



# Construcción e Implementación de un Entorno Tri-Lab para Fomentar el Aprendizaje de Conceptos de Física Básica

Óscar Meneses Cardona

*omeneses@eafit.edu.co*

Universidad EAFIT  
Departamento de Ciencias Físicas  
Escuela de Ciencias  
Medellín, Colombia  
2017



# Construcción e Implementación de un Entorno Tri-Lab para Fomentar el Aprendizaje de Conceptos de Física Básica

Óscar Meneses Cardona

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Física Aplicada**

Director(a):  
Álvaro Andrés Velásquez Torres  
Ph.D. en Física

Universidad EAFIT  
Departamento de Ciencias Físicas  
Escuela de Ciencias  
Medellín, Colombia  
2017



## Dedicatoria

Dedico este trabajo a todas las personas que han creído que es posible construir una mejor sociedad, con una educación de calidad.



# Agradecimientos

Agradezco profundamente a todas las personas que de una manera directa o indirecta han permitido que este trabajo llegue a buen puerto, con la esperanza de partir hacia otro destino y beneficiar cada vez a más personas, no tengo como pagarles, pero sepan que estoy infinitamente agradecido.

En especial a Álvaro Andrés Velásquez Torres, mi tutor, quien con palabras sabias siempre orientó las decisiones que en el camino tomé. Su rectitud, disciplina y compromiso son y serán mi inspiración.

Unas gracias inmensas a los estudiantes del grado Décimo de la IE Escuela Normal Superior Rafael María Giraldo, de Marinilla, quienes aportaron con sus actividades los datos que permiten la realización de este trabajo de grado.

Gracias inmensas para Alba Lina Cuervo Vanegas, quien pasó incontables horas leyendo y revisando el estilo de escritura, cazando mis gazapos y alertándome de su presencia.

Al personal de la Secretaría de Educación Departamental de Antioquia, que lideraba el programa de Becas Docentes, orientados por el Ex Gobernador Sergio Fajardo Valderrama y su Secretario de Educación Departamental, Felipe Andrés Gil Barrera; Paula Andrea Giraldo Restrepo y Sergio Andrés González Valencia, Coordinadores del programa Becas de Maestría, sin este programa de Becas, la posibilidad de avanzar académicamente sería menor para muchos docentes, gracias infinitas por diseñar y ejecutar esta política de educación. En este mismo sentido doy mis gracias al Rector de la Universidad EAFIT, Juan Luis Mejía Arango.

Luciano Alberto Ángel Toro, Decano de la Escuela de Ciencias, quien siempre encontró las palabras indicadas para que continuara con mis estudios de física.

Alejandro Gómez Montoya, Ingeniero Físico, su apoyo en programación y electrónica me ayudaron a construir los montajes que fueron utilizados en el laboratorio remoto.

José Ignacio Marulanda Bernal, docente del Departamento de Ciencias Físicas, quien me impulsó a tomar la maravillosa decisión de realizar esta maestría, y para mayor fortuna, en EAFIT.

A todo el equipo de Proyecto 50, que participaron con paciencia y entusiasmo en la ubicación y diseño de las actividades que se han colocado en la Plataforma Educativa Neutrón. Cristina Isabel Quintero Londoño, Coordinadora de Contenidos; Juan Guillermo Lalinde, Docente e Investigador Universidad EAFIT; Miguel Baquero Álvarez, Coordinador de Tecnología; César Andrés Mosquera Rivera, Coordinador de Tecnología; Carlos Daniel Ruiz

Gómez, Administrador de Plataforma; Luisa Fernanda Gil Troncoso, Estudiante - Productora Audiovisual.

A todas las personas que integran el Laboratorio de Física, coordinados por Herica Yulied Montoya Cardona; Jair de Jesús Mira Muñoz y Luis Antonio Cuéllar Martínez, Técnicos de Laboratorio; siempre serviciales y dispuestos a resolver las situaciones que complicaban la realización de los montajes.

Al personal del Laboratorio de Control Digital, coordinados por Hugo Alberto Murillo Hoyos; Edwin Fernando Giraldo Aristizábal, Analista Técnico; Óscar Alirio Molina Mejía; Técnico; Jhorman Alexis Patiño Cárdenas, Practicante y William Varela, Practicante.

Al Laboratorio de Máquinas y Herramientas, especialmente a Juan Diego Maya Valencia, Asistente Técnico.

A Leidy Diana Dávila Echavarría, Secretaria del Departamento de Ciencias Físicas, siempre amable y atenta.

A Olga Lucía Zapata, por su cooperación en la revisión del test, por su apoyo y su cariño.

A la Universidad de Antioquia, a los Docentes de la Facultad de Educación y Amigos del Alma: Fanny Ángulo Delgado y Walter Castro Gordillo, a mis amigos de la vida y contertulios del tinto, Gildardo Castaño y Francisco Yepes, la barra cuenta y mucho!

A Andrés Yarce Botero, Ingeniero Físico, gracias por sus diseños eléctricos, su paciencia y su disposición.

A los docentes del Programa de Ingeniería Física: Daniel Ignacio Velásquez Prieto, Mario Elkin Vélez Ruiz, Roberto Lorduy Gómez, Juan Manuel Jaramillo Ocampo, Jorge León David Caro, fue grato volver a conversar sobre la física!.

A mi familia completa, a mi madre y mis hermanos, a mi Lina, que llegó en el momento más oportuno de mi vida.

Esta lista debería ser mucho más larga, pero a veces la memoria y la prisa nos sacan personas importantes de ella. Les presento mis excusas, pero eso no significa que mi corazón no les esté eternamente agradecido.

## Resumen

Esta investigación presenta los resultados de una intervención pedagógica, consistente en el diseño, implementación y evaluación de una metodología de experimentación Tri-Lab para la enseñanza de la física en el ciclo de educación media.

El laboratorio Tri-Lab es una herramienta pedagógica que combina actividades de aprendizaje presenciales, virtuales y remotas, mediadas por un software educativo que facilita el tránsito por los diferentes entornos. En el presente trabajo de investigación se desarrolló e implementó una plataforma de experimentación con estas características, para estudiar los conceptos asociados con la caída libre, la dinámica newtoniana y la Ley de Ohm con los estudiantes de educación media (grado 10) de una Institución de educación oficial del municipio de Marinilla Antioquia.

Para la evaluación del impacto del laboratorio en el aprendizaje de los conceptos estudiados, se implementó un diseño cuasi-experimental con grupo de control. Los estudiantes en los dos grupos recibieron una prueba de entrada y una prueba de salida. El grupo de tratamiento lo conformaron 40 estudiantes de uno de los grados, quienes desarrollaron las actividades del laboratorio Tri-Lab. El grupo de control fue conformado por estudiantes que desarrollaron actividades tradicionales de aula de clase durante el tiempo de la intervención.

Los resultados empíricos muestran el impacto positivo del laboratorio Tri-Lab en el aprendizaje y la motivación de los estudiantes. Además de su impacto en el aprendizaje, un laboratorio híbrido, por ser una herramienta mediada por TIC, genera oportunidades de acceso a otros estudiantes e instituciones educativas que tienen acceso limitado a laboratorios y recursos educativos.

### Palabras clave:

**Laboratorio Remoto (LR):** laboratorio en el cual el usuario controla el experimento desde un sitio físico diferente al sitio donde se encuentra el equipo de experimentación.

**Laboratorio Virtual (LV):** laboratorio en el que se utilizan herramientas de software para simular un fenómeno o experiencia real.

**Laboratorio Presencial (LP):** estrategia de experimentación en la cual se realizan los experimentos en el mismo sitio donde se encuentra instalada la infraestructura de laboratorio.

**Física:** La ciencia que estudia la realidad y la naturaleza.

**Educación Media:** La Educación Media está conformada por los grados décimo y once. Su propósito fundamental es preparar al educando para acceder a la Educación Superior.

**Tecnología:** Conjunto de instrumentos, recursos técnicos o procedimientos empleados en un determinado campo

**Tri Lab:** El TriLab es un triple enfoque de la realización de laboratorios en los que los estudiantes experimentan en una forma, virtual, presencial y remota.

## Abstract

This research presents the results of a pedagogical intervention, consisting of the design, implementation and evaluation of a methodology of experimentation Tr-iLab for the teaching of high-school level physics.

The TriLab laboratory is a pedagogical tool that combines virtual, remote and face-to-face learning activities mediated by educational software. In the present research work, an experimentation tool with the above characteristics was used to study the concepts of free fall, newtonian dynamics and Ohm's Law, with a group of high school students (10th grade) of a public educational institution located in the municipality of Marinilla, Antioquia.

For the evaluation of the impact of the laboratory on students learning, a quasi-experimental design with control group was implemented. Students in both groups received a pretest and a posttest. The treatment group consisted of 40 students, who participated in the hybrid laboratory activities. Students in the control group engaged in traditional classroom activities during the time of the intervention.

The empirical results show a positive impact of the TriLab laboratory on student learning and motivation. In addition to its impact on learning, a hybrid laboratory, as a tool mediated by ICT, can create access opportunities for students and educational institutions with limited access to laboratories and educational resources.

### **Keywords) Palabras clave:**

**Laboratorios Remotos:** LR: Laboratorio en el cual el usuario no se encuentra en el mismo lugar con el equipo de experimentación.

**Laboratorio Virtual:** LV Programa de Laboratorio en el que se busca aproximarse al laboratorio presencial.

**Laboratorio Presencial:** LP: estrategia de experimentación en el cual se controlan las variables físicas de forma directa.

**Física:**

**Educación Media:**

**Tecnología:**

**Tri Lab:**

**Enseñanza de la Física:**

# Contenido

<b>Agradecimientos</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>ix</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema . . . . .	3
1.2. Preguntas de investigación . . . . .	4
1.3. Antecedentes . . . . .	5
1.4. Propósito . . . . .	6
1.5. Objetivos . . . . .	8
1.6. Justificación . . . . .	8
<b>2. Marco de referencia</b>	<b>11</b>
2.1. Estado del arte y antecedentes . . . . .	11
2.1.1. Situación internacional . . . . .	11
2.1.2. Situación nacional . . . . .	14
2.2. Algunos proyectos TIC en Colombia . . . . .	17
2.3. Marco teórico . . . . .	18
2.3.1. Caracterización de las actividades experimentales . . . . .	18
2.3.2. Laboratorios virtuales . . . . .	20
2.3.3. Laboratorio remoto . . . . .	22
2.3.4. Entorno Tri-Lab . . . . .	23
<b>3. Desarrollo entorno Tri-Lab</b>	<b>25</b>
3.1. Fases de la investigación . . . . .	25
3.1.1. Fase 1: Preparación de los montajes y los materiales . . . . .	25
3.1.2. Fase 2: Intervención . . . . .	27
3.1.3. Fase 3: Evaluación . . . . .	28
3.2. Hipótesis . . . . .	29
3.3. Contexto . . . . .	29
3.4. Diseño del estudio . . . . .	30
3.5. Participantes . . . . .	31
3.5.1. Población . . . . .	31
3.5.2. Muestra . . . . .	31

---

3.6. Variables . . . . .	32
3.6.1. Variable Dependiente: Comprensión de fenómenos físicos . . . . .	32
3.6.2. Variable Independiente: Participación en ambiente Tri-Lab . . . . .	32
3.6.3. Variables Moderadoras . . . . .	32
3.7. Instrumentos . . . . .	32
3.7.1. Prueba diagnóstica . . . . .	32
3.7.2. Diseño de estrategias experimentales . . . . .	33
3.7.3. Prácticas . . . . .	34
<b>4. Resultados</b>	<b>47</b>
4.1. Resultados Pre-test . . . . .	47
4.1.1. Análisis de resultados encuesta de indagación . . . . .	47
4.1.2. Análisis preguntas individuales . . . . .	52
<b>5. Conclusiones y perspectivas futuras</b>	<b>63</b>
5.1. Conclusiones . . . . .	63
5.2. Perspectivas futuras del trabajo . . . . .	63
<b>Bibliografía</b>	<b>65</b>
<b>A. Anexo 1: Prueba cognitiva de entrada</b>	<b>68</b>
<b>B. Anexo 2: Planos del soporte mecánico para el experimento de caída libre</b>	<b>72</b>

# Lista de Figuras

2-1. Arquitectura Tri-Lab, cada vértice del triángulo representa una de las tres formas de experimentar un fenómeno. . . . .	23
3-1. Icono de ingreso al entorno Tri-Lab, ubicado en la Plataforma Educativa Neutrón de la Universidad EAFIT. . . . .	26
3-2. Diseño de investigación. . . . .	30
3-3. Características demográficas de los participantes. . . . .	31
3-4. Icono de acceso a la plataforma de Laboratorios Remotos. . . . .	35
3-5. Secciones que componen la práctica de Caída Libre. . . . .	36
3-6. Equipo remoto para la práctica de Caída Libre. . . . .	37
3-7. Secuencia básica de pasos del experimento remoto de Caída Libre. . . . .	38
3-8. Simulación del experimento de caída libre. . . . .	38
3-9. Simulación de la Ley de Ohm. . . . .	40
3-10. Vista de cámara: Montaje experimental de la Ley de Ohm. . . . .	41
3-11. Actividad Remota: Ley de Ohm. . . . .	42
3-12. Esquema de módulos del experimento remoto de la ley de Ohm. . . . .	43
3-13. Circuito en el tablero de resistencias. . . . .	43
3-14. Vista general del montaje para la ley de Ohm. . . . .	44
3-15. La máquina de Atwood. . . . .	45
3-16. Simulación del experimento de la máquina de Atwood. . . . .	46
4-1. Tipo de pensamiento, análisis por género. . . . .	48
4-2. Frecuencia de respuestas, análisis por sexo. . . . .	49
4-3. Modelo de pensamiento según grupo. (Tratamiento vs. Control) . . . . .	50
4-4. Frecuencia de respuestas, análisis por curso. . . . .	51
4-5. Pregunta 1, Pre-Test. . . . .	52
4-6. Respuestas de los estudiantes a la pregunta 1. . . . .	53
4-7. Pregunta 2, Pre-Test. . . . .	53
4-8. Respuestas de los estudiantes a la pregunta 2. . . . .	54
4-9. Pregunta 3, Pre-Test. . . . .	55
4-10. Respuestas de los estudiantes a la pregunta 3. . . . .	55
4-11. Pregunta 4, Pre-Test. . . . .	56
4-12. Respuestas de los estudiantes a la pregunta 4. . . . .	57
4-13. Pregunta 5, Pre-Test. . . . .	57

4-14.Respuestas de los estudiantes a la pregunta 5. . . . .	58
4-15.Pregunta 6, Pre-Test. . . . .	59
4-16.Respuestas de los estudiantes a la pregunta 6. . . . .	59
4-17.Pregunta 7, Pre-Test. . . . .	60
4-18.Respuestas de los estudiantes a la pregunta 7. . . . .	60
4-19.Pregunta 8, Pre-Test. . . . .	61

# Lista de Tablas

4-1. Tabla cruzada Sexo x Modelo de Pensamiento. . . . .	48
4-2. Tabla cruzada Curso x Modelo de Pensamiento. . . . .	51

# 1. Introducción

El propósito de esta investigación es diseñar, implementar y evaluar el impacto de un ambiente Tri-Lab para la enseñanza de la física, en el ciclo de educación media y en los primeros semestres de educación terciaria.

Con el avance de la tecnología se han construido nuevas formas de enseñar y aprender, por tal motivo debe haber una mediación importante entre los docentes y los estudiantes para alcanzar mejores aprendizajes. En este trabajo se presenta el resultado de una Investigación, cuyo objeto es conocer la eficiencia que se alcanza en el aprendizaje de los estudiantes de física de la media académica, en la Escuela Normal Superior Rafael María Giraldo, del municipio de Marinilla, cuando se propone una interacción con tres metodologías para abordar los procesos de enseñanza-aprendizaje relacionadas con la experimentación en física, estas son: experimentación directa o in situ, experimentación virtual o simulada y experimentación remota o tele-operada. Estas tres metodologías, actuando juntas, configuran lo que se denomina un entorno Tri-Lab y han sido implementadas en diferentes campos de investigación, como en centros de capacitación en neumática, laboratorios de química, ingeniería y medicina, entre otros.

El entorno Tri-Lab propone actividades experimentales en cada una de las metodologías antes mencionadas, se espera que con su utilización, algunos conceptos de física básica que son de difícil apropiación por parte de los estudiantes, como son los relacionados con caída de los cuerpos, las nociones de corriente, voltaje aceleración, entre otros y que los llevan a interpretaciones alternativas de los fenómenos físicos, sean repensados favoreciendo la construcción de representaciones más acordes con las explicaciones dadas por los científicos en la actualidad.

En esta estrategia de enseñanza los estudiantes estarán en contacto con materiales contruidos para favorecer la experimentación en tres escenarios diferentes, implementados en prácticas de mecánica y electricidad. Cada experimento remoto es controlado por una interfaz gráfica intuitiva y amigable desarrollada en el software LabVIEW <sup>1</sup> y puede ser accedido de forma remota por los estudiantes, desde un navegador mediante su computador, tablet o celular.

---

<sup>1</sup>Acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench; se trata de una plataforma y entorno de desarrollo basado en sistemas, con un lenguaje de programación gráfico y que permite controlar procesos físicos.

Para evaluar la efectividad del uso del entorno Tri-Lab en los procesos de enseñanza y aprendizaje de conceptos de física enseñados en el laboratorio, se aplicará esta metodología a un grupo representativo de estudiantes del grado décimo, es decir, se les presentarán actividades de tipo Tri-Lab, que se ubicarán en la plataforma educativa Neutrón de la Universidad EAFIT, esta es una plataforma de administración de contenidos educativos basada en la herramienta Moodle,<sup>2</sup> y se compararán los resultados del proceso con los obtenidos en un segundo grupo de control, que realizará las actividades de experimentación convencionales en los laboratorios de física de estos grados.

La hipótesis de investigación que sustenta la presente tesis, es que estas tres formas de experimentar con los fenómenos físicos pueden ser una buena alternativa para favorecer la construcción de nuevas representaciones de los fenómenos, que permitan conectar ideas y conceptos con alta dificultad de asimilación, tarea que no siempre funciona de manera satisfactoria cuando se utiliza el sistema educativo tradicional, basado en la clase magistral y el laboratorio directo, o en algunos casos sólo la clase magistral.

El presente documento se encuentra dividido en cinco capítulos, el Capítulo 1 es la introducción, esta tiene la intención de describir el alcance de nuestra investigación y poner en contexto al lector sobre los elementos centrales del documento. En el Capítulo 2 se presenta el marco de referencia que el autor ha considerado válido para orientar la investigación. En él se presenta un panorama de algunos trabajos realizados por otros investigadores e instituciones en el ámbito del uso de los laboratorios mediados por TIC. Se presentan también algunos antecedentes de la implementación de laboratorios remotos en nuestro país. El Capítulo 3 presenta las construcciones metodológicas y el desarrollo del software y el hardware requeridos para implementar el entorno de aprendizaje Tri-Lab. Allí se aborda la descripción de los montajes experimentales, la información ubicada en la plataforma Web, el diseño de las pruebas y la forma en la que se caracteriza la investigación. En el Capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos y su análisis, tanto en el cuestionario de indagación, como en el post-test. Finalmente, en el Capítulo 5 se presentan las conclusiones que se han obtenido, en coherencia con los objetivos propuestos. También se proponen trabajos futuros para fortalecer las herramientas desarrolladas y exploradas en esta investigación, orientadas hacia quienes estén interesados en contribuir con trabajos que permitan que el entorno Tri-Lab se conforme como un cuerpo de conocimientos. También se comentan las expectativas que se tienen para que estas nuevas formas de experimentar sean incluidas en las aulas de clase.

---

<sup>2</sup>Acrónimo de Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment; se trata de un software de uso libre, desarrollado para apoyar procesos de enseñanza y aprendizaje en diferentes tipos de cursos a partir de herramientas Web.

## 1.1. Planteamiento del problema

El avance que ha tenido la tecnología en los últimos años ha posibilitado que las comunicaciones se instalen en el lugar más importante de avance de las sociedades. El desarrollo de dispositivos con altas velocidades de captura y procesamiento de información, con elevadas escalas de integración de subsistemas, así como el desarrollo de nuevos formatos de comunicación, han sido hechos que de manera notable han permeado las actividades laborales y familiares de las personas, volviéndose incluso imprescindibles para su desempeño diario. En este sentido, es apenas razonable pensar que en los ambientes educativos, una adecuada implementación de estas herramientas, puede favorecer el cumplimiento de una de las mayores premisas de los currículos de nuestras Instituciones Educativas: la adquisición de competencias de los estudiantes, tendientes a articular los conceptos adquiridos en el aula de clase con su aplicación directa en el entorno. Adicionalmente, la utilización de estos dispositivos y herramientas informáticas por parte de los docentes también los moviliza a adquirir nuevos aprendizajes que tienen que ver con el conocimiento del funcionamiento de estos dispositivos, con conceptos asociados a su área de enseñanza, pero mejor aun, con nuevas formas de abordar estos saberes en el aula de clase.

Es importante que los estudiantes conozcan la forma en que la información se procesa, en diferentes sistemas, que se cuestionen cuál es el proceso que debe seguir la transmisión de una imagen (por ejemplo), para que generada en un lugar remoto, llegue a sus celulares como se hace con los vídeos; cómo se almacena y trasmite un audio, y por otro lado es igualmente importante que los maestros utilicen metodologías diversas que incrementen en los estudiantes el interés por aprender, así como nuevas herramientas que estén articuladas con las innovaciones tecnológicas actuales.

Para los estudiantes es importante reconocer el proceso que se da en la transmisión de señales de imagen o sonido, en este tipo de objetos tecnológicos, este reconocimiento permite comprender muchos de los dispositivos que en la actualidad ellos utilizan de manera un poco inconsciente, como son sus celulares, sus computadores o sus consolas de juego. Es fundamental que se construyan estrategias que les enseñen (física en particular) utilizando la tecnología a disposición, y que permitan además a las instituciones educativas ahorrar costos y tiempo.

Muchas estrategias de enseñanza y aprendizaje se han construido fundamentadas en diferentes teorías, estas se han aplicado en las aulas con el fin de lograr aprendizajes más significativos y efectivos en la comprensión de las ciencias y en particular de la física.

La estrategia denominada Tri-Lab, permite un acompañamiento más efectivo por parte del maestro a los estudiantes, pues este se presenta como un orientador que favorece la apropiación de conceptos. Es un entorno en el que se construye conocimiento a partir de tres maneras diferentes de experimentación: presencial o in situ, virtual o simulada y remota

o tele-operada donde el estudiante realiza el experimento real pero desde un sitio remoto a través de una conexión a Internet. Las dificultades que alguna de estas formas pueda presentar son atendidas total o parcialmente por otra, lo cual determina la integralidad de la estrategia.

La estrategia de aprendizaje Tri-Lab se presenta como una alternativa interesante y que puede ser explorada mediante la realización de prácticas de física básica. En este contexto, el presente trabajo de investigación de maestría tiene como objetivo principal desarrollar una plataforma de aprendizaje de conceptos básicos de física, vinculados con las temáticas de cinemática, dinámica y electricidad, a partir del acceso de los estudiantes a entornos de aprendizaje diversos, que incluyen aspectos históricos sobre estos temas, una fundamentación teórica de las leyes que permiten explicar algunos fenómenos, cuestionarios que posibilitan captar el grado de apropiación conceptual del fenómeno y un entorno de experimentación Tri-Lab que le permite al estudiante evidenciar el fenómeno a través de un experimento real con las herramientas que este posee en su institución educativa, un experimento simulado, donde el fenómeno se recrea computacionalmente y un experimento remoto, donde se desarrolla el experimento real pero el estudiante controla la práctica desde un lugar físico diferente al lugar donde se encuentra implementado este.

La implementación inicial a desarrollar, cuyo aporte principal es el entorno de experimentación Tri-Lab, está orientada hacia estudiantes de secundaria de los grados décimo y undécimo, no obstante, esta podría ser extendida a estudiantes de educación superior que se están formando en programas de ciencias básicas e ingeniería, a partir de trabajos posteriores donde se desarrollen aplicaciones que permitan simular y controlar experimentos más avanzados.

## 1.2. Preguntas de investigación

De acuerdo con el problema planteado anteriormente, esta investigación busca responder cómo una arquitectura Tri-Lab contribuye al aprendizaje de conceptos básicos de física en los estudiantes de educación media. Esta pregunta se responde a través de las siguientes sub-preguntas que guían la investigación:

- ¿Cuál es la diferencia en el aprendizaje de conceptos básicos de física entre estudiantes que utilizan la arquitectura Tri-Lab y los que no la utilizan?
- ¿Existen diferencias en el aprendizaje dependiendo de los temas y contenidos de las actividades?
- ¿Existen diferencias en el aprendizaje de los estudiantes, dependiendo del componente de la arquitectura Tri-Lab utilizada (presencial, virtual, remota)?

## 1.3. Antecedentes

En los últimos años, el avance de la tecnología ha posibilitado que la transmisión de la información se instale en el lugar más importante del avance de las sociedades, debido en principio, al incremento de las velocidades de procesamiento, así como del desarrollo de nuevos dispositivos y formatos de comunicación.

Los dispositivos móviles han inundado todos nuestros espacios, con tanta celeridad, que ya a la generación presente, se la denomina nativos digitales<sup>3</sup>, queriendo significar que para ellos la tecnología es parte de su vida diaria. En este mismo sentido se ha utilizado el término generación conectivista<sup>4</sup>, indicando que se establece una conexión de carácter digital y permanente con otras personas.

La utilización de los dispositivos móviles en la escuela, es considerada por los maestros como un distractor importante de la atención de los estudiantes [1]. Celulares sonando o estudiantes distraídos en conversaciones o juegos, son unas, de las muchas nuevas ocurrencias en las aulas. La escuela debe comprender que estos objetos, más que una amenaza, pueden apoyar el aprendizaje de los estudiantes. Estos equipos vienen incorporados en la actualidad con cámaras, grabadoras de sonido, cronómetros, sonómetros, dispositivos GPS, entre muchos otros, que pueden permitir además, visualizar libros completos, ver vídeos y comunicarse con otras personas con una intencionalidad académica, convirtiéndose el celular y otros dispositivos tecnológicos en un apoyo para la comunicación entre el maestro y sus estudiantes.

Otros dispositivos que requieren una nueva mirada por parte del maestro, desde la intencionalidad pedagógica, son los vídeo juegos, que en general son considerados objetos de pérdida de tiempo [2] y con pocas características de movilizar el aprendizaje. Todo lo contrario ocurre con el uso de la computadora en el aula, la cual si se ve como un apoyo importante en muchas actividades educativas.

La Universidad EAFIT viene incorporando las TIC como mediadores del aprendizaje. De acuerdo con el Profesor de la Universidad EAFIT Juan Guillermo Lalinde <sup>5</sup>, estos mediadores abren nuevas posibilidades para tener acceso a los laboratorios, sin necesidad de la presencialidad. La Universidad se encuentra bastante interesada en explorar la potencialidad de estas estrategias en términos del uso que se le puede dar a estas tecnologías.

---

<sup>3</sup>Término acuñado por Marc Prensky, en su escrito denominado Nativos e Inmigrantes Digitales y que considera como nativo digital a quienes han crecido en contacto con las tecnologías

<sup>4</sup>Teoría que postula que el aprendizaje se produce a través de conectar y generar información en el contexto de una comunidad de aprendizaje

<sup>5</sup>Café temático sobre laboratorios ¿virtuales? - ¿remotos? ¿On Line? presentado por la oficina de Proyecto 50, ver en: <https://goo.gl/FG987j>

De acuerdo con el profesor Lalinde, la Universidad hace parte del consorcio GOLC (Global Online Laboratory Consortium), manifestando que “la existencia de este consorcio plantea algunas luces sobre el impacto de los laboratorios remotos” toda vez que es liderado por universidades tan importantes en el mundo como el Massachusetts Institute of Technology (MIT), The University of Queensland y Le École Polytechnique Fédérale de Lausanne, asociadas principalmente con National Instruments (NI), quienes son los desarrolladores del Software LabVIEW, resalta que de América Latina sólo EAFIT está asociada.

En las reuniones realizadas en este consorcio, la pregunta que se busca responder es: ¿Cómo facilitar que los estudiantes tengan acceso a los laboratorios de ciencias? y se propone tener laboratorios apoyados con la virtualidad y con acceso remoto.

La Universidad también ha desarrollado una plataforma para acceso remoto a instrumentación física avanzada [3]. En este trabajo se integraron dos laboratorios de física avanzada, el primero de ellos dotado con un microscopio de barrido por sonda (SPM) y el segundo con dispositivos programables a través de una interfaz GPIB (General-Purpose Instrumentation Bus), entre ellos un generador de onda arbitraria, un osciloscopio digital, un amplificador lock-in y una fuente de corriente. Estos laboratorios se interconectan con un programa que posibilita administrar contenido LMS (Learning Management System), que permite manejo de usuarios, roles, permisos. Los autores escogen Moodle como LMS y un servidor conectado a la red RENATA, la cual es una red que proporciona una conexión de alta velocidad, entre varias universidades de Colombia.

El desarrollo de la plataforma Web para el acceso remoto a los recursos de laboratorio también es reportado por Arroyave y otros [4]. En este artículo se aborda la noción del modelo Tri-Lab como un modelo híbrido que utiliza tres modos de acceso distintos: el instrumento físico, el instrumento teleoperado y el instrumento virtual

## 1.4. Propósito

El proyecto de Laboratorios Remotos en arquitectura Tri-Lab tiene como objetivo principal aportar soluciones a la necesidad actual en los cursos de física de secundaria y primeros semestres universitarios, además de implementar procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias desde diferentes enfoques. El primero de estos enfoques es el de la experimentación real de los fenómenos, donde los estudiantes realizan el experimento en el laboratorio con los recursos que tienen a su disposición. El segundo enfoque es la simulación, donde los estudiantes reproducen el fenómeno con la ayuda del computador, el cual genera los resultados de acuerdo con la solución numérica de las ecuaciones que el programador de la aplicación ha introducido previamente. El tercer enfoque es la experimentación remota, donde los estudiantes pueden realizar el experimento real pero desde un sitio diferente donde se encuentra el mismo, utilizando para ello una conexión a Internet que les da acceso al computador que

controla el experimento o que opera como servidor conectado al computador que controla el experimento.

Si el experimento remoto es realizado en una institución dotada con instrumentación de aceptables prestaciones, entre ellas, una buena exactitud en las medidas, posibilidad de automatizar la adquisición de los datos del experimento, frecuencias de muestreo ajustadas a las necesidades del experimento y el almacenamiento de los datos en archivo para su análisis posterior; se obtiene una ventaja adicional en el aprendizaje, ya que permite a los estudiantes acceder a un gran volumen de datos, con una baja relación señal/ruido y bajo margen de error para su posterior análisis con el profesor en el aula de clase o de manera independiente.

Las tres metodologías de experimentación presentadas anteriormente, las que denominamos en lo sucesivo entorno de experimentación Tri-Lab, enriquecen el aprendizaje de los estudiantes, pues les permiten confrontar los modelos teóricos abordados en las clases magistrales con los resultados de los experimentos encontrados en tres escenarios diferentes, dotándolos de un mayor criterio para reconocer cuál tipo de metodología aporta más a su aprendizaje, o si por el contrario las tres metodologías son necesarias para lograr un aprendizaje significativo de los fenómenos estudiados.

Las sesiones que se presentan a continuación contienen tres prácticas de física básica: Caída libre, Máquina de Atwood y Ley de Ohm. Estas prácticas están acompañadas de contenidos introductorios que cubren aspectos históricos sobre cada uno de los fenómenos, el formalismo teórico que permite comprender y explicar cada fenómeno, tareas con cuestionarios que llevan al estudiante a confrontar su aprendizaje sobre estos conceptos, previo a la experimentación, y posteriormente la experimentación de los fenómenos en el entorno Tri-Lab, donde tendrá la posibilidad de trabajar el experimento en los siguientes escenarios:

Experimento presencial: el usuario encuentra una guía de laboratorio que le permite desarrollar el experimento en su institución educativa con los recursos que se especifican en la lista de materiales.

Experimento simulado: el usuario tiene acceso a una aplicación Web desarrollada en el software LabVIEW, donde puede simular computacionalmente el fenómeno de acuerdo con una serie de parámetros configurables y en donde se obtienen los resultados de las variables más relevantes del fenómeno, predichos por las ecuaciones de un modelo teórico.

Experimento remoto: el usuario accede a una aplicación Web desarrollada en el software LabVIEW, desde la cual puede controlar el experimento real instalado en el Laboratorio de Instrumentación y Espectroscopía de la Universidad EAFIT, pero desde un sitio remoto, que es donde se encuentra situado el usuario. El experimento remoto arroja resultados reales que son almacenados en forma de archivo de datos en una carpeta pública almacenada en la nube de datos Dropbox. Finalizado el experimento, el usuario puede descargar los datos

de la carpeta para proceder con su análisis y extraer conclusiones sobre el grado de acuerdo entre el modelo teórico abordado en la clase magistral y los resultados del experimento real automatizado.

Temporalmente, mientras se actualiza la licencia de LabVIEW a la versión más reciente, tanto el experimento simulado, como el experimento remoto, deben ejecutarse con el navegador Internet Explorer (preferiblemente la versión 11), esto debido a que los navegadores Chrome y Mozilla bloquean características necesarias para ejecutar aplicaciones de Windows de manera remota.

Adicionalmente, como trabajo futuro se está implementando el acceso remoto a un espectrómetro Mössbauer para estudiar materiales que contienen  $^{57}\text{Fe}$  y a un magnetómetro de muestra vibrante para medir ciclos de histéresis de materiales magnéticos.

## 1.5. Objetivos

Con base en lo planteado anteriormente, los principales objetivos específicos de esta investigación son:

- I) Desarrollar un marco para la construcción de laboratorios híbridos o Tri-Lab (virtuales, remotos, presenciales) para la enseñanza y aprendizaje de la física en educación media.
- II) Investigar el impacto del laboratorio híbrido en el aprendizaje de conceptos asociados con la caída libre, la dinámica newtoniana y la ley de Ohm, usando como caso de análisis un grupo de estudiantes de educación media (grado 10) de una Institución de educación oficial del municipio de Marinilla, Antioquia.
- III) Proponer un modelo pedagógico informado y mediado por TIC como alternativa a los métodos tradicionales de enseñanza de la física.

## 1.6. Justificación

En la actualidad hay diferentes herramientas que tienen como propósito contribuir a un mejor aprendizaje de las ciencias, que utilizan las tecnologías, los computadores, simulaciones, vídeos entre otros y sus integraciones, se aporta a una mejor comprensión de los conceptos científicos y adicionalmente este tipo de tecnología permite que los estudiantes se involucren con la experimentación simulada y puedan tener una idea previa de los resultados que arrojará un experimento real antes de abordar la experiencia directa del fenómeno. Esta es una alternativa de apoyo al aprendizaje, que podría ser incluso la única opción, cuando una institución educativa no cuenta con recursos de infraestructura física de laboratorios, o donde la dotación de estos es deficiente. Además de las simulaciones y herramientas basadas

en la virtualidad, existen otras alternativas que han sido poco explotadas y que tienen un alto potencial para favorecer el aprendizaje de conceptos a partir de la experimentación directa, entre ellas la experimentación remota a partir de equipos de laboratorio programables disponibles en diversas instituciones de educación superior.

Varias universidades de nuestro país cuentan con este tipo de infraestructura, no obstante, su uso se ha limitado a funciones muy especializadas demandadas por los procesos de investigación, lo que limita su acceso a un público muy específico. Sistemas como las tarjetas de adquisición de datos de propósito general, los osciloscopios digitales, generadores de onda arbitraria, amplificadores lock-in, nanovoltímetros, entre otros equipos de laboratorio, que en épocas pasadas se consideraban inaccesibles para estudiantes de cursos básicos de ciencias e ingeniería, hoy son cada vez más comunes y comienzan a verse en los laboratorios de los primeros semestres, lo que hace pensar que estas herramientas, en virtud de su posibilidad de control automático, puedan llegar a ser compartidas, no solo entre instituciones de educación superior, sino entre estas instituciones y colegios menos equipados, metodología que, de llegar a tener acogida, podría revolucionar la investigación y el aprendizaje de las ciencias. La conectividad y la instrumentación programable a través de Internet abren todo un panorama de posibilidades que podrían contribuir a una mejor formación de los estudiantes de secundaria en temas de ciencia e ingeniería, despertando un mayor interés de estos por este tipo de disciplinas, prioritarias para el desarrollo de nuestro país.

En un contexto de enseñanza, en el cual se usa el laboratorio de ciencias de una forma tradicional, sólo los alumnos de la institución educativa propietaria de los equipos de laboratorio pueden utilizar estos recursos para realizar sus prácticas. En este sentido, si la institución dispone de un equipo de experimentación especializado (como rieles de aire, bombas de vacío, túneles de viento, generadores de campo, etc) y se cuenta con la posibilidad de que, mediante control a distancia, muchas otras instituciones educativas lo utilicen, sin tener que desplazar a los estudiantes ni desplazar los equipos, se contribuirá notablemente al mejoramiento de los procesos de educación en ciencias y se hará un uso mucho más racional de la infraestructura física disponible, elevando su productividad y reduciendo costos por multiplicidad de dotación de equipos para desarrollar las mismas prácticas de laboratorio en diferentes instituciones educativas.

La idea de compartir recursos de laboratorio entre instituciones educativas a través de estrategias como los laboratorios teleoperados, cobra cada vez mayor sentido debido al avance acelerado del conocimiento y a la forma en que este debe ser incorporado cada vez más temprano a los procesos de formación de los estudiantes de educación secundaria y superior, buscando que estos puedan desarrollar competencias que les permitan acceder posteriormente a entornos laborales competitivos. Además de los nuevos conocimientos y competencias requeridos por los estudiantes en la actualidad, se necesitan recursos con cierto grado de complejidad, que muchas veces no están al alcance de todas las instituciones educativas.

La metodología de enseñanza-aprendizaje abordada en el presente trabajo de investigación es pertinente puesto que le ofrece a los estudiantes una forma dinámica de acercarse a los conceptos de la física, en la cual ellos administran su aprendizaje, toda vez que pueden optar por una, dos o tres perspectivas de experimentar un fenómeno, lo cual enriquece la ruta de aprendizaje de los conceptos involucrados en el mismo.

La literatura que se ha encontrado sobre la arquitectura Tri-Lab es un poco incipiente en lo que concierne a estudios sobre su efectividad en el aprendizaje, sin embargo se encuentra buena documentación sobre ventajas y desventajas de cada uno de sus componentes de manera aislada (In situ, virtual, remoto). En este sentido, el presente trabajo de investigación también constituye una oportunidad para obtener mayores evidencias sobre la pertinencia de introducir entornos de aprendizaje múltiples como el Tri-Lab en los procesos de enseñanza-aprendizaje de cursos de ciencia básica, particularmente en los cursos de Física.

## 2. Marco de referencia

### 2.1. Estado del arte y antecedentes

#### 2.1.1. Situación internacional

La utilización de laboratorios virtuales y remotos está cambiando las formas de enseñar y aprender de nuestra sociedad. El empleo de las herramientas remotas y virtuales ha sido de uso común desde hace casi cuatro décadas, como lo destacan (particularmente en Matemáticas) Lee y Hollebrand [5], ellos señalan que la interactividad con herramientas tecnológicas cambia la forma como el estudiante comprende las matemáticas, se trata entonces de construir elementos tecnológicos como simulaciones, que permitan al estudiante la comprensión y solución de problemas propios de las matemáticas. Los resultados sugieren que las características previstas son apropiadas para ayudar a los estudiantes a construir una serie de heurísticas en el análisis, planificación y evaluación, que son actividades organizadas para lograr los objetivos propuestos.

Ellos consideran que existen cuatro componentes esenciales para resolver un problema: los recursos de conocimiento desde los cuales se parte para dar solución, un procedimiento Heurístico para abordar el problema, un control sobre el procedimiento y las creencias matemáticas que se tienen para interpretar los resultados. Todos estos componentes se encuentran mediados por los avances tecnológicos presentados y por ello esta interacción fomenta la comprensión de las matemáticas.

Reed, Drijvers y Kirschner [6] plantean que la interacción de los estudiantes con herramientas tecnológicas mejora las actitudes hacia las matemáticas y se logran aprendizajes de más alto nivel. Cuando se utilizan estas herramientas los estudiantes con actitudes positivas son propensos a exhibir buenos comportamientos de aprendizaje, orientados hacia un objetivo, mientras que aquellos con actitudes negativas son propensos a emplear conductas de enfrentamiento y descuidar el proceso de aprendizaje. Para llegar a esta afirmación ellos planificaron una investigación en la cual construyeron una herramienta matemática para ayudar a comprender a los estudiantes el concepto de *función matemática*.

Loong y Herbert [7] han realizado una investigación con un grupo muestral significativo (97 estudiantes) cuyos profesores han usado la Web para enseñar en sus clases de matemáticas. Las respuestas que dan sobre el uso de las matemáticas en INTERNET fueron analizadas

para conocer la motivación hacia las matemáticas y el aporte de Internet en su aprendizaje. Las animaciones interactivas que construyeron pueden ser manipuladas para proporcionar información a los estudiantes y que estos tengan la posibilidad de interactuar para comprender mejor el fenómeno. El papel de los docentes se concentra en emplear su conocimiento del contenido pedagógico para determinar la manera en que un determinado objeto interactivo permite adquirir la comprensión matemática, y en este sentido, prestar mucha atención al diseño de las tareas para evitar sobrecarga cognitiva y fomentar la motivación en los estudiantes.

El aprendizaje de la estadística, apoyado con herramientas tecnológicas, ha sido analizado por Emmungil y Geban [8] quienes construyeron un entorno Web para la enseñanza de la estadística, buscando una mejor comunicación entre el docente y el alumno. Este tipo de construcciones también permiten que el docente o tutor se esfuerce menos, pues la información puede utilizarse una y otra vez por parte del estudiante. Las percepciones altamente positivas de los estudiantes demostraron que es necesario que estos tengan un sistema de apoyo de este tipo.

Bhattacharjee y Paolini, [9] han creado un programa denominado TEST, es un programa basado en JAVA, que ofrece herramientas de análisis para la evaluación de propiedades de las sustancias para ello hacen el exploración de algunas variables físicas como son: el trabajo, la energía, la entropía y el análisis de energía de los sistemas abiertos y cerrados genéricos, motores de combustión interna, el gas y los ciclos de potencia de vapor, refrigeración, climatización, combustión, química de equilibrio y la dinámica de gases, con este análisis la aplicación, permite crear simulaciones para el diseño molecular. Se ha utilizado como herramienta para generar datos cualitativos y permite observaciones directas de los sistemas moleculares y comprender fenómenos de transporte y comportamiento de algunos materiales. El uso de este programa ha reportado bastantes éxitos en los currículos educativos, un ejemplo de este tipo de aplicaciones es el software Gaussian 09 que cuenta con una alta flexibilidad gráfica.

Ong y Mannan [10] desarrollaron un software educativo para simular de manera interactiva la fabricación de herramientas automáticas utilizadas en la industria de Singapur. Las aplicaciones para explorar la realidad aumentada y la realidad virtual tienen mucho potencial en el ámbito educativo y permiten complementar otras perspectivas computacionales para favorecer el aprendizaje. Estas posibilitan analizar la representación tridimensional de un objeto y admiten una interacción completamente virtual con el usuario que se ve inmerso en una realidad ampliada o aumentada, generando, en la mayoría de los casos, un considerable interés por parte de los estudiantes. Utilidades como transparencias, simulaciones de realidad virtual y animaciones, se han desarrollado y son presentadas adecuadamente en los materiales de enseñanza para mejorar la comprensión de conceptos complejos, como el control numérico o movimientos en brazos de robot, sin que sea necesario la utilización del

objeto real en la capacitación.

Monge, Méndez y Rivas [11] describen una experiencia de 10 años con la incorporación de laboratorios virtuales para enseñanza a distancia en la Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica UNED, donde un laboratorio virtual simula una situación de aprendizaje previamente realizable solo en un laboratorio real. Construyeron once laboratorios para resolver diferentes problemas como: mantenimiento de equipos, desplazamiento de estudiantes y tutores, infraestructura, entre otros. Comprobaron la efectividad de esta estrategia, tanto de forma presencial como a distancia. La estructura del laboratorio contiene un mapa conceptual, las actividades que se tienen que realizar, los objetivos de cada actividad, una breve explicación teórica y un espacio para evaluar esta estrategia. Se encontró una significativa mejora en la evaluación, medida en la nota promedio de los exámenes estandarizados en el territorio costarricense y con una población que va, desde docentes experimentados con conocimientos medios de computación, hasta estudiantes novatos sin experiencia en el uso y manejo de computadores.

Jara et al [12] implementaron una estrategia educativa combinada entre el laboratorio virtual y el aprendizaje colaborativo en tiempo real. Utilizaron applets de Java que los usuarios ejecutaban de forma colaborativa. Esta experiencia se llevó a cabo en algunas universidades españolas. Concluyen que el enfoque presentado ofrece una nueva herramienta de aprendizaje para hacer entornos síncronos de colaboración con los laboratorios virtuales que comparten solamente un navegador Web.

Unos años más tarde Jara et al. [13] realizaron una experiencia educativa basada en blended Learning (b-learning) (concebido como aprendizaje semi presencial), que consiste en la utilización de diferentes estrategias de enseñanza que combinan la presencialidad y la educación a distancia, para ello emplearon un laboratorio de robótica virtual, remoto y de bajo costo, donde establecieron secuencias entre la práctica real y la simulación. Los estudiantes realizaban actividades en su casa, luego las confrontaban en clase y finalmente se realizaban de forma remota.

Luengas, Guevara y Sánchez [14] desarrollaron una experiencia de auto aprendizaje basada en el Hardware y el Software, ayudando a desarrollar habilidades y aptitudes en los estudiantes y reforzando el proceso de autoformación, manejo de tiempos y autoevaluación. Como resultado de esta investigación, proponen integrar el laboratorio virtual a cada curso y buscar que estas nuevas formas de enseñanza puedan ser asimiladas por la pedagogía moderna.

Fabregas et al. [15] desarrollaron y describieron la construcción de un laboratorio remoto utilizando herramientas virtuales en la enseñanza de la ingeniería para control de procesos. La propuesta permitía que los estudiantes experimentaran, de forma remota y sincrónica,

el control de una planta real como una actividad complementaria al laboratorio presencial, utilizando herramientas como Simulink y Java. Ellos además realizaron una interesante evaluación de las herramientas utilizadas.

Lorandi et al. [16] presentaron los aportes didácticos que pueden considerarse para realizar los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la ingeniería, con un análisis adicional sobre las ventajas económicas de su uso en relación con el recurso físico y humano, considerando los modelos educativos flexibles.

Barrios et al. [17] desarrollaron e implementaron un sistema multiusuario para integrar laboratorios académicos remotos con propósitos educativos, utilizando applets en Java, para aprovecharlos en la enseñanza de la Ingeniería de Control. En el sistema desarrollado se pueden compartir recursos y comparar metodologías. La arquitectura incluyó tres capas: la primera era un sistema de administración del aprendizaje orientado al usuario, la segunda un sistema de administración para los módulos y la tercera las aplicaciones de control de procesos de cada laboratorio. La prueba piloto llevada a cabo con los estudiantes del curso de control ha permitido examinar las condiciones funcionales de aceptación, facilidad de uso y la utilidad de la práctica a distancia.

### 2.1.2. Situación nacional

De acuerdo con el portal de Colciencias, en el año 1983 [18] comienza a surgir en nuestro país una preocupación por la investigación en educación y pedagogía, adicionalmente sobre el impacto de los nuevos aportes tecnológicos, en la educación en ciencias. Se propone la construcción de lineamientos curriculares para el desarrollo de un Programa Nacional de Ciencia y Tecnología específico para el campo. (Decreto 585 de 1991 [19])

“El programa de Ciencia y Tecnología en sus 23 años ha financiado 331 investigaciones en diferentes líneas temáticas en educación. Las investigaciones financiadas se encuentran en su mayoría en el Distrito Capital y en los departamentos del Valle del Cauca, Antioquia, Atlántico, Santander, Caldas y Cauca. La financiación de los proyectos ha estado centrada en su mayoría en la universidad pública, y en menor proporción, en la universidad privada, ONG y centros educativos. Las instituciones que han recibido mayor financiación son: Universidad del Valle, Universidad de Antioquia, Universidad Pedagógica de Colombia, Universidad Distrital Francisco José de Caldas y Universidad Nacional de Colombia.” [20]

Líneas de Acción: el Programa ha fomentado la generación de conocimiento en líneas temáticas en educación y pedagogía desde el año de su creación. Algunas de las líneas que se han fortalecido, siendo las del interés de este artículo son: Educación Matemática, Didáctica, Pedagogía, Innovaciones Educativas, Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Educación y Enseñanza de las Ciencias.

Como resultado de este proyecto, se presentó un plan de acción que favorece la apropiación de las nuevas tecnologías en la enseñanza de las ciencias en la Escuela y se propone: “Colombia en sus últimos resultados de las pruebas del saber y del ICFES, así como en las pruebas internacionales, ha mostrado resultados que indican la necesidad de continuar con mayor esfuerzo la educación en ciencias naturales y sociales” [21] “Problemas de la didáctica de la física, la biología, la astronomía, la geología, la historia, la geografía, entre otras, requieren de generación de nuevo conocimiento para facilitar su aprendizaje en educación básica, media y superior. Igualmente, es necesario profundizar en los procesos cognitivos, la diversidad cultural, las mediaciones tecnológicas, las concepciones sobre las ciencias, la educación ambiental, la formación científica, el lenguaje de las ciencias y su mediación pedagógica, los textos escolares, la evaluación, el currículo, entre otros aspectos para el aprendizaje de las ciencias.”

En este sentido las autoridades educativas han construido políticas educativas que orientan y brindan a los docentes derroteros para la implementación de la enseñanza de sus disciplinas con el apoyo de TIC, los referentes principales son: Ley General de la Educación en Colombia, Ley de Ciencia y Tecnología, Documentos MEN. (Decreto 585 de 1991) y Plan Nacional de Ciencia y Tecnología.

A continuación se presentan los resultados más relevantes que apoyan la inserción de las TIC en el aula de clase, de acuerdo con esos referentes. Ley 115 de Febrero 8 de 1994: [22] Más conocida como la Ley General de la Educación en Colombia, en su artículo quinto y en concordancia con la Constitución Política de la República de Colombia, contempla en los fines de la Educación, “La promoción en la persona y en la sociedad de la capacidad para crear, investigar, adoptar la tecnología que se requiere en los procesos de desarrollo del país y le permita al educando ingresar al sector productivo”

En su artículo 20, [22] presenta como uno de los fines de la Educación en Colombia: “Ampliar y profundizar en el razonamiento lógico y analítico para la interpretación y solución de los problemas de la ciencia, la tecnología y de la vida cotidiana” y como objetivos específicos de la formación: “El desarrollo de las capacidades para el razonamiento lógico, mediante el dominio de los sistemas numéricos, geométricos, métricos, lógicos, analíticos, de conjuntos de operaciones y relaciones, así como para su utilización en la interpretación y solución de los problemas de la ciencia, de la tecnología y los de la vida cotidiana” y “La iniciación en los campos más avanzados de la tecnología moderna y el entrenamiento en disciplinas, procesos y técnicas que le permitan el ejercicio de una función socialmente útil”.

De acuerdo entonces con la Ley 115, busca formar a un ciudadano competente en el uso de la tecnología, de tal forma que la pueda adaptar, utilizar o construir para resolver problemas de su cotidianidad.

LEY 1286 DE 2009: [23] Conocida como la Ley de Ciencia y Tecnología, busca fortalecer el sistema del país en cuanto a Ciencia, Tecnología y Colciencias, buscando mejorar el sistema productivo del país.

Como una de las bases para la consolidación de este objetivo, pretende: “Promover el desarrollo de estrategias regionales para el impulso de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, aprovechando las potencialidades en materia de recursos naturales, lo que reciban por su explotación, el talento humano y la biodiversidad, para alcanzar una mayor equidad entre las regiones del país en competitividad y productividad”. Desde esta idea está claro que el plan de tecnología del País puede ser asumido por cualquier persona desde cualquier lugar de nuestro país, favoreciendo el desarrollo y la equidad tecnológica de nuestras regiones.

Es importante anotar que en el marco de la ley se establecen mecanismos de protección intelectual, según esta “El Estado promoverá el desarrollo de políticas e instrumentos para administrar, evaluar, proteger y reconocer la propiedad intelectual de los desarrollos en ciencia, tecnología e innovación”, además en esta ley se establece la reorganización de Colciencias y le asigna como funciones velar y apoyar la calidad de los procesos en los cuales está implicada la tecnología en el País.

Decreto 585 de 1991: [24] Este Decreto establece la creación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, como un órgano de carácter permanente y que vela por la implementación de las tecnologías y las Ciencias en el País, a su vez define los programas de formación en Ciencias y Tecnología, sus órganos nacionales y regionales y sus funciones principales.

El Plan Nacional de Ciencia y Tecnología identifica los mercados y tecnologías más prometedoras para el País en el contexto actual, asigna el rol de los diferentes agentes y propone las actuaciones consideradas esenciales para lograr el impacto positivo de las intervenciones públicas. Este plan también se encuentra en concordancia con las Políticas emanadas por el País en materia de Ciencia y Tecnología.

En este plan se establece que: “El Gobierno Colombiano en su Política Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, formulada en el documento “Colombia Construye y Siembra Futuro”, identifica la necesidad de aumentar la inversión en CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación) y fortalecer el SNCTI (Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación) para mantener los niveles de crecimiento de la economía”. [25]

A nivel Global, Colombia ocupa el puesto 49 en el índice de competitividad, en materia de generación, apropiación y uso de Conocimiento, por debajo de países suramericanos como Chile, Argentina y Brasil. Por ello se busca en este plan iniciativas eficaces de innovación a escala país en el ámbito ETIC (Electrónica, Tecnologías Ciencia y Tecnología). El objetivo principal de este plan es: “Proporcionar una propuesta de largo plazo para la superación de limitaciones y construcción de capacidades en CT+I para el desarrollo de la industria

electrónica nacional y del sector de tecnologías de la información y las comunicaciones TIC” . [25]

Revisando el aporte de las Regiones a este plan estratégico en su Plan Regional de Competitividad, considera como objetivo desarrollar una moderna infraestructura de telecomunicaciones en la cual se dé más cobertura en conectividad, desarrollar el talento humano en todos los niveles en el sector Software con la implementación de TIC en la enseñanza, así como la internacionalización de información virtual para favorecer el comercio.

En este sentido se presenta que “El sector software tiene una presencia especialmente remarcada en este plan, incidiendo en el desarrollo de programas de educación técnica, tecnológica y superior. Con este objetivo se ha dotado de presupuesto a este sector y se ha puesto en marcha una serie de acciones para financiar estudiantes, crear concursos de emprendimiento, crear un vivero de software, entre otras” [25]

Una de las estrategias productivas que se consideran en este sentido es aprovechar que la penetración de dispositivos móviles es muy alta, lo que conlleva a que el mercado de aplicaciones móviles también crezca rápido y esto aumenta las ventas para las aplicaciones y sus plataformas.

En este orden de ideas, las principales actividades comerciales que se pueden desarrollar en Colombia, apoyándose en el software, son: venta e instalación de software, servicios de consultoría, desarrollo de software a la medida, implantación de software y o paquetes, soporte en sistemas, capacitación, gerencia de proyectos, venta e instalación de hardware, outsourcing de tecnología, procesamiento de datos, telecomunicaciones, educación, entre otros.

## 2.2. Algunos proyectos TIC en Colombia

***Vive Digital:*** Este programa busca la masificación de INTERNET para reducir la pobreza con la generación de empleo. En la búsqueda de este objetivo, se mueve en cuatro componentes: infraestructura, usuarios, aplicaciones y servicios. En infraestructura se busca mejorar los elementos físicos de la conectividad digital como torres, cableado, antenas, fibra óptica, telefonía celular, entre otras. En cuanto a los usuarios, busca que se produzca y consuma más tecnología digital, para ello, se han organizado acciones de masificación educativa. En cuanto a aplicaciones, se ha dotado a un gran número de instituciones educativas de computadores y tablets, así como el impulso al desarrollo de aplicaciones móviles, para promover y potenciar la creación de negocios a partir del uso de las TIC, poniendo especial interés en el desarrollo de aplicaciones móviles, software y contenidos. En cuanto a los servicios ofrecidos están todos los relacionados con la conectividad a Internet y a la telefonía móvil.

***Computadores para Educar:*** Consiste en la entrega de computadores a las instituciones educativas del país, con el fin de cerrar la brecha digital y favorecer la masificación de las terminales.

***Proyecto CINTEL:*** Apoya la implantación de tecnologías, la ingeniería y la industria nacional TIC a través de proyectos de investigación aplicada, innovación y desarrollo tecnológico, para lo cual cuenta, además de sus recursos propios, con un completo grupo humano e infraestructura de laboratorios proveniente de sus universidades. Desarrolla actividades de investigación aplicada e innovación en campos específicos de aplicación de las TIC en diversos sectores especialmente en educación.

***Convocatorias para la creación de aplicaciones (APPS):*** El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), permanentemente realiza convocatorias para que personas y equipos, sin importar su formación, puedan participar de un proceso de preparación y acompañamiento mediante talleres previos a la evaluación, que busquen desarrollar sus ideas en cuanto a la ideación, prototipado y validación, en ideas de negocio TIC y quieran hacerla realidad.

## 2.3. Marco teórico

### 2.3.1. Caracterización de las actividades experimentales

La enseñanza de las ciencias experimentales se apoya en los laboratorios para la formación de conceptos científicos en los estudiantes, y por ende, en la formación de profesionales en ciencias, tecnologías e ingenierías. Según Sebastia [26] usualmente las re-estructuraciones de los laboratorios se centran en la actualización de equipos de medida o en la revisión de las guías presentadas, mas no en la revisión de los objetivos de estas prácticas o en utilizarlas para fomentar el aprendizaje de las ciencias en los alumnos.

Las actividades experimentales tienen implícito un enorme potencial de enseñanza y aprendizaje. De acuerdo con Penagos y Jessup [27], se puede decir que sólo en los últimos años se vienen aprovechando medianamente y aun así, su utilización por parte de los docentes de la educación media no es muy alta.

Los costos de los equipos a utilizar, el número de estudiantes por curso, la falta de recursos, el desconocimiento del funcionamiento de los equipos de laboratorio por parte de algunos docentes, fallas en los procedimientos a realizar y hasta el control mismo de la disciplina, han sido factores que afectan la inserción adecuada de las actividades experimentales en la enseñanza de las ciencias en las aulas de clase.

Considerando estas amenazas, se han hecho interesantes avances para que las ciencias tengan un mayor componente experimental en ambientes más enriquecedores, con equipos de

buena tecnología y un mejor diseño de los espacios de laboratorio. Sin embargo, un laboratorio va más allá de un lugar en el cual se realizan experimentos controlados, los laboratorios pueden presentarse incluso de forma mental como los diseñados por Galileo o Einstein. Por esta razón, centrando la discusión sobre las actividades experimentales realizadas por los estudiantes para comprender un fenómeno o concepto, una primera caracterización puede darse de acuerdo con el espacio físico en el cual se realizan los experimentos, pudiendo estos ser presenciales o remotos. Se presenta a continuación una breve descripción de cada una (considerando el laboratorio virtual como no presencial), especificando sus ventajas y desventajas, para que sean consideradas en una eventual implementación.

### **Laboratorio presencial**

Se elige la denominación de presencial para aquellos laboratorios que son realizados en un espacio físico que ha sido designado para que allí se efectúe la experiencia y el control de las variables físicas con la presencia del experimentador (in situ). En esta definición no se ha querido utilizar la denominación “tradicional”, como se presenta en muchos reportes de investigación, pues considera el autor de esta investigación, que este término puede ser aplicado en cualquier situación y que es más bien, el enfoque de enseñanza, lo que le da esta característica y no su ubicación espacial.

La práctica de laboratorio presencial se ha convertido en una potente estrategia pedagógica que permite el desarrollo de competencias procedimentales y científicas. Se acostumbra desarrollar sus contenidos de forma sincrónica con los contenidos teóricos. [28] Pero como toda estrategia de enseñanza, tiene elementos que la ayudan a potenciarse (ventajas), como también otros que no favorecen el aprendizaje de conceptos y que se consideran desventajas.

Como ventajas de los laboratorios presenciales se tienen:

Generalmente, se hacen con una excelente planeación de las actividades y se secuencian elementos teóricos y prácticos, permitiendo un buen seguimiento por parte de los estudiantes de las indicaciones, para alcanzar los objetivos propuestos.

Permiten al estudiante la interacción con los elementos, los manipula y los transforma, observando detalladamente los cambios que ocurren.

Desarrollan competencias y habilidades en la medición, la observación, la formulación de hipótesis, entre otras, adquiriendo conocimientos en los métodos que se usan en ciencias para resolver problemas.

En el laboratorio presencial se puede contar con la mediación del Docente, quien ayuda a resolver situaciones relacionadas con el manejo de los equipos, su calibración o en la comprensión de los resultados obtenidos. [28]

Consecuentemente, algunas desventajas importantes encontradas en los laboratorios de carácter presencial son:

Los intervalos de tiempo que se requieren para la adquisición de datos y el procesamiento de los informes algunas veces son significativos y pueden hacer que los estudiantes pierdan el interés por la comprensión del fenómeno estudiado y se dediquen a ajustar los resultados, buscando obtener bajos porcentajes de error.

El costo de los equipos puede volverse elevado cuando se requiere trabajar en condiciones cuasi-ideales o realizar prácticas de temas avanzados. Entre estos equipos se encuentran las bombas de vacío, rieles de aire, transductores de posición, velocidad, aceleración, voltímetros y amperímetros de alta resolución, entre muchos más. Se debe considerar también que los equipos eléctricos que se emplean pueden tener un alto consumo de energía.

El aumento en el número de estudiantes usualmente no garantiza el aumento en el número de estaciones de trabajo. Cuando esta situación se presenta, se le dificulta al docente asesorar cada una de las estaciones de trabajo en forma adecuada, por el tiempo dedicado a cada práctica.

Los equipos se utilizan para algunas prácticas por periodos cortos, pero el resto del tiempo suelen estar inactivos, favoreciendo su deterioro.

La realización de una práctica requiere de una persona dedicada a la puesta a punto del equipo de todas las estaciones de trabajo, así como la supervisión permanente de estas estaciones para garantizar el buen funcionamiento de los equipos. [28].

### **2.3.2. Laboratorios virtuales**

Los ambientes de aprendizaje basados en la Web se han hecho muy populares en educación. Uno de los recursos pedagógicos más importantes es el laboratorio virtual, el cual permite que el estudiante acceda con facilidad a una gran variedad de herramientas a través de una plataforma interactiva. [28] Este cambio de paradigma ha sido orientado por las nuevas competencias laborales del mercado, que abre otros entornos comerciales en los cuales la sociedad se está desempeñando en la actualidad.

Se entiende el Laboratorio Virtual como un espacio virtual diseñado para la experimentación, con el objeto de aprender los conceptos científicos que permitan la explicación de los fenómenos naturales. Entre las ventajas que ofrecen los laboratorios virtuales se puede encontrar que:

“Permiten simular muchos fenómenos físicos y modelar sistemas, conceptos abstractos, situaciones hipotéticas, controlando la escala de tiempo, la frecuencia, etc., ocultando, si así

se requiere, el modelo matemático y mostrando solo el fenómeno simulado, e inclusive de forma interactiva, llevando el laboratorio al hogar de nuestros estudiantes”. [16]

Permiten el aprendizaje mediante la experimentación y realización de actividades complementarias a las vistas en clase o en el laboratorio presencial, facilitando el análisis de los resultados obtenidos.

El estudiante puede realizar los experimentos, modificando una o varias de las variables y observando las respuestas del sistema, comparando con lo obtenido en la práctica experimental. [28]

El entorno gráfico en el cual se realizan puede ser bastante llamativo para los estudiantes.

El acceso a Internet viene creciendo y sus costos son usualmente bajos, de igual forma disminuyen notablemente los costos de inversión en equipos físicos, ya que estos pueden simularse virtualmente.

Los tiempos de ejecución pueden escalarse para que un fenómeno físico que tarda determinado tiempo se pueda reproducir en el tiempo en que se desee que ocurra, por ejemplo, una colisión de galaxias, movimientos de placas tectónicas, crecimiento de plantas, evolución de sociedades, entre muchas otras.

Se pueden realizar prácticas con cualquier número de estudiantes, ya que ellos las pueden utilizar dentro de su institución educativa o en lugares externos. [28]

Se pueden modificar las variables como se desee, lo cual permite que se hagan variaciones en condiciones extremas, que podrían incluso ser imposibles de llevar a cabo en el experimento real, sin temor a sufrir accidentes o realizarlo cuantas veces sea necesario.

Permite apreciar fácilmente relaciones entre los elementos y evoluciones temporales de un fenómeno. [29] Permite que de forma inmediata se obtengan los datos y estos puedan ser llevados a tablas y casi inmediatamente graficarlos y analizarlos de acuerdo con las necesidades de la práctica.

Desventajas: muchos docentes tienen dificultades para incorporar ambientes de aprendizaje virtuales, pues consideran que aún no se tienen modelos pedagógicos para la integración de las TIC en sus disciplinas. [28] La dificultad del acceso a la Tecnología se usa también como excusa para el no uso de estos ambientes.

Que no se utilicen modelos teóricos lo suficientemente realistas, puede favorecer la confusión del estudiante cuando llega a resultados diversos, el hecho de que todo modelo sea una representación ideal es un riesgo que debe ser mediado por el docente.

Aún no se tiene la suficiente literatura validada que apoye la incorporación de estas estrategias en el aula, además la herramienta utilizada puede no ser un buen material didáctico, por consiguiente los maestros deben someterla a una rigurosa evaluación, tanto de sus objetivos, como de sus contenidos y sus resultados.

La falta de interacción con los equipos y con el fenómeno físico puede desanimar a los estudiantes.

### 2.3.3. Laboratorio remoto

Es aquel que existe y puede ser manipulado desde una ubicación remota, en el otro punto de la comunicación se encuentran los recursos, que pueden ser: cámaras, hardware específico para la adquisición local de datos y software para comunicaciones. Es claro que se requiere de una conexión a Internet para su utilización. [28]

Un laboratorio remoto utiliza una red de comunicaciones, donde los usuarios y los equipos del laboratorio están separados geográficamente y las tecnologías de telecomunicaciones se utilizan para acceder a estos equipos [30]

El laboratorio remoto es una innovación en el campo de la educación y debe prestarse atención a su diseño, al estudio de las ventajas e inconvenientes, y sobre todo, a sus aportaciones didácticas. [16]

El laboratorio remoto permite al usuario realizar prácticas mediante su computador o dispositivo inteligente (Smart Phone o Tablet) y una conexión a Internet, modificando variables físicas, observando procesos y obteniendo los resultados de esta interacción lejana.

Estos laboratorios han sido desarrollados por una arquitectura de software que se compone de tres capas: una interfaz de usuario para el cliente, un servidor Web que atiende las peticiones de los clientes y una interfaz de conexión que comunica la aplicación Web con los equipos y a su vez establece comunicación entre los equipos y los instrumentos de medición. [16]

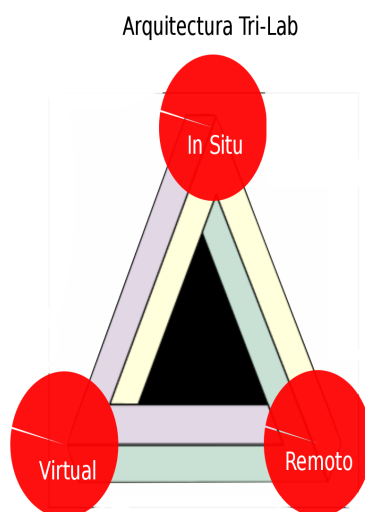
Los laboratorios remotos requieren para su implementación una buena conectividad, que favorezca la transmisión en tiempo real de la información, requieren además establecer protocolos de comunicación con los equipos mediante puertos USB, bus Ethernet, puerto serie, puerto de infrarrojos, bus IEEE488 (ó GPIB), entre otros. Esta conectividad normalmente incrementa el costo de los equipos, pero aumenta la flexibilidad en la toma de los datos y disminuye los errores experimentales debidos a la intervención humana en el experimento.

Un entorno de experimentación debería atender los tipos de laboratorios anteriormente detallados, permitiendo más flexibilización en tiempo, costos y aprendizajes por parte de

los estudiantes e instituciones educativas en general. [28] Es importante que se evalúen permanentemente estos recursos experimentales, identificando fallas y desarrollando acciones de mejoramiento para cada uno de ellos, resaltando que la idea no es reemplazar uno por otro, sino complementar y permitir aprendizajes más significativos.

#### 2.3.4. Entorno Tri-Lab

El ambiente Tri-Lab, esquematizado en la figura 2-1, presenta estrategias que fomentan el aprendizaje, agrupando todas las ventajas de los tipos de laboratorio antes mencionados, es decir, el presencial, el virtual y el remoto. Es una estrategia que promueve el aprendizaje en entornos colaborativos, con un enfoque integrador de experimentación que propicia mejores formas de comprender las teorías científicas. La arquitectura Tri-Lab fue desarrollada inicialmente en un estudio piloto del curso de instrumentación y control, realizado con estudiantes de primer año del programa de Ingeniería Química de la Universidad de Loughborough. Este estudio mostró que cuando se realizan actividades previas al laboratorio in situ, se encuentra una mejor motivación en los estudiantes y que en el momento de operar remotamente los instrumentos, resulta de mayor utilidad para comprender mejor los conceptos [31]



**Figura 2-1.:** Arquitectura Tri-Lab, cada vértice del triángulo representa una de las tres formas de experimentar un fenómeno.

Sin embargo, en este mismo artículo se citan resultados de investigaciones en las cuales se buscaba determinar cuál de las tres formas de experimentar en ciencias produce aprendizajes más efectivos, llegando a resultados diversos, es decir, en ocasiones el uso del laboratorio remoto reportaba mejores aprendizajes que el laboratorio presencial y en otros no, manifestándose estos aprendizajes en algunos casos en el desempeño de pruebas escritas, de esto se puede inferir que hacen falta más estudios para determinar dicha eficacia en el aprendizaje.

Engum et al [31] sugieren que una combinación de dos o tres de estas metodologías puede llevar a que los estudiantes adquieran unas mejores competencias científicas y a la vez se sientan más satisfechos en las clases.

### **3. Desarrollo e implementación de un entorno de aprendizaje Tri-Lab en cursos de física de educación secundaria**

El propósito de esta investigación es diseñar, implementar y evaluar el impacto de un ambiente Tri-Lab para la enseñanza de la física, en el ciclo de educación media y en los primeros semestres de educación terciaria. Para alcanzar este objetivo se utiliza un diseño cuasi-experimental con grupo de control. Los grupos están conformados por estudiantes del grado 10 de esta Institución Educativa Escuela Normal Superior, Rafael María Giraldo del municipio de Marinilla.

#### **3.1. Fases de la investigación**

El estudio se desarrolla en tres fases, una fase de construcción de los experimentos en cada uno de los escenarios (in situ, simulación y remoto); fase de intervención y fase de evaluación.

El laboratorio in situ está acompañado de una guía para que el estudiante realice la práctica en la institución educativa; la simulación se ha realizado en el software de programación gráfica LabVIEW, tratando de que el modelo sea lo más fiel posible a la situación real; y el laboratorio remoto, que también respeta las condiciones de presencialidad de la práctica, solo que ésta es ejecutada y controlada desde el sitio donde se encuentra el estudiante o usuario remoto.

##### **3.1.1. Fase 1: Preparación de los montajes y los materiales**

La preparación y montaje de los materiales se realiza con la herramienta de administración de contenidos Moodle 3.1.6 instalada en la Plataforma Educativa Neutrón del Laboratorio Proyecto 50 de la Universidad EAFIT. Esta plataforma alberga una serie de contenidos para procesos de enseñanza-aprendizaje desarrollados por docentes e investigadores que

cooperan con el Laboratorio para la Innovación y el Aprendizaje de la Universidad EAFIT<sup>1</sup>, conocido como Proyecto 50, el cual busca “potenciar en los docentes las competencias digitales para la innovación educativa, a través del uso y apropiación de las herramientas TIC, la gestión de redes de aprendizaje, el liderazgo, la creación y la administración de ambientes de aprendizaje”. La figura 3.1 muestra el icono de bienvenida al curso de Laboratorios Remotos que fue desarrollado en esta tesis para implementar el entorno de aprendizaje Tri-Lab en la Plataforma Educativa Neutrón.



**Figura 3-1.:** Icono de ingreso al entorno Tri-Lab, ubicado en la Plataforma Educativa Neutrón de la Universidad EAFIT.

En la Plataforma Educativa Neutrón, y bajo el título de Laboratorios Remotos, se encuentra el icono de ingreso al entorno Tri-Lab, donde están alojadas las prácticas, incluyendo Caída libre, Máquina de Atwood y Ley de Ohm. Cada una de estas prácticas tiene una estructura común, la cual consiste en: Introducción, Historia del Fenómeno, Fundamentación Teórica, Configuración del Sistema, Tareas, Entorno Tri-Lab, Análisis de Resultados, Recursos Didácticos y Soporte.

En este estudio únicamente se implementa y evalúa la asimilación por parte de los estudiantes de los conceptos de Caída Libre, a través de la comparación entre estudiantes que realizan actividades experimentales tradicionales y presenciales, y aquellos que utilizan un ambiente Tri-Lab, teniendo en cuenta el tiempo y los recursos disponibles. Sin embargo, en la plataforma Neutrón, se encuentran alojadas todas las prácticas del proyecto y se adiciona otra actividad remota, denominada Espectroscopia Mössbauer

Las actividades alojadas en el entorno Tri-Lab se han dividido de acuerdo con cada uno de los ambientes de experimentación; para la práctica presencial o in situ, se ha diseñado

<sup>1</sup><https://goo.gl/eZd8GL>

una guía de laboratorio. Es importante indicar que para su construcción no se ha pensado en un recetario de acciones a seguir, más bien es un derrotero, en el que se busca promover el aprendizaje mediante la experimentación y la reflexión crítica sobre los fenómenos que se están replicando de forma controlada en los laboratorios, permitiendo que el estudiante construya modelos explicativos que lo lleven a comprender el fenómeno y sus conceptos asociados.

La actividad asociada con la simulación también es una guía donde, en esencia, se le indica a los estudiantes cómo funciona la simulación, las variantes que puede tomar y cómo realizar cambios en las variables del experimento. Todas las simulaciones se han realizado con el software de programación gráfica LabVIEW, de National Instruments.

En el vínculo asociado con el laboratorio remoto, el estudiante podrá acceder al experimento en una forma remota, gracias a la automatización de cada una de las prácticas y a que estas son compartidas en la plataforma Neutrón, de Proyecto 50. En este lugar el estudiante encuentra una guía de manejo de la actividad de forma remota, la práctica realizada mediante LabVIEW y el vídeo del experimento en tiempo real suministrado por una cámara IP que le muestra al estudiante el montaje experimental y lo que sucede con los equipos una vez se inicia la práctica.

La etapa Entorno Tri-Lab contiene una sección de nominada “Datos del experimento”, donde el estudiante puede descargar los datos de la práctica en formato .dat, los cuales son guardados en una carpeta pública disponible en la plataforma de almacenamiento en la nube Dropbox.

En esta etapa también se diseña el instrumento para la evaluación post-test, que se realizará a los estudiantes una vez lleven a cabo las actividades de laboratorio, en forma tradicional y en ambiente Tri-Lab.

### **3.1.2. Fase 2: Intervención**

Esta fase inicia con la aplicación del pre-test sobre caída libre, el cual se ha aplicado a dos grupos de grado décimo de la Institución Educativa Escuela Normal Superior de Marinilla. El grupo de tratamiento está conformado por 42 estudiantes y participará en la intervención Tri-Lab durante cuatro semanas. El grupo de control está conformado por  $n=37$  estudiantes y realizará actividades de tipo tradicional

Una vez se han tabulado las respuestas del pre-test, y tomando como criterio de selección el grupo que más utilizaba nociones aristotélicas en sus respuestas como grupo Tri-Lab (Décimo A), se realizan las actividades propuestas para la intervención.

El test (Anexo 1) ha sido diseñado tratando de ubicar al estudiante en el momento histórico de la Antigua Grecia, por esta razón todos los ítems tienden a tratar de conocer

cuál es la noción sobre la caída de los cuerpos, ejemplificándola con situaciones que pudieron darse en esa época.

El test está constituido por ocho situaciones, en la primera se busca conocer si el estudiante considera o no que la caída de los cuerpos depende de la forma de estos, las siguientes tres cuestiones están diseñadas para identificar cómo construye el estudiante las fuerzas que actúan sobre un cuerpo cuando este se encuentra en caída libre, en el quinto punto se desea conocer cómo diferencia el estudiante los tiempos de subida, de bajada y de vuelo, para un cuerpo que cae libremente. Los puntos seis y ocho permiten identificar si el estudiante piensa que en un movimiento en caída libre los cuerpos tienen diferentes aceleraciones o no, finalmente el punto siete busca identificar si para el estudiante en la caída de los cuerpos se presenta alguna dependencia de la masa.

Para la construcción de este test se han considerado las ideas alternativas que presentan los estudiantes sobre la caída de los cuerpos y que se han reportado en una gran cantidad de artículos de revistas internacionales, como *Science Education*, *Physics Teacher* o *International Journal of Science Education*, entre otras. Estas concepciones hacen parte de una tendencia en educación que tiene su origen en el trabajo realizado por Viennot sobre razonamiento espontáneo en Dinámica, [32] pero que se amplió a casi todas las disciplinas en educación.

El grupo Tri-Lab ingresa a la plataforma Neutrón y realizará una práctica de caída libre en el aula, utilizando transductores ópticos del tipo fotodiodo-fototransistor de infrarrojo. Estos transductores envían pulsos lógicos a una tarjeta de adquisición de datos NI-6259, los cuales permiten medir el tiempo que tarda en caer un objeto (esfera de acero) cuando es soltado desde un electroimán y posteriormente llevarán a cabo una serie de actividades de corte tradicional, las cuales están organizadas en clases de tipo expositivo y realización de ejercicios para la caída libre de cuerpos.

El grupo control continuará con las actividades que se han planeado para abordar los contenidos del curso en forma tradicional, es decir, mediante talleres, ejercicios y una práctica de laboratorio demostrativa, en la cual se dejará caer una esfera y un sensor mide su tiempo de caída.

### **3.1.3. Fase 3: Evaluación**

Durante el desarrollo de la intervención se hará seguimiento y evaluación al proceso. La evaluación incluye determinar la pertinencia de los materiales, las prácticas, entre otros aspectos. También se presentarán los resultados y análisis del Pre-Test y el Post-Test, de tal forma que se puedan construir las conclusiones de esta intervención y generar propuestas que a futuro puedan implementarse en ambientes Tri-Lab para contribuir con el aprendizaje de los estudiantes.

## 3.2. Hipótesis

En los estudios revisados para esta investigación se encuentran hallazgos que sugieren que la experimentación con fenómenos físicos puede ser una buena alternativa para lograr una construcción de más representaciones de los fenómenos, que permitan conectar ideas y conceptos con alta dificultad de asimilación, tarea que no siempre funciona de manera satisfactoria cuando se utiliza el sistema educativo tradicional basado en la clase magistral y el laboratorio directo, o simplemente la clase magistral. Entonces, de acuerdo con lo anterior, se deriva la siguiente hipótesis de investigación:

Los estudiantes que utilizan un ambiente Tri-Lab desarrollan una mejor comprensión de los fenómenos físicos, en comparación con estudiantes que estudian los mismos fenómenos en un ambiente de aprendizaje tradicional, como la clase magistral o el laboratorio directo.

A su vez, la hipótesis nula se define como:

No hay diferencia en la comprensión de fenómenos físicos entre los estudiantes que experimentan en un ambiente Tri-Lab y los estudiantes estudian los mismos fenómenos en un ambiente de aprendizaje tradicional.

## 3.3. Contexto

Esta investigación se desarrolla en la Institución Educativa Normal Superior Rafael María Giraldo. La institución se encuentra en el municipio de Marinilla, en el Oriente cercano de la Ciudad de Medellín.

La economía del municipio está basada principalmente en la agricultura, cultivando principalmente papa, frijol, maíz y hortalizas. Se encuentra beneficiado con gran cantidad de afloramientos hídricos, lo que lo hace un municipio rico en este recurso. Además, el Municipio es reconocido nacionalmente por su cultura musical, celebrando cada año el festival de música religiosa. Se fabrican guitarras y se reconoce a los marinillos por ser emprendedores en pequeños negocios como los “San Andresitos” y las panaderías. Marinilla se encuentra a una hora de la ciudad de Medellín, a 35 minutos del Aeropuerto Internacional José María Córdova de Rionegro y está ubicada sobre la autopista Medellín-Bogotá. En la actualidad, cuenta con dos instituciones educativas privadas y siete instituciones públicas, entre las cuales se encuentra la Normal Superior Rafael María Giraldo, con 1,600 estudiantes, de estratos uno, dos y tres, que son en su mayoría hijos de personas nativas del municipio, pero también de personas que, dado el auge industrial que se ha venido dando en los últimos años en el Oriente Antioqueño, se han instalado en el municipio como un lugar cercano a las empresas en las cuales laboran.

La Escuela Normal es reconocida en la región por la formación de docentes, los cuales tienen un impacto positivo en los procesos de enseñanza en el Departamento de Antioquia. Culturalmente, la Escuela Normal también posee espacios para la música y el deporte, que son utilizados por los estudiantes en sus horas libres.

En cuanto al desempeño de sus estudiantes, actualmente se encuentra en nivel A en las pruebas Saber Once, del ICFES, ocupa en estos resultados el tercer puesto en las normales del Departamento y es la primera a nivel municipal entre las instituciones públicas. El Modelo Pedagógico de Formación de la Institución Educativa se denomina Socio crítico, fundamentado en autores como Freire, Habermas, el cual combina elementos de la filosofía franciscana para la formación en valores humanos y principios pedagógicos y didácticos del constructivismo, como orientación académica.

### 3.4. Diseño del estudio

Esta investigación se basa en un diseño de tipo cuasi-experimental, pre-test post-test con grupo de control, como se esquematiza en la Figura 3-2.

Para este diseño, se escogieron dos grupos de estudiantes del grado décimo de la IE Escuela Normal Superior Rafael María Giraldo. Como grupo de tratamiento se seleccionó uno de los grupos para el desarrollo de actividades de laboratorio Tri-Lab. El otro grupo se estableció como grupo de control, el cual continuó desarrollando sus actividades pedagógicas en forma tradicional, mediante talleres, clase expositiva y ejercicios en el aula de clase.

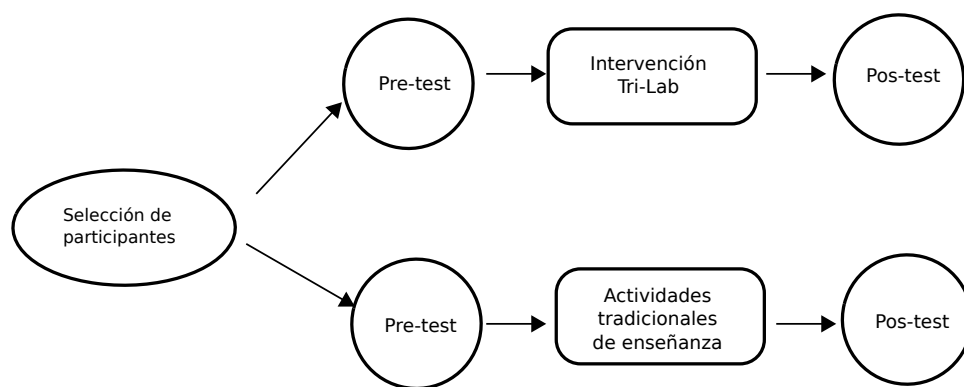


Figura 3-2.: Diseño de investigación.

Esta investigación es de tipo exploratorio, toda vez que no se dispone de muchos referentes en el ambiente Tri-Lab.

## 3.5. Participantes

### 3.5.1. Población

La población de este estudio está conformada por estudiantes del nivel de media académica de la Escuela Normal del Oriente Antioqueño. Los estudiantes de esta muestra son jóvenes, cuyas edades oscilan entre los 14 y los 16 años de edad, con diferentes intereses educativos, deportivos y culturales, ubicados en estratos socio-económicos dos y tres, cuyos padres tienen como ocupación el comercio informal, el agro, la industria textil, entre otras.

### 3.5.2. Muestra

La muestra del estudio está conformada por dos grupos de estudiantes de grado 10, con un promedio de edad de 16 años (ver Figura 3-3). El grupo de tratamiento está conformado por 42 estudiantes (n=27 mujeres y n=15 hombres) y participará en la intervención Tri-Lab, durante cuatro semanas. El grupo de control está conformado por n=37 estudiantes (n=27 mujeres y n=10 hombres). Durante el tiempo de la intervención el grupo de control realizará actividades de tipo tradicional, como clase magistral, solución de talleres, lectura de documentos y una actividad experimental.

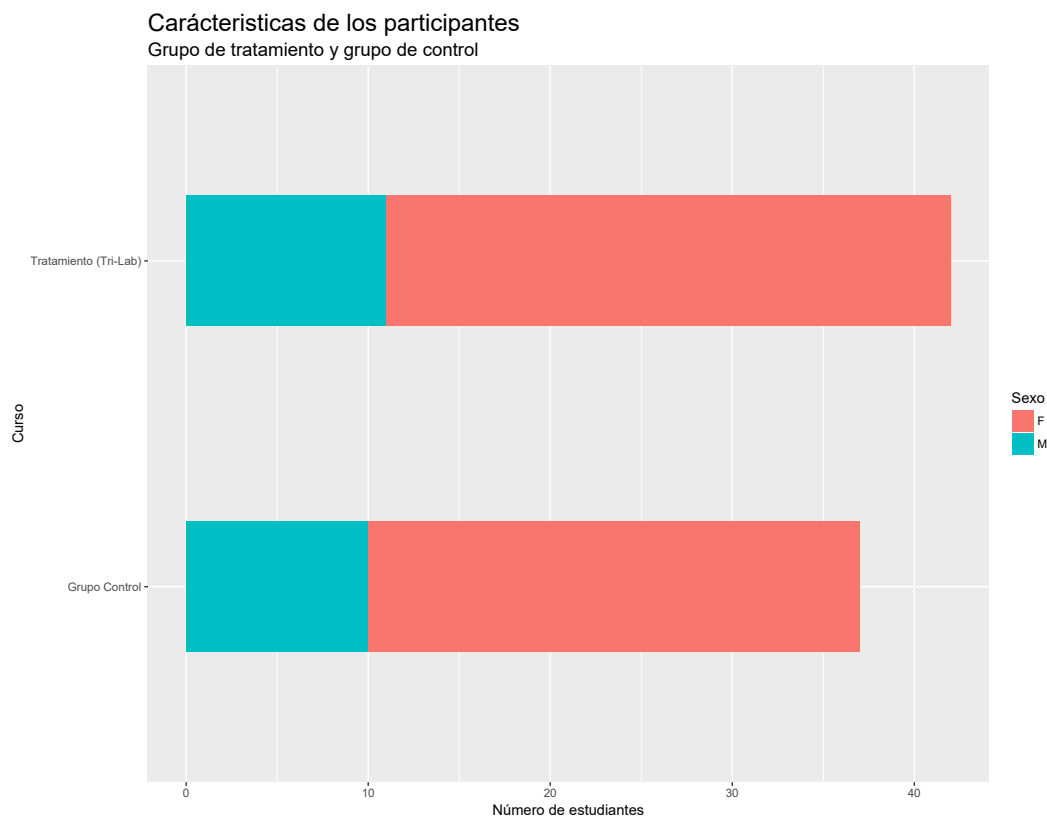


Figura 3-3.: Características demográficas de los participantes.

## **3.6. Variables**

### **3.6.1. Variable Dependiente: Comprensión de fenómenos físicos**

La comprensión de fenómenos físicos se define como el desempeño de los estudiantes en una prueba cognitiva, que evalúa la comprensión del fenómeno de caída libre.

La prueba consta de ocho ítems o tareas y evalúa la medida en que el estudiante reconoce que el fenómeno es independiente de la masa, de la forma y del volumen del cuerpo (Ver Anexo A).

### **3.6.2. Variable Independiente: Participación en ambiente Tri-Lab**

La variable independiente se define como la participación o no del estudiante en la plataforma Tri-Lab.

### **3.6.3. Variables Moderadoras**

Las variables moderadoras del estudio incluyen el género del estudiante, el curso al que pertenece, edad, si ha repetido algún curso y promedio académico acumulado.

## **3.7. Instrumentos**

### **3.7.1. Prueba diagnóstica**

Inicialmente se aplicará una prueba diagnóstica con la intención de conocer cuáles son las nociones intuitivas que tienen los estudiantes respecto al fenómeno de la caída libre de los cuerpos, y de esta manera construir las estrategias que serán aplicadas para movilizar cambios en las nociones alternativas de los estudiantes respecto al fenómeno.

Posteriormente, se realiza la construcción y diseño de un espacio en la Web con los contenidos de las prácticas, seguido de la etapa de automatización, diseño y ejecución de experimentos remotos.

De manera simultánea, se realizará la construcción de los contenidos que se le entregan al estudiante, para que los utilice como guías de aprendizaje y por último, el espacio que se destina a las actividades de seguimiento y autoevaluación.

### 3.7.2. Diseño de estrategias experimentales

Las guías de las prácticas estarán diseñadas tomando como base la estructura de laboratorios remotos del RCL (Remotely Controlled Laboratories)<sup>2</sup> desarrollada en Alemania. En esta plataforma existen diversos experimentos de física que se pueden desarrollar a través de Internet y cuya ejecución se puede visualizar a través de cámaras. Se realizan prácticas en temáticas de física moderna, como difracción de electrones, difracción e interferencia de luz, efecto fotoeléctrico, medición de la velocidad de la luz, un túnel de viento para autos, entre otros.

Los laboratorios que se han implementado en nuestra plataforma han sido seleccionados considerando las siguientes características: una operación intuitiva y sin mayor dificultad; interactividad, de tal forma que se puedan variar uno o varios parámetros; observar la ejecución del experimento mediante una cámara IP; disponibilidad inmediata de los datos, para que el usuario realice actividades posteriores relacionadas con el análisis e interpretación de estos; información adicional que facilite la comprensión del fenómeno en una forma sistemática; configuración y puesta a punto sin que se afecte la interactividad con el usuario.

La plataforma de laboratorios remotos que hemos implementado en este trabajo tiene los siguientes componentes básicos: 1. Una **Introducción** a la práctica, permitiendo que el estudiante se haga una idea del trabajo a realizar y cómo desarrollarlo, 2. un apartado sobre la **Historia del fenómeno** o concepto, destacando elementos que han permitido que a lo largo de los años las explicaciones se hayan modificado y con ello los modelos explicativos, llevando así a que el estudiante se haga una idea del génesis y evolución de los conceptos que la práctica aborda, 3. **Fundamentación teórica** con modelos matemáticos y gráficas representativas del fenómeno estudiado y que se utilizan en su explicación, 4. Un apartado de **Configuración** que, como punto de partida, debe ser leído antes de la práctica, pues allí se contemplan los detalles técnicos de los instrumentos y valores mínimos y máximos de funcionamiento 5. **Tareas** que se pueden realizar antes de la práctica, con situaciones de aprendizaje relacionadas con el fenómeno, 6. **Entorno Tri-Lab** con los tres escenarios para desarrollar la práctica de laboratorio, que se aborda en tres momentos no necesariamente secuenciales: presencial, virtual y remoto, con un vínculo electrónico que lo contacta con una carpeta pública que le permite guardar los datos de la práctica, 7. El **Análisis** de los resultados y la discusión de estos y 8. **Recursos Didácticos** con material de apoyo, direcciones Web y artículos que permitan a los estudiantes fundamentarse y ampliar sus conocimientos sobre el tema, finalmente un apartado de 9. **Soporte** con información sobre las personas que pueden brindar una adecuada atención a los usuarios y opcionalmente un chat para conversar con alguno de los docentes o estudiantes, que se encuentren conectados y responder dudas en tiempo real.

---

<sup>2</sup><http://rcl-munich.informatik.unibw-muenchen.de/>

### 3.7.3. Prácticas

En lo que va desarrollado del proyecto, se han implementado las siguientes prácticas: Caída libre, Máquina de Atwood y Ley de Ohm. Como trabajo posterior a esta tesis de maestría, se está implementando en la Plataforma Educativa Neutrón una sección para el acceso remoto a una práctica de circuitos resistivos-capacitivos que operan como filtros de señal y a dos equipos de laboratorio avanzado de la Universidad EAFIT: un espectrómetro Mössbauer de transmisión para el estudio de propiedades magnéticas y estructurales de materiales que contienen hierro y un magnetómetro de muestra vibrante para la adquisición de ciclos de histéresis de materiales con respuesta magnética.

El acceso a la plataforma de laboratorios remotos se hace por ahora, enviando una solicitud del usuario al correo electrónico del administrador de esta: profesor Álvaro Andrés Velásquez Torres (avelas26@eafit.edu.co). Recibida la solicitud, el administrador solicitará al usuario interesado diligenciar un formulario con la siguiente información: identificación, número de contacto telefónico, afiliación académica, forma en la que se enteró de la aplicación y práctica o prácticas que desea desarrollar. Recibida la información, el administrador procede a programar el acceso a la plataforma en una fecha y hora específicas y a generar un nombre de usuario y contraseña temporales que le darán al usuario acceso a los contenidos de la plataforma relacionados con la práctica o prácticas seleccionadas. Temporalmente el sistema opera de esta manera, mientras se automatiza un aplicativo de solicitudes y reserva de citas en el Laboratorio Proyecto 50 de la Universidad EAFIT.

El sistema de programación de citas previene el acceso simultáneo de dos o más usuarios a los recursos de la plataforma que involucran el uso de software y hardware, como son el experimento simulado y el experimento remoto. Las demás aplicaciones admiten concurrencia de múltiples usuarios.

Las prácticas estarán disponibles en forma permanente en la Plataforma Educativa Neutrón, cuya dirección Web de acceso es: <http://neutron.eafit.edu.co/moodle303> Una vez el usuario elige el icono de Laboratorios Remotos, debe ingresar el nombre de usuario y contraseña que le han sido asignados.

Para poder ejecutar el experimento simulado y el experimento remoto, el usuario debe instalar el software Runtime Engine de National Instruments, el cual se puede descargar desde la misma plataforma de laboratorios remotos. También se requiere utilizar el navegador Internet Explorer 11 para realizar las actividades remotas y virtuales.

#### Medición de la aceleración en caída libre

Los estudiantes que por primera vez entran en contacto con cursos de física tienen varias nociones alternativas sobre el movimiento rectilíneo vertical, por ejemplo, tienden a creer

que la velocidad de un cuerpo que alcanza el suelo es cero, sin considerar que este ha sufrido una colisión con el mismo. Suelen considerar que la aceleración de la gravedad es la misma en todos los puntos de la Tierra, sin que importe la altura del relieve, por ejemplo, con respecto a algún nivel de referencia; y que la Tierra es una esfera perfecta, no imaginando que su rotación pueda darle la forma de elipsoide oblat<sup>3</sup>. Piensan que la fuerza gravitacional sólo actúa cuando el cuerpo comienza su movimiento y que es negativa si el cuerpo sube, cero en su punto más alto y positiva, cuando el cuerpo cae. Otra concepción alternativa de los estudiantes, utilizada para explicar el fenómeno de la caída libre, es que para que un cuerpo ascienda requiere de una fuerza, y que ésta actúa sobre el cuerpo en todo el trayecto de subida. También es común en los estudiantes considerar que la aceleración y la fuerza son la misma magnitud.

Considerando algunas de estas nociones alternativas, se ha diseñado un entorno Tri-Lab, para favorecer la modificación de estas, hacia una noción acorde con la realidad.

Una vez el usuario ha ingresado a la Plataforma Educativa Neutrón de la Universidad EAFIT, debe elegir el icono de laboratorios remotos, como puede verse en la Figura 3-4, e identificarse como usuario. Estando en la aplicación, el estudiante puede navegar por las actividades construidas sobre el fenómeno de caída libre, máquina de Atwood y ley de Ohm.

El estudiante debe tener presente que las actividades experimentales sólo estarán disponibles en el intervalo de tiempo que el administrador de los cursos asigna en el momento de la reserva.

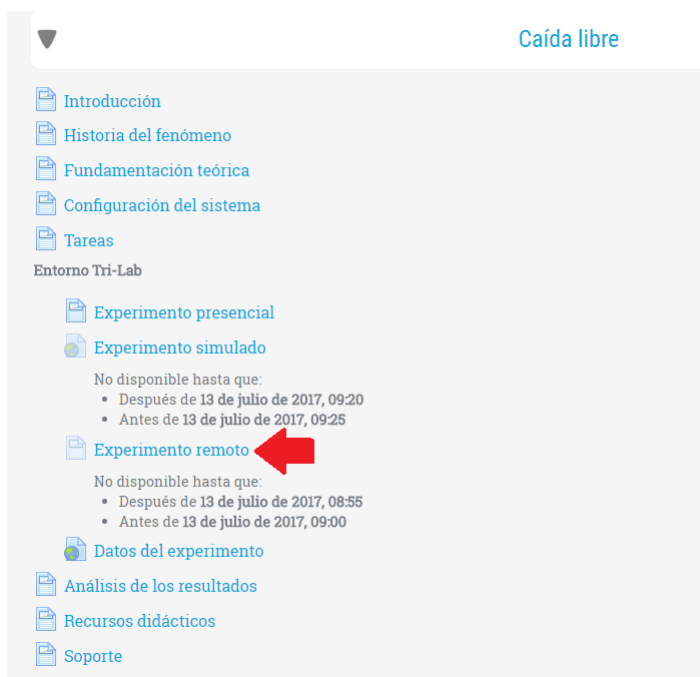


**Figura 3-4.:** Icono de acceso a la plataforma de Laboratorios Remotos.

Al ingresar al campo de cada práctica, el estudiante puede visualizar los apartados descritos de forma general en la sección 3.7.2. *Diseño de las estrategias experimentales* (ver Figura 3-5).

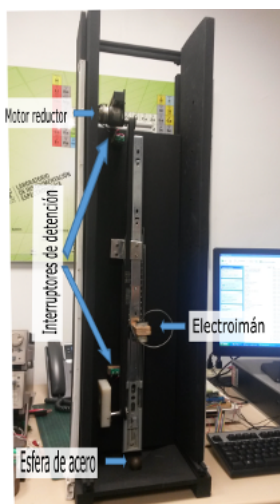
---

<sup>3</sup>Sólido de revolución obtenido por la rotación de una elipse alrededor de su eje menor



**Figura 3-5.:** Secciones que componen la práctica de Caída Libre.

La práctica remota de Caída libre (Ver Figura 3-6) consiste en dejar caer desde una altura de 50 cm una esfera de acero, que durante su caída, interrumpe una serie de cinco parejas de dispositivos optoelectrónicos, conformadas cada una por un foto-diodo (emisor infrarrojo) y un foto-transistor (receptor infrarrojo). Cuando la esfera interrumpe el paso de radiación infrarroja del emisor hacia el receptor, se activa un contador temporal. Se consideran dos tiempos, el primero es el tiempo en el cual se interrumpe la radiación que va hacia cada uno de los receptores (tiempo infinitesimal) y el segundo es el tiempo que ha transcurrido desde la interrupción del primer receptor hasta la interrupción del último (intervalo de tiempo transcurrido).



**Figura 3-6.:** Equipo remoto para la práctica de Caída Libre.

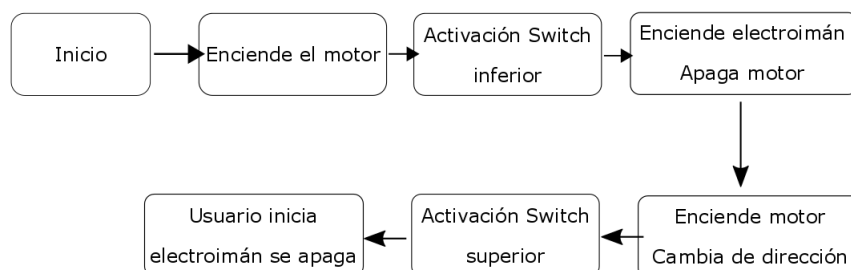
La esfera de metal debe volverse a colocar en la altura de los 50 cm, para esto se ha construido una banda de transmisión con dos poleas en sus extremos y que mediante un motor transporta un electroimán conectado a la banda, de tal forma que cuando el motor hace mover la banda, esta baja al electroimán, que una vez activado, atrapa por atracción magnética la esfera de metal. Posteriormente, el motor invierte su sentido de giro y la esfera es desplazada hacia la parte superior de la plataforma.

Los datos tomados de tiempo transcurrido y altura de la esfera, son presentados en un gráfico de posición en función del tiempo, en tanto que los datos de tiempos instantáneos son utilizados para calcular las velocidades instantáneas y posteriormente presentar un gráfico de velocidad en función del tiempo.

Este es, en esencia, el proceso con el que los estudiantes podrán evidenciar e interactuar de manera remota con el experimento de Caída libre.

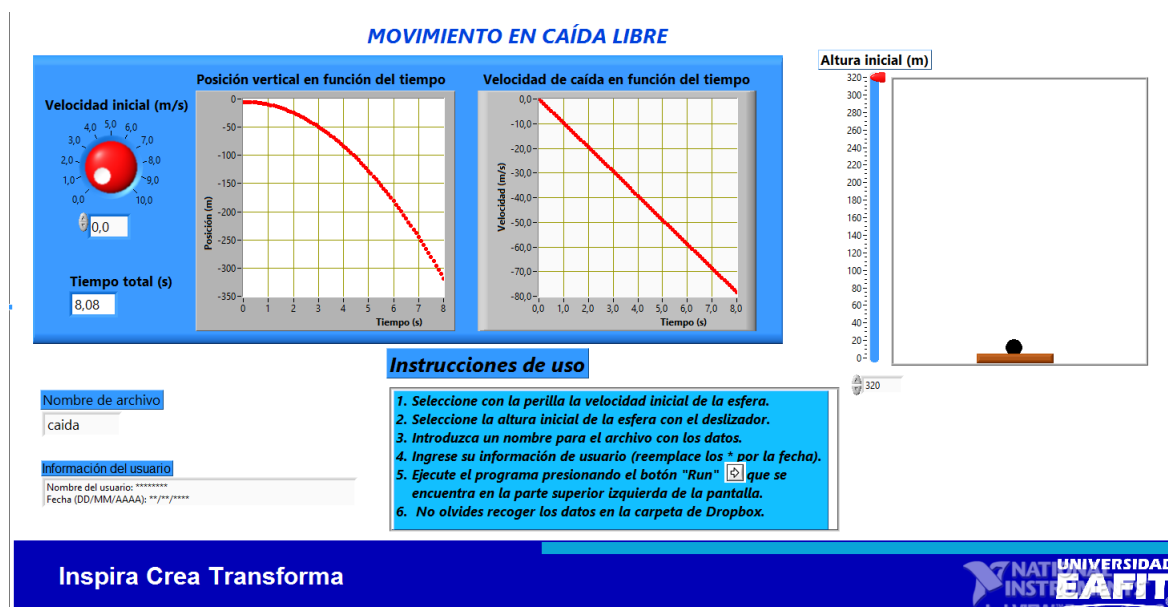
Una vez se accede a la práctica remota, el montaje se pone en posición de partida. Para ello, se activa el motor en posición de bajada hasta que llega a un micro switch de parada, en el cual se detiene y se activa el electroimán, atrayendo magnéticamente la esfera y cambiando la dirección de rotación del motor. A partir de este instante la esfera comienza a subir atraída por el electroimán, hasta que se activa un segundo micro switch de parada situado en la parte superior de la plataforma. Esta es la posición inicial en la cual el estudiante encuentra el experimento. Los datos que se toman en la actividad remota y en la actividad simulada son guardados en una carpeta de almacenamiento compartida, situada en la nube de datos Dropbox, y desde allí pueden ser descargados por el estudiante para realizar actividades que complementen su práctica experimental, entre ellas el análisis e interpretación de los datos.

La secuencia de operaciones que comprenden el experimento remoto de caída libre se presentan en la Figura 3-7.



**Figura 3-7.:** Secuencia básica de pasos del experimento remoto de Caída Libre.

Virtualmente se ha desarrollado con el software LabVIEW (ver Figura 3-8). Una situación análoga a la experimental. Una vez el estudiante activa la simulación, se suelta una esfera, se calcula el tiempo que tarda su caída y se grafica la posición en función del tiempo y la velocidad en función del tiempo. El usuario puede modificar la velocidad inicial y la altura desde la cual se suelta la esfera. Los datos de posición versus tiempo y velocidad versus tiempo se almacenan en un archivo que se guarda en una carpeta pública de Dropbox, de donde pueden ser descargados.



**Figura 3-8.:** Simulación del experimento de caída libre.

### Medición de Corriente y Voltaje (Ley de Ohm)

La comprensión de los conceptos relacionados con la carga eléctrica está entre los problemas más relevantes del aprendizaje de la electricidad y posiblemente es la responsable

de actitudes negativas hacia la física por parte de muchos estudiantes. Conceptos como la carga eléctrica, la corriente, el voltaje y la resistencia eléctrica deben ser bien comprendidos para que los fundamentos de la electricidad se conviertan en el punto de partida de la comprensión del electromagnetismo. Por ejemplo, los estudiantes en su mayoría conciben la corriente como un fluido que se gasta o se consume cuando pasa por un medio resistivo [20]. También asocian la aparición de corriente eléctrica con la de voltaje y, en ese mismo sentido, suelen reconocer que si una no se da la otra tampoco. Los estudiantes suelen identificar una proporcionalidad directa entre estas variables y poco diferencian entre elementos conectados en serie y en paralelo. [21]

En esta práctica se utiliza de manera directa, virtual y remota un voltímetro y un amperímetro para modificar la diferencia de potencial aplicada en los extremos de una resistencia, con la intención de que los estudiantes hagan variaciones de voltaje y midan los cambios en la corriente en uno de seis elementos resistivos que se han elegido por ser los valores comúnmente utilizados en experimentos de electrónica. Posteriormente, se construye un gráfico de voltaje vs. corriente y mediante el análisis del gráfico, se establece si el elemento resistivo seleccionado tiene o no un comportamiento lineal. En caso afirmativo, se calcula el valor de su resistencia eléctrica y este se compara con el valor nominal de la resistencia seleccionada suministrado por el fabricante.

La práctica en entorno Tri-Lab se encuentra alojada en la plataforma Neutrón de la Universidad EAFIT y contiene los mismos apartados que las demás, con un aspecto idéntico al que se presenta en la Figura **3-5**.

La simulación, desarrollada en LabVIEW, está constituida por una fuente BK PRECISION, un banco de seis resistencias (de valores comerciales), los datos del estudiante, las instrucciones de la simulación, un selector de resistencias, una tabla de datos y un gráfico que se va realizando en forma sincrónica con la adquisición de los datos, como se presenta en la Figura **3-9**.

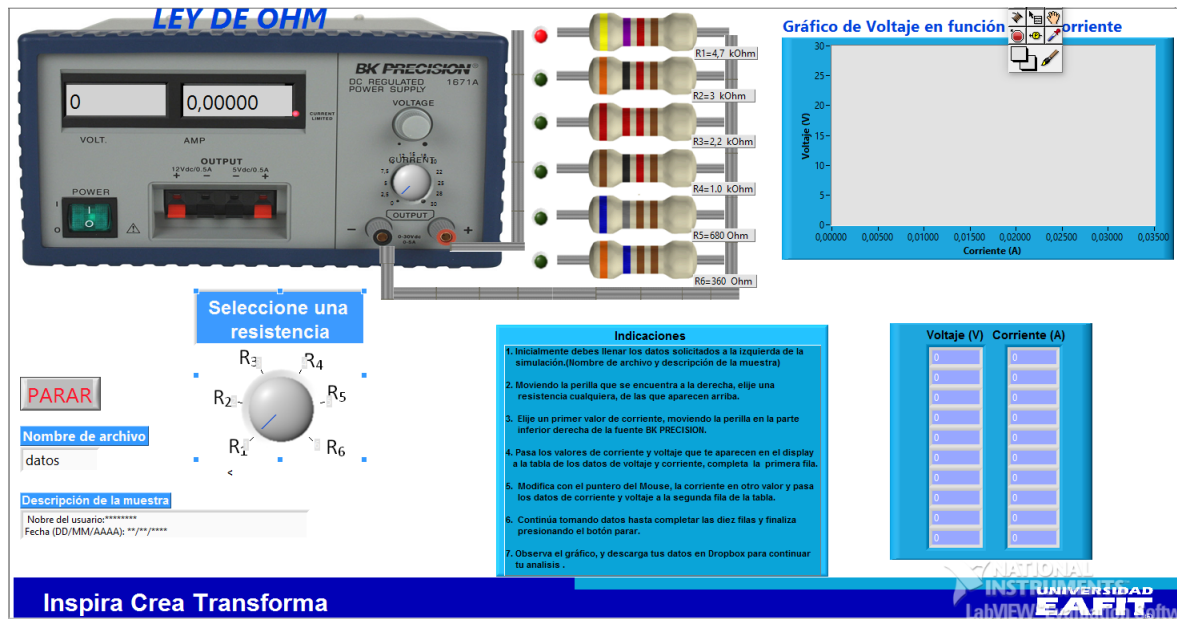


Figura 3-9.: Simulación de la Ley de Ohm.

Inicialmente el estudiante ingresa los siguientes datos: su nombre, la fecha en la cual realizó la práctica y un nombre para el archivo con los datos del experimento. Esta información y los datos que se toman quedan almacenados en un archivo ubicado en una carpeta pública del disco virtual Dropbox, para que sean utilizados por el estudiante en análisis e informes posteriores.

El siguiente paso dado por el estudiante es elegir una de seis resistencias mediante una perilla. Una vez la escoja, cambiará el valor del voltaje aplicado por la fuente BK PRECISION a la resistencia seleccionada, lo que modifica la corriente que circula por esta. El valor de la corriente se observa en la pantalla de indicación de corriente de la fuente. Estos dos valores constituyen la primera pareja de datos, que deben ser consignados en un tabla de datos construida para tal fin. Variando de manera sucesiva el voltaje, se obtienen las parejas de datos (voltaje, corriente), hasta completar la tabla (10 puntos). Síncronamente estos datos se van graficando, para que se observe la linealidad óhmica en el elemento resistivo.

Una vez el estudiante presiona el botón de parar, los datos son almacenados en una carpeta pública de Dropbox, donde pueden ser descargados por el estudiante o por el docente del curso para su posterior análisis.

La actividad realizada en forma remota contiene básicamente lo mismo, una sección de información sobre el manejo de la práctica, una sección para el ingreso de los datos del usuario y el nombre del archivo, las imágenes de la fuente de corriente programable KEITHLEY 6221 y el nano-voltímetro programable KEITHLEY 2182A utilizados y una gráfica que se realiza

de forma sincrónica con los datos que van siendo suministrados por ambos instrumentos de medida.

Adicional a este panel de información se encuentra la cámara IP, enfocando el experimento, cuyo montaje físico está ubicado en el Laboratorio de Instrumentación y Espectroscopía de la Universidad EAFIT, bloque 22 laboratorio 204, y que es activado en forma remota.

En la Figura **3-10** puede observarse una imagen del tablero de resistencias que fue desarrollado para el experimento remoto de la Ley de Ohm.



**Figura 3-10.:** Vista de cámara: Montaje experimental de la Ley de Ohm.

El estudiante debe inicialmente tomar el control del experimento, para ello debe dar click derecho en cualquier parte del panel principal y escoger la opción “Request Control of VI”, luego debe ingresar sus datos, el nombre del archivo, elegir una de las resistencias de un banco de seis y presionar el botón “Run” que aparece en la esquina superior izquierda del programa. A partir de ese momento, en forma automática se van variando los valores de corriente y voltaje y el gráfico se comienza a construir. La Figura **3-11** contiene una imagen que ilustra esta situación.

Una vez el sistema se detiene, los datos se envían a una carpeta pública de Dropbox, donde pueden ser descargados por el estudiante o el docente del curso para sus análisis posteriores.

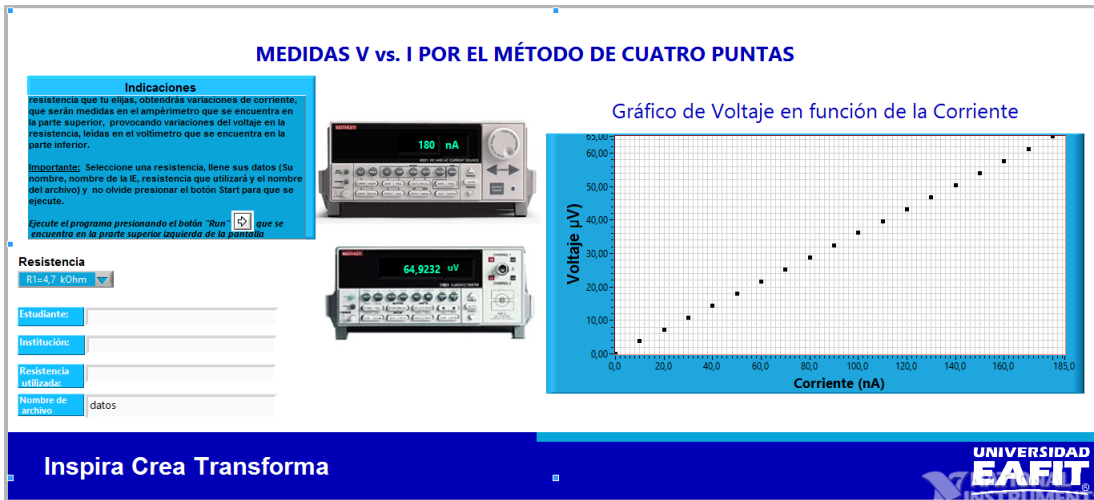
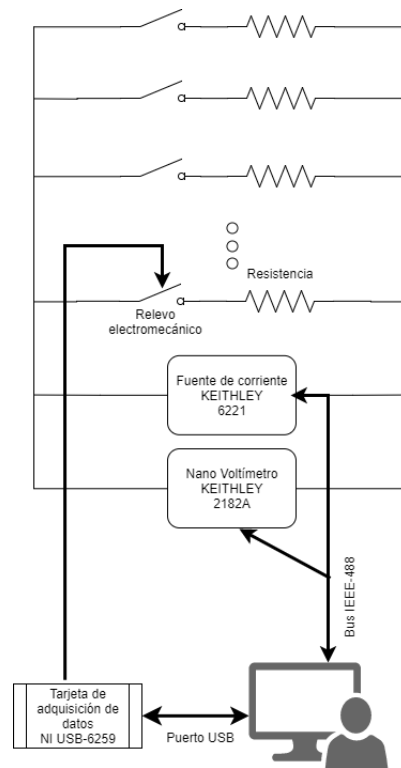


Figura 3-11.: Actividad Remota: Ley de Ohm.

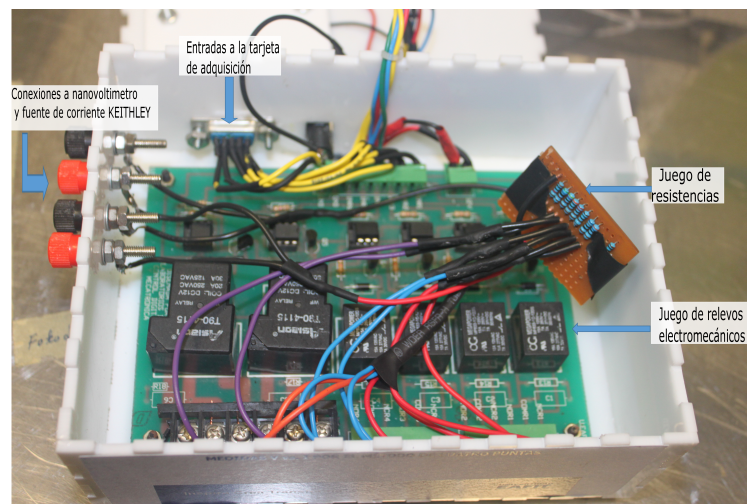
El equipo se construyó utilizando una tarjeta con un conjunto de relevos electromagnéticos, uno por cada resistencia, que se cierran con una pequeña corriente y permiten el paso de corriente hacia la resistencia asociada. Las resistencias utilizadas son de valores comerciales (0,36k, 0,68k, 1k, 2,2k, 3k y 4,7k).

El esquema del circuito construido puede verse en la Figura 3-12. Una vez el usuario elige una resistencia, se envía una señal del computador a la tarjeta de adquisición de datos (DAQ) y se activa el relevo correspondiente a esta. Pasa entonces la corriente a través de la resistencia, estableciendo una diferencia de potencial en la misma, que es leída por el nanovoltímetro. Se invierte la dirección la corriente para promediar el voltaje en el elemento resistivo y reducir ruido en la medida del voltaje, este dato se almacena con el dato de corriente en un arreglo de datos.

Posteriormente, se modifica la corriente en pasos de 10 nA (nanoAmperios), y se repite la toma de datos hasta 180 nA. La Figura 3-13 presenta una vista interna del tablero de resistencias desarrollado y la Figura 3-14 muestra una vista general de todo el experimento de la ley de Ohm.



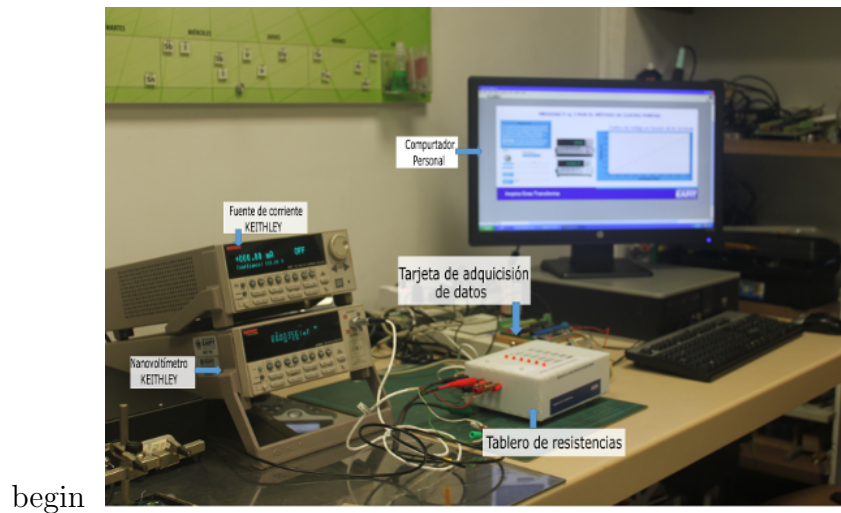
**Figura 3-12.:** Esquema de módulos del experimento remoto de la ley de Ohm.



begin

end

**Figura 3-13.:** Circuito en el tablero de resistencias.



**Figura 3-14.:** Vista general del montaje para la ley de Ohm.

end

### Máquina de Atwood

Una forma alternativa de enseñar los conceptos asociados con el movimiento vertical, sin que sea necesario tomar grandes alturas de caída, es la construcción de una máquina de Atwood. La máquina de Atwood es un montaje diseñado en el año 1784 por el matemático George Atwood con la intención de analizar el movimiento acelerado en una dimensión.

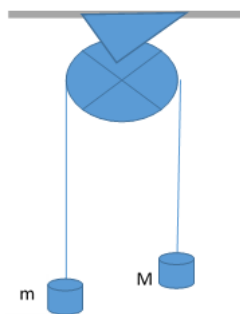
El sistema está conformado por una polea fija por la cual pasa una cuerda inextensible a la que se conectan dos masas, una en cada extremo de la cuerda (Figura 3-15). Atwood pudo mostrar que la aceleración de este sistema depende exclusivamente de la relación entre las masas y de la aceleración de la gravedad.

Si se hace la consideración de usar una polea fija de masa pequeña en comparación con las otras masas se obtiene una ecuación para la aceleración (cuando  $M > m$ ):

$$a = \left( \frac{M - m}{M + m} \right) g \quad (3-1)$$

y una velocidad de caída

$$v = \sqrt{2 \left( \frac{M - m}{M + m} \right) gh} \quad (3-2)$$



**Figura 3-15.:** La máquina de Atwood.

La máquina de Atwood, permite identificar algunas de las ideas previas más presentes en los estudiantes de la educación media, como por ejemplo, considerar que cuando un cuerpo se encuentra en reposo, no actúan fuerzas sobre él [33] o que cuando las que actúan se anulan, el cuerpo se queda en reposo.

La máquina de Atwood, también presenta una situación curiosa y es el hecho de que cuando se colocan dos masas iguales, pero con una altura diferente, estas comienzan a desplazarse hasta un valor de altura promedio e igual para ambas.

En este enfoque Tri-Lab, se aborda el estudio de una máquina de Atwood, desde los tres enfoques experimentales: presencial, virtual y remoto.

Para la práctica presencial se ha construido en el laboratorio, un montaje semejante al visto en la Figura 3-15, se utilizan pesas de diferente masa pero cercanas, para garantizar una aceleración pequeña, se mide el tiempo que tarda la más masiva en caer una distancia  $h$ .

Para varias alturas de caída, los estudiantes obtienen, mediante un cronómetro, la velocidad de llegada de la masa  $M$  a cierta altura menor. Utilizando la ecuación 3.7.3 pueden comparar sus resultados con la velocidad de caída experimental.

Para la simulación, se ha diseñado una actividad en LabVIEW, cuya interfaz gráfica de usuario se presenta en la Figura 3-16. Esta actividad se encuentra disponible en la plataforma educativa Neutrón de la Universidad EAFIT.

Inicialmente el estudiante puede elegir los valores de las dos masas que se desplazan verticalmente, posteriormente puede ejecutar la simulación y constatar el valor de aceleración, que también puede comprobar utilizando la ecuación 3.7.3.

Adicionalmente, se presentan los gráficos de la posición de ambas masas en función del tiempo y su velocidad en función del tiempo, de tal forma que se puedan corroborar las formas de los gráficos en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA).

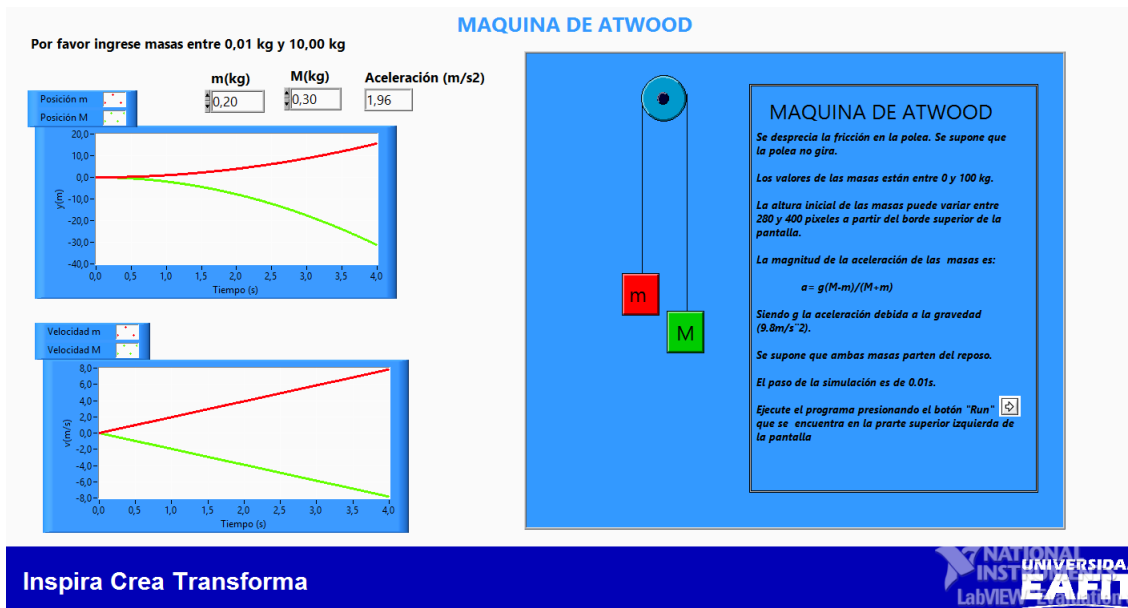


Figura 3-16.: Simulación del experimento de la máquina de Atwood.

## 4. Resultados

### 4.1. Resultados Pre-test

#### 4.1.1. Análisis de resultados encuesta de indagación

##### Modelo de pensamiento según género del los estudiantes

La prueba diagnóstica fue aplicada a dos grupos del grado décimo de la Institución Educativa. A continuación se presentan los resultados más relevantes de la prueba de indagación:

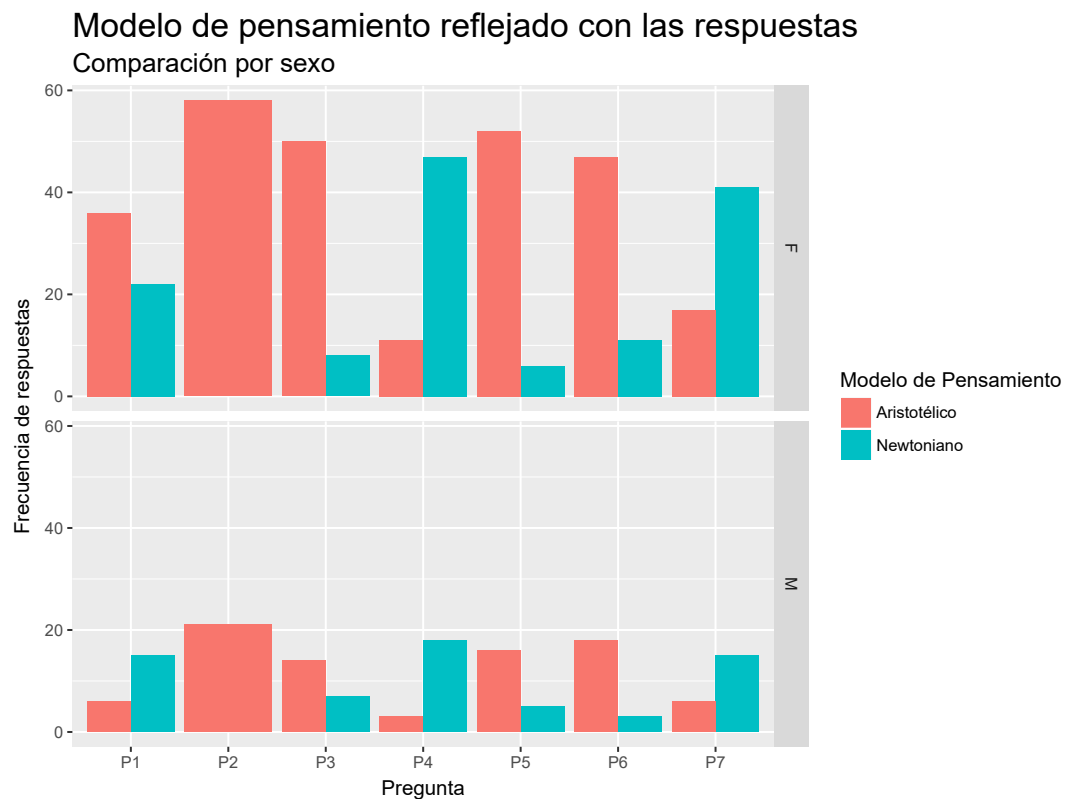
Los datos recolectados fueron analizados usando técnicas de análisis de información categorial como gráficas de barras, cruzadas y test de chi cuadrado ( $\chi^2$ ). Para el análisis y la generación de las gráficas se utilizó el software estadístico R.

En la prueba pre-test se incluyeron siete preguntas de opción múltiple y una pregunta abierta. Cada pregunta de opción múltiple con cuatro opciones de respuesta. En total, se obtuvieron n=553 respuestas de los n=79 estudiantes del estudio (Figura 4-1).

Para cada una de las preguntas, se categorizaron las respuestas de acuerdo con dos corrientes históricas de pensamiento, presentes en las explicaciones sobre el fenómeno de caída libre, la aristotélica y la newtoniana, para ello se tomó cada una de las respuestas de los estudiantes, ubicándolas en uno u otro modelo teórico.

El análisis de las respuestas de acuerdo con el género, muestra que hay una asociación significativa entre el género del estudiante y el modelo de pensamiento exhibido  $\chi^2(1) = 4,568, p = 0,03258$ , según las respuestas a los ítems. De acuerdo con el radio de probabilidad ( $OR = 4,4966, df = 1, p = 0,033961$ ), las mujeres tienen 4,5 veces más tendencia a identificarse con postulados del modelo aristotélico que los hombres (Tabla 4-1).

En la Figura 4-1 se puede observar que las barras muestran una mayor incidencia del pensamiento aristotélico, en la parte superior que corresponde a las respuestas dadas por las estudiantes.



**Figura 4-1.:** Tipo de pensamiento, análisis por género.

**Tabla 4-1.:** Tabla cruzada Sexo x Modelo de Pensamiento.

Sexo estudiante	Modelo de pensamiento		Total
	Aristotélico	Newtoniano	
F	272	134	406
	67.0 %	33.0 %	100 %
M	84	63	147
	57.1 %	42.9 %	100 %
Total	356	197	553
	64.4 %	35.6 %	100 %

La frecuencia de las opciones de respuesta (a, b, c o d), para cada una de las preguntas, y según el género del estudiante, se presenta en la Figura 4-2.

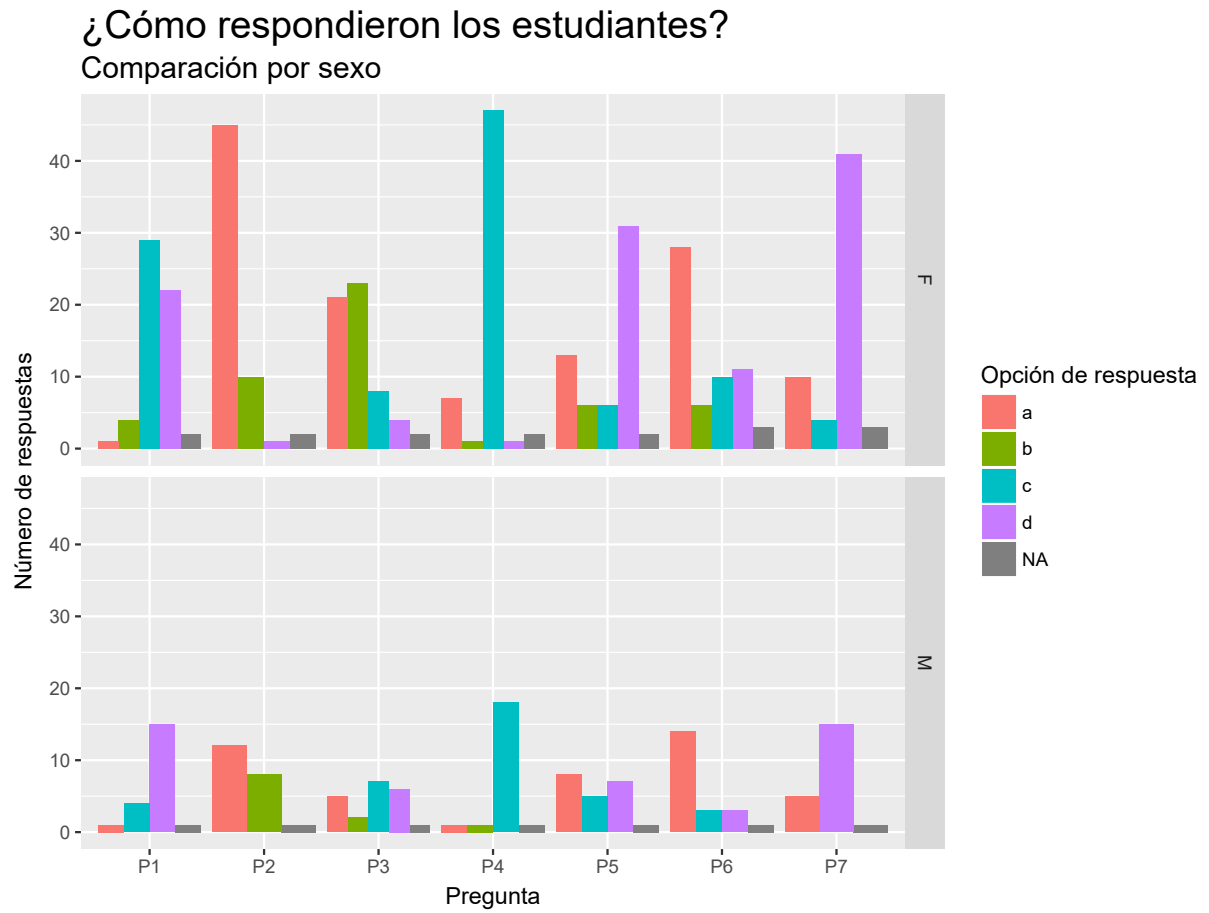
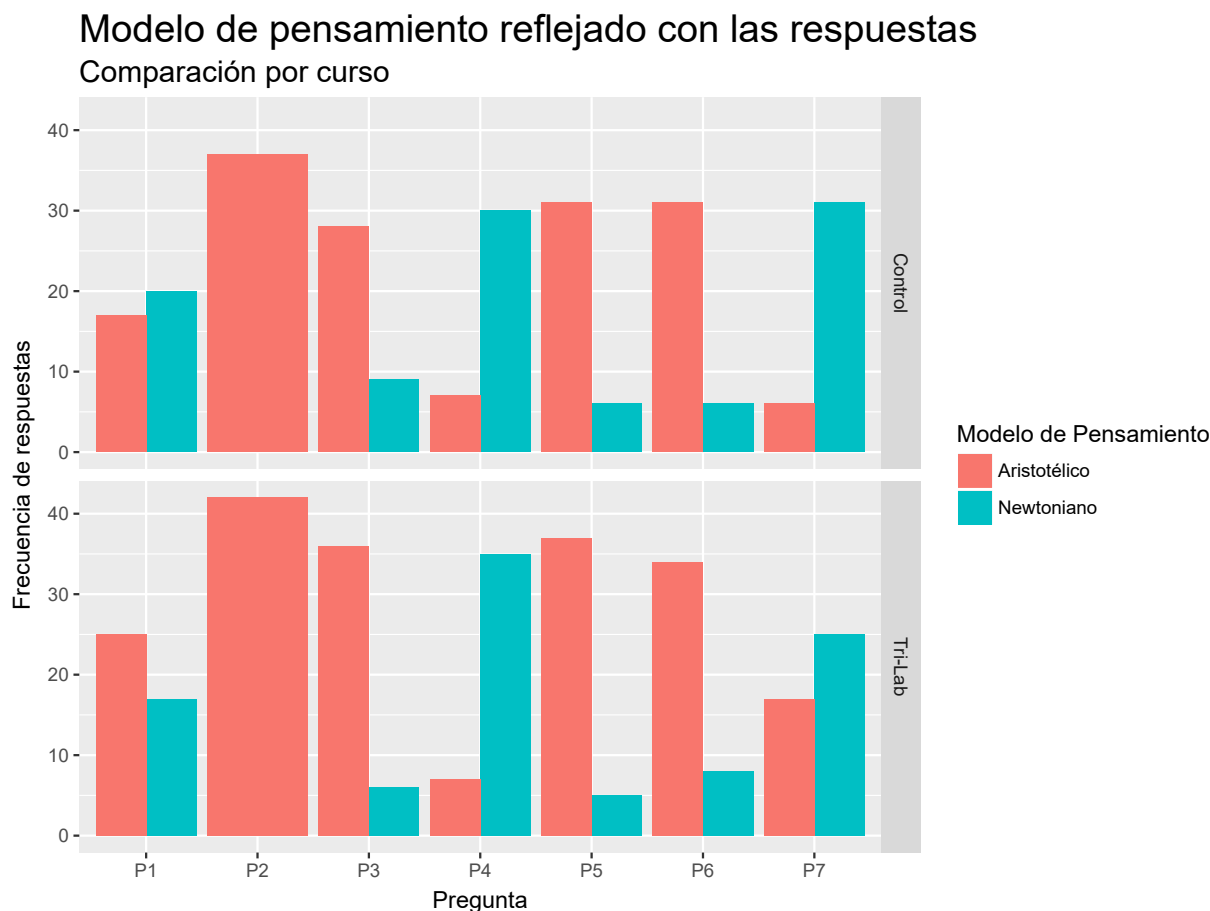


Figura 4-2.: Frecuencia de respuestas, análisis por sexo.

### Modelo de pensamiento según grupo



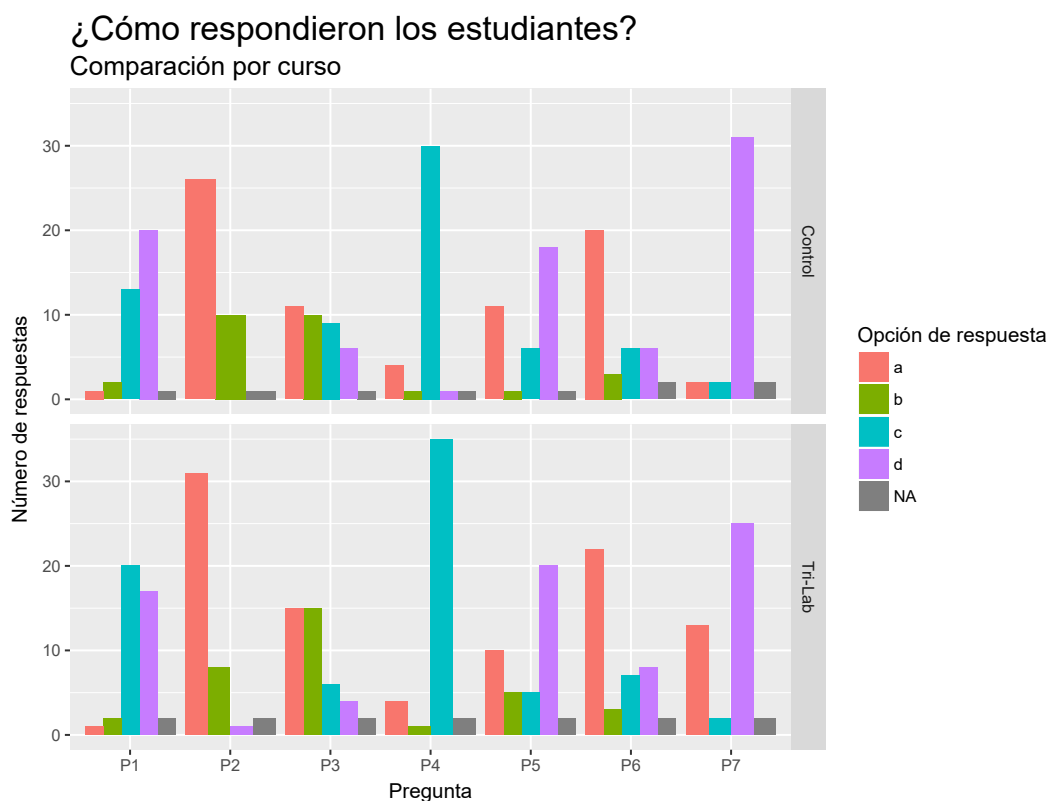
**Figura 4-3.:** Modelo de pensamiento según grupo. (Tratamiento vs. Control)

Al analizar la frecuencia de las respuestas comparando el grupo de control y el grupo Tri-Lab (Figura 4-3), se observa que no hay una asociación significativa entre el grupo al que pertenecen los estudiantes (Tri-Lab o control) y el modelo de pensamiento exhibido  $\chi^2(1) = 3,0006, p = 0,083330$ . En los estudiantes de los dos grupos, en general, predomina un modelo de pensamiento aristotélico (Tabla 4-2). Esta paridad aparente en los modelos de pensamiento de los estudiantes de los dos grupos, fue tomada en cuenta para la elección del grupo control, toda vez que en este se observa una mayor incidencia del modelo aristotélico.

**Tabla 4-2.:** Tabla cruzada Curso x Modelo de Pensamiento.

Grupo	Aristotélico	Modelo de Pensamiento		
		Newtoniano	Total	
Control		157	102	259
		60.6 %	39.4 %	100 %
Tri-Lab		199	95	294
		67.7 %	32.3 %	100 %
Total		356	197	553
		64.4 %	35.6 %	100 %

La frecuencia de las respuestas (a, b, c o d), en cada uno de los grupos, se presenta en la Figura 4-4.

**Figura 4-4.:** Frecuencia de respuestas, análisis por curso.

## 4.1.2. Análisis preguntas individuales

### Pregunta 1

1. En la Antigua Grecia realizaban experimentos para explicar por qué los cuerpos soltados en el aire, parecen siempre escoger la dirección hacia el piso y conocer, de qué factores depende esta caída. Cierta Griega de la época, soltó al mismo tiempo una piña de pino (es el cono encargado de proteger las semillas o el polen), el pétalo de una rosa, plana y lisa y otro pétalo de rosa doblada varias veces (si suponemos que los tres objetos pesaban lo mismo), después del experimento, el se dio cuenta que la piña y el pétalo de la rosa doblada, cayeron casi al mismo tiempo, pero el pétalo sin doblar se demoró un poco más en llegar al piso.

Una posible explicación a este fenómeno que tu darías es:

- a) El experimento no ha funcionado muy bien, pues debe caer primero la piña, ya que tiene más volumen.
- b) La masa no hace la caída más rápida y como todos tienen la misma masa, deben llegar al piso, juntos en el mismo tiempo.
- c) A mayor masa del cuerpo mayor velocidad adquiere en su caída.
- d) Como la hoja del rosal sin doblar, tiene más superficie, está en contacto con más aire y este frena su caída.

**Figura 4-5.:** Pregunta 1, Pre-Test.

Esta pregunta busca conocer qué piensan los estudiantes respecto al tiempo de caída de un cuerpo con relación a la forma. Puede verse en el gráfico de la Figura 4-6 cómo la mayor parte de los estudiantes se agrupan al rededor de dos factores, uno en el cual la velocidad presenta una dependencia de la masa y otra en la cual el aire afecta el incremento de velocidad de los cuerpos, afectando más al cuerpo que tiene más área de contacto con el aire.

Llama la atención que la primera tendencia se manifiesta más en un grupo y la segunda en el otro. Puede inferirse que en un grupo hay una mayor identidad con los supuestos Aristotélicos de la caída de los cuerpos según la dependencia en los tiempos de caída de la masa de un cuerpo, manifestándose una vez más que la física Aristotélica es más intuitiva.

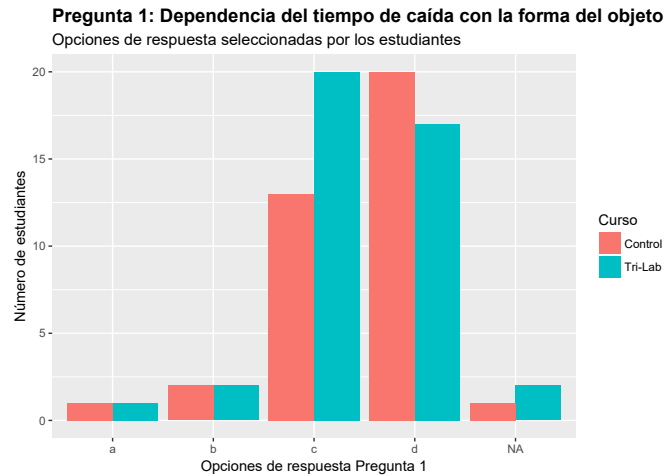


Figura 4-6.: Respuestas de los estudiantes a la pregunta 1.

## Pregunta 2

2. Nuestro Griego experimentador, decide ahora arrojar la piña hacia arriba en dirección vertical para saber cuáles son las fuerzas que actúan sobre ella una vez sale de sus manos en el tramo de subida. Ayúdale a escoger, de los siguientes diagramas de fuerzas, cuál es el correcto de acuerdo con tus conocimientos.

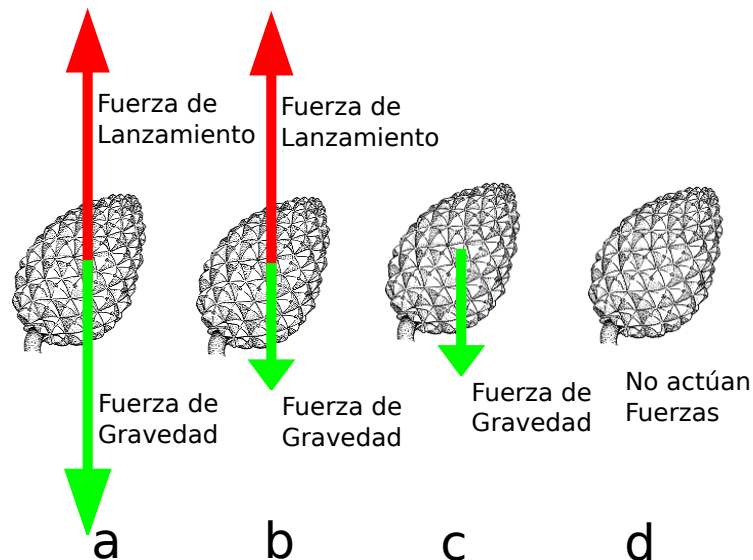
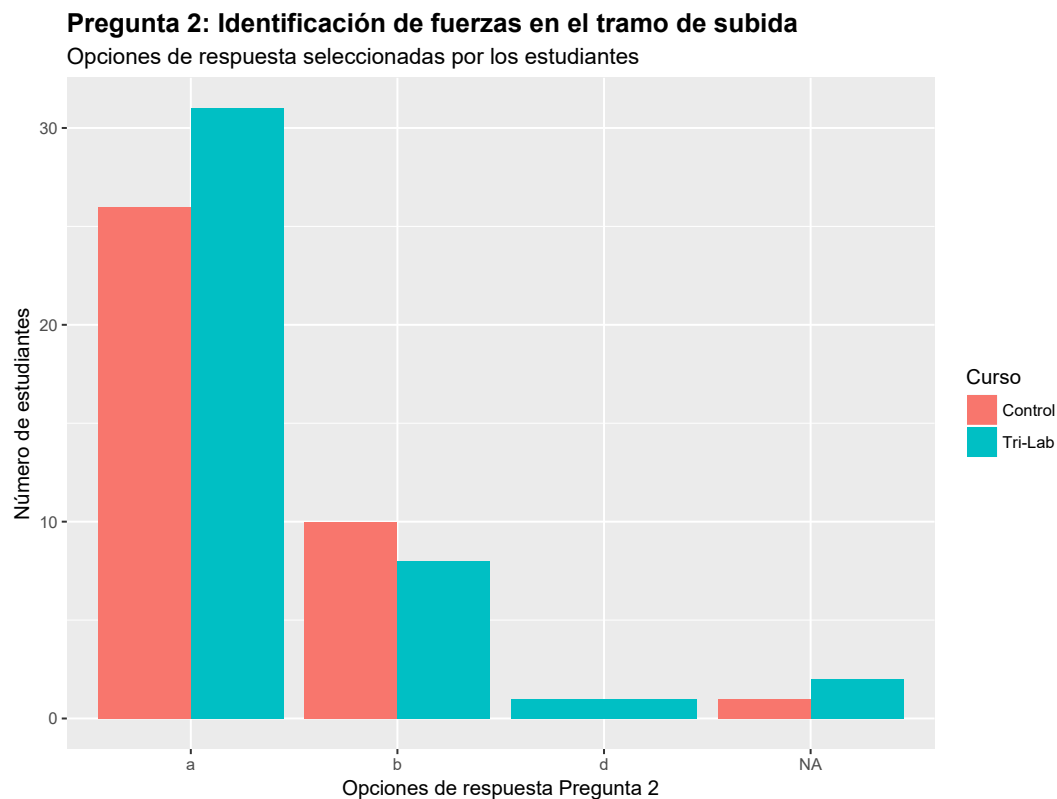


Figura 4-7.: Pregunta 2, Pre-Test.

Con respecto a la identificación de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en caída libre, se hace bastante explícito que la mayoría de estudiantes piensan que cuando un cuerpo se lanza hacia arriba, la fuerza que modifica su velocidad y que le permite ascender sigue



**Figura 4-8.:** Respuestas de los estudiantes a la pregunta 2.

actuando sobre el cuerpo, y aún más, se piensa que el cuerpo sube porque dicha fuerza es mayor que la fuerza gravitacional. Esta es una asociación importante que los estudiantes hacen, en el sentido de que se piensa que las fuerzas son las responsables del movimiento de los cuerpos y no de sus cambios de estado. Puede verse este detalle en la Figura 4-8

### Pregunta 3

3. ¿Cuáles serán las fuerzas que actúan cuando la piña de pino alcanza la parte más alta? Señala el diagrama correcto para ti.

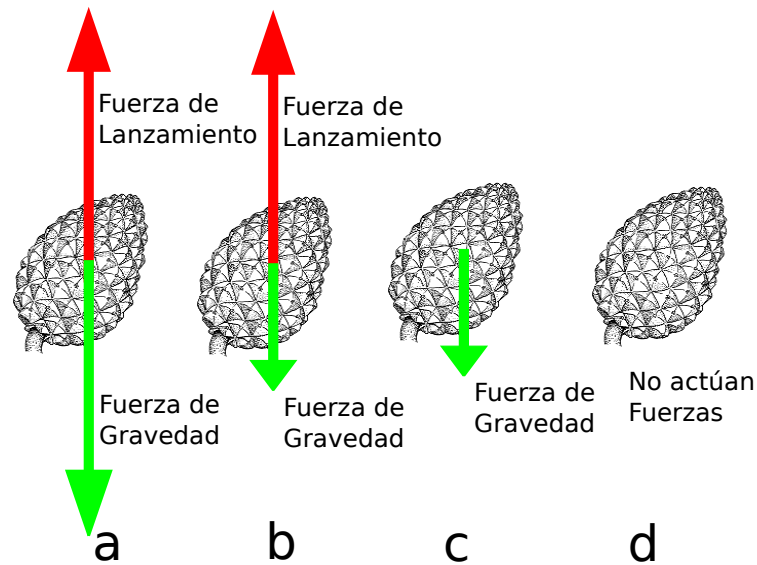


Figura 4-9.: Pregunta 3, Pre-Test.

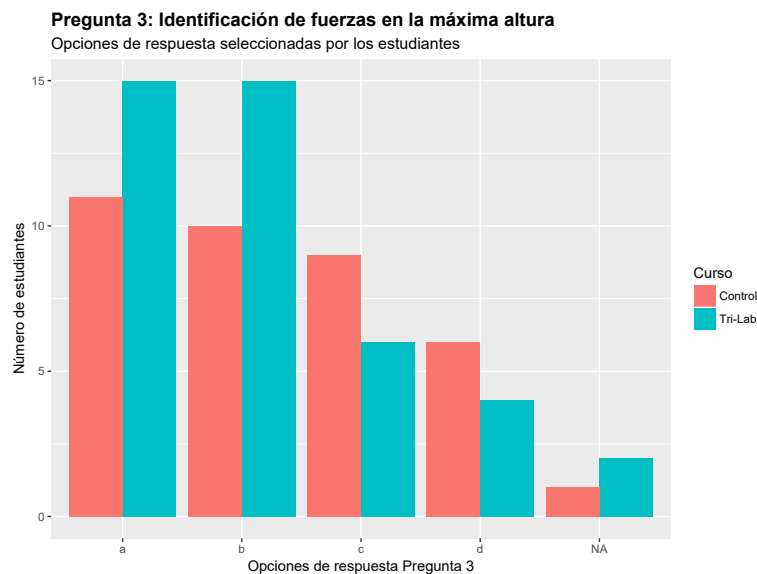


Figura 4-10.: Respuestas de los estudiantes a la pregunta 3.

Para esta situación, puede observarse (Figura 4-10) que los estudiantes siguen relacionando el movimiento de un cuerpo con fuerzas actuando sobre este, aún cuando el cuerpo se

encuentra momentáneamente en reposo en lo alto de su trayectoria, esta tendencia es muy marcada en ambos grupos.

#### Pregunta 4

4. ¿Cuáles serán las fuerzas que actúan cuando la piña de pino viene en el tramo de bajada? Señala el diagrama correcto para ti.

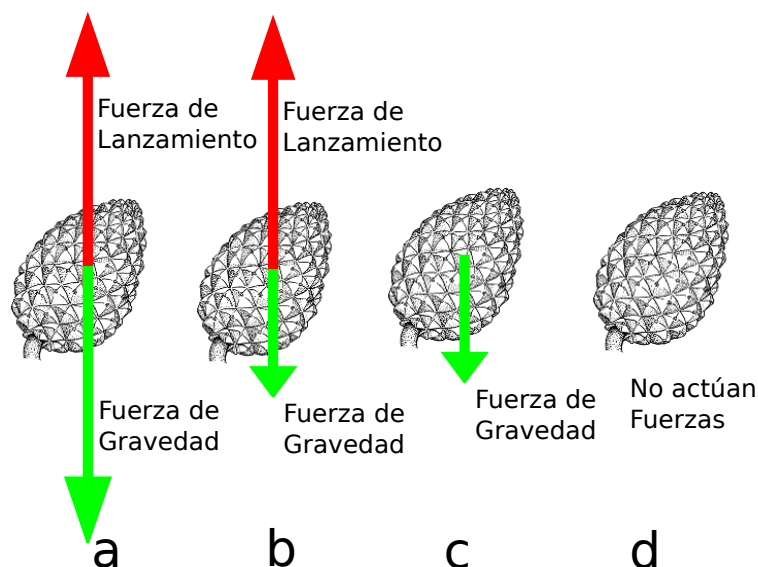
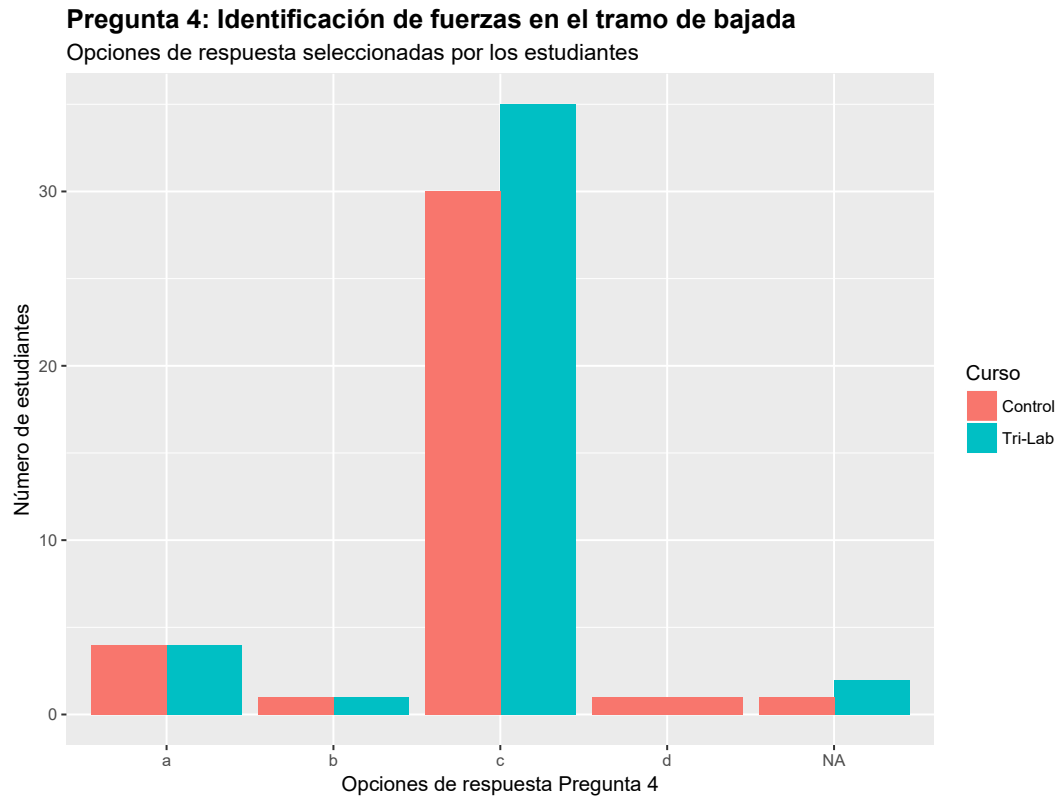


Figura 4-11.: Pregunta 4, Pre-Test.

En las respuestas que aparecen en la (Figura 4-12) se logra ver reforzada la idea que estos tienen, asociando movimiento con fuerzas y considerando que para que el cuerpo suba se requiere de una fuerza que acompañe al cuerpo, pues en el caso del tramo de bajada y por una enorme mayoría, esta vez sí se considera a la gravedad como la única fuerza que actúa sobre el cuerpo y como la causante de su caída. En este sentido, puede considerarse que los esquemas explicativos acerca de la caída de los cuerpos funcionan bien para los estudiantes en tanto el cuerpo caiga, no así cuando el cuerpo sube o se detiene en el punto más alto de su trayectoria vertical.

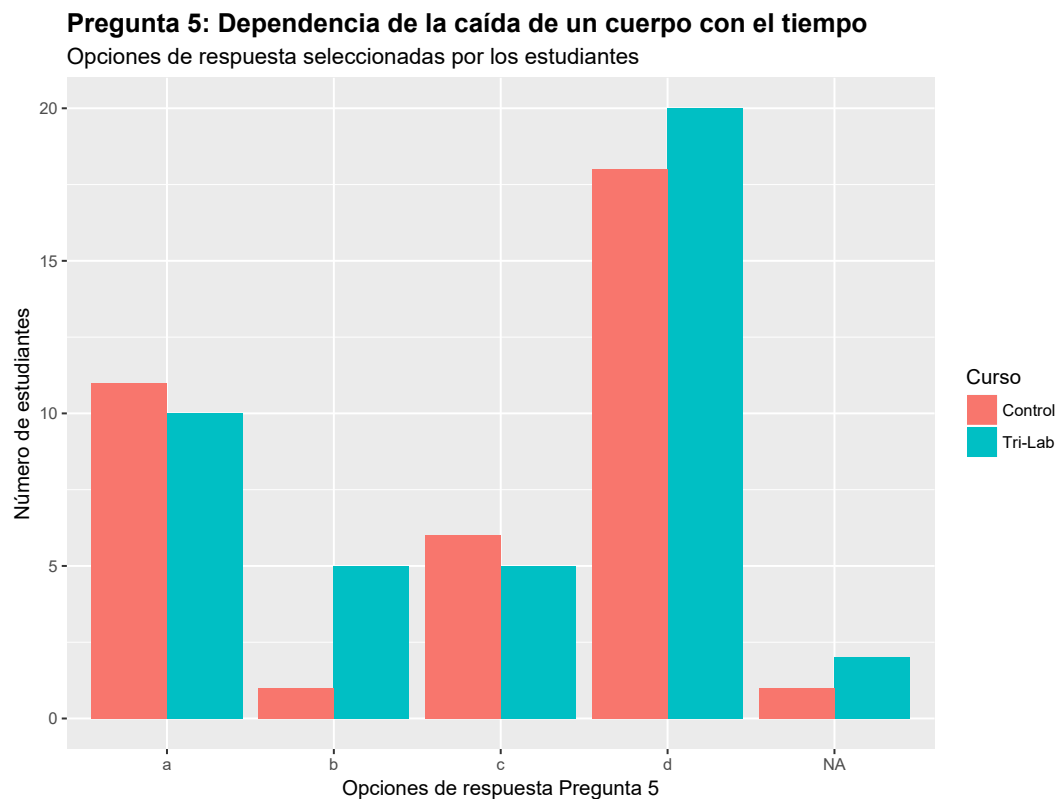


**Figura 4-12.:** Respuestas de los estudiantes a la pregunta 4.

### Pregunta 5

5. El Griego experimentador busca identificar las variables de las cuales depende la caída vertical de los cuerpos y para ello trata de analizar la dependencia del tiempo, lanza otra vez la piña del pino hasta una cierta altura y con su pulso, muy afinado por cierto, mide el tiempo que este objeto tarda en llegar hasta la parte más alta de su recorrido y veloz como un rayo, mide también el tiempo de caída:
- Obviamente, el tiempo en subir es mayor que el tiempo en bajar.
  - El tiempo en subir es la mitad del tiempo en bajar.
  - Curiosamente, el tiempo en subir es igual al tiempo en bajar.
  - Curiosamente, el tiempo en bajar es mayor que el tiempo en subir, debido a la gravedad.

**Figura 4-13.:** Pregunta 5, Pre-Test.



**Figura 4-14.:** Respuestas de los estudiantes a la pregunta 5.

Esta pregunta se plantea para tratar de encontrar las posibles diferencias que establecen los estudiantes entre el tiempo de subida de un cuerpo y su tiempo de bajada hasta el mismo punto de lanzamiento. El resultado de la evaluación de esta pregunta se muestra en la Figura 4-14, en donde se observa que para los estudiantes en general, un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba se demora más bajando que subiendo. Esta respuesta es bastante extraña, pues no aparece un argumento desde lo intuitivo que la respalde. Por otro lado, sólo cinco estudiantes de los dos grupos consideran que ambos tiempos son iguales.

## Pregunta 6

6. Posteriormente, el griego desea analizar los cambios de velocidad que un cuerpo experimenta cuando es lanzado verticalmente hacia arriba. Él quiere saber cómo es la aceleración en el punto más alto. ¿Qué le responderías?
- a) La aceleración allí vale cero, pues en este punto el cuerpo se detiene.
  - b) Tiene un valor de  $9,8 \frac{m}{s^2}$  y con dirección hacia arriba.
  - c) Tiene un valor de  $9,8 \frac{m}{s^2}$  y con dirección hacia abajo.
  - d) Tiene un valor mayor de  $9,8 \frac{m}{s^2}$  y con dirección hacia abajo.

Figura 4-15.: Pregunta 6, Pre-Test.

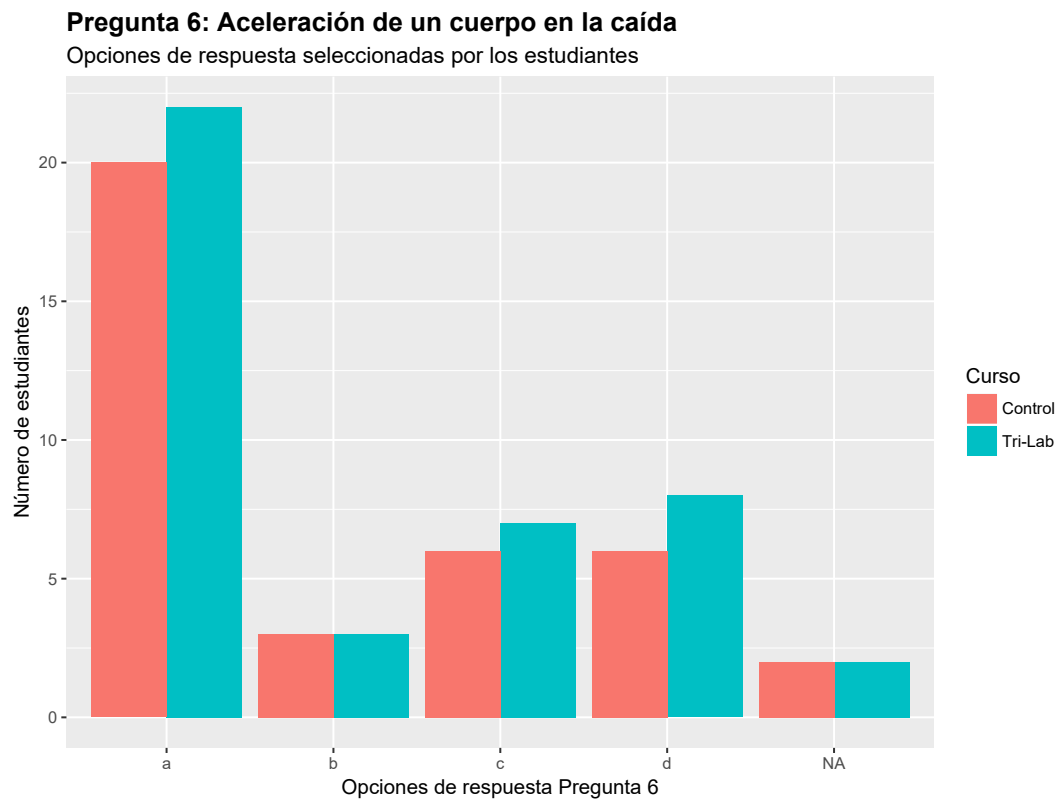


Figura 4-16.: Respuestas de los estudiantes a la pregunta 6.

## Pregunta 7

7. Suponga que se tienen tres esferas del mismo tamaño aproximadamente, pero hechas de diferente material: una de hierro, una de vidrio y otra de madera. Estos cuerpos se dejan caer al mismo tiempo desde la misma altura en un recipiente cilíndrico de vidrio con agua. Predice cómo es la caída de los cuerpos.
- Los tres cuerpos caen al mismo tiempo, pues los cuerpos dejados caer desde la misma altura gastan el mismo tiempo en caer.
  - La esfera de vidrio cae más rápido, pues por su transparencia es más compatible con el agua.
  - No ocurre nada, pues por su forma todos los cuerpos flotarán en el agua.
  - La esfera de Hierro cae primero, luego la de vidrio y por último la de madera, debido a sus densidades relativas.

Figura 4-17.: Pregunta 7, Pre-Test.

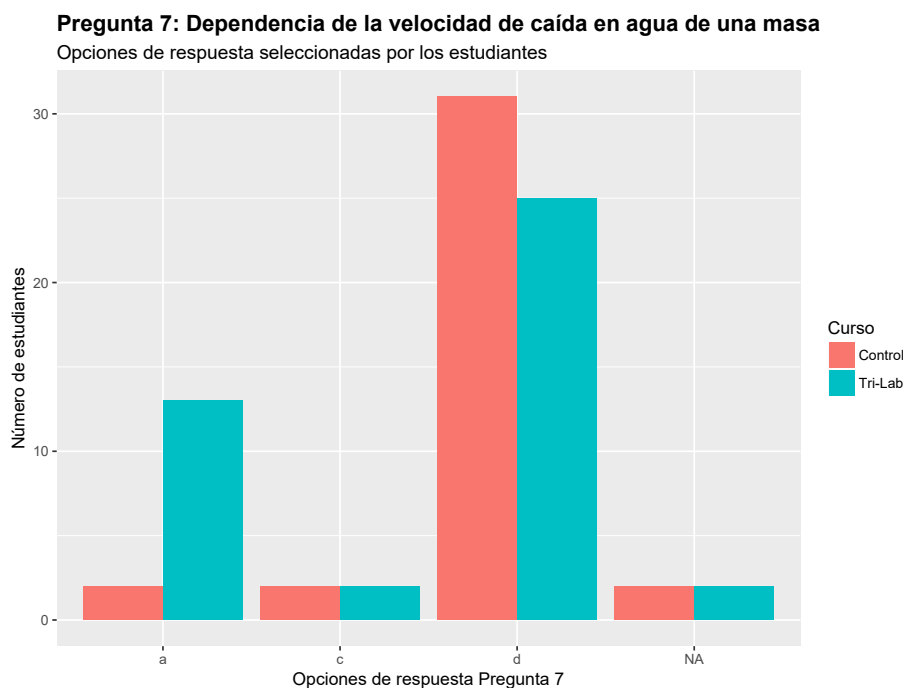


Figura 4-18.: Respuestas de los estudiantes a la pregunta 7.

Esta vez los estudiantes parecen construir una analogía de la caída en un medio resistivo como el agua. Ellos plantean en su mayoría que todos los cuerpos caen al mismo tiempo, tanto en el agua como en el vacío.

### Pregunta 8

8. Las imágenes tomadas cada segundo de una pelota que se dejó caer de una gran altura, se presentan en la figura, ¿Cómo podrías determinar que la velocidad está aumentando?

**Figura 4-19.:** Pregunta 8, Pre-Test.

En esta pregunta, se desea conocer como los estudiantes cuando observan una serie de fotos tomadas a un cuerpo en movimiento, en intervalos de tiempo iguales, pueden determinar si su movimiento es acelerado o no.



Para analizar las respuestas de los estudiantes, se han considerado los dos grupos, dado que si bien estas respuestas son variadas, se ha podido establecer las ideas más comunes entre ellos.

Puede verse que en general reconocen que hay un aumento en la velocidad de caída del cuerpo, pero muchos de ellos a su vez reconocen que este es proporcional al aumento de la fuerza en su caída, surge entonces una categoría en la cual con el aumento de la fuerza de caída hay un aumento de la velocidad. Una respuesta que corrobora este análisis es por ejemplo: “Al ser lanzada la gravedad fue tomando poder y control sobre la pelota, hasta que esta se queda en total contacto con la superficie. Se puede decir que la gravedad actúa un poco después pero a gran velocidad su fuerza aumenta”

En otra categoría se pueden ubicar las respuestas de los estudiantes, que reconocen que hay un aumento de la velocidad, pero que esta es independiente de la gravedad, aún cuando no presentan razones para este aumento de velocidad. En este sentido se puede mirar como un estudiante responde: “mientras más cae, más velocidad coge”

Solo un pequeño grupo de estudiantes (cinco) consideraron que el aumento de velocidad puede determinarse de acuerdo con la separación de las fotos, para instantes de tiempos iguales, en este sentido presentamos la respuesta de un estudiante: “Podría medir la distancia que se nota entre cada una de las imágenes. Es decir, esta distancia. pues ahí es donde nos dimos cuenta que la velocidad aumentaba. Pienso yo”

Las otras respuestas podrían presentarse como una representación mínima de estas ideas, en las que los estudiantes consideran que al caer el cuerpo aumenta de forma, o que se puede

conocer el aumento de la velocidad con la altura de caída o que a medida que el cuerpo sube la fuerza de gravedad aumenta, entre otras.

Se deduce de las respuestas de los estudiantes, que en su mayoría los argumentos para identificar el cambio en la velocidad de un cuerpo en movimiento vertical, son de corte aristotélico y aparece un muy buen punto de partida, para conocer si estas ideas son modificadas y que nueva forma toman, con el apoyo del entorno Tri-Lab.

# 5. Conclusiones y perspectivas futuras

## 5.1. Conclusiones

- Se diseñó, construyó e implementó una plataforma de laboratorios remotos con arquitectura Tri-Lab, como herramienta de apoyo a los procesos de enseñanza-aprendizaje de conceptos básicos de física en estudiantes de secundaria.
- Se desarrollaron entornos de experimentación Tri-Lab para prácticas de Cinemática, Dinámica y Circuitos resistivos. Adicionalmente, se está incorporando el acceso remoto a prácticas más avanzadas en temas de filtrado de señales, espectroscopía Mössbauer y magnetometría de muestra vibrante.
- La plataforma de laboratorios remotos desarrollada hace uso de herramientas de software y hardware altamente flexibles, intuitivas y adaptables a entornos de enseñanza de las ciencias, entre ellas Moodle, LabVIEW y equipo de instrumentación programable a través del bus IEEE-488.
- La aplicación de la metodología Tri-Lab a un grupo de estudiantes de décimo grado permitió evidenciar mejoras en la asimilación de conceptos de cinemática, cuya interpretación fue deficiente antes de aplicar esta metodología.
- El desarrollo del proyecto permitió retomar la línea de laboratorios remotos que se comenzó en la Universidad en el año 2011, esta vez con experimentos diferentes, con el apoyo de la Plataforma Educativa Neutrón de Proyecto 50 y buscando validar directamente el aporte de la metodología Tri-Lab en un grupo piloto de estudiantes de secundaria de un municipio de Antioquia.
- La plataforma se puede extender a diferentes cursos de física, tanto básicos como avanzados, para apoyar procesos de enseñanza-aprendizaje de conceptos de difícil asimilación.

## 5.2. Perspectivas futuras del trabajo

Las herramientas desarrolladas en el proyecto abren un camino altamente promisorio para la Universidad EAFIT, no solo para favorecer los procesos de enseñanza y aprendizaje

en los cursos teórico-prácticos de pregrado y maestría que realizan medidas de magnitudes físicas y químicas, sino como una vía para fortalecer los procesos de investigación formal que se desarrollan en la Universidad. Esta alternativa puede llegar a ser muy exitosa en la medida en que se sumen nuevas experiencias a la plataforma y que se disponga de un número cada vez mayor de equipos de laboratorio con alguna conexión al computador para el acceso a las medidas. Los datos colectados de los diferentes experimentos podrían ser inclusive compartidos con múltiples usuarios para obtener conclusiones de ciertos experimentos, compartir experiencias en investigación y generar redes de cooperación científica que generen beneficio mutuo para grupos de investigación y programas académicos de la Universidad.

# Bibliografía

- [1] Palacín Ana Valero, Cantillo Carmen; Roura, Redondo Margarita; Sánchez. Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación. *La Educ@ción Digital Magazine*, N 147:1–21, 2012. 5
- [2] Josep Maria Manresa Raquel Munoz-Miralles Raquel Ortega-Gonzalez M. Rosa Lopez-Morrón Carme Batalla-Martinez Pere Toran-Monserrat Andres Chamarro, Xavier Carbonell. El cuestionario de experiencias relacionadas con los videojuegos (cerv): Un instrumento para detectar el uso problemático de videojuegos en adolescentes españoles. *Adicciones*, 26(4):303–311, 2014. 5
- [3] Juan Carlos Montoya and Tomas Olarte. Plataforma web para acceso remoto a instrumentación física avanzada. *Revista Universidad EAFIT*, 46(160):36–47, 2010. 6
- [4] Mauricio Arroyave-Franco, Álvaro; Velásquez-Torres, Tomás; Olarte-Hernández, Juan, Montoya-Mendoza. Laboratorios Remotos: Diversos Escenarios De Trabajo Co-Laboratories: New Arenas for Scientific Work. *Anuario electrónico de estudios en Comunicación Social*, 4(2):83–94, 2011. 6
- [5] Hollylynn Stohl Lee and Karen F. Hollebrands. Students' use of technological features while solving a mathematics problem. *Journal of Mathematical Behavior*, 25(3):252–266, 2006. 11
- [6] Helen C. Reed, Paul Drijvers, and Paul A. Kirschner. Effects of attitudes and behaviours on learning mathematics with computer tools. *Computers and Education*, 55(1):1–15, 2010. 11
- [7] Esther Yook Kin Loong and Sandra Herbert. Student perspectives of Web-based mathematics. *International Journal of Educational Research*, 53:117–126, 2012. 11
- [8] Levent Emmungil and Ömer Geban. Effect of constructed web-supported instruction on achievement related to educational statistics. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 9:1347–1351, 2010. 12
- [9] Subrata. (S ) Bhattacharjee and Christopher Paolini. Property evaluation in The Expert System for Thermodynamics ("TEST") web application. *CALPHAD: Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*, 33:343–352, 2009. 12

- 
- [10] S. K. Ong and M. A. Mannan. Virtual reality simulations and animations in a web-based interactive manufacturing engineering module. *Computers and Education*, 43:361–382, 2004. 12
- [11] Marta Rivas Rossi Julián Monge-Nájera, Victor Hugo Méndez-Estrada. El potencial de los laboratorios virtuales en la educación a distancia:: Lecciones aprendidas tras 10 años de implementación. *Virtual Educa*, 2015. 13
- [12] Carlos A. Jara, Francisco A. Candelas, Fernando Torres, Sebastian Dormido, Francisco Esquembre, and Oscar Reinoso. Real-time collaboration of virtual laboratories through the Internet. *Computers and Education*, 52(1):126–140, 2009. 13
- [13] Carlos A. Jara, Francisco A. Candelas, Santiago T. Puente, and Fernando Torres. Hands-on experiences of undergraduate students in automatics and robotics using a virtual and remote laboratory. *Computers and Education*, 57(4):2451–2461, 2011. 13
- [14] Juan Carlos Guevara Lely Adriana Luengas and Giovanni Sánchez. ¿Cómo desarrollar un laboratorio virtual? Metodología de diseño. *Nuevas Ideas e Informática Educativa*, 5:165–170, 2009. 13
- [15] E. Fabregas, G. Farias, S. Dormido-Canto, S. Dormido, and F. Esquembre. Developing a remote laboratory for engineering education. *Computers and Education*, 57(2):1686–1697, 2011. 13
- [16] José Hernández Silva Alberto Pedro Lorandi Medina, Guillermo Hermida Saba and Enrique Ladrón de Guevara Durán. Los Laboratorios Virtuales y Laboratorios Remotos en la Enseñanza de la Ingeniería. *Revista Internacional de Educación en Ingeniería*, 4:24–30, 2011. 14, 21, 22
- [17] Arquimedes Barrios, Stifen Panche, Mauricio Duque, Victor H. Grisales, Flavio Prieto, José L. Villa, Philippe Chevrel, and Michael Canu. A multi-user remote academic laboratory system. *Computers and Education*, 62:111–122, 2013. 14
- [18] Colciencias. COLCIENCIAS, 2015. 14
- [19] Presidencia de Colombia. Decreto 585 de 1991. *Diario Oficial*, 1991(febrero 26):1–18, 1991. 14
- [20] CVNE. Docentes de la UT designados como Consejeros de Colciencias - Centro Virtual de Noticias de Educación. Online, 2011. 14
- [21] UNESCO. UNESCO - Conferencia Mundial sobre la Ciencia: Declaración sobre la Ciencia, 1999. 15
- [22] Congreso de Colombia. Ley 115 de Febrero 8 de 1994, 1994. 15

- [23] Congreso de Colombia. Ley 1286 de 2009, 2009. 16
- [24] Presidencia de Colombia. Decreto 585 de 1991, 1991. 16
- [25] SITEAL/TIC. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para el desarrollo de los sectores Electrónica, Tecnologías de la información y las comunicaciones — SITEAL/TIC. 16, 17
- [26] J.M. Sebastia. Qué se pretende en los laboratorios de física universitaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3):196–204, 1987. 18
- [27] Hernán Paz-Penagos and Margie Jessup. Visiones deformadas de la ciencia y la enseñanza - aprendizaje de conceptos científicos. análisis crítico de la presentación de los prólogos de textos guía de comunicaciones electrónicas digitales para estudiantes de ingeniería electrónica. *Revista Educación en Ingeniería*, 2(4):13–25, 2007. 18
- [28] L Rosado and J R Herreros. Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física. *Recent Research Developments in Learning Technologies*, pages 22–24, 2005. 19, 20, 21, 22, 23
- [29] Cherlys Infante-Jiménez. Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 19(62):917–937, 2014. 21
- [30] Julián Lamprea y Eduardo Caicedo Jaime Buitrago. Propuesta de un framework multi-nivel para el diseño de laboratorio de acceso remoto. *UIS Ingenierías*, 12(3):p.p 35–45., 2013. 22
- [31] M Abdulwahed and Z K Nagy. The TriLab , a Novel View of Laboratory Education. *Ee2008*, pages 1–13, 2008. 23, 24
- [32] Laurent Viennot. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1(2):205–221, 1979. 28
- [33] César Mora and Diana Herrera. Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 3(1):72–85, 2009. 45



# A. Anexo 1: Prueba cognitiva de entrada

INSTITUCIÓN EDUCATIVA NORMAL SUPERIOR RAFAEL MARÍA GIRALDO  
 CUESTIONARIO DE INDAGACIÓN SOBRE CAÍDA LIBRE MARZO 31, 2017

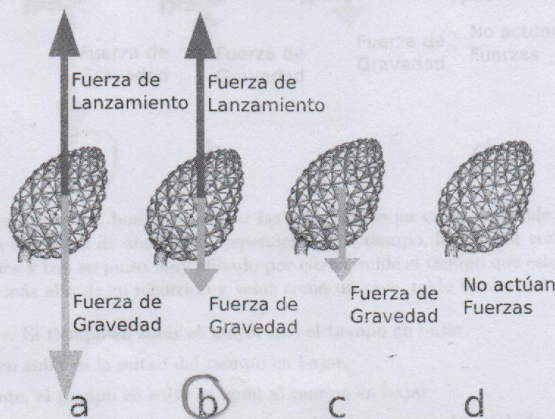
Cordial Saludo. agradecemos tu participación en este cuestionario de indagación, acerca del fenómeno de caída libre, los resultados obtenidos permitirán el diseño de estrategias de enseñanza que promuevan mejores aprendizajes, solicito su colaboración para que responda con total tranquilidad y dando a conocer su punto de vista o estado actual de conocimiento sobre el tema.

Nombre: Valentina Giraldo Duque Grado y grupo: 10<sup>o</sup>C.

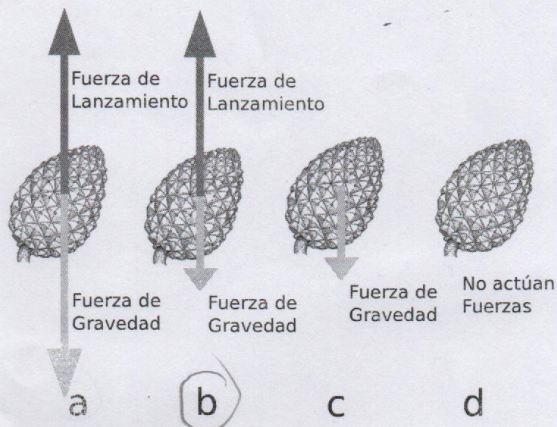
1. En la Antigua Grecia realizaban experimentos para explicar por que los cuerpos soltados en el aire, parecen siempre escoger la dirección hacia el piso y conocer, de que factores depende esta caída. Cierta Griego de la época, soltó al mismo tiempo una piña de pino (es el cono encargado de proteger las semillas o el polen), el pétalo de una rosa, plana y lisa y otro pétalo de rosa doblada varias veces (si suponemos que los tres objetos pesaban lo mismo), despues del experimento, el se dio cuenta que la piña y el pétalo de la rosa doblada, cayeron casi al mismo tiempo, pero el pétalo sin doblar se demoró un poco más en llegar al piso.

Una posible explicación a este fenómeno que tu darías es:

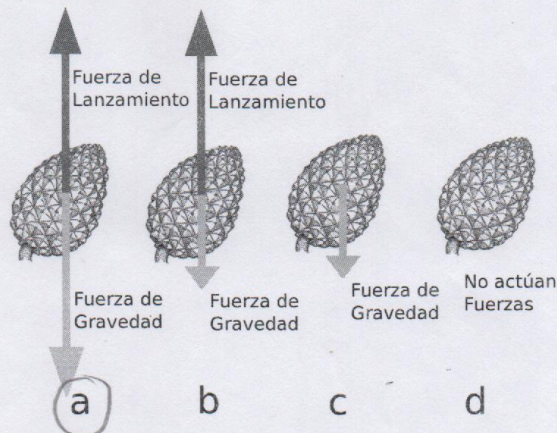
- El experimento no ha funcionado muy bien, pues debe caer primero la piña, ya que tiene más volumen.
  - La masa no hace la caída más rápida y como todos tienen la misma masa, deben llegar al piso, juntos en el mismo tiempo.
  - A mayor masa del cuerpo mayor velocidad adquiere en su caída.
  - Como la hoja del rosal sin doblar, tiene más superficie, está en contacto con más aire y este frena su caída.
2. Nuestro Griego experimentador, decide ahora arrojar la piña hacia arriba en dirección vertical, para saber cuales son las fuerzas que actúan sobre ella una vez sale de sus manos en el tramo de subida, ayúdale a escoger de los siguientes diagramas de fuerzas, cual es el correcto de acuerdo con tus conocimientos.



3. ¿Cuales serán las fuerzas que actúan cuando la piña de pino alcanza la parte más alta? Señala el diagrama correcto para ti.



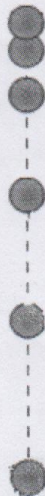
4. ¿Cuales serán las fuerzas que actúan cuando la piña de pino viene en el tramo de bajada? Señala el diagrama correcto para ti.



5. El Griego experimentador, busca identificar las variables de las cuales depende la caída vertical de los cuerpos y para ello trata de analizar la dependencia del tiempo, lanza otra vez la piña del pino hasta una cierta altura y con su pulso muy afinado por cierto, mide el tiempo que este objeto tarda en llegar hasta la parte más alta de su recorrido y veloz como un rayo, mide también el tiempo de caída:

- a) Obviamente. El tiempo en subir es mayor que el tiempo en bajar.  
 b) El tiempo en subir es la mitad del tiempo en bajar.  
 c) Curiosamente, el tiempo en subir es igual al tiempo en bajar.  
 d) Curiosamente, el tiempo en bajar es mayor que el tiempo en subir, debido a la gravedad.

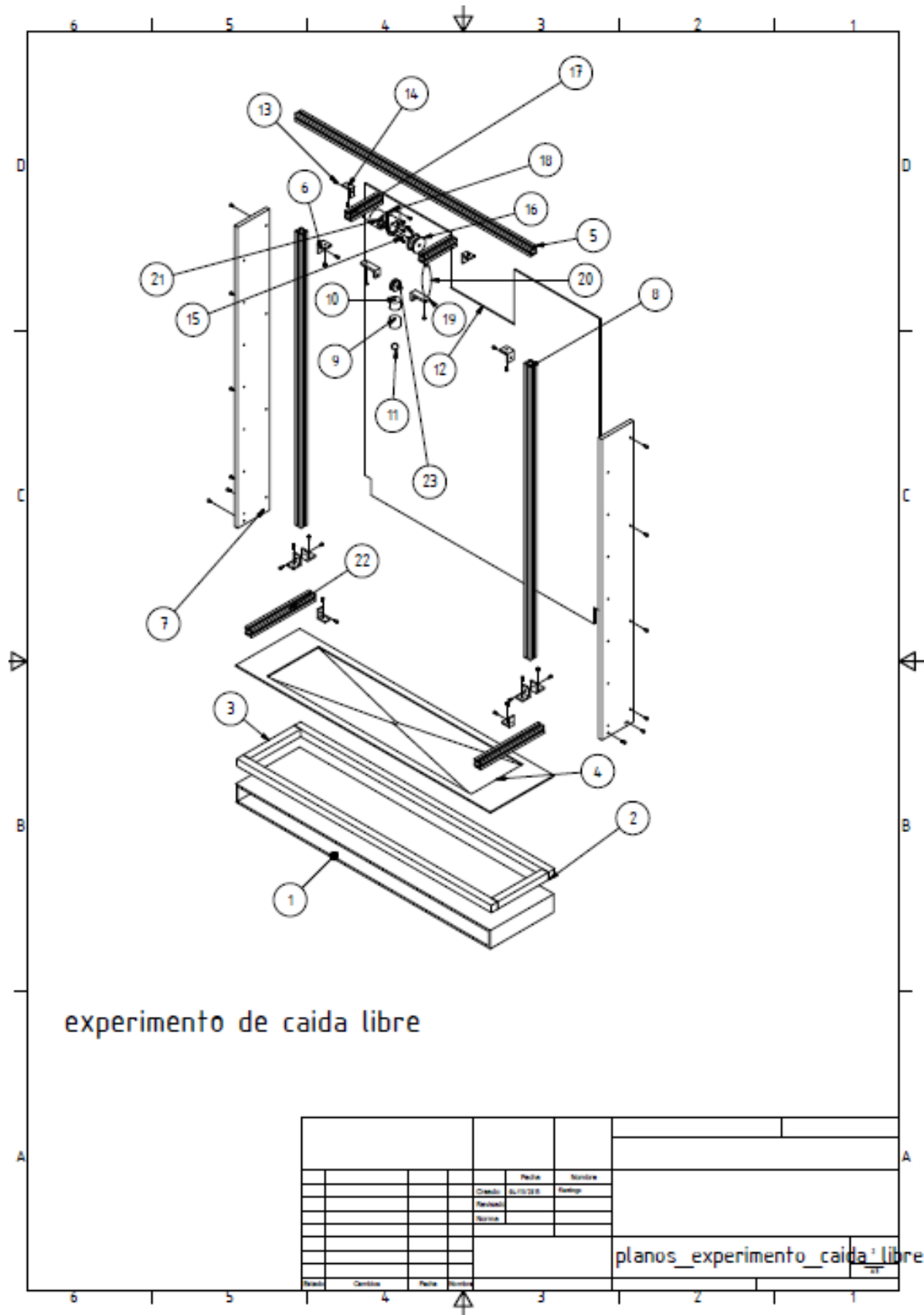
6. Posteriormente el Griego desea analizar los cambios de velocidad que un cuerpo experimenta, cuando es lanzado verticalmente hacia arriba, se encuentra con una situación que necesita de tu opinión, el quiere saber como es la aceleración en el punto más alto. Tu le responderías que...
- a) La aceleración allí vale cero pues en este punto el cuerpo se detiene.
  - b) Tiene un valor de  $9,8 \frac{m}{s^2}$  y con dirección hacia arriba.
  - c) Tiene un valor de  $9,8 \frac{m}{s^2}$  y con dirección hacia abajo.
  - d) Tiene un valor mayor de  $9,8 \frac{m}{s^2}$  y con dirección hacia abajo.
7. Suponga que se tienen esferas de la misma forma y aproximadamente, el mismo tamaño pero hechas de diferente material; una de hierro, otra de vidrio y otra de madera. Estos cuerpos se dejan caer al mismo tiempo, desde la misma altura en un recipiente cilíndrico de vidrio con agua. Tu predicción sobre la caída de los cuerpos se identifica más con que:
- a) Los tres cuerpos caen al mismo tiempo, pues los cuerpos dejados caer desde la misma altura gastan el mismo tiempo en caer.
  - b) La esfera de vidrio cae más rápido pues por su transparencia es más compatible con el agua.
  - c) No ocurre nada, pues por su forma todos los cuerpos flotarán en el agua.
  - d) La esfera de Hierro cae primero, luego, la de vidrio y por último la de madera, debido a sus densidades relativas.
8. Las imágenes tomadas cada segundo, de una pelota que se dejó caer de una gran altura, se presentan en la figura. ¿Como podrías determinar que la velocidad está aumentando?

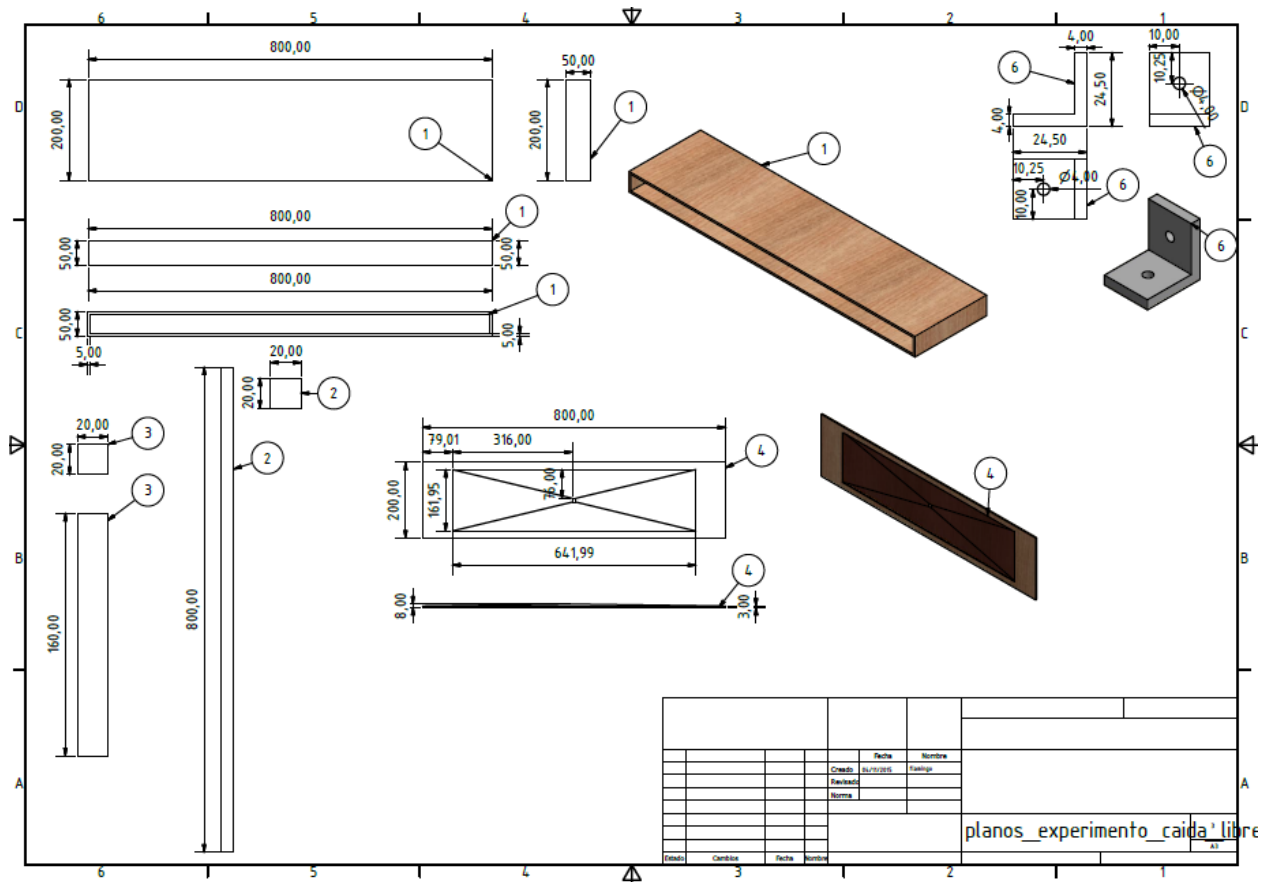


comienza el descenso y la pelota baja un poco despacio va cogiendo velocidad y la fuerza de gravedad poco a poco la coge haciendo que este caiga mas rapido hasta llegar al suelo.









Fecha		Nombre	
Creación	20/07/2020	Elaboración	
Revisión		Revisión	
Norma		Norma	
Estado		Cambios	
Fecha	Nombre	Fecha	Nombre

planos\_experimento\_caida\_libre



