo cual comprueban que las fotoceldas y ambos carros funcionan para las prácticas experimentales. Por su lado, al carro de arrastre se le estudió la variación del tiempo en recorrer 70 cm según una distancia de arrastre que variaba de 20 a 60 cm, lo que se puede ver en la figura 15c, donde se aprecia que a mayor arrastre menor tiempo para recorrer la misma distancia, lo cual se puede emplear para estudiar el MRUA.



**Figura 15.** Resultados obtenidos de los experimentos con los carritos de juguete (a.) con baterías, (b.) HotWheel y (c.) arrastre.

**Fuente:** Elaboración propia.

Finalmente se creó un kit portátil para emplearse en el aula, con la característica de poder ser desarmable para su fácil traslado. Este se presenta en la figura 16 y se señalan sus partes, cuenta principalmente con un carril rectilíneo, dos fotoceldas, tres barandas intercambiables con diferentes ángulos para armar los planos inclinados, una interfaz Arduino, un carro de juguete, un cable de alimentación USB tipo A-B y una bandera (paleta de madera).

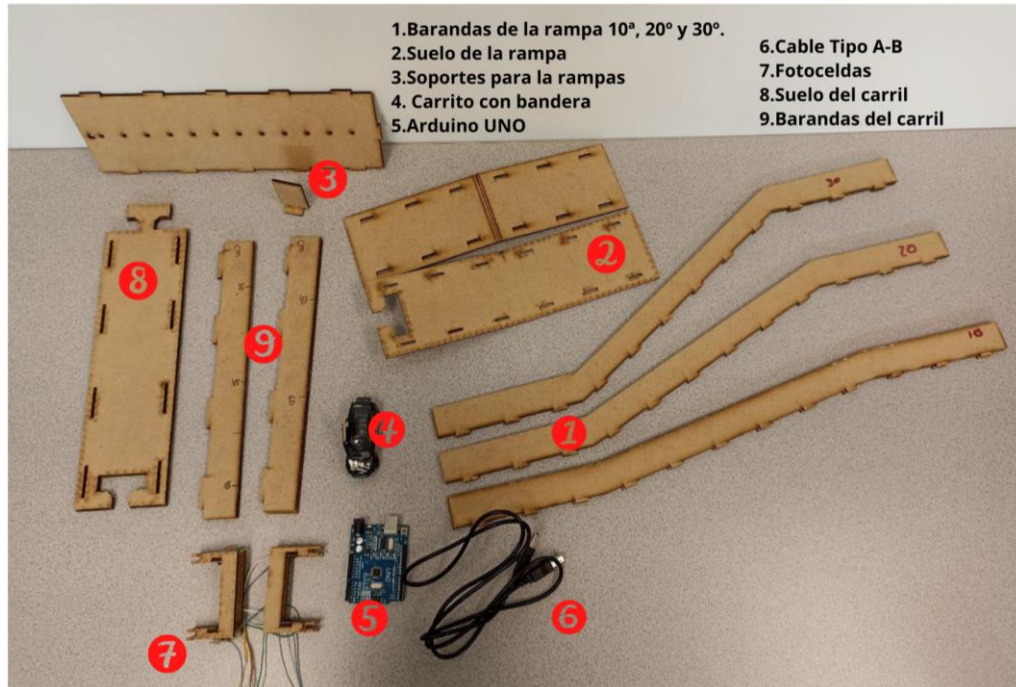


Figura 16. Kit portátil MRU y MRUA.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

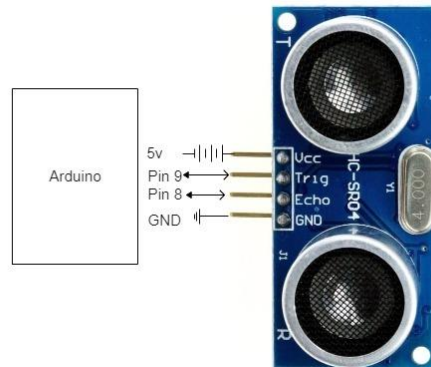
### 5.1.2. Equipo 2: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado Vertical, Caída Libre

Para la confección del equipo de caída libre se exploró en varios diseños y sensores, sin embargo, por motivos de funcionamiento y viabilidad según las necesidades requeridas, algunos fueron descartados. A continuación, se describen los sensores explorados y el proceso de fabricación en su totalidad del equipo.

El primer sensor elegido para esta práctica fue el ultrasónico HC-RS04 (figura 17), el cual establecía la posibilidad de medir el tiempo y distancia de caída de un cuerpo como una pelota o un filtro de café. Este se utiliza para medir la posición de un cuerpo, mediante la emisión de una onda mecánica (trigger) por uno de las bocinas que viaja hasta chocar y rebotar con el objeto en estudio, la onda rebotada regresa a la segunda bocina receptora (echo), lo cual genera un tiempo de viaje de la onda con el que se puede calcular la distancia del objeto. Dentro de las especificaciones del sensor se establece que requiere un voltaje de operación de 5V, un rango de medición de 20 a 4500 mm, con una precisión  $\pm 3$  mm. Para la medición de la distancia



se toma en cuenta la velocidad del sonido con el que viaja la onda en el medio, en este caso el aire que es 344m/s (Albalat, et al 2020).



**Figura 17.** Sensor HC-RS04

**Fuente:** Elaboración propia con la aplicación Fritzing, 2022.

Para el funcionamiento del sensor, se creó un código de programación que respondiera a las necesidades del sensor y la experimentación planteada, el código se presenta en la figura 18. El ensamblaje del sensor HC-RS04 al Arduino R3 UNO, se estableció para que la línea trigger se conectará al pin analógico 9, en el caso de la línea echo al pin 8, la línea del voltaje VCC conectada a 5V y la línea correspondiente a tierra al GND del Arduino (figura 17).

```

int Pulsador = 4;
int Led = 13;
int inicio = 0; //inicio
int estadoAC = 0; // estado AActual
int estadoAN = 0; // Estado ANterior
const int pinecho = 8;
const int pintrigger = 9;
unsigned int tiempo, distancia;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode (Pulsador, INPUT);
  pinMode (Led, OUTPUT);
  pinMode(pinecho, INPUT);
  pinMode(pintrigger, OUTPUT);
}

void loop() {
  estadoAC =digitalRead (Pulsador);
  if (estadoAC && estadoAN == 0){
    inicio = 1 - inicio;
    delay (100);
  }
  estadoAN = estadoAC;

  if (inicio == 1){
    digitalWrite(pintrigger, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(pintrigger, HIGH);
    delayMicroseconds(10);

    tiempo = pulseIn(pinecho, HIGH);
    distancia = tiempo / 58;
    Serial.print(distancia);
    Serial.println(" cm");
    delay(30);

    if (distancia <= 15) { //Rango de medicion
      digitalWrite(Led, HIGH);
      delay(500);
    } else {
      digitalWrite(Led, LOW);
    }
  }
  else{
    digitalWrite(pintrigger, LOW);
    digitalWrite(pinecho, LOW);
    digitalWrite(Led, LOW);
  }
}

```

**Figura 18.** Código de programación para el sensor ultrasónico

**Fuente:** Creación propia, 2021

Para la recolección de datos mediante dicho sistema desarrollado se obtuvo que durante el tiempo de caída se generaba un error debido a que el sensor presenta un cono de medición de 45° (Albalat, et al 2020), y cuando el objeto lanzado se aleja del rango de medida este no es captado y reflejado en el tiempo de caída. Algunos de los datos obtenidos en la prueba de dicho sensor se evidencian en la tabla 6.

**Tabla 6.** Distancia de filtro para café lanzado en caída libre mediado mediante sensor HC-RS04.

Lanzamiento	Distancia registrada (cm)	Observaciones
1	14.6	El sensor capta otros objetos a su alrededor ya que el cuerpo en caída libre no se encuentra a una distancia mayor de 20cm
2	54	
3	25	
4	54	
5	54	

**Fuente:** Creación propia a partir de los datos obtenidos mediante experimentación, 2021.

En los datos obtenidos en la tabla 6 se evidencia que el sensor ultrasónico no lograba la función de detección de objetos con el fin esperado, donde los errores encontrados principalmente radican que no se detecta correctamente el acercamiento del objeto; por otro lado, cuando este se encontraba con resistencia al aire, también presentaba inconsistencias, ya que el objeto se salía del rango de mediación por el mismo efecto de fricción, por tanto no cumple con los requerimientos para este tipo de experimentación según el formato establecido por los investigadores. A continuación, en la tabla 7, se evidencian los errores encontrados en la parte de resistencia al aire.

**Tabla 7.** Observaciones obtenidas al aplicar sensor HC-RS04 con experimentación de asistencia al aire de un filtro para café.

Observaciones
a. El filtro al caer se sale del rango de medición.
b. El tiempo de caída es muy rápido por lo que el rango de error de reacción del experimentador es alto.
c. El sensor capta el techo y otros objetos alrededor por lo que altera las medidas obtenidas.
d. En espacios abiertos, las corrientes de aire alteran las medidas captadas por el sensor.

**Fuente:** Creación propia a partir de los datos obtenidos mediante experimentación, 2021.

Debido a los datos obtenidos anteriormente, el grupo de investigadores decide utilizar el sistema de fotoceldas utilizados para MRU y MRUA, utilizando la misma programación descrita para este sistema, donde las modificaciones radican en la colocación estratégica de las fotoceldas y la creación de una estructura adecuada para la toma de datos de objetos en caída libre, como se ve en la figura 19.



**Figura 19.** Sistema para caída libre.  
Fuente: Creación propia, 2021

Para el prototipo final de caída libre se realiza un presupuesto aproximado de 8300 colones, como se evidencia detalladamente en la tabla 8.

**Tabla 8.** Presupuesto equipo caída libre.

<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio en colones</b>
Arduino UNO R3 genérico	1	5000
Cable USB Arduino, tipo AB	1	1000
Diodos LED 5mm infrarrojo emisión	2	400
Diodos LED 5mm infrarrojo negro receptor	2	400
Cables de conexión (machos y hembras)	10	500
MDF	1m <sup>2</sup>	1000
<b>Total</b>		<b>8300</b>

**Fuente:** Elaboración propia 2021.

Para la creación de dicho sistema se requirió diversas pruebas en distintos materiales, entre ellos se inició con cartón, donde se hizo un diseño y corte a mano, luego, se creó un diseño del sistema para su posterior fabricación en material MDF de 3 mm cortado mediante láser: asociado a esto hay una serie de nuevos aprendizajes para lograr el producto final, entre ello se destaca los siguientes:

- Diseño del sistema
- Uso correcto de la cortadora láser

- Crear un sistema de medidas para solventar los errores de la cortadora láser, para que los cortes calcen correctamente (kerf)
- Prueba de diversos materiales
- Apariencia estética de los sistemas de medición

### 5.1.3. Equipo 3: Movimiento en dos Dimensiones, Proyectiles

En este equipo se requirió diferentes pruebas o experimentación para lograr recrear el movimiento en dos dimensiones de un objeto con una trayectoria parabólica. Primeramente, se fabricó una micro-catapulta (figura 20) basada en el diseño subido en la web de Thingiverse por Tansell (2016), mismo que se encuentra abierto en formato STL para imprimir en una impresora 3D. Este modelo sin embargo, no fue funcional debido a las propiedades de impresión y la poca flexibilidad de la clavija que la accionaba, pues luego de unas pocas pruebas se quebró. Por otro lado, se tomó como limitante de la impresora 3D Tiertime UP Plus 2, su área o rango máximo de impresión, el cual es restringido y condiciona la posibilidad de escalado del modelo para ampliar sus dimensiones. A pesar de ser posible la mejora del mismo, se consideró buscar otras alternativas más accesibles y rentables para su reproducción en términos de materiales disponibles, costo y durabilidad.

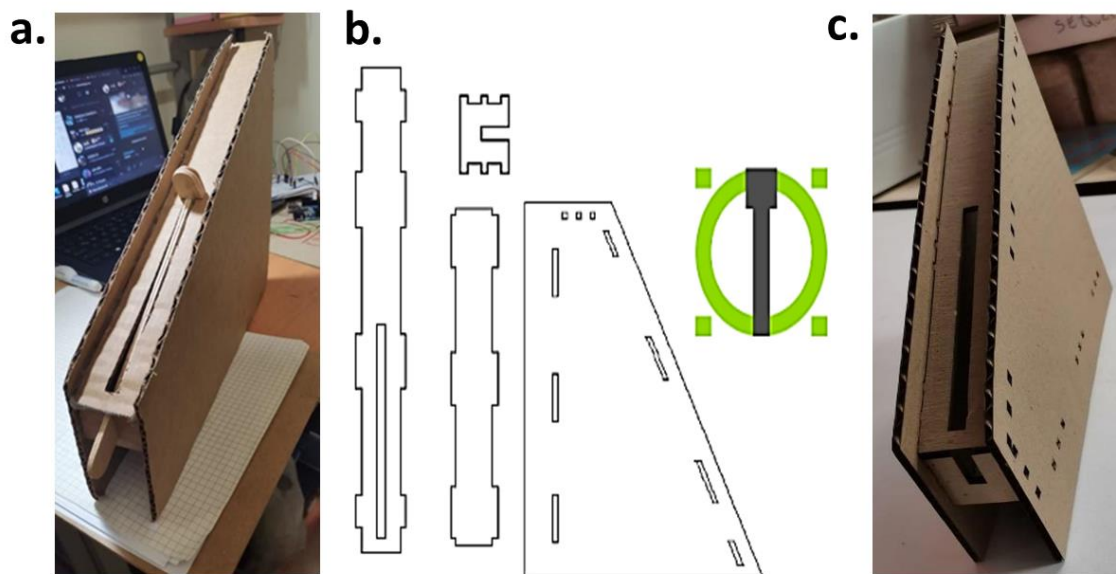


**Figura 20.** Micro catapulta impresa en 3D  
**Fuente:** Elaboración propia, 2022, fotografía.

La siguiente alternativa que se exploró fue la construcción de una rampa de lanzamiento. Esta idea se basó en el modelo visto en un video del canal de Youtube: TODAY DIY (2019), en el cual se enseña el paso a paso de cómo construir rampas y pistas de carreras para batallas

de carritos, utilizando cartón y paletas de madera, se toma como referencia una rampa con la capacidad de propulsar carritos de un lado a otro, al accionar una palanca o disparador.

En la figura 21 se presenta dicho prototipo que primeramente fue modelado a mano en cartón, y como una alternativa de mejora, se optó a diseñarlo en LibreCAD, para luego plasmarlo con la cortadora láser y pulir su acabado. La intención en la construcción de este diseño armable también fue darle carácter portátil, manteniendo un aspecto compacto que le permitiese ser trasladado y manipularse en repetidas ocasiones.



**Figura 21.** A. Rampa propulsora elaborada con cartón a mano (a), con LibreCAD (b) y en cortadora láser (c)

**Fuente:** Creación propia, 2021

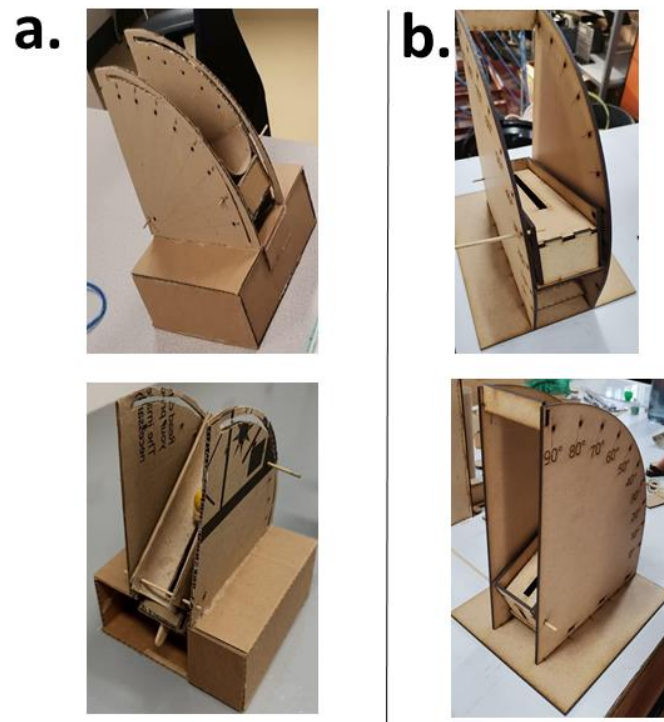
Sin embargo, pese a ser un diseño funcional, el mantener un ángulo de inclinación fijo le limita el poder ser utilizado en prácticas más elaboradas o ampliar la recolección de datos, a menos de que se opte por utilizar diferentes tipos de proyectiles con diferentes formas o masas.

Para solventar el problema de un ángulo fijo, se prosiguió a diseñar un cañón, este nuevo sistema tuvo como mejora el permitir cambiar o modificar los ángulos de lanzamiento del proyectil, de esta forma se logró obtener diferentes alcances y alturas en las pruebas. En este caso, primero se realizó un boceto en papel, y se construyó el modelo a mano en cartón para corroborar su funcionalidad. Se imitó el mismo diseño de disparador de la rampa, construido a base de paletas de madera y una liga. Además, el cañón en este primer ejemplar es cilíndrico, pensado para lanzar pelotas con diferentes diámetros y masas de manera que se pensó está facilitará una mejor superficie de contacto a la bola al momento de impulsarse.

Como se aprecia en la figura 22.a, este prototipo permite ajustar la inclinación del cañón en el ángulo de tiro deseado, al mismo tiempo su base cuadrada se construyó con doble intencionalidad, la primera para la comodidad de la persona que accione el disparador, pues permitiría una altura considerable de la superficie donde se colocara el sistema. La segunda razón, para ocultar los mecanismos que accionan el disparador, dándole una especie de estética al prototipo. Y el tercer propósito de la forma de esta base, es porque también fue pensada para que, una vez desarmado el sistema, todas las piezas pudieran ser guardadas ahí, dándole la apariencia de una caja o kit.

Por otro lado, debido a la susceptibilidad del material de cartón para sufrir deformaciones, se tuvieron diferentes complicaciones tanto al momento de ensamblar, como en la fase de pruebas. Considerando lo antes dicho y buscando soluciones para solventar el tema de la calidad y resistencia del material, se optó por renunciar al uso del cartón y probar con otros materiales para reemplazarlo.

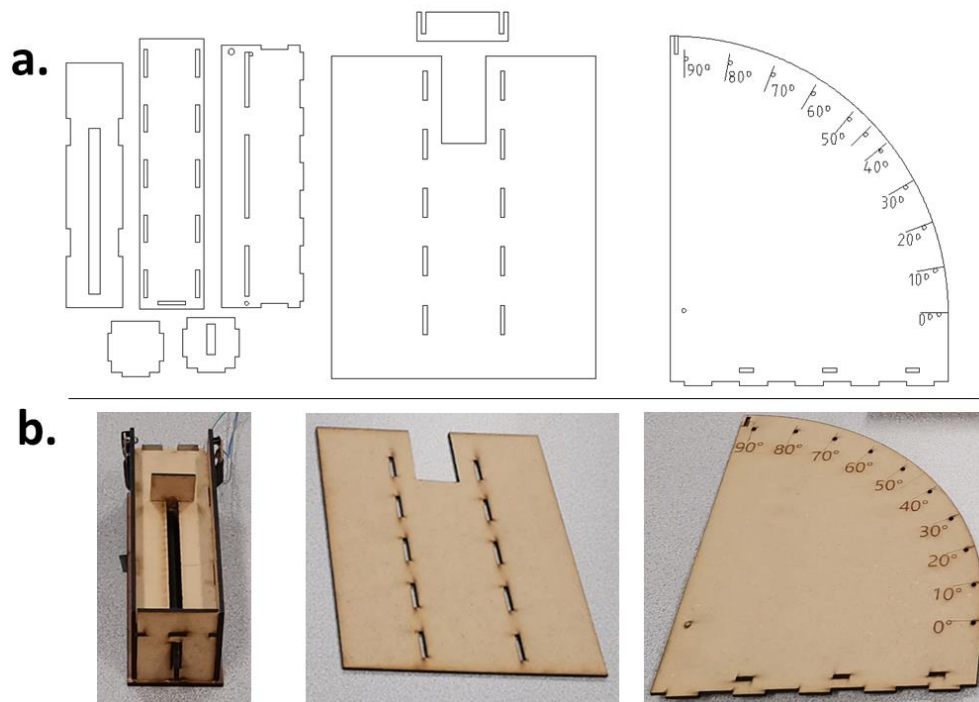
En concordancia, se procedió a rediseñar el diseño original del cañón modificándolo antes de cortarlo en MDF para ahorrar material y darle un aspecto más sencillo, estilizando así su aspecto robusto o grotesco original, tal y como se aprecia en la figura 22.b.



**Figura 22.** Cañón de cartón construido a mano (a), y modelo construido y armado en MDF (b).

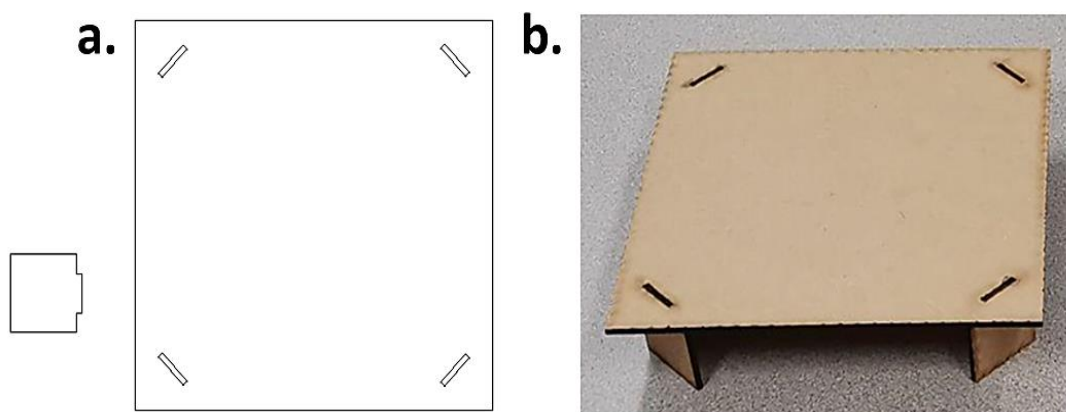
**Fuente:** Creación propia, 2022

A continuación, se muestra el acabado de las partes del prototipo para su posterior ensamblaje (figura 23).



**Figura 23.** Partes del cañón elaboradas en LibreCAD (a) y resultado después de pasar por la cortadora.  
**Fuente:** Creación propia, 2022

Así mismo, también se creó una plataforma de caída, esta tendrá como objetivo servir de zona de aterrizaje del proyectil, la intención de su construcción es tener controlado el experimento de manera que el objeto lanzado con el cañón pueda caer en esta, ya que, en la parte inferior de la misma, se colocará uno de los sensores programables con el Arduino UNO. Su diseño se confeccionó en LibreCAD de manera que el modelo elaborado sea armable, y tenga forma de tarima, como se muestra en la figura 24.



**Figura 24.** Diseño de plataforma de caída en LibreCad, patas y tapa (a) y plataforma ensamblada en MDF  
**Fuente:** Creación propia, 2021

Para el prototipo final de proyectiles junto con los sensores que se describirán más adelante, se estableció un presupuesto aproximado de 10500 colones, como se evidencia detalladamente en la tabla 9.

**Tabla 9.** Presupuesto para construir el equipo 3.

<b>Materiales</b>	<b>Unidades</b>	<b>Precio en colones</b>
Arduino UNO R3 genérico	1	5000
Cable USB Arduino, tipo AB	1	1000
Diodos LED 5mm infrarrojo emisión	1	200
Diodos LED 5mm infrarrojo negro receptor	1	200
Cables de conexión (machos y hembras)	10	500
MDF	2m <sup>2</sup>	2000
Sensor de vibración sw-18010p	1	1200
<b>Total</b>		<b>10500</b>

**Fuente:** Elaboración propia 2021.

En cuanto al uso y selección de los dispositivos electrónicos para realizar las diferentes mediciones al igual que en los otros equipos, en este se probaron diferentes sensores que se pueden acoplar con el Arduino UNO. Los sensores descartados en el proceso fueron los no funcionales, es decir, dispositivos probados en las etapas iniciales de experimentación pero que



no cumplieron con las expectativas, según las limitantes en sus programas para los fines requeridos en las prácticas, estos módulos se enlistan a continuación.

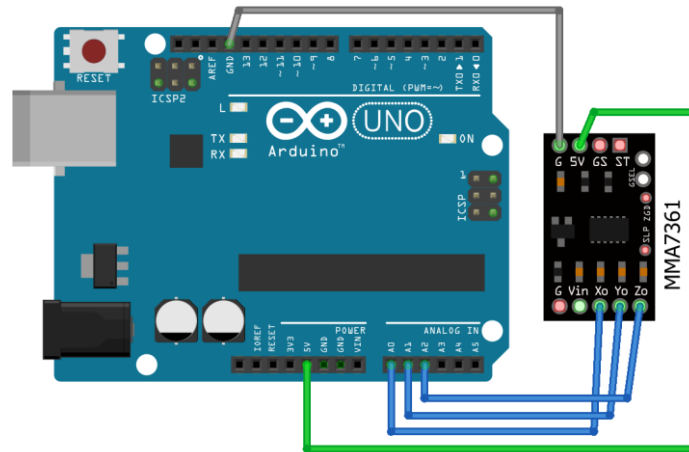
#### a. Acelerómetro mma7361

Los acelerómetros (figura 25) son dispositivos que miden la aceleración en los 3 ejes, esta se mide en  $m/s^2$ , o en fuerza G(g), razón por la cual es utilizado en sensor de movimiento en robótica, antirrobo de PC, brújulas y estabilidad de imágenes en teléfonos celulares.



**Figura 25.** Acelerómetro MMA7361, vista superior e inferior del módulo  
**Fuente:** Creación propia, 2021

El acelerómetro MMA7361, permite medir la inclinación, vibración en 3 ejes (x,y,z) y caída libre del objeto que lo contenga, para ello, este posee capas capacitivas internas, acopladas de forma similar a un sistema masa-resorte, y que se mueven dando lugar a cambios capacitivos proporcionales a la aceleración. Tiene la posibilidad de selección de dos sensibilidades y un modo de reposo que le permite ser alimentado por baterías (Altamirano, Vallejo y Cruz, 2017), la sensibilidad de un acelerómetro define a qué velocidad el sensor convierte la energía mecánica en una señal eléctrica (la salida); y esto definirá el rango de medición de aceleración del acelerómetro (Peñaloza, 2021). La conexión de este dispositivo se ilustra en la figura 26.



**Figura 26.** Conexión de un acelerómetro MMA7361, al Arduino UNO  
**Fuente:** Elaboración propia con Fritzing.

### c. Giroscopio GY – 88

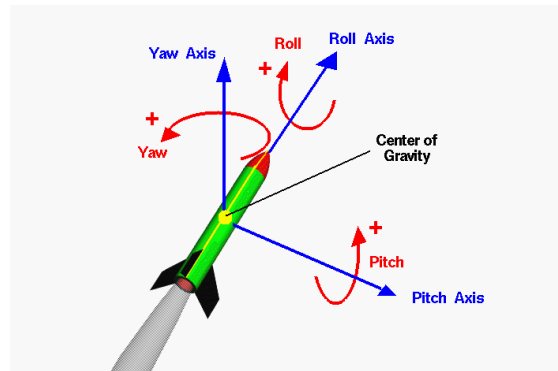
Las especificaciones de software de este sensor varían ligeramente con respecto al anterior, sin embargo, para fines del experimento se le quiso asignar una función similar al creer que este tendría un mejor resultado en la proporción de datos. El GY-88 (figura 27), es un módulo compacto que resulta de un integrado de 4 sensores ya que incluye un giroscopio, acelerómetro, brújula digital (magnetómetro), un sensor de presión barométrica y temperatura, todo en una misma placa. Cada uno de estos sensores es posible programarlos por aparte, por ejemplo, para utilizar la función giroscopio-acelerómetro este dispositivo contiene un módulo MPU 6050 cuya función se puede programar de manera independiente.



**Figura 27.** Giroscopio GY-88  
**Fuente:** Creación propia, 2021

Debido a su acelerómetro y giroscopio integrados, permite gracias al efecto Coriolis, registrar movimientos en tres ejes ( $x,y,z$ ) con 3 grados de libertad, razón por la cual es utilizado en experimentos o proyectos de aeronáutica, ya que puede realizar mediciones en los movimientos típicos de un proyectil según su centro de masa tales como Pitch, Roll y

Yaw, usando los ejes antes descritos como ejes de rotación, tal y como se muestran en la figura 28.



**Figura 28.** Ejes de rotación de un cohete según su centro de gravedad  
**Fuente:** Tomada de: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/rocket/rotations.html>, 2021

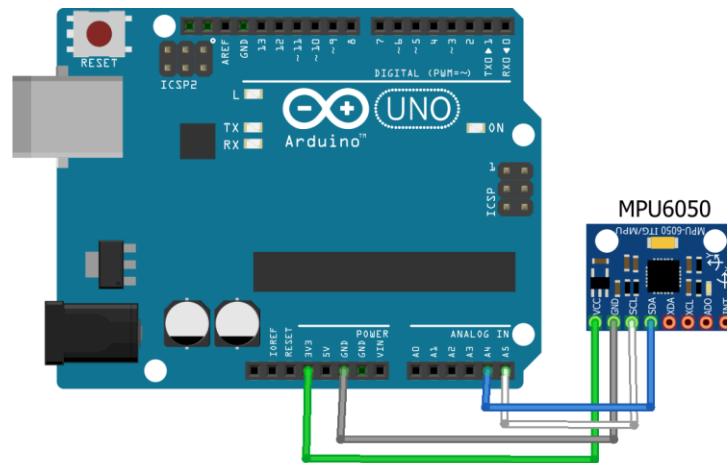
Por las características de los sensores MMA7361 y GY-88, se pensó integrar alguno en el interior de una esfera o bola junto con un Arduino nano o ATtiny85, y un dispositivo Bluetooth para controlarles vía remota. De esta manera se deseaba tomar los datos registrados por el movimiento de la bola cuando se lanzará con una fuerza tal, que le permitiera dibujar en su trayectoria una parábola, hasta tocar el suelo. Con lo anterior, se quería lograr obtener datos como aceleración o velocidades lineales, considerando que el GY-88 al poder realizar distintas funciones y mediciones, sería el candidato ideal para utilizar en el experimento.

Durante la programación de los sensores antes descritos, se observó que los datos arrojados no obedecían a los parámetros deseados, por ejemplo, el MMA7361 arroja datos numéricos de tensión positivos y negativos según la inclinación de los ejes del sensor, pero no grados. En otras palabras, la sensibilidad del acelerómetro se expresará en mV/g (milivoltios por g) donde g es la aceleración debida a la gravedad  $9.81 \text{ m/s}^2$ ; pero los acelerómetros de salida digital lo especificarán como LSB / g (bit por g) (Peñaloza, 2021).

Altamirano et al. 2017, utilizan la herramienta Simulink de la plataforma MATLAB (MATriz LABoratory), que hace posible la construcción de diagramas de bloque, de esta forma hacen posible la conversión de la tensión de los ejes del acelerómetro MMA7361, en ángulos en grados, habiendo creado antes un bloque de procesamiento matemático y lógico. Es por tanto que, al requerir conocimiento de otras herramientas de programación y diseño de software más elaborados, se desiste del uso de este dispositivo para fines del experimento.

Con el GY-88, se encontró que a pesar de que puede ser utilizado como módulo giroscopio-acelerómetro MPU 6050 (ver figura 29), este dispositivo solo hace posible la

medición de posiciones, velocidades o aceleraciones angulares, es decir, no se pueden obtener datos de desplazamiento o velocidades lineales, por lo que en diferentes blogs de Arduino en la red, no se recomienda utilizarlo para este fin, pues las magnitudes anteriores (posición, velocidad y aceleración angular) no se obtendrán de forma inmediata del sensor, ya que este efectúa sus lecturas en unidades de volts, o milivolts .



**Figura 29.** Conexión de un módulo MPU6050, al Arduino UNO.  
**Fuente:** Elaboración propia con Fritzing.

Los datos en milivolts del GY-88 pueden ser convertidos en grados de inclinación sobre cada uno de los ejes, al igual como los datos lanzados por el acelerómetro MMA7361, más aun así, estos valores no son del todo útiles para efectos de las prácticas del movimiento parabólico en dos dimensiones, dificultando el proceso de cálculos a la hora de querer determinar una fórmula matemática específica que permita encontrar valores significativos o concretos para la ejecución de problemas de física en secundaria, pues se requiere de la utilización de programación compleja como lo describe García (2018), o del conocimiento de cálculo diferencial para poder integrar y derivar los resultados en los valores deseados. Finalmente es válido añadir que también se desistió el uso de este sensor, por la cantidad de datos adicionales que ofrece, no relevantes para el objetivo de las prácticas de cinemática a realizar y por su elevado costo.

En cuanto los sensores funcionales, que son los dispositivos utilizados como alternativa de reemplazo de los anteriores, se eligieron al considerar aspectos como requerir conocimientos básicos de programación y por su uso sencillo. Su efectividad se comprobó al asignarles funciones que permiten la toma de datos elementales o de fácil medición.

#### d. Sensor de vibración sw-18010p



**Figura 30.** Módulo SW-180P  
**Fuente:** Creación propia, 2021

Este sensor, figura 30, tiene como función medir la vibración o el movimiento de un objeto, gracias a que el módulo posee en un extremo, una especie de tubo metálico pequeño que contiene un resorte interno capaz de detectar movimiento, transfiriendo a los pines digitales y analógicos (Peñaloza 2021).

#### e. Sensor infrarrojo

Consiste en un sistema construido con dos leds infrarrojos, capaces de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. El circuito lo integran entonces, un Led IR transmisor que emite una señal de luz infrarroja, y un Fotodiodo receptor que recibe la señal al detectar una variación de voltaje, causada ya sea por el paso, movimiento y aproximación de un objeto externo, o por la obstrucción de la luz infrarroja.

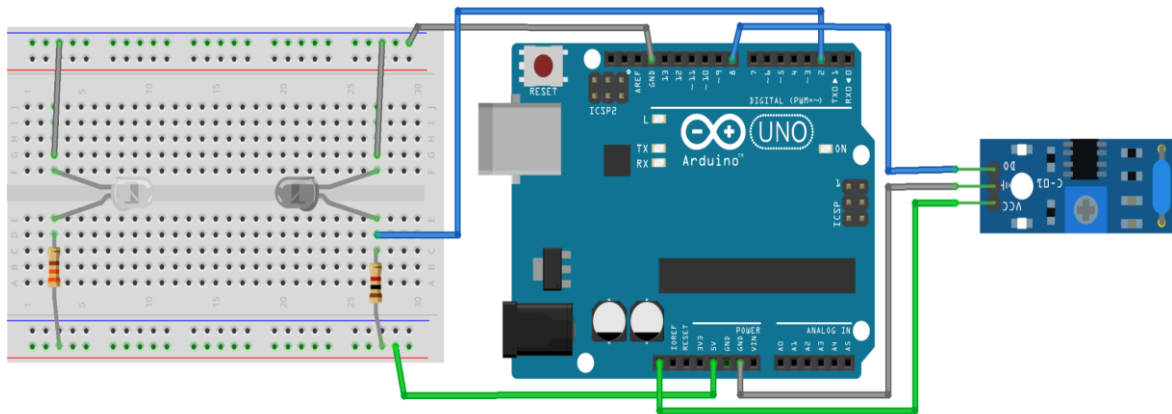
La funcionalidad de este sistema es actuar como una fotocelda que detecte el paso de objetos cuando se mueven en medio de los dos leds infrarrojos. Aprovechando la funcionalidad de los diodos, se creó como en el equipo 1 (figura 12), un sistema que conecta el sensor de vibración con la fotocelda y el Arduino como se aprecia en la figura 31.

#### **Software: Código de programación**

Para la programación del sistema Fotocelda-sensor de vibración también se utilizó el software libre o interfaz de Arduino, y se subió un código de programación similar al utilizado para las prácticas de M.R.U y M.R.U.A (figura 32), que hiciera posible configurar un cronómetro donde a ambos sensores se les dio la función de interruptores, para iniciar o detener

el conteo del tiempo. De esta manera se colocó la fotocelda en el extremo de la boca del cañón, y al disparar el objeto a utilizar como proyectil, activará el cronómetro, mismo que medirá el tiempo transcurrido de vuelo del objeto hasta que el proyectil aterrice en la plataforma de caída.

A continuación, se muestra cómo se ensamblan los componentes del sistema o hardware:



**Figura 31.** Sistema Fotocelda-sensor de vibración, dibujado en Fritzing

**Fuente:** Elaboración propia con Fritzing (<https://fritzing.org>)

El código de programación para poner en funcionamiento el circuito anterior es:

```

int IRDetectorPin = 2;
// int IRLEDPin = 10;
int IRDetectorPin1 = 8;
//int IRLEDPin1 = 11;
int Indic1 = 12; //leds
int Indic2 = 13;
float Tfinal;
float Tfin;
boolean photoGate;
boolean photoGate1;
unsigned long tiempo1 = 0;
unsigned long tiempo2 = 0;
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(IRDetectorPin, INPUT_PULLUP);
  // pinMode(IRLEDPin, OUTPUT);
  pinMode(IRDetectorPin1, INPUT_PULLUP);
  // pinMode(IRLEDPin1, OUTPUT);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);

  //digitalWrite(IRLEDPin, HIGH);
  //digitalWrite(IRLEDPin1, HIGH);
}

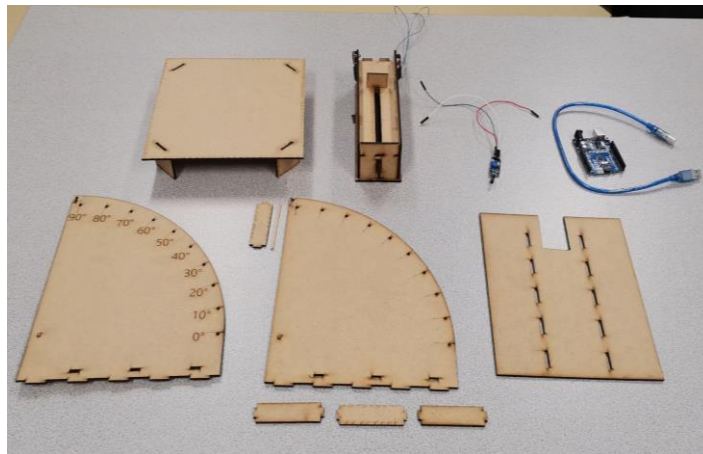
void loop() {
  photoGate = digitalRead(IRDetectorPin);
  photoGate1 = digitalRead(IRDetectorPin1);
  if(photoGate == HIGH){
    digitalWrite(Indic1, HIGH);
    tiempo1 = millis();
    Serial.println(tiempo1);
  }
  else {
    if(photoGate1 == HIGH) {
      digitalWrite(Indic2, HIGH);
      tiempo2 = millis();
      Tfinal = tiempo2 - tiempo1;
      Tfin = Tfinal/1000;
      Serial.print("Tiempo 1: ");
      //Serial.println(tiempo1);
      //Serial.print("Tiempo 2: ");
      //Serial.println(tiempo2);
      Serial.print("Tiempo Final: ");
      Serial.println(Tfin);
    }
    digitalWrite(Indic1, LOW);
    digitalWrite(Indic2, LOW);
  }
}

```

**Figura 32.** Tomado de programación para el sistema fotocelda-sensor de vibración.

**Fuente:** Creación propia, 2021

Como producto final del equipo 3, se crea un kit portátil que cuenta con todas las partes necesarias para el ensamblaje; este se presenta en la figura 33 donde se señalan sus partes. Esta cuenta principalmente con una interfaz Arduino, cable USB Arduino tipo AB, bola de hule, un cañón que incorpora una fotocelda en el extremo de su boca, un eje o pivote, dos piezas con función de gualderas, una de ellas posee en una cara la guía de ajuste para los ángulos de tiro del cañón, cuatro soportes o uniones, una base a modo de cureña y una plataforma de caída que integra un sensor de vibración.



**Figura 33.** Kit portátil para movimiento de proyectiles  
**Fuente:** Elaboración propia.

## **5.2. MANUAL DE LABORATORIO PORTÁTIL CINEMÁTICA.**

### **5.2.1. Justificación**

La propuesta de elaborar un manual de laboratorio nace como producto de una investigación preliminar, donde se detectaron diversas dificultades a las que se enfrentan los docentes de enseñanza de las ciencias para realizar prácticas experimentales en el área de la física, evidenciando así la necesidad de generar materiales didácticos que ayuden a abarcar las temáticas de los planes del Ministerio de Educación Pública (MEP), y puedan desarrollar en las personas aprendientes las diversas habilidades inmersas en estos planes.

Entre las dificultades destacadas se pueden mencionar las asociadas a la formación del docente (FD), recursos con los que dispone el profesor para dar las clases (RP) y los recursos

que proporciona la institución al docente (RI) tales como: la falta de capacitación y actualización en estrategias de mediación pedagógica que complementen su formación, el no contar el material suficiente ni idóneo, la falta de infraestructura o presupuesto institucional y el poco tiempo para el abordaje de los contenidos, entre otras.

Debido a lo anterior, se realizó una propuesta didáctica junto con el diseño de un prototipo de laboratorio portátil y su respectivo manual de prácticas, como estrategia para tratar de mitigar las dificultades o necesidades encontradas en dichos contextos educativos, por ende; con la implementación de esta propuesta, se pretende facilitar al docente un instrumento que cuenta con una guía de prácticas experimentales del tema cinemática, el mismo posee una estructura que se ajusta a un número reducido de lecciones y al mismo tiempo incentiva en los educandos el desarrollo de competencias o habilidades para la educación de una nueva ciudadanía planteadas por el MEP.

El prototipo de laboratorio se caracteriza por ser de bajo costo, debido a que se construye con materiales de fácil acceso que resultan ser suficientes para la realización de las prácticas experimentales y sencillo de transportar, además no requiere una infraestructura o aula laboratorio para poder implementarse.

### **5.2.2. Fundamentación didáctica**

En la siguiente sección se describe la estrategia utilizada para la elaboración del manual del prototipo de laboratorio portátil, donde se detalla el enfoque implementado, las estrategias metodológicas, así como su diseño curricular basado en el aprendizaje activo para el desarrollo de habilidades científicas esperadas en el estudiantado.

#### **Enfoque curricular**

*“Lo que tenemos que aprender a hacer, lo aprendemos haciéndolo”*, con esta frase Aristóteles describe la primera noción del concepto del aprendizaje activo (Dale, 2016). El proceso de aprendizaje debe de estar basado en experiencias vividas, basándose en cuatro fases: vivir, revisar, sacar conclusiones de la experiencia y planificar los pasos siguientes (Rodríguez, 2018), siendo un proceso sistemático enfocado en que el individuo aprenda haciendo, aquí la



acción y el aprendizaje se complementan entre sí, vinculando la habilidad para ejecutar y expresando el saber mediante una acción. (García, 2008).

Así mismo, Sarmiento (2007) menciona que en este proceso el individuo debe interaccionar directamente con el medio y personas que lo rodean, tanto de forma individual o colaborativa para que el sujeto pueda asimilar, razonar, debatir y aprender según las transformaciones que ocurren en su entorno. Considerando las características y beneficios mencionados anteriormente acerca del aprendizaje activo, se decidió desarrollar este manual de prácticas experimentales que acompaña al prototipo de laboratorio portátil para generar un ambiente áulico que fomente e integre dicho enfoque.

### **Estrategia metodológica basada en el aprendizaje activo**

Cuando las clases se centran en este tipo de aprendizaje, la metodología se direcciona en orientar una enseñanza basada en el desarrollo de habilidades a través de la ejecución de actividades secuenciadas en función de las características y capacidades individuales que poseen los educandos, también permite el trabajo colaborativo al remitir a la interacción social, y el juego de roles, además, es un proceso de mediación que se puede realizar en diferentes contextos tanto dentro como fuera del aula (Prieto, 2006).

Para direccionar esta propuesta didáctica desde el enfoque activo, se utilizaron algunas estrategias activas como el aprendizaje basado en indagación (Hernández, López, González, y Tecpan 2018), desde esta línea, dicha metodología se estructuró en el diseño de prácticas experimentales, donde el rol del docente es meramente el de un guía que propone un problema y orienta a los estudiantes durante el proceso a desarrollar para la solución del mismo (Jauregui, Goienetxe, Vidales, 2018).

El programa de estudios de Física para Educación Diversificada del MEP (2017), propone un ciclo de mediación basado en indagación que consta de cuatro fases, las cuales se siguieron para el diseño del Manual de prácticas de esta propuesta y que se explican a continuación:

- **Focalización:** Se exploran los conocimientos previos del estudiantado, que funcionan como base para la construcción, desconstrucción y profundización del conocimiento, haciendo así que la mediación pedagógica sea

contextualizada. Específicamente en esta propuesta se utilizaron preguntas previas a la realización de la práctica como elemento didáctico para potenciar el pensamiento reflexivo.

- Exploración: Los estudiantes realizan la obtención de evidencias y datos relacionados al problema o desafío que el docente propuso, para lo cual pueden utilizar diversos recursos como: internet, experimentos, observaciones, entre otros. Concretamente en este trabajo, para esta fase se realizan los experimentos establecidos en el Manual de prácticas experimentales con el laboratorio portátil, aquí el estudiantado obtiene resultados observables que contrastará con las ideas previas.
- Reflexión y Contrastación: Se pretende generar un proceso de reflexión y contraste de las ideas previas, las evidencias y datos obtenidos en la exploración, los aportes de los compañeros y los saberes validados por la comunidad científica, generando una autoevaluación de los aciertos y desaciertos de los estudiantes. Específicamente en este manual se trabajará esta fase en las sugerencias de análisis de los datos obtenidos.
- Aplicación: Se enfrenta al estudiantado con un nuevo problema o una situación relacionada con la vida cotidiana donde se evidencie la aplicación de las habilidades y el aprendizaje desarrollado. Cada experimento del Manual concluye con una sección donde se le presenta un problema relacionado a su ambiente y ellos deben de volver a completar el ciclo.

Para lograr aplicar una metodología activa en la enseñanza de la física como la que plantea esta propuesta didáctica, el rol del profesor exige un proceso previo de planeación, con escenarios que potencien las habilidades científicas, la comunicación y el trabajo en equipo, al mismo tiempo, se recomienda tomar en cuenta que los procesos sean adaptables a los tiempos de clase y que permitan abordar tanto temas conceptuales como experimentales de la física, invitando así la reflexión desde la experiencia, y convirtiendo al estudiantado en protagonistas de su propio aprendizaje (Hernández y Tecpan, 2019).

Desde este ámbito el estudiantado podrá gozar de ser un actor directo de su propio conocimiento, permitiéndole el desarrollo de habilidades y competencias en distintos entornos de aprendizaje, para hacerlo efectivo, el profesor únicamente asume el papel de un

mediador en el proceso de construcción del saber, enfrentando al individuo a problemas directamente relacionadas con las habilidades que se desean estimular (Lindemann, 2001).

### **5.2.3. Diseño curricular**

Como se mencionó previamente, el aprendizaje activo presenta diversas ventajas en el proceso de enseñanza y aprendizaje, sin embargo, Lindemann (2001) propone que para que el aprendizaje por acción sea un proceso integral y estimule al estudiante al uso de la creatividad, debe enfrentarse a una problemática que presenta diferentes caminos para llegar a su respuesta, esto buscará favorecer habilidades, conocimientos y capacidades para desarrollar nuevas competencias.

Existen diferentes metodologías donde el estudiante participa de forma activa, algunas de ellas son citadas por Jerez (2015), las mismas son tomadas en consideración para este trabajo: Metodología de Aprendizaje en Equipo (MAE), Metodología de aprendizaje basado en problemas (MABP), Metodología basada en trabajo colaborativo (MTC) y Metodología basada en discusión guiada (MDG), cada una de ellas es aplicada en diferentes momentos durante la ejecución de las practicas del manual.

## **Dimensiones y habilidades**

En la actualidad los sistemas educativos se enfrentan a una nueva reforma debido a las necesidades de las generaciones emergentes, y sus características sociales, como la globalización, el desarrollo de las TIC's, los cambios de los perfiles profesionales, el aumento desmedido de nuevos conocimientos y su rápida obsolescencia. Frente a este reto, la reforma educativa propone un modelo de enseñanza basado en el desarrollo de competencias científicas (Lires, Correa, Rodríguez, y Marzoa, 2013), las cuales son comprendidas por saberes conceptuales, procedimentales y actitudinales que potencian las diferentes habilidades.

Las habilidades de proceso científico, investigativas o de pensamiento científico; independiente del nombre que se les proporcione, tienen la finalidad de generar las capacidades necesarias para que los estudiantes resuelvan problemas de la vida en cualquier ámbito en que

se encuentren (Rivera, y Coronado, 2015). El Ministerio de Educación Pública de Costa Rica, propone el siguiente concepto de habilidades (MEP, 2015).

“Las habilidades son capacidades aprendidas por la población estudiantil, que utiliza para enfrentar situaciones problemáticas de la vida diaria. Estas se adquieren mediante el aprendizaje de la experiencia directa a través del modelado o la imitación, por lo que trasciende la simple transmisión de conocimiento, lo cual promueve la visión y formación integral de las personas, de cómo apropiarse del conocimiento sistematizado para crear su propio aprendizaje”. (pág., 28)

#### 5.2.4. Tipos de habilidades científicas

Existen diversas formas de categorizar las habilidades científicas, para este trabajo se acoge la clasificación propuesta por el MEP, el cual las divide en cuatro dimensiones, las mismas son: Formas de pensar, Formas de vivir en el mundo, Formas de relacionarse con otros y Herramientas para integrarse al mundo (MEP, 2015). En cuanto la enseñanza de las ciencias, se presenta en la siguiente tabla una lista de habilidades según las dimensiones basadas en las categorías antes mencionadas correspondientes al plan de estudios del MEP:

**Tabla 10.** Habilidades científicas para desarrollar según las cuatro dimensiones de los planes de estudios del MEP en el área de las ciencias.

<b>Dimensión</b>	<b>Habilidades</b>
Formas de pensar	Pensamiento sistémico Pensamiento crítico Aprender a aprender Resolución de Problemas Creatividad e innovación
Formas de vivir en el mundo	Ciudadanía global y local Responsabilidad personal y social Estilos de vida saludables Vida y Carrera
Formas de relacionarse con otros	Colaboración

Comunicación

Herramientas para integrarse al mundo      Manejo de la información  
 Apropriación de Tecnologías Digitales

**Fuente:** Elaboración propia, 2021. Basada en la Fundamentación Pedagógica de la Transformación Curricular (MEP,2015).

En relación con el marco de la política curricular que el MEP plantea en las plantillas de planeamiento didáctico de ciencias y física del 2020, y según los programas de estudios para el Tercer ciclo de la educación General Básica del 2017, tanto como el de Educación Diversificada del 2018, estos se definen en indicadores o pautas para el desarrollo de dichas habilidades en cada tema, la siguiente tabla reúne de manera conjunta los contenidos y habilidades que de acuerdo con ello deben contemplarse por nivel, para el abordaje de cinemática:

**Tabla 11.** Temas o contenidos de los planes de estudios del MEP en el área de física, y su habilidad por desarrollar según nivel.

Nivel	Temas y contenidos de Física relacionados con Cinemática	Habilidad
9°	<u>Movimiento</u> (Sistemas de referencia y trayectoria, Magnitudes vectoriales y escalares, MRU)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de problemas</li> <li>Comunicación</li> </ul>
	<u>Movimiento</u> (MRU y MRUA Horizontal y Vertical, Movimiento parabólico y caída libre)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolución de problemas</li> </ul>
10°	<u>Patrones entre variables y análisis en gráficas de:</u> Distancia-tiempo, Desplazamiento-tiempo, Rapidez-tiempo, Velocidad-tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pensamiento sistémico</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia. Basado en los planes de estudio del MEP

Lo anterior motiva la intencionalidad de este proyecto para promover y potenciar el desarrollo de un mayor número de habilidades, en comparación con las que comúnmente solo se estimularía con las metodologías tradicionales no basadas en el aprendizaje activo, pues se puede apreciar, en cuanto a la tabla anterior, que para los niveles de noveno y décimo

estos contenidos en los programas del MEP solo se centran en el desarrollo de tres habilidades básicas: Resolución de problemas, Comunicación y Pensamiento Sistémico. Sin embargo, la propuesta didáctica del laboratorio portátil que aquí se formula, pretende potenciar o incorporar con el apoyo de la metodología basada en el aprendizaje activo, otras habilidades adicionales como las que se muestra en el siguiente esquema resumen:



**Figura 34.** Habilidades a estimular o potenciar con el desarrollo de la propuesta didáctica de este manual, basada en el aprendizaje activo

**Fuente:** Elaboración propia a partir del documento MEP (2020), Orientaciones para la mediación pedagógica por habilidades.

## 5.2.5. Actividad Introductoria para las prácticas experimentales

### Indicaciones

Esta actividad es la introducción general para el posterior desarrollo de las prácticas experimentales (sección 5.2.6). Se presenta un “*Storytelling*” que aborda una breve historia sobre la vida y los experimentos de Galileo Galilei, además de los conceptos iniciales de las temáticas que se van a abordar en los laboratorios siguientes. En esta actividad el docente realizará la narración del “*Storytelling*” frente a las personas estudiantes de forma dinámica y expresiva, en esta se realizarán distintas preguntas durante la narración para que los estudiantes se involucren.

### Una historia sin nombre

Esta historia se remonta unos cuantos siglos atrás, cuando el mundo se encontraba en una época de cambio y colisiones de pensamientos divergentes que atentaban los ideales y doctrinas antiguos, ¿creen saber de qué época se trata? -Esperar respuesta de alumnos y agregar conexión adecuada- Se trata de la transición del oscurantismo al renacimiento, donde el conocimiento resultaba peligroso, por lo que se limitaba a un sector de la población, sin embargo, al mismo tiempo las poblaciones querían y exigían saber más, libertad para pensar y vivir como consideran mejor.

Durante este periodo se puede encontrar muchos personajes relevantes en la historia que por su forma de ser y su convicción por entender el mundo y mostrarlo como realmente es, cambiaron la sociedad de la época y repercuten hasta el día de hoy. Entre estos se puede destacar el inigualable Galileo Galilei (1564 – 1642), ¿por qué inigualable?, se preguntarán seguramente. -Esperar respuesta de alumnos y agregar conexión adecuada- Este caballero que posee un origen humilde con escasos recursos, nacido en Pisa Italia, es considerado como el padre de la Física moderna, que se enfrentó al oscurantismo de la época para comprender mediante el razonamiento y la experimentación el mundo que lo rodeaba, más no se quedó en esa adquisición de conocimientos, incitó el movimiento de la divulgación de estos sin la vigilancia de la inquisición, pese a que esto le costará su credibilidad, carrera y hasta la vida.

Aparte de este increíble valor al defender sus ideales y conocimientos enfrente a la normalidad de ese tiempo, Galileo era de esas personas que se pasan preguntando una, otra y otra vez el porqué de las cosas, además que no le gustaba quedarse con la duda, por lo cual ideaba una innumerable cantidad de ideas para someter sus dudas al razonamiento y ponerlas a prueba en su cabeza, así como afuera de ella, es decir, en el mundo real mediante la experimentación y observación. ¿Esto les suena conocido? -Esperar respuesta de alumnos y agregar conexión adecuada- Este singular personaje fue uno de los primeros en implementar el método científico para realizar sus investigaciones y presentar una estricta rigurosidad científica en todos los aspectos de sus experimentos, demostrando a las nuevas generaciones una adecuada ética científica.

Entre los experimentos más conocidos de este hombre se encuentran los relacionados al estudio del movimiento y su descripción, que ahora conocemos como **cinemática**; la rama de la Física que estudia las leyes del movimiento sin considerar la causa que produce el mismo. Pero ¿cómo se experimentaba en estos tiempos del siglo XIV?, si no había electricidad doméstica, ni aparatos electrónicos, mucho menos internet o “San Google”, a los cuales hoy estamos muy acostumbrados a acudir en busca de respuestas. -Esperar respuesta de alumnos y agregar conexión adecuada- Como se venía saliendo de las corrientes filosóficas los primeros experimentos que se planteaba eran a nivel mental e idealizados, visualizándose en la mente y dando las primeras hipótesis (posibles respuestas), posteriormente los diseñaba en forma concreta con los materiales que se pudieran conseguir, además de analizar o descartar los factores no idealizados que se encuentran en condiciones normales del ambiente, ejemplo el aire, el viento, la forma de la superficie, la gravedad de la tierra entre otros.

Uno de los primeros experimentos que realizó fue utilizando sus amados **planos inclinados**, los cuales son superficies planas que forman un ángulo o poseen una inclinación con respecto al horizonte de una superficie, un ejemplo de estos planos son las rampas de acceso, que en la actualidad se encuentran en la mayoría de los lugares debido a la ley 7600, pero ¿qué hizo Galileo con estos planos? -Esperar respuesta de alumnos y agregar conexión adecuada- Lo que ideó este astuto personaje les “volará la cabeza” por su simplicidad, nada más y nada menos que agarró diferentes **cuerpos rígidos** con forma esférica, es decir bolas, bolinchas, balines, entre otros, que contarán con una masa de diferente magnitud, seguidamente los colocó en la cima del plano para luego soltarlos y ver qué pasaba; llegarán abajo y se detendrán o llegarán y seguirán su camino o no llegarán, inclusive podrían quedarse estáticos



en el lugar que se colocaron, todas estas posibilidades pasaban por la mente de Galileo, hasta que lo puso en práctica y pudo observar que los cuerpos independientes de su masa llegaban en un tiempo muy similar al principio de la rampa, pero que estos mismos continuaban su movimiento en línea recta sobre la superficie horizontal.

Alterando un poco la historia, Galileo se concentró primeramente en el movimiento rectilíneo sobre la superficie horizontal, después de que los cuerpos salen del plano inclinado. Lo que deseaba poder hacer era describir este movimiento de manera clara, precisa y objetiva, donde una persona que no pudiera apreciar el fenómeno comprendiera por completo qué fue lo que sucedió. Una de las primeras observaciones que realizó fue que estos cuerpos recorren distancias iguales en tiempos muy parecidos o eso observaba, por ende, lo sometió a experimentación. Este experimento consistía en medir las distancias que los cuerpos recorrían una vez que salían del plano inclinado hasta que su movimiento se viera perturbado de alguna manera, además dividió esta distancia en segmentos iguales y mediante un cronómetro musical, ya que en esos tiempos no existían los digitales y precisos, medía el tiempo que tardaba el objeto para pasar de una división a otra, comprobando así sus observaciones. De estos experimentos complejos para su época y simples para la actual; nace el **Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU)** que Galileo lo definió de la siguiente forma: “Por movimiento igual o uniforme entiendo a aquel en el que los espacios recorridos entre intervalos de tiempo son constantes, dicho de otro modo, es un movimiento de velocidad constante”.

Sin embargo, ¿qué es la velocidad? -Esperar respuesta de alumnos y agregar conexión adecuada- Este término que posee su origen en el latín y es una cantidad física con características vectoriales, es decir que presenta magnitud, dirección, sentido y unidades que son m/s, se define como la tasa o relación que tiene el cambio de la posición de un cuerpo y el tiempo transcurrido para ese cambio, es decir es la división entre el cambio de posición y el cambio del tiempo. En la actualidad se conocen dos tipos de velocidades relacionadas al MRU, la primera es la que Galileo pudo comprobar y observar; la **velocidad media** que se relaciona con un intervalo de tiempo y con el movimiento del cuerpo desde su inicio hasta el final, como en los experimentos de este científico. Por otro lado, se tiene la **velocidad instantánea** que se determina en un momento preciso del movimiento y cuando el intervalo de tiempo es muy pequeño.

Siguiendo con la historia de nuestro personaje estrella, Galileo luego de lograr sus hallazgos sobre el MRU, se centró en el mismo plano inclinado, pero esta vez se preguntaba: ¿qué pasaría si cambiara el ángulo de inclinación? Como siempre un millón de hipótesis llovían en su cabeza, por lo cual no pudo aguantar para someterlas a experimentación. Para este experimento construyó planos con diferentes ángulos de inclinación para repetir el experimento anterior y observar lo que sucedía. En esta ocasión pudo observar que todos los cuerpos seguían llegando en tiempos similares al punto más bajo del plano, pero este periodo de tiempo se iba acortando conforme se incrementa el ángulo de inclinación, entonces ¿variaba la velocidad según el ángulo? -Esperar respuesta de alumnos y agregar conexión adecuada- La respuesta correcta es que, sí, la velocidad varía en función con el ángulo, sin embargo, esta resulta ser constante durante toda la trayectoria rectilínea, más no es así en el plano inclinado. Esto debido a que los cuerpos en la cima inician con velocidad cero, están estáticos (en reposo) y finaliza con una velocidad dada, con la cual, recorren la superficie plana.

Esto generó una gran duda al científico, ¿qué genera este cambio de velocidad, a qué se debe? ¿es solo por la inclinación o hay algo más? -Esperar respuesta de alumnos y agregar conexión adecuada- Bueno en esos momentos precisos no estaba muy seguro de su respuesta, pero sí sabía que existía algo que modifica la velocidad de los cuerpos, por lo que siguió ideando diferentes experimentos para ver este nuevo fenómeno o concepto. En el presente, cuando existe una variación en la velocidad de los objetos se sabe que esto es debido a una **aceleración**, está al igual que la velocidad es una magnitud física, sus unidades son metros entre segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ) y se define como el cambio de velocidades de un cuerpo desde una posición inicial a una final entre el tiempo transcurrido para ese cambio de velocidad.

Galileo llegó a este nuevo concepto de aceleración gracias a los diversos experimentos que realizó donde exploró la caída libre y el movimiento parabólico, movimientos que se estudiarán más adelante y están profundamente relacionados con la aceleración. Con el descubrimiento de este nuevo concepto, Galileo presentó al mundo el **Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado** definiéndolo como "Movimiento igualmente o uniformemente acelerado es aquel que a partir del reposo va adquiriendo incrementos iguales de velocidad durante intervalos iguales de tiempo", en la actualidad se comprende que no es necesario que los cuerpos partan del reposo para presentar aceleración, simplemente si se presenta una variación de su velocidad existe una aceleración, la cual puede ser positiva si se va en incremento o negativa si se va frenando, es decir disminuyendo la velocidad.

Al igual que la velocidad se conocen dos tipos diferentes de aceleración; la **aceleración media** que se relaciona con un intervalo de tiempo y con el cambio de la velocidad del cuerpo desde su inicio hasta el final, la cual descubrió este singular personaje con sus experimentos. Mientras que la **aceleración instantánea** es la que se determina en un momento preciso del movimiento y cuando el intervalo de tiempo es cercano a cero. Con estos dos últimos conceptos, además de conocer un poco más sobre Galileo Galilei y sus aportes a la cinemática, explicaremos en los siguientes días una serie de experimentos que confirmen los hallazgos de este ilustre científico y ejemplifiquen la aplicación de estos conceptos en su vida cotidiana.

### Referencias Consultadas

- Arzate, M. A. (2010). *Modelo de Galileo de plano inclinado para la enseñanza de la cinemática* [Tesis de Maestría].
- Hemleben, J. (1969). Galileo Galilei in Selbstzeugnissen und Bilddokumenten. *Reinbek b. Hamburg*] Rowohlt.
- Larriva Marín, D. E., y Torres Duran, R. G. (17 de mayo de 2019). *Propuesta didáctica para la enseñanza de Cinemática con el uso del software libre Tracker* (Tesis de Licenciatura). Obtenido de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/32679>
- Marquina, J.E., y Álvarez García, J.L. (1992). Los Experimentos de Galileo. *Ciencia*, (26), 15-26.
- Romo, J. (2005). ¿Hacia Galileo experimentos?(Did Galileo do experiments?). *THEORIA. Revista de Teoría, Historia y Fundamentos de la Ciencia*, 20(1), 5-23.
- The psychology of minds and souls. (23 de abril del 2019), *Galileo Galilei y la cuantificación de la naturaleza*. Recuperado de <https://epistemologia-e-historia-de-la-psicologia5.webnode.com.co/l/galileo-galilei-y-la-cuantificacion-de-la-naturaleza/#>

## 5.2.6. Prácticas Experimentales

### Movimiento rectilíneo uniforme

#### Objetivos

- Reconocer las características propias del Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU).
- Analizar de manera cualitativa y cuantitativamente el MRU.

#### Preguntas preliminares

- ¿Qué es el movimiento rectilíneo uniforme? ¿Cuál sería un ejemplo de este?
- Un objeto en reposo, ¿se considera que presenta MRU?
- ¿Varía la velocidad de un cuerpo cuando realiza una trayectoria rectilínea?
- ¿Un cuerpo con MRU presenta aceleración?

#### Introducción

Existen diferentes tipos de movimientos que estudia la cinemática, entre los más simples encontramos el movimiento rectilíneo uniforme (MRU) y el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA), en ambos casos la trayectoria recorrida por el objeto en estudio es en línea recta y su diferencia es que en el MRU la aceleración es igual a cero y en MRUA la aceleración es constante en el tiempo y diferente a cero. Para comprender más cada uno de estos movimientos se debe de tener claros algunos conceptos que se exponen a continuación.

El primero concepto sería el desplazamiento: que es una magnitud vectorial, por lo cual presenta un valor numérico (magnitud), una dirección, sentido y una unidad de medida. Se puede definir como el cambio de la posición de un objeto del punto A al B mediante una trayectoria lineal, esto lo diferencia de la distancia que es una magnitud escalar y puede tener diferentes trayectorias<sup>1</sup>.

El segundo concepto sería la velocidad: es una cantidad física con características vectoriales, que se define como la tasa o relación que tiene el cambio de la posición del objeto y el tiempo transcurrido para ese cambio. Existen dos tipos de velocidades; la velocidad media y la instantánea, la media es respecto a un intervalo de tiempo donde

ocurre un cambio de posición de  $x_1$  a  $x_2$ , la expresión matemática para la velocidad media se presenta a continuación<sup>1</sup>.

$$\vec{v}_{med-x} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t} \quad (1)$$

Mientras que la velocidad instantánea es la que se mide específicamente en un punto de la trayectoria del objeto, en donde el intervalo de tiempo es mínimo por lo que tiende a cero. En el MRU la velocidad se mantiene constante durante toda la trayectoria, esto quiere decir que la velocidad del objeto no varía durante el tiempo. Debido a esto, en este tipo de movimiento se presenta solamente una ecuación para la resolución de problemas.

$$\vec{v} = \frac{\vec{x}}{t} \quad (2)$$

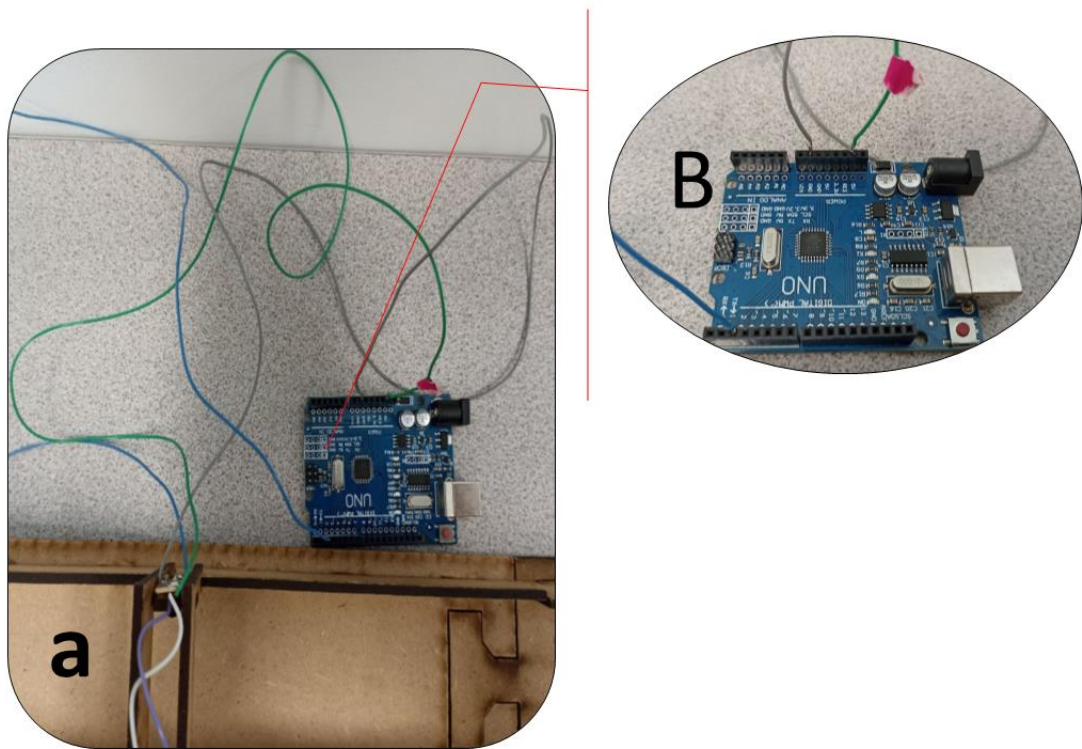
## Equipo

- Computadora.
- Kit portátil MRU y MRUA (figura 16)

## Metodología

### I Parte. Ensamblaje del kit portátil MRU y MRUA

1. Instale las conexiones de la fotocelda, como se muestra en la figura 35, tomando en cuenta el siguiente código de colore:
  - Verde: voltaje de 5V
  - Gris: GND o tierra del Arduino
  - Azul: Pin del Arduino, para la primera foto celda corresponde al pin 2 y la segunda al pin 8
2. Conectar el Arduino a la computadora mediante el cable de alimentación USB tipo A-B.
3. Ensamble las barandas de 10° con el suelo de la misma rampa y el carril, hasta formar una distancia de 1m. (en caso de duda consultar el video suministrado por los investigadores denominado “1.MRU”).

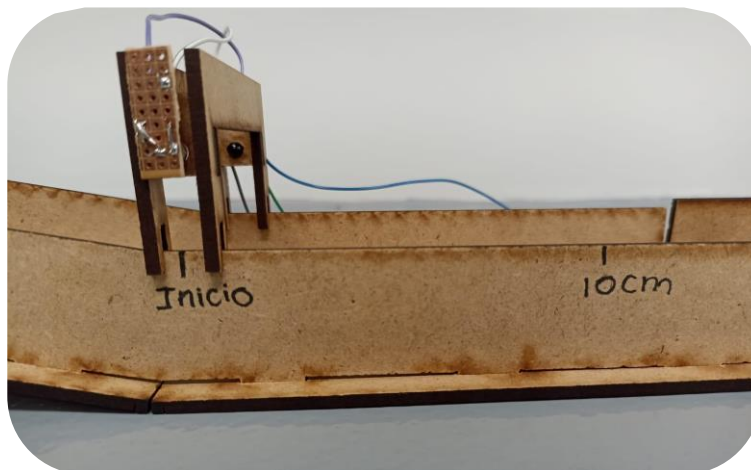


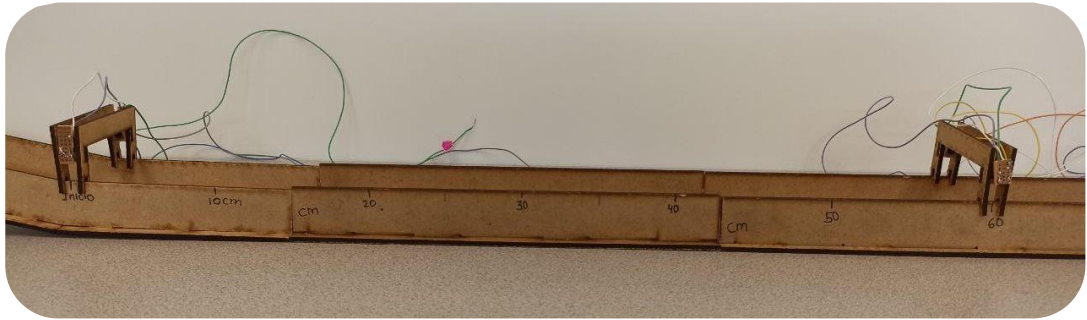
**Figura 35.** Ensamblaje del kit portátil MRU y MRUA. Conexión de la fotocelda en el Arduino (a), Acercamiento de conexiones al Arduino

**Fuente:** Elaboración propia.

## II Parte. Montaje de equipo

1. Coloque el carril y la rampa en una superficie plana.
2. Las barandas del carril y de la rampa están previamente marcadas con las distancias y el ángulo, como se muestra en la siguiente figura 36.





**Figura 36.** (a) Baranda de carril con escala numérica y colocación de fotocelda para inicio del recorrido. (b) Carril montado con la separación de 60 cm.

**Fuente:** Elaboración propia.

3. Coloque como se ve en la figura 36, una fotocelda en la parte inferior de la rampa, es decir justo donde se inicia el recorrido plano y la segunda fotocelda a los 60 cm para generar una separación de 60 cm.
4. Verifique que la altura de la bandera que está en el carrito sea la correcta al pasar entre las fotoceldas, para que pueda cortar el haz de luz como se muestra en la figura 37.





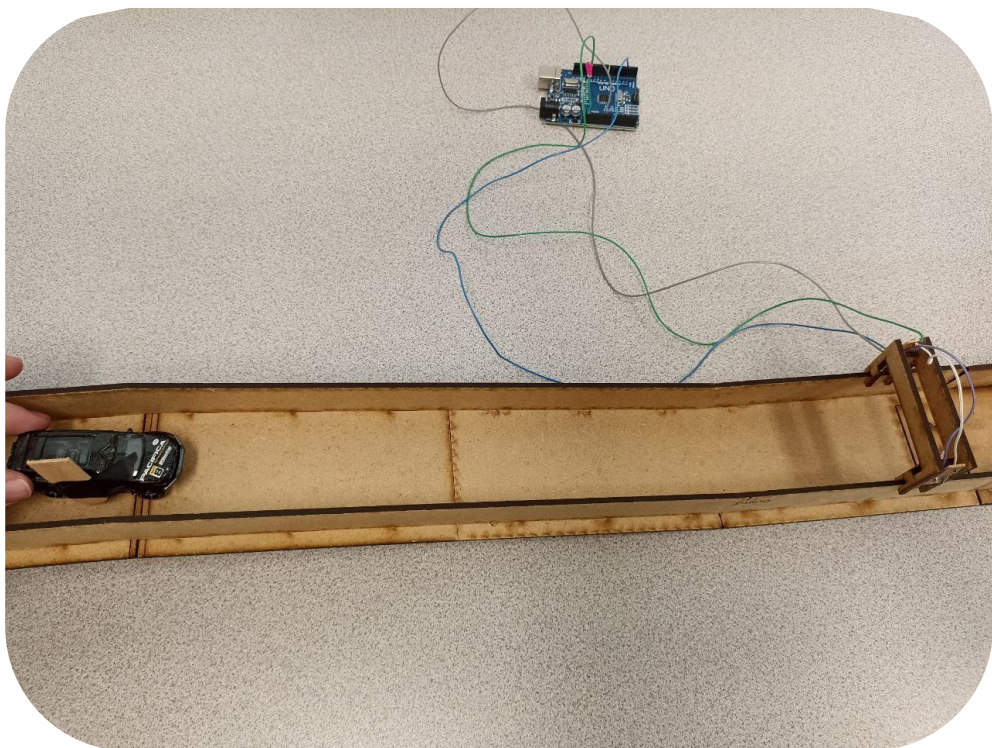
**Figura 37.** Carrito con bandera cortando el haz de luz

**Fuente:** Elaboración propia.

### III Parte. Toma de datos de velocidad media

1. Diríjase al escritorio y abra la carpeta denominada "**Laboratorios de Cinemática**"
2. Ingrese la carpeta **Movimiento Rectilíneo Uniforme** y abra el archivo denominado "MRU" (esto abrirá el programa IDE de Arduino).
3. Seleccione el puerto COM al que conectó el Arduino en su PC.

4. De un clic sobre la opción con un icono de check ✓, para verificar o compilar que no existan errores en la programación.
5. Cargue el programa en el Arduino, haciendo click en el botón de subir .
6. Seleccione el icono de monitor serie  para desplegar la pantalla de toma de datos.
7. Verifique el funcionamiento de las fotoceldas, para ello utilice su dedo de manera que se corte el haz de luz en ambas fotoceldas. Inicie esta prueba siempre con la primera fotocelda.
8. Limpie la pantalla de toma de datos (Monitor serie) presionando en el botón “Limpiar salida”.
9. Coloque el carrito en lo más alto del plano inclinado, ubique las primeras llantas del carro al borde de la rampa y proceda a soltarlo con cuidado para no efectuar ninguna fuerza adicional en el momento que inicia su recorrido; ver figura 38.



**Figura38.** Posición inicial del carrito para recolección de datos MRU.

**Fuente:** Elaboración propia.

10. En la pantalla se le mostrará el tiempo que tardó el carrito en moverse desde la primera fotocelda hasta la segunda, anote este dato en la tabla 12.



11. Repita este experimento 4 veces más (5 repeticiones en total) y anote en la tabla los resultados.
12. Mueva la segunda fotocelda 10 cm más cerca de la primera. Anote los cinco resultados en la tabla 1.
13. Siga acercando la segunda fotocelda a la primera de 10 en 10 cm, hasta alcanzar una separación de 10 cm. En cada nueva separación realiza 5 repeticiones y anote los datos en la tabla 12.
14. Para cada separación calcule el promedio de las repeticiones.

## Resultados

**Tabla 12.** Datos recolectados para la velocidad media.

Distancia (cm )	T1 (s )	T2 (s )	T3 (s )	T4 (s )	T5 (s )	Promedio T
10						
20						
30						
40						
50						
60						

### Análisis de resultados

1. Realice un gráfico de distancia en relación con el tiempo promedio (distancia en el eje y, tiempo en el eje x).
2. ¿Qué relación hay entre tiempo y distancia?
3. Realice un gráfico de velocidad versus tiempo (velocidad en el eje y, tiempo en el eje x)
4. Describa el comportamiento de la velocidad en la gráfica anterior.
5. Compare los resultados obtenidos durante la experimentación con las características teóricas del MRU ¿Se cumple con dichas características?

### Actividad de cierre

Analice la siguiente situación y aplique los conocimientos desarrollados durante la práctica de laboratorio.

Un ciclista recorre en línea recta 135 km hacia el norte de una ciudad a otra en 1,8h. Calcule la velocidad del ciclista para realizar dicho desplazamiento.

## Referencias bibliográficas

1. Young, D., Freedman, A., Ford, A. L., Sears, W., y Zemansky, W. (2013). *Física universitaria: décimo tercera edición*. Pearson Educación.
2. Mendoza, V., García, A., y Reich, D. (2014). *Física, teoría, ejemplos y problemas* (1.<sup>a</sup> ed.). Grupo Editorial Patria.
3. Pérez, M. (2014). *Temas Selectos de Física I*. Editorial Patria.  
[https://books.google.co.cr/books?id=dJ6EBgAAQBAJ&dq=friccion+fisica+1&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.co.cr/books?id=dJ6EBgAAQBAJ&dq=friccion+fisica+1&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
4. Sáenz, G., Blanco, P., y Salazar, J. (2020). *Guía Laboratorio de Física IFIX 422L* (segunda impresión). Heredia: Departamento de Física, Universidad Nacional Costa Rica.

## Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado

### Objetivos

- Identificar las principales características del Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado.
- Analizar de manera cualitativa y cuantitativamente el MRUA.

### Preguntas preliminares

- Para usted ¿Qué es aceleración?
- ¿Cuál sería la diferencia entre MRU y MRUA?
- ¿Qué ocurre con la velocidad de un carro si éste frena?
- ¿Cuál sería un ejemplo de MRUA en forma vertical?

### Introducción

Cuando se presenta una variación de la velocidad de un objeto que se traslada de forma lineal debido a una fuerza externa constante, se presenta el MRUA, en este movimiento se incluye el término de aceleración, el cual se define como el cociente del cambio de velocidad que presenta el cuerpo debido a la fuerza aplicada entre el tiempo que le toma al objeto ese cambio de velocidad<sup>3</sup>.

Al igual que la velocidad, existen dos tipos de aceleración presentes en el MRUA; la aceleración media e instantánea, esta primera de manera similar a la velocidad media depende de un intervalo de tiempo donde ocurre un cambio de velocidad de  $v_1$  a  $v_2$ , la expresión matemática para la magnitud de la aceleración media se presenta continuación<sup>4</sup>.

$$\vec{a}_{med-x} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (1)$$

La aceleración instantánea, de manera análoga a la velocidad instantánea, la que se determina en una posición específica y precisa del movimiento, donde el intervalo de tiempo tienda a cero.

## Equipo

- Computadora.
- Kit portátil MRU y MRUA (figura 16)

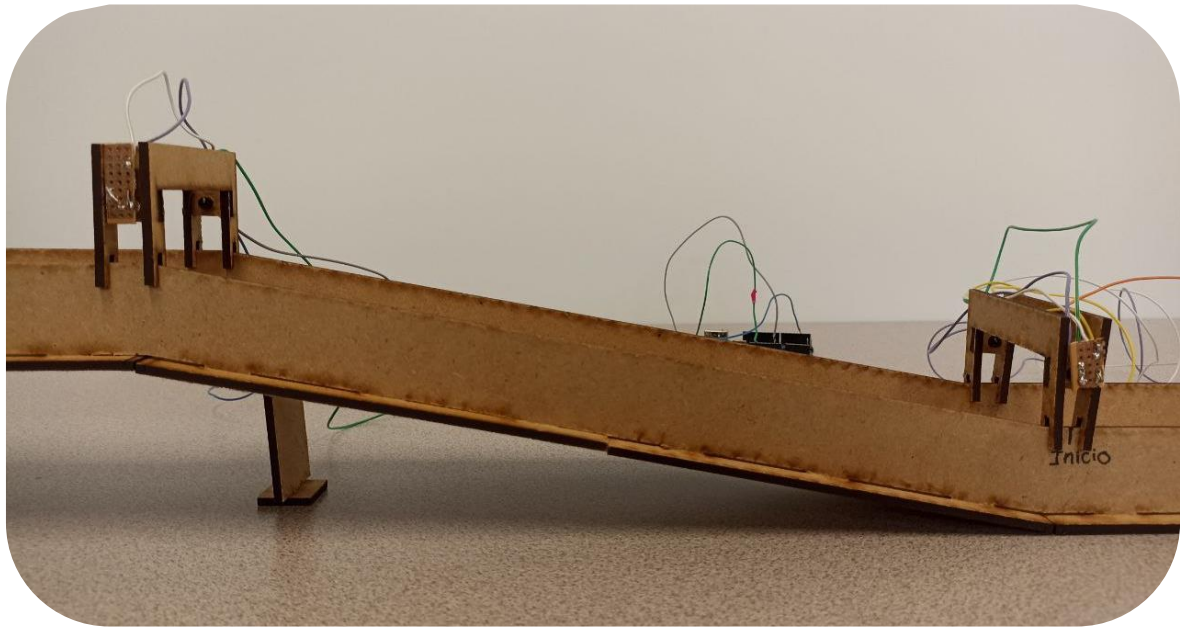
## Metodología

### I Parte. Ensamblaje del kit portátil MRU y MRUA

1. Instale las conexiones de la fotocelda, como se muestra en la figura 35, tomando en cuenta el código de colores, de la siguiente forma:
  - Verde: voltaje de 5V
  - Gris: GND o tierra del Arduino
  - Azul: Pin del Arduino, para la primera foto celda corresponde al pin 2 y la segunda al pin 8
2. Conectar el Arduino a la computadora mediante el cable de alimentación USB tipo A-B.
3. Ensamble las barandas de 10° con el suelo de la misma rampa y el carril, hasta formar una distancia de 1m. (en caso de duda consultar el video suministrado por los investigadores denominado “2.MRUA”).

### II Parte. Montaje de equipo

1. Ensamble un carril de aproximadamente 1m de distancia y coloque a un lado este la rampa, utilizando las barandas con un ángulo de 10° de inclinación.
2. Coloque las fotoceldas, la primera en la parte superior de la rampa de 10° (conectada al pin 2 del Arduino) y la segunda en la parte inferior de la rampa, es decir justo cuando se inicia el recorrido plano (conexión al pin 8 del Arduino) como se muestra en figura 39. La distancia recorrida en la rampa es de 30 cm.



**Figura 39.** Colocación de fotoceldas para toma de datos MRUA

**Fuente:** Elaboración propia

3. Verifique que la altura de la bandera que está en el carrito sea la correcta al pasar entre las fotoceldas, para que pueda cortar el haz de luz como se muestra en la figura 37.

### **III Parte. Toma de datos tiempo para MRUA**

1. Diríjase al escritorio y abra la carpeta denominada "**Laboratorios de Cinemática**"
2. Ingrese a la carpeta **Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado** y abra el archivo denominado "MRUA" (esto abrirá el programa IDE de Arduino).
3. Seleccione el puerto COM al que conectó el Arduino en su PC.
4. De un clic sobre la opción con un icono de check ✓, para verificar o compilar que no existan errores en la programación.
5. Verifique el funcionamiento de las fotoceldas, para ello utilice su dedo de manera que se corte el haz de luz en ambas fotoceldas. Inicie esta prueba siempre con la primera fotocelda.
6. Limpie la pantalla de toma de datos (Monitor serie) presionando en el botón "Limpiar salida".
7. Coloque el carrito en lo más alto del plano inclinado, ubique las primeras llantas del carro al borde de la rampa y proceda a soltarlo con cuidado para no efectuar ninguna fuerza adicional en el momento que inicia su recorrido; ver figura 38.

8. En la pantalla se le mostrará el tiempo que tardó el carrito en moverse desde la primera fotocelda hasta la segunda, anote este dato en la tabla 13.
9. Repita este experimento 4 veces más (5 repeticiones en total) y anote en la tabla los resultados.
10. Cambie las barandas del plano inclinado de 10° por las de 20° y repita la toma de datos. Anote los resultados en la tabla 13.
11. Vuelva a cambiar las barandas del plano inclinado por las de 30° y repita la toma de datos. Anote los resultados en la tabla 13.
12. Para cada plano inclinado, calcule el promedio del tiempo de las repeticiones, además calcule la rapidez del carrito para cada una de las rampas utilizadas (utilice la fórmula  $v = \frac{x}{t_{prom}}$ ). Anote los resultados en la tabla 12.

## Resultados

**Tabla 13.** Datos recolectados para la velocidad instantánea.

Ángulo (°)	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)	T4 (s)	T5 (s)	Promedio T (s)	Rapidez (cm/s)
10							
20							
30							

## Análisis de resultados

1. Realice una gráfica de la velocidad versus tiempo (velocidad en el eje y, tiempo en el eje x).
2. ¿Cuál es el comportamiento de la velocidad para cada una de las rampas?
3. ¿Qué papel cumple la variación de la velocidad?
4. ¿Cómo se ve afectada la velocidad y la aceleración del carro debido al ángulo de inclinación de la rampa?
5. Compare los resultados obtenidos durante la experimentación con las características teóricas del MRUA ¿Se cumple con dichas características?

## Actividad de cierre

Analice la siguiente situación y aplique los conocimientos desarrollados durante la práctica de laboratorio.

1. Los estudiantes de octavo año realizan una excursión al museo de ciencias naturales, viajando en un autobús hasta el museo, el tiempo de viaje es de 2.5 h. El autobús se encontraba en reposo mientras los estudiantes se subían. Una vez lleno, se inició a mover con MRUA hasta alcanzar una rapidez de 80 km/h en 0.085 h, prosigue su camino en la autopista, pero con la velocidad constante, es decir con MRU. Calcule:
  - a. ¿La aceleración del autobús cuando estaba en MRUA?
  - b. ¿La distancia recorrida en MRUA?
  - c. La distancia en MRU
  - d. La distancia total

## Referencias bibliográficas

1. Young, D., Freedman, A., Ford, A. L., Sears, W., y Zemansky, W. (2013). *Física universitaria: décimo tercera edición*. Pearson Educación.
2. Mendoza, V., García, A., y Reich, D. (2014). *Física, teoría, ejemplos y problemas* (1.<sup>a</sup> ed.). Grupo Editorial Patria.
3. Pérez, M. (2014). *Temas Selectos de Física I*. Editorial Patria. [https://books.google.co.cr/books?id=dJ6EBgAAQBAJ&dq=friccion+fisica+1&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.co.cr/books?id=dJ6EBgAAQBAJ&dq=friccion+fisica+1&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
4. Sáenz, G., Blanco, P., y Salazar, J. (2020). *Guía Laboratorio de Física IFIX 422L* (segunda impresión). Heredia: Departamento de Física, Universidad Nacional, Costa Rica.



## Movimiento de proyectiles

### Objetivos

- Identificar el movimiento en dos dimensiones de un objeto que sigue una trayectoria parabólica.
- Establecer mediante el análisis de fenómenos cotidianos las leyes físicas que definen el movimiento de proyectiles (MP).
- Aplicar de manera experimental los cálculos y fórmulas físicas para poder determinar, la velocidad y distancia de recorrido de un proyectil, entre otros datos y características importantes.

### Preguntas preliminares

- ¿Cuál sería un ejemplo de un objeto que se mueva en un eje vertical y horizontal al mismo tiempo?
- ¿Qué tipo de trayectoria seguiría un objeto que realiza el movimiento de la pregunta anterior?
- ¿Este movimiento se ve afectado por el ángulo de lanzamiento?
- Si un objeto se cae de una mesa, ¿este realiza un movimiento de proyectil?

### Introducción

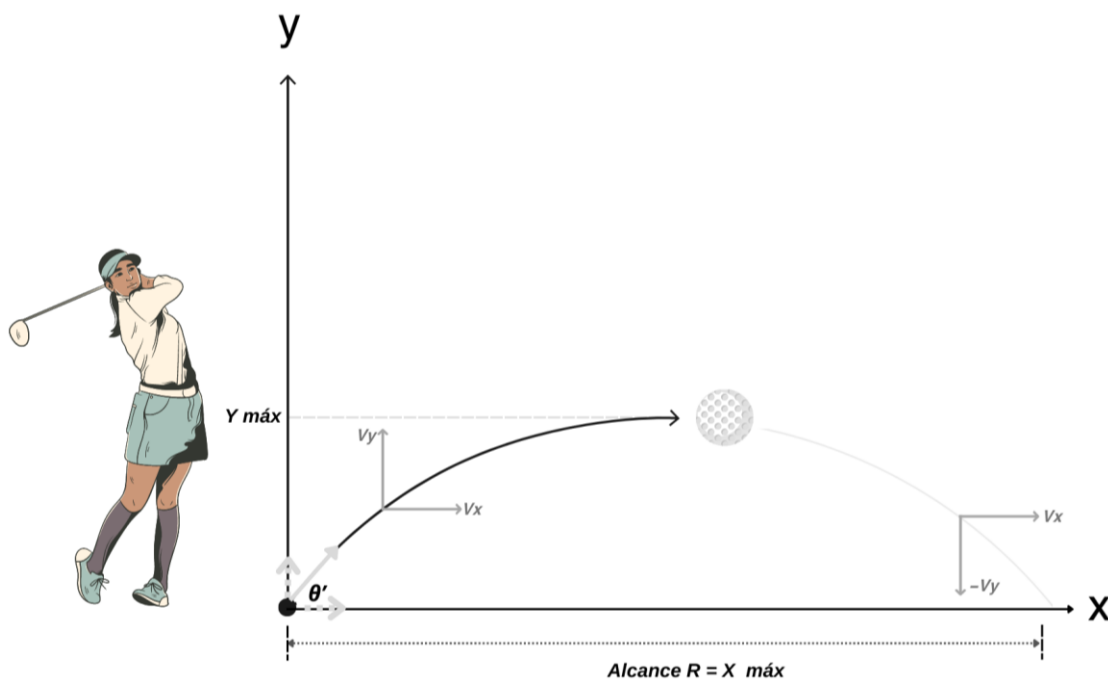
Muchos años después de los aportes realizados por los grandes pensadores como Galileo, hoy se siguen logrado importantes avances e innovaciones en la ingeniería de máquinas y objetos utilizados en áreas como el deporte, balística, aerodinámica entre otros, contribuciones que han sido indispensables para el desarrollo científico-tecnológico.

En esta sección, investigaremos acerca de los proyectiles, objetos cuya característica de movimiento para comprenderse, deben considerarse aspectos como la velocidad inicial que recibe el cuerpo al seguir una trayectoria curvilínea debido a los efectos de la aceleración causada por la gravedad, y la resistencia del aire<sup>5</sup>, dicho esto, a partir de aquí denominaremos "proyectil", a un objeto o cuerpo que se mueve en dos dimensiones, es decir, que sale de un punto de referencia plano como la tierra y que al ser disparado a una fuerza y velocidad determinada, dibuja una parábola o trayectoria curva, hasta regresar al mismo nivel.

El movimiento de un proyectil resulta de la composición del movimiento rectilíneo uniforme (M.R.U) y el movimiento vertical de caída libre (M.V.C.L), también conocido como movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (M.R.U.A), ya que debe tomarse en cuenta, que en el eje horizontal tendremos un M.R.U y en el eje vertical un M.R.U.A, de tal manera que las ecuaciones que rigen al movimiento parabólico corresponden a la combinación de ambas.

Dado lo anterior, entonces la única fuerza que actúa sobre el proyectil en el vuelo está dada por la interacción de este con la tierra a causa de la gravedad<sup>2</sup>. Es importante mencionar, que la velocidad inicial con la que parte el objeto, lo hace a un ángulo determinado con respecto a la horizontal<sup>1</sup>, gracias a ello podemos conocer el alcance y altura máximos de los objetos.

Entonces, en el movimiento de proyectiles los objetos viajan o se mueven hacia arriba y hacia abajo, al mismo tiempo que viajan horizontalmente con velocidad constante<sup>4</sup>, por lo tanto, los componentes de velocidad combinados describirán el movimiento real del proyectil.



**Figura 40.** Proyección angular. Componentes de la velocidad instantánea en dos dimensiones  
**Fuente:** Elaboración propia con Canva

Es por ello, que, al analizar el movimiento de un proyectil, es más simple partir de dos suposiciones: 1) la aceleración de caída libre es constante en el intervalo de movimiento y se

dirige hacia abajo y 2) el efecto de la resistencia del aire es despreciable<sup>3</sup>. De esta manera se determina que  $v$  es una combinación de las velocidades en las direcciones  $x$  y  $y$ , pues si el proyectil "(...) tiene una velocidad constante  $v$  en una dirección que forma un ángulo  $\theta$  con el eje  $x$ , las velocidades en las direcciones  $x$  y  $y$  se obtendrán descomponiendo el vector de velocidad en componentes de movimiento" <sup>4</sup> tal y como se muestra en la figura 40.

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \quad (1)$$

Además, es posible conocer la magnitud de los componentes del desplazamiento vertical (en el eje  $y$ ) y horizontal (eje  $x$ ) en diferentes tiempos, a partir de los componentes de la velocidad instantánea, e incluso, bajo las mismas condiciones de  $y_{inicial} = y_{final}$  (es decir, cuando el punto de aterrizaje " $y_{final}$ " está a la misma altura que la de lanzamiento " $y_{inicial}$ ") es posible determinar el tiempo total de vuelo  $t$ .

### Resumen de fórmulas físicas básicas a utilizar en problemas de MP:

- *Componentes generales de la velocidad inicial:*  
 $v_x = v \cos \theta$   
 $v_y = v \sen \theta$
- *Componentes de velocidad instantánea y desplazamiento (con  $a_x = 0$  y  $a_y = -g$ , considerando el eje "y" positivo hacia arriba y el negativo hacia abajo, y despreciando la resistencia del aire) en el movimiento de proyectiles:*

<i>Para el movimiento vertical:</i>	<i>Para el movimiento horizontal:</i>
$v_y = v_0 \sen \theta - gt$ $y = (v_0 \sen \theta)t - \frac{1}{2}gt^2$	$v_x = v_0 \cos \theta$ $x = v_0 \cos \theta \cdot t$

- *Alcance  $R$  ( $x_{max}$ ) o distancia horizontal máxima recorrida:*

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

- *Altura máxima:*

$$y_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

- Tiempo total de vuelo:

$$t = \frac{2v_0 \sin \theta}{g}$$

- Dirección o ángulo  $\theta$  para el vector velocidad de un objeto:

$$\theta = \arctan = \left( \frac{v_y}{v_x} \right)$$

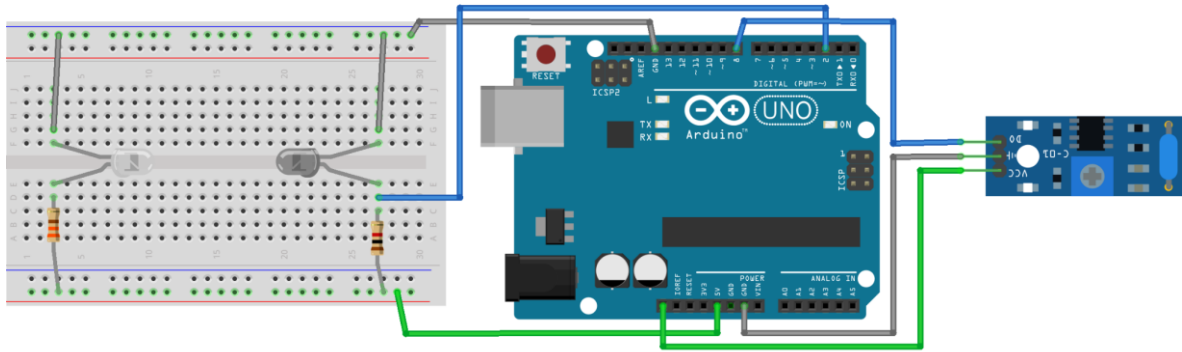
## Equipo

- ✓ Computadora.
- ✓ Kit portátil para movimiento de proyectiles (figura 42).
- ✓ Cinta métrica.
- ✓ Hoja de papel
- ✓ Papel carbón.

## Metodología

### I Parte. Ensamblaje del Arduino y los sensores

1. Diríjase al escritorio y abra la carpeta denominada "**Laboratorios de Cinemática**"
2. Ingrese la carpeta **Movimiento de Proyectiles** y abra el archivo denominado "MP" (esto abrirá el programa IDE de Arduino).
3. Instale las conexiones de los sensores, como se muestra en la figura 1, tomando en cuenta el, siguiente código de colores:
  - Verde: voltaje de 5V
  - Gris: GND o tierra del Arduino
  - Azul: Pin del Arduino, para la fotocelda corresponde al pin 2 y el sensor de vibración al pin 8.
4. Conecte el Arduino a la computadora mediante el cable de alimentación USB tipo A-B.

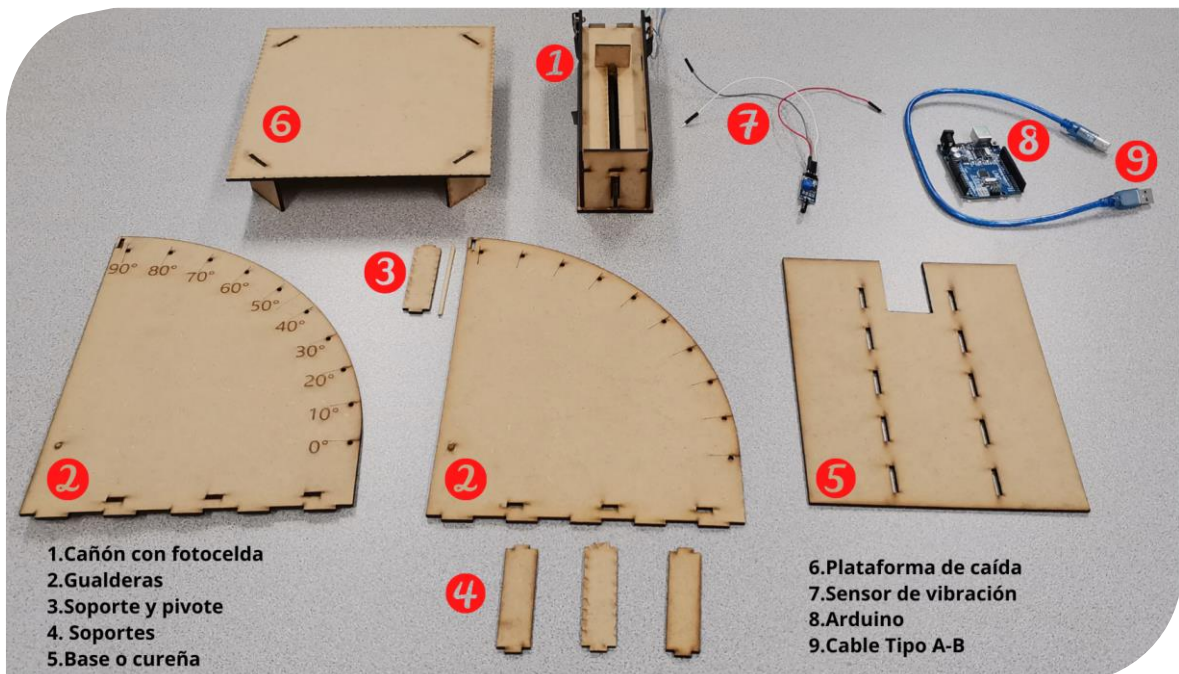


**Figura 41.** Ensamblaje del Arduino, fotocelda y sensor de vibración

**Fuente:** Elaboración propia, Fritzing.

## II Parte. Montaje de equipo

1. Ensamble el soporte o estructura que sostendrá el disparador del cañón. En la figura 42 se muestra cada parte:

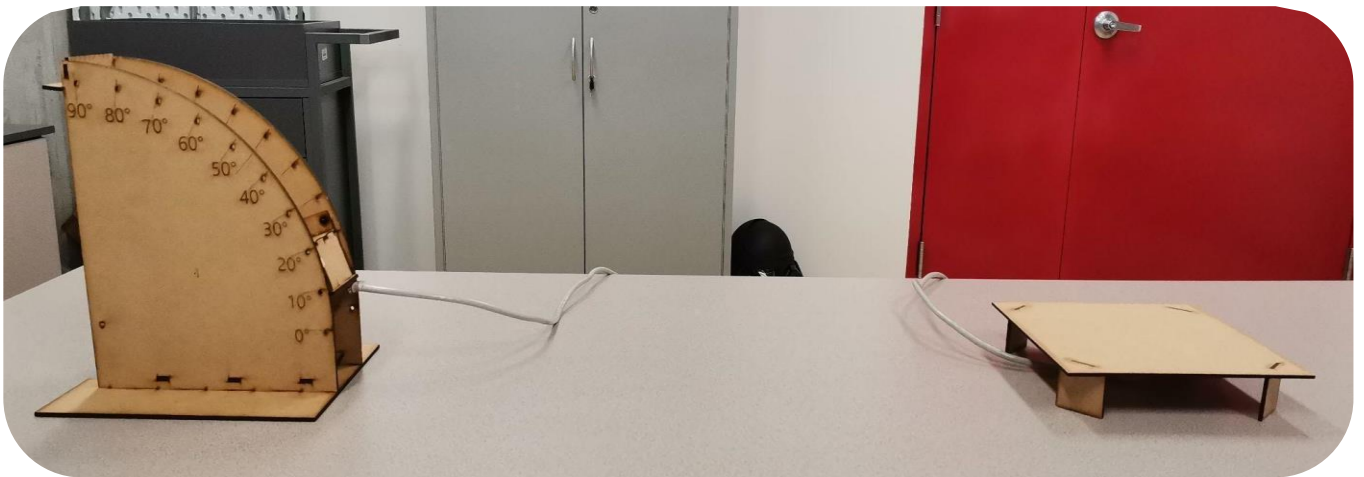


**Figura 42.** Partes del Kit de Movimiento de Proyectiles

**Fuente:** Elaboración propia, Canva.

## II Parte. Montaje


2. Coloque la plataforma de caída y el cañón en una superficie plana idealmente una mesa separados cada uno a una distancia prudente (según la extensión de los cables de conexión entre la fotocelda que se encuentra en la boca del cañón, el sensor de vibración de la plataforma y el Arduino) llevando el cañón a un extremo de la mesa de tal forma que tenga un espacio adecuado para lanzar como se muestra en la figura 43. Procure que no sea un sitio de paso de personas.




**Figura 43.** Kit de movimiento de proyectiles, cañón ensamblado con sus partes (izquierda) y plataforma de caída (derecha)  
**Fuente:** Elaboración propia.

3. Verifique el funcionamiento del cañón y la plataforma, asegurándose que la bola corte el haz de luz de la fotocelda y caiga en la superficie de la plataforma.

## III Parte. Toma de datos del movimiento

1. Diríjase al escritorio y abra la carpeta denominada “**Movimiento proyectiles**”
2. Seleccione y abra el archivo denominado “Cañón-Plataforma de caída” (esto abrirá el programa IDE de Arduino).
3. Seleccione el puerto COM al que conectó el Arduino en su PC.
4. De un clic sobre la opción con un icono de check ✓, para verificar o compilar que no existan errores en la programación
5. Luego para cargar el programa seleccione el botón . Una vez realizado este paso se ha ejecutado el programa, haciendo que los sensores de la fotocelda en la boca del cañón y el sensor de vibración de la plataforma de caída se activen.

6. Seleccione el icono de monitor serie  para desplegar la pantalla de toma de datos.
7. Ajuste el ángulo de lanzamiento deseado.
8. Cargue el cañón con la bolita, desplace el lanzador hasta atrás y observe dónde cae la bola
9. Ubique la plataforma de caída o placa sensora de vibración a la distancia donde la bolita caerá.
10. Coloque sobre la plataforma con cinta adhesiva papel blanco y por encima papel carbón, de manera que la bolita deje una marca en el papel, para posteriormente lograr medir la distancia en  $x$ .
11. Observe los datos del tiempo medido en la pantalla de toma de datos (Aquí se registrará el lapso desde que el proyectil sale de la boca del cañón, cortando el haz de la fotocelda, hasta que cae a la plataforma).
12. Limpie la pantalla de toma de datos (Monitor serie) presionando en el botón “Limpiar salida”.
13. Ahora sí, vuelve a cargar el cañón para disparar el lanzador y toma los datos necesarios para completar la tabla 1 (Sostenga el sistema del cañón mientras efectúa cada disparo).
14. Mida el alcance horizontal del proyectil desde el extremo en la boca del cañón hasta la distancia donde la bolita dejó su marca, para ello, utilice una cinta métrica. Registre esta distancia, y anote los resultados en la parte denominada alcance horizontal de la tabla 1.
15. Realice tres repeticiones en total para cada ángulo y registre sus datos en la tabla 1. Calcule el tiempo de vuelo y distancia promedio.
16. Con los datos de tiempo y alcance horizontal promedio obtenidos en los pasos anteriores, complete la tabla 2. Calcule la magnitud de la velocidad inicial ( $v_0$ ) del proyectil y la altura máxima ( $y_{max}$ ) alcanzada por el mismo para cada ángulo.

## Resultados

**Tabla 14.** Tiempo de vuelo y alcance máximo promedio conseguido por el proyectil.

Ángulo (°)	Tiempo de vuelo				Alcance horizontal			
	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>prom</sub> (s)	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>prom</sub> (m)
10°								
20°								
30°								
40°								
45°								
50°								

**Tabla 15.** Catapulta con Arduino, lanzamiento de proyectil.

Ángulo (°)	Tiempo de vuelo (t <sub>prom</sub> ) en s.	Alcance máximo (x <sub>max</sub> ) en m.	Altura máxima (y <sub>max</sub> ) en m.	Velocidad inicial (v <sub>0</sub> ) en m/s.
10°				
20°				
30°				
40°				
45°				
50°				



## Análisis de resultados

1. ¿Qué sucedió con la altura y el alcance máximo al variar el ángulo de disparo?
2. ¿Qué cree que pasaría si tomamos en cuenta la resistencia del aire en este experimento?
3. ¿A qué ángulos respecto a la velocidad inicial, el movimiento no seguiría una trayectoria curva?
4. ¿En cuál ángulo de tiro se puede alcanzar la mayor altura?

## Actividad de cierre

Analice la siguiente situación y aplique los conocimientos desarrollados durante la práctica de laboratorio

Un jugador de golf golpea un balón a la altura del césped con un ángulo de  $36^\circ$  y con rapidez de 24 m/s. Si la pelota cae sobre el campo de juego sin que antes lo toque un obstáculo, calcular:

- a) Altura máxima alcanzada por la pelota
- b) La distancia horizontal recorrida por el balón
- c) El tiempo de vuelo de la pelota

## Referencias bibliográficas

1. Diaz, J. E. C., & Martínez, M. M. Z. MOVIMIENTO DE PROYECTILES.
2. Hewitt, P. G. (2002). *Conceptual physics*. Pearson Educación.
3. Serway Raymond A. y Jewett Jr. John W. (2019). *Física para ciencias e ingeniería*. Editorial Cengage Learning Editores S.A. de C. Volumen 1. Décima edición.
4. Wilson, J., Bufo, A., y Lou, B. (2011) *Física 11*. Primera edición. Pearson Educación.
5. Young, H. D., Freedman, R. A., Ford, A. L., Sears, F. W., & Zemansky, M. W. (2013). *Física universitaria: décimo tercera edición*. Pearson Educación.

### 5.3. Validación de la implementación del manual de prácticas experimentales de cinemática de la asignatura de Física

#### 5.3.1. Pertinencia con las temáticas de cinemática planteadas en los planes del MEP

A continuación, en la tabla 16 se detallan y discuten los datos de la encuesta dirigida al grupo focal relacionados con la subcategoría denominada "pertinencia con las temáticas de cinemática planteadas en los planes del MEP", donde toma en cuenta cuatro aspectos relevantes a considerar como son: la exploración de conocimiento previos sobre las temáticas de física planteadas por el MEP; promoción del trabajo colaborativo, si las prácticas de laboratorio complementan las temáticas del MEP y promoción o desarrollo de habilidades científicas y experimentales.

**Tabla 16.** Pertinencia con las temáticas de cinemática planteadas en los planes del MEP.

Preguntas y Respuestas	
<p><b>Docente</b></p> <p>¿La práctica en general con el uso del laboratorio portátil integral, explora los conocimientos previos de un tema o contenido de física presente en los planes del Ministerio de Educación Pública (MEP)? ¿Por qué?</p>	<p>¿Pueden las actividades contempladas en esta práctica, promueven que se potencien o desarrollen las habilidades científicas, experimentales y aprendizajes esperados en los estudiantes, de acuerdo a lo planteado por el MEP?</p>
<p><b>1</b></p> <p>Sí, el manual me parece muy completo e interesante. Explica posibles actividades para cada etapa de la metodología indagatoria. Evidenciar la incidencia de las variables que definen los distintos movimientos del MRUA me parece excelente, brinda una idea palpable de la aplicabilidad de estos, relación de las variables y causas del fenómeno estudiado, lo que lo hace más significativo.</p>	<p>Sí, lo complementan y enriquecen. Me parece más interactivo, pienso que es posible demostrar físicamente lo que se describe de modo teórico.</p> <p>Sí, el pensamiento crítico, creatividad, manejo de la información y la resolución de problemas son indispensables para completar la práctica.</p>

2	<p>Sí. El programa MEP de noveno incluye movimiento (MRU) entonces, de alguna manera ya es un conocimiento previo cuando ellos llegan a 10°. Y en décimo se abarcarían temáticas como MRU y Movimiento de Projectiles.</p>	<p>Según especifica el manual sí, sin embargo, depende de cómo lo quiera plantear el docente en una clase, puesto que, si realiza el trabajo individual y se comparten datos de otros grupos, no hay colaboración.</p>	<p>Claro, son temáticas que incluyen los programas oficiales de Ministerio de Educación Pública</p>	<p>Totalmente, actualmente la propuesta curricular del MEP para ciencias se enfoca en aprendizaje por indagación, y una de sus etapas es la experimentación. Además, con dicha práctica se pueden potenciar habilidades como el pensamiento crítico, resolución de problemas, aprender a aprender, entre otros.</p>
3	<p>Sí, va más allá de lo solicitado, evidencia mucha profundización.</p>	<p>Claro porque deben asignarse roles</p>	<p>Sí</p>	<p>Totalmente</p>
4	<p>Si, la historia de Galileo y demás personajes que han aportado en el desarrollo de la física se ve desde inicio de año para décimo año, por lo que ya los estudiantes llevan bases de esos aportes que se han realizado. Posteriormente se van adentrando en el SI, uso de mediciones y unidades de medida y demás, por lo que es muy pertinente.</p>	<p>Si, desde la perspectiva en la que se conformen grupos para la realización de las prácticas, o que los estudiantes posteriormente comparen sus resultados y experiencias y se ayuden en el proceso, respetando las opiniones de los demás y complementando lo aportado por los demás para la construcción de aprendizajes más robustos.</p>	<p>Si claro, se enfocan en criterios de evaluación que están determinados por el MEP en su programa de Educación Diversificada.</p>	<p>Si. Me parece oportuno, pertinente e importante que se desarrollen actividades vivenciales en los procesos educativos o complementar con otras experiencias. Este proyecto es algo que me parece interesante, que nunca he desarrollado, no conozco el Arduino y me llama la atención. Me gustaría su implementación.</p>
5	<p>En realidad, yo la utilizaría para la etapa de exploración o bien reflexión y contraste, ya que, para una focalización, los conocimientos previos que se exploran son de elaboración de gráficos, uso de computador y una que otra habilidad matemática. Para realmente explorar conocimientos previos, se podría tratar de incluir preguntas que hagan al estudiante predecir los posibles resultados y ya con el laboratorio portátil poner esas ideas a prueba, cumpliendo a cabalidad con la fase de exploración.</p>	<p>Considero que no tanto, ya que perfectamente se puede realizar la práctica de manera individual o máximo en parejas.</p>	<p>En efecto, en especial para el tema de MRU que al ser un movimiento tan restrictivo debido a sus características con este laboratorio se puede llevar a cabo aplicar esos conocimientos prácticos con dicho tema.</p>	<p>En efecto, más al combinar distintos conocimientos, en especial con las gráficas ya que en matemáticas ya se domina, y con este laboratorio se puede aplicar esos conocimientos mezclados con los de vectores, para afianzar las habilidades propuestas en el planeamiento.</p>

6	<p>Considero que la forma en que se arman y utilizan los materiales en la sección práctica, NO corresponde a diagnosticar los conocimientos previos (etapa exploratoria), por el contrario, es el tema en concreto en acción, me parece más una actividad de cierre o de aplicación (según las etapas de la indagación). Me parece provechoso cuando ya se han fundamentado o consolidado (contrastado) los conocimientos de los conceptos clave correspondientes.</p>	<p>Es importante incluir en las actividades las pautas del trabajo colaborativo, indicar y dedicar el tiempo y espacio que requiere formar el equipo, asignar roles, supervisar la actividad, y aplicar las auto y coevaluaciones.</p>	<p>Si. Y en este caso las amplían al mostrar el uso de Arduino.</p>	<p>Si, estas prácticas pueden motivar y potenciar habilidades científico-tecnológicas (STEM) en la población estudiantil.</p>
7	<p>Es una forma versátil de aplicar los conocimientos previos en otras etapas de la metodología de indagación como contrastación y la aplicación.</p>	<p>Sí, porque se requiere asignar roles para la toma de datos y el empleo del prototipo.</p>	<p>Sí, dependiendo de la modalidad del colegio se aborda el tema de cinemática y se complementan con la práctica con otros cálculos como los promedios en las mediciones.</p>	<p>Sí, puesto que de esta manera pueden familiarizarse con el entorno universitario y de investigación para así potenciar los aprendizajes.</p>
8	<p>Sí, excepto el movimiento parabólico, el cual ahora es solo explicativo y no representa cálculos.</p>	<p>Sí, permiten la participación de no más de tres personas.</p>	<p>Sí, a excepción del movimiento parabólico.</p>	<p>Si, pueden lograr los requerimientos concretos de habilidades de los estudiantes y los indicadores del plan de estudios.</p>
9	<p>Si, ya que con el programa se pueden abarcar los conceptos de cinemática</p>	<p>Si, porque todos los miembros de los subgrupos pueden tener roles distintos durante la actividad</p>	<p>Sí</p>	<p>Sí</p>
10	<p>Sí aborda los programas de estudio, es clave dar una breve descripción de las características de cada movimiento que facilite la comprensión al docente que va a utilizar.</p>	<p>Efectivamente, se da un desarrollo de habilidades y destrezas donde las personas estudiantes deben trabajar en conjunto en la construcción de su aprendizaje por medio del intercambio de ideas y trabajo en equipo.</p>	<p>Sí son temáticas que se abordan en el programa de estudio, solo incluiría un análisis gráfico.</p>	<p>Sí, se sigue la ruta de indagación y se pueden implementar el desarrollo de muchas habilidades en la persona estudiante. Se sigue la ruta del MEP en cuanto a los cuatro momentos de indagación.</p>

**Fuente:** Elaboración propia según opinión de los docentes entrevistados, 2023.

En cuanto a la exploración de los conocimientos previos de los temas de física presentes en los planes del MEP, la mayoría de los sujetos de la muestra concuerdan que las prácticas del manual en general junto con el uso del laboratorio portátil integral, sí los exploran, por ello opinan que es versátil incluso para otras etapas de la metodología indagatoria, al integrar conceptos introductorios claves de cinemática y una breve descripción de las características de cada movimiento, que deben contemplarse en los niveles de noveno y décimo año. No obstante, la minoría de docentes considera que el manual según su estructura no es apto a utilizar en una

etapa para abordar los conocimientos previos o la parte de focalización, sino que se adecúa más para emplearse en una actividad exploratoria, de aplicación o cierre.

Respecto a estas manifestaciones, es importante retomar que el MEP apuesta por el abordaje de una metodología basada en la indagación al visualizar el aprendizaje como un proceso continuo, progresivo y en evolución constante, para ello considera las vivencias y capacidades de quienes aprenden, asignándoles un papel activo que les permite hacerse preguntas o compartir ideas a raíz de sus conocimientos previos, esto como resultado favorece una etapa de focalización, además de estimular un proceso reflexivo respecto a una determinada situación de interés, durante las etapas de contrastación o de aplicación según el propósito de estudio (MEP,2017).

Debe recordarse, que los docentes como mediadores tienen el trabajo exhaustivo de indagar, identificar y considerar estos conocimientos en los estudiantes para así facilitarles escenarios contextuales, que les permitan oportunidades de participación y cree entornos de aprendizaje diversos en los que se promueva la incorporación de tecnologías móviles (MEP,2015). Así como pudieron comprobar los entrevistados, las prácticas del manual fueron confeccionadas para que de manera progresiva el estudiante pueda elaborar su propio diseño de investigación, de manera que orientado por el docente, se abordan gradualmente cada uno de los ejes temáticos de cinemática mediante diferentes situaciones de aprendizaje adecuadas según la metodología indagatoria; por ello, en dicho instrumento se facilitan breves lecturas teóricas y se plantean en cada práctica preguntas generadoras de exploración.

En relación a la promoción del trabajo colaborativo, la mayoría de los docentes encuestados consideran que las prácticas experimentales propuestas, sí lo promueven, mencionando que permite tanto el trabajo individual como la asignación de grupos, el juego de roles y el trabajo en equipo. Contrastando lo anterior, algunos de ellos piensan que esto dependerá en cómo lo quiera plantear el docente durante su clase, pues se restringe la participación de más de tres estudiantes; por otro lado, una minoría afirman que la estrategia sugerida por esta propuesta se adecúa más para trabajarse de manera individual o en parejas, no abordando una estrategia de esta índole.

Según Jerez (2015), la metodología basada en el trabajo colaborativo permite la interacción y el compartir de conocimientos o estrategias de los integrantes de un grupo,

favoreciendo así el desarrollo de sus habilidades sociales y actitudinales. De acuerdo con lo anterior, autores como Prieto (2006) y Espinosa et al; (2016), han determinado que uno de los papeles primordiales de las prácticas experimentales es favorecer esta interacción entre pares, pues se invita al dinamismo y a la participación activa en un ambiente de constante aprendizaje regulado por el docente. Por ende, se consideró que la estructura del manual, con la ayuda del laboratorio portátil, posibilitará la presencia de una metodología de aprendizaje en equipo, donde se puedan asignar roles de acuerdo con las capacidades de cada estudiante de manera que se complementan o apoyen en la ejecución de las diferentes actividades.

Por otra parte, los docentes también concuerdan que la practicidad de la guía de laboratorio complementa las temáticas propuestas por el MEP, para ello argumentan razones como: demostración que enriquece la teoría, interactividad, experiencias prácticas e incluso mencionaron que permite un acercamiento al uso del Arduino, que bien puede ampliar el abordaje de contenidos del MEP. Del mismo modo, algunos hicieron hincapié en que el único contenido no profundizado en los planes del MEP, o del cuál se hace apenas mención es el de movimiento de proyectiles.

Espinosa *et al;* (2016) y Murillo (2018), se refieren a las prácticas experimentales y de laboratorio como herramientas didácticas que contribuyen a integrar las habilidades procedimentales y cognitivas necesarias para construir el conocimiento científico en el aula, ya que permiten el dinamismo, la interpretación y la comunicación de ideas entre estudiantes y docentes. Desde este pensar, la propuesta didáctica basada en la creación de un manual para el desarrollo de prácticas experimentales con un laboratorio portátil, tiene como objeto retomar y promover de manera novedosa la actividad experimental en las aulas, pero esta vez concebida desde una visión integral del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física, intención que queda plasmada en el diseño y estructuración de las actividades planteadas, fieles a una metodología indagatoria que se centraliza en la participación de los educandos.

Es necesario reflexionar y replantearse como educadores la forma en que se enseña e interpreta la ciencia así como sus procesos y productos, de manera que se evite incurrir en tomar este instrumento tal cual un instructivo cerrado comúnmente relacionado con una "receta de cocina", que incorpora resultados predeterminados (Zamorano, 2015 y Zorrilla *et al;*2017), es decir, tener claro que más que pautas, el proceso de experimentación debe ser un método natural, flexible o abierto a la exploración y al descubrimiento de un fenómeno, hallazgo que

podría comprobarse mediante diferentes caminos, dándole de esta forma verdadera significancia a dicha práctica. También por lo anterior se quiso agregar el tema de proyectiles o movimiento parabólico, con el propósito de complementar y llevar más allá e incluso desafiar el aprendizaje además de las competencias generadas en los estudiantes hasta ese punto.

Referente a la promoción y desarrollo de habilidades científicas experimentales; también en esta ocasión, todos los sujetos encuestados afirmaron que las actividades contempladas en esta práctica, promueven que se potencien o desarrollen en los estudiantes según el MEP, algunas de sus declaraciones fueron, que permite seguir la ruta de aprendizaje por indagación e indicadores sugeridos por esta entidad, al admitir el desarrollo de actividades vivenciales que estimulan habilidades como pensamiento crítico, creatividad, manejo de la información, resolución de problemas, aprender a aprender, entre otras de ámbito científico-tecnológico ligadas con un enfoque de enseñanza basado en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática (STEM, según las siglas en inglés), así mismo, aluden al favorecimiento de la interdisciplinariedad.

El laboratorio portátil, gracias a que incorpora un dispositivo Arduino y sensores para su funcionamiento, modifica los modelos de enseñanza tradicional insertándose incluso en el campo de la robótica educativa, Ortiz *et al.*; (2012), menciona que el uso de laboratorios móviles tecno educativos contribuye al área multidisciplinaria de la ingeniería y, por ende, al desarrollo de conocimiento y pensamiento científico analítico. Por lo anterior, puede decirse que, gracias al uso de estos dispositivos con fines pedagógicos, se permite la implementación de experiencias gamificadas, tales como el enfoque STEM, que motivan como lo menciona Melo (2020), “un interés intrínseco por aprender y descubrir nuevas habilidades en los procesos académicos”, aspecto que además promueve en los educandos la alfabetización científica y tecnológica.

### **5.3.2. Funcionalidad del manual para la correcta ejecución del prototipo integral de laboratorio portátil.**

En cuanto a la subcategoría de análisis que responde a la funcionalidad del manual para la correcta ejecución del prototipo integral de laboratorio portátil; se deben de rescatar cuatro puntos importantes considerados por los investigadores: (1) los materiales seleccionados para

la elaboración y las prácticas son los adecuados, (2) los cálculos matemáticos se adaptan al nivel de los estudiantes, (3) las prácticas experimentales son útiles en un contexto educativo y por último, (4) el manual junto a las prácticas poseen una organización lógica. En la tabla 17 se muestran los resultados recolectados en este trabajo.

**Tabla 17.** Datos de los docentes sobre la funcionalidad del manual para la correcta ejecución del prototipo integral de laboratorio portátil.

Preguntas y Respuestas				
Docente	¿Cree usted que los materiales seleccionados para el laboratorio portátil son los adecuados para la realización de la práctica propuesta? ¿Por qué?	¿Cree usted que los cálculos matemáticos requeridos en las actividades para contestar los cuestionamientos de la práctica poseen un nivel de dificultad apropiado para estudiantes de décimo año?	¿Son las prácticas incluidas en estos laboratorios, útiles para que se desempeñen en el contexto educativo costarricense? ¿Por qué?	De acuerdo con su experiencia, tiene el manual una organización lógica que facilite a quien lo utilice, ¿la ejecución de las prácticas experimentales? Comente.
1	Sí, parecen muy versátiles y económicamente accesibles. Me gustaría saber dónde se consiguen.	Sí, sólo deben realizarse progresivamente. Actualmente existen vacíos en cuanto a conocimientos previos.	Sí, me parece que los materiales propuestos son accesibles. Aunque hay que considerar que requiere tiempo, así que debe desarrollarse estratégicamente según la dinámica de clase.	Sí, se percibe un hilo conductor y congruencia entre las partes.
2	Para la realización de la práctica si son los adecuados, se deben cuidar las formas de medir algunos parámetros, principalmente en la práctica de Movimiento de Projectiles. como los es el registro de las vibraciones cuando cae, o la forma en que se mide la distancia con el papel carbón. Pero me parece que los materiales son muy buenos y tienen un gran valor en el desarrollo de estas prácticas de laboratorio.	Me parece que sí, las fórmulas que utiliza esta práctica de laboratorio son las mismas que se contemplan en los programas del Ministerio de Educación Pública.	Las temáticas lo permiten, puesto que son parte de los programas MEP, pero me parece que el contexto de muchas instituciones no lo permitirían así tal cual se plantea esta práctica. Hay instituciones educativas que no cuentan con los recursos necesarios para realizar la práctica, y no todos los docentes podrían cubrir los gastos que conlleva todo el montaje y desarrollo de la práctica con los materiales que se mencionan. Se tendrían que hacer bastantes ajustes para llevar a cabo la práctica, que en realidad si se puede, pero con materiales que se ajusten a la realidad del centro educativo.	Si tiene organización lógica. Me parece un documento muy completo que explica el procedimiento a seguir para realizar la práctica de laboratorio de manera efectiva.
3	Sí, creo que son fáciles de conseguir y fabricar.	Al contrario, facilita el entendimiento	Si porque es algo en tiempo real y ejemplificando lo que sucede en el entorno	Si, pero podrían detallar en el uso de los instrumentos



4	<p>Si, las rampas son muy sencillas incluso de replicar con otros materiales, que puedan emplearse para reparar, reponer, sustituir el que aparece en el video. Lo más complicadillo será el Arduino, pero me parece muy innovador e interesante.</p>	<p>Si. La toma de datos se realiza mediante el dispositivo de estudiantes les aburren las clases teóricas, magistrales. Los cálculos posteriores que involucran estas técnicas activas, de conversiones de unidades pueden ser apoyados por el docente, pero muchos recursos económicos del docente, ya que las instituciones no lo poseen y para que continúen con la práctica no hay inversión en de estos elementos que en ocasiones les suele generar dificultades.</p>	<p>Claro. muchas veces a los si. me parece adecuado.</p>
5	<p>En efecto, ya que con la combinación del manual y de los vídeos se puede realizar el montaje del sistema sin mayor problema, además no se ve que sean necesarios conocimientos profundos de MRUA y Movimiento en circuitos o parabólico, una vez que estén programación para hacer uso del laboratorio. No obstante, considero que debería probar con otros tipos de móviles y ampliar las distancias para diversificar la práctica.</p>	<p>Se encuentran bastante adecuados, Si ya que son excelentes para conectar la teoría con la experimentación de manera sencilla, y además permiten aprovecharía el laboratorio portátil fomentar habilidades más allá de la asignatura de física actividad de exploración en el tema al implementar el uso de tecnologías.</p>	<p>Siento que le falta más detalle, en la explicación del montaje, en especial las de los sensores y cableado es mejor realizarlo por video.</p>
6	<p>Si, son pocos, parecen resistentes al paso del tercer ciclo tiempo, no generan residuos o basura, integran material introductorio de robótica, lo que permite ampliar el conocimiento al ámbito tecnológico.</p>	<p>Normalmente sí, dado que desde se trabajan estos conceptos, sin embargo, dependerá del contexto del grupo donde se vaya a aplicar, en algunos casos, como instituciones privadas, se puede usar desde sétimo, pero esto es muy variado, y más aún en instituciones públicas, sobre todo por "el apagón" actual.</p>	<p>Si, por las mismas razones Si, presenta varios de los elementos dados en las preguntas 4 y 10 del formato estándar de una práctica de laboratorio de física,</p>
7	<p>Sí, sin embargo, no en todos los contextos educativos existe disponibilidad de los materiales propuestos para cada tema.</p>	<p>Sí, efectivamente son las mismas fórmulas dispuestas para el desarrollo de cada tema, más bien, ofrece una perspectiva más amplia al momento de utilizarlas en laboratorio y no solo en la teoría.</p>	<p>Si se logran adaptar a la población y al contexto de la institución ofrecen una propuesta novedosa e instructiva de abordar los temas del currículo.</p>
8	<p>Sí son de fácil acceso y construcción sencilla.</p>	<p>Sí. Corresponden a su nivel de conocimiento matemático.</p>	<p>Por supuesto que sí, al permitir más contacto con los contenidos teóricos de los aprendizajes propuestos para la Física en secundaria.</p>

9	<p>Si. Ya que permiten el desarrollo de lo que se busca realizar.</p>	<p>Si, sin embargo, a algunos les va a costar la relación de datos porque siempre existirán estudiantes que pueden ser adaptados según les cueste extraer datos y realizar cálculos matemáticos</p>	<p>Si, porque atiende ejes de trabajo que clase, el desarrollo y conclusión</p>
10	<p>En cuanto a los materiales considero que sí son adecuados, pero a nivel de utilización en centros educativos hay que valorar la opción de costos, ya que esto saldrá del bolsillo de los docentes También, valorar lo eficaz que sea la utilización de estos insumos y lo eficiente que resulte.</p>	<p>Si, Sería bueno incluir una guía al estudiante con información detallada y de fácil comprensión.</p>	<p>Sí son útiles, ya que promueven el desarrollo de habilidades, que es la finalidad de los programas de estudios en la transformación curricular propuesta por el MEP y en la cual se sigue una ruta de indagación.</p>

**Fuente:** Elaboración propia según opinión de los docentes entrevistados, 2022.

En relación con el primer punto a considerar correspondiente a los materiales empleados en las prácticas de laboratorio portátil, se evidencia que la totalidad de docentes entrevistados están de acuerdo en la escogencia de estos (tabla 17), así mismo, se pueden rescatar algunos de los comentarios brindados como: “parecen muy versátiles y económicamente accesibles”, “las rampas son muy sencillas incluso de replicar con otros materiales”, “no se ve que sean necesarios conocimientos profundos en circuitos o programación para hacer uso del laboratorio”, “son de fácil acceso y construcción sencilla”. No obstante, también se mencionó algunos puntos de vista opuesto como: “no todas las entidades cuentan con esos recursos” y “que se debería diversificar los parámetros de los experimentos”.

Cabe destacar nuevamente, que para un adecuado proceso de enseñanza y aprendizaje se necesita de los materiales de apoyo educativo, sin embargo, Peñas (2016), afirma que hay una escasez de ellos para la planificación y ejecución de actividades prácticas en el contexto de clase, que responde a una de las principales dificultades de los docentes para realizar prácticas experimentales según la investigación previa (ver figura 9). Mediante esta serie de prácticas de laboratorio acompañadas de equipos móviles, se mitigó dicha dificultad específicamente en la enseñanza de la cinemática para el grado de secundaria mediante una selección de materiales a bajo costo, accesibles, asequibles, reutilizables y al mismo tiempo, con la posibilidad de ser extrapolado a los divergentes contextos educativos debido a la versatilidad de materiales que se pueden usar según los recursos de cada institución.

En relación con el punto 2 de interés, los entrevistados afirman en su totalidad que los cálculos matemáticos requeridos en las actividades de las prácticas poseen un nivel de dificultad adecuado para estudiantes de décimo año, ya que son parte de los aprendizajes esperados por los educandos según los planeamientos del MEP; además, para su solución solo se requieren fórmulas simples de física que emplean los principios básicos del álgebra que se enseñan en los primeros años de secundaria. Lo anterior, se respalda debido a lo presentado en el plan de educación diversificada del MEP (2018), donde se establece las habilidades y capacidades que deben presentar los estudiantes en estos niveles, por ende, esta propuesta se enfocó en potenciar diferentes habilidades, destacando en este caso la de resolución de problemas en donde se enfrenta al estudiante a una serie de situaciones vivenciales, generando en ellos estrategias para solucionarlas.

En los datos obtenidos para el punto 3 de interés, se concuerda que esta propuesta sí es útil para que se desempeñe en el contexto educativo costarricense. Entre las respuestas obtenidas se destacan: la promoción de habilidades propuestas por el MEP, adaptabilidad del recurso a la realidad institucional, contextualización de los conceptos teóricos de secundaria, uso de recursos tecnológicos y, además, que es una propuesta novedosa; sin embargo, algunas expresan limitaciones como la falta de financiamiento para los materiales y el tiempo empleado en la lección. En concordancia con los autores Gómez (2015) y Giménez *et al* (2016), los docentes deben asumir el reto de implementar estrategias pedagógicas, aprovechando el auge de los avances tecnológicos, no obstante, la realidad del aula en que están inmersas dichas prácticas limita el llevarlas a cabo.

En esta misma línea, Pedrajas y López (2016) y García *et al* (2017), expresan que las dificultades que presentan los docentes en el contexto educativo están asociadas principalmente a la falta de financiamiento, recursos institucionales como infraestructura, presupuesto y de materiales didácticos; además de tecnología educativa. Por ende, esta propuesta didáctica incorpora características como bajo costo, materiales de fácil acceso, ser portátil, fácil de utilizar y, no requiere conocimientos avanzados de programación para su implementación, adaptándose así a diferentes realidades de aula y a las necesidades de estudiantes y docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Finalmente, en cuanto a la organización de la estructura del manual para facilitar su uso (punto de interés 4) se presenta una respuesta afirmativa por la mayoría de la muestra, indicando que se presenta un hilo conductor que permite el desarrollo de inicio a fin de la clase, además de ser conciso y claro, no obstante, se menciona que se debería detallar más los procedimientos de montaje para el manual del estudiante. La estructura de dicho documento se acopla a lo planteado en el programa de Física del MEP (2018), el cual, como se ha mencionado en el apartado 5.3.1., se rige por un ciclo de mediación basado en la indagación, al implementar un proceso de evaluación de los aprendizajes organizado en cuatro momentos: focalización, exploración, reflexión o contrastación y aplicación.

Lo anterior se reflejó en la elaboración del manual, al presentar dichos cuatro momentos en cada práctica. Las preguntas preliminares corresponden con la actividad de focalización, la exploración se daría mediante la introducción teórica de cada práctica, mientras que la contrastación estaría regida por la ejecución del experimento y el análisis de resultados, para finalizar con la aplicación se agregó una actividad cierre que consiste en la resolución de un problema final que establece una relación con su contexto.

### **5.3.3. Pertinencia con una metodología basada en aprendizaje activo.**

Durante el grupo focal se recolectó información sobre la pertinencia presentada en el manual de prácticas experimentales con la metodología basada en aprendizaje activo, estos resultados se recopilaron en la tabla 18. Se puede observar que la totalidad de la muestra percibió de forma afirmativa dicha metodología.

**Tabla 18.** Datos de los docentes sobre la pertinencia con una metodología basada en aprendizaje activo.

<b>Preguntas y Respuestas</b>	
<b>Docente</b>	<p><b>¿El tipo de actividades propuestas en el manual y aplicadas en este laboratorio, promueven escenarios donde se fomente el aprendizaje activo? Mencione ¿por qué?</b></p> <p><b>¿Cree que el equipo o software requerido (laboratorio portátil integral) para la realización de las prácticas de física incluidas en el manual, facilita y mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje? Explique.</b></p>
<b>1</b>	<p>Sí claro, considero que en todos los casos el estudiantado necesita involucrarse y lo hace también colectivamente. Pienso que con cada actividad se van construyendo conocimientos necesarios para lograr lo propuesto. Incluso armar el dispositivo invita a comprender cuál es la función de cada parte.</p> <p>Sí, brinda resultados más precisos y fáciles de tabular y analizar.</p>
<b>2</b>	<p>Totalmente, siempre y cuando sea el estudiante en centro del proceso y se le dé la libertad de experimentar e indagar los procesos. Es una práctica de laboratorio que conlleva que los estudiantes tengan que hacer pruebas, cálculos, detectar posibles errores y corregirlos, y solucionar problemas, por lo tanto, es aprendizaje activo.</p> <p>En cuanto al Software requerido, es un instrumento muy bueno para desarrollar la práctica. Sería ideal que las instituciones educativas contarán con ese tipo de instrumentos y que con esto se pueda potenciar el aprendizaje de la física.</p>
<b>3</b>	<p>Claro porque ayuda a que los estudiantes a investigar</p> <p>Un poco, sin embargo, es bueno considerar que no todos saben utilizarlo, o bien tendrán suficiente tecnología para implementarlo</p>
<b>4</b>	<p>Si claro, ya que es vivencial. No es solamente de resolver y hacer problemas teóricos, sino que, desde el manejo de equipo, que por defecto a muchos estudiantes les llama bastante la atención, la toma de datos, lanzar el carrito, incluso se les puede solicitar hacer las rampas con cartón y/u otros materiales, y posteriormente la graficación y análisis de todo lo recopilado, el estudiante participa de todo el proceso, lo ve, lo va asimilando mientras desarrolla todo lo que se lleva a cabo.</p> <p>Si, va de la mano con lo postulado en la metodología activa en los procesos educativos, ya que este equipo es un apoyo en la toma de datos, aparte que la implementación de estos materiales llama la atención de los estudiantes y les facilita la comprensión</p>
<b>5</b>	<p>En efecto, si solo si es el estudiante quien realiza el montaje del laboratorio, ya que no es lo mismo usar un sistema ya montado, a ellos mismo tener que lidiar con todo el proceso. Además, el utilizar materiales sencillos como carritos y bolas como móviles les permite conectar de mejor manera las experiencias a su vida cotidiana, impulsando la motivación y participación a lo largo del laboratorio</p> <p>En efecto, ya que la implementación de sensores da una amplia gama al docente para realizar prácticas experimentales cercanas a la realidad, y esto suele ser un factor que motiva a los estudiantes en las clases, al sentir que aprenden algo que se ve en su vida diaria y realidad</p>
<b>6</b>	<p>En caso de trabajarse en subgrupos sí, siempre que se haya motivado y/o guiado o enseñado a los estudiantes lo que el trabajo activo o colaborativo significa si, de lo contrario se recargará en los más interesados o avanzados.</p> <p>Si, se ve fácil de transportar, genera curiosidad, y el énfasis sigue siendo el área científica, es de rápido ensamblaje, y es hasta independiente de los cortes de luz que podrían ocurrir, ya que solo la computadora es lo que requiere energía y la obtiene de la batería, considerando que el consumo del Arduino es mínimo.</p>

7	Sí, porque capta la atención del estudiante en forma novedosa y diferente a la teoría.	Sí, mejora el proceso de enseñanza aprendizaje porque recolecta los datos y posibilita interpretar los resultados y el entendimiento de las fórmulas.
8	Sí permiten el aprendizaje significativo, en dónde se puede lograr una interacción directa con los estudiantes.	Sí lo permite, y sería interesante poderlo aplicar en mis clases.
9	Si, porque normalmente en física por más que se busque siempre se recae en las actividades centradas en explicación del docente	Si, y además les permite a los estudiantes desarrollar habilidades científicas
10	Sí hay un aprendizaje activo, primeramente, porque el estudiante debe de familiarizarse con el sistema por eso es importante una guía al estudiante, comprender la funcionalidad y los datos que va a obtener y relacionarlos con la teoría	Sí facilita la mejora del proceso enseñanza-aprendizaje, pero se deben valorar los costos del equipo. Se podrían dar otras recomendaciones, por ejemplo, tracker la cuál es un equipo que también puede ser útil en la comprensión del tema y quizás un poco más económico.

**Fuente:** Elaboración propia según opinión de los docentes entrevistados, 2023.

Esta subcategoría se presenta para evidenciar la promoción de escenarios para el desarrollo del aprendizaje activo mediante la implementación de un equipo y software que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje. Lo cual se comprobó con las afirmaciones presentes en la tabla 18, a continuación se destacan las principales ideas aportadas: entre ellas, que la propuesta presentada es una forma novedosa e interesante para los estudiantes debido a la libertad de experimentar con materiales sencillos que les permiten vivenciar y contextualizar los conocimientos de física abstractos, fomentando el aprendizaje significativo y la participación de los estudiantes a lo largo del laboratorio; además, su manejo y transporte es sencillo y de rápido ensamblaje, facilitando el desarrollo de habilidades científicas en diferentes ambientes.

En relación a lo anterior, Rodríguez (2018), establece que el aprendizaje debe ser un proceso basado en experiencias vividas, así mismo, Revuelta (2016), plantea que las experiencias de laboratorio son un proceso que permiten al estudiantado construir su propio conocimiento; lo cual respalda que este manual de prácticas experimentales esté basado en aprendizaje activo poniendo al estudiante como centro de su propio proceso y promoviendo el desarrollo de habilidades para enfrentarse a la vida cotidiana.

### 5.3.4. Presencia del formato establecido para el manual de prácticas experimentales

En referencia con la presencia del formato establecido para el manual de prácticas experimentales se obtuvieron resultados del grupo focal, los cuales se pueden observar en la tabla 19. En la mayoría de la muestra se vio una posición afirmativa de la presencia del formato establecido en el manual, el cual colabora a realizar un mejor proceso de aprendizaje en los estudiantes.

**Tabla 19.** Presencia del formato establecido para el manual de prácticas experimentales.

Docente entrevistado	Preguntas y Respuestas			
	¿Los objetivos de la práctica son claros y comprensibles? Comente ¿por qué?	¿Son claras y comprensibles las indicaciones y procedimientos para la correcta manipulación de los instrumentos de mediación? Comente su respuesta.	¿Desde su perspectiva, cree que el tiempo destinado para la realización de la práctica en clase, se distribuye adecuadamente para completar y concretar cada aspecto de esta? ¿Por qué?	¿Cree usted que con este tipo de prácticas en específico los estudiantes pueden retroalimentar su desempeño para mejorar sus conocimientos teóricos en el área de física? ¿Por qué?
1	Sí, al leerlos en el manual, son claros y concretos.	Son claros y comprensibles.	y No, me parece que requieren una cantidad significativa de tiempo. Usualmente no se cuenta con el tiempo necesario para desarrollar lo más efectivo, se vuelve real, propuesto en los programas mediante lo que estrategias por obtener lo establecido es más indagación proponen y el tiempo probable que cuestionen. efectivo de clase se reduce.	Sí porque son experiencias palpables e interactivas que permiten apropiarse de manera más efectiva, se vuelve real, comprobable y en caso de no haberse logrado lo establecido es más probable que cuestionen.
2	Son atinentes a lo que se realizó, y cumplen con la intención que tiene la práctica, puesto que el producto final responde a lo planteado inicialmente.	A nivel general si, se cumple con la intención que está realizando.	Regularmente, se dan 3 lecciones de la física por semana en los colegios académicos. Pero no siempre se dan seguidas, lo que ocasiona que se necesarios corregir y para ellos tengan que fragmentar el tiempo. Me parece que, si consideramos el montaje de la práctica, las pruebas comparten resultados con otros iniciales, experimentación, grupos, es posible aprender tabulación, resultados, análisis y otras formas de realizar el cálculos, no da tiempo en una semana. Por lo tanto, conlleva a que se tengan que distribuir en varias clases para desarrollar todo con éxito.	Si, al ser una práctica de laboratorio se pueden cometer errores, los cuales serán necesarios corregir y para ellos es necesario pensar en qué se está haciendo mal. Igual si se comparten resultados con otros grupos, es posible aprender de ellos. Pero no da tiempo en una semana. Por lo tanto, conlleva a que se tengan que distribuir en varias clases para desarrollar todo con éxito.
3	Sí, muestra una concordancia entre lo planteado y lo desarrollado.	Completamente	Depende mucho del grupo y de sus habilidades	Si porque logran pasar de la teoría a lo práctico

4	<p>Siento que los objetivos de proyectiles son más claros y entendibles.</p>	Si son claras	<p>Si. Se mira de fácil montaje y recolección de datos de igual manera se abarca en tiempo pertinente. Se trabaja de forma grupal, los chicos aplique, no solamente teórico, toman 5 repeticiones, por lo que no se excede, y lo más importante que aprenden haciendo, es lo que me parece más importante.</p>	<p>Completamente de acuerdo. Necesitamos más procesos activos donde el estudiante construya y realice de forma que se contextualice mejor todo el contenido desarrollado. Está mostrado en múltiples artículos científicos que los estudiantes aprenden más con metodologías como estas.</p>
5	<p>Desde mi perspectiva quedan claros, ya que se logra comparar cuantitativamente las características del MRU mediante la implementación de los sensores y la construcción de gráficas. En cuanto al objetivo vinculado a las características del MRU, queda bastante claro ya que con las gráficas de distancia – tiempo y velocidad – tiempo se pueden explicar las características sin problema.</p>	<p>Queda muy claro el montaje del sistema.</p>	<p>Considero que haría falta dos lecciones completas solo para explicar y verificar uno a uno el correcto montaje del laboratorio, especial esto en caso de tener un sistema para cada estudiante.</p>	<p>Si ya que la retroalimentación la pueden obtener mediante el análisis de sus resultados, en especial al comparar realidad con teoría, y al aplicar la teoría pueden ver las ventajas y desventajas del modelo físico estudiado, siendo capaces de dejar de lado la memorización y explicar desde sus experiencias.</p>



6	<p>Si. Están bien En general redactados y son explicaciones concretos, apegados parecen a la habilidad y completas contenido que se felicito). pretende trabajar. En cada práctica agregaría un objetivo relacionado al uso del Arduino (explorar, conocer el uso, aplicar la tecnología de Arduino... o algo así)</p>	<p>las Debe tomarse en cuenta que el Si, pueden motivar y potenciar me tiempo dependerá de la dinámica de habilidades científico- muy grupo (disciplina, bases, tecnológicas (STEAM) en la (Los compromiso, etc.), la cantidad de población estudiantil estudiantes en general y/o subgrupos que estarán trabajando en simultáneo, la disponibilidad de quienes atenderán dudas (no es lo mismo solo el docente, que tener más personas de apoyo). En mi experiencia actividades de este tipo requieren un aproximado de 4 a 5 lecciones: 1 de preparación e instrucciones, dos de manipulación inicial del equipo por parte del estudiantado junto con el desarrollo de la práctica como tal, una para los cálculos y elaboración de conclusiones, y una última para exposición, discusión, retroalimentación y cierre o evaluación</p>
7	<p>Sí, cada práctica experimental contiene los objetivos propios del tema a evaluar. Son claras las indicaciones sobre cómo implementar el prototipo en cada tema una vez que está armado, la dificultad radica en armar el prototipo y el tiempo que implica.</p>	<p>Sí, porque se capta la atención del estudiante en forma novedosa y diferente a la teoría. Sí, porque los estudiantes aprenden a colaborar entre sí para la obtención de datos, mantener el orden y seguir indicaciones.</p>
8	<p>Sí representan un formato correcto...aunque ahora se piden indicadores.</p>	<p>Para que se lleve a cabo deben tener los materiales listos para cada interacción e actividad. De lo contrario tardaría más la realización de los mismos. Sí. Pueden permitir mayor interés de los estudiantes.</p>
9	<p>Si. Y tienen relación con los contenidos que se buscan según el programa de estudio Si. Ya que muestra los pequeños detalles, y ya es de ayuda para aquellos docentes que quieren implementarlo y no tengan mucho dominio con la tecnología</p>	<p>Si. Porque si se ha trabajado con anterioridad el tema. Los estudiantes pueden tener más dominio y por lo tanto un mejor desarrollo de la actividad. Sí, ya que normalmente los estudiantes en física dependen de la guía del docente de inicio a fin, con este tipo de actividades los estudiantes se ven en la necesidad de saber qué es lo que está sucediendo y se da un mejor aprendizaje de lo que se busca</p>

---

10	<p>Sí se comprende Los tres experimentos Hay que valorar tiempo de Bastante, no es lo mismo cuál es la finalidad aportan un tema muy comprensión de equipo, instalación aprender con solo teoría que de cada uno de los importante a trabajar (tomar en cuenta que hay profesores poniendo en práctica los vídeos y lo que se en secundaria y que a que llevan más años en el sistema y conocimientos e ir quiere lograr para los estudiantes se les en ocasiones se dificulta el uso de estableciendo conclusiones en contribuir al hace muy difícil la ciertos materiales de innovación, cada proceso y que se logren aprendizaje de las comprensión y al principalmente), valorar el tiempo correlacionar con lo aprendido personas utilizar un laboratorio de la lección y que haya un espacio en clase. estudiantes en pone en práctica sus para generar una plenaria. Si hay cuanto al tema de habilidades y facilita fallos en la conexión o la institución cinemática. la comprensión. cuenta con los insumos.</p>
----	--

---

**Fuente:** Elaboración propia según opinión de los docentes entrevistados, 2023.

En relación con la correcta comprensión de los objetivos y las indicaciones procedimentales, se puede observar que la mayoría de los docentes mencionan que el manual de prácticas experimentales desarrollado es comprensible y adecuado para el nivel en el que se quiere trabajar. Según Cardona (2013), los objetivos, el desarrollo del experimento o metodología son algunas de las partes que conforman la estructura de las prácticas de laboratorio tanto tradicionales como alternativas, cada una de estas partes cumple una función importante en el desarrollo de la experimentación; en el caso de los objetivos, orientan al educando sobre las metas y habilidades a las que se desea llegar evitando que pierda la meta establecida; el procedimiento constituye las acciones y manipulaciones a realizar así como las mediciones para comprobar una teoría o concepto.

No obstante, este manual a diferencia de las guías de laboratorio tradicionales, donde se enmarcan una linealidad que no contempla los conocimientos previos o adquiridos de los estudiantes, incorpora las siguientes secciones: objetivos, preguntas preliminares, introducción teórica, ejecución del experimento, análisis de resultados y actividad cierre, cada una de las cuales también se contemplan en las prácticas de laboratorio desde un enfoque alternativo (Cardona,2013). Además, el manual cuenta con una actividad introductoria general para las prácticas experimentales en la cual se relaciona los conocimientos de la asignación de estudios sociales y cívica con los contenidos de cinemática.

Por otra parte, los entrevistados opinan que para el tiempo estimado de las prácticas se debe tomar en cuenta variables como: montaje y prueba del equipo, dinámica de grupo, cantidad de estudiantes y realización del experimento; otros mencionan que el tiempo que requiere la práctica se distribuye adecuadamente para su implementación. Con relación a estos aspectos Alemán y Mata (2006), recomiendan considerar el número de lecciones asignados

para cada práctica de laboratorio, el cual se definirá según las horas destinadas en el programa de estudio de la asignatura, contemplar un espacio para discutir los resultados; y examinar la relación entre objetivos y tiempo para lograr el aprendizaje. Es importante mencionar que en la ejecución de cada práctica se estimó un lapso prudente para su efectivo desarrollo, no obstante, es necesario considerar las posibles variables del contexto educativo.

Entorno a la retroalimentación del desempeño y la mejora de los conocimientos teóricos en el área de la física, se observó que los docentes participantes del grupo focal se muestran a favor del formato establecido para esta propuesta, esto porque permite una mejor comprensión de los contenidos debido a que se logra contextualizar y vivenciar la teoría vista con antelación. Los resultados concuerdan con los discutidos en la figura 6, donde se menciona que este tipo de propuestas permiten ambientes de aprendizajes flexibles, poniendo al dominio del estudiante su propio proceso, estimulando su curiosidad para profundizar en los conceptos y ampliando así su comprensión para una futura aplicación en la vida cotidiana (Gómez, 2015; Romero y Aguilar, 2016). Esta propuesta incorpora una sección de interrogantes donde se busca que el estudiantado se enfrente con situaciones problema y mediante la solución aplique los aprendizajes adquiridos durante la sección de laboratorio.

Teniendo en perspectiva los datos recopilados con el grupo focal y este análisis, se puede apreciar que existe concordancia con los resultados preliminares en las entrevistas realizadas a los docentes y directores del Capítulo IV, de esta forma se valida la aplicación del manual de laboratorio, y el funcionamiento del prototipo portátil simultáneamente, evidenciando que poseen pertinencia con las temáticas de cinemática en secundaria, un formato o estructura del manual de laboratorio con cada una de las secciones de la metodología por indagación propuesta por el MEP y propicia medios de aprendizajes activo para una mayor profundidad y comprensión de los contenidos.

## **6. CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este apartado se presentan las conclusiones generales de esta investigación en orden de categorías de análisis y, por último, las recomendaciones correspondientes a los profesores, directores, futuros investigadores o instancias correspondientes.

#### **6.1. Conclusiones**

Respecto a la formación de los docentes de ciencias con experiencia impartiendo lecciones de física se concluye que las principales dificultades del docente desde el ámbito de su formación en el área educativa se basa en la falta de capacitaciones que les permita mantenerse informados y actualizados sobre el uso de diversas estrategias de mediación pedagógica, especialmente en el área experimental de las ciencias naturales y a su vez, que estas capacitaciones sean constantes y ofrecidas por diversas instancias para que a través de los años de experiencia docente no caigan en las clases magistrales, caso contrario tengan las habilidades y destrezas de utilizar nuevas tecnologías para el desarrollo de las clases como por ejemplo un laboratorio portátil.

En relación con los recursos del profesor para el desarrollo de la clase, se logra concluir que existen dificultades para realizar prácticas experimentales durante el desarrollo de las clases ordinarias, debido a que los docentes no aprovechan en su totalidad los recursos mínimos necesarios que poseen y que es poca la cantidad de lecciones invertidas para el desarrollo de habilidades experimentales. Sin embargo, los docentes están dispuestos a conocer e implementar un LP que les ayude a los discentes en la comprensión y contraste de los conocimientos teóricos con los experimentales.

También se pudo identificar que una de las principales dificultades que poseen los docentes entrevistados, para la realización de prácticas experimentales en el área de física, es la relacionada con los recursos que la institución secundaria pone a su disposición, debido a esto, el desarrollo de una buena práctica por parte de los educadores se ve en gran medida influenciada por factores externos meramente ligados con la administración o gestión curricular y los recursos propios del colegio, tales como la faltante de infraestructura adecuada o en

buenas condiciones para la ejecución de actividades de índole experimental, la ausencia o escasez de material didáctico proporcionado, la falta de presupuesto o manejo de fondos, y el exceso de funciones administrativas o burocráticas que se asignan al docente.

Mediante este trabajo de investigación se pudo apreciar que los profesionales en enseñanza de las ciencias conocen los beneficios que genera la aplicación de prácticas experimentales y poseen el dominio del contenido académico; sin embargo, por factores de cumplimiento de contenido teórico se limitan a realizar clases en forma tradicional donde el estudiante es un observador y no un personaje activo, es aquí donde el difícil reto del docente es asumir un compromiso firme que ayude a equilibrar la balanza en la búsqueda de opciones y soluciones que favorezcan a los estudiantes en su proceso de aprendizaje independientemente de las particularidades, debilidades y fortalezas del contexto en el que estén inmersos.

Se puede concluir que efectivamente existen dificultades para la aplicación de prácticas experimentales, entre estas se pueden mencionar: la falta de conocimiento en el uso de estrategias innovadoras como por ejemplo, la experimentación; el escaso material y equipo que se tiene a disposición, la falta de una infraestructura adecuada para realizar trabajo de laboratorio y el poco tiempo disponible para desarrollar las temáticas dadas por el MEP, dificultades que según lo obtenido en el grupo focal se podrían mitigar con el uso de un LP.

Finalmente, mediante el desarrollo de este trabajo se pudo comprobar desde el criterio de los educadores participantes, que el laboratorio portátil integral trae múltiples beneficios tanto para el estudiantado como para el cuerpo docente, entre estos la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje, debido al diseño del manual de prácticas que es una guía a los estudiantes en el proceso de uso de los equipos, favoreciendo en ellos un aprendizaje activo e integral, al tener pertinencia con las temáticas de cinemática en secundaria y además por poseer un formato que sigue cada una de las fases de metodología indagatoria propuesta por el MEP, e involucrar a la innovación y el uso de herramientas tecnológicas actuales que se pueden adquirir a un costo asequible.

## **6.2. Recomendaciones:**

En el marco de este proyecto de investigación y los resultados obtenidos en la indagación sobre las dificultades que tienen los docentes de ciencias para realizar prácticas experimentales en los centros educativos de secundaria se hacen las siguientes recomendaciones a las entidades correspondientes.

**A los profesores de ciencias:**

- Tomar la iniciativa de capacitarse constantemente sobre el uso de estrategias de mediación pedagógica según las necesidades del estudiantado para enfrentarse a la sociedad actual.
- Promover el uso de herramientas tecnológicas como un laboratorio portátil en el quehacer docente, que favorezcan el desarrollo de competencias científico-tecnológicas en los educandos durante las lecciones de física.
- Innovar en la mediación pedagógica, creando espacios de construcción colaborativa del conocimiento docente y su experiencia en el uso de recursos tecnológicos alternativos para actualización de las prácticas educativas.

**A los directores de centros educativos de secundaria:**

- Gestionar un presupuesto para el departamento de ciencias con el cual se pueda invertir en materiales didácticos o herramientas de índole experimental.
- Brindar a la comunidad educativa las condiciones ideales o proporcionar los insumos que permitan el correcto funcionamiento de la gestión curricular institucional, respondiendo a las necesidades de estudiantes y docentes, para evitar que el proceso de enseñanza-aprendizaje se vea entorpecido.
- Incentivar actividades interdisciplinarias que favorezcan la comunicación y participación de diferentes asignaturas en la promoción de iniciativas que permitan diseñar recursos didácticos institucionales para la experimentación.

**A las instancias de educación superior:**

- € Brindar proyectos de capacitación en metodologías experimentales dirigidas a docentes de ciencias tanto en formación como en el ejercicio, que favorezcan el desarrollo de habilidades y destrezas para innovar en el desarrollo áulico de los centros educativos de secundaria.
  
- € Desarrollar un plan de convenios que permitan la compra, préstamo o donación de equipos básicos de laboratorios a centros educativos de secundaria, que incentive a los docentes, a realizar prácticas experimentales en la enseñanza de las ciencias naturales.
  
- € Se recomienda impulsar líneas de investigación enfocadas al mejoramiento del desarrollo de materiales didácticos para la experimentación en el área de la enseñanza de la física, que incorporen prácticas experimentales en otras temáticas de física mediante la implementación de laboratorios portátiles.
  
- € Generar proyectos de extensión de fondos concursables del sistema, que involucren a las universidades y otras instituciones en la posibilidad de mejoramiento, desarrollo, promoción o replicación de este tipo de proyectos producidos por los estudiantes de la carrera, para su difusión, divulgación y posible comercialización.

## REFERENCIAS

- Acevedo, A. (2017). Sobre leyes y teorías científicas. OEI, Divulgación y Cultura Científica Iberoamericana. Recuperado de: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica>.
- Acosta, C. (2014). El uso de una estrategia híbrida entre aprendizaje basado en problemas y clases magistrales para mejorar aprendizajes. *Revista electrónica educare*, 18(3).
- Aguilar, S., y Barroso, J. P. (2015). La Triangulación de Datos como Estrategia en Investigación Educativa. *Pixel-Bit*, (47), 73-88. Doi: <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit>
- Albalat, A. Ruzzante, J. Carballal, C. A., Cavalchini, J., Elorriaga, M., y Antunez, M. E. (2020). Resultados preliminares de una construcción de sensores ultrasónicos de Trabajos Completos.
- Alemán, J y Mata, M. (2006). *Guía de elaboración de un manual de prácticas de laboratorio, taller o campo: asignaturas teóricas prácticas*. México, Universidad Autónoma de Chapingo.
- Alfaro, A. (2013). Estudio del uso de las tecnologías de la información y la comunicación en la formación permanente del profesorado para la mejora de la práctica docente. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Alliaud, A., y Antelo, E. (2011). Iniciarse a la docencia. Los gajes del oficio de enseñar. *Profesorado Revista de currículum y formación del profesorado*. (13), 90-100.
- Altamirano-Santillán, E. V., Vallejo-Vallejo, G. E., & Cruz-Hurtado, J. C. (2017). Manipulación de un servomotor con un módulo acelerómetro de 3 ejes MMA 7361 empleando “Arduino” y “Simulink”. *Dominio de las Ciencias*, 3(2), 1006-1030.
- Álvarez, R. (2004). Formación superior basada en competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo del estudiante. *Revista iberoamericana de educación*, 35(1), 1-33.
- Álvarez, S. (2011). Los laboratorios químicos, estancias sagradas. In *Anales de Química* (Vol. 107, No. 2).
- Arbués, E. (2015). Aprender a enseñar ciencias en la universidad. Algunas propuestas metodológicas. *Biblioteca digital, repositorio académico, No. Especial 6* (55), 1012-1587.
- Arguedas, C. (2017). *Diseño y desarrollo de un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física en la UNED de Costa Rica (tesis doctoral)*. Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, Argentina.
- Arguedas, C., y Concari, S. (2018). Características deseables en un Laboratorio Remoto para la enseñanza de la física: indagando a los especialistas. *Caderno Brasileiro de Ensino de*



- Armas, N., Martínez, M., y Fernández, L. (2010). Dos formas de orientar la investigación en la educación de postgrado: lo cuantitativo y lo cualitativo. *Pedagogía Universitaria*, 15(5), 13-29.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Editorial Shalom, ISBN 978-959-212-783-7.
- Blanco, M. (2012). *Recursos didácticos para fortalecer la enseñanza-aprendizaje de la economía. Aplicaciones a la Unidad de trabajo "Participación del trabajador en la empresa" (Tesis de maestría)*. Universidad de Valladolid, España.
- Bohórquez, L., Martínez, S., y Gallego, H. A. (2012). Diseño y construcción de un prototipo autónomo para la práctica experimental de laboratorios de física. *Scientia et Technica*, 17(52), 155-164.
- Bonilla, F y Escobar, J. (2017). Grupos focales: una guía conceptual y metodológica. *Cuadernos hispanoamericanos de psicología*, 9(1). Pp. 51-67
- Calderón, E., Núñez, P., Di Laccio, J., y Iannelli, L. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka 12*, no. 1 (2015): 212-26
- Camacho, H., Casilla, D., y Finol, M. (2008). La indagación: una estrategia innovadora para el aprendizaje de procesos de investigación. *Laurus*, 14 (26), 284-306.
- Camazón, J. (2011). *Sistemas operativos monopuestos*. España: Editex.
- Cardona, F. E. (2013). Las prácticas de laboratorio como estrategia didáctica (Doctoral dissertation).
- Carpio Chavarría, C. (2012). Caracterización De La Problemática En Los Procesos De Enseñanza Y Aprendizaje De La Física En Secundaria. *Revista Ensayos Pedagógicos*, no. 2 (2012): 101-121.
- Chavarría, C. (2012). Caracterización de la Problemática en los Procesos de Enseñanza y Aprendizaje de la Física en Secundaria. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 7(2), 101-121.
- Coronado, E, y Vargas, J. (2015). Competencias científicas que propician docentes de Ciencias naturales. *Zona próxima*, (23), 131-144.
- Cruz, C., y Espinosa, V. (2012). Reflexiones sobre la didáctica en física desde los laboratorios y el uso de las TIC. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 1(35), 105-127.
- Dell'Oro, G., Segura, M., Rubau, C., Lores, N., y Pegoraro, C. (2009). El laboratorio en el aula: una modalidad de la ciencia en acción.

- Domínguez, J. (2016). Paradigmas de investigación educativa en educación física. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 413(2387–161X. Número 413, año LXVIII), 33–54.
- Dormido, S. (2004). Control Learning: Present and Future. *Annual Reviews in Control*, 28 (1). Recuperado de <http://www.nt.ntnu.no/users/skoge/prost/proceedings/ifac2002/data/content/05007/5007>
- Elektriska Svetsnings-Aktiebolaget. (s. f.). *What is cutting kerf?* EBSA. Recuperado 20 de noviembre de 2021, de <https://www.esabna.com/us/en/education/blog/what-is-cutting-kerf.cfm>
- Erol, M., Buyuk, U., Onal, N. T. (2016). Rural Turkish Students' Reactionsto Learning Science in a Mobile Laboratory. *EducationalSciences: Theory and Practice*, 16(1), 261–277. Recuperado de <https://doi.org/10.12738/estp.2016.1.0171>
- Espinosa, E., González, K y Hernández, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Entramado*, 12(1), 266-281.
- Fernández, M., Guerra, S y Vivar, M. (2016). Formación y actualización de la función docente. *Diálogos pedagógicos*, 12(24), 11-28.
- Gałaszka, A., Migaszewski, Z., y Namieśnik, J. (2015). Movingyourlaboratoriestothe field– Advantages and limitationsofthe use offield portable instruments in environmentalsampleanalysis. *Environmentalresearch*, 140, 593-603.
- Gámez, M., Ruz, P.,y López, A. (2015). Tendencias del profesorado de ciencias en formación inicial sobre las estrategias metodológicas en la enseñanza de las ciencias. Estudio de un caso en Málaga. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(1), 167-184.
- García, A. (2016). Compromiso y esperanza en educación: Los ejes transversales para la práctica docente según Paulo Freire. *Revista Educación*, 40(1), 113–132. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/revedu.v40i1.14649>
- García, F., Narváez, C., Calle, J., Montagut, L., Leyton, H., y Muñiz, J. (2016). Una experiencia didáctica en el diseño e implementación de objetos de aprendizaje para la enseñanza de la física. *Revista Educación en Ingeniería*, 11(22), 13-20.
- García, G. R. (2008). Glosario de educación a distancia, 1–154
- García, J., Cerdas, V., y Torres, N. (2017). Gestión curricular en centros educativos costarricenses: Un análisis desde la percepción docente y la dirección. *Revista Electrónica Educare*, 22(1), 1-28.
- García, V. (2 de marzo de 2018) Configurar el MPU6050. *Electrónica Práctica Aplicada (EPA)*. <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/configurar-el-mpu6050>

- Georgiou, H., y Sharma, D. (2014). Does using active learning in thermodynamics lectures improve students' conceptual understanding and learning experiences?. *European Journal of Physics*, 36(1), 015020.
- Giménez, J., López, J., Amador, R., y Meinardi, E. (2016). Representaciones de las prácticas de laboratorio en profesores en ejercicio. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(2), 259-267.
- Goilav, N., y Geoffrey, L. (2016). *Arduino: Aprender a desarrollar para crear objetos inteligentes*. Ediciones ENI.
- Gómez, M. (2015). La dicotomía cualitativo-cuantitativo: posibilidades de integración y diseños mixtos. *Campo Abierto. Revista de Educación*, 11-30.
- Gómez, W. (2015). *Uso de los dispositivos móviles para el diseño e implementación de actividades experimentales para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales: laboratorio portátil usando las NTIC*. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.
- Hernández-Silva, C., López-Fernández, L., González-Donoso, A., & Tecpan-Flores, S. (2018). Impacto de estrategias de aprendizaje activo sobre el conocimiento disciplinar de futuros profesores de física, en un curso de didáctica. *Pensamiento Educativo, Revista de Investigación Latinoamericana (PEL)*, 55(1), 1-12. <https://doi.org/10.7764/PEL.55.1.2018.6>
- Hernández, C y Tecpan, S. (2019). *Experiencia de reflexión sobre el rol del profesor de física en un contexto de aprendizaje activo*. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 31, No. Extra, Nov. 2019, 385–393 La evaluación del presente artículo estuvo a cargo de la organización de la XXI Reunión Nacional de Educación en Física. Chile
- Hernández, R. (2014). La investigación cualitativa a través de entrevistas: su análisis mediante la teoría fundamentada. *Cuestiones Pedagógicas*, 23, 187-210.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill Education
- Hurtado, M. y Martínez, J. (2017). Necesidades formativas del profesorado de Secundaria para la implementación de experiencias gamificadas en STEM. *Revista de Educación a Distancia*, (54).
- Jamrich, J., y Oja, D. (2008). *Conceptos de computación: Nuevas perspectivas*. (10a. ed.). México D.F.: Cengage Learning Editores S.A. de C.V.
- Jauregui, P. A., Goienetxe, R. M. A., y Vidales, K. B. (2018). El aprendizaje basado en la indagación en la enseñanza secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 36(1), 109-124.
- Jiménez, N y Oliva, M. (2016). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 121-136.

- Jiménez, N., y Martínez, O. (2016). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. Recuperado de: <https://rodin.uca.es/xmlui/handle/10498/18018>
- LibreCAD - Free Open Source 2D CAD*. (s. f.). LibreCAD. Recuperado 19 de noviembre de 2021, de <https://librecad.org/#about>
- Lires, M., Correa, A., Rodríguez, U., y Marzoa, F. (2013). La historia de las ciencias en el desarrollo de competencias científicas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(1).
- Llamas, C., Vega, J., González, M., y González, M. (2018). Open-source sensors system for doing simple physics experiments.
- López, A. y Tamayo, O. (2012). “Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las ciencias naturales”. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, No. 1, Vol. 8, pp. 145-166. Manizales: Universidad de Caldas*
- López, P y Fachelli, S. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Maderas Santana. (2020, 30 octubre). *Qué es y Características de los tableros o madera MDF*. Recuperado 20 de noviembre de 2021, de <https://www.maderasantana.com/caracteristicas-tableros-madera-mdf/>
- Martinic, S., y Vergara, C. (2007). Gestión del tiempo e interacción del profesor-alumno en la sala de clases de establecimientos de Jornada Escolar Completa en Chile. *REICE: Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 5(5), 3-20
- Medina, M. (2015). Influencia de la interacción alumno-docente en el proceso enseñanza-aprendizaje. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*, (8).
- Melo Niño, D. S. (2020). *Integración de las ciencias básicas en educación media con enfoque STEM en robótica comparada con una metodología tradicional de enseñanza* (Doctoral dissertation, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia). Recuperado de [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3202/1/Integracion\\_ciencias\\_basicas.pdf](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3202/1/Integracion_ciencias_basicas.pdf)
- Mendoza, R. (2006). Investigación cualitativa y cuantitativa - Diferencias y limitaciones, Piura: Perú. Recuperado de: [http://www.oportunidades.gob.mx/Portal/work/sites/Web/resources/ArchivoContent/1351/Investigacio\\_cualitativa\\_y\\_cuantitativa.pdf](http://www.oportunidades.gob.mx/Portal/work/sites/Web/resources/ArchivoContent/1351/Investigacio_cualitativa_y_cuantitativa.pdf)
- Mengascini, A. y Mordeglia, C. (2014). Caracterización de prácticas experimentales en la escuela a partir del discurso de docentes de primaria y secundaria. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 32(2), 71-89.

- Michelini, M. y Stefanel, A. (2015). Actividades basadas en investigación en desarrollo profesional docente en óptica. *Revista IL NUOVO CIMENTO* , 38 , 105-126
- Michelini, M., Santi, L y Stefanel, A. (2013). La formación docente: un reto para la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 10 (núm. extraordinario) pp. 846-870
- Ministerio de Educación Pública, MEP (2015). *Educación para una nueva ciudadanía: Fundamentación Pedagógica de la Transformación Curricular Costarricense*.
- Ministerio de Educación Pública, MEP (2016). *Programa de estudios de ciencias, primero y segundo ciclo de educación general básica*. Costa Rica.
- Ministerio de Educación Pública, MEP (2017). *Educación para una nueva ciudadanía*. Programa de Estudio de Ciencias, Tercer ciclo de Educación General Básica. Costa Rica.
- Ministerio de Educación Pública. (2018). *Educación para una Nueva Ciudadanía. Programa de Estudio de Física Educación Diversificada*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Educación Pública, MEP (2020). *Orientaciones para la mediación pedagógica por habilidades*. Costa Rica.
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: Guía didáctica*. Universidad Surcolombiana Neiva, Colombia.
- Montano, V., Martínez, A, Vitoria, N y Vargas, F. (2017). Análisis de la gestión administrativa de centros educativos costarricenses: Percepción del colectivo docente y la dirección. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 12(2), 95-122.
- Mora, C. (2017). Cambiando paradigmas en la enseñanza de las ciencias: consideraciones sobre el aprendizaje activo de la física. *Revista Areté/ Revista Amazônica de Ensino de Ciências*, 1(1), 24-32.
- Murillo, C. (2018). *Una reflexión en torno a las prácticas experimentales para el aprendizaje de las ciencias naturales* (Tesis Doctoral). Universidad Del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- Navarro, D y Samón, M. (2017). Redefinition of the concepts of teaching method and learning method. *Revista EduSol*, vol. 17, núm. 60.
- Nieto, E. (2008). *Propuesta de elaboración de equipo de laboratorio de bajo costo para la elaboración de prácticas que contribuyan al proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de ciencia, salud y medio ambiente de los centros escolares de educación básica del distrito 0502 del Municipio de San Pablo Tacachico, Departamento de Libertad*, (Tesis de licenciatura). Universidad Francisco Gavidia, El Salvador.
- Organtini, G. (2018). Arduino as a tool for physics experiments. *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1076, No. 1, p. 012026). IOP Publishing.

- Ortiz, C. (2009). Estrategias didácticas en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista de educación y pensamiento*, (16), 63-72.
- Ortiz, J., Ríos, A., y Bustos, R. (2012). *Laboratorio móvil tecno educativo: cursos de robótica de bajo costo para la alfabetización científica y tecnológica*. Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 13(3).
- Pacheco Ale, A. G. (2016). El acompañamiento pedagógico de los directores y el desempeño laboral de los docentes de las instituciones educativas de educación primaria del distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa 2016.
- Padilla, C., Brooks, P., Jiménez, D., y Torres, M. (2016). Dimensiones de las competencias científicas esbozadas en los programas de estudio de Biología, Física y Química de la Educación Diversificada y su relación con las necesidades de desarrollo científico-tecnológico de Costa Rica.
- Parsons, J., y Oja, D. (2008). *Conceptos de computación nuevas perspectivas*. México: CENGAGE.
- Pedrajas, P y López, P. (2016). Análisis de las concepciones del profesorado de secundaria sobre la enseñanza de las ciencias durante el proceso de formación inicial. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 705-724.
- Peña, J. (2016). Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la física. *Gondola: Enseñanza Aprendizaje de las Ciencias*, 11(2).
- Peñalosa Casanova, C. A. (2021) Desarrollo de una red de sensores para medición de señales sísmológicas In Situ.
- Pérez, J., y Gardey, A. (2012). *Definición de material de laboratorio*. Recuperado de <https://definicion.de/material-de-laboratorio/>
- Pérez, J., y Merino, M. (2015). *Definición de prototipo*. Recuperado de: <https://definicion.de/prototipo/>
- Prieto, L. (2006). Aprendizaje activo en el aula universitaria: el caso del aprendizaje basado en problemas, Barcelona, España: Ed. *Miscelánea*.
- Ranilla Rodríguez, M. (2018). Gamificación de la alfabetización digital en mayores según los estilos de aprendizaje y actividades polifásicas. *Journal of Learning Styles*, 11(22),
- Real Academia Española (2018). Concepto de válido. RAE.es. Recuperado de: <https://dle.rae.es/?id=bIy6PkC>
- Revuelta, M. (2016). *Laboratorio remoto en un entorno virtual de enseñanza aprendizaje* (Doctoral dissertation, Facultad de Informática).
- Reyes, E., y Falcón, N. (2013). Diseño de un laboratorio móvil como estrategia didáctica para la enseñanza aprendizaje de la Física. *Revista Electrónica Quimera*, 1(1), 27-30.

- Romero, Á., Aguilar, Y., y Mejía, S. (2016). Naturaleza de las ciencias y formación de profesores de física. El caso de la experimentación. CPU-e. *Revista de Investigación Educativa*, (23), 75-98.
- Roquet, G. (2008). *Glosario de educación a distancia*. Universidad Nacional Autónoma de México. 1–154.
- Ruhaisa, D., y Jiradawan, H. (2018, December). Students' learning in Physics laboratory. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1144, No. 1, p. 012188). IOP Publishing.
- Sagaz Perenne. (2019, 3 mayo). *Cómo Hacer Pista de carreras, Magic Tracks Crash Para Carritos eléctricos* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=xEctdIgYptg>
- Salinas, D. (2015). *Las Infraestructuras Públicas, Fundamentos constitucionales y económicos de la intervención estatal y de la participación de los particulares en el mercado* (memoria de prueba para pregrado). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Saphet, P., Tong-On, A., y Thepnurat, M. (2017). One dimensional tow-body collisions experiment base don LabVIEW interface with Arduino. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 901, No. 1, p. 012115). IOP Publishing. doi: 10.1088/1742-6596/901/1/012115
- Sarmiento Santana, M. (2007). *La enseñanza de las matemáticas y las Ntic. Una estrategia de formación permanente*. Universitat Rovira i Virgili. recuperado de: <https://www.tdx.cat/handle/10803/8927>
- Sinarcas, V., y Solbes, J. (2013). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la Física Cuántica en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(3), 9-25.
- Tansell, L. (10 de septiembre de 2016) Micro Catapult. Web: MakerBot Thingiverse. <https://www.thingiverse.com/thing:1763518#Print%20Settings>
- TODAY DIY (7 de abril de 2019) Poderosas Batallas Hotweels Como Hacer Circuito de Carreras para Autos [Vídeo] YouTube. [https://youtu.be/9VJ\\_N6XarMk](https://youtu.be/9VJ_N6XarMk)
- Tecpan, S., y Hernández, C. (2017). Aprendizaje por indagación para la construcción de arquetipos en física; el caso de un curso para formación de profesores en Chile. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2), 20.
- Torres, M., Paz, K., y Salazar, F. (2006). Métodos de recolección de datos para una investigación. *Rev. Electrónica Ingeniería Boletín*, 3, 12-20.
- Torres, R (2011). *Evaluación diagnóstica*. Ministerio de Educación Pública, Costa Rica.
- Troncoso, C., y Amaya, A. (2017). Entrevista: guía práctica para la recolección de datos cualitativos en investigación de salud. *Revista de la Facultad de Medicina*, 65(2), 329-332.

- Tsai, J. (2005, julio). *Technical Data Sheet 5mm Silicon PIN Photodiode , T-1 3/4* (N.º 2). Everlight Electronics.
- Tunel, G. (2018). Técnicas de enseñanza basadas en el Modelo de Desarrollo Cognitivo. *Educación y Humanismo*, 20(35), 75-96.
- Uzcátegui, Y., y Betancourt, C. (2013). La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media. *Revista de investigación*, 37(78), 109-127.
- Vargas, E. (1998). *Metodología de la enseñanza de las ciencias naturales*. San José: UNED
- Vivanco, M. (2017). Los manuales de procedimientos como herramientas de control interno de una organización. *Universidad y Sociedad*, 9(2), 247-252. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Zamorano, C. A. (2015). La Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales en la Educación Media Superior de México. *Revista do Imea*, 2(2), 60-75
- Zorrilla, E., Morales, L. y Mazzitelli, C. (2017). Las prácticas de laboratorio desde la perspectiva de las representaciones sociales.







# ANEXOS

## Anexo 1. Entrevista A



### Entrevista dirigida para los directores/as del centro educativo de interés para la investigación

Espinoza-Araya, C., Jiménez-Chaves, J., Leandro-Fuentes, A.  
*Taller de Investigación, Escuela de Ciencias Biológicas,  
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Emails: chris.jp04@gmail.com,  
judith.sjc28@gmail.com, andrea.leandro90@gmail.com*

**Estimado director/a:** con el presente documento se pretende recopilar información básica de 3 centros educativos del circuito 07 de Heredia, que contribuirá con el desarrollo del trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en Enseñanza de las Ciencias, titulado: “*Diseño de un prototipo de laboratorio portátil, para la realización de prácticas experimentales en el área de cinemática de la asignatura de Física*”. Esta investigación se centra en la enseñanza de la Física y las dificultades que presentan los docentes de secundaria en la implementación de prácticas experimentales.

La información suministrada en este documento será de carácter confidencial, por lo cual, en compañía del entrevistador, se le solicita contestar con la mayor sinceridad posible. De antemano se le agradece por su tiempo y colaboración brindada.

**Indicaciones:** A continuación, se le presentan una serie de preguntas a las cuales deberá de responder de una forma amplia, clara y coherente, brindando la información pertinente que se le solicita.

#### I Parte. Recursos Institucionales

1. ¿Con cuáles espacios físicos cuenta el centro educativo para la ejecución de prácticas de laboratorios o prácticas experimentales científicas?

---

---

---

---

2. ¿Cuáles de los espacios físicos antes mencionados se destinan exclusivamente para el desarrollo de las prácticas experimentales en la disciplina de Física? \*Si la respuesta es negativa pasar a la pregunta #5.

---

---

---

---

3. ¿Cómo describe la condición física de esos espacios?

---

---

---

---

4. ¿Existe un presupuesto destinado al departamento de ciencias por el centro educativo?

---

---

---

---

5. ¿Con cuáles entidades de apoyo y/o financiamiento cuenta la institución educativa?

---

---

---

---

6. ¿Cuáles recursos didácticos proporciona la institución a los docentes de ciencias para desarrollar actividades de experimentación de Física durante las clases?

---

---

---

---

7. ¿Cree usted que los recursos mencionados anteriormente le ayudan o son los suficientes para poder contemplar y abordar de forma adecuada los diferentes temarios de Física presentes en los planes del MEP?, justifique su respuesta.

---

---

---

---

8. ¿Cuáles son las principales limitantes que identifica en el centro educativo para que los docentes de ciencias elaboren prácticas experimentales de Física en el desarrollo de las lecciones?

---

---

---

---

9. Desde su rol de director en el centro educativo, ¿posee apertura para que sus docentes en el área de las ciencias se capaciten e implementen innovaciones pedagógicas, como el uso de un laboratorio portátil? ¿Por qué?

---

---

---

---

10. ¿Qué otras herramientas o recursos pueden o estaría dispuesta la institución a brindar para apoyar que los profesores de Física puedan ejecutar prácticas experimentales?

---

---

---

---

## Anexo 2. Entrevista B.



### Entrevista para el profesor/ra de ciencias con experiencia en Física

Espinoza-Araya, C., Jiménez-Chaves, J., Leandro-Fuentes, A.

*Taller de Investigación, Escuela de Ciencias Biológicas,  
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Emails: chris.jp04@gmail.com,  
judith.sjc28@gmail.com, andrea.leandro90@gmail.com*

**Estimados docentes:** con el presente documento se desea realizar la recolección de datos que contribuirán con el desarrollo del trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en Enseñanza de las Ciencias, titulado: “*Diseño de un prototipo de laboratorio portátil, para la realización de prácticas experimentales en el área de cinemática de la asignatura de Física*”. Esta investigación se centra en la enseñanza de la Física y las dificultades que presentan los docentes de secundaria en la implementación de prácticas experimentales.

La información suministrada en este documento será de carácter confidencial, por lo cual se les solicita contestar con la mayor sinceridad posible. De antemano, se le agradece por su tiempo y colaboración brindada.

**Indicaciones:** A continuación, se le presentan una serie de preguntas a las cuales deberá de responder de una forma concreta, clara y coherente, brindando la información pertinente que se le solicita.

#### I. Parte. Los siguientes ítems se enfocan en la formación docente

1. ¿Cuál es su información general sobre su formación y experiencia como docente?

Información	Respuesta
Especialidad	
Grado académico	
Años impartiendo lecciones	

2. ¿Describa como es el proceso de mediación pedagógica que usted utiliza en sus lecciones para el aprendizaje de la Física?

---

---

---

---

3. ¿Cómo y cada cuanto se actualiza o capacita en nuevas metodologías para la enseñanza experimental de las ciencias? Cite cuál o cuáles son los procesos de actualización o capacitación a los que ha asistido y cómo influyeron estos en el desarrollo de nuevos aprendizajes en las clases de física.

¿Cómo se capacita?	¿Con qué frecuencia al año? (número de veces)	¿Cuáles son los procesos de actualización?	Influencia en la mediación del proceso de enseñanza-aprendizaje de la física

4. ¿Cuándo fue la última vez que recibió capacitación para actualizar e innovar sus métodos y/o técnicas en la enseñanza de las ciencias tanto la parte teórica y experimental (laboratorios). ¿Dónde?

---



---



---



---

5. Desde su perspectiva, ¿Cuáles beneficios tienen las prácticas experimentales de Física en el proceso de enseñanza y aprendizaje?

---



---



---



---

6. ¿Cuáles son las limitaciones o dificultades a las que se enfrenta un docente para implementar prácticas experimentales en la enseñanza de las ciencias desde ámbito de su formación profesional?

---



---



---



---

7. ¿Ha tenido alguna experiencia o ha escuchado del término y aplicación de los laboratorios portátiles en el desarrollo de las prácticas experimentales de Física? Si la respuesta es afirmativa, ¿Qué conoce de este?

---

---

---

---

**II. Los siguientes ítems se enfocan en los recursos del profesor para el desarrollo de la clase**

8. ¿Si tuviera acceso a un laboratorio portátil para la enseñanza de la Física, lo aprovecharía para el desarrollo de sus lecciones? Justifique su respuesta.

---

---

---

---

9. En caso de contar con equipo y material de laboratorio en la institución, ¿considera usted que es el adecuado o suficiente para realizar las prácticas de laboratorio en el área de la Física? Mencione el porqué de su respuesta.

---

---

---

---

10. ¿Cuáles cree usted que son los requerimientos mínimos o recursos necesarios para realizar una práctica de laboratorio de Física?

---

---

---

---

11. ¿En caso de que realice prácticas experimentales, cuántas lecciones al mes dedica usted al desarrollo de estas en sus lecciones de Física? \_\_\_\_\_

12. ¿Considera usted que el número de lecciones semanales para la asignatura de Física les permite el desarrollo de habilidades experimentales? Justifique su respuesta.

---

---

---

---

**III. Recursos institucionales**

13. ¿El centro educativo cuenta con una infraestructura de laboratorio para el desarrollo de las prácticas experimentales de Física u otros espacios que se puedan usar para estos fines? ¿Cuáles son estos espacios? Si su respuesta es negativa pase a la pregunta 20.



Sí ( )                      No ( )

14. En caso de contar con una infraestructura destinada para las prácticas experimentales. ¿Cómo describe la condición física de esos espacios?

---

---

---

---

15. En relación con la pregunta anterior ¿Hace usted uso de estas instalaciones para las lecciones de Física, específicamente de qué forma lo utiliza?

---

---

---

---

16. ¿Cuáles recursos didácticos para realizar clases experimentales de Física le brinda la institución? Ejemplos: Equipo para laboratorio (sensores, cristalería, manuales, entre otros), láseres, carritos, cuerdas, cronómetros, etc.

---

---

---

---

17. ¿Cree usted que los recursos mencionados anteriormente le ayudan o son los suficientes para poder contemplar y abordar de forma adecuada los diferentes temarios de Física presentes en los planes del MEP?, justifique su respuesta.

---

---

---

---

18. ¿Existe un presupuesto destinado al departamento de ciencias por el centro educativo?

---

---

---

---

19. A su criterio, ¿cuál sería el monto adecuado para desarrollar prácticas experimentales en el área de ciencias, principalmente para Física? \_\_\_\_\_

20. ¿Cuáles considera usted que son las principales limitaciones que inciden en el uso de las prácticas experimentales en Física con respecto a los recursos que le brinda la institución?

---



---



---



---

### Anexo 3. Ficha de juicio de expertos



## Ficha de juicio de expertos, para validar el manual de laboratorio de física

Espinoza-Araya, C., Jiménez-Chaves, J., Leandro-Fuentes, A.  
*Taller de Investigación, Escuela de Ciencias Biológicas,  
 Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Emails: chris.jp04@gmail.com,  
 judith.sjc28@gmail.com, andrea.leandro90@gmail.com*

**Estimados expertos/a:** con el presente documento se pretende validar el manual de laboratorio confeccionado durante el desarrollo del trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en Enseñanza de las Ciencias, titulado: “*Diseño de un prototipo de laboratorio portátil, para la realización de prácticas experimentales en el área de cinemática de la asignatura de Física*”. Esta investigación se centra en la enseñanza de la física y las dificultades que presentan los docentes de secundaria en la implementación de prácticas experimentales.

La información suministrada en este documento será de carácter confidencial, por lo cual, en compañía del entrevistador, se le solicita contestar con la mayor sinceridad posible. De antemano se le agradece por su tiempo y colaboración brindada.

**Indicaciones:** Evalúe el manual de laboratorio portátil, en base a la siguiente lista de cotejo de acuerdo con si cumple o no cumple con los indicadores de la primera columna. Marque con una “X” dentro del recuadro respectivo según sea la respuesta de su preferencia, y luego comente en la columna de observaciones, los comentarios que desee acerca de su elección.

Lista de cotejo para la validación del manual de laboratorio de laboratorio portátil.		
Indicadores	Cumple	No cumple
Presenta un lenguaje apropiado		
Está acorde a los aportes recientes en la disciplina de estudio.		
Existe una organización lógica de la estructura general del manual de laboratorio (Objetivos, fundamento teórico, cálculos, sugerencias de análisis, entre otros).		

Los aspectos teóricos desarrollados en el manual de laboratorio presentan pertinencia con la parte experimental del mismo.		
El manual de laboratorio presenta una metodología comprensible.		
Los cálculos matemáticos necesarios para desarrollar la actividad responden a las actividades planteadas en el manual de laboratorio.		
El tiempo se distribuye adecuadamente para la realización de la práctica en clase.		
La organización de las actividades facilita la realización de la práctica.		
Presenta una correcta redacción y ortografía.		
El manual de laboratorio carece de errores conceptuales en el desarrollo de los contenidos científicos.		

**Sugerencias:**

Por favor, a continuación, brinde las sugerencias, comentarios o recomendaciones que su persona como profesional crea convenientes para mejorar estas prácticas.

## Anexo 4. Cuestionario



### Cuestionario dirigido al grupo focal de profesores de ciencias con experiencia en física para la evaluación del manual

Espinoza-Araya, C., Jiménez-Chaves, J., Leandro-Fuentes, A.

*Taller de Investigación, Escuela de Ciencias Biológicas,  
Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Emails: chris.jp04@gmail.com,  
judith.sjc28@gmail.com, andrea.leandro90@gmail.com*

**Estimados docentes:** con el presente documento se desea realizar la recolección de datos que contribuirán con el desarrollo del trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en Enseñanza de las Ciencias, titulado: “*Diseño de un prototipo de laboratorio portátil, para la realización de prácticas experimentales en el área de cinemática de la asignatura de Física*”. Esta investigación se centra en la enseñanza de la física y las dificultades que presentan los docentes de secundaria en la implementación de prácticas experimentales.

La información suministrada en este documento será de carácter confidencial, por lo cual se les solicita contestar con la mayor sinceridad posible. De antemano, se le agradece por su tiempo y colaboración brindada.

**Indicaciones:** Evalúe el desempeño del prototipo de laboratorio portátil integral en base al siguiente cuestionario, de acuerdo con el desempeño y funcionalidad que usted percibió al hacer uso de este, es decir, según su experiencia antes, durante y después del desarrollo de la práctica. Complete con la información que se le solicita.

1. ¿Los objetivos de la práctica son claros y entendibles? Comente ¿por qué?

---

---

---

---

---

2. ¿Cree usted que los materiales seleccionados para el laboratorio portátil integral son los adecuados para la realización de la práctica propuesta? ¿Por qué?

---

---

---

---

---

3. ¿En el manual, son claras y comprensibles las indicaciones del procedimiento para la correcta manipulación de los instrumentos de mediación? Comente su respuesta.

---

---

---

---

---

4. ¿La práctica en general con el uso del laboratorio portátil integral, explora los conocimientos previos de un tema o contenido de física presente en los planes del Ministerio de Educación Pública (MEP)? ¿Por qué?

---

---

---

---

---

5. ¿Cree usted que los cálculos matemáticos requeridos en las actividades de la práctica poseen un nivel de dificultad apropiado para estudiantes de décimo año? Comente al respecto.

---

---

---

---

---

6. ¿Desde su perspectiva, cree que el tiempo destinado para la realización de la práctica en clase, se distribuye adecuadamente para completar y concretar cada aspecto de esta? ¿Por qué?

---

---

---

---

---

7. ¿El tipo de actividades propuestas en el manual, promueven escenarios donde se fomente el aprendizaje activo? Mencione ¿por qué?

---

---

---

---

---

8. Las prácticas experimentales propuestas promueven el trabajo colaborativo.

---

---

---

---

---

9. Las prácticas propuestas en el manual de laboratorio complementan las temáticas del MEP.

---

---

---

---

---

10. ¿Pueden las actividades contempladas en esta práctica, promover que se potencien o desarrollen las habilidades científicas, experimentales y aprendizajes esperados en los estudiantes, de acuerdo con lo planteado por el MEP?

---

---

---

---

---

11. ¿Cree usted que con este tipo de prácticas en específico los estudiantes pueden retroalimentar su desempeño y mejorar sus conocimientos teóricos en el área de física? ¿Por qué?

---

---

---

---

---

12. ¿Son las prácticas incluidas en el manual, útiles para que se desempeñen en el contexto educativo costarricense? ¿Por qué?

---

---

---

---

---

13. ¿De acuerdo con su experiencia, tiene el manual una organización lógica que facilite a quien lo utilice, la ejecución de las prácticas experimentales? Comente.

---

---

---

---

---

14. ¿Cree que el equipo o software requerido (laboratorio portátil integral) para la realización de las prácticas de física incluidas en el manual, facilita y mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje? Explique.

---

---

---

---

---

**Espacio para Comentarios y Sugerencias:**

Por favor, a continuación, brinde las posibles sugerencias, comentarios o recomendaciones que su persona como profesional crea convenientes para mejorar esta propuesta para la puesta en práctica en una institución secundaria.

---

---

---

---

---

## Anexo 5. Formación docente, parte 1

**Tabla 20.** Respuestas manifestadas por los docentes en cuanto a años de experiencia laboral y cantidad de estrategias de mediación pedagógicas (C. estrategias) en relación con su formación académica.

Indicadores	Características de los docentes	Bachiller en ciencias naturales (2)	Lic Física (1)	Lic en ciencias naturales (4)	Lic en Biología (2)	Doc en Química (1)
Cantidad de metodologías utilizadas en la clase.	De 2 a 3	1	1	4	2	1
	5 o más	1	0	0	0	0
Años de experiencia	3 a 5	1	0	2	0	0
	10 a 15	1	1	0	0	0
	20 o más	1	0	1	2	1

**Fuente:** elaboración propia a partir de entrevista a docentes, 2019

## Anexo 6. Formación docente, parte II

**Tabla 21.** Metodologías utilizadas por el profesor entrevistados para el desarrollo de las lecciones de Física.

Metodologías utilizadas en la mediación pedagógica de las clases de física	Frecuencia con la que se utiliza
Clase magistral	5
Trabajo colaborativo	4
Experimental	5
Implementación de TICS	3
Resolución de problemas	4
<b>Fuente:</b> elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.	



## Anexo 7 Formación docente, parte III

**Tabla 22.** Datos sobre los periodos de capacitación de los profesores de ciencias con experiencia en Física de los centros educativos en estudio e instancias donde se brindan capacitaciones.

Capacitaciones en prácticas experimentales	Tipo	Frecuencia
Periodo de capacitación experimental	Nunca	10
Periodo de capacitación general	Cada mes	1
	Cada 1 o 2 años	6
	Cada 3 o más años	2
	Nunca	1
última capacitación	menos de 1 año	2
	1 a 2 años	5
	más de 2 años	3
Instancia	Universidades públicas	3
	Colegio de licenciados y profesores	6
	Centro nacional de fuerza y luz	1
	Ministerio de Educación pública	5
	Proyecto de gobierno, MEP en convenio con la Unión europea	2
	Fundación Omar Dengo	1
	Otras instancias	2

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.

## Anexo 8 Recursos del docente, parte I

**Tabla 23.** Beneficios y Dificultades de la implementación de prácticas experimentales en las lecciones de Física.

<b>Datos de Interés</b>	<b>Tipos</b>	<b>Frecuencia</b>
Beneficios	Acercamiento vivencial con las ciencias, experiencias directas.	8
	Mejora la comprensión de las temáticas	5
	Contextualización de la materia con la vida cotidiana	3
	Motiva al estudiante	2
	Fomenta el desarrollo de habilidades y destrezas	2
	Desarrolla criticidad de los estudiantes	1
Dificultades	Tiempo	5
	Burocracia Docente	3
	Falta de Materiales o recursos didácticos	3
	Docente debe proporcionar el material que la institución no le brinda	2
	Ausencia de infraestructura de Laboratorios	2
	Aulas o espacios no aptos	2
	Laboratorios no lo suficientemente equipados	2
	Falta de personal para asistencia al docente	2
	Apertura administrativa a la realización de prácticas experimentales	1
	Temario de Física muy Amplio	2
	Formación Inicial del Docente	2
	Desconocimiento en el uso de los equipos	1
	Falta de Capacitación Docente	1
	Falta de Iniciativa o Compromiso Docente	1
	Cantidad de alumnos	2
	Disposición y comportamiento de los estudiantes	1
	Estudiantes no tienen conocimientos básicos	1
	Número de lecciones es insuficiente	1
	Falta de Presupuesto	1

	Muchos requisitos y lineamientos para seguir según el MEP	1
	No hay ninguna Limitación	1

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.

## Anexo 9. Recursos del docente, parte II

**Tabla 24.** Percepción y conocimiento de los profesores sobre el término de LP.

Conoce el término de LP		Conocimiento sobre el término
No	7	Es un laboratorio que se puede llevar donde sea. Posee todos los recursos necesarios.
Sí	3	Solo para biología y química. Es costoso

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.

## Anexo 10. Recursos del docente, parte III

**Tabla 25.** Lecciones semanales que invierte el docente en realizar prácticas experimentales para el desarrollo de las clases de Física.

Cantidad de lecciones	Frecuencia de la respuesta	Razones
Ninguna	3	Cuesta mucho por la presión del tiempo
1 a 2	5	
3 a 4	1	Primero desarrollar los aspectos teóricos, luego los prácticos teniendo en cuenta el tiempo
Todas	1	La teoría debe de ir acompañada de la práctica.

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes, 2019.

## Anexo 11. Recursos del docente, parte IV

**Tabla 26.** Dificultades para la implementación de prácticas Experimentales en Física, desde la perspectiva de los educadores.

Categorías de Análisis	En cuanto capacitaciones		En la Implementación de PE		En cuanto Instalaciones del centro educativo para el desarrollo de PE				
	Aspecto	Respuestas según entrevista	% de respuestas	Respuestas según entrevista	% de respuestas	Respuestas según entrevista	% de respuestas		
FORMACIÓN DOCENTE	Capacitaciones formales independientemente de la modalidad	No	50	Vacíos en la formación Inicial del docente	20	N/A			
		Específicas del área de Física y PE	50						
	Frecuencia entre capacitaciones	Cada 1 año o menos	60	Desconocimiento en el uso de equipos	10				
		Tiempo 2 a 5 años	30	Falta de Capacitación	10				
		Nunca	10	Poca Iniciativa o compromiso docente	10				
RECURSOS DEL PROFESOR	N/A			No posee una cantidad adecuada de equipo o material propio, para experimentar	70	Uso que se le da a las aulas es en su mayoría es específico para impartir clases teóricas	100		
				Dedica ninguna o pocas lecciones semanales (1-2) para PE	70				
				Falta de Tiempo	50				
				Docente debe costear o proporcionar material cuando la institución no lo brinda	50			Zonas o espacios más utilizados para PE, son corredores, zonas verdes, canchas o gimnasios	50
				Prioridad a la parte Teórica	30				
RECURSOS INSTITUCIONALES	Falta de Capacitaciones promocionadas por parte de la institución	10%		Brinda poco material o recursos didáctico necesario	80	Ausencia de infraestructura de Laboratorios	90		
				Burocracia docente o Recargo de funciones	50				
				Ausencia o Poco presupuesto para el Dep Ciencias	30	Aula y/o espacios no aptos o acondicionados para PE	40		
				Poco personal de laboratorio que dé asistencia al docente	20				
				Temario del MEP de física es muy amplio	20	Espacios y material no siempre están disponibles	30		
				Cantidad de alumnos	20				
				Número de lecciones no es insuficiente	10	Señal de Internet no es buena	10		
				Poca apertura administrativa	10				

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes y directores, 2019.

## Anexo 12. Recursos institucionales

**Tabla 27.** Infraestructura disponible en las instalaciones de los centros educativos, para el desarrollo de prácticas experimentales y uso que les dan los docentes a dichos espacios.

Tipo de infraestructura disponible	Frecuencia de respuesta		Condición física	Frecuencia de respuesta		¿Cómo las utiliza?	Frecuencia de respuesta	
	Profesor	Director		Profesor	Director		Profesor	Director
Laboratorio	1	1	Muy buena	0	0	Lecciones teóricas	0	0
			buena	0	1			
			Regular	1	0	Prácticas experimentales	0	0
			mala	0	0			
Aula	10	3	Muy buena	0	0	Lecciones teóricas	10	1
			Buena	3	1			
			Regular	3	0	Prácticas experimentales	6	1
			mala	4	0			
Zona verde	2	3	Muy buena	0	1	Prácticas experimentales	1	0
			buena	1	0			
			Regular	1	0	Lecciones teóricas	0	0
			mala	0	0			
Corredores	4	2	Muy buena	0	0	Prácticas experimentales	3	0
			buena	0	0			
			Regular	2	0	Lecciones teóricas	0	0
			mala	2	0			
Gimnasio, Cancha o Plaza	1	1	Muy buena	0	1	Prácticas experimentales	1	0
			buena	0	0			

			Regular	0	0	Lecciones teóricas		
			mala	1	0		0	0

**Fuente:** elaboración propia a partir de la entrevista a docentes y directores, 2019.