

LOS DIAGRAMAS DE FUERZA COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL  
EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LAS LEYES DE NEWTON  
BAJO UN ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA  
ESTUDIO DE CASO PARA IX GRADO DEL COLEGIO  
GIMNASIO LOS CEDROS EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN

FERMÍN ÁLVAREZ MACEA

Informe de Práctica Docente como modalidad de Trabajo Final  
como requisito parcial para optar al Grado de Magister  
en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director: M. Sc Roberto Restrepo Aguilar

Medellín  
Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias  
Noviembre de 2011

## **DEDICATORIAS**

En primera instancia a mi DIOS por escuchar mis peticiones y darme fortaleza en mi vida, además a todos mis familiares en especial a mi madre Aida Rosa Macea y a mi padre Fausto Álvarez Galindo y amigos que de forma directa e indirecta me han apoyado en el trasegar de los días, aportando con sus consejos para mi crecimiento personal y profesional.

También mi dedicatoria va a mi pueblo natal, Caucasia que a cada momento necesita de mis coterráneos en el campo intelectual para su desarrollo regional y bienestar de sus habitantes.

## AGRADECIMIENTOS

En el devenir de los días y en cada momento que transcurre en nuestra vida, existen actividades y trabajos que implican dedicación, esfuerzo y sacrificio para su elaboración, y de esta forma alcanzar los objetivos propuestos.

Quiero agradecer a aquellas personas que aportaron en forma intelectual y afectiva al desarrollo de este trabajo de grado de Maestría. En primer al profesor Roberto Restrepo Aguilar que a pesar de sus múltiples ocupaciones como director de la Escuela de Física de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, estuvo siempre atento a dar las directrices para que esta propuesta saliera adelante. También extendo mi agradecimiento al gran maestro y persona M. Sc. Diego Luis Aristizábal Ramírez, por su acompañamiento, sugerencias oportunas y acertadas en la contribución de este trabajo arduo y satisfactorio, como producto intelectual en el campo educativo.

Mis agradecimientos van dirigidos también al Colegio Gimnasio Los Cedros y en especial a las estudiantes de los grados novenos, por permitir un buen desarrollo de las actividades propuestas tanto en la aplicación del test Force Concept Inventory, como las diferentes actividades didácticas desarrolladas en las aulas de clases, del mismo modo a la rectora, Lina Beatriz Mejía Fernández, por depositar su confianza en mi labor como docente y posibilitar los espacios y las diferentes alternativas que me brindó para llevar a cabo las aplicaciones de mi trabajo de grado de maestría.

También mis agradecimientos para mis familiares, amigos y compañeros de la maestría que con sus palabras de aliento y actitud positiva en determinados momentos difíciles de mi vida y relacionados con los estudios de maestría, siempre han estado como fuertes pilares como los son: Álvaro Franco Peña, el cual ha sido un referente de formación y consejero en mi vida personal y profesional, a mi primo Carlos Andrés Álvarez Tejada, por su apoyo incondicional y colaboración en mis quehaceres como docente.

No obstante, mis agradecimientos también van orientados aquellos excelentes docentes y monitores de la Escuela de Física y de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, debido a su entrega, hospitalidad, disposición y por todas aquellas herramientas didácticas que aportaron a mi formación en los estudios de la maestría.

## RESUMEN

Diversos estudios entre ellos Bracikowski, Celemin [1], revelan la existencia de dificultades en la aplicación de las leyes Newton, tales como la elaboración de diagramas de fuerzas, utilizados en la resolución de problemas de mecánica y además la existencia de preconceptos que dificultan el aprendizaje por parte de los estudiantes.

En este orden de ideas, es importante en el estudio de la física, darle relevancia a las representaciones mentales y su caracterización, como por ejemplo los diagramas de cuerpo libre, porque ayudan a la comprensión, en este caso de las leyes de Newton.

Esta práctica docente comienza realizando una exploración de los preconceptos de la mecánica Newtoniana que tenían las estudiantes de noveno grado del Colegio Gimnasio Los Cedros, para lo cual se aplicó como pre-test el Force Concept Inventory (FCI), Anexo 1. Luego se procedió a aplicar un protocolo metodológico donde el referente de aprendizaje fue el constructivismo de Ausubel con las siguientes actividades: diseño, implementación y aplicación de talleres basados en situaciones físicas reales y en donde la elaboración de los diagramas de fuerza es el eje central (ejemplo, Apéndice 1), y elaboración de mapas conceptuales (ejemplos en los anexos 2, 3, 4 y 5). Al final se aplicó de nuevo el FCI como pos-test permitiendo estimar la denominada ganancia de aprendizaje de Hake.

Los resultados obtenidos mostraron que usando una metodología en donde se emplean los diagramas de fuerza como elemento fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las leyes de Newton bajo un enfoque constructivista, favoreció un aprendizaje significativo de éstas leyes.

Adicionalmente se evidenció que las estudiantes con la metodología aplicada participaron muy activamente, con una posición crítica, actitud, con cuestionamiento y análisis reflexivo acerca de la resolución de problemas que se abordan desde la física, en este caso sobre las leyes de Newton, mejorando la parte conceptual en las temáticas concernientes a la mecánica clásica.

### **Descriptorios (o palabras claves):**

Diagramas de Fuerza, Leyes de Newton, Constructivismo, Aprendizaje Significativo, Force Concept Inventory (FCI).

## ABSTRACT

Several studies including Bracikowski, Celemin [1], reveal the existence of difficulties in the application of Newton laws, such as charting of forces used in solving mechanical problems and also the existence of preconceptions that hinder learning by students. In this vein, it is important in the study of physics, giving relevance to mental representations and their characterization, such as free-body diagrams, because they help understanding, in this case Newton's laws. This begins teaching practice carrying out a scan of the preconceptions of Newtonian mechanics who had the ninth-grade students of the College Gym Los Cedros, for which pre-test was applied as the Force Concept Inventory (FCI), Annex 1. Then we applied a methodological protocol where the benchmark was the constructivism learning Ausubel the following activities: design, implementation and enforcement of workshops based on real physical situations where the development of diagrams is the central force (example, Appendix 1), and concept mapping (examples in Annexes 2, 3, 4 and 5). At the end again was applied as post-test FCI estimate allowing learning called Hake gain. The results showed that using a methodology where the diagrams are used as a fundamental force in teaching and learning of Newton's laws under a constructivist approach, favored a significant learning of these laws. Additionally, the students showed that the methodology applied very involved, with a critical, self-paced approach, with questioning and reflective analysis on the resolution of problems that are addressed from physics, in this case on Newton's laws, improving the conceptual issues concerning the classical mechanics.

## Tabla de contenido

DEDICATORIAS .....	I
AGRADECIMIENTOS .....	II
ABSTRACT .....	IV
INTRODUCCIÓN .....	1
1. MARCO TEÓRICO .....	3
1.1 Fundamentos teóricos .....	3
1.1.1 Teorías de aprendizaje .....	3
1.1.2 El FCI (force Concept Inventory) .....	10
1.1.3 El factor de Hake .....	10
1.1.4 Los mapas conceptuales .....	11
1.1.5 Las leyes de Newton .....	13
1.1.6 Los diagramas de Fuerza .....	13
1.2 Antecedentes .....	13
2. METODOLOGÍA .....	15
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	18
3.1 Análisis Cuantitativo .....	18
3.2 Análisis cualitativo .....	20
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	22
6. ANEXOS .....	26

## LISTA DE GRÁFICAS Y TABLAS

Tabla 1. Clasificación preguntas del FCI .....	16
Tabla 2. Ganancia del índice de Hake del grado 9A.....	18
Tabla 3. Ganancia del índice de Hake del grado 9B.....	19
Tabla 4. Índice de Hake de otras instituciones .....	20
<b>Gráfica 1.</b> Comparación entre el pre y pos-test del grado 9A.....	18
<b>Gráfica 2.</b> Comparación entre el pre y pos-test del grupo 9B.....	19

## INFORMACIÓN GENERAL

**Título de la propuesta:**

LOS DIAGRAMAS DE FUERZA COMO ELEMENTO FUNDAMENTAL EN LA ENSEÑANZA-  
APRENDIZAJE DE LAS LEYES DE NEWTON BAJO UN ENFOQUE CONSTRUCTIVISTA -CASO DE  
ESTUDIO PARA IX GRADO DEL COLEGIO GIMNASIO DE LOS CEDROS

**Autor:** Fermín Álvarez Macea

**Asesor:** M. Sc Roberto Restrepo Aguilar.

**Facultad:** Ciencias

**Lugar de ejecución del proyecto:** Colegio Gimnasio de Los Cedros

**Duración del proyecto:** Cuatro (4) meses.



## INTRODUCCIÓN

Desde los libros rectores impartidos por el ministerio de educación nacional, como son los lineamientos curriculares, los estándares y las competencias en ciencias naturales, se indica que es importante enseñar los fundamentos teóricos y prácticos de la mecánica clásica, partiendo del movimiento de los cuerpos y las interacciones de los mismos, a partir del concepto de fuerza, de trabajo y energía, todo esto de la mano con una modelación matemática, para la explicación de situaciones problemas inmersas en la naturaleza. Por consiguiente existen razones para pensar que los estudiantes antes de entrar a los procedimientos algorítmicos y algebraicos deben tener muy clara la parte conceptual para entender las leyes y explicación de los fenómenos.

También es sabido que los estudiantes presentan dificultades cuando deben interpretar desde un modelo físico, transformaciones que están asociadas a creencias cotidianas. Se han comprobado que es muy común que establezcan relaciones entre las variables utilizadas en el movimiento que tiene el origen en ideas Aristotélicas. Dichas ideas ofrecen obstáculos para el alumno, durante la construcción de los conceptos asociados a las leyes de Newton.

Adicionalmente es muy común entre los estudiantes en sus diferentes niveles de formación (secundaria y universitaria) enfrentar la solución de problemas de mecánica de forma algebraica y descontextualizada de los argumentos conceptuales de la física, en este caso, de las leyes de Newton. No son claros en tener en cuenta las interacciones entre los cuerpos involucrados y en cómo estas influyen en el reposo o movimiento acelerados o no de los mismos. Esto es un enorme obstáculo para el aprendizaje de la Física.

Todo esto ha motivado la propuesta de esta práctica docente, la cual consiste en la enseñanza de las leyes de Newton bajo un marco constructivista (Ausbeliano), y teniendo como eje de análisis la consistente representación de las interacciones entre sistemas mediante los denominados diagramas de fuerza (diagramas de cuerpo libre).

La propuesta se aplicó a 40 estudiantes del Colegio Gimnasio de Los Cedros divididas en dos grupos. El estrato socioeconómico de las estudiantes es de nivel alto (5 y 6). Los logros obtenidos de la realización de la propuesta, beneficiarán a esta institución en la medida que permitirá mejorar la enseñanza de la física en los diferentes grados y adicionalmente podrá servir como modelo para aplicar en las otras asignaturas del área de ciencias. En la misma dirección, la propuesta podría ser replicada por otras instituciones educativas, con los ajustes necesarios de acuerdo a los matices de cada una.

La hipótesis planteada es: la enseñanza de las leyes de Newton desde un enfoque constructivista mediante el uso adecuado de los diagramas de fuerza, permitirá una sustancial ganancia de aprendizaje de éstas, en cuanto a su comprensión y correcta aplicación en las estudiantes de noveno grado del colegio Gimnasio de los Cedros. Consecuentemente, el objetivo central es la medida de esta ganancia, para lo cual se usarán como medida cuantitativa el factor de Hake y como elementos que permitan apreciarla cualitativamente, los mapas conceptuales.

Como objetivos específicos están:

- Analizar los preconceptos de las estudiantes sobre las leyes de Newton.
- Diseñar, implementar y aplicar bajo el enfoque constructivista actividades didácticas para la debida enseñanza de las leyes de Newton aplicadas en sistemas físicos que se pueden reducir al modelo de partícula.

En este informe, el capítulo 1 corresponde al marco teórico. Este se divide en dos secciones: fundamentos teóricos y antecedentes. En la primera sección se hace un recorrido por las principales teorías del aprendizaje, con énfasis en la teoría Ausbeliana; se describe en qué consiste el FCI (Force Conceptual Inventory) como prueba estandarizada de reconocimiento internacional para estimar el nivel de conocimiento de la mecánica Newtoniana; se explica lo referente al factor de Hake cómo índice de medida de la ganancia de aprendizaje; se explican los mapas conceptuales como herramienta fundamental en procesos de enseñanza-aprendizaje; termina haciendo una presentación muy concisa de los elementos de la física que son objeto de estudio en esta práctica docente: las leyes de Newton y los diagramas de fuerza. En la segunda sección se hace la referencia a trabajos similares que se han realizado que apuntan en la misma dirección de esta propuesta de enseñanza de las leyes de Newton.

En el capítulo 2, se describe el procedimiento seguido. Aquí se muestra cómo se empleó el FCI como prueba pre y post test; continúa presentando los talleres que se diseñaron y cómo se aplicaron, y termina explicando cómo se midió la ganancia de aprendizaje empleando los mapas conceptuales y el factor de Hake.

En el capítulo 3 se presentan y discuten los resultados. El capítulo 4 está dedicado a las conclusiones y recomendaciones.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Fundamentos teóricos

#### 1.1.1 Teorías de aprendizaje

##### *Visión panorámica sobre las Teorías del Aprendizaje*

Dentro de las vertientes didácticas actuales, la pregunta por la enseñanza ha pasado a un segundo plano, siendo reemplazada, inicialmente por la pregunta por el cómo aprenden los estudiantes, es por ello que para entender los cambios, los procesos y las transformaciones que deben sufrir los procesos de enseñanza es necesario preguntarse por las teorías del aprendizaje.

Ahora bien, ¿Por qué este énfasis en la teoría y en la investigación del aprendizaje? Primero, las teorías del aprendizaje son una *fuentes* de estrategias, tácticas y técnicas de instrucción verificadas. El conocimiento de una variedad de este tipo de estrategias es fundamental cuando se trata de seleccionar una prescripción efectiva para enfrentar un problema de enseñanza o de aprendizaje dado. Segundo, las teorías de aprendizaje ofrecen las bases para la *selección* de una estrategia inteligente y razonada. Los docentes de las ciencias experimentales deben poseer un adecuado repertorio de estrategias disponibles y, además, el conocimiento de cuándo y por qué se emplea cada una. Tercero, la *integración* de la estrategia seleccionada en el contexto de la enseñanza es de una importancia fundamental. Las teorías e investigaciones sobre el aprendizaje frecuentemente ofrecen información sobre las relaciones entre los componentes de la enseñanza y el diseño de ésta, indicando cómo una técnica o una estrategia didáctica puede corresponder mejor, en un determinado contexto, con unos estudiantes específicos (Keller, 1979). Finalmente, el papel primordial de una teoría es permitir predicciones confiables (Richey, 1986) [2].

La labor de traducir la teoría de aprendizaje en aplicaciones prácticas podría ser significativamente más sencilla si el proceso de aprendizaje fuera relativamente simple y directo. Desafortunadamente este no es el caso. El aprendizaje es un proceso complejo que ha generado numerosas interpretaciones y teorías de cómo se efectúa realmente. De todas estas teorías, ¿Cuál debe recibir la atención del docente de las ciencias experimentales para cuando va a planear la enseñanza?, ¿Es mejor seleccionar una teoría o extraer ideas de diversas teorías? Para dar claridad a cómo y desde dónde se pueden aprender y por ende enseñar las Leyes de Newton, se expondrán de manera rápida diferentes perspectivas del proceso de aprendizaje constructivista, cada una posee características propias, pero que cada una describe el mismo fenómeno (el aprendizaje). Al seleccionar la teoría cuyas estrategias didácticas asociadas ofrecen el camino óptimo para lograr los resultados deseados, el grado de procesamiento cognitivo requerido del

estudiante por la tarea específica se constituye en un factor crítico. Por lo tanto, así como lo señaló Snelbecker (1983) [2], los individuos que se enfrentan a problemas prácticos de aprendizaje no pueden "darse el lujo de restringirse a una sola posición teórica. Ellos deben examinar cada una de las teorías de la ciencia básica desarrolladas por psicólogos al estudiar el aprendizaje, y seleccionar aquellos principios y concepciones que puedan tener mayor valor para una situación educativa particular".

#### *La definición del Aprendizaje*

El aprendizaje ha sido definido de varias maneras por numerosos teóricos, investigadores y profesionales de la educación. Aunque no existe una definición universalmente aceptada, muchas de ellas presentan elementos comunes. La siguiente definición de Shuell (según la interpreta Schunk, 1991) [2] incorpora esas ideas principales comunes: "El aprendizaje es un cambio perdurable en la conducta o en la capacidad de comportarse de una determinada manera, la cual resulta de la práctica o de alguna otra forma de experiencia".

Sin duda, algunos de los teóricos del aprendizaje estarán en desacuerdo con esta definición. Sin embargo, no es la propia definición la que separa una determinada teoría del resto. La diferencia fundamental entre las teorías descansa más en la interpretación que en la definición. Estas diferencias se manifiestan alrededor de un cierto número de aspectos claves que finalmente delimitan las prescripciones instruccionales que fluyen desde cada perspectiva teórica.

#### *El Aprendizaje y la enseñanza desde un enfoque constructivista. Punto de partida para trabajar las leyes de Newton*

Hoy en día no basta con hablar del "constructivismo" en singular, es necesario decir a qué constructivismo se está refiriendo. Es decir, hace falta aclarar el contexto de origen, teorización y aplicación del mismo. En realidad, nos enfrentamos a una diversidad de posturas que pueden caracterizarse genéricamente como constructivistas, desde las cuales se indaga e interviene no sólo en el ámbito educativo, sino también en la epistemología, la psicología del desarrollo y la clínica, o en diversas disciplinas sociales.

Según Frida Díaz y Gerardo Hernández (2002) [3], en sus orígenes, el constructivismo surge como una corriente epistemológica, preocupada por discernir los problemas de la formación del conocimiento en el ser humano. Según Delval (1997) [3], se encuentran algunos elementos del constructivismo en el pensamiento de autores como Vico, Kant, Marx o Darwin. En estos autores, así como en los actuales exponentes del constructivismo en sus múltiples variantes, existe la convicción de que los seres humanos son producto de su capacidad para adquirir conocimientos y para reflexionar sobre sí mismos, lo que les ha permitido anticipar, explicar y controlar propositivamente la naturaleza, y construir la cultura. Destaca la convicción de que el conocimiento se construye activamente por sujetos cognoscentes, no se recibe pasivamente del ambiente.

Algunos autores se centran en el estudio del funcionamiento y el contenido de la mente de los individuos (por ejemplo, el constructivismo psicogenético de Piaget), pero para otros el foco de interés se ubica en el desarrollo de dominios de origen social (como el constructivismo social de Vigotsky y la escuela sociocultural o sociohistórica). Mientras que para otros más, ambos aspectos son indisolubles y perfectamente conciliables. También es posible identificar un constructivismo radical, el planteado por autores como Von Glaserfeld o Maturana, quienes postulan que la construcción del conocimiento es enteramente subjetiva, por lo que no es posible formar representaciones objetivas ni verdaderas de la realidad, sólo existen formas viables o efectivas de actuar sobre la misma. Entre estas diversas corrientes se ubican algunos de los debates actuales del constructivismo: ¿La mente está en la cabeza o en la sociedad?, ¿el desarrollo es un proceso de autoorganización cognitiva o más bien de aprendizaje cultural dentro de una comunidad de práctica?, ¿qué papel juega la interacción mediada por el lenguaje o interacción comunicativa en comparación con la actividad autoestructurante del individuo?

Ante la pregunta ¿Qué es el constructivismo? Mario Carretero (1993, p. 21) [4] argumenta lo siguiente: “Básicamente puede decirse que es la idea que sostiene que el individuo tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado de la interacción entre esos dos factores. En consecuencia, según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción del ser humano. ¿Con qué instrumentos realiza la persona dicha construcción? Fundamentalmente con los esquemas que ya posee, es decir, con lo que ya construyó en su relación con el medio que le rodea.

Dicho proceso de construcción depende de dos aspectos fundamentales:

- De los conocimientos previos representación que se tenga de la nueva información, o de la actividad o tarea a resolver.
- De la actividad externa o interna que el aprendiz realice al respecto”.

En este apartado del marco teórico se toma como fundamental la opinión de César Coll (1990; 1996) [5], quien afirma que la postura constructivista en la educación se alimenta de las aportaciones de diversas corrientes psicológicas: el enfoque psicogenético piagetiano, la teoría de los esquemas cognitivos, *la teoría ausubeliana* de la asimilación y el aprendizaje significativo, la psicología sociocultural vigotskiana, así como algunas teorías instruccionales, entre otras.

Es importante resaltar que la propuesta planteada en esta práctica docente, tiene como referente la **teoría Ausbeliana enfatizando en el aprendizaje significativo**. A pesar de que los autores de éstas se sitúan en encuadres teóricos distintos, comparten el principio de la importancia de la actividad constructiva del estudiante en la realización de los aprendizajes escolares, lo cual representa el punto de partida de este trabajo donde se espera desde este enfoque proponer la enseñanza de las Leyes de Newton para estudiantes de noveno grado del colegio gimnasio Los Cedros.

En consonancia con la propuesta que se espera configurar, el constructivismo postula la existencia y prevalencia de procesos activos en la construcción del conocimiento: habla de un sujeto cognitivo aportante, que claramente rebasa a través de su labor constructiva lo que le ofrece su entorno. De esta manera, según Rigo Lemini (1992) [3] se explica la génesis del comportamiento y el aprendizaje, lo cual puede hacerse poniendo énfasis en los mecanismos de influencia sociocultural (Vigotsky), sociafectiva (Wallon) o fundamentalmente intelectuales y endógenos (Piaget).

Aunque aquí se ofrece una visión más o menos unificada del constructivismo siguiendo la integración que hace César Coll, es importante puntualizar que entre los principales enfoques constructivistas, como antes lo dijimos, también existen divergencias a las cuales no ha escapado ni escapa la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Experimentales.

En el campo de la educación, se suele equiparar al constructivismo con la psicología genética de Jean Piaget, a la que se identifica como la "teoría emblemática" constructivista. Sin embargo, hay que reconocer que el trabajo de la escuela ginebrina es principalmente una teoría epistemológica, no educativa, cuyo foco de atención es dar respuesta a la siguiente pregunta planteada por el propio Piaget: *¿Cómo se pasa de un estado de menor conocimiento a otro de mayor conocimiento?* Se ha dicho justamente que esta teoría constituye una síntesis original y no sólo una versión ecléctica de la polémica empirismo-innatismo, puesto que Piaget desarrolló un modelo explicativo y metodológico sui génesis para explicar la génesis y evolución de las formas de organización del conocimiento, situándose sobre todo en el interior del sujeto epistémico. No puede soslayarse el impacto del pensamiento piagetiano en la educación, en sus finalidades, en el rescate del estudiante como aprendiz activo y autónomo, en la concepción del papel antiautoritario del profesor, en las metodologías didácticas por descubrimiento y participativas, en la selección y organización del contenido curricular tomando en cuenta las capacidades cognitivas de los estudiantes,

Sin embargo, algunos autores han criticado al enfoque piagetiano por su aparente desinterés en el papel de la cultura y de los mecanismos de influencia social en el aprendizaje y el desarrollo humano. De ahí que haya cobrado tanto interés el resurgimiento de la psicología sociocultural. Según Wertsch (1991, p. 141) [3], el objetivo de un enfoque sociocultural derivado de las ideas de Vigotsky "es explicar cómo se ubica la acción humana en ámbitos culturales, históricos e institucionales". La unidad de análisis de

esta teoría es la acción humana mediada por herramientas como el lenguaje, de ahí la importancia que otorga al análisis del discurso. Desde esta postura, son las tradiciones culturales y las prácticas sociales las que regulan, transforman y dan expresión al psiquismo humano, que se caracteriza más por la divergencia étnica o cultural, que por la unicidad de lo psicológico. En el terreno educativo, esto se traducirá en el énfasis de la función mediadora del profesor, el trabajo cooperativo y la enseñanza recíproca entre pares.

A pesar de que los diversos autores de tales enfoques se sitúan en encuadres teóricos distintos, como vimos, comparten el principio de la importancia de la actividad mental constructiva del estudiante en la realización de los aprendizajes escolares. Dicho principio explicativo básico es lo que Coll denomina "la idea más potente y también la más ampliamente compartida", entre las aproximaciones constructivistas, que si bien pueden diferir en otros aspectos importantes, tienen su punto de encuentro y complementariedad en dicho concepto de idea constructivista. Trasladada al campo de la educación, "conduce a poner el acento en la aportación constructiva que realiza el alumno al propio proceso de aprendizaje; es decir, conduce a concebir el aprendizaje escolar como un proceso de construcción del conocimiento a partir de los conocimientos y de las experiencias previas, y la enseñanza como una ayuda a este proceso de construcción" (ob. cit, p. 161) [5].

La concepción constructivista del aprendizaje escolar se sustenta en la idea de que la finalidad de la educación que se imparte en las instituciones educativas es promover los procesos de crecimiento personal del estudiante en el marco de la cultura del grupo al que pertenece. Estos aprendizajes no se producirán de manera satisfactoria a no ser que se suministre una ayuda específica mediante la participación del estudiante en actividades intencionales, planificadas y sistemáticas, que logren propiciar en éste una actividad mental constructivista (Coll, 1988) [5]. Así, la construcción del conocimiento escolar puede analizarse desde dos vertientes:

- Los procesos psicológicos implicados en el aprendizaje.
- Los mecanismos de influencia educativa susceptibles de promover, guiar y orientar dicho aprendizaje.

Diversos autores han postulado que es mediante la realización de aprendizajes significativos que el estudiante construye significados que enriquecen su conocimiento del mundo físico y social, potenciando así su crecimiento personal, asunto que llama fuertemente la atención y que espera convertirse en el eje que movilice la propuesta psicopedagógica de este trabajo de grado. De esta manera, los tres aspectos clave que debe favorecer el proceso de enseñanza de las Leyes de Newton serán el logro del aprendizaje significativo, la memorización comprensiva de los contenidos escolares y la funcionalidad de lo aprendido.

Desde la postura constructivista se rechaza la concepción del estudiante como un mero receptor o reproductor de los saberes culturales (cuestión ampliamente conocida, diagnosticada y anhelada de ser transformada en ciencias experimentales); tampoco se acepta la idea de que el desarrollo es la simple acumulación de aprendizajes específicos. La filosofía educativa que subyace a estos planteamientos indica que la institución educativa debe promover el doble proceso de socialización y de individualización, que debe permitir a los educandos construir una identidad personal en el marco de un contexto social y cultural determinado.

Lo anterior implica que "la finalidad última de la intervención pedagógica es desarrollar en el alumno la capacidad de realizar aprendizajes significativos por sí solo en una amplia gama de situaciones y circunstancias (aprender a aprender)" (Coll, 1988, p. 133) [5].

En el enfoque constructivista, tratando de conjuntar el cómo y el qué de la enseñanza, la idea central se resume en la siguiente frase:

“Enseñar a pensar y actuar sobre contenidos significativos y contextuados”.

De acuerdo con Coll (1990, pp. 441-442) [5] la concepción constructivista se organiza en torno a tres ideas fundamentales:

- El estudiante es el responsable último de su propio proceso de aprendizaje. Él es quien construye (o más bien reconstruye) los saberes de su grupo cultural, y éste puede ser un sujeto activo cuando manipula, explora, descubre o inventa, incluso cuando lee o escucha la exposición de los otros.
- La actividad mental constructiva del estudiante se aplica a contenidos que poseen ya un grado considerable de elaboración. Esto quiere decir que el estudiante no tiene en todo momento que descubrir o inventar en un sentido literal todo el conocimiento escolar.

Debido a que el conocimiento que se enseña en las instituciones escolares es en realidad el resultado de un proceso de construcción a nivel social, los estudiantes y profesores encontrarán ya elaborados y definidos una buena parte de los contenidos curriculares.

- La función del docente es introducir los procesos de construcción del estudiante con el saber colectivo culturalmente organizado. Esto implica que la función del profesor no se limita a crear condiciones óptimas para que el estudiante despliegue una actividad mental constructiva, sino que debe orientar y guiar explícita y deliberadamente dicha actividad.

En el mejor de los casos, la idea de construcción de significados nos refiere a la teoría del aprendizaje significativo, que se explicará en el siguiente apartado.



### *El Aprendizaje Significativo y la enseñanza de las ciencias experimentales*

La teoría del aprendizaje significativo es propuesta por David Ausubel, para éste, aprender es sinónimo de comprender e implica una visión del aprendizaje basada en los procesos internos del estudiante y no sólo en sus respuestas externas. Con la intención de promover la asimilación de los saberes, el profesor utilizará organizadores previos que favorezcan la creación de relaciones adecuadas entre los saberes previos y los nuevos. Los organizadores tienen la finalidad de facilitar la enseñanza receptivo significativa, con lo cual, sería posible considerar que la exposición organizada de los contenidos, propicia una mejor comprensión.

En síntesis, la teoría del aprendizaje significativo aplicada a la enseñanza de las ciencias experimentales supone poner de relieve el proceso de construcción de significados como elemento central de la enseñanza.

Entre las condiciones que deben darse para que se produzca el aprendizaje significativo, debe destacarse:

- **Significatividad lógica:** se refiere a la estructura interna del contenido.
- **Significatividad psicológica:** se refiere a que puedan establecerse relaciones no arbitrarias entre los conocimientos previos y los nuevos. Es relativo al individuo que aprende y depende de sus representaciones anteriores.
- **Motivación:** Debe existir además una disposición subjetiva para el aprendizaje en el estudiante. Existen tres tipos de necesidades: poder, afiliación y logro. La intensidad de cada una de ellas, varía de acuerdo con las personas y genera diversos estados motivacionales que deben ser tenidos en cuenta.

Como afirmó Piaget, el aprendizaje está condicionado por el nivel de desarrollo cognitivo del estudiante, pero a su vez, como observó Vigotsky, el aprendizaje es también, un motor del desarrollo cognitivo. Por otra parte, muchas categorizaciones se basan sobre contenidos escolares, consecuentemente, resulta difícil separar desarrollo cognitivo de aprendizaje escolar. Pero el punto central es que el aprendizaje es un proceso constructivo interno y en este sentido debería plantearse como un conjunto de acciones dirigidas a favorecer tal proceso. Y es en esta línea, que se han investigado las implicancias pedagógicas de los saberes previos y que ahora invitan a analizarlas en relación con la enseñanza de las leyes de Newton.

Se ha llamado concepciones intuitivas ("misconceptions"), a las teorías espontáneas de los fenómenos que difieren de las explicaciones científicas. Estas concepciones, suelen ser muy resistentes a la enseñanza e incluso operar como verdaderos "obstáculos", de manera tal que ambas formas de conocimiento coexisten en una suerte de dualidad cognitiva.

Esto se debe en parte a que las “misconceptions” pueden ser útiles en la vida cotidiana. Y por otra parte, a menudo no se propicia desde la enseñanza un vínculo entre este conocimiento intuitivo y el conocimiento escolar (científico).

Desde un enfoque constructivista, la estrategia que se ha desarrollado para generar aprendizajes significativos, es la de causar un conflicto en el estudiante entre su teoría intuitiva y la explicación científica a fin de favorecer una reorganización conceptual, la cual no será simple ni inmediata.

Otro asunto que vale la pena poner en escena y que en lo pedagógico ha implicado que la teoría de Ausubel ha resuelto la aparente incompatibilidad entre la enseñanza expositiva y la enseñanza por descubrimiento, porque ambas pueden favorecer una actitud participativa por parte del estudiante, si cumplen con el requisito de activar saberes previos y motivar la asimilación significativa.

### *1.1.2 El FCI (force Concept Inventory)*

Es una prueba que en general mide la comprensión de los conceptos básicos de la mecánica Newtoniana, la eficiencia didáctica del proceso de enseñanza-aprendizaje de ésta, y permite detectar los preconceptos que tiene el evaluado sobre este tema.

El FCI está compuesto por 29 preguntas en su versión original (de 1992) [6] y 30 [7] en una versión posterior. En la versión original cada pregunta, excepto la pregunta dieciséis tiene de respuesta cinco opciones posibles de la cual solo una es la correcta y está acorde con la mecánica newtoniana, las opciones que no son correctas son concepciones erróneas que al ser elegidas permiten detectar y clasificar las ideas previas no correctas.

Las preguntas que se realizan en el FCI están agrupadas en categorías, las cuales encierran: cinemática, primera ley de Newton, segunda ley de Newton, tercera ley de Newton, principio de superposición, tipos de fuerzas.

Un puntaje alto en el FCI no indica un conocimiento unificado del concepto de fuerza, sin embargo un puntaje bajo indica falta de conocimientos de los conceptos newtonianos básicos.

### *1.1.3 El factor de Hake*

La ganancia relativa de aprendizaje conceptual o factor de Hake establecida por Richard R. Hake en 1998, indica la ganancia real promedio del aprendizaje conceptual normalizada. Se utiliza, para determinar el nivel de los logros de aprendizaje conceptual en la instrumentación de una estrategia didáctica, es decir, con los resultados de una evaluación (pre-test y post-test) se determina el impacto en la asimilación del conocimiento de tipo conceptual. En el caso de esta propuesta el factor  $g$  permite establecer los cambios logrados en las diferentes dimensiones del FCI al implementar una

estrategia didáctica, ya que los niveles de logro bajo, medio y alto en el factor  $g$  se relacionan con el nivel de dominio conceptual de las fases del FCI.

Para el cálculo del factor de Hake  $g$  se emplea la siguiente ecuación [8]:

$$g = \frac{\text{FCIpost (\%)} - \text{FCIpre (\%)}}{100 - \text{FCIpre (\%)}}$$

Este factor puede tomar valores entre 0 y 1, donde 0 representa que no hay aprendizaje, mientras que 1 corresponde al máximo aprendizaje posible. Estableciendo con la ganancia relativa de aprendizaje es posible clasificar tres niveles de logro, estos son:

- $g$  alto: cuando el resultado obtenido para  $g$  es  $> 0.7$
- $g$  medio: cuando el resultado obtenido para  $g$  está en el rango  $0.3 < g \leq 0.7$
- $g$  bajo: cuando el resultado obtenido para  $g$  es  $\leq 0.3$

#### 1.1.4 Los mapas conceptuales

En el campo de la enseñanza a cada momento el docente está en la búsqueda de diferentes recursos didácticos en pro de un mejor aprendizaje por parte de los estudiantes en los diferentes contenidos, en alguna área del conocimiento específicamente: uno de dichos recursos son los mapas conceptuales.

Teniendo presente la importancia de la parte conceptual en la física, los mapas conceptuales o redes semánticas (representación visual del conocimiento) permiten una mejor estructuración de los conceptos interrelacionando diferentes conceptos y temáticas que permiten con claridad, establecer con argumentos la lucidez o confusión que presentan los estudiantes.

La técnica de mapas conceptuales, desarrollada por Novak, es útil para dar cuenta de las relaciones que los estudiantes hacen entre conceptos, y pueden ser utilizados también como organizadores previos que busquen estimular la actividad de los estudiantes con miras a lograr aprendizajes con sentido y significado.

Las ventajas del uso y aplicación de los mapas conceptuales tienen características intrínsecas, para la representación del conocimiento: la conectividad, los tipos de relación, la categorización, la jerarquización de los conceptos y la forma estructural de relacionar los conceptos entre sí.

Del mismo modo la habilidad de construir o analizar un mapa conceptual sobre un argumento o temática está muy relacionada con las habilidades del pensamiento

abstracto. Una capacidad débil en la construcción de los mapas a menudo refleja las incapacidades de expresión y comprensión al nivel lógico-conceptual.

En este orden de ideas, el empleo racional de los mapas conceptuales tienen sus raíces en las teorías de la elaboración de la información en el aprendizaje y que hace referencia a los principios de la psicología cognitiva. Según estas teorías:

- El conocimiento es organizado en una red proposicional.
- Las conexiones se crean entre las proposiciones para formar una red.
- La red conceptual, proposicional, de cada individuo es única, porque es el resultado de las experiencias particulares de esta persona.
- La red proposicional no es estable; en la medida en que se aprende una nueva información, la red cambia y se forma nuevas conexiones entre los conceptos y los datos.
- Las proposiciones son típicamente descritas (de modo simplificado) como conexiones con estructuras de nombre o frase verbal.
- El conocimiento es recuperado o recordado como resultado de una activación en la red proposicional.

La idea de fondo de los mapas conceptuales deriva de la teoría de Ausubel del aprendizaje significativo contra el aprendizaje por repetición:

El **aprendizaje significativo** ocurre cuando intencionalmente el estudiante trata de integrar un nuevo conocimiento en el conocimiento existente. Un estudiante que logra integrar nuevo conocimiento tendrá en su mente una red cognitiva más extensa y por ello dispondrá de más recorridos de recuperación de la información y el conocimiento.

Por consiguiente los mapas conceptuales son un modo para estimular y medir el aprendizaje significativo en el aula. Son utilizados como técnicas didácticas y de evaluación del aprendizaje del estudiante.

Desde el punto de vista didáctico, los mapas conceptuales estimulan el aprendizaje significativo evidenciando las relaciones entre los conceptos, sus ejemplos, las interacciones y los datos necesarios asociados al conocimiento o a las temáticas inmersas como objeto de estudio.

Además, los mapas conceptuales son un instrumento para generar las propias relaciones entre los conceptos y su análisis como tal, convirtiendo los mapas conceptuales como un instrumento de evaluación en el proceso enseñanza-aprendizaje.

### 1.1.5 *Las leyes de Newton*

Las tres leyes de Newton del movimiento se enuncian a continuación [9]:

Primera ley: “Si la fuerza resultante que actúa sobre un cuerpo es nula, permanecerá a velocidad constante (en un sistema de referencia inercial)”. En sentido inverso esta ley dice “si un cuerpo se mueve a velocidad constante, se puede asegurar que la fuerza sobre él vale cero”.

Segunda ley: “La fuerza resultante ejercida sobre un cuerpo es igual al producto de su masa por la aceleración que la fuerza le produce: la aceleración y la fuerza poseen igual dirección y sentido”

Tercera ley: “Cuando dos cuerpos interactúan, la fuerza que el primer cuerpo ejerce sobre el segundo (acción) es igual y opuesta a la fuerza que el segundo ejerce sobre el primero (reacción)”.

El concepto de fuerza se puede deducir de la segunda ley como “aquello capaz de producir aceleraciones” o de la tercera ley “interacciones entre cuerpos”.

### 1.1.6 *Los diagramas de Fuerza*

Los Diagramas de Cuerpo Libre (DCL) [10] son un instrumento que permiten modelar a un cuerpo y las interacciones de éste con sus alrededores. El proceso de modelar, permite resolver problemas simplificando las situaciones a estudiar, por lo tanto será incompleto, inexacto pero servirá para explicar y predecir el comportamiento de un objeto o sistema; el modelo será válido si los resultados analíticos son verificados experimentalmente. Se puede idealizar un objeto masivo y de grandes dimensiones como una partícula que no tiene dimensiones, que tiene masa y una posición respecto a un punto o eje de referencia, sin embargo según las condiciones de la situación a estudiar el mismo cuerpo se puede modelar como un cuerpo rígido.

Se puede definir Diagrama de Fuerzas o también conocido como Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) como el diagrama de un cuerpo o de un grupo de cuerpos (o de una parte de un cuerpo) que se llama sistemas y se representa aislado de su entorno, en donde se muestran todas las fuerzas externas que actúan sobre él.

## 1.2 **Antecedentes**

La investigación desarrollada por Covalada y otros (2005) [11] sobre los conceptos de sistema y equilibrio, se centra en caracterizar las representaciones mentales que utilizan los estudiantes universitarios del curso de Física I, para dar significado a estos conceptos en el aprendizaje de la mecánica y la termodinámica. En este trabajo de exploración conceptual, los autores muestran una variedad de interpretaciones y significados que se asignan a los conceptos de sistema y equilibrio, en una muestra de 60 estudiantes

universitarios del curso de Física I y constituyen las conclusiones preliminares de un estudio posterior.

El estudio investigativo sobre los ***Errores conceptuales sobre la fuerzas y su impacto en la enseñanza*** de Cesar Mora y Y. Beniteza (2007)[12], muestra como el concepto de fuerza puede contribuir a asimilar los contenidos de la mecánica, donde hacen énfasis en los conceptos previos que tienen los estudiantes y los problemas de los errores conceptuales y las ideas alternativas que llevan a cometer errores en la resolución de problemas con la leyes de Newton y abordan a su solución desde referentes de la didáctica de la física, utilizando el FCI y concepciones alternativas en la enseñanza de la física en estudiantes cubanos.

En el mismo sentido, Roni Mualem y Bat-Sheva Eylon (2007) [13], realizan una investigación en donde describen un nuevo enfoque pedagógico en la mecánica, donde se guía a los estudiantes a explicar y predecir cualitativamente fenómenos y situaciones cotidianas, utilizando términos físicos mediante la aplicación de una comprensión cualitativa de las leyes de Newton; esta investigación se relaciona con la propuesta de la representación matricial de las interacciones entre los cuerpos y la elaboración sistemáticas de los diagramas de cuerpo libre (en el mismo sentido en que se desarrollan los talleres de esta propuesta: apéndice 1).

De forma similar, David Rosengrant y otros (2009) [14], desarrollan un estudio investigativo referente a los diagramas de cuerpo libre donde le dan relevancia a las representaciones para comprender conceptos y resolver problemas de una forma acertada, donde mencionan que dicho estudio tiene presente un componente cualitativo y cuantitativo. Además, encontraron en dicho estudio que cuando los estudiantes hacen hincapié en el uso de diagramas de cuerpo libre tienen más éxito en resolver problemas de mecánica correctamente.

## 2. METODOLOGÍA

La práctica docente se desarrolló en el colegio Gimnasio los Cedros de la ciudad de Medellín con 40 estudiantes de noveno grado divididas en dos grupos. Las edades de las estudiantes están comprendidas entre los 14 y los 16 años, cuyo nivel socioeconómico va del estrato 5 al estrato 6. Es de anotar que este es el primer curso de física introductorio en su formación académica.

Para analizar el estado inicial (preconceptos) que tenían las estudiantes de la física mecánica se aplicó como pre-test el FCI modificado en su numeración (sólo se tomaron 20 de sus 30 preguntas). Para realizar el análisis se dividió en aspectos fundamentales definidos por agrupaciones de preguntas (Tabla 1) y con los siguientes objetivos:

- **Primera Ley de Newton:** identificar si comprenden el planteamiento de la ley de inercia (movimiento no implica presencia de fuerza externa).
- **Segunda Ley de Newton:** analizar las ideas que tienen sobre la causa del movimiento y sus implicaciones en la velocidad y la aceleración.
- **Tercera Ley de Newton:** investigar la comprensión que tienen respecto a la interacción entre dos cuerpos, debido a que es común considerar un principio de dominancia en donde “el más fuerte ejerce mayor fuerza”; el más fuerte suele ser el objeto de mayor dimensión, más actividad y/o mayor cantidad de masa. Este conflicto deriva en interpretaciones erróneas de esta ley.
- **Tipos de fuerza:** explorar la concepción que tienen del término concepto *fuerza*; si reconocen las fuerzas de contacto (fricción y normal), las fuerzas presentes por la acción de las cuerdas y las fuerzas a distancia como la fuerza de gravedad.
- **Cinemática:** analizar si tienen claros los conceptos de posición, velocidad y aceleración; así como si reconocen a estas magnitudes físicas como magnitudes vectoriales.

Con base en este análisis, se diseñaron e implementaron actividades didácticas en donde bajo un enfoque constructivista donde los diagramas de fuerza fueron el eje didáctico (estas actividades se llevaron a cabo en 20 horas de clase presenciales). Por último se aplicó de nuevo el FCI y se pasó a estimar la denominada ganancia de aprendizaje (empleando el factor de Hake) de cada uno de los cinco aspectos en que se dividió este estudio.

TEMA	AGRUPACIÓN DE PREGUNTAS
PRIMERA LEY	5, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 y 20.
SEGUNDA LEY	1, 2, 3, 5, 6, 7,8, 11, 12, 13, 14, 15, 17 y 18.
TERCERA LEY	4, 8, 9, 10 y 19
CLASES DE FUERZA	1, 2, 3, 5, 6, 7, 11 y 20.
CINEMÁTICA	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15.

Tabla 1. Clasificación preguntas del FCI

La metodología que se desarrolló en el presente trabajo tiene como cimiento sólido en encontrar el aseguramiento conceptual y racionalización de las definiciones referentes al concepto de fuerza, la buena sistematización de los diagramas de fuerzas y por lo tanto con el entendimiento de las leyes de Newton en situaciones problemas del entorno cotidiano y no entrar a resolver solo la parte algorítmica en los procedimientos matemáticos sin dejar a un lado su importancia.

Las preguntas seleccionadas del test FCI utilizadas en el pre-test y en el post-test fueron direccionadas a lo que se pretendía alcanzar en los niveles conceptuales de las estudiantes en las temáticas anteriormente mencionadas. Adicionalmente, como parte de desarrollo de la propuesta se llevaron a cabo estrategias didácticas enfocadas en un aprendizaje significativo y bajo un enfoque constructivista con materiales de apoyo de forma activa como son:

- ❖ Los mapas conceptuales.
- ❖ La visualización y análisis de videos referentes a situaciones problemas donde se evidencia los conceptos de fuerzas y las leyes de Newton.
- ❖ Fotografías de situaciones físicas a analizar
- ❖ La sistematización de los diagramas de fuerzas con una matriz de interacción de sistemas presentes en una situación física (ejemplo en apéndice 1).

Todos estos parámetros se contraponen a la enseñanza tradicional; donde el estudiante solo acepta una información y no tiene las posibilidades de interactuar y en muchas ocasiones de visualizar, de palpar y evidenciar sus conocimientos y los aprendizajes que está adquiriendo.

En relación, con las herramientas y diferentes materiales utilizados en la propuesta, el objetivo fundamental fue identificar procesos metodológicos eficaces que favorecieran la modificación de conocimientos que tienen las estudiantes sobre el concepto de fuerza, las leyes de Newton y otros aspectos de la mecánica clásica.



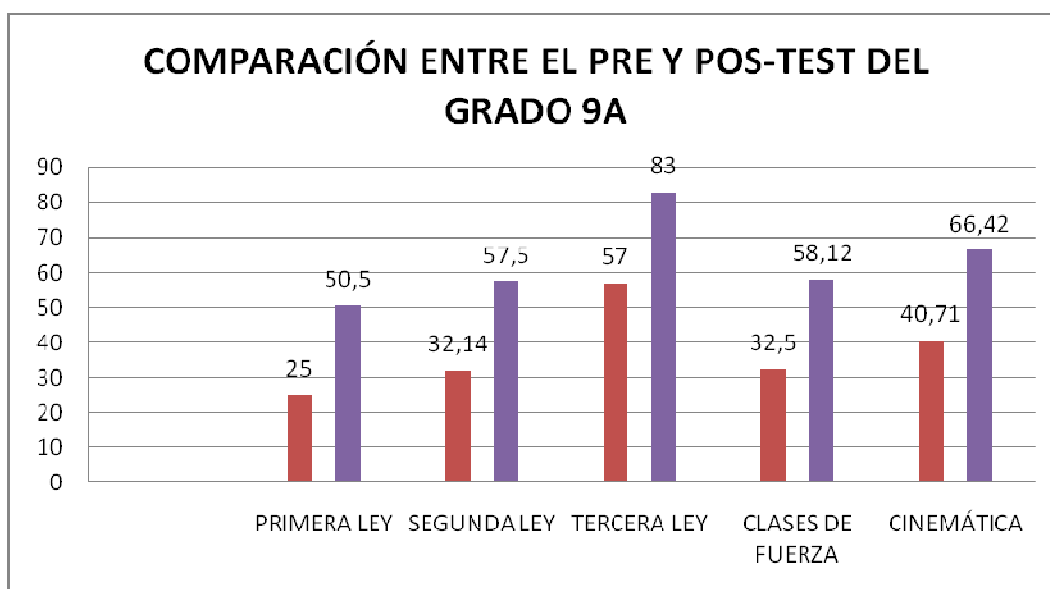
Es conveniente mencionar, que las diferentes actividades y clases desarrolladas a las estudiantes se les hacía énfasis en el entendimiento de la parte conceptual antes que la parte matemática de las situaciones problemas, por lo que se insistió en diferentes clases, en la aplicación de la matriz de interacciones de los sistemas con talleres similares a los del apéndice 1, es decir, un buen entendimiento y elaboración de los diagrama de fuerzas, donde el docente con su orientación y por medio de un dialogo heurístico les hacía diferentes interrogantes sobre que cuerpos están interactuando y la orientación de las fuerzas presentes en cada situación.

Cabe anotar, que la realización de varios diagramas de fuerzas en diferentes situaciones físicas relacionadas con el entorno cobró gran sentido debido a que no se resumían como en la enseñanza tradicional del concepto de fuerza, los diagramas de fuerzas y las leyes de Newton en dibujar en el tablero, la situación cinemática o dinámica, si no que cada estudiante evidenciaba con sus sentidos, tomando fotografías y dibujando la situación observada, de este modo se propuso el entendimiento de dichas temáticas.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Análisis Cuantitativo.

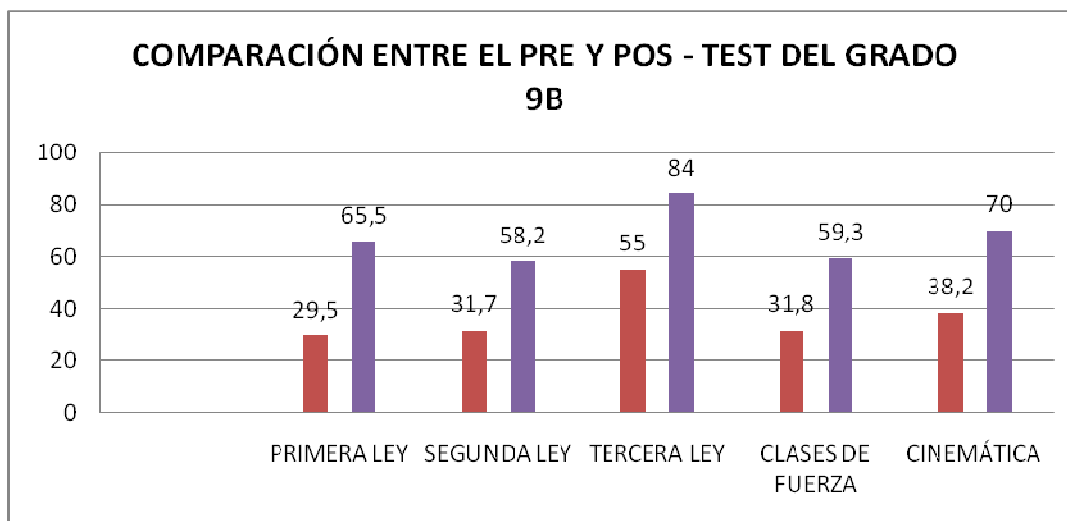
La presentación y análisis de resultados se hizo agrupando las preguntas del FCI (del cual se tomaron solo 20 preguntas (Anexo 1), en las siguientes cinco secciones: Primera ley de Newton, segunda ley de Newton, Tercera ley de Newton, Clases de Fuerzas y Cinemática tal como se presentan en la Tabla 1. Los resultados se presentan indicando el porcentaje promedio de acierto de las preguntas del FCI en sus aplicaciones pre y post test y el cálculo del factor de Hake para visualizar numéricamente el nivel de aprendizaje logrado, Gráficas 1, 2 y Tablas 2, 3.



Gráfica 1. Comparación entre el pre y pos-test del grado 9A

+TEMA	PORCENTAJES PRE	PORCENTAJE DE POS-TEST	INDICE DE HAKE
PRIMERA LEY	25	50,5	0,3
SEGUNDA LEY	32,14	57,5	0,4
TERCERA LEY	57	83	0,6
CLASES DE FUERZA	32,5	58,12	0,4
CINEMÁTICA	40,71	66,42	0,4

Tabla 2. Ganancia del índice de Hake del grado 9A



**Gráfica 2.** Comparación entre el pre y pos-test del grupo 9B

TEMA	PORCENTAJES PRE	PORCENTAJE DE POS-TEST	ÍNDICE DE HAKE
PRIMERA LEY	29,5	65,5	0,5
SEGUNDA LEY	31,7	58,2	0,4
TERCERA LEY	55	84	0,6
CLASES DE FUERZA	31,8	59,3	0,4
CINEMÁTICA	38,2	70	0,5

**Tabla 3.** Ganancia del índice de Hake del grado 9B

Para lograr dimensionar un poco el resultado obtenido de la ganancia de aprendizaje de las leyes de Newton con la propuesta implementada en esta práctica docente (Tablas 2 y 3), se puede observar las ganancias de aprendizaje obtenidas para este mismo tema (evaluadas empleando también el FCI), en algunas instituciones educativas de los Estados Unidos y de España, Tabla 4, [9]. Adicionalmente en la Institución San José Obrero del municipio de Medellín se implementó simultáneamente esta propuesta, en dos grupos muestra de X grado y se consideró un grupo de control (con enseñanza tradicional), obteniéndose una ganancia de aprendizaje en promedio para los primeros de 0.32 y para el segundo de 0.01.

Población		Factor de Hake
Hestenes (1992), [28]	Universitarios EE. UU.	0.53
	Bachilleres E.E. U.U.	0.38
Crouch y Mazur (2001) [28]. Estudios realizados entre los años 1990 y 2000	Harvard University (Enseñanza tradicional)	0.35
	Harvard University (Instrucción interactiva por pares: peer instructions)	0.62
Algunas instituciones Españolas: estudio realizado por Covián Regales y otros [28], entre los años 1992 y 2001	Escuelas Técnicas	0.18
	Institutos de enseñanza secundaria	0.10

**Tabla 4.** Índice de Hake de otras instituciones

### 3.2 Análisis cualitativo.

Según los resultados obtenidos a partir de los diferentes recursos didácticos y los instrumentos de medida utilizados en la propuesta, es evidente señalar la obtención de la ganancia con respecto al aprendizaje conceptual por parte de las estudiantes de los grados novenos del Gimnasio Los Cedros, en los diferentes componentes contemplados en el test Force Concept Inventory (FCI), en lo que concierne a las temáticas de la mecánica newtoniana y sus otros componentes.

En relación con lo anterior, es posible establecer que la utilización de los diagramas de fuerzas como parte fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las leyes de Newton bajo un enfoque constructivista, permite avanzar en las mejoras del nivel conceptual, la actitud de las estudiantes frente al estudio de la mecánica clásica y en la asignatura de física como tal, esto evidenciado en la diversas actividades académicas, desarrolladas durante la propuesta.

Por lo tanto es importante resaltar la viabilidad de la aplicación de la propuesta en cursos introductorios de física en los niveles de bachillerato, debido a que los avances no solo fueron conceptuales, sino también en mejoras en los procedimientos matemáticos aplicados a la resolución de problemas físicos e interpretación de situaciones físicas relacionadas con el entorno, donde el papel activo de las estudiantes a cada momento se observaba en la mejor construcción de mapas conceptuales con un gran grado de jerarquización y relación de los conceptos de dinámica. Adicionalmente las estudiantes mejoraron en la refinación y uso del lenguaje formal y científico, desarrollando

habilidades y destrezas en la comprensión de las leyes de Newton en diversas situaciones problemas.

La insistencia en una buena comprensión de los conceptos físicos antes de entrar a una mecanización de fórmulas matemáticas y la construcción de unos adecuados diagramas de fuerzas fueron pilares esenciales que garantizaron, la obtención de buenos resultados evidenciados en la gráficas 2 y 4 (Ganancia o índice de Hake) en todos los componentes de FCI, sobresaliendo la ganancia en la componente referente a la tercera ley de Newton en ambos grupos.

Los resultados con respecto a los avances por parte de las estudiantes, ya nombrados anteriormente en los grados 9A y 9B del Colegio Gimnasio Los Cedros, dejan en evidencia y con grandes expectativas que la experiencia docente y el estudio de caso en la enseñanza de la física en los niveles de bachillerato con esta propuesta, posibilitan obtener y medir un mejor alcance en la meta de comprensión de los educandos de los fenómenos y las interacciones de los sistemas físicos, en comparación con experiencias anteriores, donde se impartieron o mejor se enseñaron temáticas similares a las desarrolladas.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de la aplicación de las diversas actividades didácticas y el análisis de los resultados de las mismas, es posible evidenciar que ***Los diagramas de fuerzas como elemento fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las leyes de Newton bajo un enfoque constructivista***, es un cimiento esencial en la enseñanza de dichos conceptos físicos.

Se analizó la parte conceptual de las estudiantes en temáticas referentes a la física mecánica clásica, la utilización de forma sistemática de las matrices de interacción de las fuerzas de sistemas físicos, el buen diseño de los diagramas de fuerzas, la experimentación de las leyes de Newton y su aplicación a situaciones problemas, referente a la mecánica Newtoniana en el curso de física introductoria a nivel de bachillerato; dicho proceso fue guiado por la pregunta de investigación e hipótesis planteados en el inicio de la propuesta.

En relación con lo anterior, en lo concerniente a la aplicación de la propuesta se puede establecer lo siguiente:

- A partir de los parámetros pedagógicos de la teoría ausbeliana y el constructivismo es posible aplicar la estrategia didáctica sobre los diagramas de fuerzas como elemento fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las leyes de Newton bajo un enfoque constructivista en estudiantes en el nivel de secundaria, enfatizando en la parte conceptual antes que la parte algorítmica a la hora de comprender los conceptos físicos en este caso de la mecánica clásica.
- Con recursos didácticos planteados en esta propuesta como son los mapas conceptuales, la experimentación, el contacto con material concreto y una sistematización de los diagramas de fuerzas, son básicos para la comprensión de las leyes de Newton de una forma más acertada por parte de las estudiantes.
- El desarrollo de la propuesta con sus componentes didácticos y todo su desarrollo alcanzó en las estudiantes un buen nivel de aprendizaje significativo, lo que se observó a través del análisis pre-test/post-test del FCI.
- El aumento de la actitud de consulta y de despejar interrogantes por parte de las estudiantes a cada momento frente a las diferentes temáticas y la búsqueda de asesorías con el docente se puede concluir como una gran muestra de interés por la adquisición de los conocimientos impartidos en el curso de física.
- La insistencia y la dedicación a través de las clases para diseñar y construir buenos diagrama de fuerzas, permitió que la propuesta alcanzara un eficiente aprendizaje significativo en los temas de la mecánica Newtoniana, alcanzando no

solo un aprendizaje del conocimiento conceptual y procedimental necesario en la solución del problema, sino también el fortalecimiento de la formación de actitudes positivas en las estudiantes en el aprendizaje de la física.

➤ Una de las limitantes para tener una mejor profundización en las diferentes temáticas enseñadas en el curso de física en los grados novenos del Colegio Gimnasio Los Cedros es la intensidad horaria semanal, lo cual implica la dosificación de muchas de las actividades propuestas.

En definitiva, el desarrollo de esta propuesta y experiencia en la aplicación de, *Los diagramas de fuerzas como elemento fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las leyes de Newton bajo un enfoque constructivista* en los grados novenos de bachillerato, se considera que es una buena estrategia que se podría replicar en el aprendizaje de otros tópicos de la física y de la ciencia en general, si las actividades didácticas se enfocan en motivar el análisis por parte de las estudiantes. Si se desarrolla una actitud positiva de aprendizaje de la ciencia y en la medida que se mantiene el interés en el análisis del problema planteado; si pueden generarse actividades experimentales espontáneamente planteadas por el docente y las estudiantes, se pueden observar y estudiar mejor los problemas.

Sin embargo, también es importante mencionar que si no se da seguimiento y orientación permanente es posible que no se resuelva el problema, se disperse la atención y no haya resultados satisfactorios del proceso.

No obstante, es fundamental tener presente que el empeño y dedicación por parte del docente, las estudiantes y un excelente ambiente de aprendizaje son pautas esenciales para lograr los objetivos trazados en el desarrollo de una propuesta como ésta a nivel de estudiantes de bachillerato.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

[1] Bracikowski C., Garcia P.J. y Harper D.J. *Getting the feel for vector addition of forces*. The Physics Teacher. 1998 (36), p. 114.

[2] Peggy A, Ertmer y Thimoty J. Newby. *Conductismo, cognitivismo y construtivismo : una comparación de los aspectos críticos del diseño de instrucción*. Performance Improvement Quarterly. 1993. 6(4), 50-72. Traducción: Nora Ferstad y Mario Szczurek. Universidad Pedagógica Experimenta Libertador Instituto Pedagógico de Caracas.

[3] DÍAZ-BARRIGA F, HERNÁNDEZ ROJAS G. *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista*. 2ª ed. Santafé de Bogotá: Mc Graw-Hill. 2002.

[4] Carretero M. *Constructivismo y educación*. Buenos Aires: Aique. 1996.

[5] Coll y otros. *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Editorial Graó. 1993.

[6] Miguel O. *Análisis comportamental de las leyes de Newton*. Enseñanza de las ciencias. 1986. 4(1).p 41-55

[7] Picquart M. Guzmán L. O. *Análisis de errores conceptuales y concepciones alternativas de mecánica newtoniana en alumnos del tronco general de ciencias básicas de la UAM-IZTAPALAPA*. VII Congreso Internacional sobre investigación en la didáctica de las ciencias.

[8] R. R. Hake. *Interactive Engagement versus Traditional Methods: A six-thousand-student survey o mechanics test data for introductory physics courses*. Am.J. Phys. Vol. 66 . P. 64-74. 1998.

[9] Regales C, Matachana E, Matachana C. *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. 2008. 26(1). p 23-42.

[10] Ocariz J. C. *Diagramas de cuerpo libre. Puede dibujarlos cualquiera*. Boletín del departamento de mecánica. Universidad Nacional Autónoma de México. Marzo 2000.


[11] Covalada, R., Moreira, M. A., & Caballero, M. C. (2005). *Los significados de los conceptos de sistema y equilibrio en el aprendizaje de la mecánica*. Estudio exploratorio con estudiantes universitarios. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 4(1).

[12] Mora, C., Beniteza, Y. *Errores conceptuales sobre las fuerzas y su impacto en la enseñanza*. Revista de Enseñanza de las Ciencias (2007).



- [13] Mualem, R. *Physics with a Smile*— *Explaining Phenomena with a Qualitative Problem-Solving Strategy* . The Physics Teacher Vol. 45, March 2007.
- [14] Rosengrant D Van Heuvelen A, Etkina E. *Do students used and understand Free – body diagrams?* Physical Review Special Topics – Physics Education Research 5. 2009
- [15] Rodríguez M. *LA TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO*. Centro de Educación a Distancia (C.E.A.D.), nº 38009. Santa Cruz de Tenerife.
- [16] POZO, J. I. *Teorías Cognitivas del Aprendizaje*. Madrid: Morata, 1994.
- [17] SWENSON, L. *Teorías del Aprendizaje*. Barcelona: Paidós, 1991.

## 6. ANEXOS

 <i>Creciendo juntos, crecemos hacia la excelencia.</i>	<b>EVALUACIONES</b>	<b>08F-051</b>
	<b>COORDINACIÓN ACADÉMICA</b>	<b>VERSIÓN 2</b>
	<b>COLEGIO GIMNASIO LOS CEDROS</b>	<b>07/02/11</b>

### Anexo 1.

#### *Adaptación del FCI*

Evaluación Force Concept Inventory Asignatura: Física Grado: 9º

Fecha: \_\_\_\_\_

Estudiante \_\_\_\_\_ Docente: FERMIN ALVAREZ M

Periodo: III Valoración: Cualitativa: \_\_\_\_\_ Cuantitativa:

#### ***Por favor:***

***No escriba nada en este cuestionario.***

***Marque sólo una respuesta por pregunta.***

***No deje ninguna pregunta sin contestar.***

***Evite adivinar. Sus respuestas deben reflejar lo que usted personalmente piensa.***

1. Dos bolas de metal tienen el mismo tamaño, pero una pesa el doble de la otra. Se dejan caer estas bolas desde la azotea 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 se deja caer desde el techo de un edificio de un solo piso hasta la superficie de la tierra:
  - A. Alcanza un valor máximo de velocidad muy pronto después de ser soltada y desde entonces cae a 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 mientras cae porque una fuerza de gravedad casi constante actúa sobre ella.
  - D. Caer debido a la tendencia natural de todos los cuerpos a descansar sobre la superficie de la Tierra.
  - E. Caer debido a los efectos combinados de la fuerza de gravedad, empujándola hacia abajo, y la fuerza del aire, también empujándola hacia abajo.
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.

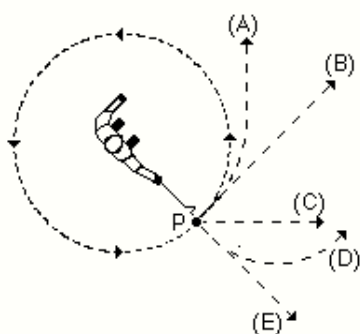
E. El camión ejerce una fuerza de la misma intensidad sobre el auto que la del auto ejerce sobre el camión.

5. Una bola de acero está atada a una cuerda y sigue una trayectoria circular en un plano horizontal como se muestra 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 desde la ruptura de la cuerda?



6. Un chico lanza hacia arriba una bola de acero. Considere el movimiento de la bola durante el intervalo comprendido entre el momento en que esta 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 este caso 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 del descenso hay una fuerza hacia abajo debido a la gravedad que aumenta continuamente a medida que el objeto se acerca progresivamente a la Tierra.

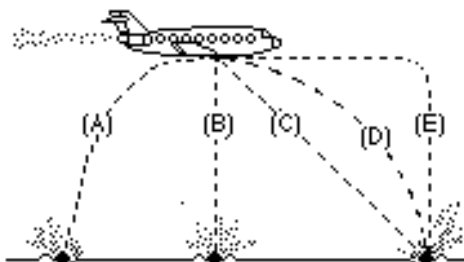
C. Una fuerza hacia abajo prácticamente constante debida a la gravedad junto con una fuerza hacia arriba que disminuye continuamente hasta que la bola alcanza su punto más alto; en el camino del descenso solo hay una fuerza constante hacia abajo debida a la gravedad.

D. Sólo hay 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

7. 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 la figura posterior. ¿Qué camino seguirá de forma más aproximada dicha bola tras caer del avión?

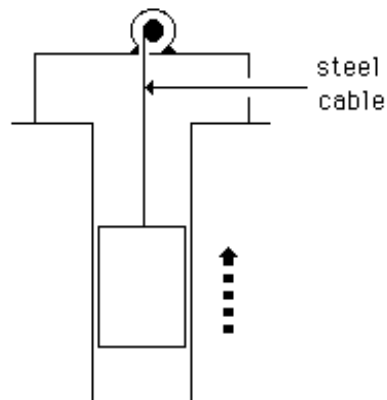


USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS DOS PREGUNTAS SIGUIENTES. 8 Y 9

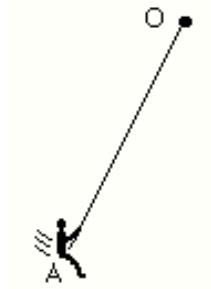


8. Mientras que el automóvil que empuja al camión acelera para alcanzar la velocidad de marcha:
- A. La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
  - B. La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor a la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
  - C. La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor a la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
  - D. Dado que el motor del automóvil está en marcha, este 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 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 simplemente porque está en el camino del automóvil.
9. Después de que el automóvil alcanza la velocidad constante de marcha a la que el conductor quiere empujar al camión.

- A. La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es igual a la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
  - B. La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es menor a la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
  - C. La intensidad de la fuerza que el automóvil aplica sobre el camión es mayor a la fuerza que el camión aplica sobre el auto.
  - D. Dado que el motor del automóvil está en marcha, este 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 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 simplemente porque está en el camino del automóvil.
10. 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 que 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 fuerza hacia abajo debida a la gravedad y una fuerza hacia abajo debida al aire.
11. En la siguiente figura se muestra a un chico columpiándose en una cuerda, comenzando en un punto más alto que A. considérense las siguientes fuerzas:



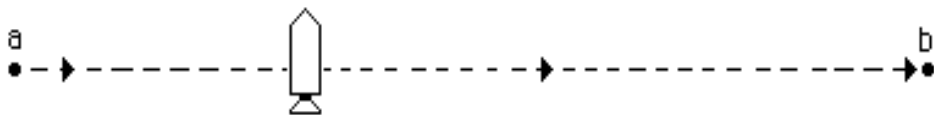
1. Una fuerza hacia abajo debida a la gravedad.
2. Una fuerza ejercida por la cuerda dirigida de A hacia O.
3. Una fuerza en la dirección del movimiento del chico.
4. Una fuerza en la dirección de O hacia A.

¿Cuál de dichas fuerzas actúan sobre el chico?

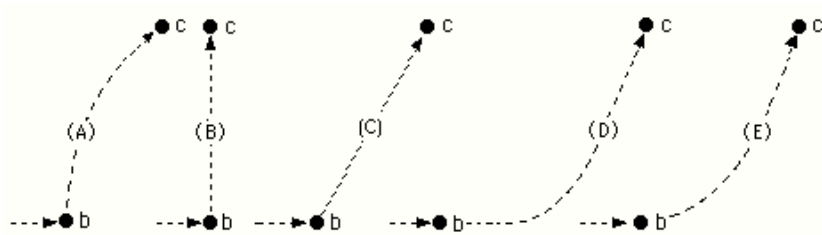
- A. Sólo la 1.
- B. 1 y 2.
- C. 1 y 3.
- D. 1, 2, y 3.
- E. 1, 3 y 4.

USE LA DESCRIPCIÓN Y LA FIGURA ADJUNTAS PARA CONTESTAR LAS CUATRO PREGUNTAS SIGUIENTES: 12, 13, 14 Y 15.

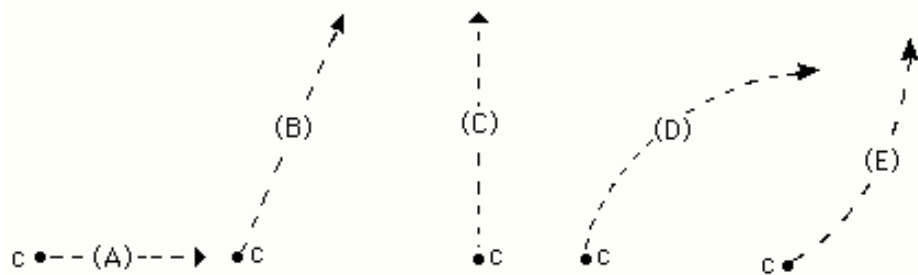
Un cohete flota a la deriva en el espacio exterior desde el punto "a" hasta el punto "b", como se muestra en la figura adjunta. El cohete no está sujeto a la acción de ninguna fuerza externa. En la posición "b" el cohete se enciende y produce un empuje constante (fuerza sobre el cohete) en un ángulo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



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



13. Mientras el cohete se mueve desde la posición "b" hasta la posición "c" la magnitud de su velocidad es :
- Constante.
  - Continuamente creciente.
  - Continuamente decreciente.
  - Creciente durante un rato y después constante.
  - Constante durante un rato y después decreciente.
14. 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".



15. A partir de "c" la velocidad del cohete es :
- Constante.
  - Continuamente creciente.
  - Continuamente decreciente.
  - Creciente durante un rato y después constante.
  - Constante durante un rato y después decreciente.



16. 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.

17. 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 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.

18. Si la mujer de la pregunta 16 deja de aplicar de repente la fuerza horizontal sobre la caja, ésta:

- A. Se parará inmediatamente.
- B. Continuará moviéndose con una velocidad constante durante un rato y después se 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.

19. En la figura adjunta el estudiante "a" tiene una masa de 95Kg y el estudiante "b" tiene una masa de 67 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 en la figura. 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:

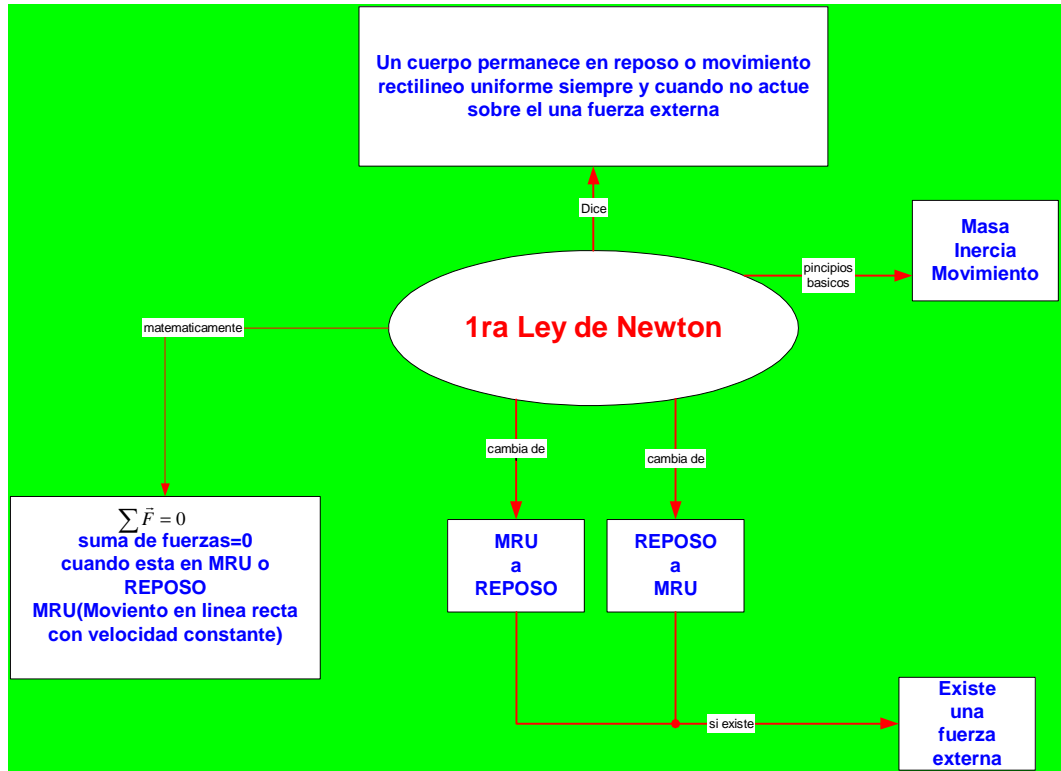
- A. Ninguno de los estudiantes ejerce fuerza sobre el otro.
  - B. El estudiante "a" ejerce una fuerza sobre el estudiante "b" pero "b" no ejerce ninguna fuerza sobre "a".
  - C. Ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero "b" ejerce una fuerza mayor.
  - D. Ambos estudiantes ejercen una fuerza sobre el otro, pero "a" ejerce una fuerza mayor.
  - E. Ambos estudiantes ejercen la misma cantidad de fuerza sobre el otro.
20. 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).

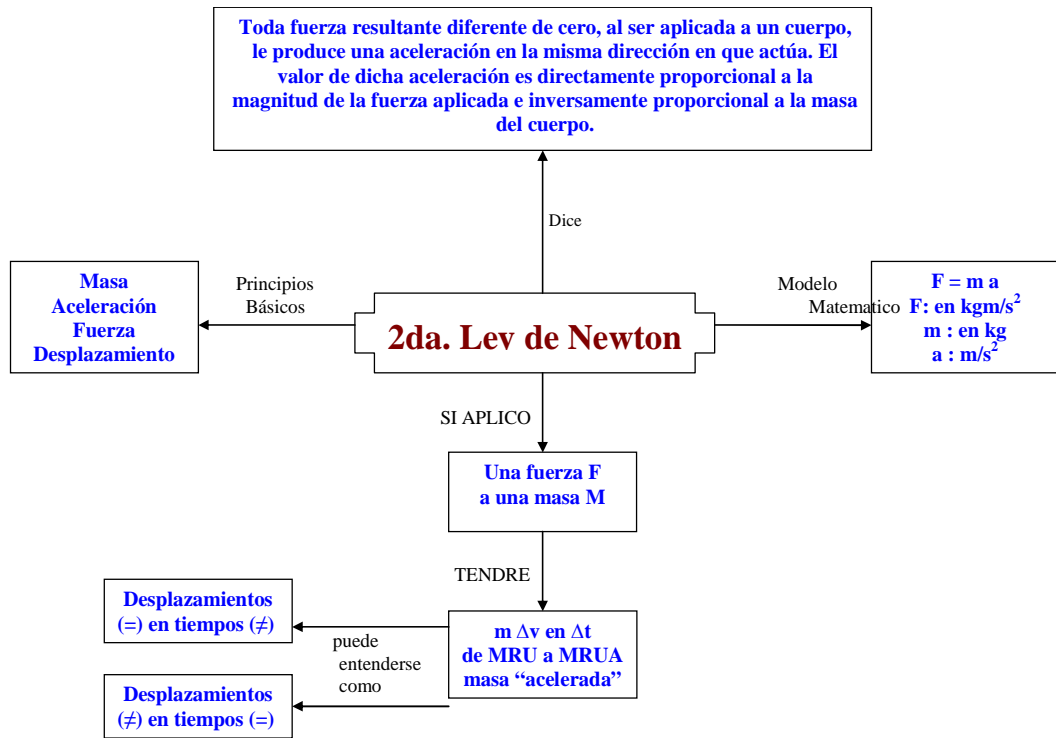
## Anexo 2.

Mapa Conceptual sobre la primera ley de Newton.



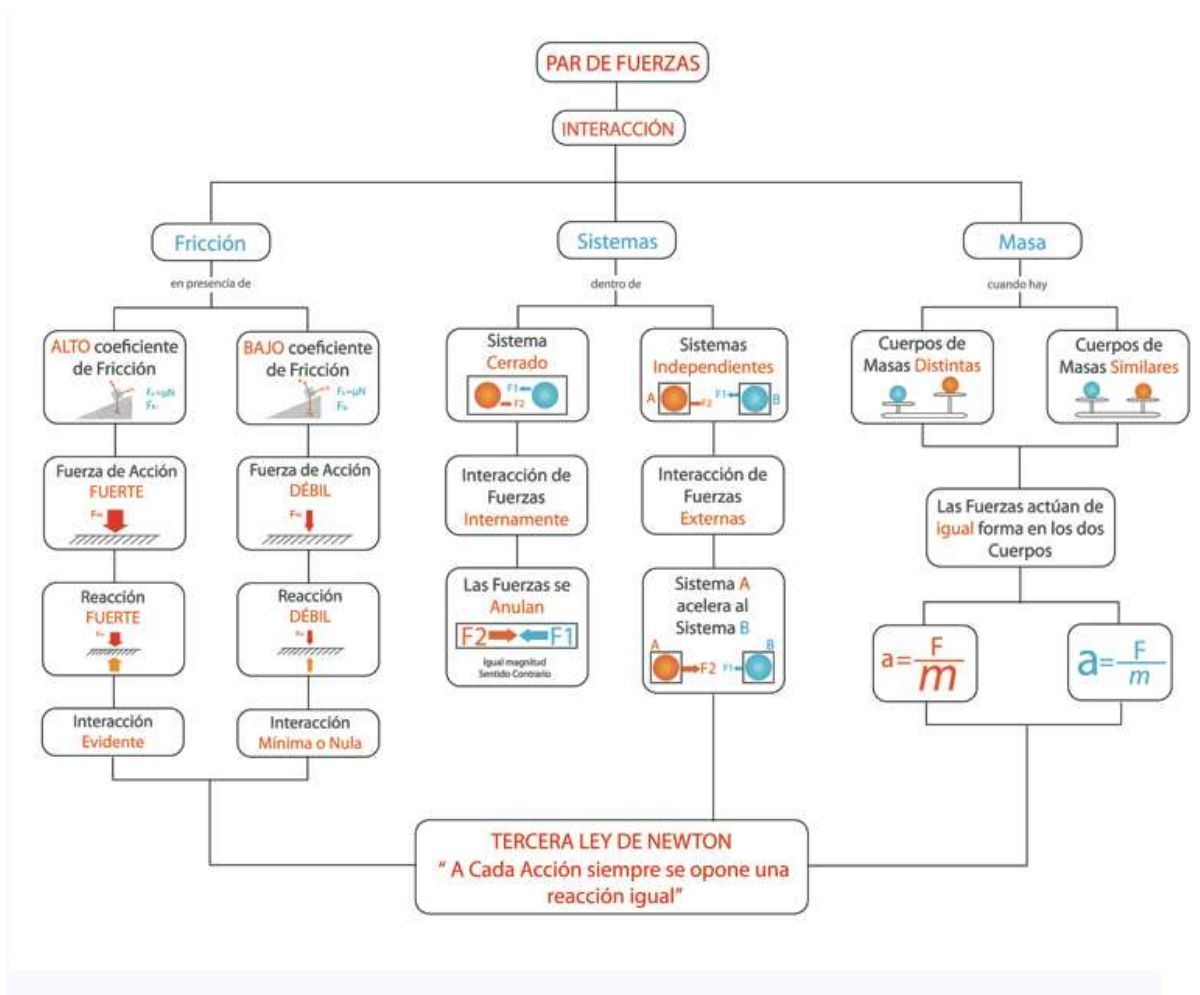
### Anexo 3.

Mapa Conceptual sobre la segunda ley de Newton.



## Anexo 4

Mapa Conceptual sobre la tercera ley de Newton.

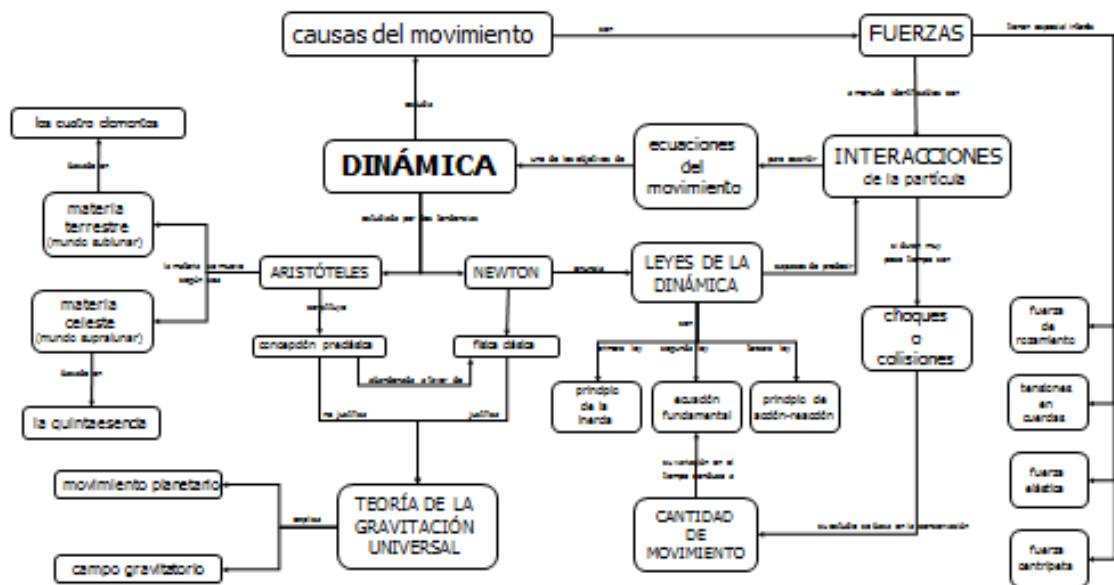


Tomado de: <http://es.wikiversity.org/wiki/Archivo:3ra-ley.png>

## Anexo 5

Mapa conceptual sobre Dinámica.

### UNIDAD 2. LAS CAUSAS DEL MOVIMIENTO: DINÁMICA



## 8. APÉNDICES

### Apéndice 1.

Modelo de ejemplo acerca de la construcción de diagramas de fuerzas.

ACTIVIDADES DE **REPRESENTACIONES** QUE PERMITEN GANAR PROGRESIVAMENTE HABILIDAD PARA SOLUCIONAR PROBLEMAS DE MECÁNICA QUE INVOLUCRAN LA APLICACIÓN DE LAS LEYES DE NEWTON

## Ejemplo

### 1. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN FÍSICA



Figura 1

Sistema físico: Cenicero sobre libro.

Un cenicero se encuentra en reposo sobre un libro, el cual a su vez descansa en reposo sobre mesa horizontal.

### 2. REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE LA SITUACIÓN FÍSICA

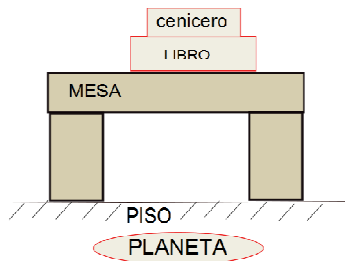


Figura 2

### 3. REPRESENTAR EN FORMA MATRICIAL LAS INTERACCIONES ENTRE SISTEMAS

	CENICERO	LIBRO	MESA	PISO	PLANETA
CENICERO	IMPOSIBLE	SI	NO	NO	SI
LIBRO	SI	IMPOSIBLE	SI	NO	SI
MESA	NO	SI	IMPOSIBLE	SI	SI
PISO	NO	NO	SI	IMPOSIBLE	SI
PLANETA	SI	SI	SI	SI	IMPOSIBLE

Celdas del mismo color corresponden a un par de ACCIÓN-REACCIÓN (Tercera ley de Newton)

### 4. REPRESENTAR CON LÍNEA PUNTEADA CERRADA EL(LOS) SISTEMA(S) FÍSICO(S) DE INTERÉS

Sistemas físicos de interés: El libro, el cenicero, el cenicero + el libro.

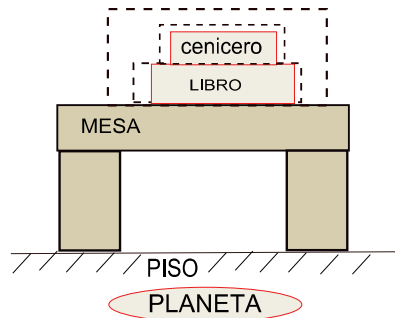


Figura 3

### 5. LISTA DETALLADA DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE EL(LOS) SISTEMA(S) FÍSICO(S) DE INTERÉS Y ASIGNAR UNA NOTACIÓN

**Sistema: El cenicero**

- Fuerza que ejerce el libro sobre el cenicero (Fuerza Normal):  $N_1$
- Fuerza que ejerce el planeta tierra sobre el cenicero (Peso del cenicero):  $P_1$

¿Cuáles son las fuerzas de reacción?

- Fuerza que ejerce el cenicero sobre el libro (actúa sobre el libro):  $N_1'$
- Fuerza de atracción que ejerce el cenicero sobre el planeta (actúa sobre el planeta):  $P_1'$

**Sistema: El libro**



- Fuerza que ejerce el cenicero sobre el libro (Fuerza Normal):  $N_1'$
- Fuerza que ejerce la mesa sobre el libro (Fuerza Normal):  $N_2$
- Fuerza de atracción que ejerce el planeta tierra sobre el libro (Peso del libro):  $P_2$

¿Cuáles son las fuerzas de reacción?

- Fuerza que ejerce el libro sobre la mesa (actúa sobre la mesa):  $N_2'$
- Fuerza de atracción que ejerce el libro sobre el planeta (actúa sobre el planeta):  $P_2'$

**Sistema: El cenicero + el libro**

- Fuerza que ejerce la mesa sobre el sistema cenicero + libro (Fuerza Normal):  $N$
- Fuerza de atracción que ejerce el planeta tierra sobre el sistema cenicero + libro (Peso del sistema cenicero + libro):  $P$

¿Cuáles son las fuerzas de reacción?

- Fuerza que ejerce el sistema cenicero + libro sobre la mesa (actúa sobre la mesa):  $N'$
- Fuerza de atracción que ejerce el sistema cenicero + libro sobre el planeta (actúa sobre el planeta):  $P'$

**6. REPRESENTACIÓN DE LAS FUERZAS (DIAGRAMA DE FUERZAS) QUE ACTÚAN SOBRE EL(LOS) SISTEMA(S) DE INTERÉS**

- Debe “aislarse el sistema”.
- Las fuerzas, en la medida de lo posible, se representarán con longitudes relativas.

**Sistema físico: El cenicero**

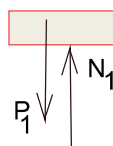


Figura 4 A

Sistema físico: El libro

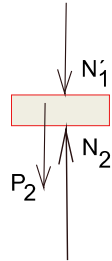


Figura 4 B

Sistema físico: El cenicero + el libro

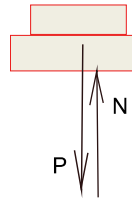


Figura 4 C

7. REPRESENTACIÓN DE LAS FUERZAS SIMPLIFICANDO EL MODELO A UNA PARTÍCULA (SÍ ES POSIBLE)

Sistema físico: El cenicero



Figura 5 A

**Sistema físico: El libro**

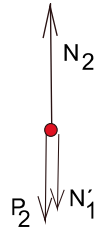


Figura 5 B

**Sistema físico: El cenicero + el libro**



Figura 5 C

**8. ¿Qué SIGUE?**

Para continuar la situación problema se deberían completar los siguientes pasos:

- Una vez descrita la situación problema y realizada su representación simplificada se debería:
  - Elegir MARCO DE REFERENCIA.
  - Elegir SISTEMA DE COORDENADAS ANCLADO AL MARCO DE REFERENCIA.
- Después del paso 7, hacer la descomposición de fuerzas (componentes rectangulares) y proceder a aplicar las leyes de Newton por cada dirección.
- Resolver las ecuaciones.
- Verificar los resultados.