



**ESTRATEGIA DIDÁCTICA FUNDAMENTADA EN EL MODELO CDIO PARA LA
ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS LEYES DEL MOVIMIENTO, EN
ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA**

JUAN CARLOS BERMÚDEZ HOYOS

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS.

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

COLOMBIA, MEDELLÍN

2019

**ESTRATEGIA DIDÁCTICA FUNDAMENTADA EN EL MODELO CDIO PARA LA
ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LAS LEYES DEL MOVIMIENTO, EN
ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA**

JUAN CARLOS BERMÚDEZ HOYOS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR POR
EL TÍTULO DE MAGÍSTER EN EDUCACIÓN

Línea en Didáctica de las Ciencias Naturales

Asesora

JULIA VICTORIA ESCOBAR LONDOÑO
PhD. en Educación

UNIVERSIDAD DE MEDELLÍN.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANAS.

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN

COLOMBIA, MEDELLÍN

2019

CONTENIDO

LISTADO DE TABLAS	iv
LISTADO DE FIGURAS	v
LISTADO DE APÉNDICES	vi
NOMENCLATURAS	vii
AGRADECIMIENTOS	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	3
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	9
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
1.4. OBJETIVOS	14
1.4.1. Objetivo general	14
1.4.2. Objetivos específicos	14
CAPITULO 2.....	14
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	14

2.1.1. Philosophiae naturalis principia mathematica.....	14
2.1.2. Modelo CDIO.....	19
CAPITULO 3	26
3.1. FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS.....	26
3.2. ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	27
3.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA	28
3.4. DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS	33
3.4.1. Observación participante.....	33
3.4.2. Grupo Focal.....	33
3.4.3. Entrevista semiestructurada	34
3.4.4. Talleres	34
3.5. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS.....	34
3.5.1. Diario de campo:	35
3.5.2. Cuestionario estructurado.....	35
3.5.3. Guía de entrevista semiestructurada.....	36
3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA	36
3.7. MATRÍZ METODOLÓGICA	40
CAPÍTULO 4	40
4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	40
CAPÍTULO 5	55

5.1. CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	60
REFERENCIAS	61

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Estándares CDIO.....	24
Tabla 2 Estructura del Syllabus CDIO.....	25
Tabla 3 Cronograma de implementación	32
Tabla 4 Codificación del grupo de estudiantes de la muestra	39
Tabla 5 Matriz metodológica	40
Tabla 6 Resultados de la prueba FCI diagnóstica inicial	43
Tabla 7 Conceptos erróneos en la prueba FCI inicial	44
Tabla 8 Resultados de FCI (Prueba final)	47
Tabla 9 Resultados de las pruebas diagnósticas inicial y final	48
Tabla 10 Predominios en las respuestas de las pruebas inicial y final	49
Tabla 11 Conceptos erróneos en la prueba FCI final	50
Tabla 12 Ganancia de aprendizaje	51

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 Aciertos comparativos entre las pruebas inicial y final	48
Figura 2: Coeficiente Heck de Ganancia de Aprendizaje	52

LISTADO DE APÉNDICES

Apéndice A: Propuesta de UEPS	67
Apéndice B: Esquema de la UEPS.....	71
Apéndice C: Evaluación de ideas previas	72
Apéndice D: Secuencia didáctica.....	85
Apéndice E: Diario de Campo	94
Apéndice F: Guía de Entrevista	95
Apéndice G: Guía de Observación.....	96

NOMENCLATURAS

Las nomenclaturas que a continuación se listan se encuentran a lo largo de este trabajo, y se relacionan para ofrecer una mayor comprensión del presente informe de investigación por parte de sus lectores:

- ACOFI: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería
- CDIO: *Conceive, Design, implement and operate* (Concebir, diseñar, implementar y operar)
- EMF: Educación Media Fortalecida
- FCI: *Forces concept inventory* (Inventario de conceptos sobre las fuerzas)
- ICESI: Instituto Colombiano de Estudios Superiores de Incolda
- ICFES: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior
- IED: Institución Educativa Distrital de la ciudad de Bogotá
- KTH: *Kungliga Tekniska Högskolan* (Real instituto de Tecnología)
- LiU: *Linköping University* (Universidad de Linköping)
- MEN: Ministerio de Educación Nacional de Colombia
- MIT: *Massachusetts Institute of Technology* (Instituto de tecnología de Massachusetts)
- OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
- PISA: *Program for International Student Assessment* (Programa para evaluación internacional de estudiantes)
- PUJ: Pontificia Universidad Javeriana
- Q.E.D.: *Quod erat demonstrandum*

- SEM: Secretaría de Educación de Medellín
- STEM: *Science, technology, engineering and mathematics* (Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas)
- UEPS: Unidad de Enseñanza Potencialmente Significativa.
- UN: Universidad Nacional.

AGRADECIMIENTOS

A mi Asesora, la profesora Julia Victoria Escobar, por su gran ayuda, comprensión y colaboración en cada momento de consulta, por su disposición a enseñar en toda ocasión, y por haber sido un soporte invaluable en este trabajo de investigación.

A mi tutora Anlly Viviana Montoya, por inspirarme y darme la confianza necesaria para continuar con mi proyecto investigativo, por su inagotable energía con la que siempre me contagió e instó a no desfallecer.

A mis compañeros de post grado, sin sus valiosos aportes y sin su apoyo, este trabajo no habría terminado como efectivamente lo hizo.

A mis padres, Álvaro y Luz maría, por ser las columnas en las que se apoyan los valores que me enseñaron y mis deseos de continuar empujando los límites de lo posible.

A mis hermanos Maribell, Rodrigo y Felipe, por apoyarme siempre con las palabras adecuadas en los momentos indicados.

A mi tía Girlesa, por siempre creer en mí, y por impulsarme a continuar hasta el fin sin importar las vicisitudes, porque las recompensas se reclaman es al final.

A mi esposa Mónica patricia, por ser el motor de toda esta hazaña, por soportar tantas horas de estudio y de lectura, por ser la cómplice de esta locura y por demostrar tanta paciencia y amor inmerecido.

A Jesucristo, porque sin Él, nada de esto habría sido posible. Por su amor incondicional y eterno. ¡Que la Gloria solo sea para Él!

DEDICATORIA

“Scientists study the world as it is;
engineers create the world that never has been”

Theodore Von Karman

“If I saw further than other men,
it was because I stood on the shoulders of giants”

Isaac Newton

*A mi esposa Mónica y mi hija Gabriela,
por estar siempre a mi lado y por ser
la fuerza que impulsa mi existencia.*

RESUMEN

El presente es un informe final del trabajo de grado de maestría que da cuenta del desarrollo del proyecto de implementación de una estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media, específicamente en alumnos de décimo grado de la Institución Educativa Ramón Giraldo Ceballos, ubicada en el barrio Belén en la ciudad de Medellín.

Este trabajo se encuentra organizado en cinco capítulos a saber; en el primero de ellos se describe el problema de investigación, problema al que este trabajo procura encontrar una solución en la adaptación de un modelo de enseñanza y aprendizaje diseñado para las facultades de ingeniería aplicado en la enseñanza de las leyes de Newton en estudiantes de décimo grado, el segundo capítulo se refiere al marco teórico en el que se fundamenta este trabajo de investigación, en el cual las leyes del movimiento de Newton, las unidades de aprendizaje potencialmente significativas y el modelo educativo CDIO son los ejes fundamentales, el tercer capítulo hace referencia al marco metodológico, o metodología de investigación que se empleó a lo largo de este trabajo investigativo, este se llevó a cabo siguiendo los lineamientos del paradigma cualitativo con un enfoque socio-crítico y con un diseño metodológico basado en la investigación-acción, tomado desde la visión de Whitehead (1989), en el cuarto capítulo se encuentra el análisis de los resultados, este análisis se efectuó con ayuda de la herramienta de análisis de resultados de las pruebas inicial y final del FCI, diseñado por Hake (1998), también con la ayuda de un *software* de manejo de datos como lo fue el programa *Microsoft Excel*, de la misma manera que el uso de una matriz de análisis de categorías apriorísticas y emergentes de los diferentes instrumentos utilizados para tal fin, y por último en el quinto capítulo se hallan las conclusiones y las recomendaciones a las que se llega después de surtir todas las etapas de esta

investigación, todo esto ampliado con apéndices y anexos que dan cuenta del material diseñado y aplicado para este trabajo.

Se espera es que este proceso permita transformar mis prácticas pedagógicas, para mejorar el proceso de enseñanza y que esa transformación influya en altos niveles del desarrollo del pensamiento científico y de las competencias científicas de los estudiantes de educación media en el contexto colombiano, y en general se espera que este trabajo contribuya a iniciar un proceso de transformación que redunde en mejorar la calidad de la educación de Ciencias Naturales en Colombia.

ABSTRACT

This is a final report of the master's degree work that accounts for the development of the implementation project of a didactic strategy based on the CDIO model for the teaching and learning of Newton's laws of movement, in middle school students, specifically in tenth graders of the educational institution Ramón Giraldo Ceballos, located in Belen in the city of Medellín.

This work is organized into five chapters namely; in the first of them the problem of research is described, a problem to which this work seeks to find a solution in the adaptation of a model of teaching and learning designed for the faculties of engineering applied in the teaching of the laws of Newton in students of tenth degree, the second chapter deals with the theoretical framework in which this research is based, in which the laws of motion Newton, units of potentially significant learning and educational model CDIO are fundamental, the third chapter refers the methodological framework, or research methodology that was used throughout this research work, this is I conducted following the guidelines of the qualitative paradigm with a socio-critical approach and a design methodology based on action research, taken from the vision

of Whitehead (1989), in the fourth chapter is the analysis of the r Results, this analysis was carried out with the help of the results analysis tool of the initial and final tests of the FCI, designed by Hake (1998), also with the help of data management software such as Microsoft Excel, the same way that the use of a matrix of analysis of a priori and emergent categories of the different instruments used for that purpose, and finally in the fifth chapter are the conclusions and the recommendations that are reached after completing all the stages of this investigation, all this expanded with appendices and annexes that account for the material designed and applied for this work.

It is hoped that this process will allow me to transform my pedagogical practices, to improve the teaching process and that this transformation will influence high levels of the development of scientific thinking and the scientific competences of middle school students in the Colombian context, and in general It is expected that this work will contribute to start a transformation process that will result in improving the quality of natural science education in Colombia.

PALABRAS CLAVES

CDIO, Constructivismo, Educación Media, Motivación, Leyes de Newton

KEY WORDS

CDIO, Constructivism, Mid Education, Motivation, Newton's laws

INTRODUCCIÓN

Existe un desinterés generalizado a nivel latinoamericano entre los jóvenes por temas de Ciencia, Tecnología y Matemáticas, y Colombia no está exenta de esta problemática. Este fenómeno se ve reflejado en el bajo rendimiento que obtienen los estudiantes en las asignaturas que contienen estos temas, como lo son las Matemáticas, las Ciencias Naturales, la Física y la Química. La apatía de los jóvenes por estudiar estos temas en particular, se pone de manifiesto en el momento que deben hacer la elección de las carreras en las que quieren continuar sus estudios superiores. Para mitigar en parte esta problemática, se deben diseñar estrategias que logren que los estudiantes obtengan una comprensión real de los fenómenos naturales, y que estas los inviten a que logren vencer las dificultades que han tenido históricamente en estas asignaturas.

En el contexto de la educación universitaria se ha venido trabajando con gran éxito una metodología de enseñanza y aprendizaje de las ciencias básicas, que inicia en los primeros semestres y se lleva hasta el final de sus carreras. Esta metodología está basada en el aprendizaje experiencial que David Kolb desarrolló, quien a su vez retomó los conceptos del trabajo de Jean Piaget.

La metodología empleada es la iniciativa CDIO, (*Conceive-Design-Implement-Operate*, acrónimo por sus siglas en inglés).

Este trabajo de investigación pretende descubrir los efectos que se producirían al realizar una intervención de aula, en forma de una estrategia didáctica, por medio de la implementación de un modelo pedagógico propio de las ingenierías, adaptado para estudiantes de educación media. La estrategia en la que se fundamenta esta intervención de aula, está apoyada en el

modelo CDIO; el cual es una metodología de enseñanza y aprendizaje de ciencias básicas, que se está aplicando en un grupo creciente de escuelas y facultades de ingeniería alrededor de todo el mundo. Este modelo es utilizado, para afianzar y potencializar las habilidades personales y profesionales de los futuros ingenieros, necesarias y requeridas en el desempeño de sus futuras actividades laborales.

CAPITULO 1

1.1. ANTECEDENTES

Al realizarse una búsqueda de información referente al uso del modelo CDIO en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las leyes del movimiento de Newton en estudiantes que cursan educación media en Colombia, solo se halla un trabajo que utiliza como uno de sus referentes al modelo CDIO; por otro lado, cuando se efectúa la búsqueda pero esta vez en educación superior, se obtienen dos clases de hallazgos, la primer clase es la que agrupa los artículos que expresan la idoneidad del modelo CDIO para ser implementados en sus centros de estudios, y la segunda clase de hallazgos es la que agrupa los trabajos que describen las experiencias realizadas y ejecutadas por algunos docentes universitarios al implementar uno o varios de los estándares del modelo CDIO en algunas de sus asignaturas, aunque también se hallan trabajos realizados en el resto del mundo, a estos últimos no se hará referencia en este trabajo.

El hallazgo obtenido en educación básica o media en Colombia, es una investigación realizada en el año 2013, en el Colegio El Japón IED, de la localidad de Kennedy, ubicada al sur de la ciudad de Bogotá, en donde el docente investigador Jeinson Silva Tellez, utiliza el enfoque pedagógico del modelo CDIO como plataforma para el diseño de una secuencia didáctica de doce sesiones, donde pretende que sus estudiantes logren la resolución de los problemas allí planteados; la propuesta del profesor Silva, llamada E-ducomunicaciencias, se integra en un proyecto denominado Educación Media Fortalecida -EMF- de la Alcaldía Distrital de Bogotá (Silva, 2013, p. 3). El docente investigador Silva, buscó crear con este proyecto, una mayor articulación entre la Educación Media y la Educación Superior, donde los estudiantes, tuvieran una mayor participación en sus procesos de aprendizaje, y donde los docentes y la Institución

Educativa realizaran cambios, tanto curriculares como pedagógicos en torno al área de Ciencias Naturales; esto con el fin de desarrollar en los estudiantes habilidades comunicativas, de trabajo en equipo y de trabajo autónomo, que son de igual manera objetivos y estándares del modelo CDIO.

En los hallazgos obtenidos al respecto del modelo CDIO en educación superior en Colombia, se encuentra que la mayoría de ellos están encauzados en la conveniencia o pertinencia de tener como modelo educativo en sus facultades de ingeniería el modelo CDIO como la base para la formación de sus ingenieros. Los trabajos de investigación que den cuenta de experiencias de implementación o de aplicación del modelo son pocas, de estas experiencias se destacan las experiencias investigativas más relevantes.

En Colombia existen algunos acercamientos al modelo CDIO realizados desde la Educación Superior; estos trabajos tienen como elemento común, el que fueron realizados con una intencionalidad expresa: la necesidad de actualizar sus currículos educativos vigentes, y de esta manera contar con una plataforma educativa más eficiente para la formación de mejores ingenieros; profesionales en ingeniería que fueran capaces de comprender mejor el mundo actual y los desafíos que este les presenta, y de esta manera potenciar la calidad de los profesionales que egresan de sus claustros educativos. Lo anterior se apoya en los resultados de algunos trabajos de investigación, como lo son las conclusiones a las que llegaron unos investigadores de la Universidad de Antioquia, que afirman que “(...) CDIO se ha venido convirtiendo en un referente importante a nivel mundial para la creación, reforma y transformación de los currículos” (Restrepo & Lopera, 2015, p. 38). A su vez, los investigadores de la Pontificia Universidad Javeriana, afirman que el objetivo de la formación de sus estudiantes bajo este modelo es “(...) que egresen ingenieros conscientes de su responsabilidad en el diseño de

soluciones a problemas que son socialmente relevantes. (Gonzalez, Marciales, Ruiz, Sánchez, & Viveros, 2013). Estos mismos autores concluyen que la universidad para lograr ese objetivo, realizó la revisión de sus currículos y las adecuaciones físicas necesarias “(...) la creación de entornos de aprendizaje en los que las experiencias de enseñanza contribuyan a fomentar el desarrollo de habilidades personales e interpersonales para respaldar la creación de productos, procesos y sistemas.” (p. 10).

Uno de estos hallazgos es el trabajo realizado en la Universidad Icesi de la ciudad de Cali, en la que los investigadores concluyen al respecto de la implementación de una clase basada en el modelo CDIO:

(...) la adopción del modelo CDIO, no solo está orientado a una educación integral en ingeniería, el incremento en la calidad de nuestros programas, el establecimiento de un ciclo de mejoramiento continuo, sino también, en motivar a los estudiantes mediante un currículo desafiante, que se enfoque en el componente profesional de resolución de problemas en ingeniería.¹ (Ulloa, Pachón, & Arboleda, 2013, p. 2)

Otro artículo en el que se desarrollan estas afirmaciones, es el que se encuentra en la publicación del Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI del año 2015, en donde los investigadores de la Pontificia Universidad Javeriana de la ciudad de Bogotá, afirman que los resultados de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería eléctrica que realizaron el curso de introducción a la ingeniería, basado en el modelo CDIO, permiten detectar y recoger elementos necesarios para mejorar los planes de estudio de dicho programa académico, además

¹ Traducción propia.

concluyen que el modelo CDIO promueve el acercamiento de los estudiantes a problemas reales, facilitando de esta manera la formación de profesionales que sean capaces de adaptarse a los procesos dinámicos de la sociedad. (Gonzalez, Viveros, Bravo, & Fadul, 2015, p. 8)

El otro grupo de hallazgos, el de las implementaciones del modelo CDIO en Educación Superior en Colombia, se encuentra el trabajo realizado en el año 2012 por los investigadores de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá; en este trabajo los investigadores plasmaron la experiencia de la implementación del modelo CDIO en el laboratorio de máquinas eléctricas, en los programas de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Electrónica, con el propósito de desarrollar en sus estudiantes las habilidades y competencias de investigación e innovación necesarias, para afrontar los retos asociados al desempeño de su ejercicio profesional. En este proceso de implementación se buscó incrementar en los estudiantes las habilidades de nivel 3 del modelo CDIO (el valor agregado al ejercicio de la ingeniería, es el trabajo en equipo), mediante prácticas y procedimientos documentados que abordan cada temática, planteando a los estudiantes preguntas abiertas de base conceptual. Al iniciar la actividad, el equipo debió discutir y responder los interrogantes propuestos como parte de la preparación previa al diseño y la ejecución del montaje. Los estudiantes de este curso debieron diseñar el montaje, determinar los instrumentos necesarios y las condiciones requeridas para resolver el problema planteado, apartir de los conocimientos teóricos construidos al inicio del curso. Para culminar esta etapa, los estudiantes establecieron hipótesis que deben ser probadas o refutadas por todo el equipo; la habilidad CDIO de operación de los grupos, es fundamental para alcanzar los objetivos. Al final de la implementación de este proceso los autores concluyen que: “El desarrollo de prácticas de laboratorio utilizando la herramienta pedagógica CDIO, genera espacios de trabajo conjunto que

permiten desarrollar habilidades y competencias personales, emocionales y profesionales” (Tellez & Rosero, 2013, p. 60).

En otro hallazgo, se encuentra la experiencia de los investigadores de la Universidad de Cartagena, que en el año 2014 efectuaron la implementación del modelo CDIO en la asignatura de Tecnología de Productos Cárnicos del programa de ingeniería de alimentos; donde se pusieron en práctica los estándares 7 y 8 del modelo. Estos estándares están relacionados con los métodos de enseñanza y aprendizaje en Ingeniería; los autores aseguran que realizaron esta implementación en un grupo de estudiantes, mientras que usaron otro grupo como control, para evaluar los resultados obtenidos; esta implementación se basó en la realización de clases magistrales y de tutorías dirigidas, a las cuales los estudiantes asistieron por iniciativa propia, también se hizo uso de herramientas informáticas virtuales que ayudaron a potencializar el aprendizaje (Torres, Montero, & Acevedo, 2015). Una de las conclusiones a las que los autores de esta investigación llegaron es la que: “El desarrollo de prácticas de laboratorio y actividades utilizando la herramienta pedagógica CDIO, genera espacios de trabajo conjunto que permiten desarrollar habilidades y competencias personales, emocionales y profesionales” (p. 161).

La iniciativa CDIO, es un modelo educativo para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias básicas en Ingenierías, este modelo viene aplicándose desde principios de la década de los años 2000, en unas de las más prestigiosas universidades alrededor del mundo, presentando grandes avances en el aprendizaje de los conceptos necesarios para poner en práctica diversos y variados proyectos de Ingeniería, realizados en su totalidad por estudiantes de estas universidades y solo siendo guiados por sus docentes, estos últimos haciendo el papel de asesores en esos proyectos. Este modelo ha demostrado ser tan eficaz, que ha venido siendo adoptado, por un grupo de universidades que a la fecha supera las ciento cincuenta en los cinco

continentes (un ejemplo de ellas son: *California State University, Massachusetts Institute of Technology, Stanford University, Pennsylvania State University, University of Michigan, University of Bristol, University of Leicester, University of Liverpool, Technical University of Madrid, Universitat Politècnica de Catalunya, Politecnico di Milano, Graduate School of Engineering CESI, Skolkovo Institute for Science and Technology, Moscow Institute of Physics and Technology, Chengdu University of Information Technology, Tsinghua University, Beijing Jiaotong University, National Institute of Technology Sendai College*, entre muchas otras).

El éxito del modelo CDIO en escuelas de Ingeniería al rededor de todo el mundo, permite predecir una significativa posibilidad de que el modelo tenga un éxito razonable en estudiantes de Educación Media en el contexto educativo colombiano.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Existen actualmente, grandes brechas entre los contenidos curriculares de las Ciencias Naturales (específicamente de la Física) que les son presentados a los estudiantes en las aulas de clases, y las vivencias cotidianas a las que se enfrentan estos jóvenes. Respecto a este fenómeno, el Ministerio de Educación Nacional Colombiano (MEN), en Los Lineamientos Curriculares de las Ciencias Naturales del año 1998, hace una referencia al psicólogo e investigador Howard Gardner, en donde el autor afirma que:

(...) las preconcepciones equivocadas son ideas erróneas de las Ciencias Naturales, y que estas, están presentes y mantenidas en el lenguaje cotidiano y que persisten incluso en estudiantes universitarios y que esto sucede aún después de haber realizado múltiples ejercicios numéricos, (...) esto es lo que sucede cuando un estudiante ha tenido entrenamiento formal en Física o Ingeniería y se enfrenta a problemas fuera de clase (MEN, 1998, p. 45).

Esta podría ser una de las tantas razones por las que los estudiantes no logran apropiarse adecuadamente de los conceptos que se les presentan en las aulas de clase de sus instituciones educativas. Con un modelo de enseñanza y aprendizaje sustentado en el Aprendizaje Activo, como lo es el modelo CDIO, se pretende conseguir que los estudiantes logren un aprendizaje significativo de las Leyes del Movimiento, y así asegurar que los alumnos obtengan una verdadera apropiación de los conceptos expuestos y así mismo evidenciar que estos jóvenes realizan un manejo eficaz de los conceptos de las Leyes de la Dinámica en sus vidas cotidianas.

La Institución Educativa Ramón Giraldo Ceballos, históricamente ha obtenido un bajo desempeño en los puntajes en las pruebas SABER 11; en estos resultados se incluyen los puntajes obtenidos en el área de las Ciencias Naturales. Los resultados obtenidos por la

Institución Educativa en esta área, también se ubican por debajo de la media de los puntajes obtenidos por el ente territorial (Secretaría de Educación de Medellín), y también se encuentran por debajo de la media nacional. Evidencia de estos resultados es la clasificación tipo C, que la Institución Educativa Ramón Giraldo C., ha venido obteniendo desde el año 2014, (ICFES, 2017).

Estos resultados evidencian la necesidad de que sean implementadas en la I. E. Ramón Giraldo C., herramientas didácticas que motiven a los estudiantes para obtener una verdadera apropiación de los conceptos de las leyes del movimiento de Newton (y de la Física en general), de una manera agradable y entretenida; esto por medio de una metodología de aprendizaje activa, y de esta manera se logre que los estudiantes alcancen aprendizajes efectivos sobre los conceptos de la Física clásica. Con un proceso de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales mas adecuado al contexto de nuestros jóvenes por parte de los docentes, es como se podría lograr un aumento en la cantidad de estudiantes que se sientan motivados para realizar sus estudios superiores en carreras fuertemente influenciadas por las Ciencias Naturales y las Matemáticas, como lo son efectivamente las Ingenierías, en cualquiera de sus especialidades; carreras que son primordiales en el desarrollo de cualquier sociedad.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe un fenómeno ampliamente extendido en el ámbito escolar, el de la falta de interés de los estudiantes por las ciencias en general, y particularmente por las Ciencias Naturales; esto al parecer se debe a una aparente desarticulación entre los contenidos que se enseñan en las aulas de clases de Ciencias Naturales, -principalmente los contenidos de Física- y la realidad en la que viven los jóvenes que cursan educación básica y media en Colombia; el investigador Wolff-Michael Roth se aproxima a este fenómeno desde la perspectiva del docente, quien piensa que la

enseñanza de las ciencias debe ser abordada desde una mirada distinta a la de la enseñanza tradicional; Roth afirma que: “ (...) la educación científica (como otros aspectos de la escolarización) está en crisis” (Roth, 2002). Este mismo autor hace una referencia en su artículo a los autores Roth & Bowen (2001), para apoyar su postura, “ (...) conocer el ciclo de Krebs, la diferencia entre mitosis y meiosis o las tres leyes de Newton, en muchos casos, contribuye muy poco a los éxitos o fracasos que experimentamos en nuestra vida diaria” (p. 196).

Los contenidos que se desarrollan en clases de Física, parecen encontrarse en una aparente descontextualización de la cotidianidad de estos jóvenes, y por tanto carecen del estímulo necesario para atraer la atención y motivar a estos jóvenes; quienes tienen la responsabilidad de proponer alternativas que contribuyan a transformar y desarrollar el país en los procesos económicos, políticos, y sociales, y que permitan construir un nuevo orden social basado y fundamentado en la justicia, la equidad social y la democracia.

Para la gran mayoría de estos jóvenes, no hay una conexión entre los contenidos temáticos de las asignaturas de las Ciencias Naturales y los desarrollos industriales que de ellas se desprenden. Se entiende que no es natural para estos estudiantes que la industria contemporánea esté basada en los conceptos básicos de las Ciencias Naturales y los desarrollos tecnológicos que se generan a partir de estos.

Existe un temor generalizado entre los jóvenes por los temas relacionados con las Ciencias Naturales y las matemáticas, debido a malas experiencias o a las dificultades experimentadas en su aprendizaje temprano. Este temor es el principal motivo por el cual los jóvenes (no solo en Colombia, sino también en toda Latinoamérica), evitan estudiar carreras que tengan en sus planes de estudio, materias relacionadas con las áreas de las ciencias naturales y de las matemáticas, en su opinión (la de los jóvenes), porque no tienen las capacidades y

habilidades necesarias y requeridas en esos programas universitarios, además de no tener aceptación o gusto por estas carreras, optando así por estudios de niveles técnicos o asistenciales. Esta decisión conlleva al actual déficit de estudiantes en carreras de ingeniería, profesionales absolutamente necesarios para el desarrollo un país.

Oppenheimer (2010), aborda el problema por el que pasa América Latina en cuanto a educación se trata; afirma el escritor que el poco interés que demuestran los estudiantes latinoamericanos por inscribirse en la universidad para estudiar programas de Ingeniería y carreras afines, es debido a su alto contenido en Matemáticas y Ciencias Naturales; esto en su discurso es consecuencia de la insuficiente preparación de los estudiantes de educación secundaria en áreas relacionadas con las ciencias básicas, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (*STEM-Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

Evidencia de esto, son los bajos resultados que en las pruebas PISA (*Program for International Student Assessment*) del año 2009, obtuvieron los países latinoamericanos que las presentaron. Estos países se encuentran muy por debajo del promedio de los países que pertenecen a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico -OCDE-, en el informe presentado por la organización respecto de esta evaluación, se encuentra que Colombia ocupó el último lugar de la región en las áreas de Matemáticas y Ciencias. (OCDE, 2017). Para el año de 2015, los resultados obtenidos en la misma prueba, no fueron muy distintos de los obtenidos seis años antes; en la última versión de la prueba, Colombia demostró una leve mejoría en el desempeño de los jóvenes evaluados con respecto a los resultados. (OCDE, 2017)

Para superar estas dificultades y disminuir la brecha que existe con los demás países de la región en temas educativos, no es suficiente con mostrar a los jóvenes cómo se resuelven los problemas que deben afrontar en el futuro, se debe proporcionar la formación necesaria para que

sean ellos mismos, quienes con base en las Ciencias Naturales y el método científico, logren solucionar los problemas que se les presenten, y de esa manera puedan construir las bases necesarias para transformar el mundo actual. Esta es sin lugar a dudas, la tarea de la educación para las nuevas generaciones: brindar las oportunidades para que los jóvenes puedan comprender y asimilar el conocimiento científico que se ha construido hasta la actualidad, y dotarlos de las herramientas necesarias que les faciliten la construcción de conocimientos propios, en procura de cambiar las condiciones sociales, científicas y económicas de la actualidad en su entorno.

Para lograr potencializar ese proceso educativo, se hace necesario implementar procesos donde se estimulen y se promuevan actividades de aprendizaje activo, y para este tipo de actividades, se requiere que se fomente una metodología de enseñanza basada en métodos experienciales, donde los estudiantes estén en contacto con las fases del método científico. Este es precisamente uno de los estándares y objetivos principales de la metodología CDIO; metodología que se ha sido propuesta por parte de un grupo de universidades a nivel mundial, para la formación continua de ingenieros, y con esto se busca fortalecer el desarrollo de las competencias científicas en los jóvenes estudiantes. Uno de los pilares del modelo CDIO, es la formación centralizada en los resultados del aprendizaje (Crawley, Malmqvist, Lucas, & Brodeur, 2011), y esto garantiza que los jóvenes que participan en este tipo de modelos educativos, obtengan no solo los conocimientos, sino también la experiencia real, para poner dichos conocimientos en práctica.

Estas son algunas de las razones por las que se proyectó el problema de investigación de este trabajo; y es a esta pregunta a la cual se pretende encontrarle respuesta en el presente trabajo de investigación:

¿En qué medida la implementación de una estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO, puede incentivar el aprendizaje de las leyes del movimiento de Newton, en estudiantes de educación media?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar en qué medida la implementación de una estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO, incentiva el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

1.4.2. Objetivos específicos

1.4.2.1. Identificar los conocimientos previos que tienen los estudiantes sobre las leyes del movimiento de Newton, y su aplicación en la vida cotidiana.

1.4.2.2. Adaptar el modelo CDIO en una estrategia didáctica, para ser implementada en la enseñanza y el aprendizaje del concepto de las leyes del movimiento de Newton, en estudiantes de educación media.

1.4.2.3. Verificar la contribución del modelo CDIO en la enseñanza y el aprendizaje del concepto de las leyes del movimiento de Newton.

CAPITULO 2

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Philosophiae naturalis principia mathematica. Las leyes del movimiento de Newton fueron presentadas por primera vez en el año 1687 en Londres, Inglaterra con ediciones realizadas por Isaac Newton en los años de 1713 y 1725. Estos principios o axiomas de la Física clásica aparecen en la segunda sección o libro de su obra *Philosophiae Naturalis Principia*

Mathematica (Principios Matemáticos de la Filosofía Natural); este libro es considerado por muchos como la obra científica más importante en la historia de la humanidad.

Esta obra maestra de la ciencia, sale a la luz gracias a la insistencia del astrónomo Edmond Halley, quien lo insta para que realice la presentación de esta obra que contiene las leyes del movimiento que explican con exactitud los fenómenos de caída de los cuerpos y la trayectoria de proyectiles, además de predecir con gran exactitud las órbitas planetarias y la de los cuerpos celestes. “(...) las tres leyes de movimiento de Newton, junto con su ley de la gravitación, se considera que se encuentran entre los logros más grandes de la mente humana”. (Serway & Vuille, 2012, p. 86)

Isaac Newton antes de desarrollar las leyes del movimiento definió los conceptos necesarios para el fundamento de lo que posteriormente se conocería como dinámica; estos conceptos son: masa, cantidad de movimiento, fuerza ínsita, fuerza impresa y fuerza centrípeta.

Masa: “La cantidad de materia es la medida de la misma, surgida de su densidad y magnitud conjuntamente”. (Newton, trad. en 1987, p. 27)

Cantidad de movimiento: “(...) La cantidad de movimiento es la medida del mismo, surgida de la velocidad y la cantidad de materia conjuntamente”. (Newton, trad. en 1987, p. 27)

Fuerza ínsita: “(...) La fuerza ínsita de la materia es un poder de resistencia a todos los cuerpos, en cuya virtud perseveran cuanto está en ellos mantenerse en su estado actual, ya sea de reposo o de movimiento uniforme en línea recta”. (Newton, trad. en 1987, p. 28)

Fuerza impresa: “(...) La fuerza impresa es una acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar su estado, bien sea de reposo o de movimiento uniforme en línea recta”. (Newton, trad. en 1987, p. 28)

Fuerza centrípeta: “(...) La fuerza centrípeta es aquella por la cual los cuerpos son arrastrados o impelidos, o tienden de cualquier modo hacia un punto como hacia un centro”.

(Newton, trad. en 1987, p. 29)

2.1.1.1. Leyes del movimiento.

2.1.1.1.1 Ley primera. “Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas”. (Newton, trad. en 1987, p. 41)

Con este enunciado Newton (trad. en 1987), plantea que un cuerpo permanecerá en su estado inicial, hasta que una fuerza externa a este, cambie ese estado inicial. Este enunciado se aplica tanto a los cuerpos que están en reposo, como a los cuerpos que se mueven con velocidad constante; es así como un proyectil lanzado, continuará en una trayectoria en línea recta, hasta que una o varias fuerzas externas actúen sobre este, haciendo que cambie su velocidad y eventualmente caiga. (p. 41) Este enunciado es denominado como La primera ley de Newton o ley de la inercia; recibe este nombre debido al vocablo latino *inertia*, que traduce inactividad, inhabilidad o que no posee vida propia. Los autores Serway & Vuille (2012), enuncian esta ley de la siguiente manera: “(...) un objeto se mueve con una velocidad que es constante en magnitud y en dirección, a no ser que actúe en él una fuerza resultante diferente de cero”. (p. 88)

2.1.1.1.2 Segunda ley. “El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza”. (Newton, trad. en 1987, p. 41) Este enunciado es llamado La ley fundamental de la dinámica.

Y como se afirma en el artículo electrónico sobre Isaac Newton, alojado en la página web Biografías y Vidas, “(...) la dinámica es la parte de la (Mecánica) Física que estudia la relación que existe entre las fuerzas y el movimiento”. (Biografías y Vidas, 2016)

Este principio está expresado matemáticamente como lo expone la siguiente fórmula:

$$F = m \cdot a$$

F : fuerza realizada por un cuerpo

m : masa o cantidad de materia

a : aceleración que se le transmite

Con el segundo enunciado de las leyes del movimiento de Newton, se puede entender que es lo que le sucede a un cuerpo cuando está sometido a una fuerza diferente de cero. En este segundo principio aparece el término aceleración, que hace referencia al cambio de la velocidad de un cuerpo con respecto del tiempo que transcurre. Serway & Vuille (2012) explican esta ley como: “(...) La aceleración de un objeto, es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa en él e inversamente proporcional a su masa”. (p. 89)

2.1.1.1.3 Tercera ley. “Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias”. (Newton, trad. en 1987, p. 42)

Este último, es el llamado Principio de acción y reacción; Newton (trad. en 1987) afirma que todas las fuerzas en la naturaleza trabajan en pares para de esta manera mantener el equilibrio, sea este en estado de reposo, o de movimiento con velocidad constante (p. 42). Los autores Serway & Jewett (2008) interpretan esta tercera ley del movimiento como: “(...) si dos objetos interactúan, la fuerza que ejerce el primer objeto sobre el segundo es igual en magnitud y, opuesta en dirección a la fuerza que ejerce el segundo objeto sobre el primero”. (p. 107)

2.1.1.2. Ley de gravitación universal. Newton (trad. en 1987) construyó paso a paso las bases para la formulación de su Ley de gravitación universal, y gracias a La tercera ley del movimiento, pudo afirmar en la proposición VII, del teorema VII que:

(...) todos los planetas gravitan unos hacia otros, y también que la fuerza de gravedad hacia cada uno de ellos, considerada particularmente, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de los lugares al centro del planeta. De donde se sigue (por la proposición LXIX, libro I, y sus corolarios) que la gravedad que tiende hacia todos los planetas es proporcional a la materia que estos contienen. (p. 480)

Con esta proposición probada-como él mismo la llamó- pudo concluir y llegar a su famosa expresión matemática, para la gravitación universal:

$$F \propto \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Newton (trad. en 1987), continúa con su demostración en las siguientes palabras:

(...) por lo demás, puesto que todas las partes de un planeta A gravitan hacia otro planeta B, y la gravedad de cada una de las partes es a la gravedad del todo como la materia de la parte a la materia del todo, y puesto que (por la Ley III) a cada acción corresponde una reacción igual, el planeta B, por su parte gravitará hacia todas las partes del planeta A, y su gravedad hacia una parte cualquiera será a la gravedad hacia el todo como la materia de la parte a la materia del todo (p. 481).

Esta proposición es para Sir Isaac Newton tan definitiva, que es la única de las todas las proposiciones de su obra que termina con la expresión *Q.E.D.*, *Quod erat demonstrandum* -locución latina que traduce: Lo que quería demostrar- (Marquina, 2005).

² Tomada de Newton (trad. en 1987)

2.1.2. Modelo CDIO

El modelo CDIO fue desarrollado a comienzos de los años 2000, gracias a la colaboración internacional entre tres universidades suecas y una norteamericana.- la *Chalmers University of Technology* (Chalmers) en Gotemburgo, el Real Instituto de Tecnología (KTH) en Estocolmo, la Universidad de Linköping (LiU) en Linköping, y el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en Cambridge, Estados Unidos-. La cantidad de programas y facultades de ingeniería que están utilizando el enfoque CDIO en la actualidad, se ha extendido a más de 100 universidades al rededor del mundo (Crawley, Malmqvist, Östlund, Brodeur, & Edström, 2014, p. 8).

La Iniciativa CDIO plantea la necesidad de volver sobre los fundamentos de la ingeniería (CDIO, 2017); esta iniciativa afirma que los estudiantes de ingeniería deben consolidar los conocimientos teóricos adquiridos, con actividades en donde puedan poner en práctica dichos conocimientos. Es así como el modelo propone realizar prácticas efectivas, que ayudarán tanto a estudiantes como a profesores, para alcanzar la meta propuesta: la de hacer de los estudiantes, futuros ingenieros, con altas capacidades y conocimientos técnicos, así también, como la de que logren desarrollar habilidades personales y profesionales.

El modelo CDIO (siglas para Concebir, Diseñar, Implementar y Operar), desde su comienzo, según afirma Ronald Hugo, -quien es uno de sus fundadores- se buscó generar en los graduandos de las escuelas de ingeniería de las universidades asociadas a la red, como lo citan los autores Restrepo & Lopera (2015), “(...) conocimientos fundamentales en ciencias, conocimientos profundos en procesos de diseño y manufactura, perspectiva multidisciplinaria y sistémica, comprensión básica del contexto económico y habilidades de comunicación, estándares éticos, habilidades críticas y creativas, flexibilidad y trabajo en equipo”. (p. 33)

La iniciativa CDIO fue diseñada específicamente como un modelo educativo que puede ser adaptado y adoptado por cualquier escuela de ingeniería, dado que CDIO es un modelo de arquitectura abierta hace que esta se encuentre disponible para ser adaptado a las necesidades específicas de todos los programas de ingeniería universitarios (CDIO, 2017).

El modelo CDIO se basa en la teoría del aprendizaje experiencial que tiene raíces en el constructivismo y la teoría del desarrollo cognitivo. Los teóricos del desarrollo cognitivo, entre los cuales Jean Piaget es quizás el más influyente, explica que el aprendizaje tiene lugar en etapas de desarrollo (Crawley et al., 2014, p. 24).

Las ideas de Piaget y de los teóricos del desarrollo cognitivo que le siguieron, propusieron tres principios importantes sobre el aprendizaje relacionado con los programas de educación en ingeniería, siendo estos:

- La esencia del aprendizaje, es enseñar a los alumnos a aplicar las estructuras cognitivas que ya han desarrollado con los nuevos contenidos.
- Los estudiantes no pueden aprender a aplicar estructuras cognitivas que aún no poseen, la arquitectura cognitiva básica primero debe evolucionar por sí misma.
- Las experiencias de aprendizaje diseñadas para enseñar conceptos que están claramente más allá de la etapa actual del desarrollo cognitivo son una pérdida de tiempo para ambos: docentes y aprendices. (Brainerd & Piaget, 2003, p. 260)

Otro de los fundamentos del modelo CDIO es el constructivismo, la cual es una teoría cimentada sobre las bases de la teoría del desarrollo cognitivo, la psicología social y la teoría del aprendizaje social. Es la teoría del constructivismo la que afirma que el aprendizaje se da en función del contenido, el contexto, la actividad, y los objetivos del aprendiz, y que los estudiantes crean en su interior marcos de conocimiento a los cuales se unen las nuevas ideas;

también sostiene que el conocimiento se aprende construyéndolo activamente, probando los nuevos conceptos sobre las experiencias previas, aplicando estos conceptos a situaciones nuevas e integrando estos nuevos conceptos a los conocimientos previos del estudiante. Bajo esta corriente de pensamiento se considera fundamental para la enseñanza y el aprendizaje, que se facilite por parte del docente el procesamiento de la nueva información, y ayudar a los estudiantes a que sean ellos mismos los que construyan sus propias conexiones significativas.

El modelo CDIO se inscribe en la tradición de la teoría del constructivismo, y se enfoca en una corriente llamada Aprendizaje experiencial de David Kolb, este lo define como: “(...) el proceso de crear y transformar la experiencia en conocimiento.” (Kolb, 1984, p. 38)

El aprendizaje es para Kolb (1984), un proceso de creación de conocimiento, y este conocimiento está delimitado por unas características fundamentales que son:

- El aprendizaje es mejor entendido como un proceso, y no como un resultado.
- El aprendizaje es un proceso continuo basado en la experimentación.
- El proceso de aprendizaje requiere de la resolución del conflicto entre lo real y lo abstracto.
- El aprendizaje es un proceso holístico de adaptación al mundo.
- El aprendizaje implica transacciones entre la persona y su entorno.
- El aprendizaje es un proceso de creación de conocimiento.

2.1.2.1. Objetivos del modelo CDIO.

El modelo CDIO tiene tres objetivos fundamentales, y estos son los de formar estudiantes que sean capaces de:

2.1.2.1.1. Dominar un profundo conocimiento operativo de los fundamentos técnicos.

2.1.2.1.2. Ser líderes en la creación y la operación de nuevos productos y sistemas.

2.1.2.1.3. Comprender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y del desarrollo tecnológico en la sociedad. (CDIO, 2010)

2.1.2.2. Ejes fundamentales del modelo CDIO.

2.1.2.2.1. *Reforma curricular.* Para asegurar que los estudiantes tengan oportunidades de desarrollar conocimiento, habilidades y actitudes para concebir y diseñar sistemas y productos complejos.

2.1.2.2.2. *Enseñanza y Aprendizaje.* De un mayor nivel necesarios para comprender en profundidad la información y habilidades técnicas.

2.1.2.2.3. *Espacios de Aprendizaje.* Entornos de aprendizaje experiencial como laboratorios y talleres.

2.1.2.2.4. *Métodos de Evaluación.* Adecuados y efectivos para determinar la calidad y el progreso en el proceso de aprendizaje.

2.1.2.3. Estándares CDIO. En el año 2004 la organización CDIO adoptó doce estándares que son en sí mismos, un marco formativo que agrupa un conjunto de acciones pensadas y preparadas para ejecutar el rediseño curricular de los programas de ingeniería, y así lograr los objetivos primarios que se traza la iniciativa CDIO. En el año 2010 se hizo una revisión de los estándares y se incluyeron además aspectos como: la ética, la equidad, la responsabilidad social y el compromiso ambiental (Crawley et al., 2011).

Estos estándares sirven como guía para la implementación y la evaluación de los programas de educación en ingeniería.

- Filosofía del programa (estándar 1)
- Desarrollo de los planes de estudio (estándar 2, 3 y 4)
- Actividades y espacios de trabajo para diseño e implementación (estándar 5 y 6)

- Métodos de enseñanza y aprendizaje (estándar 7 y 8)
- Desarrollo del profesorado (estándar 9 y 10)
- Evaluación y mejora continua (estándar 11 y 12) (CDIO, 2010)

Tabla 1
Estándares CDIO

<i>Estándares CDIO</i>	
Estándar	Explicación
1. El contexto	Adopción del principio de desarrollo del ciclo vital completo de los productos, los procesos y los sistemas, estos constituyen el contexto necesario para la formación en ingeniería.
2. Resultados de aprendizaje	Resultados específicos y detallados, referidos a habilidades personales e interpersonales y a habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas, así como al conocimiento de la disciplina.
3. Currículum integrado	Un currículum diseñado de manera que los cursos disciplinarios se apoyen unos en otros y en el que exista un plan explícito para integrar las habilidades personales e interpersonales y las habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.
4. Introducción a la Ingeniería	Es un curso introductorio que proporciona el marco para la práctica de la ingeniería en la construcción de productos, procesos y servicios y que introduce las habilidades personales e interpersonales básicas.
5. Experiencias de diseño e implementación	Un currículum que contiene como mínimo, dos experiencias de diseño e implementación. Una en nivel básico y otra en nivel avanzado.
6. Espacios de trabajo	Espacios de trabajo, como talleres y laboratorios que apoyen y estimulen el aprendizaje práctico de la realización de productos, procesos y sistemas, tanto el conocimiento disciplinario, como el aprendizaje social.
7. Experiencias de aprendizaje integrado	Son experiencias que conducen a la adquisición de conocimientos disciplinarios, de habilidades personales e interpersonales y también de habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.
8. Aprendizaje Activo	Enseñanza y aprendizaje basados en métodos de aprendizaje activo y experiencial.
9. Fortalecimiento de la Competencia de los Académicos	Acciones que buscan fortalecer en los docentes, la competencias personales e interpersonales, y las habilidades de construcción de productos, procesos y sistemas.
10. Fortalecimiento de la Competencia docente de los Académicos	Acciones que buscan fortalecer la competencias de los docentes, para ofrecer experiencias de aprendizaje integrado, usar métodos de aprendizaje activo y experiencial, y evaluar el aprendizaje de sus alumnos.
11. Evaluación del Aprendizaje	Evaluación del aprendizaje de los alumnos tanto en habilidades personales, interpersonales y de construcción de productos, procesos y de sistemas, como en los conocimientos disciplinarios.
12. Evaluación del Programa	Un sistema que evalúa el programa completo usando estos doce estándares como puntos de referencia y comparación y que entrega retroalimentación a los alumnos, a los docentes y a los demás actores involucrados, con el objetivo de seguir mejorando de manera continua.

Fuente: Adaptado de CDIO (2010)

2.1.2.4. Syllabus del CDIO v2.0. El *Syllabus* de CDIO es la piedra angular de la metodología, y tiene unos objetivos racionales, completos, universales y generalizables para la educación de ingeniería en pregrado. El *Syllabus* de CDIO se centra en las habilidades personales, interpersonales y de construcción de sistemas, y deja sentados los fundamentos disciplinarios apropiados para cualquier campo específico de la ingeniería. (CDIO, 2017)

Tabla 2
Estructura del Syllabus CDIO

Estructura del Syllabus CDIO v.2.0	
Nivel 1	Nivel 2
1. Conocimiento y razonamiento disciplinario	1.1. Conocimiento de Matemáticas y ciencias básicas 1.2. Conocimiento de fundamentos de ciencias de la ingeniería 1.3. Conocimiento avanzado de fundamentos, métodos y herramientas de ingeniería
2. Habilidades y atributos personales y profesionales	2.1. Razonamiento analítico y resolución de problemas 2.2. Experimentación, investigación y descubrimiento de conocimientos 2.3. Pensamiento sistémico 2.4. Actitudes, pensamiento y aprendizaje
3. Habilidades interpersonales: Trabajo en equipo y comunicación	3.1. Trabajo en equipo 3.2. Comunicaciones 3.3. Comunicación en idioma extranjero
4. Concebir, diseñar, implementar y operar sistemas en el contexto empresarial, social y ambiental - proceso de innovación	4.1. Contexto externo, social y ambiental 4.2. Contexto empresarial y de negocios 4.3. Concebir, Ingeniería y administración de sistemas 4.4. Diseñar 4.5. Implementar 4.6. Implementar 4.7. Liderazgo en Ingeniería 4.8. Emprendimiento

Fuente: CDIO Syllabus

CAPITULO 3

3.1. FUNDAMENTOS EPISTEMOLÓGICOS

Con esta investigación se pretende realizar un acercamiento entre los principios básicos de la dinámica (específicamente de los conceptos de las leyes del movimiento de Newton), y los estudiantes de Educación Media, mediante la implementación de una secuencia didáctica basada en el modelo CDIO; dicho método fue desarrollado para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias básicas en estudiantes de ingeniería. Este método está siendo implementado actualmente en prestigiosas facultades de ingeniería alrededor del mundo.

En esta investigación se busca estimar los resultados de aprendizaje que se alcancen al efectuar una implementación del modelo CDIO, que es un modelo pedagógico propio de las ingenierías; esta intervención se pondrá en práctica por medio de una estrategia didáctica para promover el aprendizaje de los conceptos de las leyes de Newton.

Esta propuesta de investigación se enmarca en un paradigma constructivista, ya que como lo exponen los autores Guba & Lincoln (2000), el paradigma constructivista posee una ontología relativista debido a que la realidad existe en forma de construcciones múltiples fundamentadas social y experiencialmente, de manera local y específica, y que dependen en su forma y contenido de las personas que las mantienen (p. 128).

El paradigma constructivista para los autores, se sustenta en una epistemología subjetivista, esto es, porque tanto el investigador como el investigado son sujetos, y estos se fusionan como una sola entidad; y los resultados de la investigación son el producto del proceso de la interacción entre ellos. (Guba & Lincoln, 2000, p. 128)

Para lograr el objetivo propuesto al iniciar esta investigación se realizó un acercamiento a las realidades sociales y culturales de los sujetos que fueron objeto de esta, con el fin de conocer

y entender su cotidianidad y el ambiente en el que se encuentran inmersos, y de esta manera diseñar una estrategia didáctica adecuada para esa realidad; una realidad en la que los estudiantes con el acompañamiento del docente, puedan lograr una comprensión de los fenómenos físicos y acercarse a una solución de los problemas físicos reales -de su vida cotidiana-; y de esta manera evidenciar que obtuvieron una apropiación efectiva de los conceptos las leyes del movimiento de Newton, a través de la estrategia didáctica diseñada para este fin.

3.2. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Esta investigación proyectó evaluar la incidencia que se obtuvo al efectuar una intervención de aula, en forma de una estrategia didáctica para fomentar e incentivar en estudiantes que cursan educación media, un aprendizaje de las leyes del movimiento de Newton.

Siendo esta la motivación principal, se realizó una investigación de corte cualitativo con enfoque socio crítico, apoyado por algunas técnicas del paradigma cuantitativo para la recolección y el posterior análisis de la información, esto permitió efectuar una revisión de las prácticas pedagógicas con el fin de materializar una retroalimentación de los hallazgos obtenidos para mejorar dichas prácticas docentes. El diseño metodológico que se ajusta a las necesidades de esta investigación es el diseño de investigación – acción.

John Elliott (1993) citado por Latorre (2005) define la investigación acción como: “un estudio de una situación social con el fin de mejorar la calidad de la acción dentro de la misma” (p. 24). Una variante alterna de la investigación acción, es la mirada desarrollada por Stephen Kemmis (1984), que citado por Latorre (2005) hace una exposición de la investigación acción como una ciencia crítica, definiéndola como:

una forma de indagación autorreflexiva realizado por quienes participan (profesorado, alumnado, o dirección por ejemplo) en las situaciones sociales (incluyendo las educativas) para mejorar la racionalidad y la justicia de: a) sus propias prácticas sociales o educativas; b) su comprensión sobre las mismos; y c) las situaciones e instituciones en que estas prácticas se realizan (aulas o escuelas, por ejemplo). (p. 24)

Kurt Lewin (1946), quien fue el primero en acuñar el término de investigación acción, la definió, según lo cita Martínez (2000), como: “una forma de investigación-y-acción, una especie de ‘ingeniería social’, una investigación comparativa sobre las condiciones y efectos de varias clases de acción social, una investigación que conducía a la acción”. (p. 29)

Latorre (2005) retoma la definición que Lewin (1946) asigna a la investigación acción, definiendola como: “(...) una espiral de pasos: planificación, implementación y evaluación del resultado de la acción”. (Latorre, 2005, p. 27)

Existe una variante de la investigación – acción, la cual fue desarrollada por Jack Whitehead (1989), con este modelo hace una crítica a los modelos existentes de la investigación - acción por no atender o intervenir los fenómenos observados y ubicarse demasiado lejos de las realidades que se estudian, y propone un modelo que permita mejorar los procesos educativos. (Latorre, 2005, p. 38)

3.3. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA

La estrategia metodológica en la cual se enmarca esta investigación se acerca -o pretende hacerlo- a la visión que tiene Whitehead (1989), de cómo debe realizarse la investigación - acción, en cuanto a su modelo en el proceso de investigación, Latorre (2005) lo cita, anotando

que: Whitehead crítica las propuestas anteriores de Kemmis y de Elliott por que están bastante alejadas de la realidad educativa. (p. 38)

El modelo que Whitehead (1989) propone para el desarrollo de las investigaciones que se practiquen bajo el diseño de investigación-acción deben tener cinco pasos a saber:

- Yo experimento un problema cuando mis valores educativos no se reflejan en mi práctica
- Yo imagino la solución del problema
- Yo pongo en práctica la solución imaginada
- Yo evalúo los resultados de mis acciones realizadas
- Yo modifico mis problemas, mis ideas y mis acciones a la luz de los resultados obtenidos³ (Whitehead, 1989, p. 44)

La propuesta de intervención adoptada para esta investigación cuenta con cuatro etapas o pasos siguiendo así el modelo propuesto por Whitehead (1989), y dejando solo la etapa de modificación de las prácticas educativas para estudios posteriores.

La primera etapa consistió en la definición del problema; el cual fue definido teniendo en cuenta las interacciones entre el docente y los alumnos en clases de Ciencias Naturales y en la clase de Física, además también fueron tenidos en cuenta los resultados que los estudiantes obtuvieron en las evaluaciones que se hicieron sobre tema en cuestión; así como algunas de las dificultades presentadas por los estudiantes en distintos cursos de física en años anteriores con respecto de las relaciones que ellos hacen de los contenidos vistos en las clases de física, con los

³ Traducción propia.

fenómenos reales que suceden en el contexto de sus vidas cotidianas. De conformidad con lo expresado anteriormente, el problema que se abordó fue, el de la dificultad que tienen los estudiantes que cursan educación media, para lograr aprehender los conceptos inherentes a la mecánica clásica, específicamente lo relacionado al movimiento de los cuerpos y a los motivos que lo provocan, y así lograr explicar con claridad los fenómenos físicos que allí se dan lugar; poniendo de presente el caso que en la publicación del Ministerio de Educación Nacional acerca de los Lineamientos curriculares en Ciencias Naturales y Educación Ambiental, (MEN, 1998) aparece, este documento hace una referencia que viene a reforzar lo enunciado anteriormente,

(...) en relación con las nociones de fuerza y movimiento, la idea de que “los cuerpos más pesados caen más aprisa que los ligeros”, persiste incluso en estudiantes universitarios y esto sucede después de haber realizado numerosos ejercicios numéricos sobre la caída de cuerpos. (MEN, 1998, p. 45)

La segunda etapa en esta investigación consiste en imaginar o concebir una solución para el problema educativo a resolver; esta planificación se hizo teniendo en cuenta las dificultades antes mencionadas, y poniendo de presente que el objeto de esta investigación no es el de entender o comprender las razones por las cuales los estudiantes no logran aprendizajes significativos de los diferentes conceptos de la Física; sino el de implementar una herramienta con la que los estudiantes que cursan educación media, logren retener y aplicar los conceptos de las leyes del movimiento de Newton; así pues se realiza un rastreo bibliográfico que dio cuenta de ello, y que igualmente favorezca el hallazgo de los fundamentos necesarios para proponer una solución que pueda dar luz sobre el problema educativo en discusión. Fruto de esta indagación bibliográfica se encuentra un modelo pedagógico llamado CDIO, con el cual se ha venido trabajando en varias facultades de ingeniería alrededor del mundo, con un alto grado de

satisfacción por parte de docentes y estudiantes, gracias a sus características y estándares únicos, que hacen del este modelo una alternativa interesante, para ser implementada en tanto en educación básica, como en educación media, para así lograr aliviar en gran medida, la desconexión entre la teoría y la práctica de las Ciencias Naturales, específicamente de la Física.

La intervención de aula en esta investigación fue diseñada bajo los estándares del modelo CDIO ya mencionado, enfocado a propiciar un ambiente de aprendizaje activo donde, tanto estudiantes como docentes se vean involucrados en la creación de conocimientos en común, siempre mediados por la intención de la aprehensión real de conocimientos. Esta etapa inicia con una evaluación diagnóstica de los saberes previos que tienen los estudiantes sobre los conceptos de fuerza y de las leyes del movimiento de Newton; esta indagación de ideas previas se efectúa con un instrumento llamado FCI (*Forces Concept Inventory*) (Hestenes, Wells & Swackhamer, 1992), que es una herramienta evaluativa del manejo de los conceptos básicos de la mecánica newtoniana ampliamente utilizada por profesores de Física (tanto de educación media, como de educación superior), para la identificación del estado de apropiación de los conceptos físicos de sus estudiantes al momento de presentar la prueba. En esta etapa también fueron diseñadas las secuencias didácticas basadas enteramente en las unidades de aprendizaje potencialmente significativas (UEPS).

Las UEPS son secuencias didácticas fundamentadas en el aprendizaje significativo y desarrolladas por Marco Antonio Moreira, quien a partir de algunas premisas como la que dice que no existe enseñanza sin aprendizaje (2011, p. 1), el profesor Moreira retoma los conceptos sobre la adquisición y retención de conocimientos en la obra de Ausubel, y propone realizar , secuencias de enseñanza fundamentadas teóricamente, y orientadas al aprendizaje significativo,

no mecánico (2011, p. 2). Estas secuencias didácticas se utilizaron a lo largo de toda la intervención.

En la tercera etapa de este proceso investigativo se realizaron las actividades y los planes que se proyectaron en la etapa anterior, aplicando los instrumentos diseñados. Esto se llevó a cabo cumpliendo el cronograma establecido para tal fin. (ver tabla 3)

Tabla 3
Cronograma de implementación

Sesión	Fecha	Instrumento	Actividad
1	17 oct	FDR01	Reto del marshmallow
2	24 oct	FDR02	Cuestionario inicial
3	31 oct	FDR03	Grupo focal
4	7 nov	FDR04	Situaciones problema iniciales
5			Dinámica: las leyes del movimiento
6	14 nov	FDR05	Dinámica: las leyes del movimiento
7			Dinámica: las leyes del movimiento
8			Iniciativa CDIO
9	21 nov	FDR06	Bases del concurso de diseño
10	28 nov	FDR07	Cuestionario final

Fuente: Elaboración propia

En la cuarta y última etapa de esta investigación se realizó una evaluación de los aprendizajes alcanzados por los estudiantes, después de haber sido intervenidos mediante las estrategias aplicadas; en general se valoró la medida de eficacia de la intervención mediante la evaluación de los objetivos propuestos. El instrumento con el que se valoró la efectividad de la estrategia fue, el factor g o ganancia normalizada de Hake (1998), la cual permite visualizar el progreso en el aprendizaje de cada estudiante después de haber sido realizada la intervención didáctica programada. Al finalizar se realizó una evaluación de la estrategia misma, y se hicieron algunas recomendaciones teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

3.4. DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS

En este aparte se encuentra la descripción de las técnicas de recolección de información, de las cuales se hizo uso en la presente investigación.

3.4.1. Observación participante: Es una de las técnicas más usadas en las investigaciones de tipo cualitativo, es considerada por un grupo de autores como un método interactivo de recogida de información que requiere de una implicación del observador en los acontecimientos o fenómenos que está observando (Rodríguez, Gil, & Garcia, 1999, p. 165). Esta técnica consiste en la observación por parte del investigador de unos fenómenos que suceden al interior de una comunidad a la que pertenece (o entra a ser parte de ella), como lo exponen los autores Goetz y LeCompte (1988), citados por los autores (Campoy & Gomes)

(...) la observación participante se refiere a una práctica que consiste en vivir entre la gente que uno estudia, llegar a conocerlos, a conocer su lenguaje y sus formas de vida a través de una intrusa y continuada interacción con ellos en la vida. (2015, p. 277)

3.4.2. Grupo Focal: También denominado *focus group*, es una técnica de obtención de información usada en investigaciones de corte cualitativo. Es una entrevista inicial o exploratoria realizada con un grupo de hasta quince personas, y que con la guía de un moderador se expresan de manera libre y desestructurada opiniones acerca de una temática definida (Monje, 2011, p. 152). Con esta técnica se facilita la generación de ideas y el análisis de experiencias además de ser útil para las situaciones en que las experiencias individuales deben ser combinadas para descubrir efectos que no fueron previstos o anticipados en el diseño. “En ambientes de investigación bien seleccionados, los datos recolectados utilizando un grupo focal, pueden ser mas informativos que los datos recopilados por otros métodos.” (Carey, 2003, p. 263)

3.4.3. Entrevista semiestructurada: Es una herramienta de la investigación cualitativa, que permite al observador (entrevistador) obtener información del participante (entrevistado), a través de una serie de preguntas sobre un tema o temas específicos. Esta técnica busca recolectar información relevante de los individuos participantes a través de una guía o línea conductora de preguntas, donde según los autores Hernández, Fernández & Baptista (2014), plantean que el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales, para precisar conceptos u obtener mayor información (p. 403). Los autores Del rincón, Arnal, Latorre & Sanz (1995), quienes son citados por Vargas (2012, p. 126), afirman que las preguntas en este tipo de entrevistas pueden ser abiertas y formuladas sin orden específico, y que el entrevistado es quien debe construir la respuesta. Con la ejecución de esta técnica se pretende conocer el estado de los conocimientos relacionados a las leyes de Newton que tienen los estudiantes antes y después de la aplicación de las secuencias didácticas.

3.4.4. Talleres: El taller es una metodología de trabajo en la que se integran la teoría y la práctica. Se caracteriza por la investigación, el descubrimiento científico y el trabajo en equipo. Un taller es una sesión de entrenamiento o guía de varios días de duración; se enfatiza en la solución de problemas, la capacitación de los integrantes, y requiere la participación de los asistentes. Con esta técnica se busca que los participantes obtengan un Aprendizaje Significativo de los conceptos de las leyes del movimiento, debido a la integración con otros estudiantes, el asumir diferentes roles y a la investigación inherente a esta técnica.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS

Los instrumentos que se prepararon y utilizaron para la recolección de los datos producidos en las distintas sesiones de esta investigación fueron los siguientes:

3.5.1. Diario de campo: Este es un instrumento de recolección de información tanto para las investigaciones de corte cualitativo, como para las de corte cuantitativo; en este se plasman, escriben o se anotan los eventos más significativos de las actividades que se realizan durante la intervención o fase de aplicación de la investigación. Es un instrumento bastante útil y flexible en cuanto a su manejo. Para los autores Hernández, Fernández y Baptista (2014) es claro que el investigador escribe lo que observa, escucha y percibe a través de sus sentidos, mediante dos herramientas: anotaciones y bitácora o diario de campo (p. 370). Estos autores diferencian entre las anotaciones y el diario de campo, siendo las primeras solo una parte del segundo. El modelo de diario de campo que se empleó a lo largo de esta investigación, puede ser consultado en el Apéndice E.

3.5.2. Cuestionario estructurado: Un cuestionario es como lo define Chasteauneuf (2009) y citado por Hernandez et al. (2014), “un conjunto de preguntas respecto de una o mas variables a medir.” (p. 217). La investigadora Rausky (2005), afirma al respecto de los cuestionarios estructurados que su objetivo es obtener información a través de los individuos participantes, y que esta intervención es condicionada por los intereses del propio investigador, ya que existe una imposición en los temas a tratar (p. 2). Con la utilización de este instrumento se pretende establecer cual es el dominio sobre los conceptos de las leyes del movimiento de Newton, que tienen los participantes, antes y después de la ejecución de la estrategia didáctica. En esta investigación se procedió a trabajar con el cuestionario estructurado FCI, que en palabras de sus creadores “(...) es una prueba de opción múltiple diseñada para evaluar la comprensión del estudiante de los conceptos más básicos en mecánica newtoniana” (Hestenes et al., 1992, p. 142). El cuestionario FCI cuenta en la actualidad con treinta preguntas todas acerca de las leyes del movimiento de Newton, cada una de ellas tiene cinco opciones de respuestas, con solo una

correcta y cuatro concepciones erradas o equivocadas del concepto establecido para cada pregunta. El cuestionario FCI es una valiosa herramienta para evidenciar en los resultados obtenidos en los momentos inicial y final que conceptos errados y acertados tienen los estudiantes evaluados. Los hallazgos encontrados en estas dos pruebas se evaluaron a la luz del factor de ganancia normalizada de Hake (1998), como anotan los autores Hestenes & Halloun (1995, p. 502) aunque existen otras aproximaciones al análisis de los resultados de la prueba, ellas no aportan una confiabilidad mayor, comparado esto con el trabajo y complejidad que esos métodos conllevan.

3.5.3. Guía de entrevista semiestructurada: Es el arreglo o la disposición general del desarrollo probable de la entrevista individual con los estudiantes, y con esta disposición poder obtener la información requerida para el avance de esta investigación. Un arreglo inicial y general de las entrevistas se puede observar en el formato de guía de entrevista en el Apéndice F.

3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

La definición de población en investigación es, como lo define Lepkowski (2008), citado por Hernández et al. (2014), el conjunto de todos los casos que concuerden con unas especificaciones determinadas por el investigador (p. 174). Siguiendo esta línea de pensamiento se entiende que la población es definida por el investigador con el propósito de dar claridad sobre su pregunta de investigación; dicho esto la intervención de aula que se realizó en este trabajo de investigación, se desarrolló con una población de estudiantes de ambos sexos, de décimo grado de la I.E. Ramón Giraldo Ceballos de la ciudad de Medellín, las edades de estos jóvenes se encuentran entre los 16 y los 18 años. La institución educativa se encuentra ubicada en el barrio Belén, y atiende en su gran mayoría a jóvenes que habitan en el corregimiento de Altavista, esto

debido a la cercanía de la institución a dicho corregimiento. La población objeto de este estudio pertenece en su mayoría a los estratos 1 y 2; la conformación familiar de estos jóvenes es en muchos casos monoparental, y en otro gran porcentaje son sus abuelos quienes ejercen el rol de acudientes legales de estos estudiantes.

La institución educativa Ramón Giraldo Ceballos, ha venido obteniendo un desempeño bajo en los resultados que los estudiantes del grado once obtienen en las pruebas SABER 11, esto a conllevado a que la institución sea clasificada tipo C, desde el año 2014 hasta el año 2018, último año consultado (ICFES, 2017). Este hecho podría explicarse teniendo en cuenta las situación de orden público que se presentan frecuentemente en el sector, afectando de esta manera la tranquilidad, la concentración y la atención de estos jóvenes, que ven que sus allegados y seres queridos, -y en ocasiones ellos mismos- son involucrados en asuntos de violencia, maltrato y desplazamiento forzado. Algunos de estos jóvenes en muchos casos se ven imposibilitados para asistir a clases, esto por miedo a retaliaciones por parte de los grupos al margen de la ley, o a que suceda algo en el trayecto que deben hacer desde sus casas hasta la institución educativa, que para muchos de ellos es un recorrido de cuarenta minutos, a una hora de camino desde sus hogares.

En esta investigación la población fue designada por el rector de la institución educativa, respondiendo a la carga académica estipulada para el año en el que se efectuó la presente intervención de aula. No fue posible realizarse un estudio previo de esta población y de sus preferencias, para el diseño de una estrategia acorde a sus particularidades y motivaciones.

Para la selección de los participantes, se propuso inicialmente una muestra que tuviera la totalidad de los estudiantes del grado intervenido, siendo esta una muestra tentativa sujeta a la

evolución del proceso inductivo, como explican los autores Flick (2013), Creswell (2013), Savin-Baden & Major (2013) y Miles & Huberman (1994), citados por Hernández et al. (2014).

Las primeras acciones para elegir la muestra ocurren desde el planteamiento mismo y cuando seleccionamos el contexto, en el cual esperamos encontrar los casos que nos interesan. En investigaciones cualitativas nos preguntamos qué casos nos interesan inicialmente y dónde podemos encontrarlos. (p. 384)

Para determinar la muestra “definitiva”, se procedió con la elección de los estudiantes que hubieran participado en todas las actividades propuestas en la secuencia didáctica, y que hubieran así mismo entregado las evidencias correspondientes a cada una de ellas, siendo de este modo el número de participantes elegido para la muestra de seis estudiantes.

A continuación, se presenta la tabla con la codificación de los participantes del grado 10°1 de la I.E. Ramón Giraldo C., que formaron parte de la población en la cual se encuentra la muestra seleccionada. En esta tabla se registra el listado del grupo intervenido y su respectiva codificación. Los nombres de los estudiantes que se relacionan en la siguiente tabla de este informe, se hace con expresa autorización de los jóvenes y sus de sus padres o a acudientes en algunos casos.

Tabla 4
Codificación del grupo de estudiantes de la muestra

Código	Estudiante	Código	Estudiante
E01	Isabel Osorio Bernal	E16	Santiago Restrepo Vélez
E02	Alejandra Chaparro Acevedo	E17	Cristian alberto Cardona
E03	Esteban Ramirez Gaviria	E18	Sneider Rios Posada
E04	Adrian Jaramillo Vargas	E19	Maria fernanda Ponce
E05	Melissa Villegas Arboleda	E20	Maria camila Ospina García
E06	Edwin Jaraba Rodriguez	E21	María girsela Quintero
E07	Juan esteban Rios Alvarez	E22	María salomé Osorio Sánchez
E08	Sebastián Urrego Rodriguez	E23	Jonatan alexander García R.
E09	Daniel estiven Cardona G.	E24	Mateo Martinez P.
E10	Neudis Correa	E25	Yurani Giraldo Castaño
E11	Emerson Arango Pérez	E26	Santiago Hernández M.
E12	Sara Osorio	E27	Andrés felipe Sánchez Mendoza
E13	Jennifer Arango Sucerquia	E28	Gian carlos Arango Arboleda
E14	Camilo López Carvajal	E29	Juan david Calle
E15	Marlon leandro Foronda Muñoz		

Fuente: Elaboración propia

La implementación de la secuencia didáctica fue realizada con todo el grupo de estudiantes del grado 10^o1, pero en el momento del análisis de los datos solo se realizó sobre seis participantes. La selección de la muestra en este trabajo de investigación, se sustenta también en la afirmación que realizan los autores Bonilla & Rodriguez (1997), y que Monje (2011) cita de la siguiente manera,

(...) más que representatividad estadística, lo que se busca en este tipo de estudios es una representatividad cultural, (...) por su parte, en estos estudios no se espera extrapolar o generalizar resultados hacia la población en general. El objetivo es desarrollar una teoría que pueda ser aplicada en otros casos. (p. 130)

3.7. MATRÍZ METODOLÓGICA

Con la matriz metodológica, se orienta la ejecución del proceso de investigación, permitiendo obtener la mayor cantidad de información de una dimensión u observación determinada.

Tabla 5
Matriz metodológica

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	DIMENSIÓN	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Evaluar en qué medida la implementación de una estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO, incentiva el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.	1. Identificar los conocimientos previos que tienen los estudiantes sobre las leyes del movimiento de Newton, y su aplicación en la vida cotidiana.	Concepto de las leyes del movimiento de Newton.	Estudiantes	Observación participante / Entrevista no estructurada	Diario de campo Guía de cuestionario <i>Forces concept inventory</i> -FCI
	2. Adaptar el modelo CDIO en una estrategia didáctica, para ser implementada en la enseñanza y el aprendizaje del concepto de las leyes del movimiento de Newton, en estudiantes de educación media.	CDIO	Estudiantes	Grupo focal / Taller	Diario de campo Cuestionario semiestructurado Unidades de enseñanza potencialmente significativas-UEPS
	3. Verificar la contribución del modelo CDIO en la enseñanza y el aprendizaje del concepto de las leyes del movimiento de Newton.	Aprehensión del conocimiento / Aprendizaje significativo	Estudiantes	Observación participante / Grupo focal / Taller	Diario de campo Factor de Hake Guía de secuencias didácticas

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

4.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se describen los aspectos relacionados con el análisis de la información recolectada durante la implementación de la secuencia didáctica, con los instrumentos de recolección diseñados y utilizados en esta investigación. Uno de los ejes más relevantes en el análisis de la información recolectada en esta investigación es el desarrollo de la comprensión de los conceptos de las leyes del movimiento de Newton que los participantes lograron obtener, entre los dos momentos de diagnóstico: la prueba inicial y la prueba final.

Para el análisis de la información obtenida en esta investigación debe tenerse en cuenta tanto el grupo de estudiantes, como el docente investigador, la institución educativa y por supuesto los datos obtenidos con los instrumentos de esta investigación. El docente investigador llega a la institución educativa Ramón Giraldo Ceballos, trasladado desde otra institución educativa a mediados del mes de abril del año 2017, cuando toma posesión de su cargo, el rector de la institución le hace entrega de una carga académica en el área de matemáticas, y solo hasta el mes de julio le fue asignada una sola clase de Física (luego de un paro de treinta y siete días del magisterio colombiano y de las vacaciones programadas de mitad del año escolar para toda la comunidad educativa a nivel nacional), esto por petición expresa del docente para poder poner en práctica la implementación objeto de esta investigación. El grupo asignado para la implementación fue el grupo de estudiantes de décimo grado de bachillerato académico, quienes no pertenecen a ninguna de las media técnicas ofrecidas por la institución educativa.

4.1.1. Reto del marshmallow: El reto del marshmallow se realizó en el mes de octubre del año 2017, al inicio de la implementación de toda la estrategia, y se puso en práctica en la primera sesión de la estrategia, esta tuvo una duración total de dos horas. Con esta actividad se buscó fomentar en los participantes la capacidad de trabajar en equipo, y habilidades como el trabajo bajo presión, la comunicación interpersonal, y el manejo eficiente de recursos disponibles (personal, materiales, y tiempo), todos estos son aspectos categóricos en la metodología CDIO, además también se pretendió promover en los participantes, la motivación para la realización de las actividades pertenecientes a la implementación de la secuencia didáctica.

Los estudiantes, como una tendencia casi generalizada se muestran motivados y expectantes ante las actividades que llaman su atención; no obstante, esa motivación no fue duradera en la mayoría de alumnos de este grupo, es muy evidente que estos jóvenes no

perseveran en las acciones que les puedan ayudar a alcanzar sus objetivos, la falta de interés demostrado, es posiblemente a causa de la incapacidad de construir o de generar nuevas formas de hacer las cosas, esto sumado a la apatía por aprender, demostrada a todo lo largo de esta intervención.

En cuanto al comportamiento general del grupo en el desarrollo de la actividad del reto del Marshmallow fue bastante aceptable, es decir, el grupo en general se mostró participativo e interesado en la actividad propuesta, realizando las tareas que la actividad demandaba de manera colaborativa y participativa. Durante el reto del marshmallow hubo un suceso que afectó en cierta medida el normal desarrollo de uno de los equipos conformados para la actividad (un estudiante sustrajo material de otro equipo), y al finalizar otro grupo de estudiantes trató de afectar el resultado del reto del marshmallow de uno de los equipos participantes (arrojando objetos a la estructura ganadora); esta forma de actuar, a mi manera de ver, es la exteriorización de la forma en la que estos jóvenes han aprendido a relacionarse entre ellos y con la comunidad. Esta clase de comportamientos podría ser consecuencia de la crianza de estos jóvenes por madres que trabajan y de padres ausentes, dejando a sus hijos solos gran parte del día.

4.1.2. Prueba diagnóstica inicial: La prueba de entrada o prueba inicial, se realizó en el mes de octubre del año 2017, en la segunda sesión de trabajo de la secuencia didáctica, en esta prueba se puso en práctica la prueba diagnóstica llamada *Forces Concept Inventory* FCI, (Apéndice C) con la que se buscó identificar, no solo los conceptos que los estudiantes tienen de las leyes del movimiento de Newton, sino también poner de manifiesto los conceptos erróneos o equivocados que los estudiantes tienen acerca de los mismos. En los resultados obtenidos por los participantes en esta prueba, se pudo observar que ninguno de los alumnos obtuvo una eficiencia superior al treinta por ciento (30%), esto es, que ninguno de los estudiantes contestó

correctamente más de nueve preguntas. Puntaje que resulta demasiado bajos para los estándares que los autores de la prueba Hestenes & Halloun (1995) definieron en su obra.

En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos por los estudiantes participantes en la prueba diagnóstica inicial:

Tabla 6
Resultados de la prueba FCI diagnóstica inicial

Número de Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Aciertos	%
Respuestas	C	E	A	B	D	B	E	A	D	B	E	B	A	A	C	B	C	B	B	E	D	D	D	E	B	B	A	C	C	C		
E01	C	D	B	A	C	A	A	A	C	E	B	B	C	A	C	A	A	E	D	A	B	A	A	A	B	E	A	D	D	E	7	23
E02	A	B	C	E	E	D	E	B	A	A	A	C	C	A	B	B	A	A	C	D	A	B	C	A	D	C	C	B	C	C	5	17
E03	C	A	D	C	E	C	B	E	C	C	A	C	E	B	A	C	D	B	B	D	A	E	C	D	B	A	E	D	B	C	5	17
E04	D	D	B	A	E	A	A	B	E	D	B	B	B	A	D	B	C	E	B	C	B	C	D	B	C	A	D	B	E	B	6	20
E05	D	B	A	E	A	A	B	E	D	C	B	B	B	C	A	B	A	D	C	E	B	E	C	A	D	B	D	E	E	3	10	
E06	D	B	E	A	E	A	A	D	E	D	A	B	C	A	C	D	B	E	A	E	D	D	E	B	B	A	B	C	B	B	8	27
E07	A	B	C	A	D	B	E	C	A	A	D	A	B	B	D	C	B	C	B	C	D	C	E	A	E	C	A	D	C	C	8	27
E08	D	E	B	A	C	B	A	A	B	C	B	C	B	A	D	C	C	E	E	A	E	D	A	C	B	A	A	B	A	E	8	27
E09	A	B	B	B	A	C	B	E	D	C	A	C	C	A	B	C	C	A	B	D	E	A	C	D	A	E	D	C	B	6	20	
E10	C	A	B	E	E	A	E	C	B	D	A	E	C	A	B	B	B	A	D	D	B	B	E	C	E	A	E	B	D	A	4	13
E11	A	B	B	C	D	A	E	C	B	D	A	E	B	B	B	B	D	B	A	C	A	D	B	B	D	D	A	E	A	A	6	20
E12	D	D	B	A	C	A	B	B	E	D	C	C	B	D	D	C	A	D	C	B	A	A	A	C	B	B	C	D	A	A	2	7
E13	D	D	C	C	C	B	A	B	E	E	B	B	B	A	D	E	E	B	D	C	A	D	B	C	B	B	A	B	E	E	8	27
E14	C	D	B	A	C	B	D	B	E	B	B	D	B	D	B	B	A	C	E	B	B	C	A	D	B	B	C	D	B	B	6	20
E15	D	B	B	A	E	B	D	E	C	D	B	C	A	A	C	C	E	E	B	A	E	A	D	A	E	B	C	B	A	E	7	23
E16	E	B	B	A	A	B	A	A	E	D	C	C	C	B	B	B	A	C	E	B	D	D	A	B	E	A	B	D	A	C	6	20
E17	D	B	C	E	E	B	C	E	A	A	E	C	C	B	D	C	D	C	B	D	D				A	A	C	D	D	4	13	
E18	E	B	B	A	D	B	E	A	D	A	A	A	C	D	D	C	B	D	E	B	B	A	D	B	D	A	C	A	B	D	6	20
E19	A	B	D	B	E	A	D	E	C	D	A	E	C	B	D	C	D	A	E	D	C	E	C	A	C	B	B	A	E	C	3	10
E20	D	B	D	A	E	B	D	A	E	D	B	A	B	D	D	E	A	B	D	A	E	C	B	C	A	E	C	E	A	C	4	13
E21	A	B	D	B	E	B	D	B	C	B	C	A	D	B	C	C	A	C	A	E	D	A	D	A	D	B	E	B	A	C	9	30
E22	D	B	D	A	E	B	D	A	E	D	B	A	B	D	D	E	A	B	D	A	E	C	B	C	A	E	C	E	A	C	4	13
E23	C	D	B	A	C	A	D	A	A	D	B	C	B	B	C	E	B	C													3	10
E24	A	D	C	A	C	D	C	B	E	D	B	C	D	A	B	C	E	C	D	B	C	D	A	C	B	E	A	E	B	C	5	17
E25	C	A	E	A	A	D	C	B	E	D	B	C	D	A	B	C	E	C	B	D	C	E	A	C	A	B	C	A	A	C	5	17
E26	A	D	C	D	C	D	C	B	E	D	B	C	D	A	B	C	E	C	D	B	C	D	A	C	B	C	D	E	B	C	4	13
E27	D	B	B	A	E	B	C	B	E	D	A	C	D	A	B	C	E	C	D	B	C	B	E	E	E	D	C	A		5	17	
Aciertos	6	1	1	3	3	12	5	7	2	2	1	5	1	13	6	6	3	5	7	2	5	8	4	1	9	7	6	1	4	11		
%	22	4	4	11	11	44	19	26	7	7	4	19	4	48	22	22	11	19	26	7	19	30	15	4	33	26	22	4	15	41		

Fuente: Elaboración propia

Para realizar un diagnóstico acertado del conocimiento que tienen los estudiantes de los fenómenos físicos en las diferentes situaciones presentadas en la prueba diagnóstica, se deben analizar los errores que cometieron en las respuestas de la prueba diagnóstica, ayudados por el inventario que la prueba FCI tiene para realizar este análisis. En la tabla 7, se presentan los conceptos erróneos en que los participantes mayormente respondieron al contestar la prueba diagnóstica inicial

Tabla 7
Conceptos erróneos en la prueba FCI inicial

Pregunta	Predominio	Concepto erróneo
1	D	G3. los objetos pesados caen más rápido
3	B	G3. los objetos pesados caen más rápido
4	A	I5. momentum circular
5	E	G2. gravedad es intrínseca a la masa
8	B	I4. retraso/gradual en la generación del momentum
10	D	CI2. el compromiso de las fuerzas determinan el movimiento
11	B	AF1. las fuerzas solo las ejercen los agentes activos
12	C	G1. presión de aire-gravedad asistida
13	B	AR1. una mayor masa, implica mayor fuerza
15	B	AF1. las fuerzas solo las ejercen los agentes activos
16	C	I3. desvanecimiento del momentum
17	A	AF6. la fuerza produce aceleración hasta la velocidad terminal
19	D	CI2. el compromiso de las fuerzas determinan el movimiento
20	D	K1. posición-velocidad sin discriminación
24	C	CI2. el compromiso de las fuerzas determinan el movimiento
27	C	I3. desvanecimiento del momentum
28	D	R2. al movimiento cuando la fuerza supera la resistencia
29	A	R1. la masa hace que las cosas se detengan

Tomado de (Hestenes et al., 1995)

Los participantes registraron respuestas que poseen errores conceptuales en prácticamente todos los grupos de errores conceptuales evidenciados en la prueba FCI; este resultado podría ser el efecto de que los estudiantes llegan al grado décimo de educación media, casi sin formación sobre las leyes que rigen el movimiento, o de las fuerzas que lo producen. Estos resultados también podrían ser causados por la apatía y la actitud demostrada por la mayoría de los participantes en la prueba.

4.1.3 Grupo focal: Este grupo focal o sesión grupal no se planeó desde el inicio de la estrategia, se puso en práctica en la marcha, esto en respuesta a los sucesos acaecidos durante el desarrollo de las primeras dos sesiones de la estrategia didáctica, debido a los inconvenientes que se presentaron en repetidas ocasiones por los mismos actores en las actividades programadas, donde se pretendía por parte de un grupo pequeño de estudiantes sabotear el trabajo no solo de

sus compañeros, sino también del docente. Se realizó una sesión donde se pusieron de manifiesto las impresiones que tuvieron los estudiantes y el docente durante estas dos primeras sesiones. En esta sesión grupal se aparecieron unas categorías emergentes, de las cuales las más relevantes fueron la desmotivación y la falta de interés que tienen los estudiantes por las Ciencias Naturales y las Matemáticas. Esta desmotivación se hace evidente con las declaraciones de un grupo pequeño de estudiantes y la falta de atención y respeto por parte de otro grupo. La motivación juega un papel muy importante en el proceso enseñanza-aprendizaje, es básico querer aprender, porque de lo contrario todas las estrategias que se diseñen y se pongan en práctica serán infructuosas. Para Tapia (2005), el interés de los estudiantes se ve afectado debido a tres factores a saber: el significado de lo que se les propone, la facilidad de lograr esos aprendizajes y por último el tiempo y el esfuerzo que deben emplear para conseguirlos. En este grupo focal se exponen por parte de los estudiantes varias de las razones del porqué muestran tanta falta de interés por participar de las actividades de la secuencia didáctica propuesta por el docente; entre otras razones, expresan que no encuentran una aplicación práctica de los conceptos de Física o de Matemáticas en sus vidas cotidianas, o que no lo necesitarán para sus estudios posteriores en la educación superior. La guía de observación de estas sesiones puede ser consultada en el Apéndice G.

4.1.4 Contextualización de conocimientos y conceptos físicos: En las sesiones dedicadas a este aparte (sesiones 4, 5, 6 y 7), que se realizaron entre el siete y el veintiuno de noviembre, se buscó recolectar la información generada por los participantes sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje, mediado por la iniciativa CDIO, transversalizados por varios de sus estándares como lo son a saber: el estándar 2 -Resultados de Aprendizaje-, el estándar 4 -

Introducción a la Ingeniería-, el estándar 8 -Aprendizaje Activo- y el estándar 11 -Evaluación del Aprendizaje-. Para esta fase de la implementación se diseñó una unidad de enseñanza potencialmente significativa UEPS (ver el Apéndice A). En este apartado no se pudo recabar información sobre el desempeño de los participantes, ya que los estudiantes que asistieron a las sesiones no realizaron las actividades propuestas o no la suministraron al finalizar las sesiones, también sucedió que hubo mucha inasistencia de los estudiantes durante las sesiones mencionadas; fue esta la razón por la cual no se pudo realizar las mediciones sobre la eficacia de la implementación de la estrategia didáctica. Debido a la falta de esta información, no fue posible hacer una valoración de la UEPS.

La teoría del aprendizaje significativo, nos muestra que para que pueda darse dicho aprendizaje, deben existir dos condiciones claras y determinantes; parafraseando a Ausubel (1983) se requiere de un material potencialmente significativo por un lado (el docente), y una disposición a aprender por el otro (el aprendiz) (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1983).

4.1.5. Prueba final: La prueba final, o prueba de salida, se desarrolló el día 28 de noviembre de 2017. Esta prueba se realizó con el objetivo de verificar los avances o el desarrollo en los conceptos sobre las leyes del movimiento que alcanzaron los estudiantes, es decir, si se lograron aprendizajes en los conceptos de las leyes del movimiento por parte de los estudiantes, presentados en la implementación de la secuencia didáctica. Esta prueba final la presentaron solo ocho estudiantes, de los cuales dos no presentaron la prueba inicial, y por este motivo la información de sus resultados no pudo tenerse en cuenta para el análisis comparativo entre ambas pruebas. Esta prueba se realizó con el consentimiento de los estudiantes, por petición del docente, en una fecha en la que los estudiantes se encontraban en la institución educativa presentando exámenes de recuperación de varias asignaturas, entre ellas Ciencias

Naturales, esto con el propósito de que la totalidad de estudiantes presentaran la prueba de salida; supuesto que no se materializó, porque muchos de los estudiantes no asistieron a las recuperaciones que debían presentar en ese día.

Los resultados de la prueba de salida fueron consignados en la tabla 8, que se muestra a continuación:

Tabla 8
Resultados de FCI (Prueba final)

Número de Preguntas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Aciertos	%
Respuestas	C	E	A	B	D	B	E	A	D	B	E	B	A	A	C	B	C	B	B	E	D	D	D	E	B	B	A	C	C	C	0	0
E01																															0	0
E02																															0	0
E03																															0	0
E04																															0	0
E05																															0	0
E06																															0	0
E07																															0	0
E08																															0	0
E09																															0	0
E10																															0	0
E11	C	B	B	D	C	A	E	E	E	D	D	C	B	B	B	B	C	C	D	A	C	A	C	D	C	B	B	D	E	E	5	17
E12																															0	0
E13																															0	0
E14																															0	0
E15																															0	0
E16																															0	0
E17																															0	0
E18	A	B	B	A	C	B	B	B	D	A	D	B	B	B	C	B	C	A	C	A	A	A	B	D	B	B	A	B	A	E	9	30
E19	B	A	C	A	B	E	B	A	C	D	A	C	A	A	B	B	C	B	C	E	C	A	C	E	C	A	C	D	D	A	8	27
E20	C	A	B	A	C	D	E	E	B	D	B	C	B	D	C	D	B	D	D	C	A	B	D	C	B	D	A	B	E	B	6	20
E21	C	E	C	D	C	D	E	E	B	D	B	C	B	D	C	D	B	E	D	C	A	B	A	E	B	D	A	B	E	B	7	23
E22																															0	0
E23	C	E	A	A	B	A	D	E	E	D	B	C	B	B	C	B	C	B	D	A	B	A	C	D	B	B	C	B	D	E	9	30
E24																															0	0
E25																															0	0
E26																															0	0
E27																															0	0
E28	C	D	C	A	D	D	E	E	A	B	B	C	B	D	C	D	B	B	B	A	A	B	D	D	B	E	C	C	A	E	10	33
E29	E	C	A	D	C	A	E	A	C	C	C	B	A	A	D	B	E	C	B	D	B	A	C	D	E	B	A	B	E	D	10	33
Aciertos	5	2	2	0	1	1	5	2	1	1	0	2	2	2	5	5	4	3	2	1	0	0	2	2	5	4	4	1	0	0		
%	63	25	25	0	13	13	63	25	13	13	0	25	25	25	63	63	50	38	25	13	0	0	25	25	63	50	50	13	0	0		

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis comparativo entre los momentos inicial y final, se hizo sobre una muestra de seis participantes (solo los estudiantes que presentaron ambas pruebas), estos resultados comparativos se muestran en la tabla 9, a continuación:

Tabla 9
Resultados de las pruebas diagnósticas inicial y final

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Aciertos %	
Código	Prueba inicial																															
E11	A	B	B	C	D	A	E	C	B	D	A	E	B	B	B	B	D	B	A	C	A	D	B	B	D	D	A	E	A	A	6	20
E18	E	B	B	A	D	B	E	A	D	A	A	A	C	D	D	C	B	D	E	B	B	A	D	B	D	A	C	A	B	D	6	20
E19	A	B	D	B	E	A	D	E	C	D	A	E	C	B	D	C	D	A	E	D	C	E	C	A	C	B	B	A	E	C	3	10
E20	D	B	D	A	E	B	D	A	E	D	B	A	B	D	D	E	A	B	D	A	E	C	B	C	A	E	C	E	A	C	4	13
E21	A	B	D	B	E	B	D	B	C	B	C	A	D	B	C	C	A	C	A	E	D	A	D	A	D	B	E	B	A	C	9	30
E23	C	D	B	A	C	A	D	A	D	B	C	B	B	C	E	B	C														3	10
	1	0	0	2	2	3	2	3	1	1	0	0	0	0	2	1	0	2	0	1	1	1	2	0	0	2	1	0	0	3		
	Prueba final																															
E11	C	B	B	D	C	A	E	E	D	D	C	B	B	B	B	C	C	D	A	C	A	C	D	C	B	B	D	E	E	5	17	
E18	A	B	B	A	C	B	B	B	D	A	D	B	B	B	C	B	C	A	C	A	A	A	B	D	B	B	A	B	A	E	9	30
E19	B	A	C	A	B	E	B	A	C	D	A	C	A	A	B	B	C	B	C	E	C	A	C	E	C	A	C	D	D	A	8	27
E20	C	A	B	A	C	D	E	E	B	D	B	C	B	D	C	D	B	D	D	C	A	B	D	C	B	D	A	B	E	B	6	20
E21	C	E	C	D	C	D	E	E	B	D	B	C	B	D	C	D	B	E	D	C	A	B	A	E	B	D	A	B	E	B	7	23
E23	C	E	A	A	B	A	D	E	E	D	B	C	B	B	C	B	C	B	D	A	B	A	C	D	B	B	C	B	D	E	9	30
	4	2	1	0	0	1	3	1	1	0	0	1	1	1	4	4	4	2	0	1	0	0	1	2	4	3	3	0	0	0		

Fuente: Elaboración propia

En estos resultados, se observa un pequeño progreso en el desempeño de los participantes, evidenciado en el aumento de aciertos por participante, también en el aumento en la cantidad de aciertos por pregunta y en un incremento de los predominios de aciertos. En la figura 1, se puede apreciar los resultados comparativos entre ambas pruebas.



Figura 1 Aciertos comparativos entre las pruebas inicial y final

Las respuestas predominantes son en su mayoría incorrectas en ambas pruebas; presentándose en la prueba final más predominios acertados que en la prueba inicial, es decir, mientras que en la prueba de entrada hubo seis preguntas con un predominio en las respuestas correctas, en la prueba de salida, se presentaron diez predominios de esas preguntas. No obstante, los predominios en las respuestas correctas aumentaron en la segunda prueba, como se puede apreciar en la tabla 10, las respuestas predominantemente correctas no fueron consistentes, dicho de otra manera, los predominios correctos en la primera prueba no son los mismos que aparecen en la segunda prueba. Personalmente creo que los resultados obtenidos en el aumento en los predominios correctos, no puede considerarse como un efecto positivo, ya que son diferentes entre una y otra prueba, demostrando esto falta de aprehensión en los conceptos sobre la mecánica clásica, y tal vez sea este resultado el efecto del azar.

Tabla 10

Predominios en las respuestas de las pruebas inicial y final

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Prueba inicial																														
Resp. A	8	3	1	17	3	9	7	7	4	4	9	5	1	13	1	2	8	5	3	5	5	6	8	6	5	9	6	3	8	4
Resp. B	0	15	13	3	0	12	3	11	3	2	12	5	11	9	10	6	6	5	7	7	6	3	5	5	9	7	4	7	6	4
Resp. C	6	0	6	3	8	2	5	3	5	3	4	13	9	0	6	14	3	10	2	5	4	6	3	11	2	3	9	1	4	11
Resp. D	11	8	5	1	3	4	7	1	2	16	1	1	5	5	10	1	4	2	8	7	5	8	4	2	5	2	2	9	3	2
Resp. E	2	1	2	3	13	0	5	5	13	2	1	3	1	0	0	4	6	5	5	2	6	3	4	1	5	5	4	5	4	5
Predominio	D	B	B	A	E	B	D	B	E	D	B	C	B	A	B	C	A	C	D	D	E	D	A	C	B	B	C	D	A	C
Prueba final																														
Resp. A	1	2	1	4	0	2	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	3	3	4	1	0	0	1	3	0	1	1
Resp. B	1	2	3	0	2	1	2	1	2	0	3	1	5	3	2	4	2	2	0	0	1	2	1	0	4	3	1	4	0	2
Resp. C	4	0	2	0	4	0	0	0	1	0	0	5	0	0	4	0	4	1	2	2	2	0	3	1	2	0	2	0	0	0
Resp. D	0	0	0	2	0	2	1	0	1	5	2	0	0	2	0	2	0	1	4	0	0	0	1	3	0	2	0	2	2	0
Resp. E	0	2	0	0	0	1	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	3	3	3
Predominio	C	E	B	A	C	A	E	E	B	D	B	C	B	B	C	B	C	B	D	A	A	A	C	D	B	B	A	B	E	E

Fuente: Elaboración propia

Cabe anotar que los conceptos erróneos revelados por el FCI en la prueba inicial, no tuvieron un cambio importante, con respecto de la prueba final; estos conceptos pueden ser consultados en la tabla 11.

Tabla 11
Conceptos erróneos en la prueba FCI final

Pregunta	Predominio	Concepto erróneo
3	B	G3. los objetos pesados caen más rápido
4	A	I5. momentum circular
5	C	I3. desvanecimiento del momentum
6	A	CI3. la última fuerza en actuar determina el movimiento
9	B	Ob. los obstáculos no ejercen ninguna fuerza
10	D	CF. fuerzas centrífugas
11	B	AF1. las fuerzas solo las ejercen los agentes activos
12	C	G1. presión de aire-gravedad asistida
13	B	AR1. una mayor masa, implica mayor fuerza
14	B	AR1. una mayor masa, implica mayor fuerza
19	D	CI2. el compromiso de las fuerzas determinan el movimiento
20	A	K2. velocidad-aceleración sin discriminación
22	A	AF1. las fuerzas solo las ejercen los agentes activos
23	C	CI2. el compromiso de las fuerzas determinan el movimiento
24	D	I4. retraso/gradual en la generación del momentum
28	B	R2. al movimiento cuando la fuerza supera la resistencia

Fuente: Elaboración propia

Como se puede constatar, los conceptos erróneos en las dos pruebas (inicial y final), son prácticamente los mismos; con base en este análisis se puede inferir que no hubo una ganancia de aprendizaje o una aprehensión de los conceptos expuestos en la secuencia didáctica implementada.

Un análisis necesario, es el que se debe hacer sobre el desempeño de los participantes en ambas pruebas (inicial y final). Este análisis se realizó con el factor de ganancia de aprendizaje de Hake (1998), que permite calcular la ganancia de aprendizaje lograda en un proceso de enseñanza-aprendizaje a partir de los resultados obtenidos de la aplicación de un

cuestionario sobre el tema antes (prueba inicial), y después (prueba final) (Hake, 1998). Este factor de ganancia se calcula de con la siguiente formula:

$$g = \frac{\text{prueba inicial}(\%) - \text{prueba final}(\%)}{100 - \text{prueba inicial}(\%)}^4$$

Este factor clasifica la ganancia relativa de los cursos en tres niveles de aprehensión del conocimiento así:

$$\text{alto: } g \geq 0,7$$

$$\text{medio: } 0,3 \geq g > 0,7$$

$$\text{bajo: } g < 0,3^5$$

La ganancia de aprendizaje de los participantes en esta investigación, no fue sustancial, ya que no superaron el nivel de aprehensión bajo, en la escala de Hake. Los resultados tanto de la prueba inicial como la final se encuentran en la tabla 12, que se presenta a continuación:

Tabla 12
Ganancia de aprendizaje

código	Resultados				Coeficiente
	prueba inicial		prueba final		Heck
	aciertos	%	aciertos	%	<i>g</i>
E11	6	20	5	17	-0,04
E18	6	20	9	30	0,13
E19	3	10	8	27	0,19
E20	4	13	6	20	0,08
E21	9	30	7	23	-0,10
E23	3	10	9	30	0,22

Fuente: Elaboración propia

En dos de los casos se presentó una “pérdida de aprendizaje”, esto no es posible, y menos una conclusión correcta; una explicación aceptable es que las ganancias de aprendizaje obtenidas

⁴ Modificado de Hake (1998)

⁵ Tomado de Hake (1998)

en los participantes E11 y E 21, se pueden explicar a partir de la actitud en la toma de decisiones en la prueba final por parte de estos dos participantes. La falta de compromiso y la posibilidad de que hayan respondido las preguntas de manera aleatoria, podrían dar aclaración a esta lectura en el valor de su coeficiente de ganancia de aprendizaje Hake. En la figura 2, se puede observar el factor de ganancia de Hake, del grupo de estudiantes intervenido.



Figura 2: Coeficiente Heck de Ganancia de Aprendizaje
Fuente: Elaboración propia

En la figura 2, se puede apreciar que en cuatro de los seis sujetos de la muestra, se obtuvo una ganancia en el aprendizaje de los conceptos evaluados. El nivel de los factores de Hake obtenidos, no son los esperados, y se ubican en la categoría que Hake (1998), definió como un coeficiente de ganancia de aprendizaje bajo ($g < 0,3$) (Hake, 1998).

Para evaluar la eficiencia de la intervención de aula realizada en esta investigación, se hizo mediante la eficiencia didáctica propuesta por Covián & Celemín (2008) y definida por ellos como “el incremento relativo de respuestas correctas entre la primera y la segunda aplicaciones del FCI, respecto de la mayor mejora posible, o eficiencia didáctica $\Delta_{rel}\bar{B}$ ” (Covián & Celemín, 2008), y está dada por la siguiente formula:

$$\Delta_{rel}\bar{B} = \frac{\bar{B} \text{ final} - \bar{B} \text{ inicial}}{100 - \bar{B} \text{ inicial}} \%^6$$

Donde \bar{B} : Es el porcentaje de respuestas correctas del FCI, y representa el nivel de conocimiento en el momento de la realización del test (Covián & Celemín, 2008, p. 32).

Para poder contrastar los órdenes de valor de los parámetros evaluados (el factor de ganancia de aprendizaje y el incremento relativo de respuestas correctas), con los valores obtenidos en esta investigación, se recogen las mediciones obtenidas con el mismo instrumento en otras investigaciones citadas por Covián & Celemín (2008), (Hestenes et al., 1992; Hestenes & Halloun, 1995; Hake, 1998; Crouch & Mazur, 2001; Savinainen & Scott, 2002; Steinberg & Donnelly; Van Domelen & Van Heuvelen, 2002). Según los resultados de estas investigaciones los valores de estos parámetros se ubican en los siguientes órdenes:

1. El valor de la media del porcentaje de respuestas correctas para la primera aplicación del FCI para el conjunto de las poblaciones recogidas ($\bar{B} \text{ inicial}$) se sitúa en el intervalo $[27\% \leq \bar{B} \text{ inicial} \leq 73\%]$ con una media aritmética del 48%. (Covián & Celemín, 2008)
2. Ese mismo parámetro para la segunda aplicación del FCI ($\bar{B} \text{ final}$) presenta el intervalo: $[42\% \leq \bar{B} \text{ final} \leq 92\%]$ siendo la media aritmética del 72%. (Covián & Celemín, 2008)
3. La eficiencia didáctica ($\Delta_{rel}\bar{B}$) se localiza en el intervalo $[19\% \leq \Delta_{rel}\bar{B} \leq 74\%]$ con una media aritmética del 43%. (Covián & Celemín, 2008)

⁶ Tomado de Covián & Celemín (2008)

El valor del parámetro de la ganancia de aprendizaje para la primera prueba en el grupo intervenido, se ubicó en el 17,22%, cifra muy inferior a la media encontrada en los estudios mencionados anteriormente. De igual manera el valor del parámetro de la ganancia del aprendizaje para la segunda medición fue de 24,44% que, aunque aumentó con respecto de la primera medición, no alcanza los niveles esperados en los estudios anteriores. También la variación o incremento relativo en las respuestas correctas obtenido por los participantes en la implementación fue de 8,72%, cifra que se sitúa muy por debajo de la cifra esperada para este parámetro, que según los autores Covián & Celemín (2008) se debió ubicar entre el 19% y 74%.

Estos datos obtenidos del análisis de los resultados de ambas pruebas diagnósticas (la de entrada y la de salida de la intervención de la estrategia didáctica), no son enteramente concluyentes, esto se explica por los sucesos ocurridos en el transcurso de toda la intervención, sucesos que interfirieron en el aprendizaje de los conceptos de las leyes del movimiento de Newton, por parte de los sujetos objeto de esta investigación, los estudiantes de décimo grado de la I.E. Ramón Giraldo C.

CAPÍTULO 5

5.1. CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación se buscó evaluar la medida en que la implementación de un modelo educativo diseñado para la enseñanza de las ciencias básicas en estudiantes de ingeniería, pueda ser implementado en alumnos de educación media, con aceptables niveles de efectividad en cuanto a la obtención de aprendizajes significativos de los conceptos de las leyes de Newton. Este objetivo general dio cuenta de la necesidad de disponer de una metodología que lograra capturar la atención de los estudiantes de Ciencias Naturales (especialmente en educación media), y que despertara su curiosidad por comprender los fenómenos naturales que suceden a su alrededor.

Para realizar esto, se plantearon unos objetivos específicos que dieron orden al trabajo de investigación, en cuanto a la organización del mismo. El primero de estos objetivos fue el de identificar en el grupo de estudiantes, sus conocimientos previos sobre las leyes del movimiento (indagación de ideas previas). Este apartado se llevó a cabo realizando una prueba diagnóstica basada en la prueba FCI, diseñada y desarrollada por Hestenes et al. (1995), para evidenciar los conceptos -sean estos acertados o erróneos- que tienen los participantes acerca de las leyes del movimiento en el momento de tomar la prueba.

Los resultados que obtuvieron los participantes en la prueba inicial, permitieron evidenciar que estos estudiantes tienen las concepciones sobre la mecánica clásica de Newton erradas; es decir, las concepciones sobre los conceptos que tienen que ver con las fuerzas al iniciar la implementación de la secuencia didáctica, no explicaban de manera eficiente y veráz el por qué y el cómo los objetos se mueven. El análisis de los resultados obtenidos por los participantes en la primera prueba, con el factor de ganancia de aprendizaje, nos advierte que el

nivel de comprensión sobre las leyes de movimiento es demasiado bajo, nos indica además que los alumnos tienen errores conceptuales en todos los subgrupos conceptuales organizados en el trabajo realizado por Hestenes et al. (1995).

Con relación a lo anterior se puede inferir que el estadio del conocimiento en el que se encuentran los estudiantes al iniciar sus estudios de Física es muy bajo, y este resultado podría explicarse en el hecho de que en las asignaturas previas al ciclo de educación media, no se abordan los temas sobre la mecánica del movimiento de los cuerpos, desde las teorías aceptadas y probadas de manera científica, por el contrario, lo hacen de manera mecanicista y memorística. Por tanto, se hace necesario que los jóvenes tengan un acercamiento a los conceptos de la Física clásica desde una temprana edad en la asignatura de Ciencias Naturales, donde se promuevan aprendizajes significativos desde un enfoque del aprendizaje activo de los conceptos físicos ya señalados.

El segundo de los objetivos que fueron planteados, es el que buscó realizar una adaptación del modelo CDIO, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento de Newton; esta adaptación se hizo mediante el diseño de una UEPS que pudiera dar cuenta de los estándares del modelo CDIO aplicables a la educación media y que aportarían los fundamentos de la adaptación del modelo mismo. En esta aplicación se conjugaron los estándares del modelo CDIO que podían ser utilizados por los jóvenes del grado décimo, con los conceptos de la mecánica clásica de Newton, para construir de manera colaborativa, soluciones efectivas a los problemas que se les plantearon. En esta fase de la investigación, se implementó la estrategia didáctica basada en la UEPS diseñada para tal fin; con esta unidad de enseñanza, se buscó que los estudiantes tuvieran un acercamiento a las leyes del movimiento planteadas por Newton, de una manera activa, donde se encontraran soluciones a las preguntas planteadas de forma

colaborativa, y así mismo surgieran las soluciones como resultado de un constante dialogo entre estudiantes y docente, este último en un rol de facilitador del aprendizaje.

El tercero y último de los objetivos planteados fue el de verificar o validar la contribución que el modelo CDIO realizó en el aprendizaje de las leyes del movimiento de Newton, en los estudiantes de educación media de la I.E. Ramón Giraldo C. Este objetivo no alcanzó a ser verificado al finalizar este trabajo de investigación, debido a que no fue posible recaudar la información necesaria para su evaluación y valoración.

Los jóvenes del grupo 10°1 de la I.E. Ramón Giraldo C., demostraron a lo largo de las clases de Física, no poseer las bases matemáticas necesarias para la solución de los problemas planteados en el curso; este grupo de estudiantes en general mostró grandes vacíos en temas elementales como lo son el despeje de incógnitas, la solución de ecuaciones por cualquiera de sus métodos (sustracción, igualación o sustitución), entre otros. Sin embargo, este no fue el motivo de la baja participación de los estudiantes, hecho que conllevó a la poca información recolectada; información necesaria para la evaluación de la estrategia empleada. Una explicación a esto, pudo haber sido la escasa motivación y el poco interés de los estudiantes del grupo intervenido, evidenciado en que los alumnos no realizaron las actividades programadas en la unidad didáctica preparada.

La metodología CDIO, al estar fundamentada en el constructivismo y en la teoría del aprendizaje experiencial, expone claramente que los conceptos que se llevan al aula de clase y se encuentran más allá de la etapa actual del desarrollo cognitivo de los alumnos, son una pérdida de tiempo para ambos: docentes y estudiantes (Brainerd & Piaget, 2003). Además de lo anteriormente expuesto, uno de los estándares en la metodología CDIO es el aprendizaje activo (CDIO, 2010), y este tipo de aprendizaje requiere de una intencionalidad manifiesta de ambos

actores, -de quien está enseñando y también de quien está aprendiendo-, si esta condición no existe no podrá darse el aprendizaje, y mucho menos que este sea significativo. Para Kolb (1994), el aprendizaje puede darse incluso cuando los sujetos tienen conceptos errados, pero nunca, si no existe un proceso continuo basado en la experimentación. Esta experimentación puede darse solo, si el sujeto está dispuesto a hacer, a movilizarse en torno a algo que lo motive, y es precisamente de esa motivación de la que escribieron Ausubel et. al (1983); estos autores afirman que debe existir una motivación, sea esta intrínseca o extrínseca, para que pueda formarse en el individuo un aprendizaje significativo.

Esta secuencia didáctica basada en el modelo CDIO, no debe ser calificada como negativa o falta de efectividad, tan solo con información recabada en los dos momentos en los que se realizó la prueba FCI; debe poderse tener en cuenta que las condiciones de los estudiantes (sociales, institucionales y en algunos casos personales) no fueron favorables para esta implementación; la falta de interés por parte de los estudiantes, jugó un papel determinante en el éxito de la implementación de esta estrategia. También existe la posibilidad de que la falta de familiaridad y empatía entre el grupo de estudiantes y el docente pudiera haber llegado a influenciar en la falta de motivación de los participantes de esta investigación, así mismo el orden público del sector del corregimiento de Altavista, es un factor que pudo haber afectado la capacidad de los jóvenes para encontrar la motivación para realizar los ejercicios académicos que demandaba la secuencia didáctica, de igual manera, no puede dejarse de lado el paro que el magisterio colombiano realizó desde el mes de mayo, y que tuvo una duración de alrededor de 40 días, esta manifestación de los docentes frente a la institucionalidad a nivel nacional, afectó el normal desarrollo de las actividades escolares y entre ellas está por supuesto, la implementación de la secuencia didáctica que hace parte de este trabajo de investigación.

Sin embargo, la puesta en marcha de esta secuencia didáctica logró demostrar que tiene grandes posibilidades para la enseñanza no solo de la Física, sino también de otras materias de los ciclos de conocimiento básico como Matemáticas, Química, Lengua Castellana y lenguas extranjeras, así como lograr potenciar las habilidades de comportamiento y desarrollo social. Con la puesta en marcha de este tipo de metodologías de enseñanza se pueden lograr grandes avances en materia de motivación y apropiación de conocimientos por medio del aprendizaje activo, que como se mencionó con anterioridad es uno de los estándares de la propuesta realizada por el modelo CDIO.

La implementación del modelo CDIO en la educación media, puede proporcionar a los estudiantes ventajas comparativas importantes en materia de mejoramiento de los hábitos de estudio, aprovechamiento del tiempo y de los recursos disponibles, además de un aumento en las habilidades comunicativas, sean estas entre compañeros de clase o con docentes que les acompañen en el rol de guías; CDIO al ser un modelo de aprendizaje activo, puede llegar a movilizar los estudiantes hacia la aprehensión de conocimientos relevantes, que serán de gran utilidad en sus futuros, sean estos académicos o laborales, haciendo de ellos actores participes y protagonistas en sus propios procesos de aprendizaje.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se derivan de este trabajo de investigación, servirán para futuras intervenciones y lograr mayores éxitos que los alcanzados, y presentados en este informe de investigación; las recomendaciones son las siguientes:

- La implementación de esta secuencia didáctica debe realizarse en un período de tiempo más prolongado, se propone que se realice en dos períodos escolares (seis meses), esto para que se logre alcanzar un aprendizaje mayor de algunos de los conceptos de la mecánica newtoniana, además de lo anterior, para que sea posible el diseño y la construcción de proyectos funcionales, acerca de los temas propuestos al inicio de la implementación de la estrategia, que den cuenta de los avances su aprensión de conocimientos necesarios para tal fin.
- La enseñanza de las Ciencias Naturales debe hacerse de forma activa, de manera que los estudiantes puedan interactuar entre ellos y con su docente, en la búsqueda de respuestas que satisfagan su curiosidad, guiados por un profesor o profesional de la Educación, que logre potenciar en sus alumnos la utilización del método científico en la construcción de conocimientos en niveles escolares, y que logre incentivar precisamente en sus alumnos la búsqueda de conocimientos que les facilite la comprensión de los fenómenos que se encuentran durante su tránsito por este mundo, que además de que este -el mundo- no se lo facilita a quien no es capaz de entender lo que sucede a su alrededor.

REFERENCIAS

- Ausubel, D., Novak, J., & Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. Mexico D.F.: Trillas.
- Biografías y Vidas. (28 de diciembre de 2016). *Biografías y vidas*. Recuperado el 02 de mayo de 2017, de Biografías y Vidas:
<http://www.biografiasyvidas.com/monografia/newton/obra.htm>
- Brainerd, C. J., & Piaget, J. (2003). Learning, research, and American education. En B. J. Zimmerman, & D. H. Schunk (Edits.), *Educational psychology: A century of contributions* (págs. 251-287). London: Erlbaum.
- Campoy Aranda, T. J., & Gomes Araujo, E. (2015). Técnicas e instrumentos cualitativos de recojida de datos. En A. Pantoja Vallejo, *Manual básico para la realización de tesinas, tesis y trabajos de investigación*. Madrid: EOS.
- Carey, M. A. (2003). El efecto del grupo en los grupos focales: planear, ejecutar e interpretar la investigación con grupos focales. En J. M. Morse (Ed.), *Asuntos críticos en los metodos de investigación cualitativa* (págs. 260-273). Medellín: Universidad de Antioquia.
- CDIO. (2010). *Estandares CDIO v. 2.0 (con rúbricas personalizadas)*.
- CDIO. (10 de mayo de 2017). *CDIO organization*. Obtenido de History of the Worldwide CDIO Initiative: <http://www.cdio.org/cdio-history>
- CDIO. (12 de mayo de 2017). *CDIO Syllabus*. Obtenido de CDIO Organization:
<http://www.cdio.org/framework-benefits/cdio-syllabus>
- CDIO. (12 de mayo de 2017). *CDIO: Una Nueva Visión para la Educación en Ingeniería*. Obtenido de CDIO: <http://www.cdio.cl/cdio-a-new-vision-for-engineering-education>

- Covián, E., & Celemín, M. (2008). Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de la mecánica de Newton en escuelas de ingeniería españolas. Rendimiento académico y presencia de preconceptos. *Enseñanza de las Ciencias*, 23-42.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Lucas, W., & Brodeur, D. (2011). The CDIO Syllabus v2.0 An Updated Statement of Goals for Engineering Education. *Proceedings of the 7th International CDIO Conference*. Copenhagen.
- Crawley, E., Malmqvist, J., Östlund, S., Brodeur, D. R., & Edström, K. (2014). *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. Switzerland: Springer.
- Crouch, H., & Mazur, E. (2001). Peer instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970-977.
- Del Rincón, D., Arnal, J., Latorre, A., & Sans, A. (1995). *Técnicas de investigación en ciencias sociales*. Madrid: Dynkinson.
- Goetz, J. P., & LeCompte, M. D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata.
- Gonzalez Correal, A. M., Viveros Moreno, F. F., Bravo Sánchez, F. Á., & Fadul Renneberg, K. (2015). Evolución del curso de introducción a la ingeniería en el contexto de la iniciativa CDIO. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2015*, (págs. 8-9). Cartagena.
- Gonzalez, A., Marciales, G., Ruiz, M., Sánchez, J., & Viveros, F. (2013). CDIO learning workspaces in the Pontificia Universidad Javeriana. *9th International CDIO Conference*, (págs. 1-11). Cambridge, Massachusetts.
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (2000). Paradigmas en competencia en la investigación cualitativa. En C. Denman, & J. Haro, *Por los rincones: antología de métodos cualitativos en la*

- investigación social* (M. E. Perrone, Trad., págs. 113-145). Hermosillo: Colegio de Sonora.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico D.F.: McGraw-Hill.
- Hestenes, D., & Halloun, I. (1995). Interpreting the force concept inventory. *The Physics Teacher*, 33, 502-506.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158.
- Hugo, R. (2015). III Reunión Latinoamericana de CDIO. *III Reunión Latinoamericana de CDIO*. Medellín.
- ICFES. (2014). *Resolución 503 de 22 de julio de 2014*. Bogotá D.C.: Casa Editorial .
- ICFES. (19 de mayo de 2017). *Icfes interactivo*. Obtenido de http://www2.icfesinteractivo.gov.co/resultadosSaber/resultadosSaber11/rep_resultados.htm
- ICFES. (12 de mayo de 2017). *Instituto colombiano para la evaluación de la educación*. Obtenido de https://www2.icfesinteractivo.gov.co/resultadosSaber/resultadosSaber11/rep_resultados.htm
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning*. Upper saddle river: Prentice-Hall.

- Latorre, A. (2005). *La Investigación Acción: conocer y cambiar la práctica educativa*.
Barcelona: Grao.
- Marquina, J. (2005). La construcción newtoniana de la gravitación universal. *Revista mexicana de Física*, 45 - 53.
- Martínez, M. (2000). La investigación-acción en el aula. *Agenda Académica*, 7(1), 27-39.
- MEN. (1998). *Lineamientos curriculares en ciencias naturales y educación ambiental*. Santafe de Bogotá: MEN.
- Monje A., C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa Guía didáctica*. Neiva: Universidad Surcolombiana.
- Moreira, M. A. (2011). Unidades de enseñanza potencialmente significativas - UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 46-63.
- Newton, I. (1687). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. (A. Escotado, Ed., & A. Escotado, Trad.) Londres: Tecnos.
- OCDE. (09 de abril de 2017). *OCDE organization*. Obtenido de PISA 2009 Results:
<http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/48852548.pdf>
- OCDE. (09 de abril de 2017). *OCDE organization*. Obtenido de PISA 2016 Results in focus:
<https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus-ESP.pdf>
- Oppenheimer, A. (2010). *Basta de Historias, La historia latinoamericana con el pasado y las doce claves claves del futuro*. Mexico D.F.: Debate.
- Rausky, M. E. (2005). La construcción de cuestionarios estructurados: El caso de la primer encuesta sobre Actividades de niños, niñas y adolescentes hecha en Argentina. *IV Jornadas de Sociología de la UNLP* (págs. 1-12). La Plata: UNLP - FAHCE.

- Restrepo G., G., & Lopera C., M. A. (2015). CDIO: Una gran estrategia de formación en ingeniería. *Ingeniería & Sociedad*(9), 33-39.
- Rodríguez, G., Gil, J., & Garcia, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Aljibe.
- Roth, W.-M. (2002). Aprender Ciencias en y para la comunidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 195-208.
- Savinainen, A., & Scott, P. (2002). Using the force concept inventory to monitor student learning and to plan teaching. *Physics Education*, 53-58.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2008). *Física para ciencias e ingeniería*. Mexico D.F.: Cengage Learning Editores.
- Serway, R. A., & Vuille, C. (2012). *Fundamentos de Física*. México: Cengage Learning.
- Silva T., J. A. (2013). Experiencia Jeinson Silva Tellez EMF. *E-ducomunicaciencias una propuesta didáctica para la enseñanza de las Ciencias Naturales*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- Steinberg, R., & Donnelly, K. (s.f.). PER-based reform at a multicultural institution. *The Physics Teacher*, 40, 108-114.
- Tapia, J. A. (2005). La orientación escolar en centros educativos. En Ministerio de Educación y Ciencia, *Motivación para el aprendizaje: La perspectiva pe los alumnos* (págs. 209-242). Madrid: MEC.
- Tellez, S., & Rosero, J. (2013). Implementación de metodología CDIO en el laboratorio de máquinas eléctricas. *Educación en Ingeniería Vol. 8 N°. 16*, 53 - 61.

- Torres, J., Montero, P., & Acevedo, D. (2015). Evaluación de la iniciativa cdio en las prácticas de la asignatura tecnología de productos cárnicos en ingeniería de alimentos. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI*, 160-162.
- Ulloa, G., Pachón, Á., & Arboleda, H. (2013). Active learning and CDIO implementation in Colombia. *Engineering leadership in innovation and design*, (págs. 1-2). Cambridge, MA.
- Van Domelen, D., & Van Heuvelen, A. (2002). The effects of a concept-construction lab course on FCI performance. *American Journal of Physics*, 70(7), 779-780.
- Vargas Jiménez, I. (2012). La entrevista en la investigación cualitativa: nuevas tendencias y retos. *Revista Calidad en la Educación Superior*, 119-139.
- Whitehead, J. (1989). Creating a living educational theory from questions of the kind, "How do I improve my practice". *The Cambridge Journal of Education*, 19(1), 41-52.

Apéndice A: Propuesta de UEPS

PROPUESTA DE UEPS PARA LA ENSEÑANZA DE LAS LEYES DEL MOVIMIENTO DE NEWTON MEDIADO POR EL MODELO CDIO

Juan carlos Bermúdez*

Objetivo: Promover un aprendizaje significativo sobre el concepto de las leyes del movimiento de Newton en estudiantes de educación media, apoyado en los estándares del modelo CDIO.

Secuencia:

1. *Situación inicial:* Se propondrá a los estudiantes que se reúnan en equipos según su preferencia, para realizar una actividad llamada “*El reto del marshmallow*”; para esta actividad se hará uso de una guía de actividad preparada y proporcionada por el docente a cargo de la misma, además de un kit preparado con anterioridad y medios audiovisuales con el fin de ambientar la situación. Esta actividad se retroalimentará luego de terminada, para lograr que se afiancen los conceptos de trabajo en equipo y de asertividad en la toma de decisiones.

Luego de terminada la actividad propuesta, se efectuará un diagnóstico inicial de los saberes previos que los estudiantes tienen acerca de las leyes del movimiento de Newton. Este diagnóstico se efectuará con el instrumento diseñado para tal fin, este instrumento será suministrado por el docente encargado de aplicar el diagnóstico. La duración total de esta fase será de dos (2) clases.

2. *Situaciones problema iniciales:* El docente a cargo de la UEPS propondrá a los estudiantes las situaciones problemas que se plantean continuación: a) ¿Por qué razón un skater

debe impulsarse de vez en cuando para no detenerse, si la primera ley de Newton establece que un cuerpo no requiere de ninguna fuerza para mantenerse en movimiento?, *b)* ¿Dos objetos con diferentes masas caen al mismo tiempo, si se dejan caer desde la misma altura?, *c)* ¿Qué sucede cuando estando de pie en un bote, saltamos hacia la orilla del río dónde se encuentra el bote?

Estas situaciones problema deben ser discutidas en pequeños grupos conformados libremente y realizar un mapa conceptual, para luego ser socializadas en el grupo discente en pleno, para construir un mapa conceptual general con los hallazgos realizados por el grupo. El docente debe alentar e incentivar el debate entre los estudiantes con base en sus experiencias al respecto de las soluciones propuestas a las situaciones problemas, Al finalizar la actividad el docente debe recoger tanto las construcciones realizadas por los grupos, como la construcción general. La duración de esta fase será de dos (2) clases.

3. Contextualización de conocimientos y conceptos físicos: Se trabajarán los fundamentos de las leyes del movimiento de Newton, los conceptos de inercia, fuerza, masa, aceleración, y acción y reacción, mediante exposiciones, videos y presentaciones por parte del docente, además de una selección de textos donde se abordan estos temas y conceptos.

También además de abordar los conceptos propios de la mecánica clásica, debe hacerse una presentación de los estándares de la propuesta *CDIOTM*; propuesta de la cual se adoptarán algunos de ellos para la solución de una situación problema de un nivel más alto que el que se presentó en la fase anterior. En esta fase el docente debe acercar los conceptos físicos al mundo cotidiano, para procurar una materialización del aprendizaje significativo de los conceptos de las leyes del movimiento. Para evidenciar este proceso, se entregará a los estudiantes unas situaciones problemas en forma de ejercicios de media complejidad, para ser resueltos en equipos, igualmente

conformados de manera libre por parte de los discentes. Estas evidencias serán recogidas por el profesor y devueltas a los diferentes grupos en una sesión posterior para su verificación y posible corrección por parte de los estudiantes. En esta fase se pretenden emplear cuatro (4) clases.

4. *Situación problema final*: El docente encargado de la UEPS, entregará a los estudiantes una situación problema en forma de reto o concurso, el cual consistirá en la solución de una problemática propia de muchas de las instituciones educativas de carácter oficial. Este reto o concurso deberá ser resuelto por grupos de estudiantes reunidos o conformados según su preferencia, la solución debe ser entregada bajo los términos que la convocatoria del concurso delimite. Estas bases se encuentran consignadas en la convocatoria del concurso entregada por el profesor. El tema objeto del reto es: “*Diseño de un sistema para el apantallamiento de los rayos solares en el patio de la I.E. Ramón Giraldo C., en actos cívicos o prácticas deportivas*”. Se sugiere que esta actividad sea desarrollada en sesiones de dos (2) a cuatro (4) horas de clases.

5. *Evaluación sumativa del proceso grupal*: Esta actividad se realizará con base en una rúbrica de desempeño y evidencias previamente construida con esa intención. En esta rúbrica se tendrán en cuenta aspectos tanto de los conceptos de las leyes del movimiento, como de los estándares del modelo *CDIOTM*; estos resultados deben de socializarse en el grupo general, haciendo énfasis en los aciertos y las dificultades superadas por los diferentes grupos. Se realizará la premiación y entrega de los incentivos constitutivos del reto, y consignados en la convocatoria del concurso. Para la realización de esta fase se dispondrá de una sesión de una (1) hora de clase.

6. *Clase integradora final:* Se deberán recoger todas las evidencias de las distintas actividades y fases de la UEPS, y realizar una sesión donde se aclaren dudas y se reciban las devoluciones que los estudiantes tengan al respecto del proceso del concurso.

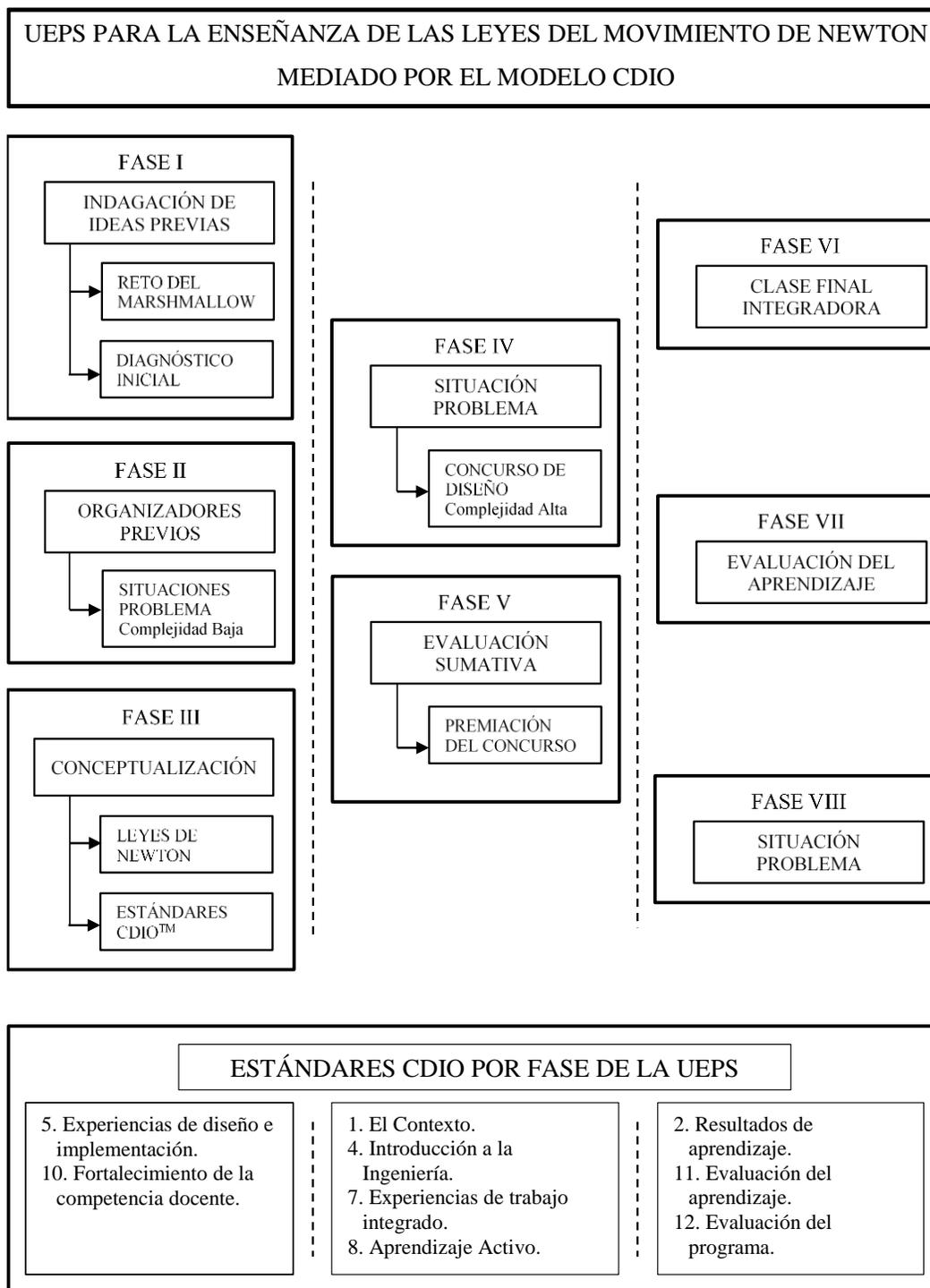
7. *Evaluación del aprendizaje en la UEPS:* Esta evaluación debe hacerse con base en las evidencias obtenidas de manera individual y colectiva de los estudiantes.

8. *Evaluación de la UEPS:* Esta solo deberá realizarse basados en los resultados de aprendizaje obtenidos por los estudiantes.

Total de horas/clase: de 10 a 12 horas

Apéndice B: Esquema de la UEPS

ESQUEMA DE UEPS



Fuente: Elaboración propia

Apéndice C: Evaluación de ideas previas

EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

Instrucciones:

- Lee cuidadosamente las preguntas de esta prueba.
- No *ESCRIBAS* ningún comentario o respuesta en este cuestionario.
- Marca tus respuestas en la hoja de *RESPUESTAS* que te fue entregada.
- Marca sólo *UNA* respuesta por pregunta.
- No dejes ninguna pregunta sin contestar.
- Evita adivinar. Tus respuestas deben reflejar lo que tu personalmente piensas.
- El tiempo de la prueba es de 1 hora y 30 minutos

1. Dos bolas de metal tienen el mismo tamaño, pero una pesa el doble que la otra. Se dejan caer estas bolas desde el techo de un edificio de un solo piso en el mismo instante de tiempo. El tiempo que tardan las bolas en llegar al suelo es:

- (A) aproximadamente la mitad para la bola más pesada que para la bola más liviana.
- (B) aproximadamente la mitad para la bola más liviana que para la bola más pesada.
- (C) aproximadamente el mismo para ambas bolas.
- (D) considerablemente menor para la bola más pesada, pero no necesariamente la mitad.
- (E) considerablemente menor para la bola más liviana, pero no necesariamente la mitad.

2. Las dos bolas de metal del problema anterior ruedan sobre una mesa horizontal con la misma velocidad y caen al suelo al llegar al borde de la mesa. En esta situación:

- (A) ambas bolas golpean el suelo aproximadamente a la misma distancia horizontal de la base de la mesa.
- (B) la bola más pesada golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más liviana.
- (C) la bola más liviana golpea el suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa que la bola más pesada.
- (D) la bola más pesada golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más liviana, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.
- (E) la bola más liviana golpea el suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la bola más pesada, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.

3. Una piedra que se deja caer desde el techo de un edificio de un solo piso hasta la superficie de la tierra:

- (A) alcanza un máximo de velocidad muy pronto después de ser soltada y desde entonces cae con una velocidad constante.
- (B) aumenta su velocidad mientras cae porque la atracción gravitatoria se hace considerablemente mayor cuanto más se acerca la piedra a la tierra.
- (C) aumenta su velocidad porque una fuerza de gravedad casi constante actúa sobre ella.
- (D) cae debido a la tendencia natural de todos los objetos a descansar sobre la superficie de la tierra.
- (E) cae debido a los efectos combinados de la fuerza de la gravedad, empujándola hacia abajo, y la fuerza del aire, también empujándola hacia abajo.

EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

4. Un camión grande choca frontalmente con un pequeño automóvil. Durante la colisión:

- (A) la intensidad de la fuerza que el camión ejerce sobre el automóvil es mayor que la de la fuerza que el auto ejerce sobre el camión.
- (B) la intensidad de la fuerza que el automóvil ejerce sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión ejerce sobre el auto.
- (C) ninguno ejerce una fuerza sobre el otro, el auto es aplastado simplemente porque se interpone en el camino del camión.
- (D) el camión ejerce una fuerza sobre el automóvil, pero el auto no ejerce ninguna fuerza sobre el camión.
- (E) el camión ejerce una fuerza de la misma intensidad sobre el auto que la que el auto ejerce sobre el camión.

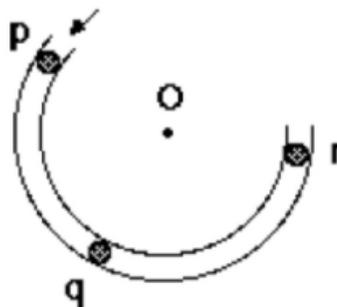
USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTES (5 y 6).

La figura adjunta muestra un canal sin fricción en forma de segmento circular con centro en "O". El canal se halla anclado sobre la superficie horizontal de una mesa sin rozamiento. Usted está mirando la mesa desde arriba. Las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. Una bola es disparada a gran velocidad hacia el interior del canal por "p" y sale por "r".

5. Considérense las diferentes fuerzas siguientes:

1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
2. Una fuerza ejercida por el canal y dirigida de q hacia O.
3. Una fuerza en la dirección del movimiento.
4. Una fuerza en la dirección de O hacia q. ¿Cuál(es) de dichas fuerzas actúa(n) sobre la bola cuando ésta se halla dentro del canal sin fricción en la posición "q"?

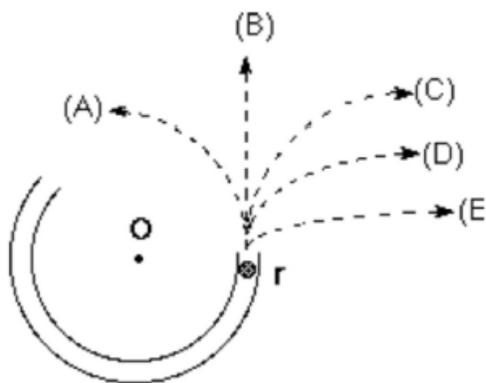
- (A) sólo la 1.
- (B) 1 y 2.
- (C) 1 y 3.
- (D) 1, 2 y 3.
- (E) 1, 3 y 4.



EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

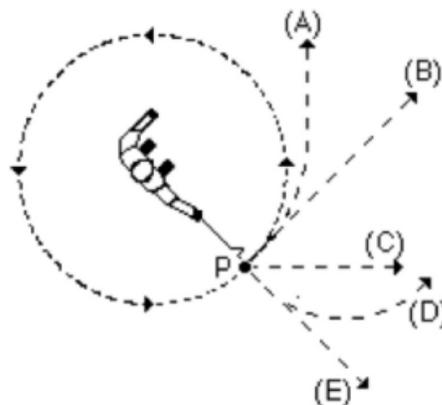
6. ¿Cuál de los caminos indicados en la figura de la derecha seguirá de forma más aproximada la bola después de salir del canal por "r" si continúa moviéndose sin rozamiento sobre la superficie de la mesa?



7. Una bola de acero está atada a una cuerda y sigue una trayectoria circular en un plano horizontal como se muestra en la figura adjunta.

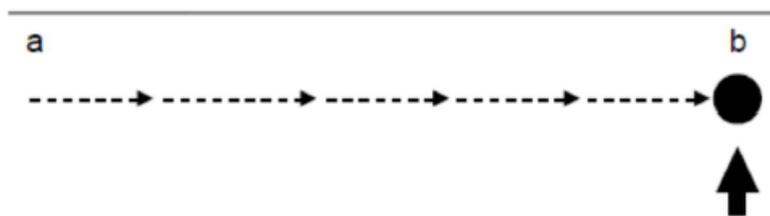
En el punto P indicado en la figura, la cuerda se rompe de repente en un punto muy cercano a la bola.

Si estos hechos se observan directamente desde arriba, como se indica en la figura, ¿qué camino seguirá de forma más aproximada la bola tras la ruptura de la cuerda?



USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (8 a 11).

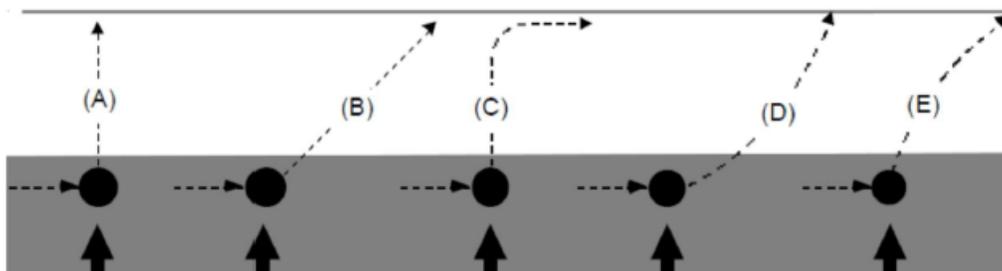
La figura muestra un disco de hockey desplazándose con velocidad constante V_0 en línea recta desde el punto "a" al punto "b" sobre una superficie horizontal sin fricción. Las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. Usted está mirando el disco desde arriba. Cuando el disco llega al punto "b", recibe un repentino golpe horizontal en la dirección de la flecha gruesa. Si el disco hubiera estado en reposo en el punto "b", el golpe habría puesto el disco en movimiento horizontal con una velocidad V_k en la dirección del golpe.



EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

8. ¿Cuál de los caminos siguientes seguirá de forma más aproximada el disco después de recibir el golpe?



9. La velocidad del disco inmediatamente después de recibir el golpe es:

- (A) igual a la velocidad " V_0 " que tenía antes de recibir el golpe.
- (B) igual a la velocidad " V_k " resultante del golpe e independiente de la velocidad " V_0 ".
- (C) igual a la suma aritmética de las velocidades " V_0 " y " V_k ".
- (D) menor que cualquiera de las velocidades " V_0 " o " V_k ".
- (E) mayor que cualquiera de las velocidades " V_0 " o " V_k ", pero menor que la suma aritmética de estas dos velocidades.

10. A lo largo del camino sin fricción que usted ha elegido en la pregunta 8, la velocidad del disco después de recibir el golpe:

- (A) es constante.
- (B) aumenta continuamente.
- (C) disminuye continuamente.
- (D) aumenta durante un rato y después disminuye.
- (E) es constante durante un rato y después disminuye.

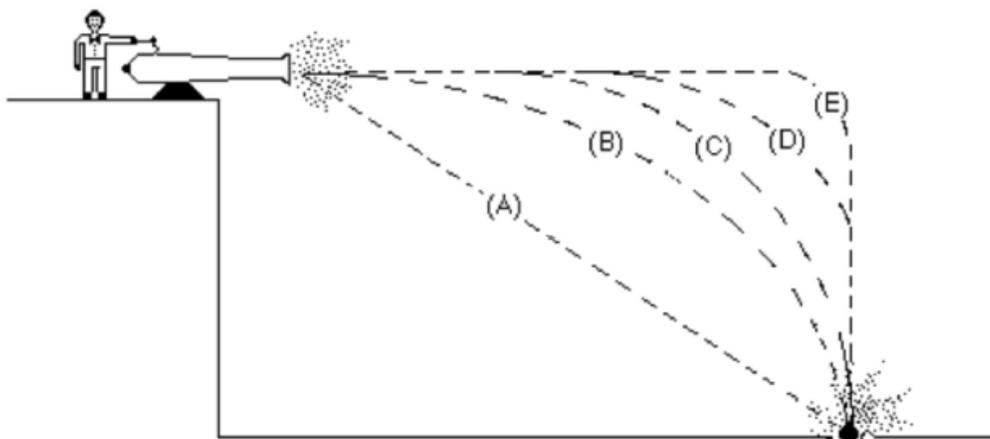
11. A lo largo del camino sin fricción que usted ha elegido en la pregunta 8, la(s) principal(es) fuerza(s) que actúa(n) sobre el disco después de recibir el golpe es (son):

- (A) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (B) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
- (C) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad, una fuerza hacia arriba ejercida por la superficie y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento.
- (D) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia arriba ejercida por la superficie.
- (E) ninguna. (No actúa ninguna fuerza sobre el disco).

EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

12. Con un cañón se dispara una bola desde el filo de un barranco como se muestra en la figura adjunta. ¿Cuál de los caminos seguirá de forma más aproximada dicha bola?



13. Un chico lanza hacia arriba una bola de acero. Considere el movimiento de la bola durante el intervalo comprendido entre el momento en que ésta deja de estar en contacto con la mano del chico hasta un instante anterior al impacto con el suelo. Suponga que las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. En estas condiciones, la(s) fuerza(s) que actúa(n) sobre la bola es (son):

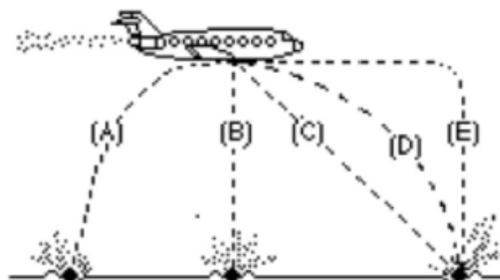
- (A) una fuerza hacia abajo debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente.
- (B) una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente desde el momento en que la bola abandona la mano del chico hasta que alcanza su punto más alto; en el camino de descenso hay una fuerza hacia abajo debida a la gravedad que aumenta continuamente a medida que el objeto se acerca progresivamente a la tierra.
- (C) una fuerza hacia abajo prácticamente constante debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente hasta que la bola alcanza su punto más alto; en el camino de descenso sólo hay una fuerza constante hacia abajo debida a la gravedad.
- (D) sólo una fuerza hacia abajo, prácticamente constante, debida a la gravedad.
- (E) ninguna de las anteriores. La bola cae al suelo por su tendencia natural a descansar sobre la superficie de la tierra.

EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

14. Una bola se escapa accidentalmente de la bodega de carga de un avión que vuela en una dirección horizontal.

Tal como lo observaría una persona de pie sobre el suelo que ve el avión como se muestra en la figura de la derecha, ¿qué camino seguiría de forma más aproximada dicha bola tras caer del avión?



USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTES (15 y 16).

Un camión grande se avería en la carretera y un pequeño automóvil lo empuja de regreso a la ciudad tal como se muestra en la figura adjunta.



15. Mientras el automóvil que empuja al camión acelera para alcanzar la velocidad de marcha:

- (A) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- (B) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- (C) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- (D) dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
- (E) ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

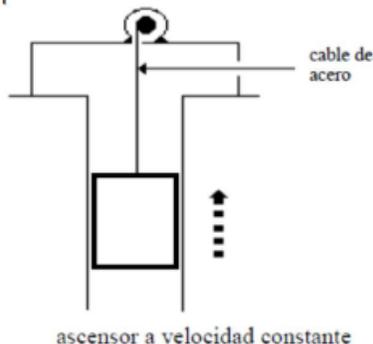
EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

16. Después de que el automóvil alcanza la velocidad constante de marcha a la que el conductor quiere empujar el camión:

- (A) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- (B) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- (C) la intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor que la de la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
- (D) dado que el motor del automóvil está en marcha, éste puede empujar al camión, pero el motor del camión no está funcionando, de modo que el camión no puede empujar al auto. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.
- (E) ni el camión ni el automóvil ejercen fuerza alguna sobre el otro. El camión es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino del automóvil.

17. Un ascensor sube por su hueco a velocidad constante por medio de un cable de acero tal como se muestra en la figura adjunta. Todos los efectos debidos a la fricción son despreciables. En esta situación, las fuerzas que actúan sobre el ascensor son tales que:



- (A) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (B) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es igual a la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (C) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es menor que la fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
- (D) la fuerza hacia arriba ejercida por el cable es mayor que la suma de la fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia abajo debida al aire.
- (E) ninguna de las anteriores. (El ascensor sube porque el cable se está acortando, no porque el cable ejerza una fuerza hacia arriba sobre el ascensor).

EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

18. La figura adjunta muestra a un chico columpiándose en una cuerda, comenzando en un punto más alto que A. Considérense las siguientes fuerzas:

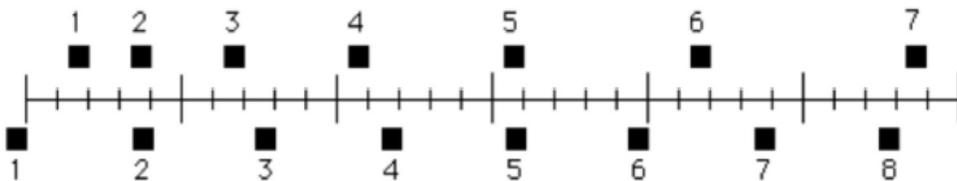
1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
2. Una fuerza ejercida por la cuerda dirigida de A hacia O.
3. Una fuerza en la dirección del movimiento del chico.
4. Una fuerza en la dirección de O hacia A.

¿Cuál(es) de dichas fuerzas actúa(n) sobre el chico en la posición A?

- (A) sólo la 1.
 (B) 1 y 2.
 (C) 1 y 3.
 (D) 1, 2 y 3.
 (E) 1, 3 y 4.



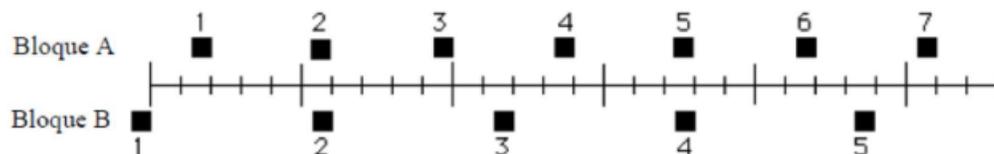
19. Las posiciones de dos bloques en intervalos de tiempo sucesivos de 0.20 segundos se hallan representadas por los cuadrados numerados de la figura adjunta. Los bloques se mueven hacia la derecha.



¿Tienen los bloques en algún momento la misma velocidad?

- (A) no.
 (B) sí, en el instante 2.
 (C) sí, en el instante 5.
 (D) sí, en los instantes 2 y 5.
 (E) sí, en algún momento durante el intervalo de 3 a 4.

20. Las posiciones de dos bloques en intervalos sucesivos de 0.20 segundos se hallan representadas por los cuadrados numerados de la figura adjunta. Los bloques se mueven hacia la derecha.



EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

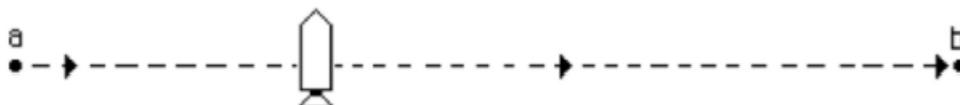
Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

Las aceleraciones de los bloques están relacionadas de la forma siguiente:

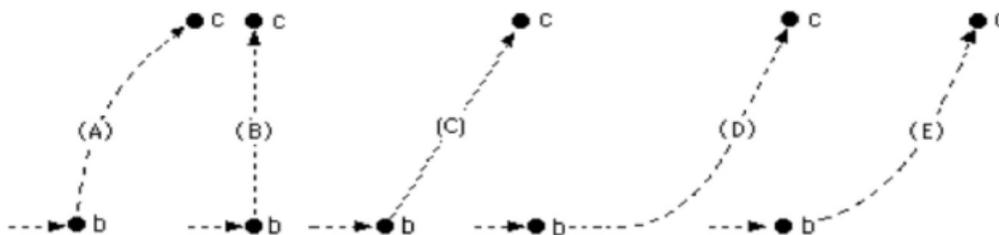
- (A) la aceleración de "a" es mayor que la aceleración de "b".
- (B) la aceleración de "a" es igual a la aceleración de "b". Ambas aceleraciones son mayores que cero.
- (C) la aceleración de "b" es mayor que la aceleración de "a".
- (D) la aceleración de "a" es igual a la aceleración de "b". Ambas aceleraciones son cero.
- (E) no se da suficiente información para contestar la pregunta.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES (21 a 24).

Un cohete flota a la deriva en el espacio exterior desde el punto "a" hasta el punto "b", como se muestra en la figura adjunta. El cohete no está sujeto a la acción de ninguna fuerza externa. En la posición "b", el motor del cohete se enciende y produce un empuje constante (fuerza sobre el cohete) en un ángulo recto con respecto a la línea "ab". El empuje constante se mantiene hasta que el cohete alcanza un punto "c" en el espacio.



21. ¿Cuál de los siguientes caminos representa mejor la trayectoria del cohete entre los puntos "b" y "c"?



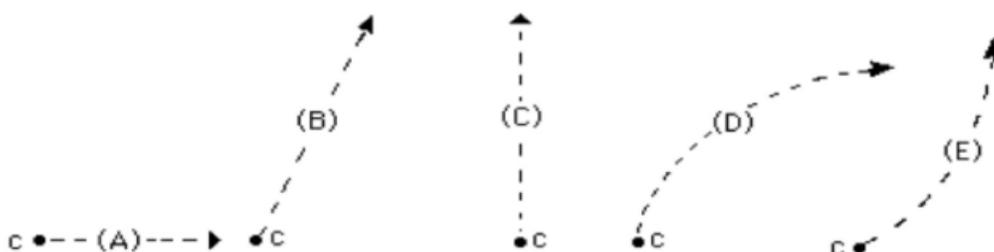
22. Mientras el cohete se mueve desde la posición "b" hasta la posición "c" la magnitud de su velocidad es:

- (A) constante.
- (B) continuamente creciente.
- (C) continuamente decreciente.
- (D) creciente durante un rato y después constante.
- (E) constante durante un rato y después decreciente.

EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

23. En el punto "c" el motor del cohete se para y el empuje se anula inmediatamente. ¿Cuál de los siguientes caminos seguirá el cohete después del punto "c"?



24. A partir de la posición "c" la velocidad del cohete es:

- (A) constante.
- (B) continuamente creciente.
- (C) continuamente decreciente.
- (D) creciente durante un rato y después constante.
- (E) constante durante un rato y después decreciente.

25. Una mujer ejerce una fuerza horizontal constante sobre una caja grande. Como resultado, la caja se mueve sobre un piso horizontal a velocidad constante " v_0 ". La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer:

- (A) tiene la misma magnitud que el peso de la caja.
- (B) es mayor que el peso de la caja.
- (C) tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- (D) es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
- (E) es mayor que el peso de la caja y también que la fuerza total que se opone a su movimiento.

26. Si la mujer de la pregunta anterior duplica la fuerza horizontal constante que ejerce sobre la caja para empujarla sobre el mismo piso horizontal, la caja se moverá:

- (A) con una velocidad constante que es el doble de la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior.
- (B) con una velocidad constante que es mayor que la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior, pero no necesariamente el doble.
- (C) con una velocidad que es constante y mayor que la velocidad " v_0 " de la pregunta anterior durante un rato, y después con una velocidad que aumenta progresivamente.
- (D) con una velocidad creciente durante un rato, y después con una velocidad constante.
- (E) con una velocidad continuamente creciente.

EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

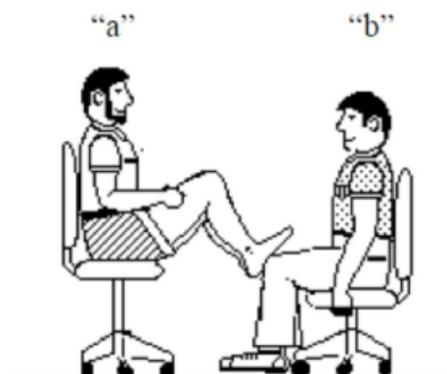
27. Si la mujer de la pregunta 25 deja de aplicar de repente la fuerza horizontal sobre la caja, ésta:

- (A) se parará inmediatamente.
- (B) continuará moviéndose a una velocidad constante durante un rato y después frenará hasta pararse.
- (C) comenzará inmediatamente a frenar hasta pararse.
- (D) continuará a velocidad constante.
- (E) aumentará su velocidad durante un rato y después comenzará a frenar hasta pararse.

28. En la figura adjunta, el estudiante "a" tiene una masa de 95 Kg y el estudiante "b" tiene una masa de 77 Kg. Ambos se sientan en idénticas sillas de oficina cara a cara.

El estudiante "a" coloca sus pies descalzos sobre las rodillas del estudiante "b", tal como se muestra. Seguidamente el estudiante "a" empuja súbitamente con sus pies hacia adelante, haciendo que ambas sillas se muevan.

Durante el empuje, mientras los estudiantes están aún en contacto:



- (A) ninguno de los estudiantes ejerce una fuerza sobre el otro.
- (B) el estudiante "a" ejerce una fuerza sobre el estudiante "b", pero "b" no ejerce ninguna fuerza sobre "a".
- (C) ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero "b" ejerce una fuerza mayor.
- (D) ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero "a" ejerce una fuerza mayor.
- (E) ambos estudiantes ejercen la misma cantidad de fuerza sobre el otro.

29. Una silla de oficina vacía está en reposo sobre el suelo. Considérense las siguientes fuerzas:

1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
 2. Una fuerza hacia arriba ejercida por el suelo.
 3. Una fuerza neta hacia abajo ejercida por el aire.
- ¿Cuál(es) de estas fuerzas actúa(n) sobre la silla de oficina?

- (A) sólo la 1.
- (B) 1 y 2.
- (C) 2 y 3.
- (D) 1, 2 y 3.
- (E) ninguna de las fuerzas. (Puesto que la silla está en reposo no hay ninguna fuerza actuando sobre ella).

EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™, para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento, en estudiantes de educación media.

30. A pesar de que hace un viento muy fuerte, una tenista consigue golpear una pelota de tenis con su raqueta de modo que la pelota pasa por encima de la red y cae sobre el campo de su oponente. Considérense las siguientes fuerzas:

1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
2. Una fuerza por el "golpe".
3. Una fuerza ejercida por el aire.

¿Cuál(es) de estas fuerzas actúa(n) sobre la pelota después de que ésta deja de estar en contacto con la raqueta y antes de que toque el suelo?

- (A) sólo la 1.
(B) 1 y 2.
(C) 1 y 3.
(D) 2 y 3.
(E) 1, 2 y 3.

Tomado de (Hestenes et al., 1992)

EVALUACIÓN DE IDEAS PREVIAS

Estrategia didáctica fundamentada en el modelo CDIO™ ,
para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento,
en estudiantes de educación media.

Nombre: _____		Código: _____		
Grupo: _____		Fecha: _____		
1. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	2. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	3. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	4. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	5. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___
6. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	7. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	8. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	9. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	10. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___
11. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	12. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	13. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	14. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	15. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___
16. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	17. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	18. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	19. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	20. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___
21. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	22. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	23. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	24. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	25. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___
26. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	27. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	28. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	29. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___	30. (A) ___ (B) ___ (C) ___ (D) ___ (E) ___

Elaboración propia (2017)

Apéndice D: Secuencia didáctica

FASE I: SITUACIÓN INICIAL	
SESIÓN No. 1	RETO DEL MARSHMALLOW I
Objetivo:	Propiciar trabajo colaborativo en el aula de clase, mediante una actividad de construcción cooperativa, incentivando habilidades de trabajo en equipo.
DURACIÓN	ACTIVIDADES
45 minutos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presentación de la actividad y establecimiento de las reglas del juego. 2. Conformar grupos de 4 a 5 estudiantes para la realización de la actividad. (ubicar un equipo por mesa) 3. Entregar las guías de la actividad. (uno por equipo) 4. Leer las reglas del juego, enfatizar en ellas y proyectarlas. 5. Hacer entrega de los kits de la actividad "EL RETO DEL MARSHMALLOW". (20 Espaguettis, 90 cm de cinta de enmascarar, 90 cm de cordel, 1 masmelo, tijeras) <ul style="list-style-type: none"> -Verificar que las condiciones y las reglas se cumplan durante toda la actividad. - Iniciar el cronometro con el contador regresivo de 18 minutos. - Realizar las mediciones de las estructuras de los equipos participantes. - Hacer la premiación de la actividad. - Realizar la retroalimentación de la actividad con la presentación del reto.
RECURSOS	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de la actividad (<i>EL RETO DEL MARSHMALLOW</i>) - Kits del reto del Marshmallow - Televisor - Conexión a Internet - Sistema de sonido - Computador - Mesas (una por equipo)
EVALUACIÓN	Retroalimentación del trabajo realizado por los equipos en la actividad, reafirmando las fortalezas demostradas por el equipo. Esta se evidencia en el diario de campo y en fotografías y videos.
FUENTES	http://www.ted.com/talks/tom_wujec_build_a_tower.html

FASE I: SITUACIÓN INICIAL	
SESIÓN No. 2	CUESTIONARIO INICIAL: FCI (Forces Concept Inventory)
Objetivo:	Evidenciar las ideas que los estudiantes tienen al respecto del concepto de fuerza y de como se manifiestan e interactúan entre sí, y con los objetos físicos del mundo que los rodea.
DURACIÓN	ACTIVIDADES
90 minutos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acatar las recomendaciones y condiciones específicas de la prueba, estas serán dadas a conocer al iniciar la prueba. 2. Realizar la prueba diagnóstica: Forces Concept Inventory. 3. Entregar la hoja de repuestas al finalizar la prueba.
RECURSOS	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de la actividad - Prueba diagnóstica: Forces Concept Inventory - Hoja de repuestas de la prueba
EVALUACIÓN	Se toman los resultados y se evalúa la pertinencia de las repuestas de los estudiantes y se consignan en el formato de recolección de datos de la sesión 2.
PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Hojas de repuestas individuales realizadas por los estudiantes de décimo grado - FRDS2: Formato de Recolección de Datos de la Sesión 2

FASE II: ORGANIZADORES PREVIOS	
SESIÓN No. 3	SITUACIONES PROBLEMA INICIALES
Objetivo:	Estimular la generación de aprendizajes significativos, realizando enlaces entre los saberes nuevos y previos sobre los conceptos que los estudiantes tienen de las leyes de la Dinámica.
DURACIÓN	ACTIVIDADES
50 minutos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Observar el video preparado por el docente 2. Formar grupos de trabajo (4 o 5 integrantes), para debatir y responder las preguntas planteadas a continuación: <ol style="list-style-type: none"> a) <i>¿Por qué razón un skater debe impulsarse de vez en cuando para no detenerse, si la primera ley de Newton establece que un cuerpo no requiere de ninguna fuerza para mantenerse en movimiento?</i> b) <i>¿Dos objetos con diferentes masas caen al mismo tiempo, si se dejan caer desde la misma altura?</i> c) <i>¿Qué sucede cuando estando de pie en un bote, saltamos hacia la orilla del río donde se encuentra el bote?</i> 3. Realizar un mapa conceptual grupal con los conceptos que cada equipo aporte en un debate general realizado en el aula de clase.
RECURSOS	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de la actividad - Video: Las Leyes de Newton en 3 minutos de Science Time - Video: Las Tres Leyes de Newton (Leyes del movimiento) de Física Entretenida - Cartulinas - Marcadores
EVALUACIÓN	Se recojen los mapas conceptuales, y se evalúan según rúbrica, se evidencia en el diario de campo.
FUENTES	<ul style="list-style-type: none"> - https://youtu.be/BOid_rGzV8A - https://youtu.be/EtO10BdMM0E

FASE III: CONTEXTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS Y CONCEPTOS FÍSICOS	
SESIÓN No. 4	DINÁMICA: LAS LEYES DEL MOVIMIENTO
Objetivo:	Proporcionar las herramientas conceptuales para que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo sobre la Dinámica y puedan ponerlo en práctica en situaciones de la vida cotidiana.
DURACIÓN	ACTIVIDADES
50 minutos	<p>1. Realizar la lectura y resolver las preguntas planteadas.</p> <p>Primera Ley de Newton</p> <p>Por experiencia sabemos que un objeto estacionario permanece en reposo a menos que una fuerza externa actúe sobre él. Una lata de aceite permanece en la mesa de trabajo hasta que alguien la derriba. Un objeto suspendido estará colgando hasta que se suelte. Sabemos que son necesarias las fuerzas para hacer que algo se mueva si originalmente estaba en reposo.</p> <p>Resulta menos obvio que un objeto en movimiento continuará en ese estado hasta que una fuerza exterior cambie el movimiento.</p> <p>Por ejemplo, una barra de acero que se desliza por el piso de la tienda pronto quedará en reposo debido a su interacción con el piso. La misma barra se deslizaría una distancia mucho mayor, antes de detenerse, si estuviera sobre hielo, lo cual se debe a que la interacción horizontal, llamada fricción, entre el piso y la barra es mucho mayor que la fricción entre el hielo y la barra. Esto nos sugiere la idea de que una barra que se deslizará sobre una superficie horizontal, totalmente carente de fricción, permanecería moviéndose para siempre. Tales ideas forman una parte de la primera ley de Newton del movimiento:</p> <p><i>Un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a menos que una fuerza externa no equilibrada actúe sobre él.</i></p> <p><i>Tomado de: Tippens, P. E., Física, conceptos y aplicaciones (2011) p. 69.</i></p>
RECURSOS	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de la actividad <i>DINÁMICA: PRIMERA LEY DEL MOVIMIENTO</i> - Video: Primera Ley de Newton: Una explicación sencilla - Presentación primera ley del movimiento
PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Diario de campo - FRDS4: (Formato de Recolección de Datos de la Sesión 4)
EVALUACIÓN	Se realiza una revisión de los ejercicios que se realicen de manera individual propuestos en la guía, y se consigna en diario de campo y formato de recolección de datos de la sesión.

FASE III: CONTEXTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS Y CONCEPTOS FÍSICOS	
SESIÓN No. 5	DINÁMICA: LAS LEYES DEL MOVIMIENTO
Objetivo:	Proporcionar las herramientas conceptuales para que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo sobre la Dinámica y puedan ponerlo en práctica en situaciones de la vida cotidiana.
DURACIÓN	ACTIVIDADES
50 minutos	<p>1. Realizar la lectura y resolver las preguntas planteadas.</p> <p>Segunda Ley de Newton</p> <p>En virtud de que el estado de un objeto en reposo o en movimiento no será modificado sin la acción de una fuerza de desequilibrio ahora debemos considerar qué sucede si hay una fuerza resultante. La experiencia nos indica que cuanto más y más grandes fuerzas resultantes se ejerzan en un objeto, más y más grande será el cambio en la velocidad de éste. Además, si se mantiene constante la fuerza resultante y se aplica a masas cada vez más grandes, el cambio en la velocidad disminuye. El cambio de velocidad por unidad de tiempo se define como aceleración (a). Newton demostró que hay una relación directa entre la fuerza aplicada y la aceleración resultante. Por añadidura, probó que la aceleración disminuye proporcionalmente con la inercia o masa (m) del objeto. En la segunda ley de Newton se postula este principio.</p> <p><i>La aceleración (a) de un objeto en la dirección de una fuerza resultante (F) es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza e inversamente proporcional a la masa (m).</i></p> <p>Cabe señalar que cuando la velocidad no cambia, $a = 0$; la primera ley de Newton resulta entonces en un caso especial de la segunda. Sin la fuerza de desequilibrio el movimiento del objeto no cambiará. La palabra importante aquí es cambio; nos ayuda a recordar que no hay fuerza resultante sobre los objetos en reposo o en movimiento a rapidez constante.</p> <p>Tomado de: Tippens, P. E., Física, conceptos y aplicaciones (2011) p. 70</p>
RECURSOS	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de la actividad <i>DINÁMICA: SEGUNDA LEY DEL MOVIMIENTO</i> - Video: Cápsula de física: Las Leyes de Newton - Presentación segunda ley del movimiento
PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Diario de campo - FRDS5: (Formato de Recolección de Datos de la Sesión 5)
EVALUACIÓN	Se realiza una revisión de los ejercicios que se realicen de manera individual propuestos en la guía, y se consigna en diario de campo y formato de recolección de datos de la sesión.

FASE III: CONTEXTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS Y CONCEPTOS FÍSICOS	
SESIÓN No. 6	DINÁMICA: LAS LEYES DEL MOVIMIENTO
Objetivo:	Proporcionar las herramientas conceptuales para que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo sobre la Dinámica y puedan ponerlo en práctica en situaciones de la vida cotidiana.
DURACIÓN	ACTIVIDADES
50 minutos	<p>1. Realizar la lectura y resolver las preguntas planteadas.</p> <p>Tercera Ley de Newton No puede haber una fuerza si no están implicados dos cuerpos. Cuando un martillo golpea un clavo ejerce una fuerza de "acción" sobre él. Pero el clavo también "reacciona" empujando hacia atrás al martillo. En todos los casos debe haber una fuerza de acción y una de reacción. Siempre que dos cuerpos interactúan, la fuerza ejercida por el segundo sobre el primero (la fuerza de reacción) es igual en magnitud, pero de sentido contrario a la dirección de la fuerza ejercida por el primer cuerpo sobre el segundo (la fuerza de acción). Este principio se enuncia en la tercera ley de Newton.</p> <p><i>Para cada fuerza de acción debe haber una fuerza de reacción igual y opuesta. Por tanto, no puede existir una sola fuerza aislada.</i></p> <p>Observe que las fuerzas de acción y de reacción no se anulan. Son iguales en magnitud y opuestas en dirección, pero actúan sobre objetos diferentes. Para que dos fuerzas se anulen deben actuar sobre el mismo objeto. Se puede decir que las fuerzas de acción crean las fuerzas de reacción. Por ejemplo, cuando alguien empieza a subir una escalera lo primero que hace es colocar un pie sobre el escalón y empujarlo. El peldaño debe ejercer una fuerza igual y opuesta sobre el pie para evitar quebrarse. Cuanto mayor es la fuerza que ejerce el pie sobre el escalón, mayor será la reacción contra el pie. Desde luego, el escalón no puede crear una fuerza de reacción hasta que la fuerza del pie se aplica. La fuerza de acción actúa sobre el objeto y la de reacción sobre el agente que aplica la fuerza.</p> <p>Tomado de: Tippens, P. E., Física, conceptos y aplicaciones (2011) p. 71</p>
RECURSOS	<ul style="list-style-type: none"> - Guía de la actividad DINÁMICA: TERCERA LEY DEL MOVIMIENTO - Video: Cápsula de física: Las Leyes de Newton - Presentación tercera ley del movimiento
PRODUCTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Diario de campo - FRDS6 (Formato de Recolección de Datos de la Sesión 6)
EVALUACIÓN	Se realiza una revisión de los ejercicios que se realicen de manera individual propuestos en la guía, y se consigna en diario de campo y formato de recolección de datos de la sesión.

FASE III: CONTEXTUALIZACIÓN DE CONOCIMIENTOS Y CONCEPTOS FÍSICOS	
SESIÓN No. 7	INICIATIVA CDIO
Objetivo:	Poner al alcance de los estudiantes los estándares y los objetivos de la metodología CDIO, para ser puestos en práctica en la solución de las situaciones de diseño planteadas en esta estrategia didáctica.
DURACIÓN	ACTIVIDADES
50 minutos	<p>1. Prestar atención a la presentación preparada por el docente.</p> <p>La iniciativa CDIO La iniciativa CDIO hace parte de una colaboración a nivel mundial para concebir y desarrollar una nueva visión de la educación en ingeniería. Esta iniciativa es inicialmente originada por el Massachusetts Institute of Technology (MIT), y tres universidades suecas a principios del milenio, para diseñar y poner en práctica un modelo educativo integral para la formación de Ingenieros aptos para los desafíos del mundo actual. Este modelo educativo tiene unos estándares y unos pilares bien definidos, con los cuales pretende formar a los jóvenes estudiantes en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas.</p> <p>La iniciativa CDIO, tiene tres objetivos generales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Dominar un profundo conocimiento operativo de los fundamentos técnicos.</i> 2. <i>Ser líderes en la creación y la operación de nuevos productos y sistemas.</i> 3. <i>Comprender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y del desarrollo tecnológico en la sociedad.</i> <p>2. Reunirse en grupos de cinco integrantes y solucionar la siguiente situación: En un edificio se necesita regar con agua un jardín de plantas ornamentales que se encuentra aproximadamente a 20 metros del suelo, este jardín se encuentra ubicado en la fachada del edificio, este procedimiento debe realizarse cada dos días.</p>
RECURSOS	- Guía de la actividad INICIATIVA CDIO - Presentación Iniciativa CDIO
PRODUCTOS	- Diario de campo - FRDS7 (Formato de Recolección de Datos de la Sesión 7)
EVALUACIÓN	Se realiza una revisión de los ejercicios que se realicen de manera individual propuestos en la guía, y se consigna en diario de campo y formato de recolección de datos de la sesión.

La I.E. Ramón Giraldo Ceballos

Convoca

A los estudiantes de décimo grado modalidad académica a participar en el:

PRIMER CONCURSO DE DISEÑO CDIO™

JUSTIFICACIÓN:

La metodología CDIO™, nació en los Estados Unidos a comienzos de este milenio y tiene estándares bien definidos para lograr un objetivo claro, lograr que los estudiantes obtengan una comprensión real del ciclo de vida de un producto desde su concepción hasta la puesta en marcha del mismo, es decir, que sean capaces de concebir, diseñar, implementar y operar sistemas complejos, y esto básicamente es incrementar las habilidades de los estudiantes de proponer soluciones a problemas cotidianos, y esto deben hacerlo esto con técnicas básicas de Ingeniería.

OBJETIVOS:

1. Incentivar en los estudiantes la resolución de problemas cotidianos con técnicas y metodologías propias de las ingenierías, usando los conocimientos adquiridos en las asignaturas correspondientes a su grado escolar.
2. Identificar qué nivel de apropiación tienen los estudiantes sobre los conceptos de las leyes del movimiento de Newton.
3. Verificar la aplicación de la metodología CDIO™, para resolver el problema planteado.
4. Fomentar en los estudiantes el trabajo cooperativo y la participación en certámenes para aumentar sus habilidades comunicativas.

BASES:

- I. PARTICIPACIÓN:** Podrán participar los estudiantes de décimo grado de la modalidad académica de la I.E: Ramón Giraldo C.
- II. ETAPAS:** El concurso tendrá tres etapas, las cuales serán:
 1. Presentación de conceptos preliminares (viernes 10 de noviembre de 2017)
 2. Entrega de bocetos y cálculos (viernes 24 de noviembre de 2017)
 3. Muestra de maquetas y planos (martes 28 de noviembre de 2017)
- III. TEMA:** En la I.E. Ramón Giraldo C., queremos encontrar el mejor diseño de un dispositivo que pueda bloquear, apantallar o mitigar los rayos solares que inciden en el patio durante los actos de comunidad y que sea posible quitarlo cuando llueva.
- IV. CALIFICACIÓN:** La calificación de los diseños se realizará con base a una rúbrica diseñada para tal fin. Esta calificación se hará teniendo en cuenta la apropiación de los conceptos de las leyes de la Dinámica, además de los estándares de la metodología CDIO™.
- V. PUBLICACIÓN DE RESULTADOS:** El resultado con equipo que haya realizado el diseño ganador se publicará el día viernes 01 de diciembre de 2017, al igual que la lista con el orden de los equipos participantes.
- VI. PREMIACIÓN:**
 1. Se premiará al primer lugar con un paseo a un centro recreativo por definir, para todos los integrantes del equipo ganador. El premio incluye transporte y alimentación en el centro recreativo.
 2. Se otorgará un reconocimiento especial para todos los integrantes del equipo ganador.

Apéndice E: Diario de Campo

DIARIO DE CAMPO	
Implementación de un modelo pedagógico basado en el modelo CDIO™ para la enseñanza-aprendizaje de las leyes del movimiento de Newton, en estudiantes de educación media.	
Fecha: _____	Sesión: _____
Lugar: _____	
Elaborado por: _____	
OBSERVACIONES	COMENTARIOS

Apéndice F: Guía de Entrevista

Implementación de un modelo pedagógico basado en el modelo CDIO™ para la enseñanza-aprendizaje de las leyes del movimiento de Newton, en estudiantes de educación media.	GUÍA DE ENTREVISTA
<p>Inicio de la entrevista no estructurada</p>	
<p>Se debe dar la bienvenida al entrevistado(a), se le debe explicar el propósito de la entrevista, el cuál es el de conocer los aspectos generales de su vida, sus gustos, sus planes para el futuro, conocer acerca de su concepción de la escuela, de su interés por realizar estudios superiores, y su concepción de la actualidad de la ciudad y su entorno cercano.</p>	
<p>Dado que es una entrevista no estructurada, no se tiene un esquema fijo de preguntas diseñadas, ni una secuencia determinada. Se realizarán preguntas abiertas para que el entrevistado pueda responder con un alto grado de libertad, buscando con esto un entender algunos comportamientos y poco acercamiento a las ciencias naturales.</p>	
<p>Los temas a abordar en la entrevista son los siguientes y algunas de las preguntas podrían ser:</p>	
<p>De la información personal</p>	
<p>Pregunta (P): ¿Cuál es su nombre?, ¿Qué edad tiene?, ¿Dónde vive?, ¿Con quién vive?</p>	
<p>De la educación</p>	
<p>P. ¿Qué concepto tiene sobre la escuela?, ¿Le gusta la institución educativa en la que estudia?, ¿Cuál es la materia que más le gusta?, ¿Le gustan las ciencias naturales?, ¿Cómo es su relación con los profesores?, ¿Quiere realizar estudios universitarios?, ¿Dónde?, ¿Por qué?</p>	
<p>De los gustos y preferencias</p>	
<p>P. ¿Practica algún deporte?, ¿Qué deporte o deportes le gustan?, ¿Sabe que es un hobby?, ¿Tiene alguno?, ¿Tiene tiempo libre?, ¿Qué hace en su tiempo libre?</p>	
<p>Del presente</p>	
<p>P. ¿Qué para usted el presente?, ¿Cómo se ve usted el día de hoy?, ¿Qué es la vida?</p>	
<p>Del futuro</p>	
<p>P. ¿Tiene planes para el futuro?, ¿Cuáles son esos planes?, ¿En esos planes contempla el estudio?, ¿Cómo se ve usted en cinco (5) años?</p>	
<p>Fuente: Eleboreción propia (2017)</p>	

Apéndice G: Guía de Observación

GUÍA DE OBSERVACIÓN

Estrechia didáctica fundamentada en el modelo COIO
para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento,
en estudiantes de educación media

Inicio de la sesión grupal

Se da la bienvenida al grupo de estudiantes, se le explica el propósito de la sesión grupal, el cuál es el de conocer los aspectos que les parecieron más relevantes en la realización de las primeras sesiones de la implementación de la estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de las leyes del movimiento de Isaac Newton.

En esta sesión grupal debe prestarse especial atención a aspecto de tipo motivacional que expresen los estudiantes, además de intervenciones que den muestra de la mecánica de sus acciones al respecto del respeto por los demás, y por las actividades que los docentes les proponen; así mismo, como prestar atención a cualquier participación de los estudiantes que dé cuenta de sus preferencias en cuanto al estilo de enseñanza de los docentes.

Se debe dar inicio a la sesión con preguntas desencadenantes de la participación de la mayoría de los participantes de la sesión grupal:

De la información personal

P. ¿Cuál es su nombre?, ¿Qué edad tiene?

De las sesiones de la implementación

Pregunta (P): ¿Cómo les parecieron las primeras dos sesiones de la implementación?, ¿Cuál fue la que más les llamó la atención?, ¿Cómo las habrían planeado?, ¿El tiempo que se dio para las actividades fue suficiente?

Del aprendizaje logrado en las sesiones

P. ¿Se aprendió algo?, ¿Qué se aprendió?, ¿Les dieron ganas de seguir aprendiendo?

De los gustos y preferencias

P. ¿Les gustaría volver a repetir alguna de las sesiones?, ¿Qué no repetirían?, ¿Por qué?

Nota: Estas son algunas preguntas recomendadas, se debe adecuar las preguntas a las respuestas que van surgiendo en el grupo de participantes. Las preguntas deben seguir un hilo conductor, y este hilo de conversación, se genera de acuerdo a las respuestas que se van dando por parte de los participantes.

Fuente: Elaboración propia (2017)