

## INTRODUCCIÓN

### CONTEXTO DEL PROBLEMA

La metodología como se ha estado enseñando la Física en los cursos de bachillerato, ha llevado a que los estudiantes una vez que culminen sus estudios secundarios tengan problemas para la aprobación de los cursos propedéuticos y continuar con los de nivel universitario, debido a la poca preparación en esta rama de la ciencia.

Nuestro sistema educativo “que solo fomenta la memorización” provoca una pobre conceptualización y bajo nivel del proceso de pensamiento, que se pone de manifiesto al resolver ejercicios repetitivos sin fomentar en los estudiantes un nivel alto de integración y pensamiento crítico. También existen otros factores que intervienen en el bajo rendimiento académico como las experiencias físicas diarias, lenguaje de la calle que con el uso diario se pierde el significado de las palabras e incluso los errores conceptuales que tienen algunos libros manteniendo algunas ideas aristotélicas, que generan en los estudiantes concepciones alternativas que luego es muy difícil de corregir, en especial en el estudio de la Física [1].

La Física estudia la naturaleza, y como tal es necesario que la enseñanza de esta ciencia no se limite solo a la resolución de problemas en el papel, sino a realizar la parte experimental para que el estudiante tome conciencia de los modelos conceptuales y matemáticos cuando resuelve un ejercicio de Física. Por tal motivo en la mayoría de los docentes se tiene el mal concepto de que las prácticas de laboratorio son un simple apoyo didáctico de las clases teóricas, olvidando de que la Física es una ciencia experimental, donde el estudiante no cree ciegamente en las respuestas de un libro, sino que el análisis de los datos obtenidos de la experimentación desarrollan en el estudiante el cambio conceptual necesario para comprender la Física. No olvidar que la experimentación es la actividad formal para obtener respuesta a una pregunta formulada teóricamente [2].

El diseño de nuestra práctica de laboratorio pretende erradicar las antiguas prácticas experimentales, en las cuales se limita al estudiante a seguir una “guía de laboratorio”

tipo receta de cocina que no despierta en el estudiante su propia creatividad, imaginación y criterio, sino que con los implementos de laboratorio dados por el docente, el estudiante desarrolle su propia estrategia para responder lo que se le plantea en la práctica experimental.

## **DECLARACIÓN DEL PROBLEMA**

El propósito de este estudio fue desarrollar en los estudiantes el cambio conceptual utilizando el constructivismo en el estudio de la unidad de leyes de Newton con la ayuda de una práctica experimental computarizada.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo a la situación problemática planteada, la pregunta en esta investigación es la siguiente:

¿Cómo lograr el cambio conceptual de los estudiantes en el estudio de las leyes de Newton implementando una práctica experimental computarizada para mejorar el rendimiento académico?

## **HIPOTESIS DE INVESTIGACIÓN**

Las hipótesis planteadas en esta investigación son las siguientes:

Hipótesis nula: No hay diferencia entre la media de la prueba de entrada y la media de la prueba de salida.

Hipótesis alternativa: La media de la prueba de salida es mayor que la media de la prueba de entrada, después de aplicar la práctica de laboratorio computarizada.

## **OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN**

Dada la problemática planteada con respecto al proceso de enseñanza – aprendizaje de las leyes de Newton en el bachillerato, los objetivos de investigación son los siguientes:

- ✓ Diseñar y aplicar una prueba de entrada y de salida para medir el rendimiento de los estudiantes en el estudio de las leyes de Newton.
- ✓ Lograr el cambio conceptual de los estudiantes en el estudio de la Dinámica mediante el diseño de una guía de laboratorio para mejorar el rendimiento académico implementando una práctica experimental computarizada.

# CAPÍTULO I

## 1. REVISIÓN DE LA LITERATURA

### 1.1. Concepciones alternativas

Las concepciones alternativas son el conjunto de conocimientos construidos espontáneamente por los estudiantes que difieren del conocimiento científico. Son construcciones mentales elaboradas con el propósito de dar respuesta a un fenómeno de la naturaleza. [3]. El origen de estas concepciones en el campo de la Física se debe a muchas causas, las más significativas son: el lenguaje de la calle, que por mal uso se pierde el verdadero significado de las palabras, la forma tradicional de enseñanza que prioriza la memorización e incluso los errores conceptuales que tienen algunos libros, manteniendo ciertas ideas aristotélicas, generan estos errores conceptuales que son difíciles de corregir [1].

Se suele decir que es más sencillo explicar Física a un estudiante que está por primera vez estudiando cierto contenido, que otro estudiante que ha tenido la oportunidad de aprender previamente el tema, debido a las ideas erradas y procedimientos incorrectos que pudo tener durante su formación previa. Investigaciones al respecto indican que aunque sea la primera vez que los jóvenes estudian un tema en particular, ellos tienen ideas propias para interpretar ciertos fenómenos de la naturaleza.

Las concepciones dependen de la tarea a utilizar, son difíciles de identificar porque forman parte del conocimiento implícito de cada persona, ya que nacen de la percepción y experiencias durante el aprendizaje (Voss, Wiley y Carretero, 1989), aunque hay cierto grado de similitud entre las construcciones mentales, (Driver, 1989).

No todas las concepciones alternativas tienen el mismo nivel de especificidad, pueden existir concepciones que no afecten significativamente en su conocimiento. Son resistentes al cambio, las ideas previas que están estrechamente relacionados a su contexto diario son difíciles de modificar. Estas ideas son referidas como “creencias atrincheradas” (Chinn y Brewer, 1993). Las concepciones alternativas tienen un grado

de coherencia y solidez pues se construyen a partir de esquemas o representaciones mentales difusas y algo aisladas (Disessa, 1988), y es así como pueden formar parte de un modelo mental explicativo [4].

Lo importante es que los profesores comprendan que los estudiantes siempre relacionan el nuevo conocimiento con los conocimientos adquiridos previamente. Primero debemos fortalecer los conceptos para luego pasar a la parte procedimental, y que los estudiantes no se conviertan en “maquinas para resolver problemas de física”. Estas ideas previas son la base de su desarrollo del pensamiento. Ausubel establece que los profesores deben conocer las concepciones alternativas que tienen los estudiantes en un tema en particular. Ausubel manifestó lo siguiente en su famosa frase “*El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente*” [5].

## **1.2. Cambio conceptual**

Los investigadores en educación concuerdan en que uno de los puntos importantes en la enseñanza tiene que ver con las concepciones alternativas. Existen varios modelos de cambio conceptual que hablan acerca de cambiar o por lo menos disminuir las ideas previas (concepciones alternativas) que tienen los estudiantes acerca de un tema en particular, y llevarlas a un nivel de concepción científica. La esencia del cambio conceptual radica en que estos nuevos conceptos formen una teoría mejorada, la cual debe permitir una respuesta más acertada al analizar e interpretar un fenómeno de la naturaleza.

## **1.3. Modelos de cambio conceptual**

La esencia misma del cambio conceptual ha sufrido modificaciones en el transcurso de la historia, desde los años setenta con los estudios doctorales de Driver (1973) y Viennot (1979), que trataban básicamente de la detección de concepciones alternativas. Existen modelos radicales propuestos por (Strike y Posner, 1985), que manifiestan, que se debe sustituir completamente las ideas previas por los conceptos científicamente aceptados. Otros (Mortimer, 1995; Vosniadou, 1994; Caravita y Halldén, 1995; Taber, 2001) proponen que estos cambios se deben realizar de manera gradual, llegando a

considerar esquemas mentales donde coexistan múltiples concepciones (alternativas y científicas).

*Reestructuración radical:* basado en el constructivismo de Jean Piaget, Strike y Posner sostienen que el aprendizaje es una actividad racional y que lo importante del cambio conceptual es reemplazar completamente las viejas concepciones y generar nuevas estructuras cognitivas. Señalan que existen dos caminos para lograr el cambio conceptual: la asimilación y la acomodación. La asimilación tiene que ver con el modelo de aprendizaje en donde no se necesita un cambio conceptual completo, mientras que la acomodación implica una reestructuración total para obtener el nuevo concepto. Como menciona (Bello, 2004), puede ser vista como una competencia entre concepciones.

La asimilación implica los tipos de aprendizaje en donde no se requiere una revisión conceptual mayor, mientras que la acomodación es un proceso gradual que implica una reestructuración total para obtener la nueva concepción, aunque también puede ser vista como una competición entre concepciones (Bello, 2004).

Según Strike y Posner se requieren las siguientes condiciones para el cambio conceptual:

- a) es preciso que el estudiante sienta insatisfacción con sus concepciones existentes;
- b) la nueva concepción debe ser mínimamente entendida (clara);
- c) la nueva concepción debe parecer desde el inicio plausible (aceptable, tomando en cuenta sus posibles aspectos contra intuitivos), y
- d) la nueva concepción debe ser fructífera (fecunda, amplia, es decir aplicable a un gran grupo de fenómenos o eventos; resolver los problemas creados por su predecesora y explicar nuevos conocimientos y experiencias) [6].

*Modelo Ontológico:* La teoría elaborada por Chi (1992) y sus colaboradores (1994) el llamado cambio conceptual es cualquier proceso que modifique alguna concepción alternativa existente para llevarlo a una concepción científica. Tres aspectos importantes son la base de su teoría: una epistemológica, metafísica y psicológica. Lo epistemológico trata acerca de la naturaleza de las categorías ontológicas, la metafísica estudia la naturaleza de ciertos aspectos de la ciencia y la psicológica tiene que ver con las concepciones ingenuas de las personas [7].

El problema radica cuando no existe coherencia entre estas tres suposiciones generando lo que Chi llama “Hipótesis de incompatibilidad”. Esta incompatibilidad explica porque algunos conceptos son fáciles de modificar o cambiar mientras que otros toman más tiempo.

*Teoría Marco:* para Vosniadou (1994), en su modelo establece que las concepciones alternativas caen dentro de lo que él llama teoría macro y que lo primordial del cambio conceptual es disminuir las diferencias entre conceptos específicos y la teoría macro.

Modificar la estructura mental (representaciones dinámicas y generativas) para lograr el cambio conceptual es de manera gradual. Es posible modificar progresivamente los modelos mentales mediante dos caminos que son, el enriquecimiento o el de revisión. El enriquecimiento trata acerca de agregar nuevos conocimientos a una teoría ya desarrollada sin llegar a tener un conflicto con los conceptos anteriores, de esta forma enriquecemos la estructura conceptual del estudiante. Mientras que el cambio por revisión tiene que ver con modificar las creencias y presupuestos de partida [8].

A continuación se presenta una tabla que concreta las diversas definiciones en el grado del cambio conceptual según las diversas tendencias:

MODELO	ESCUELA	ESTRUCTURA
Reestructuración radical	constructivismo de Jean Piaget, Strike y Posner (1982)	El aprendizaje es una actividad racional. Lo importante es reemplazar completamente las viejas concepciones y generar nuevas estructuras cognitivas.
Modelo Ontológico	Cambio conceptual de Chi y sus colaboradores (1992)	Cualquier proceso que modifique alguna concepción alternativa existente para llevarlo a una concepción científica
Teoría Marco	Vosniadou (1994)	Modificar la estructura mental (representaciones dinámicas y generativas) para lograr el cambio conceptual es de manera gradual.
<b>Tabla No. 1: Modelos importantes del cambio conceptual</b>		

#### **1.4. Aprendizaje significativo**

El norteamericano David Paul Ausubel, creador de la teoría del aprendizaje significativo lo define como: “el tipo de aprendizaje en que un estudiante relaciona la información nueva con la que ya posee, reajustando y reconstruyendo ambas informaciones en este proceso.” [9]. Esto ocurre cuando el estudiante se relaciona con su entorno y de esta forma desarrolla representaciones mentales. Durante este proceso tiene que tomar decisiones, realizar juicios de valor y al final el aprendiz solo aprenderá cuando lo aprendido tenga sentido para él.

El aprendizaje significativo tiene ciertas características como por ejemplo: tiene que ser permanente, el conocimiento adquirido debe durar un largo tiempo. Ayuda al cambio conceptual, produce un cambio cognitivo en el que las concepciones alternativas se conviertan en concepciones científicas. Basado en la experiencia, el aprendizaje depende de los conocimientos previos del estudiante.

Para conseguir el aprendizaje significativo en los estudiantes se necesitan tres condiciones que caracterizan el “estatus” de esta posición: la inteligibilidad, la plausibilidad y la utilidad con que es percibido dicho aprendizaje (Hewson & Thorley, 1989).

En lo que respecta a la enseñanza de las ciencias, el aprendizaje significativo puede tomar la estructura siguiente (Driver, 1988):

La *Orientación* destinada a despertar la atención y el interés de los alumnos por el tema; la *explicitación* basada en la exposición de ideas por parte de los estudiantes; la *reestructuración* que es la intervención del docente para la modificación de las ideas de los estudiantes a través de diferentes estrategias o actividades que provoquen la insatisfacción con las propias ideas o modelos que yacen en el estudiante y finalmente la revisión del *cambio de ideas* comparamos las nuevas ideas con las iniciales [10].

#### **1.5. Desarrollo cognitivo**

Es todo proceso de transformación en la vida de una persona, que lleva a aumentar los conocimientos y habilidades para percibir, pensar y comprender con la finalidad de resolver problemas. Esto lo logra el individuo de manera espontánea ya que se trata de un proceso natural [15]. Una de las mejores teorías que explican el desarrollo cognitivo

es la propuesta por el psicólogo suizo Jean Piaget. Creador de un sistema teórico completo donde analiza todas las facetas del desarrollo cognitivo humano.

## 1.6. Teoría de Jean Piaget

Jean Piaget dividió su teoría del desarrollo cognitivo del ser humano en cuatro grandes categorías enfocadas a los procesos mentales que intervienen en el aprendizaje a los cuales los llamo estadios de desarrollo.

*Estadio Sensoriomotor*, analiza la etapa del niño durante sus dos primeros años en que las acciones que realizan sobre él le ayudan a comprender. Además los reflejos innatos darán pasos a esquemas cada vez más complejos.

*Estadio Preoperatorio*, ocurre en niños de dos a seis años, ellos usan representaciones en lugar de acciones intuitivas para resolver un problema, es decir empieza a utilizar símbolos a través del lenguaje, la imitación y las representaciones dramáticas.

*Estadio Operación concreta*, a partir de los seis años hasta aproximadamente los doce años el niño va mejorando en la capacidad de coordinar sus representaciones desarrolladas en la etapa preoperatorio pensando de una manera lógica [16].

*Estadio de operación formal*, después de los doce años hasta la edad adulta aparece el pensamiento lógico formal, verifica hipótesis y tiene la capacidad de pensar de manera abstracta [15].

## 1.7. Constructivismo

La teoría constructivista constituye “una postura filosófica que entiende al conocimiento humano como un proceso de construcción cognitiva llevada a cabo por los individuos que tratan de comprender el mundo que los rodea” Desde el punto de vista educativo el principal aporte de esta teoría es que la persona no solo recepta información de manera pasiva sino que el mismo es constructor activo de su conocimiento. La persona debe socializar, organizar y extrapolar los significados que va conociendo [11].

Diferenciándolo de las teorías cognoscitivas en que el enfoque es analítico. Es decir para los cognocitivistas puede resolverse un problema dividiéndolo en partes más pequeñas, ya que la suma de estas es igual al todo, mientras que para los constructivistas, al dividir un problema para su estudio la suma de estas no siempre es



igual al todo. Los docentes constructivistas estimulan la autonomía del estudiante permitiendo que las preguntas de los jóvenes sirvan para cambiar la estrategia de enseñanza inclusive el contenido de la misma [12].

Para los constructivistas lo más importante no es el conocimiento nuevo en sí, sino adquirir una nueva competencia con ella que le permitirá aplicar a una situación nueva. El modelo constructivista está centrado en la persona. Jean Piaget dice que la construcción del conocimiento se realiza cuando la persona interactúa con el objeto de estudio, Lev Vygotski establece que el conocimiento aparece cuando la interacción con el entorno, y David Ausubel introduce el término significativo cuando es importante para la persona el nuevo conocimiento.

En el campo de investigación educativa, el aprendizaje es generalmente considerado como una construcción activa para el alumno a partir de sus conocimientos previos. Lo que el alumno conoce de manera previa, es considerado como el factor intrínseco en el aprendizaje de cualquier ámbito de las ciencias. El aprendizaje constructivista tiene estas características. En este aprendizaje, el conocimiento se construye paulatinamente, en donde los cambios ocurren conforme las nuevas ideas se adaptan de la mejor manera a la situación real observada, permitiendo la explicación de una mayor cantidad de eventos [13].

El aprendizaje en ciencias implica frecuentes reestructuraciones fundamentales de los conocimientos anteriormente aprendidos. Generalmente las ideas cotidianas de los estudiantes, y antes de la enseñanza, sobre los fenómenos de la ciencia están en gran oposición con los principios y los conceptos que deben ser aprendidos de la ciencia en estudio.

Dentro de la perspectiva constructivista del aprendizaje para enseñanza de las ciencias, los docentes deben aplicar una prueba inicial o de entrada con la finalidad de identificar las ideas previas de nuestros estudiantes, para que luego de identificadas las mismas, poner en práctica estrategias que promuevan y generen el cambio conceptual en nuestros estudiantes [13].

### 1.7.1. Tipos de constructivismos en educación

Los diferentes enfoques constructivistas en el proceso de enseñanza aprendizaje van desde aquellos constructivistas que afirman que el conocimiento depende exclusivamente del sujeto individual sin tomar en cuenta la parte socio contextual. Hasta aquellos constructivistas que expresan que el conocimiento social es la única fuente válida del conocimiento [14].

El enfoque constructivista en la educación de hoy la podemos clasificar de cuatro maneras: constructivismo radical, cognitivo, socio cultural y social.

*Constructivismo radical*, se refiere a un enfoque extremo cuyo principal exponente es Von Glasersfeeld que manifiesta que el conocimiento está exclusivamente en la mente de las personas y solo tiene la opción de construir su conocimiento sobre la base de sus propias experiencias previas.

*Constructivismo cognitivo*, nace principalmente de la teoría de Piaget y postula que la construcción del conocimiento es individual y de manera permanente. Estudia el origen y desarrollo de las capacidades cognoscitivas desde un punto de vista orgánico, biológico y genético.

*Constructivismo socio cultural*, su origen radica en los trabajos de Lev S. Vygotsky en el cual postula que el factor social juega un papel importante en la construcción del conocimiento.

*Constructivismo social*, encabezado por Thomas Luckman y Peter L. Berger, indica que la realidad depende del proceso de intercambio social. Desde este punto de vista la realidad refleja las relaciones entre los individuos y su cultura [14].

TIPO	ESCUELA	DESCRIPCIÓN
Constructivismo radical	Von Glasersfeeld	El conocimiento está exclusivamente en la mente de las personas y solo tiene la opción de construir su conocimiento sobre la base de sus propias experiencias previas.
Constructivismo cognitivo	Jean Piaget	construcción del conocimiento es individual y de manera permanente
Constructivismo	Lev S. Vygotsky	El factor social juega un papel

socio cultural		importante en la construcción del conocimiento.
Constructivismo social	Thomas Luckman y Peter L. Berger	La realidad depende del proceso de intercambio social. Desde este punto de vista la realidad refleja las relaciones entre los individuos y su cultura
<b>Tabla No. 2: Tipos de Constructivismo en la Educación</b>		

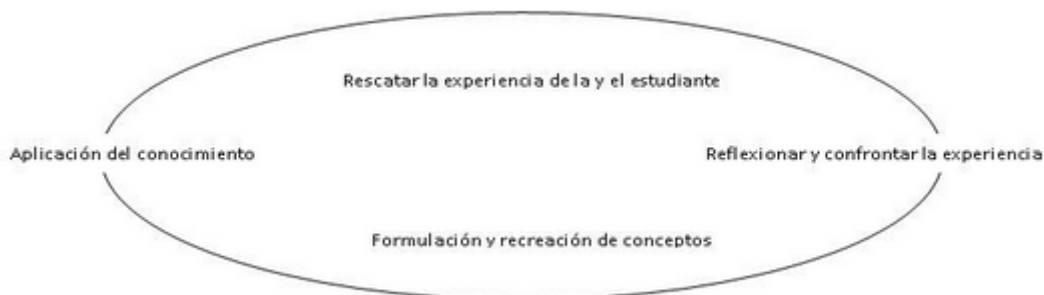
### 1.7.2. Estructura de una clase constructivista

En cualquier metodología o filosofía de aprendizaje el docente cumple un papel preponderante en la formación del estudiante. En el enfoque constructivista el docente debe ser el mediador entre el sujeto cognoscente (estudiante) y el objeto de aprendizaje (lo que se va aprender). La responsabilidad es tal que debe crear en el aula un ambiente agradable, atractivo y sobre todo con retos para que los estudiantes desarrollen su propia construcción del conocimiento y consolidar estructuras cognitivas sólidas para luego aplicarlos de manera correcta en un problema real.

El docente debe conocer a sus dirigidos y de esta forma utilizar la mejor estrategia pedagógica. Para aquello debe conocerlos en dos aspectos importantes, que son: *intereses o necesidades*, se debe conocer cuáles son las expectativas del estudiante para que su aprendizaje sea significativo. *Contexto histórico cultural*, tiene que ver con la realidad de vida y experiencia previas del joven con su entorno social [17].

### 1.7.3. Dinámica de una clase constructivista

Driver (1988), expone que la adquisición del conocimiento se lo debe realizar en forma de espiral. Los estudiantes participan de etapas en las cuales se desarrollan actividades volviendo al punto de inicio. A esto se le llama “espiral de aprendizaje constructivista”. Los pasos se indican en la imagen siguiente:



**Gráfica No. 1: Dinámica de aprendizaje siguiendo la estrategia constructivista**

#### **1.7.4. Proceso de aprendizaje constructivista**

A continuación se describe los pasos del modelo de aprendizaje propuesto por Driver.

*Recabar conocimientos previos*, el enfoque constructivista no deja de lado el error que tengan los estudiantes, más bien sirve de base conocer sus concepciones alternativas y que los estudiantes empiecen a tener dudas acerca de lo que habían aprendido. Conocer sus ideas previas la podemos realizar mediante diapositivas, un video, un interrogatorio o un estudio de casos. Lo importante es que esta actividad debe generar reflexión, motivación y compromiso de parte de los estudiantes.

*Provocación de conflictos cognitivos*, necesariamente si queremos avanzar en nuestro aprendizaje, forzosamente se caerá en conflictos cognitivos. Estas dudas provocan conflictos que sino el profesor no sabe manejarlo generaran impotencia y frustración.

*Conceptualización individual y colectiva*, en esta etapa tenemos que lograr cambios mentales de lo que el estudiante ya tiene debido a experiencia previas. En el ámbito constructivista las actividades que se pueden realizar son investigación, experimentación, creatividad, simulación, solución de casos o cualquier actividad que haga que el mismo construya sus conceptos y darles como receta las definiciones para que repitan y se memoricen sin lograr un aprendizaje significativo.

*Aplicar lo aprendido*, la última parte de este proceso termina con algo fundamental como es poner en práctica lo aprendido. Verificar los conocimientos resolviendo un problema de la vida real y de esta forma se fomenta aún más la creatividad del estudiante y obtener lo que se llama “nuevos productos”, los cuales se clasifican en:

- a) *producir teoría*, el estudiante redacte informes, ensayos, modelos que obligue al estudiante a desarrollar su creatividad.
- b) *Actuar ante la realidad*, el estudiante no solo desarrolla un escrito sino que analiza la solución de algún problema para mejorar su entorno.

- c) *Juzgar o evaluar*, en este proceso la estrategia de aprendizaje es integradora. Esto es, provoca transformaciones en relación con los conceptos (saber - saber), los procedimientos y verificados constantemente [17].

## 1.8. Tecnología en la educación

Desde hace algunos años atrás los avances tecnológicos referentes a la comunicación e información forman cada vez parte de nuestras actividades diarias. En el mundo de la educación no podía ser la excepción. Sirve de gran motivación para los estudiantes y nos ayuda a comprender mediante animaciones situaciones físicas abstractas que es complicado entenderlas en un libro o en la pizarra.

### 1.8.1. Informática en la clase de física

Por lo general las clases de física se la han realizado como siempre se ha hecho: tiza, tablero y cuaderno. Con un docente que expone y discute con sus estudiantes el tema a tratar y luego envía tareas para la casa. Típicamente en una primera etapa el profesor explica el tema, trabaja los ejemplos “diciendo y haciendo en el tablero” ante sus alumnos, luego en una segunda etapa el profesor “diciendo” asiste al alumno, mientras este “hace el problema en el tablero” [18].

Empleando este método tradicional se observan dificultades en el aprendizaje y cada día es más difícil que los estudiantes se encuentren motivados. Muchos textos son de lectura pesada y se observa problemas graves de lectura y matemáticas. Todo esto lleva a pensar de manera errónea que la física no es para todos sino para los inteligentes.

La importancia del potencial uso de un computador en la enseñanza de la física es muy alta. La siguiente tabla cita algunas de ellas [19].

Actividad	Breve descripción
Análisis de datos en tiempo real	El alumno interpreta en forma de tabla y gráficos los resultados de un experimento para su posterior tratamiento estadístico. Una ventaja es que el alumno está un poco más próximo de un laboratorio.
Simulación de fenómenos físicos	Mediante un programa el alumno modifica parámetros y observa lo que acontece e incluso realizar un modelo explicando el fenómeno. La ventaja es que el alumno se

	motiva al sentirse parte del ejercicio.
Instrucción asistida por computador	El computador actúa como profesor usando libros digitales, obteniendo de esa forma una instrucción personalizada. Ofrece ventajas para estudiantes con dificultad de aprendizaje.
Administración escolar	El computador no solo puede ser usado para administración contable en la institución educativa sino como control de rendimiento estudiantil, validación de tesis, elaboración de banco de problemas entre otras cosas.
Estudios de procesos cognitivos	A través de la interacción con el computador se desarrollan habilidades cognitivas ya que al contrario con otras actividades donde el estudiante realiza las actividades ya instaladas en el software, el estudiante es quien comanda las actividades.
<b>Tabla No. 3: Posibles usos del computador en la enseñanza de física</b>	

### 1.9. Prácticas de laboratorio

Es curioso tratar de comprender que por lo general los docentes al preparar su plan de clases con las actividades del año no le dan la importancia debida a las prácticas de laboratorio. Su preocupación principalmente es el análisis teórico que están llevando al olvido el hecho de que la física es una ciencia basada en la observación y la experimentación.

Hasta la década de los cincuenta la enseñanza en el laboratorio se centró principalmente en actividades verificativas que se habían discutido en la clase teórica o planteada en los libros. Hasta mediado de los noventa se decía que los trabajos de laboratorio tenían como objetivos principales los siguientes puntos: (a) generar motivación, (b) comprobar teorías, (desarrollo de destrezas cognitivas) [20]. La realidad es que no se aprovecha el potencial que tiene trabajar en el laboratorio por la manera como se las lleva a cabo. El estudiante tiene que seguir instrucciones detalladas como un recetario de cocina y obtener resultados y toda su atención está en manipular instrumentos.

Se debería plantear una nueva manera en que guiado por el profesor el estudiante analice y manipule los equipos y que sea el mismo quien decida cuál sería la mejor manera de obtener los resultados.

### 1.9.1. Estilos de enseñanza en el laboratorio

La problemática de la enseñanza de las ciencias en general se relaciona con el estilo instruccional usado por el profesorado. Se asocia tres grandes confusiones como por ejemplo: (a) confusión entre el rol del científico y el rol del estudiante de ciencias, (b) confusión entre la psicología del aprendizaje y la filosofía de la ciencia y (c) confusión en cuanto a la estructura sustantiva y la estructura sintáctica del conocimiento disciplinar [20].

Todo esto conduce a desconocer lo que es aprender el cuerpo teórico de las ciencias, sus metodologías y relacionarlos con los resultados de laboratorio y de esta manera formar sólidamente sus estructuras mentales.

Autor	Tipo de laboratorio	Breve descripción
Domin	Estilo expositivo	Modelo tradicional: se usa un manual con un procedimiento tipo “receta de cocina” y resultados predeterminados.
	Estilo por descubrimiento	El procedimiento es dado al estudiante y el resultado es predeterminado.
	Estilo indagativo.	Permite al estudiante generar el procedimiento y encontrar un resultado indeterminado.
	Estilo de resolución de problemas.	El estudiante genera el procedimiento y el resultado del trabajo es predeterminado.
Moreira y Levandowski	El laboratorio programado	Es altamente estructurado

	El laboratorio con énfasis en la estructura del experimento	Se centra en el diseño de experimentos.
	El laboratorio con enfoque epistemológico.	Se basa en el uso heurístico de la V de Gowin para la resolución de problemas.
Kirschner	El laboratorio formal o académico.	Es el laboratorio tradicional, estructurado, convergente y verificativo.
	El laboratorio experimental.	Es abierto, inductivo, orientado al descubrimiento, con proyecto no estructurado, se aborda un problema que rete al estudiante y que sea resoluble dentro de sus posibilidades.
	El laboratorio divergente	Es una fusión entre el laboratorio académico y el experimental; se maneja una información básica general y el resto se deja de manera abierta con varias posibilidades de solución.
<b>Tabla No. 4: Estilo de enseñanza en el laboratorio</b>		

## 1.10. DINÁMICA

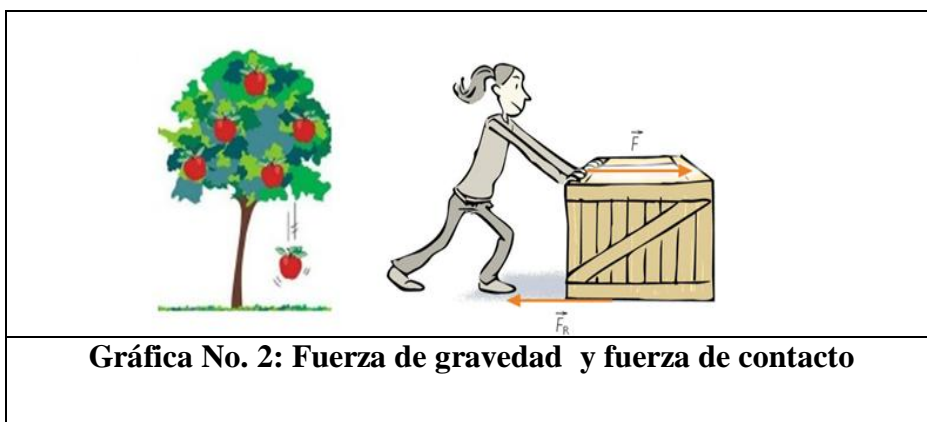
### 1.10.1. Concepto y clasificación de fuerza

Uno de los conceptos más importantes de la física es el de fuerza, ya que nos proporciona un análisis más profundo acerca de las causas del movimiento. Al igual que el tiempo, es un concepto que con el uso diario se va perdiendo su significado científico. Podemos definir a esta cantidad física como, “*cualquier influencia tendiente a cambiar el estado de movimiento de un cuerpo*”. Una definición alterna sería, “*cualquier influencia tendiente a acelerar a un objeto*” [21].



Esta influencia o también llamada interacción puede actuar en un cuerpo de dos maneras:

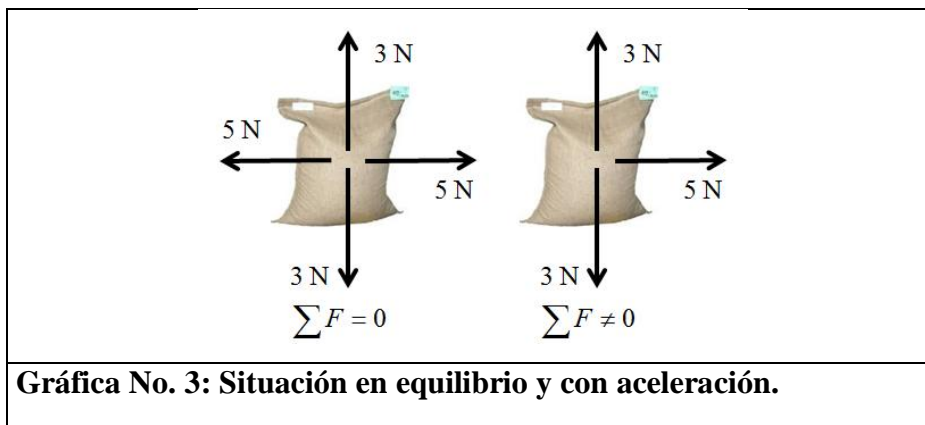
- a) *Fuerza de contacto*, Son tipos de fuerzas en las que los cuerpos que interactúan están físicamente en contacto. Ejemplos de fuerza de contacto incluyen la fuerza de fricción, fuerza de tensión, fuerza normal y cualquier otra fuerza provocada por un agente externo.
- b) *Fuerza a distancia*, Son tipos de fuerzas en las que los cuerpos que interactúan no se encuentran en contacto físico, pero son capaces de empujarse o atraerse a pesar de su separación física. Ejemplos de estas fuerzas son: la fuerza gravitacional, fuerza eléctrica y fuerza magnética.



## 1.10.2. Leyes del movimiento de Newton

### 1.10.2.1. Primera Ley de Newton

También llamada la ley de la inercia, se enuncia de la siguiente manera: Un cuerpo en reposo tiende a permanecer en reposo y un objeto en movimiento tiende a permanecer en movimiento con la misma rapidez y en la misma dirección (velocidad constante) a no ser que sobre él actúe una fuerza no balanceada. Newton expresó que cuando un objeto está en equilibrio (reposo o en movimiento con velocidad constante) las fuerzas que actúan sobre él se cancelan [21].



Cuando esta condición no ocurre se dice que el objeto posee aceleración (gráfica 3, der). Comprender el concepto de inercia es algo complicado porque no solamente esta propiedad de la materia depende de la masa como se pensaba antiguamente, sino que también depende de la velocidad del objeto. Esto se manifiesta a altas velocidades por eso que es difícil medir el incremento de inercia debido al movimiento. Empleamos la palabra inercia en el lenguaje cotidiano para expresar inactividad y para superar esta inercia necesitamos aplicar fuerza [22].

### 1.10.2.2. Segunda Ley de Newton

También llamada ley de la aceleración, establece que: la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta (suma de fuerzas) e inversamente proporcional a la masa.

$$aceleración = \frac{fuerza\ resultante}{masa} \rightarrow a = \frac{\sum F}{m}$$

Realmente Newton expresó la segunda ley en términos de lo que él llamó cantidad de movimiento. Indicó que la modificación de la cantidad de movimiento ocurre debido a la fuerza neta actuando en el cuerpo [23].

$$fuerza\ resultante = \frac{cambio\ del\ momento}{intervalo\ de\ tiempo} \rightarrow F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

La cantidad de movimiento se define como el producto de la masa y la velocidad.

$$P = mv$$

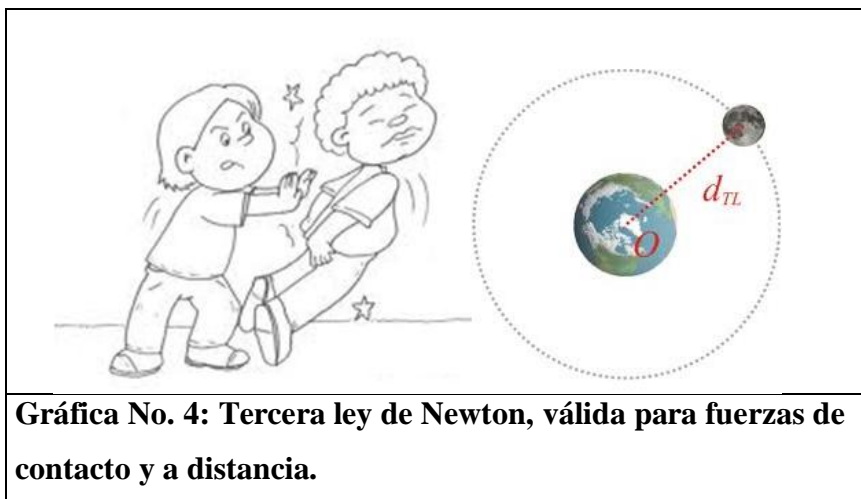
Supongamos un objeto que cambia su velocidad y que su masa es constante (lo que ocurre en la mayoría de las situaciones). Reemplazando en la ecuación de fuerza, tenemos:

$$F = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} = m \frac{\Delta v}{\Delta t} = ma$$

De esta definición aparece la segunda ley de Newton como se la conoce comúnmente.

### 1.10.2.3. Tercera Ley de Newton

También llamada ley de acción – reacción, establece que: cuando un objeto ejerce fuerza sobre otro objeto, el segundo objeto ejerce sobre el primero una fuerza de igual magnitud y en dirección contraria.



**Gráfica No. 4: Tercera ley de Newton, válida para fuerzas de contacto y a distancia.**

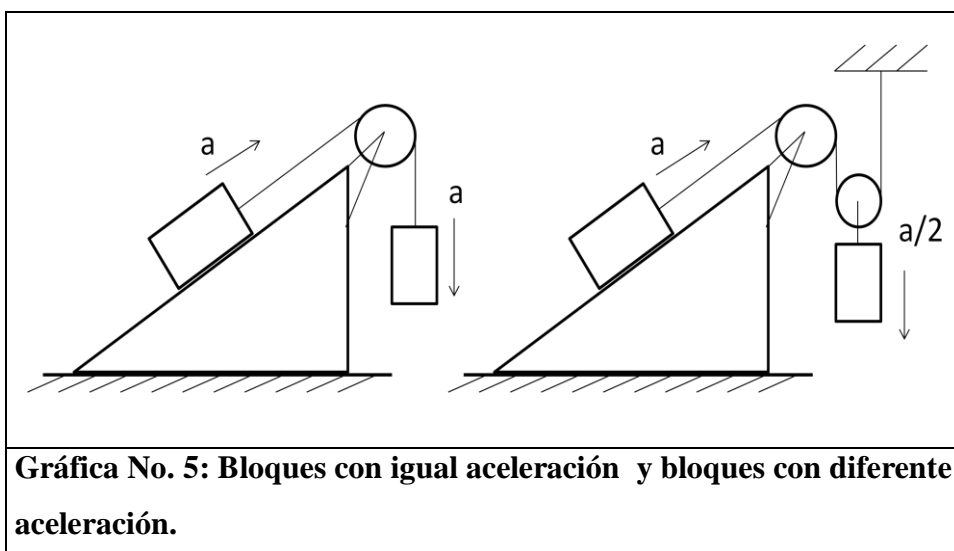
A simple vista se podría pensar que de las tres leyes es la más simple de entender pero la realidad es diferente. Muchos son los factores por lo que esto ocurre, entre ellos podemos citar:

- Pensar que la tercera ley solo ocurre cuando los objetos se topan pero esta ley también se aplica a fuerzas a distancia como por ejemplo la interacción entre la Luna y la Tierra como se indica (gráfico 4).
- Aunque lo expresa el enunciado de esta ley se suele pensar que al empujar un objeto y moverlo se debe a que la fuerza de acción ha superado la fuerza de reacción, pero en cualquier situación están dos fuerzas son de igual magnitud.
- Se suele pensar que como son de igual magnitud y se dirigen en dirección opuesta, están fuerzas se cancelan. La realidad es que jamás se cancelan porque para que esto ocurra deberían actuar en el mismo cuerpo cosa que no ocurre [24].

#### 1.10.2.4. Análisis del movimiento dependiente

En muchos de los problemas de mecánica se analiza la situación en que los objetos de estudio presentan la misma aceleración. Esto se debe a que estos sistemas por lo general tienen objetos interconectados por cuerdas inextensibles en torno a poleas y sus aceleraciones tienen la misma magnitud (gráfico 5, izq.). No es común, al menos a nivel secundario en nuestro medio analizar un sistema cuando los objetos tienen aceleraciones diferentes ya que la relación existente entre esta cantidad física depende del arreglo de poleas del sistema físico [25].

Por ejemplo, la gráfica cinco, derecha, muestra dos bloques donde la relación de aceleraciones es de 2:1.



Se pretende demostrar esta relación mediante la práctica experimental computarizada con el objetivo de mostrar a los estudiantes lo útil que son estos sistemas en lo que respecta a la ventaja mecánica.

#### 1.11. Prueba t de student

Para el análisis de los resultados emplearemos la “*distribución t de Student*” muy utilizada en probabilidad y estadística para estimar la media de una población con distribución normal y cuando el tamaño de la muestra es pequeño.

La tabla adjunta muestra la clasificación de la prueba t de student.

Tipo	Característica
Muestra única	Se utiliza la prueba t para una sola muestra cuando tienes una sola población de interés, por ejemplo, los alumnos varones del bachillerato A, y tienes una hipótesis (suposición) sobre una característica de esa población, digamos que interesa saber si la estatura promedio de los alumnos varones del bachillerato A es mayor que 1.60m.
Dos muestras independientes	La prueba t para dos muestras independientes se utiliza cuando existen dos poblaciones de las cuales interesa comparar la misma característica, por ejemplo, queremos saber si la estatura promedio de los alumnos varones del bachillerato A es menor que la de los alumnos del bachillerato B.
Dos muestras Pareadas	Finalmente, se utiliza una prueba t para muestras pareadas cuando nos interesa comparar una característica en una población, usando una sola muestra, pero en dos circunstancias distintas. Por ejemplo, supongamos que ahora nos interesa saber si el traje de baño de tipo 1 hace que los nadadores varones del bachillerato A sean más rápidos en el agua que el traje de baño de tipo 2.
<b>Tabla No. 5: Tipos y características de la prueba T de Student</b>	

### 1.11.1. Cálculo de la t de student

Los pasos a seguir son:

- a) Contrastar hipótesis en base a las diferencias

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

- b) El estadístico de contraste experimental “t” en forma general lo calculamos en base a la siguiente fórmula:

$$t = \frac{(x_1 - x_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{S_p^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Donde:

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Si nos basamos en la hipótesis nula el grado de libertad es  $gl = n_1 + n_2 - 2$ .

Se utilizará la T de student con un nivel de significancia de 0.05

### 1.11.2. Ganancia de Hake

El profesor Richard Hake de la universidad de Indiana analizó los resultados de 62 cursos de física con un total de 6542 estudiantes entre universitarios y secundarios. Lo aplico a pruebas estandarizadas como son el Halloun-Hestenes Mechanics Diagnostic y el Force Concept Inventory que miden el entendimiento conceptual más no las habilidades matemáticas en la resolución de problemas.

La ganancia normalizada de Hake es un parámetro que da cuenta de la evolución del aprendizaje del estudiante y evita el problema de comparar entre estudiantes que inician un curso mejor preparados que otros, además permite determinar si una metodología de enseñanza es eficiente respecto del conocimiento inicial del estudiante. Se define como la razón del aumento de una prueba preliminar (pre) y una prueba final (pos) respecto del máximo aumento posible [26].

$$g = \frac{\langle post \rangle - \langle pre \rangle}{1 - \langle pre \rangle} \geq 0$$

## **CAPÍTULO II**

### **METODO**

#### **2.1. Sujetos**

En la investigación, los sujetos de estudio fueron estudiantes de segundo ciclo de la carrera de sistemas de una universidad ecuatoriana. La edad de los estudiantes se encuentra entre los 18 y 22 años. El total de participantes fue de 10 estudiantes; 5 estudiantes del género femenino y 5 estudiantes del género masculino. Se tuvo la ayuda de un docente de la materia de física con la finalidad de mejorar la tarea instruccional mediante prueba de ensayo y error.

#### **2.2 Tarea instruccional y materiales**

El trabajo de investigación se lo realizó en dos intervenciones con sus respectivas tareas instruccionales con la finalidad de mejorar la intervención y obtener un mejor rendimiento académico de los estudiantes en el estudio de las leyes de Newton.

##### **2.2.1. Primera intervención**

###### **2.2.1.1. Sujetos en la primera intervención**

Los participantes en la primera intervención fueron 5 estudiantes universitarios de la carrera de sistemas con la ayuda de un catedrático de la materia de física. La edad de los jóvenes se encuentra entre los 18 y 22 años

###### **2.2.1.2. Tarea instruccional para la primera intervención**

Para este estudio la tarea instruccional que se seleccionó fue la unidad de leyes de Newton para emplearlo en una práctica de laboratorio computarizada. El prototipo consiste en un Kit de Mecánica y mediante una interfaz diseñada en LABVIEW se obtienen gráficas como posición y velocidad en función del tiempo. La revisión de la prueba de entrada – salida y de la utilización del prototipo fue de una hora y treinta minutos para el grupo de estudiantes.

### **2.2.1.3. Procedimiento a realizar en la primera intervención**

Durante la primera intervención se realizó las siguientes actividades:

- a) Entrega a los estudiantes la prueba de entrada (anexo # 1) que consiste de ocho preguntas acerca de las leyes de Newton con opciones múltiples. Además de una justificación escrita del porque escogió esa alternativa. Finalizada la prueba se tomó en cuenta las recomendaciones de los participantes para mejorar la prueba.
- b) Entrega al catedrático de la prueba de entrada – salida con el objetivo de acoger sus sugerencias en lo que tiene que ver a la estructura de las preguntas y posibles errores de semántica. De esta manera validamos y mejoramos la prueba.
- c) Entrega al catedrático del prototipo de la práctica de laboratorio computarizada junto con el plan de clases (anexo # 2) con el propósito de que realicen la practica siguiendo los lineamientos del manual de instrucciones del mismo (anexo # 3). De esta manera corregir posibles errores y validar la tarea instruccional.

### **2.2.2. Segunda intervención**

#### **2.2.2.1. Sujetos en la segunda intervención**

Los participantes en la segunda intervención fueron 10 estudiantes universitarios de la carrera de sistemas de una universidad ecuatoriana de distintos géneros y cuyas edades se encuentran entre los 18 y 22 años.

#### **2.2.2.2.Tarea instruccional para la segunda intervención**

Para este estudio la tarea instruccional que se seleccionó fue la unidad de leyes de Newton para emplearlo en una práctica de laboratorio computarizada. El prototipo consiste en un Kit de Mecánica y mediante una interfaz diseñada en LABVIEW se obtienen gráficas de posición y velocidad en función del tiempo. La tara instruccional ha sido mejorada en base a las sugerencias y recomendaciones por parte de los estudiantes y el docente que participaron en la primera intervención para su posterior aplicación al nuevo grupo de estudiantes.



### **2.2.2.3. Procedimiento a realizar en la segunda intervención**

Durante la segunda intervención se realizó las siguientes actividades:

- a) Entrega a los estudiantes la prueba de entrada que consiste de ocho preguntas acerca de las leyes de Newton con opciones múltiples, además de una justificación escrita del porque escogió esa alternativa. La prueba tiene una duración de 40 minutos con el propósito de conocer las concepciones alternativas de los participantes.
- b) Entrega a los estudiantes del Kit de mecánica, computadora, sensores de movimiento y tarjetas electrónicas diseñadas por el investigador junto con el respectivo manual de la práctica. Debido a que se trata de un prototipo los grupos de trabajo están conformados por dos estudiantes los cuales guiados por el investigador deben responder las actividades señaladas en el manual con una duración de dos horas.
- c) Entrega a los estudiantes la prueba de salida y comparar de manera individual estos resultados con los obtenidos en la prueba de entrada y analizar las mejoras en el cambio conceptual y rendimiento académico de los participantes.

## **2.3. Variables o categoría de análisis**

Las variables utilizadas en esta investigación son las siguientes:

Variable independiente: Uso de una práctica de laboratorio computarizada con aprendizaje constructivista.

Variable dependiente: Rendimiento académico de los estudiantes

## **2.4. Análisis de datos**

Para el análisis de datos se realizó una prueba estadística del rendimiento académico apoyado en la T pareada de Student y la ganancia de Hake, con nivel de significación de 0.05

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Estadística de la prueba t – student

Los sujetos de nuestro estudio son los mismos 10 estudiantes a los cuales se les evaluó tanto la prueba de entrada (pre-test) como la prueba de salida (post-test). Se utilizó la prueba t – student pareada ya que se está midiendo el rendimiento académico al mismo grupo (muestra) antes y después de aplicar la tarea instruccional.

La distribución de las notas es aproximadamente normal como lo indica la tabla 6.

Si nuestra hipótesis nula está dentro del intervalo de confianza debemos aceptarla, caso contrario debemos aceptar la hipótesis alternativa.

Hipótesis nula: No hay diferencia entre la media de la prueba de entrada y la media de la prueba de salida.

Hipótesis alternativa: La media de la prueba de salida es mayor que la media de la prueba de entrada, después de aplicar la práctica de laboratorio computarizada.

La siguiente tabla muestra las calificaciones obtenidas por los estudiantes (sobre 8 puntos) en el pre-test y post-test acerca de la prueba conceptual de leyes de Newton.

Alumno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PE	3	1	3	2	5	3	1	5	2	3
PS	6	5	7	5	6	7	5	7	5	6

**Tabla No. 6: Calificaciones de las pruebas de entrada (PE) y pruebas de salida (PS) clasificada por alumno.**

Las tablas 7 y 8 muestra parámetros estadísticos importantes como la calificación más alta, la más baja, la media, el rango y la desviación estándar para la prueba de entrada y salida. Cada pregunta tiene una ponderación de un punto.

Tabla No. 7: Prueba de Entrada (PE)					
Numero	C. Alta	C. Baja	Rango	Media	Desviación Estándar
10	5	1	4	2,8	1,39
<b>Tabla No. 7: Parámetros estadísticos de la prueba de entrada (PE).</b>					

Tabla No. 8: Prueba de Salida (PS)					
Numero	C. Alta	C. Baja	Rango	Media	Desviación Estándar
10	7	5	2	5,9	0,81
<b>Tabla No. 8: Parámetros estadísticos de la prueba de salida (PS).</b>					

La prueba estadística con un intervalo de confianza del 95 % ( $P = 0,005$  de significancia) muestra que el valor de las dos colas es inferior a 0,0001. El intervalo de confianza es:

$$-3,81 \leq t \leq -2,39$$

La muestra obtuvo:  $t = 9,85$  y un  $P = 6,79 \times 10^{-6}$

Por criterios convencionales, esta diferencia se considera que es estadísticamente significativa. Por tanto podemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa.

### 3.2. Estadística de la ganancia de Hake

La prueba T - student pareada muestra que modifíco los parámetros estadísticos de los sujetos de estudio rechazando la hipótesis nula. De manera general con la media y la desviación estándar de las pruebas podemos decir que aumentó el rendimiento académico.

Para completar nuestro análisis usaremos el factor de ganancia de Hake normalizado para obtener de manera cualitativa la mejora en el rendimiento académico de cada estudiante. La función que nos calcula el factor de ganancia de Hake es el siguiente:

$$g = \frac{\langle post \rangle - \langle pre \rangle}{8 - \langle pre \rangle} \geq 0$$

Alumno	PE	PS	G
1	3	6	0,6
2	1	5	0,6
3	3	7	0,8
4	2	5	0,5
5	5	6	0,3
6	3	7	0,8
7	1	5	0,6
8	5	7	0,7
9	2	5	0,5
10	3	6	0,6
M	2,8	5,9	0,6

**Tabla No. 9: Parámetros estadísticos de la prueba de entrada/salida y la ganancia de Hake.**

En la tabla se observa los diferentes valores de ganancia normalizada de Hake para cada estudiante con un valor medio de 0,6.

De manera general podemos hacer el siguiente análisis; los estudiantes 3 y 6 obtuvieron la máxima ganancia con un valor del 80%, el estudiante 8 también mejoró notablemente su rendimiento académico con una ganancia del 70%. Los estudiantes 1, 2, 7 y 10 aumentaron su nivel de conocimiento conceptual en un 60%. Los estudiantes 4 y 9 obtuvieron un incremento en su prueba del 50% y el estudiante 5 obtuvo la ganancia más baja con un 30% con respecto a su prueba de entrada.

### **3.3. Análisis de la prueba.**

La prueba diseñada que se encuentra en el anexo 1, consta de ocho preguntas conceptuales referente a las leyes de Newton. Cada una de ellas con opción múltiple y además teniendo que justificar el porqué de su respuesta. De esta forma podemos recopilar información valiosa de las concepciones alternativas.

Cada una de las gráficas a continuación muestra el antes (PE) y el después (PS) de aplicar la práctica de laboratorio así como algunas de las justificaciones más relevantes de los estudiantes con relación a la prueba de entrada.

### Pregunta # 1

La primera pregunta hace referencia al concepto de fuerza. El motivo de esta pregunta radica en que por su mal uso a diario va perdiendo con el tiempo el significado físico correcto.

Las respuestas seleccionadas por los participantes se encuentran en la gráfica 6.

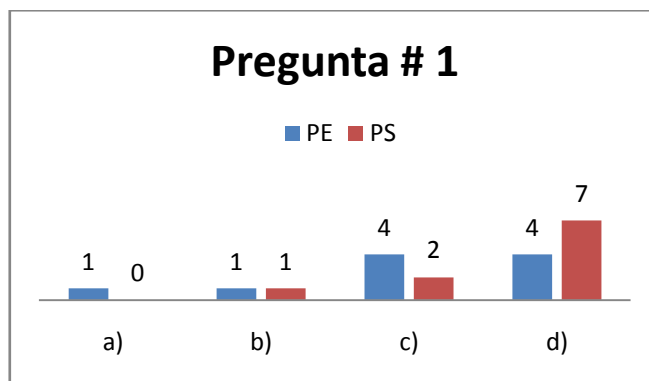


Figura No. 6: Respuestas de los participantes respecto a la primera pregunta

Notamos que el porcentaje de eficiencia antes y después de aplicar la instrucción se incremento de un 40% a un 70%. La respuesta de la pregunta es la opción d) y las justificaciones más relevantes de los estudiantes fueron:

*“la a) porque para mí, para que un objeto tenga movimiento tiene que tener una presión o una fuerza”*

*“para mí la c), porque si nos acordamos de la definición fuerza es igual a masa por aceleración”.*

*“creo que d) porque en la fórmula de fuerza tenemos masa por aceleración y dice cualquier influencia tendiente a acelerar los cuerpos. La aceleración es un cambio de velocidad”.*

### Pregunta # 2

La pregunta hace referencia a la importancia del diagrama de cuerpo libre. El motivo de esta pregunta es porque existen muchas falencias en los estudiantes al representar gráficamente las interacciones del objeto con el entorno.

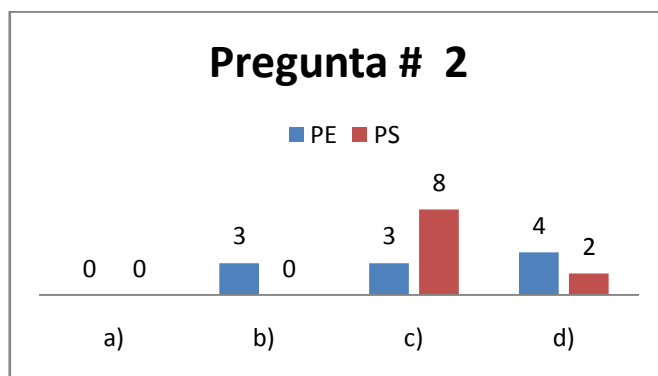


Figura No. 7: Respuestas de los participantes respecto a la segunda pregunta

Hubo un incremento en la eficiencia de los estudiantes pasando de un 30% al 80%. La respuesta de la pregunta es la opción c) y las justificaciones más relevantes de los estudiantes fueron:

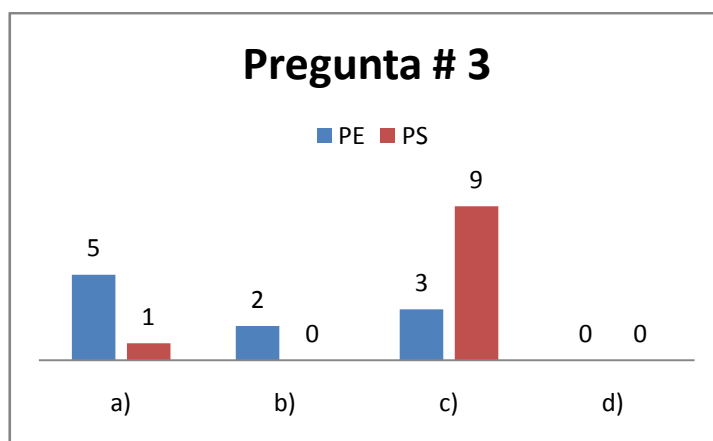
*“Es b), al bloque se le aplica la  $F$  para que no se caiga y la fuerza del plano inclinado”*

*“la c), existen el peso, la fuerza de la cuña y la fuerza del hombre  $F$ ”*

*“La d) porque en la fórmula de fuerza tenemos masa por aceleración y dice cualquier influencia tendiente a acelerar los cuerpos. La aceleración es un cambio de velocidad”.*

### Pregunta # 3

La pregunta hace referencia al movimiento por un plano inclinado liso. El motivo de esta pregunta es porque creen que la aceleración va a depender de la masa del objeto o de la velocidad del impulso inicial.



**Figura No. 8: Respuestas de los participantes respecto a la tercera pregunta**

Notamos un incremento en la eficiencia del 60% para esta pregunta cuya respuesta es la c). A continuación el porqué de sus respuestas:

*“la esfera con menos masa viajará con mayor aceleración marco la a)”*

*“creo que la c), no importa la masa ya que la aceleración de la gravedad es la misma”*

### Pregunta # 4

La pregunta hace referencia a la segunda ley de Newton. El motivo de esta pregunta radica en que como la aceleración puede ir en contra del movimiento, se piensa de manera errónea que también puede ir en dirección opuesta a la fuerza neta.

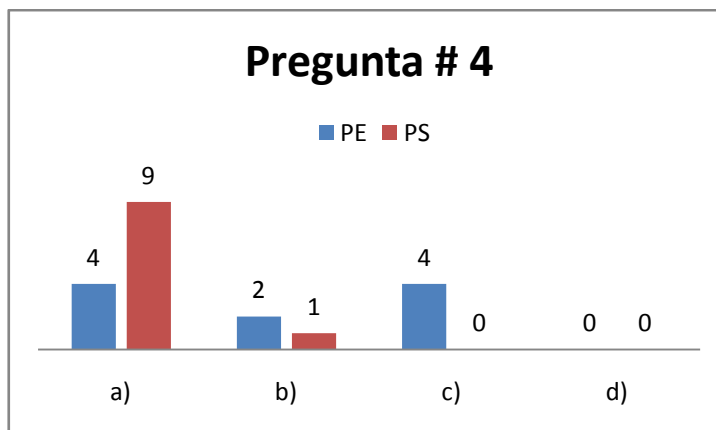


Figura No. 9: Respuestas de los participantes respecto a la cuarta pregunta

La respuesta de este tema es la a) y observamos un incremento significativo del 40% al 90%. Los justificativos de algunos estudiantes fueron:

*“la a, si el movimiento es hacia la derecha la aceleración también”*

*“la c, solo puedo asegurar que viaja a la derecha porque la fuerza total es para allá”*

*“b, como hay fricción tiene que ir desacelerado y su aceleración es a la izquierda”*

#### Pregunta # 5

Esta pregunta hace referencia al cálculo de la fuerza resultante. El motivo de elaborar esta pregunta es porque muchos alumnos confunden la definición real de aceleración con la que se le explica previamente en cinemática.

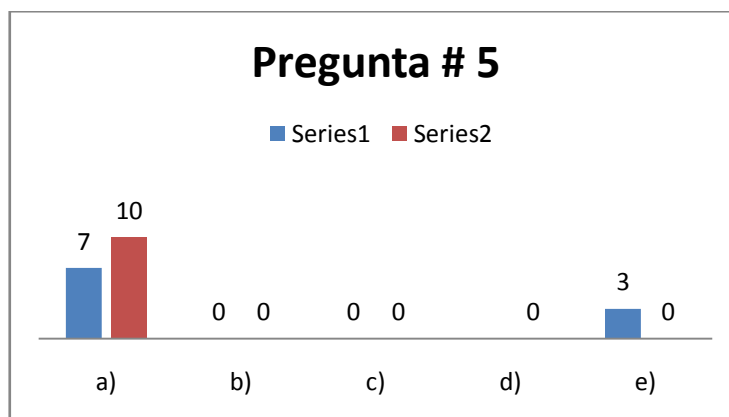


Figura No. 10: Respuestas de los participantes respecto a la quinta pregunta

Al parecer a todos los estudiantes les quedó claro está pregunta al marcar correctamente la opción a). Los comentarios de algunos de ellos son los siguientes:

*“para calcular la fuerza neta me falta la fuerza  $F$  la respuesta es e)”*

*“solo depende de la masa y la aceleración para mí a)”*

#### Pregunta # 6

Esta pregunta hace referencia a un sistema de dos objetos con polea móvil. El motivo de este tema radica en que no se habla mucho acerca de este tipo de sistemas en donde el movimiento es dependiente uno del otro pero tienen diferente aceleración.

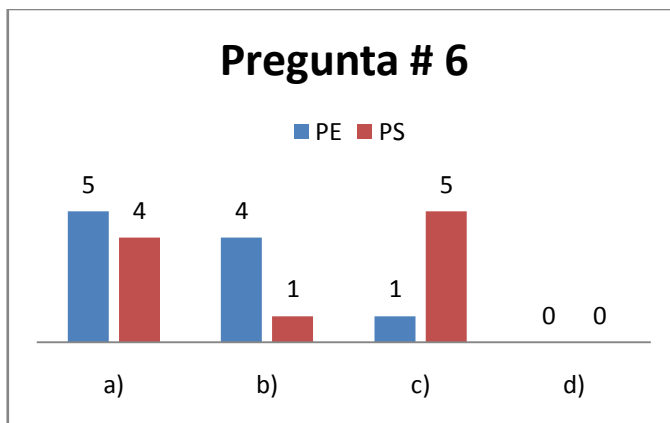


Figura No. 11: Respuestas de los participantes respecto a la sexta pregunta

En esta pregunta los jóvenes supieron manifestar que en sus colegios no analizaron este tipo de ejercicios. Las respuestas las marcaron por simple intuición. Se observa que la eficiencia se mantiene en un 50%. El justificativo de todos ellos es que:

*“en mi colegio no resolvimos esta clase de ejercicios”*

#### Pregunta # 7

Esta pregunta tiene que ver con la anterior y el motivo es debido a que en los colegios la mayoría de los ejercicios son con objetos unidos por la misma cuerda dándole a ellos la misma aceleración. Tratamos de ver como ellos de manera razonada podrían resolver un sistema con diferentes aceleraciones.

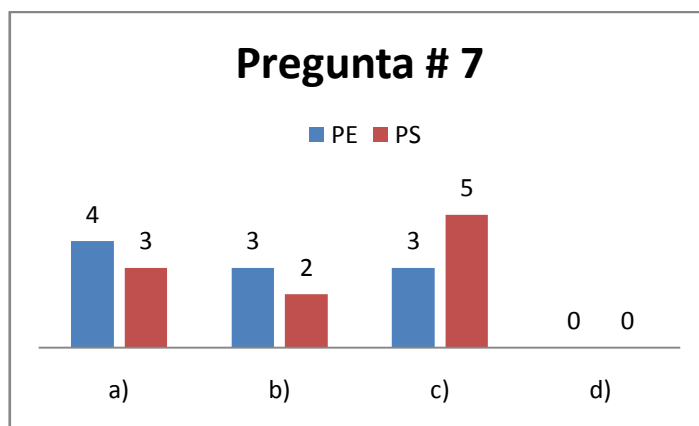


Figura No. 12: Respuestas de los participantes respecto a la séptima pregunta

En este tema la respuesta correcta es la c) y notamos un incremento solo del 20% por parte de los estudiantes. Sus justificaciones son las siguientes:

*“la verdad yo solo marque por marcar”*

*“al viajar el carro hacia arriba lo hace el bloque hacia abajo al mismo tiempo y marque la a) porque llevan igual aceleración”*

*“creo que la c) porque el carro es subido debido al movimiento de la polea y el bloque”*



Pregunta # 8

También esta pregunta tiene que ver con el tema 6. El motivo de este tema trata de la inconexión que existe entre las ecuaciones y la lógica del estudiante al enfrentarse a la experimentación.

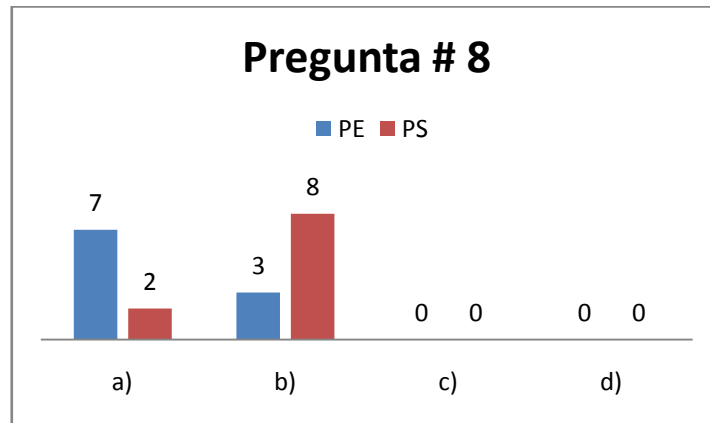


Figura No. 13: Respuestas de los participantes respecto a la optaba pregunta

Apreciamos un notable incremento en el rendimiento de los estudiantes al obtener un incremento del 50%. La respuesta correcta es la b). El comentario general de los estudiantes fue:

*“la aceleración depende de las masas así que debe cambiar”*

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Primeramente haré hincapié a las ideas previas que surgieron de los resultados de la prueba de entrada. Estos datos son valiosos, ya que brinda al docente la información de las concepciones alternativas que tienen los estudiantes y la manera como aplicar su estrategia, plan de clases para disminuir los errores conceptuales.

El concepto de fuerza no parece estar claro en un 70% de los estudiantes, esto queda evidenciado en los resultados de la prueba de entrada (grafica # 6). Tratan de conceptualizar la fuerza por medio de las matemáticas al decir que este se define como el producto de la masa del objeto y la aceleración que posee. Esto puede llevar a otro error como por ejemplo, decir que si el objeto está en reposo, sobre él no actúan fuerzas.

Se debe tener cuidado al realizar el diagrama de cuerpo libre. El joven al dibujar las fuerzas sobre un bloque que descansa sobre un plano inclinado piensa que la normal y la fricción son fuerzas de origen diferente. Esto queda evidenciado por un pobre 30% de efectividad (gráfica # 7). Además persisten ciertas ideas aristotélicas, por ejemplo al pensar que la fuerza debe estar en la dirección del movimiento como lo muestra la gráfica 9 con un 40% de estudiantes que marcaron la respuesta correcta en la prueba de entrada.

Las tres últimas preguntas tratan acerca de lo que comúnmente en los textos llaman movimiento dependiente (objetos que forman parte de un sistema pero llevan distinta aceleración). Es preocupante saber que en general los docentes no abordan este tipo de problemas donde intervienen poleas móviles y por ende los jóvenes no aprenden lo que se llama ventaja mecánica.

Con respecto a la variable dependiente podemos decir que, luego de aplicar la práctica de laboratorio utilizando el constructivismo se observa un incremento significativo en el rendimiento de los estudiantes. Esto lo muestra el resultado de la prueba T – student pareada el cual rechaza la hipótesis nula. La media ha pasado de 2,8 para la prueba de entrada a 5,9 para la prueba de salida con un 60% de ganancia de Hake. (Tabla # 9)

Durante la práctica se notó en los estudiantes una especial motivación, ya que supieron manifestar que en los laboratorios de sus colegios solo hacían las mediciones sin la ayuda de un computador ni interface electrónica para recopilación de datos.

Con esto no se quiere decir que mientras más tecnología se tenga a la mano en un laboratorio de ciencias mejor es el rendimiento académico. Independiente de la estrategia pedagógica lo importante es que exista un cambio conceptual, y de esta manera disminuir las concepciones alternativas.

Recomiendo que al realizar su plan de clases y actividades a realizar en el periodo lectivo no se lo haga en base a contenido, sino a objetivos. También debemos diseñar pruebas escritas que nos ayuden a identificar las concepciones alternativas y no las típicas pruebas que solo fomentan la memorización de las ecuaciones.

Si vamos a trabajar con algún software & componente electrónico procuremos que sea lo más simple posible de recopilar datos ya que en vez de motivar podría causar en el alumno estrés al tratar de entender su funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Carrascosa Jaime, “El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte 1). Análisis sobre las causas que lo originan y/o mantienen”, España, 2005. pp 192
- [2] Martínez Salazar José Ángel, “Los experimentos docentes en la enseñanza de la física del nivel medio superior”, México, 2004, pp 5
- [3] Aguilar Susana; Maturano Carla y Nuñez Graciela, “Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes universitarios”, Argentina, 2007, pp 692
- [4] Carretero Mario, “Construir y enseñar las ciencias experimentales”, Argentina 1997, pp 6
- [5] Mahmud Mirna; Gutiérrez Oscar, “Estrategia de enseñanza basada en el cambio conceptual para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias para la transformación de ideas previas en el aprendizaje de las ciencias”, Venezuela, 2010, pp 12
- [6] Bello Silvia, “Ideas previas y cambio conceptual”, México, 2004, pp 61.
- [7] Martínez Fernández J. Reinaldo, “Concepción de aprendizaje, meta cognición y cambio conceptual en estudiantes universitarios de psicología”, España, 1999, pp 48
- [8] Barón Leonardo Francisco, “Introducción al estudio del cambio conceptual”, Argentina, 2009, pp 76
- [9] Marco Antonio Moreira, “Aprendizaje significativo: Un concepto subyacente”, Brasil, 1997, pp 2
- [10] Ricardo Chrobak, “Enseñanza de la Física y teoría cognitiva del aprendizaje significativo”, Argentina, 1997
- [11] Clifton B. Chadwick “La psicología de aprendizaje del enfoque constructivista”, Mexico, 2001, pp 112
- [12] Herrera Capita Angela Maria, “El constructivismo en el aula”, España, 2009, pp 5
- [13] Hernández Requena Stefany, “El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje”, España, 2008, pp 27

- [14] Serrano Gonzales Jose Manuel; Pons Parra Rosa Maria, “El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación”, España, 2011, pp 4 - 9
- [15] Chávez Neira Betzabeth, “Estrategias para el desarrollo de la inteligencia emocional en los niños pre-escolares”, México, 2010, pp 11
- [16] Aprendizajes sin límites: constructivismos, primera edición, Alfaomega, pp 17
- [17] <http://www.nicaraguaeduca.edu.ni/metodologia/1391-enfoque-constructivista->
- [18] Gómez Bernardo, “Tecnología informática en el aula de física”, Colombia, 1998, pp 262
- [19] Paulo Ricardo Da silva Rosa, “O uso de computadores no ensino de física”, Brasil, 1995, pp 183,184
- [20]. Moreira Marco Antonio; Caballero Sahelices Maria Condesa; Flores Julia, “El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión en este complejo ambiente de aprendizaje”, Brasil, 2009, pp 80-81, 84
- [21] Raymond A. Serway, física, tomo 1, cuarta edición, McGrawHill, pp. 106, 108 – 109
- [22] Carlos I. Calle, Einstein para Dummies, Norma, pp. 172
- [23] Sears Zemansky, física universitaria, volumen 1, Pearson, pp 115-117
- [24] Paul G. Hewitt, física conceptual, decima edición, Pearson, pp. 77-78
- [25] R.C. Hibbeler, dinámica, séptima edición, Pearson, pp. 71
- [26] Luis H. Barbosa; Cesar E. Mora; Paco H. Talero; José O. Organista, “El Soplador mágico: un experimento discrepante en el aprendizaje de la ley de presión hidrodinámica de Bernoulli”, Colombia, 2011, pp 6

ANEXO 1  
PRUEBA DE ENTRADA

Nombre: \_\_\_\_\_ fecha: \_\_\_\_\_  
Instructor: \_\_\_\_\_

**Preguntas Generales de leyes de Newton**

**Pregunta 1**

Fuerza es.....

- a) La presión que se aplica a los cuerpos para moverlos.
- b) la energía que se necesita para mover los objetos.
- c) El producto de la aceleración con su cantidad de masa
- d) Cualquier influencia tendiente a acelerar a los cuerpos.

¿Por qué escogió esa alternativa?

---

---

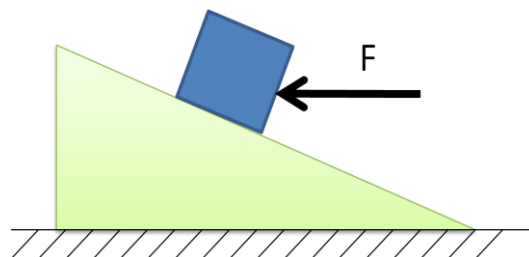
---

**Pregunta 2**

Un bloque de masa  $M$  permanece en reposo sobre un plano inclinado rugoso.

¿Cuál de las siguientes opciones indica la cantidad de fuerzas que actúan sobre el bloque?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4



Dependiendo de la opción que ha escogido

¿Podría describir cuales son los cuerpos que interactúan con el bloque, especificando el nombre de la fuerza en cada una de ellas?

---

---

---

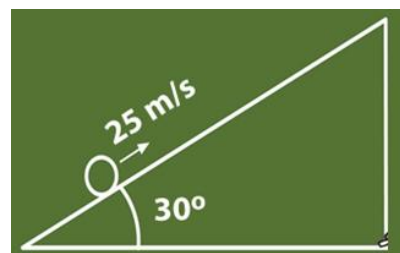
**Pregunta 3**

En la imagen se muestra un plano inclinado liso. De la parte baja se lanza una esfera **A** de 0.25 kg con una velocidad inicial de 25 m/s. Luego se lanza otra esfera **B** de 1 kg, también desde la parte baja del plano proporcionándole una mayor velocidad inicial de 55 m/s.

1. ¿Cuál de las opciones es correcta con relación a la aceleración de las esferas?

- a) La aceleración de la esfera A es mayor
- b) La aceleración de la esfera B es mayor
- c) La aceleración de ambas esferas es la misma
- d) No es posible determinar cuál de las dos esferas tiene mayor o menor aceleración.

¿Por qué escogió esa alternativa?



---

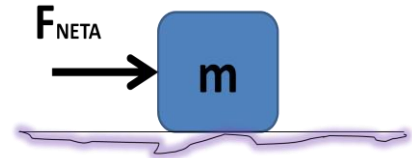
---

---

**Pregunta 4**

En la imagen se muestra un bloque de 2 kg desplazándose en una pista horizontal que presenta rugosidad. Además le indican que la fuerza resultante que actúa en el bloque se dirige hacia la derecha. ¿Cuál de las siguientes opciones es correcta con relación al movimiento del bloque?

- a) Su aceleración necesariamente es hacia la derecha
- b) Su aceleración puede estar dirigido a la izquierda
- c) El bloque necesariamente se mueve a la derecha
- d) El bloque necesariamente se mueve a la izquierda



¿Por qué escogió esa alternativa?

---

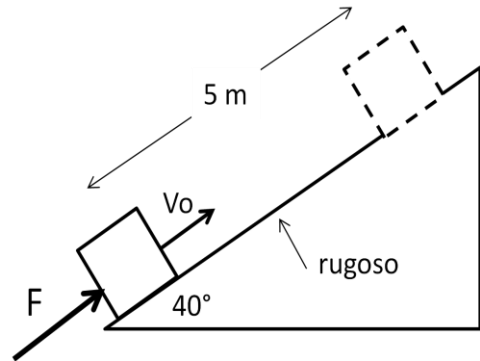
---

---

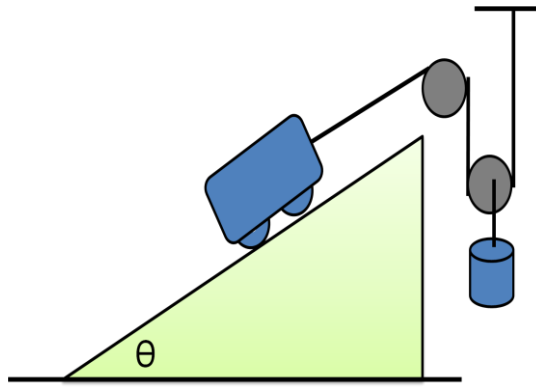
**Pregunta 5**

Un bloque de 5kg parte desde la base de un plano inclinado con una rapidez de 3m/s debido a una fuerza F paralela al plano inclinado provocándole una aceleración de  $4 \text{ m/s}^2$ . La superficie es rugosa ( $\mu_k = 0.6$ ) y forma un ángulo de  $40^\circ$  con la horizontal. Calcular la fuerza resultante a la que está sujeta el bloque

- a) 20 N
- b) 100 N
- c) 10 N
- d) 15 N
- e) Falta el valor de la fuerza F

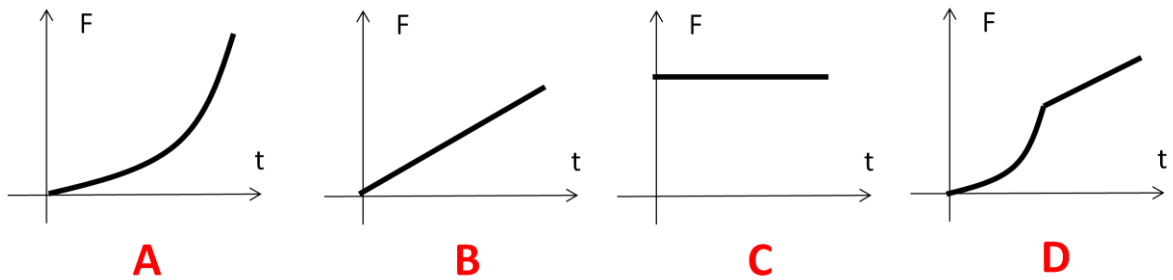


Las siguientes preguntas guardan relación con la imagen mostrada. (Desprecie el rozamiento en todas las superficies)



**Pregunta 6**

Al registrar los datos de la posición en función del tiempo ¿Cuál de los gráficos esperaría obtener de la práctica con respecto a la fuerza neta en el carrito?



¿Por qué escogió esa alternativa?

---

---

---

**Problema 7**

¿Cuál de las opciones representa mejor la relación de la aceleración actuando sobre los objetos?  
ac: aceleración en el carrito; ab: aceleración en el bloque. (Masa del carro es mayor que la del bloque)

a)  $a_c = a_b$

b)  $a_c = a_b/2$

c)  $a_c = 2a_b$

¿Por qué escogió esa alternativa?

---

---

---

**Problema 8**

¿Cree usted que la respuesta del problema anterior se modifica si la masa del bloque es mayor que la del carrito? Si no es así cual opción escogería.

a) Si

b) No

---

---

---



## ANEXO 2

### **PRACTICA DE LABORATORIO DE FÍSICA** “Comprendiendo las Leyes del movimiento de Newton”

#### **PLAN DE CLASE**

**Fecha:**

**Duración:** 120 minutos

**Instructor:**

**Lugar:**

**Materia:** Física

**Nivel:** 200

**Unidad:** Leyes del movimiento de Newton

**Título de la clase:** Leyes de Newton.

**Audiencia:** Estudiantes que están cursando la materia de Física en una universidad ecuatoriana.

**Prerrequisitos:** el estudiante debe dominar los siguientes puntos  
Cinemática y dinámica en una dimensión  
Teoría de errores (incertidumbre)

**Meta instruccional:** El estudiante será capaz de  
Lograr el cambio conceptual en el tema de leyes de Newton

**Objetivos instruccionales:**

- Analizar el movimiento en forma grafica usando el programa Labview 9.0 para disminuir las concepciones alternativas en el tema de leyes de Newton.
- Comprobar el movimiento de un arreglo de poleas fija y móvil comparando los resultados experimentales con los obtenidos mediante el análisis teórico.

**Teoría:** Constructivismo

Desde el punto de vista educativo la filosofía constructivista se podría decir que es:  
*"una postura que entiende al conocimiento humano como un proceso de construcción cognitiva llevada a cabo por los individuos que tratan de comprender el mundo que los rodea".*

**Método:** Una práctica de laboratorio computarizada utilizando el enfoque de Piaget.

**Recursos:**

Para la práctica experimental se necesita los siguientes componentes: kit de mecánica que contiene plano inclinado, soportes, poleas, carrito experimental, masas. Computadora, tarjeta electrónica, sensores de movimiento, baterías y pilas.

**Procedimiento:**

1. *Conocimiento previo:*  
El trabajo en el laboratorio se inicia con la entrega de una “prueba de entrada” escrita a los estudiantes, elaborado por el profesor, para recabar las concepciones alternativas.
2. *Objetivos de la clase:*  
Presentados en la pizarra.
3. *Explicación previa:*  
El profesor explica la metodología que se aplicará para la práctica experimental.
4. *Practica de laboratorio:*  
Se entrega la tarea instruccional elaborado por el profesor.
5. *Asignación de actividad:*  
El profesor designa por mesa de trabajo dos estudiantes que realizaran la práctica siguiendo los pasos de la tarea instruccional.
6. *Finalizar la práctica:*  
Entrega de los resultados de la práctica experimental
7. *Prueba final:*  
El profesor entrega de forma escrita la prueba final.

**Evaluación:**

La evaluación consiste en dos partes. La primera, tiene que ver con las respuestas que el estudiante obtuvo de su práctica. La segunda, consiste en los resultados de la “prueba final”

**Referencia Bibliográfica**

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes\\_de\\_Newton](http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Newton)
- <http://www.wiziq.com/tutorial/67346-El-Informe-de-Laboratorio-de-F-237-sica>
- Guía de laboratorio de Física de la ESPOL

ANEXO # 3

**PRACTICA DE LABORATORIO DE FÍSICA**  
**COMPRENDIENDO LAS LEYES DE NEWTON**

**Estudiante:** ..... **Paralelo:** .....

**OBJETIVOS**

- Analizar el movimiento en forma grafica usando el programa Labview 9.0 para disminuir las concepciones alternativas en el tema de leyes de Newton.
- Comprobar el movimiento de un arreglo de poleas fija y móvil comparando los resultados experimentales con los obtenidos mediante el análisis teórico.

**PARTE TEÓRICA**

**Introducción**

Las leyes del movimiento de Newton, son tres principios a partir de los cuales se explican la mayor parte de los problemas planteados por la dinámica. La relevancia de estas leyes es tal que constituye la base de la mecánica clásica y junto con la ley de la gravitación universal se pueden explicar el movimiento de los planetas y estrellas.

**Fundamento teórico**

La primera ley de Newton, conocida como ley de la inercia establece que si las fuerzas (interacciones) se cancelan, un cuerpo en movimiento seguirá en movimiento y un objeto en reposo seguirá en reposo.

La segunda ley de Newton, conocida como ley de la aceleración afirma que la aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a las fuerzas que los otros objetos le aplican e inversamente proporcional a su cantidad de inercia (masa).

Su estructura matemática es la siguiente:

$$a = \frac{\sum F}{m} = \frac{\text{fuerza resultante}}{\text{masa}}$$

La tercera ley de Newton, conocida como ley de acción – reacción sostiene que las fuerzas siempre vienen en parejas, en otras palabras si aplicamos una fuerza a un cuerpo, este también nos aplica a nosotros una fuerza de igual magnitud y en dirección opuesta.

Pocas son las prácticas en las que se analizan los sistemas donde se involucran poleas móviles, y son de tal importancia que nos ofrece ventaja mecánica, ya que al aplicar fuerza en una polea móvil se podría levantar un cuerpo con una fuerza igual a la mitad del peso del objeto (ver imagen 1). Su aplicación básica se la observa en las construcciones civiles.

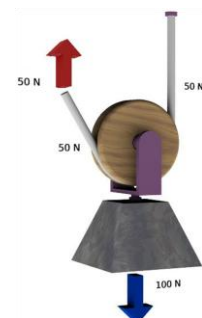


Imagen 1  
ESPOL

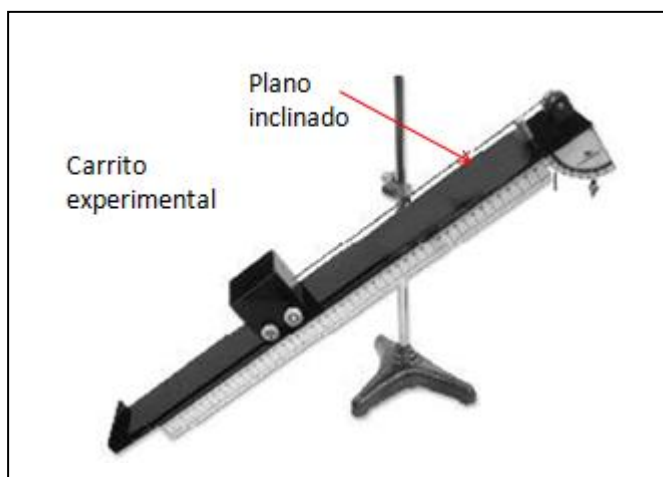
## PARTE EXPERIMENTAL

### Materiales y Equipos

- Soportes
- Plano inclinado con ángulo variable
- Masas de diferentes pesos (gramos)
- Polea fija y móvil
- Carrito experimental
- Computadora /interfaz con Labview
- Batería de 9 V
- Pila de 1.5 V
- Sensor de movimiento
- Tarjeta electrónica marca ESARD

### PROCEDIMIENTO

1. Guiado por el profesor, arme el equipo como se muestra en la siguiente imagen.



2. Abra el documento titulado: Labview/Newton.  
La interfaz debe mostrar las ventanas para los gráficos  $x-t$  (posición - tiempo),  $v - t$  (velocidad - tiempo) y  $a - t$  (aceleración - tiempo).
3. De la parte superior del plano inclinado suelte el carrito para que ruede libremente.  
El sensor de movimiento ubicado en el carrito emite una señal que es procesada y se muestra las graficas de movimiento en el programa.
4. Coloque en el carrito la masa 1 y repita el paso 2.
5. Coloque en el carrito la masa 2 (sin quitar la masa 1) y repita el paso 2.
6. Llene la tabla 1 con los resultados obtenidos.

	Masa (g)	Aceleración ( $m/s^2$ )
Carrito		
Carrito + masa 1		
Carrito + masa 1+ masa 2		

7. Conteste las siguientes preguntas.

- a) Realice el procedimiento respectivo para encontrar la ecuación de la aceleración del carrito.

- b) Al incrementar la masa del carrito. Explique lo que sucede con la aceleración.

---

---

- c) Si de la parte baja del plano inclinado se le diera una velocidad inicial al carrito. ¿el resultado de la aceleración habría cambiado? Explique.

---

---

- d) Según los resultados experimentales ¿la dirección de la aceleración guarda relación directa con la fuerza resultante o con la dirección de movimiento?

---

---

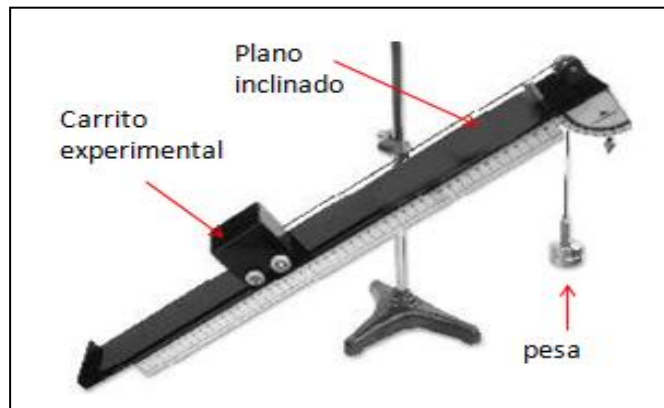
- e) Por lo general, el valor teórico difiere del valor experimental. Para esta práctica ¿Cuáles son los factores del porque esto ocurre?

---

---

- f) Calcular la aceleración con su incertidumbre y su error relativo porcentual.

8. Guiado por el profesor arme el equipo como se muestra en la imagen 3.



9. De la parte inferior del plano inclinado suelte el carrito.

Los sensores de movimiento emiten una señal que es procesada y se muestran las graficas de movimiento en el programa tanto para el carrito como para la masa 2.

10. Realice el análisis teórico respectivo para calcular la aceleración de la masa y del carrito.

11. Llene la tabla 2 con los resultados obtenidos.

	Aceleración teórica ( $m/s^2$ )	Aceleración experimental ( $m/s^2$ )
Carrito		
Masa		

12. Conteste las siguientes preguntas

g) ¿Cuál es la relación de las aceleraciones del carrito y de la masa 2?

---

---

---

h) Si colocamos la masa 1 para que el carrito ruede desde la parte superior del plano inclinado. ¿Cambia la relación de aceleraciones? Explique.

---

---

---

### RECOMENDACIONES

---

---

---

---

### CONCLUSIONES

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- [http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes\\_de\\_Newton](http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Newton)
- <http://www.wiziq.com/tutorial/67346-El-Informe-de-Laboratorio-de-F-237-sica>
- Guía de laboratorio de Física de la ESPOL

