



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

Facultad de Educación

La práctica para la comprensión conceptual de las Leyes de Newton, como fenómeno físico más que matemático.

Trabajo presentado para optar al título de Licenciado en Matemáticas y Física

GIUSTIN ANDRÉS MAYORGA LÓPEZ

Asesor(a)

EDILMA RENTERÍA RODRÍGUEZ

Medellín - 2016

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Empiezo dedicándole esta investigación a todos los profesores, que me ofrecieron diferentes perspectivas del oficio docente, de manera especial a los que a mi consideración son malos, porque ellos son lo que me alejaron de forma consiente de algunos métodos precarios y obsoletos, que me dejaron múltiples vacíos conceptuales, que siempre recurrían al prejuicio para calificarme como mal estudiante por mis comportamientos y que para su desgracia y causarme gracia, nunca tuvieron argumentos de peso más que su ineptitud.

Dedico con amor esta investigación a mis padres que siempre me exigieron, confiaron en mis capacidades y su deseo siempre es lo mejor para mis hermanos y para mí, a los profesores que alentaban mi curiosidad y nunca me negaron una respuesta a mis ocurrencias, entre ellos mi querida profesora Edilma Rentería que saco lo mejor de mí en esta investigación, a los estudiantes que vieron en la estrategia aplicada una perspectiva diferente de las clases y a mi selecto grupo de amigos que me han enseñado tanto de la vida y de la humildad.

Agradezco a mi Dios por ayudarme con la paciencia, la constancia y la dedicación, cuando empecé tenía una idea y mi Dios que siempre estuvo conmigo, me hablo al oído y me dijo “confía tienes una razón”.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.	8
CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	12
1.1. PREGUNTA PROBLEMATIZADORA	17
1.2. OBJETIVOS	17
1.2.1. Objetivo General.....	17
1.2.2. Objetivos Específicos.....	17
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	18
2.1. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	18
2.1.1. Definición de Situación Problema.	18
2.1.2. Procesos de Resolución de Problemas.....	19
2.1.3. Implicaciones Didácticas Sobre Resolución de Problemas.	25
2.1.4. Dificultades Sobre Resolución de Problemas.	27
2.2. TRABAJOS PRÁCTICOS.	30
2.2.1. Definición de Trabajos Prácticos.....	30
2.2.2. Tipos de Trabajos Prácticos.....	31
2.2.3. Implicaciones Didácticas Sobre Trabajos Prácticos.	35
2.2.4. Dificultades Sobre Trabajos Prácticos.....	36
2.3. ENSEÑANZA DE LAS LEYES DE NEWTON.....	38
2.3.1. La formulación de las Leyes de Newton.....	38
2.3.2. Algunos Comentarios a la Revisión Histórica de las Leyes de Newton.....	46
2.3.3. Dificultades Sobre la Enseñanza y el Aprendizaje de las Leyes de Newton.	47

2.3.4. Criticas al Trabajo de Newton	52
CAPITULO 3. METODOLOGÍA.....	53
3.1. FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	54
3.3. ENFOQUE CUANTITATIVO.....	55
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	55
3.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	57
3.6. VARIABLES A ESTUDIAR.	57
3.6.1. Variable Manipulada.....	58
3.6.2. Variable Observada.....	58
3.7. INSTRUMENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.7.1. Pretest Tipo Encuesta.....	63
3.7.2. Postest de Aprendizaje Conceptual.....	63
CAPITULO 4. ESTRATEGIA DIDÁCTICA.....	65
4.1. COMPONENTES INTRÍNSECOS DE LA ESTRATEGIA.....	66
4.1.1. Contenido Conceptual.....	66
4.1.2. Procesos Subsecuentes.....	67
4.1.3. Articulación de los Conocimientos Conceptuales y Procedimentales.....	70
CAPITULO 5. ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	73
5.1. CODIFICACIÓN DE DATOS.....	73
5.2. PROGRAMAS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS.	74
5.3. ESPECIFICIDADES DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	75
5.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.	84

5.4.1.	Interpretación del FACTOR 1 “Primera Ley de Newton”.....	84
5.4.2.	Interpretación del FACTOR 2 “Segunda Ley de Newton”.	86
5.4.3.	Interpretación del FACTOR 3 “Tercera Ley de Newton”.	90
5.4.4.	Interpretación del FACTOR 4 “Ley de la Gravitación Universal de Newton”. ...	91
5.5.	COMPARACIÓN DE MEDIAS CON PRUEBA T.....	92
CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....		96
CAPITULO 7. ANEXOS.....		100
7.1.	PRETEST TIPO ENCUESTA.....	100
7.2.	POSTEST DE APRENDIZAJE CONCEPTUAL.	103
7.3.	ACTIVIDAD DE CAMPO.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		118

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 "Factores e Indicadores"	62
Tabla 2 "Codificación Grupo Experimental"	78
Tabla 3 "Codificación Grupo Control"	81
Tabla 4 "Estadísticas de Grupo"	94
Tabla 5 "Prueba de Muestras Independientes"	94

LISTA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1 "Gráfica comparativa por factores"	83
Ilustración 2 "Gráfica verificación por preguntas"	83
Ilustración 3 "Factor 1"	85
Ilustración 4 "Indicadores del Factor 1"	85
Ilustración 5 "Factor 2"	86
Ilustración 6 "Indicador 5 del Factor 2"	88
Ilustración 7 "Indicador 6 del Factor 2"	88
Ilustración 8 "Indicador 7 del Factor 2"	89
Ilustración 9 "Factor 3"	90
Ilustración 10 "Indicadores del Factor 3"	91
Ilustración 11 "Factor 4"	92
Ilustración 12 "Indicadores del Factor 4"	92

INTRODUCCIÓN.

La investigación es emprendida desde la experiencia con la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos sobre física, por lo que es necesario exponer la experiencia del autor con éstos en un primer momento, luego las pretensiones de la investigación realizada, exhibir la consistencia de la estrategia que postula la investigación y realizar un comentario que comprenda lo que esta estrategia logra, para introducir e incentivar al lector a realizar una lectura crítica y se motive por la aplicación de dicha estrategia.

Frente a la experiencia en procesos de enseñanza y aprendizaje sobre física, se observa que un profesor recurre en momentos del proceso al lenguaje denotativo para intentar que el estudiante comprenda en que consiste el concepto, y los libros utilizan para dicha explicación lenguaje connotativo, los cuales en conjunto componen lo que se entiende como pragmatismo que para esta investigación la conjunción de estos lenguajes es primordial y necesaria, pero, el estudiante al momento de enfrentarse a ejercicios de tipo algorítmicos cometen errores a causa del desconocimiento de tal pragmatismo, lo que indica que no debe postergarse este miembro del concepto y se piensa en un merecimiento de importancia para la enseñanza de los conceptos de física.

Si bien, este merecimiento mencionado pueden causar para los docentes que tienen experiencia con la enseñanza de la física críticas frente al trabajo en curso y conflictos en posiciones que defienden que este pragmatismo no se desconoce, ya sea con estrategias innovadoras o de tipo tradicional, esta investigación quiere asumir una postura radical en beneficio de la enseñanza de la física, ¿Cómo quiere lograr esto?, dividiendo la creencia común de la población estudiantil que en principio relacionan de forma directa la física con las matemáticas, pues el recurso matemático es la prioridad en las clases tradicionales.

Lo cual de forma directa ofrece el objetivo de Analizar el impacto que tiene la aplicación de una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas prácticos, no matemáticos, en el aprendizaje conceptual sobre las leyes de Newton, en los estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa José Miguel de Restrepo y Puerta, por medio del diseño de una estrategia que separa el recurso matemático del aprendizaje conceptual y la posterior comparación de ésta con un estrategia de tipo tradicional, en seguida se antoja al lector en la consistencia de esta estrategia.

La estrategia se tecnifica en cimientos sólidos de trabajos prácticos y resolución de problemas, esto de forma configurada pues estas vertientes permiten la incorporación de elementos de forma recíproca, como la intención es aislar el recurso matemático de la enseñanza de la física (sin desconocer que el lenguaje matemático es importante para el aprendizaje sobre física), estos cimientos albarán una serie de actividades que permiten que tal intención se pueda llevar a cabo, como lo que se pretende es enseñar una temática de física se selecciona el tema Leyes de Newton y se diseña una estrategia que reúna una serie de actividades inéditas (todas diseñadas por el autor) con elementos prácticos y de resolución de problemas, además se destaca, sin el uso de algoritmos matemáticos.

Con el fin de que el lector contextualice los resultados con la estrategia aplicada se ofrece una ligera mirada a la población muestra, los estudiantes seleccionados para la aplicación de la estrategia que ofrece esta investigación, es un grupo de décimo grado de la Institución Educativa José Miguel de Restrepo y Puerta ubicada en la ciudad de Copacabana en el norte de Antioquia, dicho grupo está compuesto por estudiantes de dieciséis años en promedio y una cantidad aproximada de 30 estudiantes, cantidad promedio para todos los cursos de décimo, por otra parte el grupo seleccionado como control de la investigación cumple exactamente las mismas características con la una diferencia que la estrategia que se utiliza para la enseñanza de los conceptos sobre física es de tipo tradicional.

Lo inmediatamente anterior es lo que se promete con características de variables, esto es, la variable independiente es la estrategia aplicada para la enseñanza de los conceptos sobre física y como los grupos seleccionados cumplen características similares, en consecuencia se piensa que el aprendizaje conceptual es una dependencia de la estrategia aplicada por lo que éste se caracteriza como variable dependiente

Ahora si bien, las Leyes de Newton son postulados en los cuales se erigen toda la teoría mecánica del autor en cuestión, su caracterización axiomática es la que posibilita que esta estrategia sea aplicada y el efecto en el aprendizaje sea tentativo, esta estrategia se estructura en cuatro factores de aprendizaje conceptual compuestas por las tres Leyes y sumado a esto la Ley de Gravitación Universal propuesta en un primer momento por el mismo, cada uno de estos factores se dividen en indicadores de aprendizaje que son los conceptos que componen dichos factores, o mejor dicho los conceptos que son considerados necesarios para que cada una de la Leyes de Newton sea comprendida por el estudiante.

Para lo cual el autor de forma creativa ofrece actividades para favorecer el aprendizaje de estos conceptos en las cuales se comprenden: debates, ilustraciones, infografías, fotografías, examinar videos en contraposición con la realidad, elaboración de experimentos ilustrativos, elaboración de videos, exposiciones y trabajos participativos; todas las actividades mencionadas cuestionadas (dichos cuestionamientos realizados de forma premeditada) por el docente con el fin de articular la resolución de problemas para incentivar el uso de la creatividad por parte de los estudiantes.

La estrategia mencionada logra en resumen, incorporan en el trabajo a un grupo más grande de estudiantes al aprendizaje de conceptos sobre física, esto es, que no limita el aprendizaje de estos conceptos a los estudiantes habilidosos con el uso de algoritmos matemáticos (que es un grupo más reducido), logra que el aprendizaje de estos conceptos sean duraderos porque cambian en el

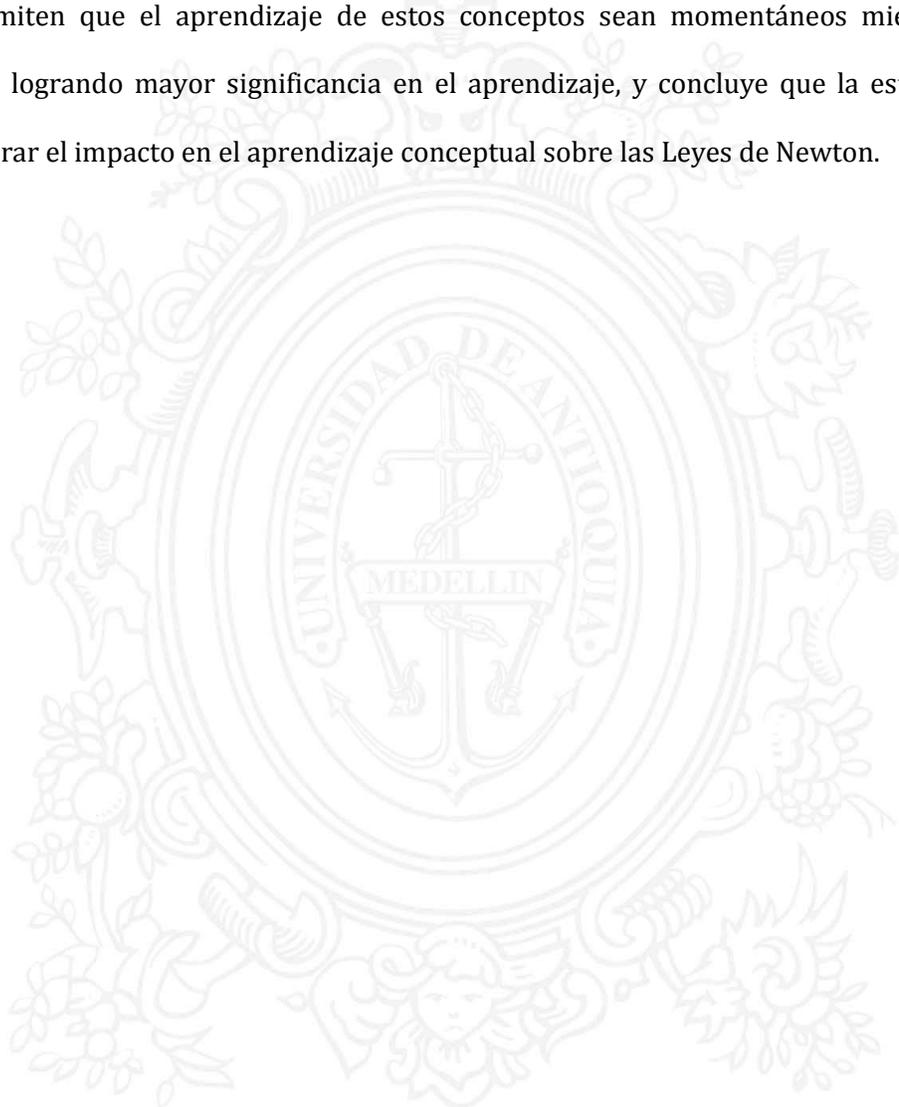


UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1803

Facultad de Educación

estudiante la percepción de la realidad, al contrario de estrategias tradicionales, que permiten que el aprendizaje de estos conceptos sean momentáneos mientras estos son evaluados, logrando mayor significancia en el aprendizaje, y concluye que la estrategia aplicada logra mejorar el impacto en el aprendizaje conceptual sobre las Leyes de Newton.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

CAPITULO 1. PLANTEAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el recorrido para plantear esta investigación se identifica que varios investigadores han planteado que la enseñanza tradicional no es efectiva para lograr cambios conceptuales sobre la Física en los estudiantes (Hake, 1998) (Jimoyiannis & Komis, 2001) (Hänze & Berger, 2007) (Taasoobshirazi & Carr, 2008), por tanto se requiere del diseño de nuevas estrategias didácticas en donde se conduzca al estudiante a observar el mundo físico, y analizar las observaciones, como mando en la construcción del concepto (Mora, 2008), para que el estudiante reconozca que la representación es la transposición lingüística de lo representado, es decir, no son iguales el concepto construido en base al fenómeno y dicha representación (García G. & Rentería R., 2013, pág. 301).

Es necesario señalar que dicha ineffectividad está constituida por una serie de dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje inherentes a las estrategias tradicionales, ya sea el lenguaje algorítmico, el diseño de la clase, la disposición de los docentes frente al concepto u otro tipo de trabajos y estrategias, la falta de tiempo para desglosar y comprender el concepto de forma rigurosa, entre muchas otras, por lo que en los siguientes párrafos se justifica por qué esto representa un problema y que aportaciones puede generar este trabajo para superar este tipo de problemas, además, de exponer de forma parcial porque los trabajos prácticos en conjunción con la resolución de problemas, se postulan en una estrategia capaz de ensalzar un aprendizaje conceptual efectivo.

Se empieza exponiendo la que para este trabajo es la principal dificultad en los procesos de enseñanza y aprendizaje de física en estrategias de tipo tradicional, la cual es, que a través de la historia se ha apoyado en la matemática como un lenguaje que tiene la suficiencia, de explicar los comportamientos de la naturaleza, en defecto, es de suma cuantía reconocer las dificultades que

presentan algunos de los estudiantes para aprender matemáticas, por no decir para la mayoría y a su vez él que implementa bien los artificios matemáticos, realiza un proceso memorístico pero si deja de lado la parte pragmática del concepto, éste no posee la capacidad de argumentar la consecución de su proceder, y el aprendizaje del concepto Físico queda relegado por un aprendizaje momentáneo de ejercicios para la evaluación (Hidalgo, Maroto, & Palacios, 2004), por lo mismo, así es que se evidencia que la interpretación del fenómeno para la solución de un problema como aprendizaje real del concepto Físico, se ve malograda por el desconocimiento del modelo planteado para dicha solución (García G. & Rentería R., 2013).

Seguidamente, es habitual que se puedan reconocer profesores de carácter tradicional que se les dificulta mucho el enseñar bajo nuevas estrategias o bajo estrategias con las cuales no tienen experiencia (Benítez & Mora, 2010), y se limitan a estrategias a las que ya están acostumbrados (tradicionales) sin que tengan en cuenta que la abstracción de fenómenos por parte de los estudiantes, es en principio importante para la comprensión del concepto, es decir, no ofrecen posibilidades para el mejoramiento de dicha abstracción, cuando un estudiante se cuestiona por el trasfondo del concepto instaurado de forma magistral esto conlleva a la preponderancia de una “epistemología espontanea” por parte de los profesores, que minimizan y curvan las concepciones científicas (Désautels, Larochelle, Gagné, & Ruel F., 1993) (Gil, 1993) (Hodson D. , 1994) (Meichstry, 1993) (Praia & Cachapuz, 1994). Este problema no está directamente relacionado con el manejo del tema por parte del profesor aunque también es probable, más bien es un efecto directo de las condiciones de tiempo y conducto calificativo de la educación misma, lo que hacen es que el profesor no se preocupe por la comprensión por parte del estudiante, del mencionado trasfondo, y solo se limite a que el estudiante adquiera habilidades en la manipulación de algoritmos, además de costumbres arraigadas de la enseñanza tradicional (Hodson D. , 1994).

Por lo que es necesario que en el diseño de estrategias ya sean de tipo magistral u otras, se enfoquen en primera instancia en el aprendizaje del concepto mediante la comprensión pragmática de éste, para beneficiar la abstracción y el proceso de aprendizaje por parte de los estudiantes de forma progresiva (Barrena, 2014). Pues la comprensión señalada, es la que va perdurar según afirmaciones de Charles Peirce, más que el uso instrumental de cualquier algoritmo, ya sea para resolver un ejercicio o desarrollar una evaluación, justificando a continuación lo que se afirma.

En pruebas de estado se formulan preguntas sobre electromagnetismo, campos eléctricos, ondas, óptica y/o luz, entre otras; pero en la realidad estos temas no se alcanzan a ver en su totalidad, pues los docentes dedican gran parte del tiempo en que los estudiantes utilicen de forma efectiva los modelos matemáticos diseñados para la física, debido a esto los estudiantes pierden el interés por la clase de física, porque no reconocen que estas herramientas y modelos matemáticos son los que establecen relaciones semánticas entre la teoría y el fenómeno (García G. & Rentería R., 2013) y a su vez por invertir el tiempo de esta forma los estudiantes no comprenden la concomitancia conceptual de estos modelos y llegan a niveles superiores de educación sin el manejo fluido de la herramienta matemática y con errores conceptuales notables (Benítez & Mora, 2010).

Debido a esto, es que los estudiantes en la clase de física, que no se enfoca en la explicación fenomenológica no obtienen ninguna respuesta con respecto al funcionamiento del mundo y las observaciones que realizan, esta afirmación justificada en los errores conceptuales antes mencionados, que no es más que la ineficiencia de las estrategias tradicionales en transformar la creencia previa de un estudiante con respecto a un fenómeno, que para efectos de este trabajos serán nombrados “concepciones alternativas”, para referirnos a ideas sin argumento científico de los estudiantes a priori de la aplicación de la estrategia

Estas dificultades han engendrado disyuntivas donde las “concepciones alternativas” de los estudiantes, pero lo que aporta esta investigación es la permutación paulatina de éstas “concepciones alternativas” por las concepciones que presume la enseñanza (Posner, Strike , Hewson, & Gertzog , 1982) (Champagne, Gunstone, & Klopfer, 1985) (Duit, 2003) (Gil, 1996). Teniendo en cuenta que la educación pretende formar personas para enfrentarse a situaciones reales y resolver situaciones problemáticas (García G. & Rentería R., 2013), también la educación es formadora de personas pensantes que toman sus propias decisiones (Hodson D. , 2002), lo que se debería hacer es preparar una estrategia en donde dicha “concepción alternativa” no sea visto como un error tajante, sino más bien sea aprovechada como un punto de partida a la construcción del concepto mediante la resolución de problemas.

Al entender cómo está siendo enseñada la física y aún más importante cómo es entendida y explicada por parte de los estudiantes, es necesario desarraigar la inherencia entre la física y la matemática, ósea, dejar a un lado la premonición de que una clase de física es en gran parte de contenido matemático, mediante la construcción de una estrategia didáctica dando una importante relevancia al aprendizaje de la parte pragmática conceptual, por lo que a continuación se exhiben y justifican las tres vertientes conceptuales que constituyen la carga teórica de la investigación y la constitución creativa y conjunta de la estrategia aplicada como oferta para superar las dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje de física antes mencionadas.

Aprovechando que los trabajos prácticos se postulan de forma objetiva en el proceso educativo, para la enseñanza de las ciencias y optimizar el aprendizaje (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012), y llevando en sí mismo el estandarte de, actividades donde se realizan procedimiento específicos usados para enseñar ciencias los cuales dan solución a un problema (Del Carmén , 2000) y sumado a esto, los trabajos prácticos favorecen la construcción conocimientos conceptuales y procedimentales fundamentales en la comprensión y práctica, por parte de los

estudiantes (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012, pág. 110), generando un ambiente de trabajo que va desde el empirismo de la ciencia como instancia primaria, hasta la formulación de postulados y la necesidad de un lenguaje que la generalice, entonces, esta investigación se basa en torno a dicho tipo de trabajo.

Además, la resolución de problemas procedimentales mediante trabajos prácticos por su parte, se albarán como una arteria que presenta la temática de las Leyes de Newton, con un catálogo de oportunidades para favorecer la enseñanza-aprendizaje de dicho tema, además, como la resolución de problemas enfatiza en los conocimientos previos o hipótesis que el estudiante se plantea (García G. & Rentería R., 2013), las pretensiones que se abarcan con esta investigación es el aprendizaje del concepto mediante el trabajo practico sin usar matemáticas, como estrategia que provee a los estudiantes de una comprensión causal previa de los procesos que tienen lugar en el sistema bajo estudio (Bredeweg & Forbus , 2003), es decir, que existe la necesidad de que un estudiante y/o un docente puedan explicar el concepto, sin que esta representación conceptual sea directamente una explicación de la representación modelada matemáticamente.

Esta investigación con la elección de un tema como las leyes de Newton pretende en primer lugar, la enseñanza reestructurando un tema que es clasificado y etiquetado como “clásico”, sin olvidar la característica axiomática que está prendido en estos postulados de Newton, por lo que es necesario que un contenido como éste sea enseñado haciendo hincapié en dicha característica, para que éste sumerja al estudiante en una producción de conocimiento comparable con el trabajo científico (Gil, 1995), y en segundo lugar, que el estudiante use la observación del mundo físico, como procedimiento constructor de hipótesis como lo ha sido a través de la historia en la construcción del conocimiento Físico para el manejo conceptual de éste; resaltando las contribuciones de los estudiantes en la construcción de su propio conocimiento que consecuentemente pueden enriquecer la estrategia didáctica.

1.1. PREGUNTA PROBLEMATIZADORA

¿Cuál es el impacto que tiene la aplicación de una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas prácticos, no matemáticos, en el aprendizaje conceptual sobre las leyes de Newton, en los estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa José Miguel de Restrepo y Puerta?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

- Analizar el impacto que tiene la aplicación de una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas prácticos, no matemáticos, en el aprendizaje conceptual sobre las leyes de Newton, en los estudiantes de décimo grado de la Institución Educativa José Miguel de Restrepo y Puerta

1.2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas prácticos sin utilizar herramientas matemáticas, para la enseñanza-aprendizaje conceptual sobre las leyes de Newton.

- Comparar el aprendizaje conceptual en estudiantes que aprenden mediante la aplicación de una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas prácticos, sin la utilización de modelos matemáticos, con los estudiantes que aprenden con la metodología tradicional utilizando dichos modelos.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

El marco teórico de esta investigación define, describe y reconoce dificultades e implicaciones didácticas sobre: resolución de problemas, trabajos prácticos y leyes de Newton, como precedente teórico y el apoyo argumentado del posterior diseño metodológico y aplicación de una estrategia didáctica que articule éstas tres filiaciones, además, recolecta recursos para optimizar los resultados de la investigación y las presunciones con la aplicación de dicha estrategia didáctica, a continuación se definen cada una de éstas.

2.1. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

Para la siguiente investigación es indispensable conocer la resolución de problemas, como perspectiva que encamina el desarrollo teórico para la elaboración de una estrategia didáctica. En el siguiente apartado definiremos que se conoce como una situación problema, sus implicaciones didácticas, resaltaremos aspectos importantes y sus principales dificultades de ejecución, uso y/o manejo.

2.1.1. Definición de Situación Problema.

Se conoce como situación problemática a todas aquellas que enfrentan a un individuo o un grupo a una oportunidad de poner en juego un compendio de conocimiento, obliga a dar una solución que aún no se conoce, para la cual no hay un conducto para su solución y en la que enmarcan correspondencias entre la información o variables. Por lo que es necesario para afrontar una situación problema por parte del que resuelve el problema “la reflexión cualitativa, el cuestionamiento de las propias ideas, la construcción de nuevas relaciones, esquemas y modelos mentales, es decir, la elaboración de nuevas explicaciones que constituyen la solución al problema,

que significa reorganización cognitiva, involucramiento personal y desarrollo de nuevos conceptos y relaciones generando motivación e interés cognitivo” (García , 2003).

Una vez definida una situación problema, es necesario reconocer la tipología del problema, según De Bono (1986) los problemas se pueden clasificar en:

1. Problemas generales de envergadura universal. A este tipo pertenece, por ejemplo, la escasez de alimentos. Se trata de temas de permanente actualidad.

2. Problemas más inmediatos. Por ejemplo, el control del tráfico en las ciudades. de los que los estudiantes tienen en su inmensa mayoría cierta noción.

3. Problemas sencillamente inmediatos. Por ejemplo. Cuestiones relacionadas con la vida escolar. Si se trata de problemas personales, puede dárseles un carácter abstracto. Como si se hablara de otras personas.

4. Los problemas de diseño e innovación. Tienen como fin obtener un efecto determinado. Suelen escogerse como tema objetivos concretos, muy diversos. Aunque su organización y energía sea siempre la misma (por ejemplo, cómo organizar un supermercado).

5. Problemas cerrados. Son los que tienen una solución definida. Que aparece como perfectamente lógica cuando se ha encontrado. Pueden ser prácticos (por ejemplo, cómo colgar una cuerda para tender ropa) o bien de tipo artificial (cómo hacer un agujero en un gran poster para que quepa la cabeza).

2.1.2. Procesos de Resolución de Problemas

La situación problema se ha pensado desde diferentes puntos de vista que convergen en el enriquecimiento del aprendizaje, pues es de naturalidad humana intentar la superación de

situaciones que se comportan como obstáculos y estrategias de este tipo se presentan con bases para la eficiencia de la educación.

Como el enfoque psicológico conductista dominante consideraba el proceso de resolución de problemas donde el instructor conoce los resultados esperados y guía al estudiante mediante una serie de instrucciones que precisan pasos y etapas consecuentes, que llevan a la posterior elaboración de procesos memorísticos que dan solución a uno o varios problemas (Driver, Children's learning in science, 1982), en este caso para el instructor dicha situación problema representaría una situación conocida o ejercicio, por tanto puede otorgar a los estudiantes el proceso lo cual en consecuencia, no genera interrelación entre los conocimientos propios del estudiante y los resultados esperados, ya que el simple hecho que un instructor conozca en qué dirección determinada para el tipo de problema, hace que de alguna manera se limite la parte creativa a causa de la ejemplificación y conducción del proceso resolutivo.

Lo que no quiere decir que no represente una situación problema, tomando como directriz lo siguiente, en la mayoría de los casos los problemas elaborados para los estudiantes en gran parte no representan ninguna dificultad para los docentes que los proponen, ya que por su experiencia se han enfrentado a problemas de este tipo y ya saben cómo proceder, pero, para el estudiante es “concebida como un problema en la medida en que resulta desconocida y en la medida en que, *a priori*, no disponemos de solución: una situación para la cual no hay soluciones evidentes” (Gil & Martínez Torregrosa, 1983), sin importar el manejo que el profesor pueda tener de dicha situación.

Los procesos de resolución de problemas son diseños independientes que se presentan como viables según el problema, o en su defecto direccionan la resolución de un problema determinado, teniendo en cuenta características del problema o la ganancia educativa que se desee con dicha

situación problema, pues todos los problemas son diferentes y no se pueden abordar todos con un mismo proceso, los procesos son los siguientes:

- Modelos algorítmicos de Resolución de Problemas

La psicología soviética de los años sesenta desarrolla la *teoría de la formación de las acciones mentales* de Gal'perin, pero ésta con contribuciones de Talyzina (1973) y Landa (1976), se han establecido como modelos de resolución de problemas en donde lo importante es enseñar el procedimiento, es decir, un tipo determinado de problemas pueden encaminarse con una serie de pasos y procesos, pues este tipo de problemas tienen una forma estructurada de solución, y si el estudiante incorpora dichos procesos conoce todo tipo de solución para problemas del mismo tipo en términos matemáticos, se conoce como algoritmo.

Landa (1976) dice que es imposible disponer de algoritmos para todos los problemas ya que, en muchos casos, se presentan situaciones en donde de forma automatizada se quiere resolver un problema y el algoritmo no cumple para dicho problema, en casos puntuales como éste, se obliga a dar uso de los procesos heurísticos, los cuales exigen que el estudiante realice un análisis más detallado de la información, como también procesos cognitivos y metacognitivos para lograr llegar a la solución esperada.

Una vez entendiendo el origen y definición del proceso algorítmico de resolución de problemas, es claro que en principio el docente toma una situación problema y al enseñar como debe ser manipulada algorítmicamente, lo que se logra en el estudiante es el aprendizaje de un proceso memorístico y rutinario que como lo enmarcan los autores buscan “desproblematizar el problema”, es decir, que con las situaciones problemas de este tipo se debe manipular la información otorgada, de tal manera que pueda ser solucionada con un algoritmo conocido que involucre todos los

factores. Por lo tanto, lo que en principio puede ser concebido por un estudiante como un problema en consecuencia y bajo el proceso algorítmico terminará siendo un ejercicio.

- **Modelo de Resolución de Problemas por Comparación entre Expertos y Novatos**

Este tipo de proceso lo que plantea es que existen estudiantes que pueden ser buenos o malos resolviendo problemas, todo esto debido a la interacción con situaciones problemas y la experiencia individual de cada uno de éstos. Lo que busca este tipo de proceso es identificar como los experto y los novatos se enfrentan y abordan un problema, para establecer aspectos importantes de este proceso con la finalidad de identificar los aspectos que los expertos dominan y perfeccionan, para que los novatos los trabajen y adquieren mayor experiencia con problemas y los expertos sean más eficientes a la hora de solucionarlos.

Al borde de las diferentes investigaciones que han tratado este proceso desde diferentes ángulos según la inherente necesidad en la que se sumerge los propósitos investigativos, vamos a mencionar algunas reseñas en las que hacen énfasis algunos constructos sobre expertos y novatos (Pozo , Puy , Domínguez , Gómez , & Póstigo, 1998)

- El enfoque entre expertos y novatos asume que en el área de especialidad, los estudiantes desarrollan procesos cognitivos los cuales pueden configurar para dar solución a un problema, pero, la pericia y el uso estratégico de éstos son en base a la relación y la experiencia con resolución de situaciones problemas (Hegarty, 1991) (Chi, Bassok, Lewis, Reimman, & Glaser , 1989) (Ferguson Hessler & De Jong, 1990), así es de suma importancia enfrentarse a una situación problema, para poder reconfigurar los procesos cognitivos de cada sujeto para la resolución como diseño.

- Los principios conceptuales son aquellos que le dan sentido y enriquecen las habilidades para resolver problemas, ya que dichos principios son el primer conducto hacia una solución deseada por parte del estudiante que se enfrenta al problema, puesto que un estudiante no se podría enfrentar a un problema, cuya área en el que se contextualiza el problema es desconocida para él (Glaser, 1998).

- “La diferencia más obvia entre expertos y novatos es el amplio conocimiento que posee el experto y al que puede acceder con facilidad en caso de necesidad, pues este conocimiento se encuentra perfectamente ubicado en sus esquemas mentales bien organizados” (López, 1991) (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981) (De Jong & Ferguson Hessler, 1986) y dicho conocimiento resolutivo tiene correspondencia con la experiencia y frecuencia con la que el experto se involucra con este tipo de tareas, además, las experiencias exitosas se exhiben como organizador de las estructuras del conocimiento y motivador para la consecución y ejecución de nuevos problemas a resolver.

- Resolución de Problemas Basada en el Desarrollo de Investigaciones Guiadas

La enseñanza-aprendizaje a través de «Problem-based learning in small groups» (PBL) fue una idea impulsada y que empezó a incorporarse en la Facultad de Medicina de la Universidad de McMaster, en Canadá, a mediados de la década de los 60. Durante la década de los 70 y 80, siguió adquiriendo tanta eficiencia que se desplazó a diferentes campos educativos (Boud & Feletti, 1991). En esta propuesta de enseñanza, el estudiante se hace responsable de la solución de un problema el cual lo motiva y lo impulsa. En el ámbito de la física que nos ocupa, a partir de los 80 es que empiezan a surgir algunas aportaciones (Martínez Torregrosa , 1987) (Duch, 1996) (Raine & Collett, 2003) (Van Kampen, Banahan, Kelly, Ellish McLoughlin, & O'Leary , 2004).

En ésta propuesta metodológica, se concede importancia al conocimiento del grupo de estudiantes, además, se tiene en cuenta un problema contextualizado y próximo al grupo que lo

trabaja, para considerar los resultados obtenidos como un constructo social, que motiva y aporta al aprendizaje del que lo resuelve (Savery & Duffy, 1995).

Esto es, que la interacción con el entorno es importante para alcanzar un conocimiento comprensivo, si el problema genera un conflicto cognitivo estimula el uso de procesos heurísticos que mejoran el aprendizaje y que a través de la interlocución del proceso de resolución e interpretaciones individuales, se enriquece y viabiliza dicho aprendizaje individual, enriqueciendo así el conocimiento concerniente a la resolución de tal problema. De esta manera el grupo de estudiantes que se enfrentan al contexto y su problema despectivo se apropian por experiencia de los resultados y características de cualquier problema que se asemeje, ya que, problemas de este tipo son un tipo de construcción social.

“Esta base socio-constructivista, desde la perspectiva de la instrucción en el aula, conlleva utilizar los problemas para estructurar la agenda de aprendizaje, utilizando al profesor como entrenador metacognitivo y trabajando en grupos de forma colaborativa (Qin, Johnson, & Johnson, 1995). La estructura de los problemas que se resuelven con este planteamiento presenta las siguientes características: *a)* la situación inicial que se plantea no proporciona toda la información necesaria para llegar a una solución; *b)* no existe un único camino de resolución de la tarea propuesta; *c)* conforme se recopila nueva información, cambia la definición del problema; *d)* los estudiantes nunca están completamente seguros de haber realizado la selección correcta de las posibles opciones de solución” (Gallagher, Stepien, Sher, & Workman, 1995) (Arambula Greenfield, 1996).

En cuanto a los resultados de la implantación de esta propuesta metodológica en el aula se refiere, van Kampen et al. (2004) Señalan que, a nivel actitudinal, la respuesta fue muy satisfactoria, puesto que los estudiantes encuentran mayor significancia en el trabajo a desarrollar, además, que

la búsqueda de respuestas torna el aprendizaje de física mucho más interesante. Por otro lado, Duch (1996) dice que usando este planteamiento la mayoría de los estudiantes se muestran proactivos en el aula de clase.

2.1.3. Implicaciones Didácticas Sobre Resolución de Problemas.

En este apartado se asocian de diferentes investigaciones los beneficios didácticos para la educación, que subyacen de la utilización de los procesos de resolución de problemas, y al tiempo en habilidades resolutivas no solamente en problemas diseñados para la enseñanza-aprendizaje, también para la cotidianidad del estudiante como persona, mediante el aprovechamiento de los recursos cognitivos.

La primera de estas implicaciones puede ser denominada la pericia, esta implica una utilización óptima, selecta y acertada de los recursos cognitivos que se disponen y desarrollan en el área de la especialidad (Hegarty, 1991) (Chi, Bassok, Lewis, Reimman, & Glaser , 1989) (Ferguson Hessler & De Jong, 1990), una forma de identificar el desarrollo de ésta habilidad, es que los buenos resolventes son conscientes de lo que no entienden y se esfuerzan en remediarlo. Por el contrario, los malos resolventes desconocen o no se dan cuenta, a menudo, lo que no entienden de un problema por el proceso memorístico y el poco análisis del problema (Chi, Bassok, Lewis, Reimman, & Glaser , 1989)

La resolución de problemas en la medida en que un estudiante se aborda mediante estrategias basadas en ésta, en principio este tendrá los conocimientos intuitivo y teórico, como dos conocimientos independientes y complementarios, pero la pericia antes mencionada es consecuencia de la experiencia benéfica de estas metodologías, que en consecuencia terminan integrando en el estudiante el conocimiento cotidiano con el formal (Hegarty, 1991) (Larkin, 1981).

Para que los estudiantes desarrollen y mejoren las capacidades propias del dominio científico como lo son: resolver, analizar, justificar y comparar problemas; es necesario practicarlas, que en consecuencia trae el beneficio para el aprendizaje, puesto que, el estudiante se zambulle en ambientes que permitan el análisis y comparación de datos, todo de manera autónoma por la necesidad de encontrar una solución al problema tratado (Gil, 1993) (Duschl, 1995) (Jiménez Alexandre, 1998).

Otro de los beneficios de las estrategias basadas en resolución de problemas es mencionada por Huffman (1997), quien implementa por primera vez la denominada “Instrucción explícita en resolución de problema”, la cual consiste en guiar al estudiante en todo el proceso resolutivo, cuando el estudiante aún no sabe cómo debe abordarlo o no tiene experiencias resolviendo problemas, el beneficio es propiamente que los estudiantes mejoran significativamente en cuanto a la representación del problema se trata, esto no quiere decir que mejoran directamente las habilidades resolutivas.

Se señalan diversos beneficios de la aplicación de metodologías basadas en resolución de problemas, una mejor disposición actitudinal hacia el aprendizaje, seguido de mejores argumentos al momento de presentar evaluaciones utilizando más y mejores recursos como secuela del análisis y los diferentes recursos cognitivos desarrollados por éstas metodologías, los cuales no dudan en usar en laboratorios y otros entornos de aprendizaje (Van Kampen, Banahan, Kelly, Elish McLoughlin, & O'Leary, 2004).

Y por último, que impulsan el autoaprendizaje y las actividades basadas en la investigación (Rocard, Csemerly, Jorde, Lenzen, Wllweg Henriksson, & Hemmo, 2007), pues el éxito o el fracaso del proceso resolutivo está delimitada seriamente a la responsabilidad investigativa del estudiante,

que a su vez, tiene que afrontar los problemas que se vayan presentando y asumir a modo personal las conclusiones que pueda obtener.

2.1.4. Dificultades Sobre Resolución de Problemas.

Si bien se han exhibido algunos beneficios didácticos y se señalan aspectos para tener en cuenta en el trabajo en curso, sería irresponsable no prestar atención y no tener siempre presente las dificultades detectadas por autores expertos en resolución de problemas y que han tenido experiencia de campo con estrategias de éste tipo, por lo que se hace un compendio de diferentes observaciones detectadas en el material bibliográfico utilizado, que si bien destacan hábitos exitosos, las dificultades resaltan y la idea es entenderlas y confrontarlas, así que, en el siguiente párrafo se expondrán.

Del proceso algorítmico de resolución de problemas sin duda la imposibilidad de disponer de algoritmos para todos los problemas ya que, en muchos casos, no se conoce de antemano cómo resolverlos, para lo cual hay que recurrir a las reglas heurísticas (Landa , 1976), porque, los problemas algorítmicos recurren a hacer una colecta, en donde se clasifican los problemas dependiendo de su proceso de solución, recreando patrones y generalidades, pero, si se asume un problema del cual no se conoce una forma de tratamiento el nivel problemático aumenta y no se conoce que tan benéfico sea para el aprendizaje en sí mismo.

En realidad el verdadero problema sería el campo limitado del proceso algorítmico, si lo que la propuesta didáctica pretende es simplificar, cada docente que aplicase este tipo de proceso de resolución, se vería involucrado en encontrar un algoritmo para cada tipo de problema, para que el estudiante posea el recurso una vez le sea necesario, sin embargo, como está estructurada la educación en la actualidad, sería una tarea dudosamente posible de realizar (Ramírez , Gil , & Martínez Torregrosa, 1994).



Ahora sí, se pensara en la otra cara de la moneda, es decir, no en el docente que aplica estrategias que se centran en éste tipo de proceso, sino en el estudiante que se acostumbra a dichas estrategias, se observa que el que organiza y clasifica el problema en un estándar de resolución, se satisface en una vana seguridad para enfrentar cualquier problema, lo que a su vez es una cuestión que lo limita cuando el problema que se le presenta no tiene cabida en aquellos estándares o generalizaciones (Frazer & Sleet, 1984).

Si bien, el proceso de resolución algorítmico presenta dificultades no es el único proceso en el cual se pueden detectar, por su parte el proceso comparativo entre expertos y novatos destaca que una de las principales dificultades de los resolventes novatos, se encuentra en la «representación interna» del problema, que consta de reconfigurar lo que otorga el problema en primeras etapas de confrontación y como el resolvente lo arrostra. Pero las investigaciones no solo se quedan en la dificultad, sino, que estos estudios hallan y resaltan la importancia de un análisis cualitativo del problema que identifique sus características principales, como arteria estratégica para la superación de dicha dificultad (Chi, Glaser, & Rees, Expertise in problem solving, 1982) (Mc Millan & Swadener, 1991) (Heller, Keith, & Anderson, 1992).

Otras de las dificultades que se evidencian en muchas de las primeras investigaciones en esta línea de expertos y novatos, es que los problemas abarcan gran contenido informativo, pero, se ve malogrado por la forma descontextualizada del aula en la que se realizan (Maloney, 1994). La verdadera dificultad no recae en el enfoque, la dificultad surge cuando de estas investigaciones se pretende obtener conclusiones donde se involucre de forma directa el rol que desempeña el docente, en el proceso de adquisición de habilidades resolutivas por parte de los estudiantes (Mikel, Guisasola, & Almudí, 2008).

Por otra parte, es de consideración mencionar lo que los diferentes estudios resaltan, como los principales distintivos de los estudiantes que fracasan con el enfoque de resolución de problemas los cuales son: la insuficiencia en saberes específicos, si este no fuese el caso y el estudiante posee las capacidades, el posicionamiento estructurado de dichas capacidades en el proceso mental y la estimación del problema no son las correctas (Chi , Glaser, & Rees, 1982) (Kempa , 1986) (Elio & Scharf, 1990).

El un gran colectivo bibliográfico destacan como un error de la utilización de tareas relativas a las estrategias de resolución de problemas de forma aislada y sin ningún tipo de objetivo clarificado de forma previa, resulta defraudado y es insuficiente para lograr la calidad en el aprendizaje que estas estrategias pueden ofrecer, en cambio, si una serie de tareas se planean y adecuan a una estrategia basada de forma global a la resolución de problemas se dan resultados más eficientes, y esto en consecuencia permite que las estrategias se ocupen en su totalidad al saber específico, potenciándolo y cobijándolo a cabalidad, lo que es competente si se pretende utilizar algún proceso resolutivo en la enseñanza de la física.

La dificultad más notable es que si el estudiante no encuentra interés en este tipo de estrategias, no participa plenamente en la elaboración de las estrategias de resolución ni de los procedimientos, y si esto no pasa, lo que desde una perspectiva constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias resultaría imprescindible (Furió, Iturbe, & Reyes, Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias, 1994), la estrategia se devalúa y las pretensiones educativas del docente que procede con éstas no fructificaran.

2.2. TRABAJOS PRÁCTICOS.

En esta división exhibiremos el segundo enramado en la que se apoya la investigación como idea para ejecutar como estrategia didáctica. Éste soporta y justifica la importancia de una estrategia basada en trabajos prácticos, por lo que se considera importante mostrar que se entiende por trabajo práctico, los tipos de trabajos prácticos que se conocen, sus principales implicaciones didácticas y las principales dificultades al momento de ejecutar estrategias de este tipo.

2.2.1. Definición de Trabajos Prácticos.

Se define como trabajo práctico un espacio en el ambiente educativo en donde el estudiante puede encarar diferentes aditamentos que en otros ambientes no, como lo son: “la aplicación y manipulación de materiales e instrumentos, manejo de datos y fórmulas, aprendizaje de técnicas de laboratorio, construcción de conceptos, análisis de datos, identificación de variables y de las correlaciones entre ellas, etc.” (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012, pág. 101).

El trabajo práctico en consenso con algunas investigaciones, se presenta como dosificador del cambio conceptual que producen algunos modelos científicos (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012), pues, la forma en la que el estudiante se enfrenta al cambio conceptual en la educación científica, necesita ser ambientada en el trabajo científico, es decir, entre más se científica la educación mejores son los resultados, para lo que el trabajo práctico se postula como medio.

Si bien en los párrafos anteriores, se definen los trabajos prácticos como un espacio y un sistema que ambienta el trabajo de aula para acercarlo de cierta manera al trabajo científico, no se puede olvidar, que los trabajos prácticos son todos aquellos donde los estudiantes tienen que ser activos (Hodson D., 1994), con esto, lo que se aclara es que éstos son más incluyentes, aceptando cualquier estrategia de aula que dinamice la adquisición y construcción de conocimiento.

Otras perspectivas sobre trabajos practico es más instrumentalizada y presenta el trabajo practico como un método o material que incremente la calidad del aprendizaje (Benítez & Mora, 2010), estas perspectivas se enfocan en la práctica de aula y resaltan meramente el cambio metodológico y el interés de los estudiantes por el quehacer en el aula para aprendizaje de una temática y que dicho interés es la causa del mejoramiento del aprendizaje, pues el estudiante encuentra agradable que la clase se formule de formas diversas.

Sin duda los trabajos prácticos son un conducto rico y diverso en destrezas educativas que se pueden desarrollar, a su vez, son estrategias que exigen que los estudiantes hagan para aprender, del cual se desprenden predicciones, observaciones, discusiones y síntesis (PODS) (SoKoloff & al., 2006), en definitiva lo que enuncia el autor reúne la finalidad de la investigación en curso, la cual es el desarrollo y la participación activa de los estudiantes en actividades que permiten socializar el constructo del conocimiento conceptual de un tema de física.

2.2.2. Tipos de Trabajos Prácticos.

Como ya se ha mencionado, los trabajos prácticos reúnen un conjunto diverso de actividades que cumplen con la caracterización relativa, pero estos de igual manera se presentan de forma organizada y existe una clasificación de éstos, la cual se considera importante como información que el lector debe conocer, es por esta razón que de forma seguida se mostrarán las diferentes clases y en qué consisten.

- Las Experiencias Prácticas.

Aunque con muy pocas definiciones, son las experiencias las prácticas más comunes, son actividades que propician la familiarización perceptiva de los estudiantes con los fenómenos con la experiencia práctica; como ejemplos se mencionan: el experimentar la fuerza de una liga al

estimarla, percibir el olor de un gas, etc. Esto es, que sabemos que un fenómeno pasa y eso ya lo hace una experiencia, pero que la experiencia pase a ser una experiencia estética va en relación al vínculo sensorial de los estudiantes con éste fenómeno, por lo que se pretende que lo que en teoría es posible se pueda evidenciar en la realidad con la observación del fenómeno, aumentando la calidad del aprendizaje (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012).

- Los Experimentos Ilustrativos

Estos tipos de trabajo prácticos van en dirección a la interpretación de un fenómeno, la ilustración de un principio o la puesta en proclama de una relación entre variables. Ejemplos de este tipo de trabajos prácticos son todos los realizados para la muestra de fenómenos físicos en donde se reconstruye el fenómeno, como situaciones de gran escala en el aula de clase o en el laboratorio, por ejemplo: la combustión de una vela dentro de un vaso rodeado de agua, la viscosidad entre sustancias o la creación de fluidos no newtonianos, entre muchos otros de fácil elaboración. Cabe resaltar que lo importante y que no se puede omitir en este tipo de trabajos prácticos es el pertinente uso de sensores para tener una observación más inmediata de la interrelación de las variables experimentales.

- o Los Experimentos de Aula.

Los experimentos de aula (*chemical demonstrations*), tan comunes en diferentes investigaciones, son ejemplo de estos dos tipos de trabajos prácticos, y lo importante de estos es la variabilidad dictaminada por el manejo mismo del experimento. Talesnick (1993) las define como demostraciones y/o mostraciones de experimentos útiles para el conocimiento científico, que deben ser sencillas de presentar y atractivos, deben generar la curiosidad de los estudiantes y motivar el razonamiento al tiempo que se resaltan procesos mentales "*hands on, mind on*", algo que se considera fundamental por el autor, la diversión o la vistosidad no deben ser el único objetivo,

todo experimento tiene una finalidad temática que en principio es el objeto de éste, es importante la ejecución de estos se realicen a priori o posteriori de un contenido ya sea que este explique lo que se ha dicho en clase o ayude con la asimilación del contenido teórico que será adquirido después del desarrollo del experimento y esto va encadenado al desarrollo de la clase planteada por el profesor.

Hernández y colaboradoras (2010) después de una selección exhaustiva de treinta experimentos de aula, concluyeron que este tipo de trabajos prácticos son todo un proceso y no como se piensa que es un hecho puntual. Estos tipos de trabajos se ofrecen a los estudiantes como una forma atractiva de visualizar un fenómeno y tener la oportunidad de vincular la percepción con éstos, acercando cualquier representación a un plano controlado y artificial, al tiempo que permite el análisis de las relaciones entre las variables experimentales, se promueven explicaciones razonadas de los experimentos y la formulación de hipótesis, entre otras habilidades científicas.

o Las Actividades POE

Las actividades POE (predecir-observar-explicar) quedarían también circunscritas en estos tipos de trabajos prácticos. Champagne y colaboradores (1980) presentaron un instrumento de evaluación diagnóstica (pre-instruccional) para conocer las concepciones alternativas de los alumnos sobre el movimiento y le llamaron prueba DOE (demostración, observación y explicación). Este instrumento soportado en investigaciones de otros educadores como Gunstone y White, y evolucionó a lo que ahora se conoce como prueba POE (White & Gunstone , 1992), este tipo de trabajo practico que es inclusión de los experimentos ilustrativos y tiene en cuenta factores como la observación y la explicación por parte de los estudiantes, además, de las antes mencionada concepciones alternativas son la vertiente por donde la actual investigación en curso destila el proceso desarrollador de la estrategia didáctica, a continuación se explicita cada partición de este

tipo de trabajos, para que el lector pueda entender de qué forma se pretende unificar con la resolución de problemas.

Dicha estrategia consiste en describir a los alumnos el experimento que se va a realizar y pedirles que escriban su predicción basados estrictamente en concepciones alternativas, es decir, apoyados de forma particular por la intuición (P) para que se imaginen efectos posibles, después se realiza el experimento y se pide a los alumnos que anoten sus observaciones (O) este apartado es el que realmente se exhibe conveniente para crear un conflicto cognitivo, basado en resolución de problemas y, finalmente, que las expliquen (E) tomando en cuenta la hipótesis que propusieron, además de la superación de problemas en curso.

- Los Ejercicios Prácticos

Son actividades y recursos que facilitan la evolución de “habilidades prácticas (medición o manipulación de aparatos, entre otras), estrategias de investigación (control de variables, diseño de experimentos, etc.), habilidades de comunicación (saber seguir instrucciones o comunicar los resultados por medio de un informe) o procesos cognitivos en un contexto científico (observación, clasificación, inferencia, emisión de hipótesis, etc.)” (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012). Ejemplos de este tipo de trabajos prácticos son, entre muchos otros, separar las sustancias que forman una mezcla, clasificar los sólidos según sus propiedades y la redacción de un informe sobre los resultados de una investigación.

- Las Investigaciones

Este tipo de actividades son diseñados a modo de recreación de un entorno científico, es importante que no se confunda entorno científico con trabajo de laboratorio, sino que esto es, el trabajo investigativo realizado por una persona que hace ciencia, donde los estudiantes se

enfrenten a un problema teórico en búsqueda de una solución, por ejemplo encontrar la carga de un ion, entre muchos otros.

Este tipo de trabajo tiene un intervalo tan amplio que puede tener una relación de inclusión con cualquiera de las anteriores categorías, como también salirse de las perspectivas prácticas, pues la finalidad que se pretende con la investigación es la marca la senda de ésta. Es importante tener siempre presente que estas categorías de trabajos prácticos tienen un nivel de apertura, esto es, que el marco de acción es diferente en cada caso y si se pretende vincular la resolución de problemas con éstos es necesario apoyarse en un tipo de trabajo práctico con un nivel de apertura mayor, pues esto permite acercar al estudiante a problemas más contextualizados y reales, la ejecución de razonamientos serios, críticos y argumentados científicamente. Los aspectos que habrá que cuidar para propiciar esta característica son: “la diversidad de soluciones, que depende del problema propuesto, la diversidad de estrategias de solución, el grado de dirección del profesor y el grado de participación del alumno”. (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012).

2.2.3. Implicaciones Didácticas Sobre Trabajos Prácticos.

Esta corriente de trabajo, según el compilado de investigaciones es beneficioso en el proceso educativo por muchas razones, por lo que en este capítulo mencionaremos la participación de los diferentes autores en la búsqueda de un argumento sólido para su utilización y como secuela la compenetración con otras perspectivas en el desarrollo de estrategias didácticas para el aprendizaje eficaz y/o eficiente de las ciencias.

Si se postula la forma más interactiva del trabajo práctico es porque se tienen claros los objetivos educativos a lograr con éste, por lo que Del Carmén (2000), propone y ofrece la resolución de un problema como hilo conductor en la utilización de trabajos prácticos, pues un problema,

permite formular objetivos claros y coherentes que desarrollen una clase fructuosa basada en trabajos prácticos.

Una vez se tienen objetivos a desarrollar con trabajos prácticos, es importante reconocer una de las principales implicaciones didácticas inherentes a éstos, haciendo énfasis en dicha implicación y es el desarrollo de habilidades que en otro tipo de trabajos didácticos no es posible, ya mencionadas tales como, la aplicación de conceptos y desarrollo de procedimientos, la abstracción, la emisión de hipótesis, entre muchos otros (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012).

El trabajo practico cambia “las concepciones alternativas” preexistente que favorece un posible cambio conceptual y se instala como un formato para la educación incluyente, diversificando el contenido, también enfrenta a los estudiantes a un proceso de apreciación científica donde lo esperado es, que la disposición sea actitudinal hacia la ciencia y el aprendizaje de ésta (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012), por el contrario de estrategias donde el estudiante recibe por parte de un docente información que debe instaurar de manera afirmativa.

Si bien, los trabajos prácticos benefician la educación, es claro tener a la vista a la hora de desarrollar un trabajo de este tipo, que el trabajo tiene que familiarizar al estudiante con los fenómenos, el estudiante debe ilustrar y dar muestra de la comprensión adquirida de los conceptos científicos, desarrollar actividades prácticas, contrastar hipótesis e investigar (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012), por lo que es de primera necesidad que la actividad practica sea evaluada (no un tipo de evaluación) y el estudiante de muestra de los favores de desarrollar estos contenidos con estas experiencias, una vez el estudiante adquiera estas capacidades el beneficio educativa esperado es ambicioso, pero los procesos cognitivos son efectos independientes que el estudiante atesora para su desarrollo como ser pensante.

2.2.4. Dificultades Sobre Trabajos Prácticos.

Los trabajos prácticos no son ajenos a los problemas y dificultades de tipo temático y de ejecución, porque si bien tienen efectos benéficos para el aprendizaje esto no quiere decir que sean aplicados de la mejor manera, según como lo afirman algunas investigaciones, todo esto por creencias del trabajo científico por parte de los profesores (Gil, Carrascosa, Furió, & Martínez-Terragrosa, 1991), que con dicha creencia limitan el deseo de llevar la ciencia al aula, a tal punto de considerar y hacer sesgos, que tachan el trabajo práctico de pérdida de tiempo (Hodson D., 1994).

Otras de las dificultades de ejecución y en parte responsabilidad de la autoridad docente que encausa el trabajo práctico, es que adoptan el trabajo práctico como un instrumento de evaluación (Caballer & Oñorbe, 1997). El problema radica especialmente en enfocar este como un aprendizaje por descubrimiento, en el cual se toma una decisión de la veracidad de las ciencias; cuando en realidad en la ciencia se tienen en cuenta muchos aspectos y el error es parte de aquello que ha fundamentado la ciencia a través de la historia, por la comodidad que representa "(...) la creencia en un solo algoritmo preciso, director de las investigaciones científicas" (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012) haciendo referencia al método científico.

Si bien los docente incurren en faltas actitudinales que perjudican el trabajo práctico en el aula, pero estos problemas de actitud no se limitan simplemente al profesor, existen dos tipos de estudiantes, los estudiantes que en ocasiones prefieren saber lo que están haciendo separando su gusto por el trabajo propositivo, lo cual es problemático porque la formulación de guías que instruyen paso a paso el trabajo práctico lo que desbasta la calidad en efectos de aprendizaje como efecto del trabajo, el otro caso es de los estudiantes que prefieren realizar sus propios experimentos y que en ocasiones se enfrentan a resultados desmotivantes cuando los resultados no son los esperados o salgan mal (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012).

Según Hernández y compañía (2012), basados en diferentes investigaciones exponen el conocido estereotipo publicitado del científico, que ha promocionado una imagen que no se muestra atractiva para los estudiantes que tienen la creencia de que este trabajo solo es jurisdicción del laboratorio, y en ocasiones los docentes hacen parte de estos efectos adversos, a causa de no contextualizar el trabajo en el ámbito escolar, el cual es muy diferente del de una investigación de corte científico y no direccionan el trabajo práctico a diversas finalidades como lo son: “familiarización con los fenómenos, ilustrar conceptos científicos, desarrollar actividades prácticas, contrastar hipótesis e investigar”, lo que en consecuencia degeneran los posibles efectos positivos que se puedan lograr con trabajos de este tipo (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012).

Conjugando todos estos filtros de desgaste que dificultan la buena ejecución del trabajo práctico para la educación, se determina que el trabajo práctico está siendo usado de forma irreflexiva, debido pues si no se contextualiza en el ambiente educativo y se utiliza como método de evaluación, hay que profundizar en el desarrollo por parte de los docentes en la formulación de objetivos, para los cuales el tránsito del conocimiento y la consecución de los propósitos objetados es actividades de tipo práctico, si estas no se articulan a unos fines estos trabajos prácticos son solo actividades retraídas en el marco temporal de clases (Hernández M., Irazoque P., & López V., 2012).

2.3. ENSEÑANZA DE LAS LEYES DE NEWTON.

2.3.1. La formulación de las Leyes de Newton

Se propone en este apartado hacer un breve recuento de las observaciones que se han hecho a lo largo de la historia y de las propuestas alternativas que se han elaborado para solventarlas que cumplen con el principio científico de la correspondencia. Se considera que una adaptación de la mecánica clásica a la enseñanza, no puede ignorar algunos elementos críticos sobre los conceptos

que han sido ampliamente debatidos, ya que la estrategia para que sea rica en proyección educativa el dominio temático del profesor debe ser reconstruido y orientado de forma consistente, posicionada en la crítica del saber y no como un producto final.

- La primera ley de Newton

Newton publicó en 1687 la primera versión del libro *Mathematical Principies of Natural Philosophy* que conjuga toda su teoría de la mecánica expuesta articuladamente mediante ocho definiciones y tres axiomas. Los tres axiomas constituyen lo que hoy conocemos con el nombre de leyes de Newton: la ley de la inercia; la ley de proporcionalidad entre la fuerza resultante y la aceleración; y la tercera ley o principio de acción y reacción. La primera ley establece que “todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme a lo largo de una línea recta, a menos que una fuerza impresa lo obligue a cambiar su estado” (*“Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare”, Principia, p.13*). (Newton , 1687)

Lo que resalta del primer enunciado sin lugar a dudas son dos aspectos a entender los cuales son: a) la reflexión del “estado” de reposo y de movimiento uniforme en línea recta como equivalentes desde el punto de vista dinámico; b) la suficiencia de la actuación de una fuerza impresa (fuerza externa) para el cambio de estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme. Hay que hacer hincapié en que Newton en su trabajo hacia la separación entre dos fuerzas las cuales eran: la fuerza interna o de inercia, “*vis insita*” (*definición III*) y la fuerza impresa o externa, “*vis impressa*” (*definición IV*). La fuerza de inercia justificaba que un cuerpo se resistiese a cambiar su estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme y sólo modificase su estado por la aplicación de una fuerza externa (la fuerza impresa).

Una puntualización posterior debida a Euler (1736) aclara que: el estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo es “el estado de referencia” de la dinámica newtoniana y, por lo tanto, no requiere explicación alguna. Así pues, la mecánica de Newton abandona la máxima medieval de que “todo lo que se mueve es movido por algo” (*omnia quod movetur ab alio movetur*) para considerar equivalentes (e encausados) el estado de reposo y el estado de movimiento rectilíneo uniforme. Por el contrario, el cambio de movimiento sí que requeriría explicación y la “fuerza impresa” sería la condición necesaria y suficiente para explicarlo.

Según Laplace (1799), la justificación lógica (*a priori*) de la ley de la inercia pudiera ser resumida así: “un cuerpo en movimiento seguirá moviéndose en línea recta y a velocidad constante ya que no posee en sí mismo ninguna capacidad interna para desviarse hacia la derecha o hacia la izquierda, ni para aumentar o disminuir su velocidad, por lo tanto se mantendrá con movimiento rectilíneo y uniforme”.

Jacobi señaló la convencionalidad del argumento anterior (1847), ya que no es sino una “declaración de principios” el afirmar que el movimiento rectilíneo es el estado natural y por tanto no requiere una acción externa para mantenerlo, con el mismo derecho se podría proponer como natural otro tipo de movimiento (por ejemplo, el circular) y establecer que no se requiere una fuerza para mantenerlo sino sólo para modificarlo. En realidad, la argumentación de Laplace estaba basada en el principio epistemológico de que los estados no requieren explicación y los procesos sí que la requieren.

Por lo tanto, como señaló Reech (1852), ya que no estamos en condiciones de determinar experimentalmente la trayectoria y la velocidad que seguiría un cuerpo libre de interacciones, la dinámica newtoniana elige, convencionalmente, que el cuerpo seguiría un movimiento rectilíneo y uniforme (incluyendo el reposo como caso particular).

Según Hanson (1958), aunque la ley de la inercia fue inicialmente propuesta como una extrapolación experimental del comportamiento de cuerpos que deslizan sobre planos poco rugosos (*per inductionem collectae*), adquirió con los años la consideración de convención (o de enunciado *a priori*). La primera ley nos habla de lo que ocurriría en la naturaleza si se dieran ciertas condiciones.

Una interpretación actual de la primera ley es que la misma establece el marco en el que es válida la dinámica newtoniana para fuerzas de interacción (no ficticias): los sistemas de referencia inerciales. Se puede definir un sistema de referencia inercial como aquel en el que un “cuerpo libre” se movería con movimiento rectilíneo y uniforme. Este marco inercial permitiría definir la escala de tiempos en base a los intervalos iguales recorridos por partículas libres.

Bridgman (1961), a mediados del siglo pasado, elaboró la siguiente construcción mental de un marco inercial. “Un sistema de tres ejes ortogonales rígidos determina un sistema de referencia inercial si tres partículas no sometidas a ninguna fuerza que se lanzan a lo largo de los tres ejes con velocidades arbitrarias, continúan moviéndose a lo largo de los mismos con las mismas velocidades iniciales”.

Aunque nuestros laboratorios terrestres no pueden ser considerados marcos de referencia de este tipo, sí que es posible medir cuánto se desvían del comportamiento requerido las tres masas que se lanzan en cada eje e incorporar estas desviaciones en forma de correcciones. Desde este punto de vista, la primera ley definiría a los marcos inerciales en contraposición con los marcos no inerciales, proponiendo a los experimentalistas el problema de distinguir las fuerzas reales debidas a la interacción de los objetos, de las fuerzas ficticias o pseudofuerzas debidas a la aceleración del marco de referencia.

Una formulación actual de la primera ley podría ser: “En un sistema inercial toda partícula libre se mueve a velocidad constante”. Entendiéndose como partícula libre aquella que no está sometida a ninguna fuerza. Añadiendo que las leyes básicas de la física son idénticas (invariantes) en todos los sistemas de referencia que se mueven con movimiento uniforme (velocidad constante) unos respecto a otros. Sin embargo, la primera ley se encuentra inevitablemente inmersa en el sistema de las otras leyes para poder entender el significado de “cuerpo libre”.

- La Segunda Ley de Newton

La segunda ley de los *Principia* de Newton establece que “el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se realiza en la dirección en la que actúa la fuerza impresa” (*“Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae, et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur”, Principia, p. 13*). Entender la fuerza como la causa del cambio de movimiento y la proporcionalidad entre la fuerza impresa y el cambio de movimiento de un cuerpo es la esencia de esta segunda ley. (Newton , 1687)

Newton entendía el término “movimiento” cercano a lo que actualmente entendemos por “cantidad de movimiento”, es decir, una magnitud combinada de la masa y la velocidad (mv). La expresión de “cambio de movimiento proporcional a la fuerza impresa (F) “se podría expresar en lenguaje matemático como: $F\Delta t = m\Delta v$, que permitiría interpretar mejor, según Cohen (1979), el resultado de una fuerza continua (en lugar de cuasi-instantánea) y es más coherente con la concepción “fluxional” que Newton tenía de las fuerzas.

La noción newtoniana de fuerza viene caracterizada en la definición IV como: “fuerza es una acción ejercida sobre un cuerpo con el objeto de cambiar su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta”. Como bien ha señalado Coelho (2009), el hecho de que la fuerza impresa

sea proporcional al cambio de movimiento ha sido aceptado por todos los físicos, sin embargo, en lo que no parece haber consenso es en utilizar para ello el término “causa”.

Euler, en su *Discovery of a New Principle of Mechanics* (1750), propuso por primera vez la expresión de la fuerza como producto de la masa por la aceleración. La aceleración no presentaría mayores dificultades por ser un concepto cinemático y la masa, según Euler, sería el coeficiente de proporcionalidad entre la fuerza aplicada y la aceleración, por lo que se trasladaba el problema del concepto de masa al concepto de fuerza.

Kirchhoff pretendió en su *Mechanics* (1876) una reformulación tomando como punto de partida que la función esencial de las leyes no era la explicación sino la descripción del movimiento. Kirchhoff defendía que la fuerza era un mero constructo teórico formalmente igual al producto de la masa por la aceleración. Desde esta perspectiva, la segunda ley sería superflua y sería reemplazada por una simple definición.

Este principio aparece incluido en los *Principia* de Newton como Corolario 1, después de la tercera ley, pero es requisito indispensable para la comprensión y aplicación de las leyes, así como para la caracterización vectorial de las fuerzas. Si bien es cierto que a partir de fuerzas actuantes se puede obtener la fuerza resultante, el recíproco no es cierto. Daniel Bernoulli (1726) intentó presentarlo como una verdad *a priori* independiente de observaciones experimentales, pero Euler (1750) demostró claramente que no es posible demostrarlo analíticamente sin hacer otras suposiciones.

Si se opta por la definición cuantitativa de fuerza propuesta por Kirchhoff, como producto de la masa por la aceleración $F = ma$ el lado izquierdo de la ecuación podría no representar a ninguna fuerza en particular sino a la acción conjunta de todas las que están actuando sobre el cuerpo. Por lo tanto, la ecuación $F = ma$ representaría, en todo caso, sólo una de las características de la fuerza

(resultante). Pero, si el movimiento está condicionado por varias fuerzas estas fuerzas no pueden ser caracterizadas ni determinadas separadamente a partir de esta ecuación.

Según Kirchhoff (1876) definiendo a la fuerza como la masa de un cuerpo por la aceleración, se podría hablar de “fuerzas de aceleración”: X, Y, Z , en un sistema cartesiano, a las segundas derivadas de las coordenadas del cuerpo con respecto al tiempo (dejando momentáneamente de lado el coeficiente constante de la masa del cuerpo). La fuerza para Kirchhoff no tendría mayor significado que el nombre para la segunda derivada respecto al tiempo de las coordenadas de la posición $P(x, y, z)$ del cuerpo en un determinado marco de referencia.

La pregunta evidente sería: ¿Por qué la segunda derivada y no la tercera, o la cuarta? Poincaré (1902) intentó responder al dilema anterior sosteniendo que son precisamente las derivadas segundas de las coordenadas las que su vez dependen de las posiciones del cuerpo respecto a las posiciones y características de los cuerpos cercanos, por el contrario, las derivadas de orden superior de las mismas no contribuyen a la simplificación de la descripción del movimiento. Coordenadas de un cuerpo (la aceleración) es la que está determinada por la posición del objeto que se mueve respecto al resto de los cuerpos del universo. La ecuación de movimiento de una masa m sobre la que actúa una fuerza F , tiene soluciones no triviales ($r \neq \text{constante}$) incluso en los casos en los que el término de fuerza sea nulo.

- La Tercera Ley de Newton

Newton en su tercera ley establece que: “Para cada acción existe siempre una reacción, y las acciones mutuas entre dos cuerpos son siempre iguales y en dirección contraria” (“*Actioni contrariam semper et æqualem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse æquales et in partes contrarias dirigi*”, *Principia*, p.13). La tercera ley introduce una de las características fundamentales del concepto de fuerza y es el de interacción entre los cuerpos. Las

fuerzas siempre están referidas a dos cuerpos A y B, cada uno de los cuales ejerce una fuerza sobre el otro de igual magnitud y sentido contrario.

Esta ley no ha sufrido grandes modificaciones en la interpretación actual, incluso introduciendo los campos de fuerzas, hasta llegar a los conceptos de relatividad especial. Existen unas limitaciones inherentes a la validez de esta tercera ley: hoy sabemos que todas las señales o fuerzas tienen una velocidad de propagación finita. Entre las “hipótesis” implícitas de la formulación de los *Principia* las fuerzas se ejercían a distancia e instantáneamente. La tercera ley establece que $F_{A \rightarrow B}$ es igual y opuesta a $F_{B \rightarrow A}$ cuando ambas se miden en el mismo instante. Este requisito no está de acuerdo con el intervalo finito de tiempo que se necesita para que una partícula “perciba” la fuerza que la segunda partícula ejerce sobre ella.

La tercera ley puede ser analizada a partir de la conservación de la cantidad de movimiento o momento lineal $p = mv$ de un sistema de dos partículas y de la definición de fuerza como derivada de la cantidad de movimiento respecto al tiempo. Sean A y B las partículas de respectivas cantidades de movimiento: p_A y p_B . Si el sistema es aislado $p_A + p_B = \text{constante vectorial}$, y por lo tanto: y entonces Desde esta perspectiva, la tercera ley es una consecuencia de la conservación del momento lineal en un sistema aislado de dos partículas, cuya validez se extiende hasta la mecánica cuántica.

- La Ley de Gravitación Universal

Newton introduce la ley de gravitación en el *Libro III* de sus *Principia*, la cual resulta un complemento fundamental de las leyes generales de la dinámica establecidas en los *Libros I y II*. A partir del análisis de los resultados empíricos del movimiento de los planetas obtenidos por Kepler, Newton concluye que “las fuerzas centrípetas varían inversamente con el cuadrado de los radios” y, a partir de los valores de las masas de la Tierra y la Luna, concluye que “la fuerza atractiva sería

directamente proporcional a las masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias”. Newton desarrolló las consecuencias que dicho tipo de fuerza tenía para la explicación del movimiento de planetas y cometas, para el efecto de las mareas y para la precesión de los equinoccios.

La propuesta newtoniana reconoce no haber logrado encontrar las causas de la existencia de esta fuerza gravitatoria, pero descarta las explicaciones mecánicas de vórtices o del impacto de partículas del éter circundante para explicar el origen de la fuerza gravitatoria. La gran importancia de su propuesta es aportar un modelo de fuerza de interacción “a distancia” que permite obtener resultados de la ecuación diferencial coherentes con las observaciones: Los años posteriores permitieron ampliar el espectro de fuerzas en la ecuación diferencial anterior incorporando las fuerzas eléctricas, magnéticas.

2.3.2. Algunos Comentarios a la Revisión Histórica de las Leyes de Newton

Como se ha visto, las leyes de Newton en su desarrollo histórico los que han optado por su utilización y entendimiento procuran observarlas minuciosamente. Algunos de estos observadores son del tipo positivistas los cuales incurren a juzgamientos de estas leyes y exigen que éstas pasen por experimentación (Mach, Reech, etc.), mientras que otros observadores reconocen una posición “a priori” y que están formuladas de forma analítica lo cual fortalece la caracterización axiomática de las mismas (Poincaré, Duhem, etc.).

Hoy en día es fácil reconocer, que el análisis que se hace de las Leyes de Newton es una integración de todos los enunciados de Newton, uno como consecuencia directa del anterior, como en los postulados de la geometría Euclidiana. Desde esta perspectiva, se muestra los conceptos de fuerza y masa como una definición implícita que su significancia está representada en conjunción al enunciado en si, como en la geometría euclidiana lo están los conceptos de línea y punto, están

definidos en los axiomas euclidianos al establecer las relaciones con los otros términos de la teoría. Las Leyes de Newton ocupan un espacio diferente en los *principia*, a los corolarios o definiciones por lo cual ocupan un espacio como en la geometría euclidiana los axiomas y de antemano ya excluyen la ineluctable pulsión de demostrarse, lo que no significa que experimentalmente no de muestras de su veracidad.

Es necesario tener en cuenta para la enseñanza de las Leyes de Newton y una buena “trasposición didáctica” : 1) la edad de formulación de las Leyes de Newton, esto es que si se desarrolla una enseñanza basada en los enunciados originales, sería dejar de lado aportaciones de diferentes autores durante por lo menos tres siglos, para efectos de esta investigación se desarrollaran los contenidos en base a los enunciados originales, por su carga teórico pragmática, pero sin desconocer la evolución del contenido; 2) las Leyes de Newton deben presentarse sin deformaciones epistemológicas, que puedan generar una visión equivocada de la ciencia y del trabajo científico, es importante adoptar una posición con respecto a las mismas, en favor del aprendizaje de la misma; 3) tener en cuenta y para efectos de cohesión con lo antes mencionado las “concepciones alternativas” por parte de los estudiantes y no como se piensa que son “*tamquam tabula rasa in qua nihil est scriptum*” (como una tabla lisa en la que nada está escrito), por lo que es importante que los profesores presenten el contenido y brinden material para una nueva estructuración y representación de los contenidos, aunque en contextos particulares están “concepciones alternativas” primen (Pozo & Gómez Crespo , 1998).

2.3.3. Dificultades Sobre la Enseñanza y el Aprendizaje de las Leyes de Newton.

Claro está, que la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos específicos de física tienen sus dificultades, pues si bien estos tienen una inherencia de la enseñabilidad de las ciencias, la pedagogía por más que reflexione sobre los contenidos y la transposición de estos en pro de la

comprensión, siempre y según la mayoría de las investigaciones han puesto de relieve en el tema específico de las Leyes de Newton. Las dificultades que los estudiantes encuentran para la comprensión de conceptos tales como fuerza, masa, inercia, interacción, etc. (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985) (Thijs & Van Der Berg, 1995) (Carascosa & Gil, 1992) (Furió, Solbes, & Carrascosa, 2006) (Solbes & Palomar, 2011).

Hestenes (1999) señala de forma puntual la forma como se presentan los libros de texto para la enseñanza de las Leyes de Newton, que si bien preparan el contenido, no tienen en cuenta nociones para la creación del concepto, como la postulaciones absolutistas del espacio y del tiempo como nociones independientes, además, dejan de lado la concepción gravitatoria concebida por Newton, lo cual origina la pertinencia de un marco referencial inercial, no hacen una diferenciación clara entre las nociones intuitivas y las formulaciones científicas, por otra parte, no modernizan las concepciones físicas y su relación de correspondencia con los contenidos clásicos, a través de física cuántica y relativista.

Una de las aportaciones más relevantes de los últimos siglos, fue la distinción entre fuerzas reales y ficticias, una a causa de la aceleración de la partícula y la otra causada por la aceleración del marco de referencia, esto es, que si un cuerpo se encuentra en reposo puede aplicar una fuerza ficticia a cualquier cuerpo acelerado hacia él, distinción que no se realiza en el aula de clase, y con el concepto huérfano de “fuerza” es suficiente para explicar las Leyes de Newton, al final Einstein determina que no hay diferencia entre estas dos fuerzas, pero para objetivos didácticos es pertinente que se mencione (Sebastiá, 2013).

Una de las dificultades más notable, aplica a la primera ley de Newton (la Inercia) que se cierra a la imposibilidad de comprobación experimental en un marco palpable, si no se piensa en la experimentación imaginaria desarrollado e implementada por Albert Einstein. Si la primera ley se

refiere al movimiento de un cuerpo libre de acciones externas cualquier diseño experimental requeriría de un mecanismo para localizar en cada instante la posición del cuerpo y para medir el tiempo (Sebastiá, 2013), pero, como estamos en constante relación con la gravedad terrestre no sería posible comprobar de forma física esta ley de la dinámica. Si se pensara en un aislamiento de la gravedad cualquier artefacto que se diseñe para dicha comprobación, entraría en una relación de interacción con la partícula, por lo que no estaría libre de fuerzas externas.

Existe una inclusión teórica en la primera ley de Newton consecuencia del enunciado mismo y es la aceptación de fuerzas externas en la partícula siempre que la resultante fuerza neta sea cero o nula, lo cual hace pensar que el anterior problema sería posible de rebatir (Sebastiá, 2013), pero, resulta tautológico cuando la única forma de comprobar que estas fuerzas netas son nulas es que siempre se conserve el estado de reposo o el movimiento rectilíneo uniforme, en este momento es cuando el problema previamente presentado se establece.

Otro de los aspectos problemáticos que dificulta la interpretación actual de la primera ley radica en que Newton partía de la hipótesis de espacio y tiempo absoluto: un sistema de referencia fijo para hacer las mediciones. Pero si no aceptamos como válida la hipótesis de espacio y tiempo absoluto, la afirmación que establece que un cuerpo libre recorre espacios iguales en tiempos iguales carece de sentido. Es decir, sin el establecimiento de un sistema de referencia apropiado la primera ley no aporta ninguna información (Sebastiá, 2013).

Es importante entender el concepto de masa que fue incorporado en la elaboración axiomática de la teoría dinámica newtoniana, como la fuerza que todo cuerpo ejerce para impedir ser sacado de un estado inercial (*quantitae materiae*), y no como la masa es definida habitualmente, a la manera newtoniana, como cantidad de materia o medida de la inercia (Eisberg & Lerner , 1981). Pero, como es obtenida de la combinación de una magnitud intensiva *la densidad* y una magnitud

extensiva *el volumen* (Mashood, 2009). Es importante que esta comprensión no se tome como una definición apropiada, pues la densidad es una propiedad determina a partir del volumen y la masa, lo que resultaría en un definición cíclica que no explicaría el concepto, ya que la forma de obtener la densidad es por medios hidrostáticos (aunque tácitamente se utilice la proporcionalidad entre masa y peso). Y la masa en primera instancia se calcula mediante un patrón en balanzas de brazos iguales lo cual por lo que en la actualidad se conoce como (masa gravitacional) se restringe la definición operacional a cuerpos pequeños y no es extrapolable a masas como la de la Luna o la de la Tierra.

Mach (1868) sugirió que la segunda ley fuera presentada según la secuencia: aceleración – masa – fuerza, y propuso determinar la masa (inercial) a partir de la relación inversa de las aceleraciones de dos cuerpos que interactúan: $m_A / m_B = - a_B / a_A$ (*“the negative inverse ratio of the mutually induced accelerations of any two bodies called their mass ratio”*). Lo que no la excluye de dificultades, puesto que: implícitamente usa la tercera ley de Newton, para una necesidad de la segunda, no especifica el marco referencial donde se puedan medir las aceleraciones y no hace distinción entre masa inercial y gravitacional, por lo que se puede llegar a resultados faltos de elocuencia.

Ahora, si se habla de fuerza se tiene una concepción que hace pensar en cualquier esfuerzo de tipo muscular y que puede ser medida a partir de la deformación de un resorte. Reech (1852), elaboró su mecánica a partir de las mediciones de fuerzas en hilos elásticos o resortes que, al tiempo de indicar la existencia real de las fuerzas, permitían medir su intensidad por deformación (dinamómetro). Sin embargo, dicha idea denominada “dinámica de hilos” (*“dynamic of theards”*) ha sido fuertemente objetada, ya que perfila una idea de fuerza proveniente esencialmente de la estática, pues ésta idea excluye de forma total a las fuerzas de los cuerpos en movimiento y no se interesa en otras fuerzas en diversos campos de la física como lo son: gravitatorios, eléctricos o magnéticos.

Otra dificultad en la comprensión de la segunda ley de Newton es la postulación de fuerza, como una inscripción resultante lo que no proporciona información de las fuerzas que interactúan con la partícula en cuestión (regla del paralelogramo). Por su parte objetó Nielsen (1929), si se define fuerza por la ecuación $F = ma$, la condición de igualdad necesariamente tendría que representar una calidad de congruencia, sin embargo, “el término de la izquierda: la fuerza, representa la acción del resto del universo sobre la masa m , mientras el término de la derecha: la masa por su aceleración, representa el cambio de movimiento en respuesta a la fuerza actuante” (Sebastiá, 2013). Por lo que hay que reconocer que no es simple cambio de variable y que la definición del primer miembro en comparación con el segundo, es de significancia radicalmente diferente, por lo que es necesario nombrar de forma distinta el segundo término, es decir, que llamar a la fuerza, masa por aceleración es incorrecto.

Por falta de claridad teórica es que existen complicaciones conceptuales, por ejemplo en los choques de automóviles se detecta una buena ilustración de la tercera ley de Newton, pero, no es tan claro si se examinan choques atómicos, Newton también menciona la fuerza de inercia sin mencionar cual sería la fuerza que resulta de una reacción simultánea, por lo que inmediatamente existe un vacío que no ha sido llenado (Sebastiá, 2013).

Existe una contrariedad con respecto al concepto de la conservación del momento y es que en los campos electromagnéticos las partículas no responden a este principio, por lo que es necesario hacer la salvedad siempre que el medio en que las partículas estén inmersos, sea un campo electromagnético. Observaciones de este tipo son los que presentan incongruencias de medida, con la que se espera en teoría por lo que en la realidad, solo ofrecen una distinción entre sistemas de referencia inercial y no inercial, y se procuran comodidades pragmáticas para casos especiales, que no representan correspondencia con la teoría (Arribas Garde & Sanjosé López, 1996) y es notable que la enseñanza de la física clásica tiene un grupo abultado de dificultades, pero lo importante es

que se han pensado estrategias con resultados diversos, que aportan en didáctica, para la enseñanza sin descuidar que las leyes de Newton no son demostrables (*stricto sensu*) experimentalmente (Sebastiá, 2013).

2.3.4. Criticas al Trabajo de Newton

“Se ha criticado la distinción que hizo Newton entre hipótesis y axiomas, ya que la ley de la inercia debería aparecer entre las hipótesis y no entre los axiomas (o leyes). Un “cuerpo libre” se mueve (por definición) con movimiento rectilíneo y uniforme (incluye el reposo), y si deja de cumplirse alguna de estas condiciones (no rectilíneo o no uniforme) es indicio de que está actuando sobre él alguna fuerza” (Sebastiá, 2013).

CAPITULO 3. METODOLOGÍA

En este capítulo se presenta la estructura o fases de la investigación, el diseño de la misma y apartes que justifiquen el diseño, una descripción general de la población muestra seleccionada, un apartado que menciona la hipótesis de la investigación y los aspectos investigados a los que se les otorgan caracterización de variable.

3.1. FASES DE LA INVESTIGACIÓN.

- Elaboración de un marco teórico en donde se especifiquen con información actualizada y basada en investigaciones que definan y/o traten las temáticas: Resolución de problemas (RP), Trabajos prácticos (TP) y Leyes de Newton.
- Elaboración de una estrategia didáctica que integre la enseñanza sobre las Leyes de Newton con la resolución de problemas de tipo prácticos.
- Aplicación al grupo experimental de la estrategia pedagógica que integre la enseñanza de las Leyes de Newton con la resolución de problemas de tipo prácticos.
- Aplicación al grupo experimental del test para el análisis pragmático conceptual de las Leyes de Newton, para obtener datos y analizar el impacto de la

estrategia pedagógica, en el aprendizaje pragmático de los conceptos de las Leyes de Newton.

- Aplicación al grupo control del test para el análisis pragmático conceptual de las Leyes de Newton, para analizar posibles diferencias entre el aprendizaje tradicional basado en algoritmos matemáticos utilizados para resolver problemas físicos y el grupo experimental al cual se le aplica la estrategia.
- Recolección y análisis de datos obtenidos al aplicar las diferentes pruebas.
- Elaboración de informe en donde queden articulados los siguientes tópicos: avances teóricos de RP, TP y Leyes de Newton, estrategia didáctica que integre la enseñanza de las Leyes de Newton con la resolución de problemas de tipo prácticos, instrumentos diseñados para evaluar el aprendizaje conceptual y resultados obtenidos sobre el impacto de la estrategia pedagógica en el aprendizaje conceptual de las Leyes de Newton.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Es necesario explicar cómo está clasificada la investigación y el enfoque que adquiere en pro de lograr los objetivos, como el objetivo general de la investigación es analizar el impacto que tiene la aplicación de una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas prácticos, no matemáticos, en el aprendizaje conceptual sobre las leyes de Newton, a través de un método cuantitativo que pueda ofrecer una cifra estadística (numérica) de comparación.

3.3. ENFOQUE CUANTITATIVO.

La investigación en su parte cuantitativa es de tipo cuasi experimental con un grupo experimental y uno de control, dichos grupos formados al inicio del año escolar en los cuales para efectos de esta investigación no son modificados y cumplen características de homogeneidad, se manipulan variables independientes en este caso la metodología de enseñanza, para observar el impacto que generan en la variable dependiente que para este caso es el aprendizaje conceptual sobre las Leyes de Newton, esta parte diseñada con fines verificador y explicativo de la investigación.

Ya que uno de los objetivos específicos de la investigación es comparar el aprendizaje conceptual en estudiantes que aprenden mediante la aplicación de una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas prácticos, sin la utilización de modelos matemáticos, con los estudiantes que aprenden con la metodología tradicional utilizando dichos modelos, para lo que es necesaria la presencia de los grupos experimentales y de control, que nos faciliten la obtención de resultados de comparación.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.

La población que representa la muestra de la investigación, está conformada por dos grupos de décimo grado de la Institución Educativa José Miguel de Restrepo y Puerta. En este párrafo se expondrán condiciones y características de la institución y del grupo de estudiantes para contextualizar al lector en el marco social en el que la investigación es aplicada, al mismo tiempo que se justifica la selección de la población muestra y se expone el proceso de selección.

La Institución Educativa José Miguel de Restrepo y Puerta es una institución pública, que está ubicada en el centro del municipio de Copacabana (Antioquia- Colombia), la cual por su característica céntrica acoge estudiantes de diferentes barrios del municipio de estratos socio-económicos que están en el intervalo de uno a tres y en casos especiales y/o aislados superan este intervalo. La institución tiene tres jornadas académicas (mañana, tarde y nocturna), con instalaciones acondicionadas para la enseñanza de nuevas tecnologías.

Teniendo en cuenta que la institución cuenta con seis grados décimo que están en la jornada de la mañana los cuales están conformados según la línea seleccionada por el estudiante para su media técnica con una cantidad promedio de cuarenta estudiantes por salón, para la selección de la muestra se tiene en cuenta que la materia física en la institución en cinco décimos es ofrecida por el mismo docente con experiencia en la materia y una clase estructurada, y a un grado décimo esta materia es ofrecida por un docente capacitado para la enseñanza de física, pero con poca experiencia en la enseñanza de ésta, por lo que se opta por seleccionar este grupo como la población muestra para el grupo experimental y otro grupo elegido al azar para hacer las veces de grupo control, el grupo que hará las veces de experimental al cual se le aplicara la estrategia didáctica y un test para el análisis pragmático conceptual de las Leyes de Newton y al otro el grupo control al cual se le aplicara el mismo test sin estrategia.

Estos grupos representan la población total ya que todos tienen edades promedio de quince años, ven física y tienen esta materia en igual intensidad horaria semanalmente, el currículo colombiano plantea que el tema Leyes de Newton debe ser visto en el tercer periodo del grado decimo lo que garantiza que el grupo control sin que la estrategia sea aplicada a ellos también estén en capacidades de participar de las observaciones del investigador y los instrumentados diseñados puedan ser aplicados con el objeto de observar las concepciones pragmáticas de Leyes de Newton de ambos grupos.

3.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

Algunos investigadores identifican la física como un proceso de medición de la realidad (Campbell, 1938), debido a esto la física tiene inherentemente una tendencia a cuantificar, tendencia que confunde a los estudiantes y docentes, al relacionar a la física de forma directa con las matemáticas, como si la física fuera un producto de las matemáticas cuando los algoritmos han sido medios que relacionan mediciones conocidas con cantidades que no lo son, pues la física es una ciencia natural y como ciencia puede ofrecer una cualidad predictiva, pero, la enseñanza de la física va más allá de la manipulación de un algoritmo, pues el concepto físico tiene su parte referencial en dicho algoritmo, pero la concepción pragmática es la que dota al concepto de un sentido afianzable a la realidad.

Según lo anterior, la aplicación de una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas de tipo práctico, no matemáticos, mejoran el aprendizaje conceptual de las Leyes de Newton en comparación, con las metodologías tradicionales de enseñanza basadas en la resolución de problemas de lápiz y papel y la aplicación de algoritmos matemáticos para la física.

3.6. VARIABLES A ESTUDIAR.

Como el diseño multimetodológico de la investigación posee una parte cuasi experimental, se caracterizan aspectos de la investigación, determinando la cualidad de variables dependientes e independientes, la variable independiente (la metodología de enseñanza) es manipulada y se observan las repercusiones en la variable dependiente (el aprendizaje conceptual de las Leyes de Newton).

3.6.1. Variable Manipulada.

Para esta investigación se le da la característica de variable independiente o manipulable a la metodología de enseñanza, porque se cuenta con un grupo control en el cual el docente tiene su clase convencional y experiencia enseñando el tema Leyes de Newton, y un grupo experimental en el cual la metodología de enseñanza se ve manipulada al aplicar una estrategia didáctica basada en la resolución de trabajos prácticos para la enseñanza conceptual de las Leyes de Newton, dejando a un lado la resolución de problemas de lápiz y papel, la aplicación de algoritmos y direccionando la metodología a la observación y análisis de trabajos prácticos y su relación con el mundo.

3.6.2. Variable Observada.

Para esta investigación se le da la característica de variable dependiente y observable al aprendizaje conceptual y la relación que otorga el estudiante de dicho concepto con el mundo, porque sin importar si el grupo sea el de muestra o el experimental el objetivo de los docentes y de la educación es enseñar conceptos sobre las Leyes de Newton, en el grupo experimental se enfoca la enseñanza del pragmatismo del concepto, mientras que las metodologías conocidas y/o tradicionales hacen hincapié en la parte referencial del concepto y la utilización de los algoritmos para la comprensión conceptual, con lo cual la manipulación de la metodología de enseñanza, ofrecen una consecuencia en la variable dependiente.

- Factores de la Investigación.

La variable observada se presenta como un conjunto de factores que se explicitan a continuación, para que el lector pueda ubicar las principales categorías observadas por el investigador y al tiempo explica la importancia de cada una de dichas categorías, la variable observada se divide en:

- Factores de Aprendizaje Conceptual de las Leyes de Newton.

El objetivo de esta investigación es detectar el impacto de la estrategia didáctica en el aprendizaje conceptual, sin la utilización de algoritmos matemáticos, además, si bien se ha mencionado anteriormente la física ha sido matematizada en la medida en que el hombre se ha interesado por medir la naturaleza y dichas mediciones han dado concordancia a que dicho comportamiento se acomoda a modelos y algoritmos matemáticos, pero está claro que los autores que han hecho descubrimientos en física exponen el concepto, de tal forma que las expresiones matemáticas son consecuencia de una comprensión de estos enunciados, por lo que es necesario señalar este objetivo a la hora de desvincular el factor de aprendizaje conceptual en cada una de sus subcategorías para que todas estas, manifiesten su concomitancia con el objetivo ya mencionado, dichas subcategorías son:

- Aprendizaje Conceptual de la Primera Ley de Newton.

Es necesario vincular éste aprendizaje al enunciado original del “*principia*” y la interpretación de éste, el cual dice “todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme a lo largo de una línea recta, a menos que una fuerza impresa lo obligue a cambiar su estado”

- Aprendizaje Conceptual de la Segunda Ley de Newton.

Es necesario vincular éste aprendizaje al enunciado original del “*principia*” y la interpretación de éste, el cual dice “el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se realiza en la dirección en la que actúa la fuerza impresa”, la relación directa que esta tiene con la primera Ley de Newton.

- Aprendizaje Conceptual de la Tercera Ley de Newton.

Es necesario vincular éste aprendizaje al enunciado original del “*principia*” y la interpretación correcta de éste, el cual dice “Para cada acción existe siempre una reacción, y las acciones mutuas entre dos cuerpos son siempre iguales y en dirección contraria”, ésta de manera consecuente se vincula con las dos leyes anteriores y señala un nuevo concepto importante que los estudiantes deben comprender y este es “la interacción” el cual expone que toda fuerza es externa, y esto respalda los enunciados anteriores, como estos entre sí, no se incluyen y tampoco se contradicen funcionan como enunciados de tipo axiomático.

- Aprendizaje Conceptual de la Ley de Gravitación Universal de Newton.

La ley de gravitación universal, es expuesta en el III libro del “*principia*” como consecuencia a diferentes estudios y recopilaciones de diferentes autores como Kepler, entre otras; y Newton concluye en un enunciado literal que dice “la fuerza atractiva sería directamente proporcional a las masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias”, posteriormente autores como Mach intentando explicar éste enunciado exponen que no hay diferencia entre “masa inercial” y “masa gravitacional”, concepto que es importante que comprendan los estudiantes.

FACTOR OBSERVABLE (Aprendizaje Conceptual)	INDICADORES DE APRENDIZAJE CONCEPTUAL	PREGUNTAS DE EVALUACIÓN
<p>Aprendizaje conceptual de la Primera Ley de Newton.</p>	<p>- Inercia. Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme a lo largo de una línea recta, a menos que una fuerza impresa lo obligue a cambiar su estado</p>	<p>¿Qué relación tiene esta situación con la inercia?</p>
	<p>- Sistemas de referencia Inerciales. Un sistema de ejes rígidos ortogonales en donde cualquier partícula que se lance a una velocidad inicial arbitraria, continuara de forma indefinida con la misma velocidad, si sobre ésta no se ejerce ningún tipo de fuerza.</p>	<p>¿Cuál es la característica que diferencia a un sistema de referencia inercial de otros sistemas de referencia?</p>
	<p>- Masa Inercial. Denominada por Newton como fuerza de inercia y es aquella la cual permite que un cuerpo se resista a cambiar su estado de reposo.</p>	<p>¿Cuánta fuerza es necesaria para levantar el bulto de espuma?</p>
	<p>- Movimiento inercial. Es el estado natural de toda partícula que posea masa inercial, el cual es indistinto entre el reposo y el movimiento rectilíneo uniforme.</p>	<p>¿Por qué el pasajero de la situación se siente en reposo, cuando en realidad se mueve con la velocidad del avión?</p>
<p>Aprendizaje conceptual de la Segunda Ley de Newton.</p>	<p>- Cantidad de movimiento. Magnitud física que explicita las características de una partícula con masa inercial que se mueve de forma rectilíneamente uniforme.</p>	<p>Dos cuerpos o partículas que poseen diferentes masas y diferentes velocidades ¿Pueden tener la misma cantidad de movimiento? Si se conoce el caso de dos personas atropelladas por dos vehículos de diferente masa que se desplazan a la misma velocidad, ¿Por qué la persona atropellada por</p>



		el bus, está más grave?
	- Concepto de fuerza. Denominada por Newton como fuerza externa, es aquella que logra que un cuerpo cambie su estado de movimiento inercial.	la fuerza otorga al poste y al vehículo de forma proporcional
	- Concepto de aceleración. Variación de la velocidad con respecto al tiempo, proporcional y en sentido a la fuerza motriz impresa.	La aceleración es un vector que indica el cambio. ¿Frenar es acelerar? ¿Cuándo está acelerando el motociclista?
Aprendizaje conceptual de la Tercera Ley de Newton.	- Concepto de interacción. Efectos dinámicos generados por diferentes partículas entre sí.	¿Por qué el joven iracundo se rompió tres falanges de sus dedos?
	- Fuerza normal. Reacción de toda superficie que soporta la acción de una fuerza.	¿Por qué el material no soportó el peso de los 40 estudiantes?
Aprendizaje conceptual de la Ley de Gravitación Universal de Newton.	- Gravedad. Fuerza de atracción generada por masas.	¿Por qué la tierra no se sale de su órbita en el sistema solar?
	- Peso. Fuerza de una partícula generada por un campo gravitacional.	¿Por qué la masa es más difícil de sostener después de cierto tiempo?
	- Relación masa gravitacional, masa inercial. La masa gravitacional y la masa inercial son las mismas.	¿Qué diferencia existe entre masa gravitacional y masa inercial?

Tabla 1"Factores e Indicadores.

3.7. INSTRUMENTO DE LA INVESTIGACIÓN.

La recolección de la información se realiza, con un pre-test tipo encuesta al grupo experimental sin que se halla visto el tema Leyes de Newton con preguntas abiertas, en la cual el estudiante puede contestar de forma correcta o incorrecta sin que esto represente alguna repercusión de tipo académica, el cual no es utilizado para el análisis de esta investigación, su función es, la de prueba piloto para identificar las mencionadas “concepciones alternativas”, además de punto de partida para el posterior diseño del pos-test, que se modifica y se aplica una vez el profesor haya implementado la estrategia pedagógica, este es diseñado con preguntas cerradas, con opciones de respuesta que incluyen algunas “concepciones alternativas” para verificar la comprensión conceptual a causa de la estrategia y dicho test si representa un ítem evaluativo para los estudiantes, con el fin de que el estudiante asuma el test con seriedad. El mismo test es aplicado al grupo control en forma de encuesta para que el investigador pueda analizar y comparar el grupo experimental con el grupo control. Por otra parte las observaciones del investigador, entrevistas con estudiantes del grupo experimental, fotografías y videos que den cuenta del impacto de la estrategia didáctica en el aprendizaje pragmático conceptual de las Leyes de Newton y de la estrategia misma.

3.7.1. Pretest Tipo Encuesta.

Este Pretest tiene la única intención de conocer las “concepciones alternativas”, para poder entender algunas consideraciones en la medida que se desarrolla una estrategia que permita que estos sean permutados de forma paulatina y eficiente, en pro de configurar la población muestra en beneficio de la estrategia mencionada, para la ejecución de trabajos prácticos y capacidades resolutorias. (Lea el Capítulo 7. ANEXOS.)

3.7.2. Postest de Aprendizaje Conceptual.

Este Postest está diseñado para reconocer y evaluar de forma confiable los conceptos sobre Leyes de Newton, con alta carga pragmática que permite que sea aplicada sin importar si la estrategia de enseñanza es la diseñada para la investigación cursada, o es de tipo tradicional u otra; con situaciones contextualizadas que permiten aludir a la lógica, incluso el análisis de los enunciados de cada pregunta en forma secuencia permiten que una persona con estas capacidades responda de forma correcta, el objeto de este Postest es que este sea aplicado a los dos grupo seleccionados, para comparar el aprendizaje conceptual con dos estrategia de enseñanza divergentes.

La validez y la confiabilidad están garantizadas mediante la triangulación del instrumento por expertos, además, del reconocimiento del profesor coordinador de la práctica docente del autor, quien dio el aval al instrumento para que fuese aplicado a los dos grupos seleccionados, la prueba consta de enunciados que contextualizan situaciones coloquiales que aluden al momento de su realización a la experimentación mental, es decir, el estudiante debe imaginar la situación, dicha prueba tiene opciones de respuesta que procuran en mayor medida no confundir al que la desarrolla, y evita los descartes evidentes, además, estas están constituidas por una única respuesta correcta y algunas “concepciones alternativas”, esto como para evidenciar el cambio conceptual en casos puntuales, por si alguien desea realizar un análisis de tipo cualitativo. (Lea el Capítulo 7. ANEXOS.)

CAPITULO 4. ESTRATEGIA DIDÁCTICA.

En este capítulo se reseñara los componentes intrínsecos de la estrategia y actividades que conforman la estrategia didáctica basada en resolución de problemas prácticos, no matemáticos, para la enseñanza conceptual de las Leyes de Newton a realizar en la etapa experimental de la investigación en el aula.

La primera pieza clave en la construcción de la estrategia didáctica se exponen lo que se ha denominado como componentes intrínsecos de la estrategia, los cuales se tienen presente en todo momento del diseño y la aplicación misma los cuales son: el contenido conceptual de la estrategia, es decir, los temas que ésta aborda y como estos se relacionan entre sí, además, de conceptos puntuales explicados por estos temas o que se necesitan para que estas temáticas puedan ser explicadas, los procedimientos subsecuentes de la aplicación, es decir los factores que tiene importancia secundaria con respecto al contenido conceptual, tales como el trabajo con el grupo al cual se le aplica la estrategia como: la conformación del ambiente de trabajo y el modelo didáctico implementado para la estrategia; y por último, como se articulan el contenido conceptual y la resolución de problemas prácticos para desarrollar la estrategia didáctica.

La segunda pieza clave en la construcción de la estrategia didáctica son las actividades que la conforman, las cuales se expondrán con una contextualización de la actividad teniendo en cuenta que temáticas abordan dicha actividad, como estas están programadas y el tiempo estimado para cada una de las actividades, dichas actividades pensadas en una serie de trabajos prácticos, que en la medida que se van desarrollando van planteando una serie de inquietudes y problemas de tipo procedimental, las cuales se postulan como perspectiva de la investigación y a las cuales se han denominado la resolución de problemas de tipo practico.

4.1. COMPONENTES INTRÍNSECOS DE LA ESTRATEGIA.

Esta sección profundiza en aspectos que son materia prima en la formulación de una buena estrategia pedagógica, como lo son el contenido conceptual, los procesos subsecuentes del trabajo con el grupo experimental y como se articula las dependencias del marco teórico en pro de la estrategia pedagógica a aplicar.

4.1.1. Contenido Conceptual.

En este párrafo se piensa en la articulación del contenido teórico que soporta la estrategia y las temáticas que dicha estrategia aborda, esto es, que la investigación pretende establecer un aprendizaje conceptual de las Leyes de Newton, pero también se pregunta por los conceptos que preceden este aprendizaje y conceptos consecuentes al aprendizaje de éstas, por lo anterior es que el contenido conceptual de la estrategia que son las Leyes de Newton si bien son tres leyes bien demarcadas en la estrategia no se piensa en la división del tema en subtemas, sino más bien en una articulación de estas leyes, puesto que autores como Sebastiá (2013) proponen que las leyes de Newton deben ser vistas como los postulados de Euclides y no como proposiciones aisladas.

Los primeros conceptos que tenemos en cuenta para la enseñanza conceptual de las Leyes de Newton, es la cantidad de movimiento, sistemas inerciales, estado de reposo e interacción, si bien hay libros de texto que explican este concepto la definición que realmente se torna productiva para la investigación, son las de que estableció Newton en su principia, luego de conocer y entender estas definiciones la base del aprendizaje conceptual son los postulados originales de las Leyes de Newton que se encuentran en *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, los cuales son enunciados textuales que si bien tienen gran carga teórica no se encuentran cargados de algoritmos y presentan la necesidad de ser interpretadas y bien entendidas y por último, el aprendizaje de los

conceptos de fuerza y masa desde la perspectiva newtoniana y con profundidad teórica, de forma integrada en las Leyes de Newton.

4.1.2. Procesos Subsecuentes.

En este apartado introduciremos al lector en la conformación del ambiente de trabajo y el modelo didáctico consolidado para la estrategia, como éstos se apoyan en teoría para fortalecer dicha estrategia y su aplicabilidad.

- Conformación del Ambiente de Trabajo.

Para la aplicación de la estrategia pedagógica y el mejoramiento del aprendizaje conceptual, basados en investigación que precisan en el mejoramiento de dichas habilidades, se plantean observaciones iniciales en la estructura del trabajo, como lo son la organización de los estudiantes, el papel desempeñado por el docente y las normas de convivencia para el trabajo.

- Organización de los Estudiantes.

En cada una de las etapas, se llevan a cabo distintos tipos de actividades que favorecen el modelo de trabajo en el aula denominado ciclo reflexivo-cooperativo (Gómez, 2003), ya que el autor se basa en la teoría del conocimiento de Vygotsky lo que se lleva a cabo es, la conformación de grupos de trabajo en los cuales se demarcan la reflexión sobre el trabajo práctico.

En dichos grupos después de reflexionar sobre los enunciados originales de las Leyes de Newton que para esta investigación son los conceptos que dan sentido y enriquecen las habilidades para resolver problemas (Glaser, 1998) y contextualizados con cierto enfoque poco ideal, los estudiantes elaborarán un artefacto que explique una ley en particular y como esta se articula con las otras, esto puede enriquecer el aprendizaje conceptual pues no todos aprenden de la misma manera, y debido

a que el trabajo practico debe dar solución a una serie de cuestionamientos de tipo procedimental, es necesario que cada grupo tome en consideración las aportaciones de sus integrantes, pues ellos deben llegar a consensos que sean muy parecidos a lo que establece la teoría.

- Papel del Docente.

En la estrategia pedagógica el profesor cumple el papel de moderador y decodificador de lo que en investigación se ha denominado “concepciones alternativas”, pues las Leyes de Newton en sus versiones originales se prestan para interpretaciones superficiales, equivocadas o en su defecto de muy buenas interpretaciones poco refinadas, pero acertadas, para lo cual el docente disuelve dudas y hace aclaraciones de tipo conceptual, además de esto, el docente una vez los estudiantes realicen el artefacto que explique una ley en particular cuestionara y exigirá soluciones a supuestas fallas procedimentales, para aumentar la eficiencia como entrenador metacognitivo (Qin, Johnson, & Johnson, 1995).

- Normas de Convivencia.

El docente en conjunto con los estudiantes debe dejar claro que las opiniones de todos los estudiantes es válida y que cada intervención merece ser atendida y respetada, por lo que es necesario que quede claro que en los grupos debe existir alguna aportación individual de cada integrante y debe haber prueba de esto, además, el aparato debe probar la ley específica sin que éste sea un artefacto peligroso para la integridad física, de los integrantes del grupo o cualquier persona que interactúe con dicho aparato, por lo que se consensuan las repercusiones que tendrían marrar a dichos acuerdos.

- Modelo Didáctico: Resolución de Problemas Prácticos.

Este modelo didáctico integra la resolución de problemas abiertos con los trabajos prácticos, para entender la forma en que estos son integrados se definen la resolución de problemas prácticos, en el cual el desarrollo del trabajo practico representa en sí mismo un problema a solucionar, anteriormente se han podido hacer menciones para que este sea entendido haciendo referencia a problemas y cuestionamientos de tipo procedimental, aprovechando los beneficios de cada una de estas dependencias se sistematiza y este modelo consta de:

- Experiencias prácticas: etapa en la cual los estudiantes se enfrentan a los enunciados originales de las Leyes de Newton, desde el debate, la mesa redonda y el conversatorio de las interpretaciones y “concepciones alternativas”, y se evidencian dudas que son aclaradas por parte del docente.
- Comprensión del Problema: a la hora de construir un artefacto que integre las Leyes de Newton, y a la vez decantar una Ley específica que los estudiantes tendrán que explicar, los estudiantes reconocen un problema al momento de relacionar los conceptos físicos (Leyes de Newton) con el artefacto y la construcción de un artefacto que cumpla con tales indicaciones en sí, es un problema.
- Formulación de diseño e hipótesis: momento en la que los estudiantes tienen como objetivo pensar en un artefacto que funcione bajo principios físicos y necesitan explicar una ley en particular, los estudiantes generan diseños e hipótesis sobre el artefacto que cumpla con dichas indicaciones.
- Elaboración del plan de solución: una vez conocido el problema propuesto por parte del docente los estudiantes formulan un plan para que dicho problema sea solucionado, con el artefacto construido y con el conocimiento conceptual que poseen parcialmente.

- Evaluación conceptual: como se desea conocer por parte del profesor el dominio conceptual parcial, se realiza una evaluación de los conceptos, para reconocer “las concepciones alternativas” que no han evolucionado, para la posterior intervención.
- Análisis de datos: consecuentemente los estudiantes den solución al problema propuesto, deben presentar videos en el cual expliquen de forma pragmática como el artefacto da solución al problema y como los conceptos Leyes de Newton contribuyen y favorecen a dicha solución, además de informes donde queden expuestos los problemas procedimentales y sus respectivas soluciones.
- Experimentación ilustrativa: finalmente los estudiantes hayan pensado en el artefacto que cumpla con las indicaciones, debe ejecutar y construir dicho artefacto, y exponer como este explica la ley correspondiente al grupo de trabajo y como articula las demás Leyes de Newton.

4.1.3. Articulación de los Conocimientos Conceptuales y Procedimentales.

El propósito de la estrategia pedagógica es, aplicar una metodología para la enseñanza de las Leyes de Newton a través de la incorporación de experiencias prácticas, experimentación ilustrativa y la resolución de problemas en todas las etapas del trabajo práctico y observar el impacto que tiene en el aprendizaje conceptual, para lo que se deben integrar estas dependencias con el contenido teórico específico de la investigación y lo que la estrategia propone para enseñar, a continuación se explicita como cada una de las dependencias del marco teórico favorecen la enseñanza-aprendizaje de los conceptos sobre las Leyes de Newton.

Como la pregunta que es directriz de esta investigación, se cuestiona por el impacto de la estrategia pedagógica en el aprendizaje conceptual, y basados en la teoría cognoscitiva del aprendizaje, que caracterizan la adquisición del entendimiento conceptual, a saber: organización jerárquica, diferenciación progresiva y reconciliación integradora (Ausubel, 1983), teoría que menciona que el aprendizaje es un proceso de andamiaje que se comporta como un espiral, es decir, el ser humano aprende en la medida en que se le es posible hacer relaciones conceptuales con lo que ya conoce, también, el pragmatismo apoya esta postura porque le da un fin al trabajo de la estrategia en su forma útil, no debe confundirse con una visión utilitarista de ésta, sino con una repercusión progresiva en pro de la adquisición del saber (Barrena, 2014).

Por lo que la estrategia delega como punto de partida la presentación de los enunciados originales de las Leyes de Newton, según el currículo colombiano correspondiente al tercer periodo del grado decimo, acompañado de efectos dinámicos, trabajo y conservación de la energía. Para efectos de esta investigación se selecciona este tema, puesto que el tema Leyes de Newton es visto en la etapa escolar sin profundizar mucho en el concepto; si bien en estrategias tradicionales se mencionan, se da un salto abrupto al desarrollo de relaciones dinámicas y diagramas de cuerpos libres, dando por sentado que los postulados que son en principio los cimientos de los temas posteriores, ya fueron comprendidos, lo cual genera consecuencias negativas al momento de comprender el concepto e incluso en la manipulación de algoritmos matemáticos utilizados para la enseñanza de física.

Para evitar que lo anterior suceda con la estrategia diseñada se propone enseñar mediante la resolución de problemas prácticos, los cuales consisten en una serie de trabajos prácticos ya sean experiencias prácticas y experimentos ilustrativos, que son intervenidos por el docente que aplica la estrategia con situaciones problemáticas premeditadas en todo momento, que tienen un propósito específico en cada actividad, pero el principal es que el estudiante recurra a soluciones

creativas e ingeniosas y pueda generar conflictos cognitivos entre “las concepciones alternativas” y los conceptos sobre física.

Un ejemplo de esto es, en la actividad final (la realización del experimento ilustrativo), el artefacto está bajo el efecto gravitatorio el cual dejaría de estar libre de fuerzas externas y no se cumpliría la condición básica para poder llevar a cabo el experimento (Sebastiá, 2013), el cual es que el sistema sea inercial entonces, la comprensión clara de esta condición y del concepto puede ser la única forma de contextualizar el artefacto y proporciona al estudiante argumentos verídicos y creíbles, para la exposición final de éste, solo como por mencionar la situación problemática más general correspondiente a esta actividad, porque las situaciones problemáticas pueden ser diversas según lo considere el profesor.

Pero de forma directa la expresión más representativa de la resolución de problemas estaría dada, por la construcción misma del artefacto que cumpla con las condiciones, de funcionar bajo efectos físicos, propiamente dinámicos para no desviar los intereses de los conceptos a aprender por parte de los estudiantes, según como se articula en las actividades los grupos se enfocan cada uno en la explicación de una de las leyes, sin desconocer las demás por lo que el grupo de estudiantes tiene que comprender todas las Leyes de Newton, para poder derivar la explicación de la ley correspondiente a su grupo de trabajo, que a su vez integra los trabajos prácticos en la elaboración del mismo, además, de argumentar con videos y fotografía y la socialización de los conceptos en debate y discusión abierta en clase. (Para ver las actividades lea el Capítulo 7.

ANEXOS.)

CAPITULO 5. ANÁLISIS DE LOS DATOS.

En este capítulo se empieza por realizar un análisis por categorías que vinculan sus respectivos indicadores de aprendizaje conceptual, cada uno de estos indicadores se tratan de forma individual y se mencionan causas observadas y probables, para brindar al lector un acercamiento contextualizado a las interpretaciones del investigador, como también, se realiza una comparación estadística de forma global del Postest con el propósito de cumplir el objetivo de este trabajo y poder concluir el resultado que se espera; a continuación se menciona el proceso de codificación de datos, programas que se utilizados para el análisis, especificidades del análisis estadístico, la interpretación de resultados y el análisis de comparación de medias a través de la prueba T.

5.1. CODIFICACIÓN DE DATOS.

El diseño de la investigación exhibe dos grupos el grupo de control y el experimental por lo que el proceso de codificación en primer lugar debe mostrar un tratamiento entre grupos, para lo cual se diseña dos cuadrículas una para el grupo control y otra para el grupo experimental donde explícitamente aquel tratamiento queda expuesto, con una primera columna denominada "ID. SUJ.", donde se colocan las iniciales de los nombres de todos los estudiantes que hacen parte de estos grupos, una columna denominada "TRAT.", donde se exhibe con el numero "1" el grupo experimental y "0" el grupo control, en la primera fila denominada "FACT.", se nombran cada uno de los factores de la investigación en este caso cada Ley de Newton, en la segunda fila denominada "IND.", se enumeran cada uno de los indicadores anteriormente mencionados, una vez creadas la columna "ID. SUJ.", y la fila "IND.", en el espacio comprendido entre estos dos se llena con la información particular de cada prueba con un método binario marcando los acierto con "1" y los

desaciertos con “0” posteriormente después de contener dicha información en el formato, con la intención de empezar a generar información cuantitativa se agregan las filas “TOTAL” donde se suman los aciertos por pregunta, “PORCENTAJE (%)” donde se representa en comparación con la totalidad del grupo la aserción por pregunta y el promedio porcentual por indicador para el que lo requiera, esto es, si un indicador tiene más de una pregunta, otra llamada “DESV. EST.”, que representa en comparación de acierto-error por pregunta para poder analizar el patrón designado por grupo y por último la fila “PROMEDIO X FACT.”, donde se hace un promedio porcentual de los indicadores de aprendizaje conceptual por cada factor, además una columna final denominada “TOTAL PRUEBA” donde se suma la cantidad de aciertos por estudiante.

5.2. PROGRAMAS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE DATOS.

Por la calidad cuantitativa de la investigación se toma en consideración un programa que sea de fácil uso, además que permita generar cálculos sencillos y genere una hoja de cálculo que contenga toda la información en el orden estipulado en el párrafo anterior, no obstante, que no omitan ni desprecien la información que pueda solicitar el investigador, para lo cual se decide utilizar el programa Microsoft Excel, además de representar una utilidad en beneficio de la interpretación de los resultado, también posibilita la creación de graficas comparativas para lograr mostrar evidencia gráfica del objetivo específico de comparar el aprendizaje conceptual entre grupos a lograr con esta investigación, además se analizan estos resultados con el programa IBM SPSS en una versión actual, para obtener un patrón estadístico (numérico) que compare las medias, a través de una prueba denominada “T Student” que en resumen garantiza si la diferencia en el aprendizaje conceptual que pretende esta investigación, existe.

5.3. ESPECIFICIDADES DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Una vez conocida la forma como se codificarán los datos y el programa a utilizar, y la hoja de cálculo que contiene la totalidad de los datos es generada, estos se muestran en el segmento seguido, para que el lector obtenga información puntual de la investigación realizada y pueda hacer una remisión por cada interpretación que le genere duda, además se exhibe una gráfica de barras, donde se comparan los promedios porcentuales de cada grupo por factor de aprendizaje y otra grafica de líneas de la desviación estándar entre grupos, éste con finalidades de interpretación de los datos recolectados.



GRUPO EXPERIMENTAL																	
FACT.	Factor 1ra Ley de Newton				Factor 2da Ley de Newton						Factor 3ra Ley de Newton		Factor ley Gravitacional			TOTAL PRUEBA	
	IND.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
ID SUJ.	TR AT.																
YTP	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	12	
CMR	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	13	
SCZ	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	11	
JVT	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	10
JPO	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	10
COO	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	10
AM	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	10
KTO	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	10
JGR	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	11
SAP	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	9
SDE	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	10
SAR	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	9
AM	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	8



SSO	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	9
JAO	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	7
JSO	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	7
SP	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	8
COC	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	7
LZJ	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	7
ASC	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	9
SBM	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	8
VV	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	7
JZG	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	8
PQ	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	6
MVA	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	4
JGM	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	5
MM	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	4
TOTAL		19	10	17	17	22	12	22	8	15	4	17	23	16	5	15	
PORCENTAJ E (%)		70,	37,	62,	62,	81,	44,	81,	29,	55,	14,			59,	18,	55,	
		37	04	96	96	62,96		48	33,33			62,96	85,19	26	52	56	



PROMEDIO					
X FACT.	58,33	59,26	74,07	44,44	

Tabla 2 "Codificación Grupo Experimental"



GRUPO CONTROL																		
FACT.		Factor 1ra Ley de Newton				Factor 2da Ley de Newton						Factor 3ra Ley de Newton		Factor ley Gravitacional			TOTAL PRUEBA	
IND.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
ID. SUJ.	TR AT.																	
YHV	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	10	
JRG	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	10	
WG	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	10
ACG	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	9	
CDM	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	9	
JCA	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	9	
FBA	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	9	
VBA	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	8	
JJAR	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	8	
JEM	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	8	
AAD	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	8	
AM	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	8	
ACC	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	9	



UNIVERSIDAD
DE ANTIQUÍA
1803

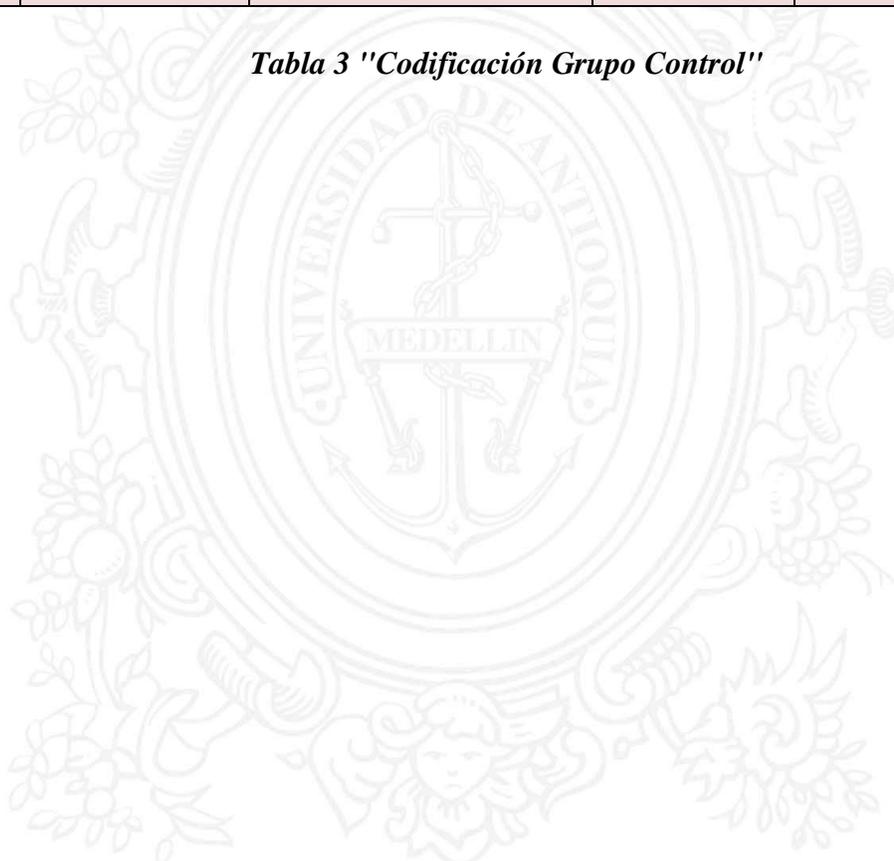
Facultad de Educación

ARG	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	8
MA	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	6
SSC	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ACV	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	6
MAZ	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	6
SPL	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	7
SCI	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	5
SG	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
BGJ	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	6
MAG	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	6
BAV	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
MGV	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	7
JEM	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	5
JLR	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
MZS	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	5
TOTAL		14	11	17	18	22	11	9	21	9	9	11	13	6	6	15	
PORCENTAJ		50,	39,	60,	64,	78,	39,	32,	75,	32,	32,			21,	21,	53,	
E (%)		00	29	71	29	57	29	14	00	14	14	39,29	46,43	43	43	57	



				58,93		46,43					
PROMEDIO											
X FACT.	53,57			45,83			42,86			32,14	

Tabla 3 "Codificación Grupo Control"



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1 8 0 3

Para poder realizar una interpretación de las respectivas codificaciones contrastando el grupo experimental con el grupo control, los resultados en porcentajes que comparan los aciertos con la totalidad del grupo y además el promedio realizado por indicador, son los términos que funcionan para la investigación como evidencia de talante articulador entre la efectividad de la estrategia y los resultados de la prueba que toma connotación pragmática del concepto propio sobre Leyes de Newton, además, se opta por graficar la desviación estándar la cual representa la tasa comparativa intra-grupos, es decir, que diferencia entre aciertos y errores se evidencian por cada indicador siendo 0,5 el estándar y los picos más bajos las alteraciones, ósea si la mayoría acertó en el indicador esto es un pico bajo al igual que si la mayoría erró en el indicador, su funcionalidad también es comparativa entre indicador como alterador del promedio por factor, pero ésta también tiene como propósito que esta grafica pueda soportar las interpretaciones que se puedan realizar de la gráfica comparativa.

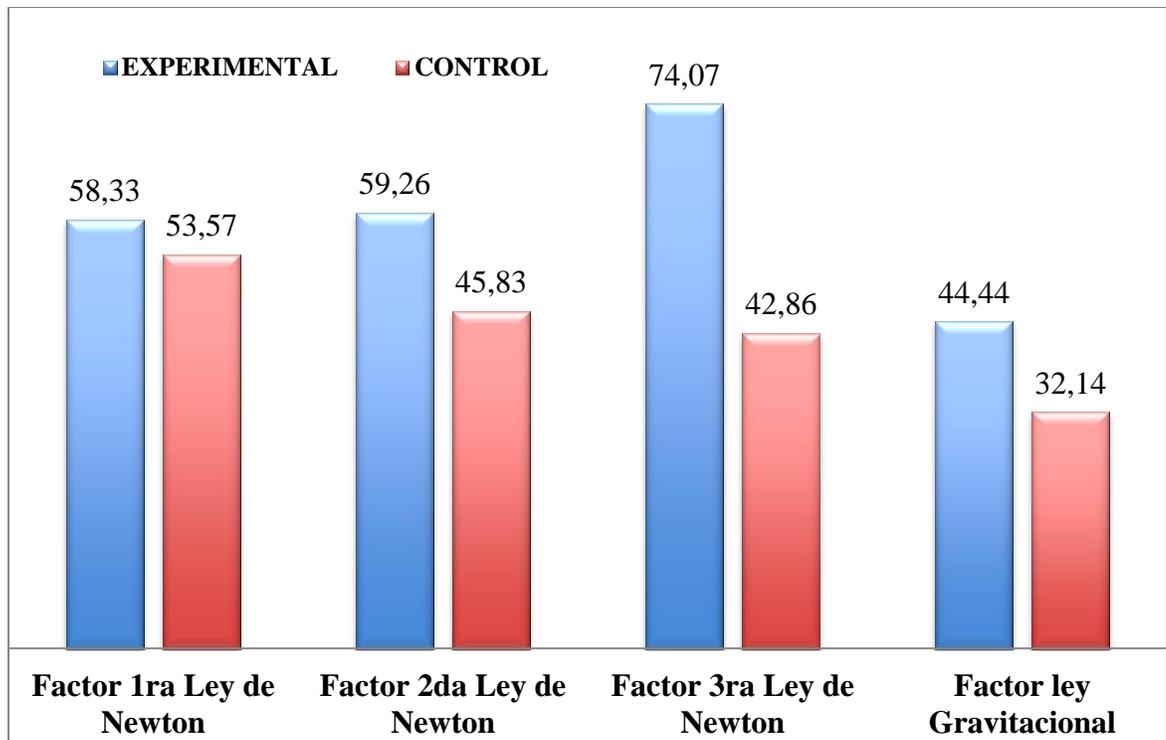


Ilustración 1 "Gráfica comparativa por factores"

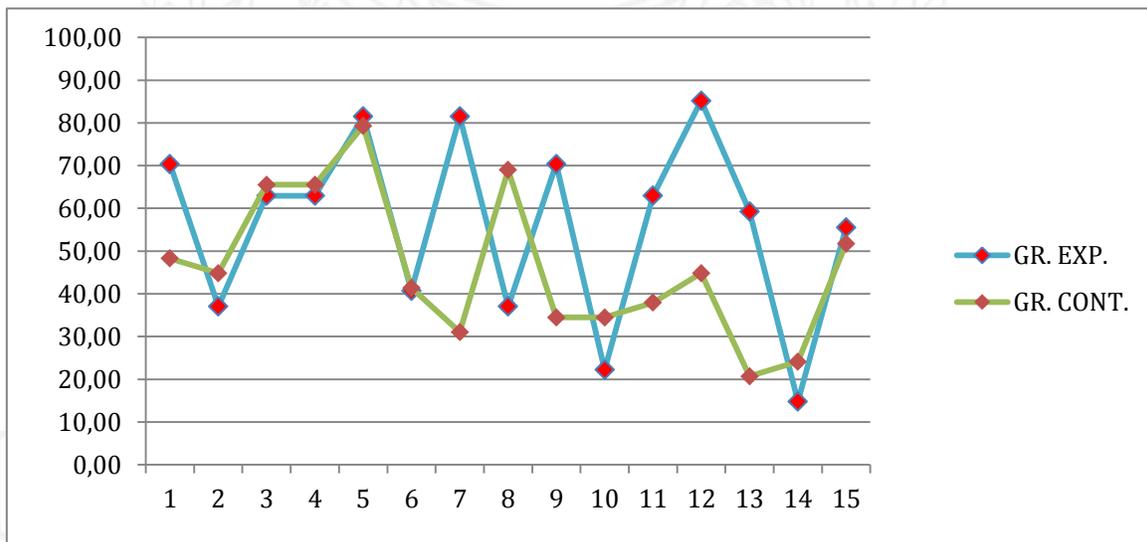


Ilustración 2 "Gráfica verificación por preguntas"

5.4. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Continuando con el análisis de resultados de la estrategia aplicada, una vez obtenidas las gráficas que se consideran oportunas para una revisión de las codificaciones, con el fin de determinar y encaminar algunas conclusiones a posteriori, es necesario que estas graficas sean interpretadas por el investigador quien está habilitado para contextualizar al lector, esto lo que significa es que las observaciones del proceso de investigación otorgan además de un resultado cuantitativo una explicación del porqué de la caracterización grafica obtenida, por lo que en este apartado se exponen dichas interpretaciones.

Si se comienza interpretando la gráfica que comparan los grupos basados en los promedios de los resultados por factores (Ilustración 1), es evidente que el grupo experimental supera en todos los factores al grupo control pero es necesario determinar patrones que logran que esta evidencia sea notable, por lo que se rememorara como están distribuidos las preguntas del test en los indicadores, al igual que los indicadores en los factores (Tabla 1).

5.4.1. Interpretación del FACTOR 1 “Primera Ley de Newton”.

Se empieza por analizar e interpretar el primer factor, en términos de sus cuatro indicadores con preguntas correspondientes, debido a que, de los cuatro factores éste es el que menos diferencia estableció entre los grupos con menos de cinco puntos a favor del grupo experimental, cabe destacar que fue en el único factor en el que el promedio porcentual para el grupo control supero el 50% más uno, como índice de favorabilidad, aun así, quedando por debajo del resultado obtenido por el grupo experimental.

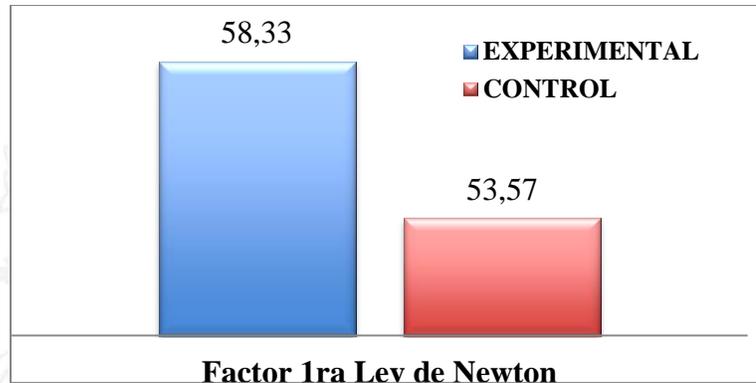


Ilustración 3 "Factor 1"

La diferencia de cinco puntos principalmente es establecida en el grupo experimental, según la gráfica de verificación por preguntas (Ilustración 2), debido a la pregunta uno correspondiente al indicador del mismo número "la inercia", según la estrategia aplicada algunos de los estudiantes diseñaron artefactos como: trabuquetes y elevadores, en donde, para el caso de los trabuquetes la inercia explicaba la expulsión del proyectil y en el caso de los elevadores controlar la inercia en las partículas para que se mantuviesen en el coche represento un problema a resolver por parte de los grupos de trabajo, respectivamente.

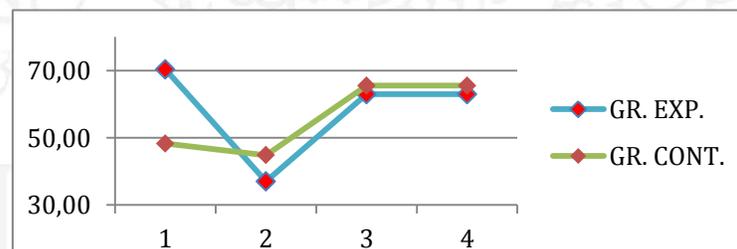


Ilustración 4 "Indicadores del Factor 1"

Por otra parte, los demás indicadores no representan diferencias abultadas puesto que el test en las preguntas para los indicadores "sistemas de referencia inerciales", "masa inercial" y "movimientos inerciales" este test está diseñado para que sin importar la estrategia aplicada un

estudiante este en capacidades de darle una buena solución, y algunos indicadores aluden al uso de la lógica, por lo que era necesaria el uso de procesos de análisis por parte de los estudiantes para identificar estos indicadores en los procesos de resolución de problemas y también en los trabajos prácticos, ya que estos procesos de análisis no se exponen de forma explícita por el docente que aplica la estrategia diseñada, por lo que las respuestas correctas se atribuyen a estudiantes de los dos grupos con la capacidad de analizar los enunciados e implementaron recursos lógicos para responder.

5.4.2. Interpretación del FACTOR 2 “Segunda Ley de Newton”.

Continuando con el segundo factor de análisis correspondiente a la Segunda Ley de Newton, al igual que en anterior factor el promedio porcentual favorece al grupo experimental por un poco más de 13 puntos, lo cual representa una diferencia buena en favor de la estrategia aplicada, pero como este factor contiene factores con varias preguntas es importante exhibir las particularidades en el proceso de forma separada para cada indicador.

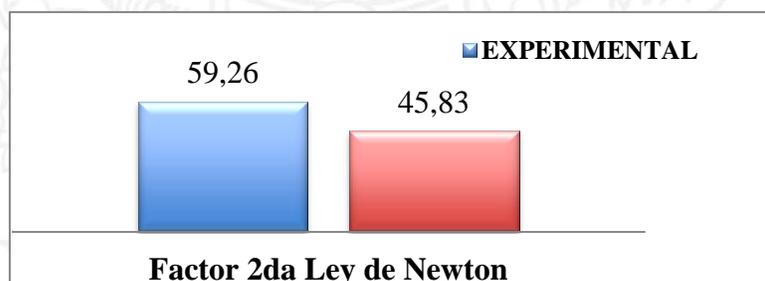


Ilustración 5 "Factor 2"

Podemos observar el primer indicador que se presume como principio de la ley en sí misma, la “cantidad de movimiento”, la pregunta cinco perteneciente a dicho indicador contextualiza la cantidad de movimiento con una situación de tránsito que puede ser deducida sea por medios de experiencia o suposición, como también por el dominio mismo del concepto del momento de

inercia sin que importe el origen de la adquisición del conocimiento conceptual (o la estrategia de enseñanza y aprendizaje) por lo que en la gráfica verificación por preguntas (Ilustración 2) se observa que en los grupos casi el 80% de los estudiantes respondieron de forma correcta esta pregunta.

Además, la pregunta seis exigía una interpretación de la anterior o en su defecto el dominio del concepto cantidad de movimiento, en este caso tampoco se observan diferencias entre los grupos ya que en ambos casos solo el 40 % responden de forma correcta, de lo cual se puede deducir que de la totalidad de los que respondieron de forma correcta la pregunta cinco, a lo sumo la mitad comprende de forma pragmática el concepto en el grupo experimental y en el caso del grupo control la mitad posee capacidades de análisis o buen manejo del pensamiento lógico o conocimiento del concepto.

Pero porque este indicador no es favorable para el resto del grupo experimental, esto se debe a que tomar este como punto de partida para la explicación del concepto sobre fuerza tiene un efecto beneficioso en el entendimiento de éste, pero esto, no implica que el concepto cantidad de movimiento haya sido adquirido, es decir, de forma pragmática un estudiante puede decir que la fuerza es causado por un cambio en la cantidad de movimiento y con sus propias palabras relacionar estos dos conceptos, pero poseen dificultades para explicar la cantidad de movimiento como concepto aislado de forma pragmática, por lo que si en el factor se exhibe una diferencia a favor del grupo experimental el indicador número cinco no es causa de dicho resultado.

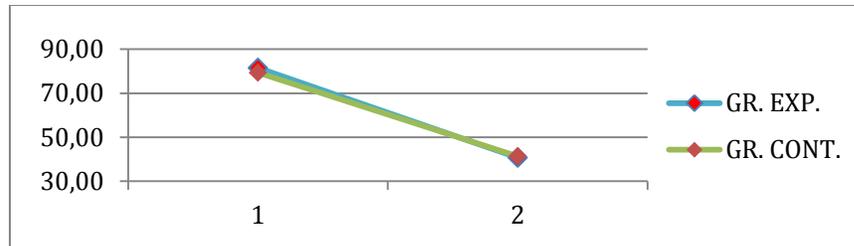


Ilustración 6 "Indicador 5 del Factor 2"

Por otra parte, el indicador seis “la fuerza” si representa un sobresalto del factor en favor del grupo experimental, esto debido a que en clases tradicionales el concepto de fuerza, solo se presenta como una relación directa entre una magnitud escalar (la masa) y una magnitud vectorial (la aceleración), y no se enfatiza que la fuerza en principio representa el cambio de la cantidad de movimiento, situación diferente en el la estrategia aplicada pues en esta como la intensidad no es resolver algoritmos, ni ejercicios. En la estrategia diseñada entender forma pragmática del concepto de fuerza depende directamente del concepto cantidad de movimiento o momento de inercia, por lo que es notable en este indicador al verse que 80% del grupo experimental respondió de forma acertada en comparación al 30% del grupo control.

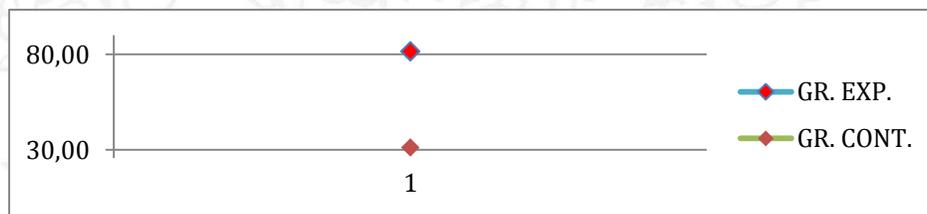


Ilustración 7 "Indicador 6 del Factor 2"

Afirmando que la estrategia aplicada establece relaciones entre los conceptos (Las leyes de Newton), como un conjunto interrelacionados de constructos tal como fue presentado o pensado por Newton, para desarrollar toda su teoría dinámica, este indicador es el protagonista en la diferencia obtenida en el factor esta afirmación se explica a continuación.

Sin embargo, el indicador siete “la aceleración” se torna desfavorable para el grupo experimental con una diferencia de trece puntos a favor del grupo control, pues en la estrategia se hizo mucho énfasis en que la aceleración representaba un cambio en la magnitud del vector velocidad, desconociendo durante la explicación, el protagonismo que también representa un cambio en la dirección del mismo vector, por lo que hay un patrón interesante que da indicios de la resolución aleatoria por parte del grupo control, el cual es que si esto es comprendido la pregunta ocho se responde acertadamente y en consecuencia la pregunta diez puede ser resuelta por la relación de consecuencia que las caracterizan, pero es notable que el grupo control los que responde de forma atinada la pregunta ocho, en la pregunta diez esta cantidad se reduce a un poco más de la mitad, se puede pensar esto pues la pregunta ocho tiene una opción como respuesta correcta “Todas las anteriores”, para el grupo experimental y según las actividades realizadas por la estrategia no se presentó como una opción obvia, por lo que el recurso de respuesta es el pragmatismo trabajado, mientras que para el grupo control es una respuesta tentadora, esto sin desconocer la probabilidad que en casos particulares responder correctamente tiene relación con el conocimiento del concepto.

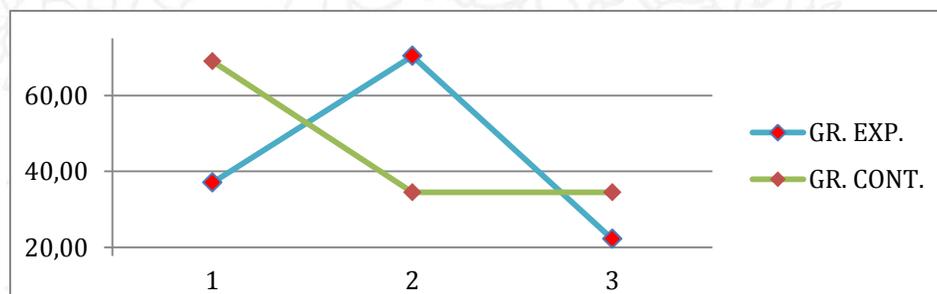


Ilustración 8 "Indicador 7 del Factor 2"

Pero, no todo es malo en este indicador para los objetivos que se pretenden con la aplicación de la estrategia didáctica, basada en la resolución de problemas de tipo prácticos para el aprendizaje conceptual, pues sin duda a favor de la estrategia se exhibe el reconocimiento del frenado de

cualquier partícula (en este caso vehículo) como una aceleración en sentido contrario al desplazamiento por parte del grupo experimental con un 70% de aciertos en comparación a un 35% del grupo control, concepción que no es fácil de cambiar en un estudiante o persona del común y muestra de esto es que el desarrollo de ejercicios con logaritmos no se comprenden más allá del valor numérico resultante y la comprensión de las cantidades vectoriales y el signo en correspondencia con el sentido no está garantizado en todos los estudiantes, de todos modos el factor en promedio favorece al grupo experimental por lo anteriormente mencionado.

5.4.3. Interpretación del FACTOR 3 “Tercera Ley de Newton”.

Ahora se observa e interpreta el tercer factor de la tercera Ley de Newton el cual representa la diferencia más exorbitante entre los grupos, a favor del grupo experimental con un 74% en promedio comparado con un 42% por parte del grupo control, una diferencia de más de 30 puntos esto debido a los indicadores ocho y nueve que representan el concepto “interacción” y “fuerza normal” respectivamente, ya que en estrategias tradicionales es notable que en diagramas de cuerpo libre y ejercicios de sumatorias de fuerzas se evidencia un problema en la comprensión de estos conceptos para determinar el estado de equilibrio como secuencia.



Ilustración 9 "Factor 3"

Mientras que en el estrategia aplicada se parte del estado de equilibrio en los artefactos diseñados para poder discriminar dichos conceptos, esto es, que la interacción y la fuerza normal no se ven como construcciones artificiales para la solución de un ejercicio, sino, como una explicación de un estado fenomenológico visible y real, en artefactos de tipo experimento ilustrativo.

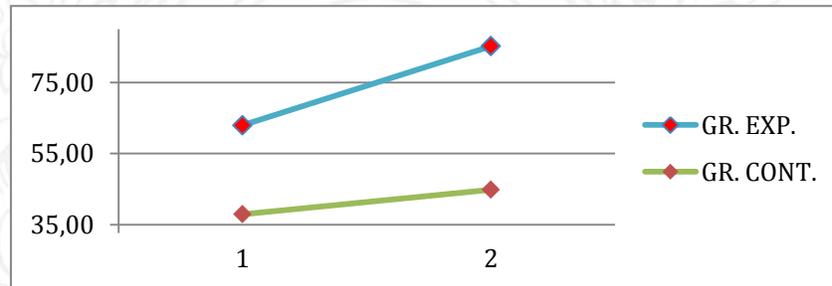


Ilustración 10 "Indicadores del Factor 3"

5.4.4. Interpretación del FACTOR 4 “Ley de la Gravitación Universal de Newton”.

En el último factor que supone una composición de las tres primeras leyes en pro de la comprensión del comportamiento natural de todo cuerpo con masa, la gravitación universal, es en el que los resultado presentan un declive para los dos grupos, en el que se evidencia el punto más bajo en comprensión conceptual con un 44% para el grupo experimental y un 32% para el grupo control y una diferencia a favor del grupo experimental de doce puntos.

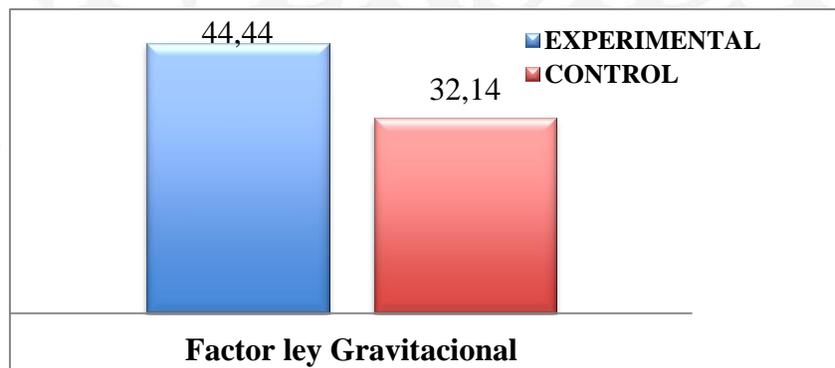


Ilustración 11 "Factor 4"

A pesar, de lo mencionado anteriormente y de que ninguno de los dos grupo supera el promedio de favorabilidad del 50%, es notable que el grupo experimental se destaca y para reconocer en parte la causa de esto, podemos inferir mediante la gráfica que compara los factores por sus preguntas, para este caso el factor se divide en los indicadores diez, once y doce y en el test las preguntas que lo componen son la trece, la catorce y la quince respectivamente, se denota a favor del grupo experimental el indicador diez "la gravedad", como representante de la diferenciación en el promedio con un porcentaje de 59% a favor del grupo experimental contra 20% del grupo control , esto debido a que en estrategias de tipo tradicional si bien se menciona el peso como fuerza a causa de la gravedad no se hacen referencias que relacionen esta ley con las orbitas y/o el movimiento de los astros, como la tierra, la luna, entre otras.

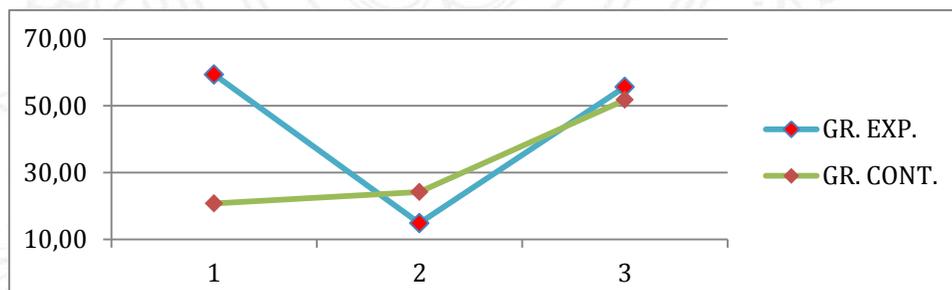


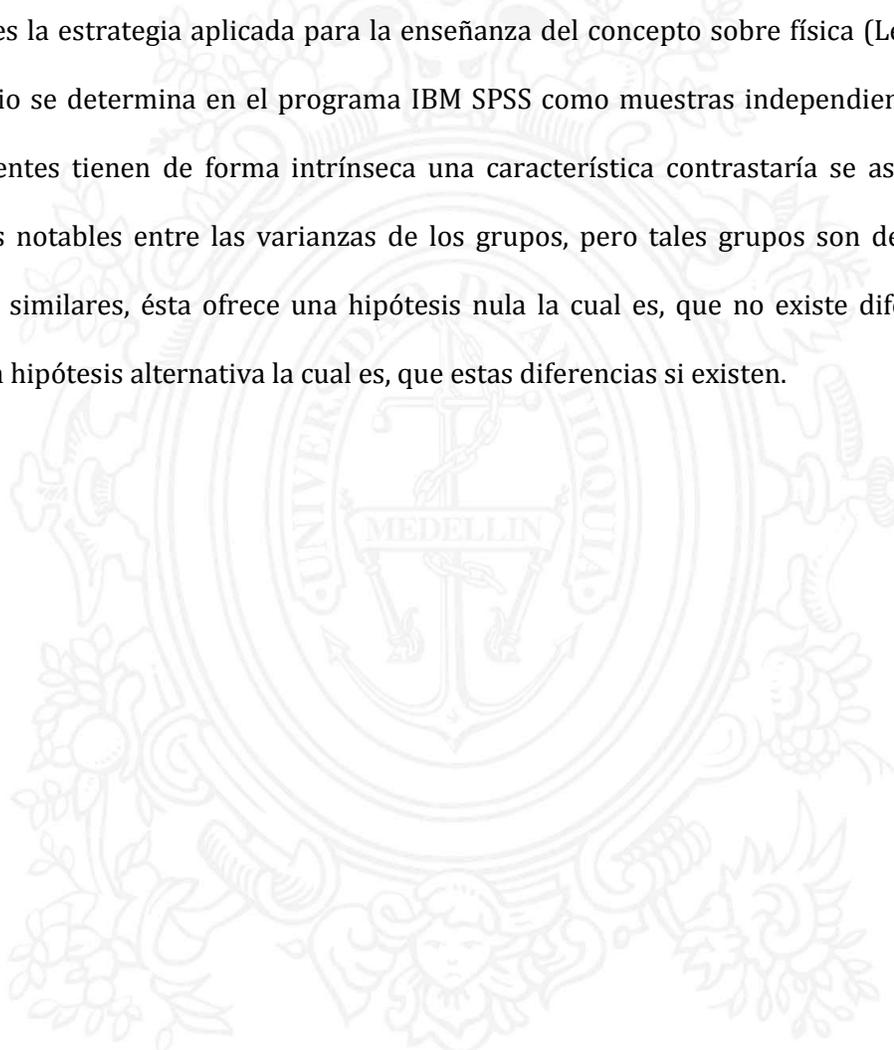
Ilustración 12 "Indicadores del Factor 4"

5.5. COMPARACIÓN DE MEDIAS CON PRUEBA T.

En este párrafo es considerado necesario, para que las interpretaciones realizadas adquieran una relevancia real, por medio de un argumento sólido este es el análisis por comparación de medias a través de las pruebas T o también conocido como "T Student", prueba que puede generar



un patrón de diferencia valida entre los dos grupos “Grupo Control=0 y Grupo Experimental=1” para que su única causa no sea atribuible al azar, como el tratamiento realizado es la estrategia aplicada para la enseñanza del concepto sobre física (Leyes de Newton), en principio se determina en el programa IBM SPSS como muestras independientes. Las muestras independientes tienen de forma intrínseca una característica contrastaría se asume porque hay diferencias notables entre las varianzas de los grupos, pero tales grupos son de un número de individuos similares, ésta ofrece una hipótesis nula la cual es, que no existe diferencia entre los grupos y la hipótesis alternativa la cual es, que estas diferencias si existen.



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



	TRAT	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
TOTAL-PRUEBA	0	28	6,86	2,368	,448
	1	27	8,48	2,242	,432

Tabla 4 "Estadísticas de Grupo"

	Prueba de Levene de igualdad de varianzas	prueba t para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
TOTAL-PRUEBA	Se asumen varianzas iguales	,190	,665	-2,61	53	,012	-1,624	,622	-2,873	-,376
	No se asumen varianzas iguales			-2,61	52,984	,012	-1,624	,622	-2,871	-,377

Tabla 5 "Prueba de Muestras Independientes"

Una vez asumido, que hay contraste entre grupos similares se viabiliza la aplicación de la prueba T, con una tasa de erro de 95%, es decir si la significación supera el 5% los grupo no se asumen con varianzas iguales, para la investigación en curso se observa que dicha significación es del 66,5% (dato extraído de la columna “Sig.” de la tabla 5), pero como los resultados de la diferencia de medias, diferencia de error estándar, T son iguales, el azar no se asume como causa probable. Lo que se observa es, que la significación bilateral es inferior al 5%, (valor obtenido 1,2%) lo que se entiende como resultado favorable en el aprendizaje conceptual, a causa de la aplicación de la estrategia didáctica diseñada para esta investigación, es decir, que el mejoramiento en el aprendizaje estadísticamente existe.

CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.

Este capítulo, refleja todas las consideraciones y resultados a causa del desarrollo del trabajo investigativo en cuestión, por lo que se empieza exponiendo las conclusiones en relación con el resultados obtenidos, además, realizando unos comentarios o detalles a tener en cuenta y/o corregir para el lector que desee implementar la estrategia diseñada, puesto que algunos de estos comentarios solo son efecto de la aplicación misma de dicha estrategia, de las observaciones del investigador y como esta estrategia se realizó en base a la creatividad del autor, en la visión esperada para las actividades hubieron detalles que no se previeron y que si son tenidos en cuenta pueden mejorar el índice de resultados que se obtuvieron en este trabajo.

Según la prueba T o “T Student” realizada en IBM SPSS, la diferencia en el aprendizaje conceptual cumpliendo con el objetivo de comparar entre la estrategia diseñada y las estrategias tradicionales, si existe. Lo que prueba la hipótesis de esta investigación la cual es, si se aplica una estrategia didáctica basada en la resolución de problemas de tipo práctico, no matemáticos, se mejora el aprendizaje conceptual de las Leyes de Newton en comparación, con las tradicionales que basan su enseñanza en la resolución de problemas de lápiz y papel y la aplicación de algoritmos matemáticos para la física, sin embargo, esto se logra en base a logros particulares en algunos conceptos sobre Leyes de Newton y no a la totalidad de estos, por lo que a continuación se explicitará estos logros conceptuales particulares y después se mencionaran recomendaciones en pro de la mejora de los resultados, en una aplicación futura de esta estrategia.

Los estudiantes ven las discusiones abiertas y los debates como actividades casuales con el propósito de participar recurren a las observaciones para participar de forma activa, asumen posiciones basados en sus “concepciones alternativas” en ocasiones se aproximan de forma

deductiva a lo que posteriormente explica el concepto y para la discusión idean situaciones que apoyen dichas posturas, además, cuestionan la teoría en busca de explicaciones convincentes.

El grupo experimental adquirió el concepto de aceleración al comprender que un cuerpo frena a causa de una fuerza en sentido contrario a su desplazamiento y causa de esta fuerza es un vector aceleración en tal sentido; se considera un gran logro, en primer lugar por los resultados del grupo control quienes tienen el recurso del logaritmo que ofrece un signo que representa para el vector el sentido del mismo, pero, esto no se ve reflejado en la prueba realizada y en segundo lugar el cambio de esta concepción sin el uso de la parte referencial del concepto, solo apoyado en la parte pragmática.

Asumir en principio el equilibrio, para explicar el concepto de fuerza normal y dedicar importancia a la enseñanza de la conservación de la cantidad de movimiento, para explicar las interacciones. Esto con ejemplos gráficos, experiencias prácticas y los experimentos ilustrativos permiten discriminar estos conceptos, razonarlos, evidenciarlos, y tienen como consecuencia que los estudiantes logren cambiar “las concepciones alternativas” respecto a éstos, aceptarlos y comprender la tercera Ley de Newton.

La estrategia además de exponer la Ley gravitacional permite un acercamiento a la interacción lograda por cuerpos celestes, esto porque como anteriormente se trata la conservación de la cantidad de movimiento de forma pragmática, se crean relaciones entre un campo conservativo (sin que este se explicita), con el campo gravitacional y como las orbitas representan una relación interactiva atractiva entre los astros, es decir que el fenómeno de las orbitas es efecto de un cuerpo cayendo hacia otro dicho en palabras coloquiales, aunque no es preciso afirmar que, las estrategias

tradicionales no tratan este tipo de interacción el Posttest evidencia un resultado favorable para el grupo experimental.

Se debe considerar la dificultad en el entendimiento de lo que es un marco de referencia inercial, por lo que se sugiere, que si alguien desea implementar esta estrategia; considere que se le sucede el deber de proponer y/o mejorar las actividades diseñadas con el propósito de explicar el concepto sobre marco de referencia inercial, puesto que el resultado obtenido para este factor fue favorable para el grupo experimental, la diferencia no es muy notoria, además, el método tradicional no explica dicho concepto y por desgracia la estrategia aplicada no pudo superar tal dificultad.

Continuando en esta secuencia, algunos comentarios que surgen con respecto al factor dos que trata la segunda Ley de Newton, es que el concepto cantidad de movimiento es una consigna que deja algunos asuntos pendientes, así que este concepto necesita que se piense un poco más en términos del trabajo práctico y la resolución de problemas para poder anexar actividades a la estrategia, que permitan que el conocimiento sobre este concepto sea adquirido y pueda ser explicado por los estudiantes de forma aislada.

Se recomienda que el profesor persuada a los estudiantes por cuestionarse no solo por el cambio de magnitud del vector velocidad, sino también por el cambio de la dirección del mismo vector a causa de la aceleración y encamine los experimentos ilustrativos a resolver problemas que tengan relación con esto que se menciona, para mejorar los resultados que se observan en esta investigación.

Además de lo antes mencionado, para el diseño de instrumentos para el análisis de datos es propicio, que los enunciados que cuestionan el aprendizaje conceptual, no posean opciones de respuesta como “todas las anteriores”, porque existe una cultura para pruebas de este tipo que si el

sujeto no sabe la respuesta, la menos descartable es esa. Por lo que se vio en el trabajo ejecutado fue lo que sucedió con el grupo control.

Lo interesante que no se puede dejar pasar sin hacer énfasis, es el papel incluyente de esta estrategia que se soporta en los trabajos prácticos y la resolución de problemas, destacando estudiantes que no son muy habilidosos en clases de tipo tradicional con la manipulación de algoritmos, pero se destacan a la hora de interpretar de forma pragmáticas los conceptos sobre física, relacionando éstos con la manipulación de instrumentos y elaboración de experimentos ilustrativos.

CAPITULO 7. ANEXOS.

7.1. PRETEST TIPO ENCUESTA.

Escriba una respuesta o idea que tenga con respecto a lo que se pregunta, si no sabe la respuesta no deje de responder, recuerde que cualquier respuesta puede tener contenido interesante.

1. ¿Cómo relacionas la física con la matemática?

2. En el colegio. ¿Cuáles son las materias más difíciles?

3. ¿Te gustan los trabajos prácticos? ¿por qué?

4. ¿Cuándo un cuerpo esta acelerado?

5. ¿Qué se entiende como masa?

6. ¿Qué es cantidad de movimiento?

7. ¿Qué relación existe entre la fuerza y el movimiento?

8. ¿Qué relación existe entre la fuerza y la masa?

9. ¿El movimiento altera la fuerza o la fuerza altera el movimiento?



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803

Facultad de Educación

10. ¿Conoces alguna Ley de Newton? Explícala.

11. ¿Qué es inercia?

12. ¿Qué crees que explica la Ley de acción–reacción?

UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA
1803

7.2. POSTEST DE APRENDIZAJE CONCEPTUAL.

Lea con atención los enunciados, y seleccione cuidadosamente la respuesta que considere es la correcta, marque de forma legible una única respuesta, es recomendable que use lápiz para evitar tachones y procure no dejar borrones que puedan confundir al profesor.

1. La situación más conocida del efecto de la inercia, es el de un vehículo que frena de forma precipitada y las personas que van dentro de dicho vehículo, si no fuesen sujetados caerían en la dirección en la que el vehículo se dirige en principio antes de frenar; ¿Qué relación tiene esta situación con la inercia?

○ Cuando el vehículo frena los sujetos dentro de él, tienden a continuar en su estado de movimiento inercial.

○ La inercia es algo que tiene que suceder, porque cuando un vehículo frena los sujetos dentro de él, no se pueden ir hacia atrás.

○ La relación es que el vehículo y los sujetos dentro de él poseen masa inercial y la inercia es el estado natural de un cuerpo con masa inercial.

2. Se dice que en el planeta tierra no es posible visualizar un sistema de referencia inercial, porque todo sistema en la superficie terrestre estaría sometida a la fuerza gravitatoria de ésta; según esto ¿Cuál es la característica que diferencia a un sistema de referencia inercial de otros sistemas de referencia?

○ Que la tierra no es un sistema de referencia, pues ninguna partícula puede permanecer en movimiento relativo con respecto a otra partícula.



○ Que en un sistema de referencia inercial, ninguna fuerza actúa sobre una partícula que se encuentra en estado inercial.

○ Que un sistema de referencia, es una construcción imaginaria y para partículas reales éstos sistemas de referencia, no aplican.

3. Si una persona del común fuera por un bulto de cemento a un depósito de materiales, podría verificar que en promedio este dice en el empaque 25 kg, éste valor aunque mucho lo confunden con el peso es la masa, y para poder levantar dicho bulto se requiere de la fuerza necesaria para una masa de 25 kg en la tierra, ahora pensemos en un bulto de espuma para muebles de 25 kg, según lo anterior ¿Cuánta fuerza es necesaria para levantar el bulto de espuma?

- Menos fuerza que la necesaria para levantar el bulto de cemento.
- Un fuerza mayor que la utilizada para levantar el bulto de cemento.
- La misma fuerza que se necesita para levantar el bulto de cemento.

4. Si un pasajero en un avión estuviese dormido en el momento del despegue y despierta justo cuando el avión está volando, podría pensar que el avión todavía no ha despegado, pues no tiene acceso a las ventanillas y siente que él no se mueve, es decir, que se siente en reposo; según lo anterior ¿Por qué el pasajero de la situación se siente en reposo, cuando en realidad se mueve con la velocidad del avión?

○ Porque lo que se mueve es el avión, él en ningún momento se mueve lo que indica que está en reposo.



- Porque él se mueve a la misma velocidad del avión y como está aislado del exterior se siente en reposo.

○ No existe forma de que el pasajero se sienta en reposo, porque el avión está en movimiento.

5. Piense en un accidente de tránsito, en el cual una persona es atropellada por un bus de Copacabana que va a 40 km/h y otra persona es atropellada por un taxi que va a la misma velocidad, a causa de la cantidad de movimiento o momento de inercia como también es conocida, en el hospital dicen que la persona atropellada por el bus está más grave; según lo anterior ¿Por qué la persona atropellada por el bus, está más grave?

○ Porque el bus es más grande que el Renault 6 e impacta la totalidad del cuerpo de la persona atropellada.

○ Porque el bus tiene más masa, pues la cantidad de movimiento relaciona la masa con la velocidad en la que éste se desplaza.

○ Porque los dos vehículos se desplazan a la misma velocidad, lo que indica que es más difícil reaccionar ante un bus que ante un Renault 6.

6. Dos cuerpos o partículas que poseen diferentes masas y diferentes velocidades ¿Pueden tener la misma cantidad de movimiento?

○ Sí, porque si sus masas son diferentes para que tengan la misma cantidad de movimiento, el cuerpo de menor masa tiene que moverse a mayor velocidad.

○ No, porque para calcular la cantidad de movimiento es necesario que los dos cuerpos tengan la misma masa.

○ No, porque para calcular la cantidad de movimiento es necesario que los dos cuerpos se desplacen a velocidades iguales.

7. Piense en un accidente de tránsito, esta vez, un vehículo particular choca a 70 km/h con un poste de energía, el carro aplica una fuerza real al poste lo que ocasiona que éste se desplace y caiga, y el poste aplica una fuerza ficticia sobre el automóvil la cual lo deforma y además hace que dicho vehículo se detenga; según lo anterior, la fuerza otorga al poste y al vehículo de forma proporcional:

- Deformaciones.
- Ruido generado por el impacto.
- Cambio en el movimiento.

Con el siguiente enunciado responda las preguntas 8,9 y 10.

Un joven en una motocicleta de 1200 centímetros cúbicos de cilindraje, va a 100 km/h, diez minutos después va a 150 km/h, lo cual indica que aplico una fuerza motriz (del motor) que hizo que su movimiento cambiará, el desea coger una curva, pero como va tan rápido piensa que si no frena al coger la curva se puede accidentar, así que presiona el freno hasta alcanzar una velocidad de 60 km/h, lo cual indica que volvió a aplicar una fuerza motriz (del freno de disco) que hizo que su movimiento cambiará, aun así, continua con demasiada velocidad, toma la curva reclinándose a un ángulo de 30° con respecto al pavimento, para que el pavimento aplicara una fuerza motriz de fricción a la llanta trasera de la moto en dirección del giro, que permitiera un giro limpio para poder continuar con su recorrido; según lo anterior responda.

8. La aceleración es un vector que indica el cambio.

De la magnitud del vector velocidad.

De la dirección del vector velocidad.

Todas las anteriores.

9. ¿Frenar es acelerar?

No, porque la aceleración siempre aumenta la velocidad del vehículo, porque los vehículos tienen freno y acelerador por separado.

Sí, porque cambia la velocidad del vehículo con respecto al tiempo y se evidencia una fuerza aplicada en sentido contrario al desplazamiento.

Sí, porque la aceleración siempre disminuye la velocidad del vehículo en dirección al desplazamiento.

10. Según el enunciado ¿Qué otro tipo de aceleración se menciona?

La inclinación a 30° con respecto al pavimento.

Al girar.

Al seguir el recorrido.

11. Durante todo el test hemos sugerido que todo cuerpo animado e inanimado es partícula, suponga dos de éstos un joven y un muro, el joven en medio de un ataque de ira le da un puñetazo al muro para su sorpresa el muro queda intacto y él se rompe tres falanges de sus dedos; según lo anterior, ¿Por qué el joven iracundo se rompió tres falanges de sus dedos?

○ Porque el muro de ladrillos es más duro, comparado con su mano más precisamente con los huesos de ésta.

○ Porque la mano recibe una fuerza mayor, que la que recibe el muro pues el muro es más grande.

○ Porque la mano recibe la misma fuerza que recibe el muro, pero el muro tiene más inercia por ser más grande.

12. La alcaldía de Copacabana desea ahorrar dinero en la construcción de colegios y opta por usar un material a base de cartón, al momento de probar con una cantidad promedio de 40 estudiantes, el segundo nivel del colegio colapso la gente del común dice que el material no soportó el peso; según lo anterior ¿Por qué el material no soportó el peso de los 40 estudiantes?

○ Porque el cartón no es suficientemente duro, como el cemento.

○ Porque la fuerza normal ejercida por el material fue menor a la del peso.

○ Porque la cantidad de estudiantes propuso el límite de resistencia del material.

13. Los movimientos de los astros como las conocidas rotación y traslación son efectos gravitatorios, generados en la tierra por el sol y viceversa, ambos con masa gravitacional, dicho movimiento de traslación se puede entender como la tierra cayendo hacia el sol o el sol cayendo hacia la tierra, sino que por conservación de la cantidad de movimiento la velocidad de caída del sol hacia la tierra es mucho menor al de la tierra hacia el sol; según lo anterior ¿Por qué la tierra no se sale de su órbita en el sistema solar?

○ Porque la órbita de la tierra en el sistema solar se comporta como un movimiento circular con una fuerza centrípeta que la mantiene en su curso.

○ Porque la traslación por ser un efecto gravitatorio, es posible hacer la comparación del porqué no salimos expulsados de la superficie terrestre.

○ Porque la relación de la masa de la tierra con la masa del sol, forman un par acción reacción que garantiza la conservación de la cantidad de movimiento.

14. Es común confundir el peso con la masa, porque cuando nos “pesamos” o “pesar” en basculas lo que hacemos es medir la masa, pues el peso es una fuerza relacionada de forma directa con el campo gravitacional, entonces suponga un bulto con una masa de 25 kg y otro con una masa de 40 kg, alguien que intenta levantarlos, por obvias razones reconoce que necesita aplicar menos fuerza al de 25 kg, pero es retado por otra persona a que levante el de 40 kg, cuando logra levantarlo se da cuenta de que dicho bulto lo quiere aplastar, pues después de un tiempo la fuerza que el ejerce no es suficiente para sostener el bulto; según lo anterior ¿Por qué la masa es más difícil de sostener después de cierto tiempo?

- Porque la masa del bulto después de un tiempo aumenta.
- Porque la fuerza del hombre no es constante, como la gravedad.
- Porque la fuerza de la persona es constante.

15. La medición de la masa durante mucho tiempo se ha realizado con la basculas que tienen en cuenta la gravedad terrestre, es por esto que las basculas dan cantidades en kg lo cual se puede considerar como masa gravitacional, y la masa inercial solo se haya en un sistema inercial que no es posible de concebir en la tierra pues ésta genera un campo gravitatorio, el cual acelera a los cuerpos hacia el centro de ella aproximadamente a $9,76 \text{ km/s}^2$ en la ciudad de Medellín, pero si un vehículo acelera por una carretera a $9,76 \text{ km/s}^2$ también podría generar el mismo campo

gravitacional, esta vez no hacia el centro de la tierra sino en sentido contrario a su desplazamiento; según lo anterior ¿Qué diferencia existe entre masa gravitacional y masa inercial?

- La masa inercial no existe.
- No existe diferencia entre éstas masas.
- La masa gravitacional no existe.

7.3. ACTIVIDAD DE CAMPO.

Esta sección profundiza en la estructura de las actividades, diseñadas para la estrategia las cuales serán aplicadas en el grupo muestra, resaltando aspectos como la intensidad temporal, como se organiza el ambiente de trabajo para cada actividad, el objetivo de ésta y la secuencia de aplicación de cada actividad, en que consiste cada una de estas.

Actividad N°1.

Duración 100 minutos.

Objetivo: disociar la clase de física de la creencia matematizada de dicha clase, presentando el trabajo científico en primera instancia como un trabajo de observación, cuestionamiento y suposiciones hacía el mundo que nos rodea, vinculando ésta a la observación del mundo y a las “concepciones alternativas” de los estudiantes.

La actividad consiste en ver una serie de videos titulados “Peligro se Rueda: escenas de motos” disponible de forma gratuita en Youtube, ésta serie de video constan de escenas de películas en las cuales son utilizados los efectos especiales para que los actores puedan realizar hazañas que de otra

forma no serían posibles; se piensa en la imposibilidad de estas hazañas según las “concepciones alternativas”, contrastadas con la teoría física y de manera implícita el docente empieza a introducir las Leyes de Newton y cómo se comportan las fuerza en cada momento de la escena.

Actividad N°2.

Duración 20 minutos.

Objetivo: conformar el ambiente de trabajo.

Se informa a los estudiantes de la investigación que se está llevando a cabo, y se divide la totalidad del grupo muestra en cuatro grupos de trabajo seleccionados de forma aleatoria, se informa de las normas de convivencia y la tendencia de la metodología que opta por la enseñanza de las Leyes de Newton basado en la resolución de problemas prácticos, se deja la tarea de consultar por grupo un enunciado original de Newton del “*Principio matemático de la filosofía natural*” y que escriban un ensayo de forma individual de una página de lo que comprende según el enunciado.

Actividad N°3

Duración 40 minutos.

Objetivo: familiarizar al estudiante con el consenso de opiniones, como parte primordial en el trabajo científico y la creación de teorías.

Una vez realizada la tarea por cada estudiante, se reúnen en sus grupos correspondientes, donde tienen que compartir sus ensayos con los demás compañeros del grupo, para que recopilen opiniones diversas de los compañeros de forma estructurada y con sentido y condensen la

información en una página, en la cual se resume lo que consensuaron los diferentes integrantes del grupo, para presentar en una discusión abierta donde se comparte dicha ley con los demás grupos y el profesor.

Actividad N°4

Duración 80 minutos.

Ubicados en los grupos de trabajo se realiza una mesa redonda donde los grupos en orden comparten con los demás grupos el consenso realizado sobre la interpretación a la ley de Newton específica por grupo, una vez compartido dicha opinión el profesor realiza una serie de preguntas a las cuales pueden responder los estudiantes de cualquiera de los grupos basados en “las concepciones alternativas” y los enunciado originales de Newton, en la medida en que se acerquen o se alejen de los planteamientos teóricos el profesor tiene el deber de direccionar de manera correcta la actividad, para que los estudiantes orienten sus interpretaciones y contrasten la teoría con el consenso realizado por el grupo.

Actividad N°5

Objetivo: favorecer la observación y la vinculación de la teoría con la realidad por parte de los estudiantes, necesaria para los trabajos siguientes.

A modo de tarea cada estudiante tiene que lograr una fotografía de un artefacto que cumpla las siguientes características:

- Que ilustre cualquier ley de Newton o efecto dinámico, el caso ideal sería que ilustre la ley correspondiente a su grupo de trabajo.
- Que pueda realizarse un modelo de este para presentar en clase.

Una vez lograda una fotografía que cumpla con dichas características el estudiante debe ilustrar en ella con flechas, las fuerzas que actúan en aquel artefacto y explicar que ley o leyes se ven ilustradas en tal fotografía para exponer a sus compañeros en clase.

Actividad N°6

Duración 120 minutos.

De manera individual cada estudiante expone la fotografía a los demás compañeros de clase y explica cada una de las flechas ilustradas, que fuerza representan en la imagen, como esta imagen representa la ley de Newton que su grupo tiene que explicar, mientras que al tiempo el profesor cuestiona los argumentos del estudiante, expone las carencias de su artefacto, de su ilustración de fuerzas o de su argumento, realiza preguntas con respecto a las Leyes de Newton para detectar errores conceptuales a las cuales pueden dar respuesta cualquiera de los estudiantes, para finalmente aclarar cualquier interpretación errónea de éstos conceptos.

Actividad N°7

Duración 60 minutos.

Objetivo: Evaluar el manejo parcial de los conceptos “Leyes de Newton” y cada uno de los conceptos que constituyen o son consecuencia directa o histórica de éstos.

Se realiza una evaluación, puesto que los estudiantes han reflexionado sobre el concepto y el profesor ha hecho claridad sobre las Leyes de Newton.

Cada enunciado del 1 al 15 consta de una afirmación seguida de la palabra porque que expresa una razón o justificación de la afirmación hecha. Coloque en el paréntesis que antecede a cada enunciado la letra MAYÚSCULA que le corresponda, conforme a los siguientes criterios.

A. Si la afirmación y la razón son verdaderas y la razón explica con seguridad la afirmación

B. Si la afirmación y la razón son verdaderas pero la razón no explica con seguridad la afirmación

C. Si la afirmación es verdadera y la razón es falsa

D. Si la afirmación es falsa y la razón es verdadera

E. Si ambas, la afirmación y la razón, son falsas.

1. () Le ley de la inercia de Newton, postula que todo cuerpo persevera en su estado inercial, porque, es algo que tiene que pasar.

2. () Es posible distinguir entre el reposo y el movimiento rectilíneo uniforme, porque, para un observador aislado en un sistema que se mueve con movimiento rectilíneo uniforme, se le es imposible distinguir si está en reposo o se está moviendo uniformemente de forma rectilínea.

3. () La masa es una medida de la cantidad de materia, porque, para que un cuerpo con masa cambie su estado de movimiento (inercial) es necesario la aplicación de una fuerza neta.

4. () La segunda ley de Newton, postula que la fuerza es $\vec{F}_{neta} = m \cdot \vec{a}$, porque, la resultante de las fuerzas aplicadas es proporcional al cambio del movimiento (aceleración) del cuerpo.

5. () Cuando un cuerpo frena se está acelerando, porque, para que un cuerpo frene es necesario la aplicación de un fuerza en sentido contrario al desplazamiento.

6. () Un cuerpo en reposo puede cambiar su estado de movimiento (inercial) por sí mismo, porque, todas las fuerzas son internas.

7. () La cantidad de movimiento es proporcional a la velocidad y a la masa de un cuerpo, porque, la diferencia de cantidad de movimiento entre dos cuerpos que se desplazan a la misma velocidad está dada por la masa de cada uno de los cuerpos y viceversa.
8. () Dos cuerpos con diferentes masas y diferentes velocidades, pueden tener la misma cantidad de movimiento, porque, La cantidad de movimiento es proporcional a la velocidad y a la masa de un cuerpo.
9. () La tercera ley de Newton, postula que un cuerpo que aplica una fuerza a otro cuerpo, a su vez recibe de ese cuerpo una fuerza igual en sentido contrario, porque, las interacciones físicas son vengativas.
10. () Para un cuerpo en reposo es imposible aplicar una fuerza a un cuerpo que choca con él de forma acelerada, porque, el otro cuerpo está acelerado lo que implica que tiene impresa una fuerza neta, por lo que es el único que puede aplicar fuerza.
11. () La tercera ley de Newton solo aplica para dos cuerpos que interactúan, porque, la ley es conocida como acción-reacción.
12. () La ley de gravitación universal postula, que todo cuerpo con masa genera un campo gravitacional a su alrededor, porque, la gravedad es inversamente proporcional al producto de las masas.
13. () La gravedad es directamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los cuerpos con masa, porque, a mayor distancia es menor la gravedad ejercida entre los cuerpos.
14. () Por el principio de equivalencia la masa inercial es igual a la masa gravitacional, porque, la masa inercial genera un campo gravitacional.

15. () La fuerza normal generada por una superficie a un cuerpo no es una reacción al peso de dicho cuerpo, porque, el peso no es una fuerza.

Actividad N°8

Se elige por parte del profesor entre los artefactos presentados por los estudiantes cuales son los más ideales para exponer de forma pragmática las Leyes de Newton y que en sí mismo representan un problema al cual el estudiante tiene que dar solución, los grupos de trabajo seleccionan de forma libre cual realizarán al cual el profesor pone condiciones que debe cumplir cada artefacto dependiendo del grupo que lo haya seleccionado

Actividad N°9

Duración 60 minutos

Los estudiantes tienen parte de la clase para que planeen los materiales a usar y el diseño del artefacto seleccionado, tal diseño debe ser evidenciado por medio de un dibujo para entregar al profesor que sirva como evidencia de ésta actividad, además, dicho video puede evidenciar problemas previos a la construcción del artefacto que puede ser señalado por el profesor y se deja como tarea preparar un video, donde los grupos compartan los principales problemas a la hora de construir el artefacto y en las soluciones que han utilizado o pensado y la relación entre la ley de Newton correspondiente y el artefacto seleccionado por cada grupo y como está ley ha contribuido en la selección de dichos problemas, con una duración máxima de 20 minutos por video.

Actividad N°10

Duración 120 minutos

Objetivo: socializar los diferentes problemas que han tenido los estudiantes a la hora de construir el artefacto que explica la ley de Newton e identificar semejanzas y diferencias entre los grupos de trabajo a la hora de enfrentarse a dicha construcción y como dan solución a los problemas que surgen.

Cada grupo presenta el video realizado, donde expone los problemas que se han presentado a la hora de construir el artefacto, las soluciones pensadas o efectuadas y como ha actuado el concepto en la construcción o solución de los diferentes problemas, el profesor en esta actividad debe tener presente las condiciones que deben cumplir el artefacto de cada uno de los grupos, guiar al estudiante en la solución de aquellos problemas, exponer problemas que el estudiante no haya tenido en cuenta y resolver dudas puntuales que tengan los estudiantes para la entrega final del artefacto.

Actividad N°11

Duración 120 minutos

Cada grupo presenta el artefacto en físico en una exposición donde comparten con el resto del grupo: como fue el proceso de construcción, la participación de cada uno de los integrantes del grupo, expone como solucionaron los problemas, como se puede explicar las Leyes de Newton con dicho artefacto, como éste explica la ley específica la cual corresponde al grupo de trabajo y compartir con los compañeros como funciona; dicha exposición debe ir acompañado de un informe que respalde la exposición con fotografías que evidencien las pruebas realizadas al artefacto y los problemas de construcción y sus respectivas soluciones, aportaciones personales de los participantes e interpretaciones de las Leyes de Newton apoyados no solo en los enunciados originales de Newton, sino también en el artefacto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Arambula Greenfield, T. (1996). Implementing problem-based learning in a collage science class. *Research in Science Education*, 383-393.
- Arribas Garde, E., & Sanjosé López, V. (1996). La estructura de las leyes de Newton Un Enfoque Alternativo. 221-225.
- Barrena, S. (2014). El pragmatismo . *factótum: Revista de Filosofía*, 1-18.
- Benítez, Y., & Mora, C. (2010). Enseñanza tradicional vs aprendizaje activo para alumnos de ingeniería. *Revista Cubana de Física*, 27, 175-178.
- Benoulli, D. (1726). Examen principiorum mechanicae et demonstrationen geometricae de compositione et resolutione virium. En *Commentarii Academiae Scientarum Imperialis Petropolitanae* (págs. 126-142).
- Boud, D., & Feletti, G. (1991). The callenge of problem-based learning. *Nueva York: St. Martin's Press*.
- Bredeweg, B., & Forbus , K. (2003). Qualitative Modeling in Education. *AI Magazine*, 35-46.
- Bridgman, P. W. (1961). Significance of the Mach Principle. *American Journal of Physics*, 32-36.
- Caballer, M. J., & Oñorbe, A. (1997). Resolución de problemas y actividades de laboratorio. *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*.
- Campbell, N. (1938). *Measurement and its Importance for Philosophy* (Vol. 17). Aristotelian Society Supplement.
- Carascosa, J., & Gil, D. (1992). Concepciones alternativas en Mecánica. *Enseñanza de las Ciencias*, 314-328.

- Champagne , A. B., Klopfer, L., & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 1074-1079.
- Champagne, A. B., Gunstone, R. F., & Klopfer, L. E. (1985). Effecting changes in cognitive structures among physics students among physics students. *Cognitive Structure and Conceptual Change*. West L. and Pines A.
- Chi , M., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. *Advances in the psicology of human intelligence*, 7-75.
- Chi, M., Bassok, M., Lewis, M., Reimman, P., & Glaser , R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problem. *Cognitive Science*, 145-182.
- Chi, M., Feltovich, P., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problem by experts and novices. *Cognitive Science*, 121-152.
- Cohen, B. (1979). La historia y el filósofo de la ciencia. En *La estructura de las teorías científicas* (págs. 349-404). Madrid: Editora Nacional.
- De Bono, E. (1986). *El pensamientoo lateral*. México : Paidòs SAICF.
- De Jong, T., & Ferguson Hessler, M. (1986). Cognitive structures of good and por novice problem solvers in physics. *Journal of Educational Psychology*, 279-288.
- Del Carmén , L. (2000). Los trabajos prácticos. *Didáctica de las ciencias experimentales*.
- Désautels, J., Larochelle, M., Gagné, B., & Ruel F. (1993). La formation a l'enseignement des sciences: le virage épistémologique. *Didaskalia*, 49-67.
- Driver, R. (1982). Children's learning in science. *Educational Analysis*, 4, 69-79.
- Driver, R., Guesne , E., & Tiberghien, A. (1985). Children's ideas in science. Milton Keynes: Open University Press.

- Duch, B. J. (1996). Problem-based learning in physics: The power of students teaching students. *Science Teaching*, 529-541.
- Duit, R. (2003). Conceptual Change: A Powerful Framework For Improving Science Teaching And Learning. *International Journal of Science Education*, 671-688.
- Duschl, R. A. (1995). Mas allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 3-13.
- Eisberg, R. M., & Lerner, L. S. (1981). *Physics: Foundations and Applications: Vol. 1*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Elio, R., & Scharf, P. (1990). Modeling novice to expert shifts in problem solving strategy and knowledge organization. *Cognitive Science*, 579-639.
- Euler, L. (1736). *Mechanics or the Science of Motion Presented Analytically* (Vol. I y II). Opera Omnia.
- Euler, L. (1750). *Discovery of a New Principle of Mechanics*. Leipzig: Opera Omnia.
- Ferguson Hessler, M., & De Jong, T. (1990). Studying physics texts: Differences in study processes between good and poor performers. *Cognition and Instruction*, 41-54.
- Frazer, M. J., & Sleet, R. J. (1984). A study of student's attempts to solve chemical problems. *European Journal of Science Education*, 141-152.
- Furió, C., Iturbe, J., & Reyes, J. (1994). Contribución de la resolución de problemas como investigación al paradigma constructivista de aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la escuela*, 89-99.
- Furió, C., Solbes, J., & Carrascosa, J. (2006). Las ideas alternativas sobre conceptos científicos: tres décadas de investigación. *Alambique*, 64-77.

- Gallagher, S. A., Stepien, W. J., Sher, B. T., & Workman, D. (1995). Implementing problem-based learning in science classroom. *School Science and Mathematics*, 136-146.
- García , J. J. (2003). Didáctica de las ciencias. Resolución.
- García G., J. J., & Rentería R., E. (2013). RESOLVER PROBLEMAS Y MODELIZAR: un modelo de interacción. *MAGIS*.
- Gil , D., & Martínez Torregrosa, J. (1983). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5.
- Gil, D. (1993). Contribución de la Historia y Filosofía de las Ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 197-212.
- Gil, D. (1995). Contra la distinción clásica entre "teoría", "prácticas experimentales" y "resolución de problemas": el estudio de las fuerzas elásticas como ejemplo ilustrativo. *DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SOCIALES*, 3-20.
- Gil, D. (1996). New trends in science education. *International Journal of Science Education*, 889-901.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martinez-Terragrosa , J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. *ICE/HORSORI*.
- Glaser, R. (1998). Expert knowldege and pcesses of thinking. *Enchancing thinking skills in the sciences and mathematics*.
- Gómez, J. A. (2003). Un modelo Didáctico para la Enseñanza de la Física en la E.S.O. *Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid*.
- Hake, R. R. (1998). Interactive engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys*, 66, 64-74.
- Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Hänze, M., & Berger, R. (2007). Cooperative learning, motivational effects, and student characteristics: An experimental study comparing cooperative learning and direct instruction in 12th grade physics classes. *Learning and Instruction, 17*, 29-41.
- Hegarty, M. (1991). Knowledge and processes in mechanical problem solving. *Complex problem solving: Principles and mechanisms*, 253-285.
- Heller, P., Keith, R., & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics*, 627-636.
- Hernández, G., Irazoque, G., Carrillo, M., López, N., & Nieto, E. (2010). Sorprender no es suficiente. *30 experimentos de aula*.
- Hernández M., G., Irazoque P., G., & López V., N. M. (2012). ¿Cómo diversificar los trabajos prácticos? Un experimento ilustrativo y un ejercicio práctico como ejemplos. *educación química*, 101.
- Hestenes, D. (1999). *New Foundations for Classical Mechanics*. New York: Kluwer Academic Publishers N.Y.
- Hidalgo, S., Maroto, A., & Palacios, A. (2004). ¿Por qué se rechazan las matemáticas?. Análisis evolutivo y multivariante de actitudes relevantes hacia las matemáticas. *Revista de Educación, Ministerio de Educación y Ciencia, Temas actuales de enseñanza*, 75-95.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*.
- Hodson, D. (2002). THE HOUR OF THE ACCIÓN, THE EDUCATION SCIENCE OF A FUTURE ALTERNATIVE.

- Huffman, D. (1997). Effect of Explicit Problem Solving Instruction on High School Students' Problem-Solving Performance and Conceptual Understanding of Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 551-570.
- Jacobi, K. G. (1847). *Vorlesungen über analytische Mechanik*. Berlin: H. Pulte.
- Jiménez Alexandre, M. P. (1998). Diseño curricular: Indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 203-216.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36, 183-204.
- Kempa, R. (1986). Resolución de problemas en Química y Estructura Cognoscitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 99-110.
- Kirchhoff, G. (1876). *Vorlesungen über Mathematische Physik*. Teubner: Leipzig.
- Landa, L. N. (1976). The ability to think-How can it be thought? *Soviet Education*, 4-76.
- Laplace, P. S. (1799). *Traité de Mécanique Céleste*. Paris: Culture et civilisation.
- Larkin, J. H. (1981). Enriching formal knowledge: A model for learning to solve textbook physics problems. *Cognitive skills and their acquisition*, 311-334.
- López, F. (1991). Análisis de la influencia de la construcción de mapas conceptuales sobre la estructura cognitiva en estudiantes de Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 135-142.
- Mach, E. (1868). Ueber die Definition der Masse. En *Repertorium Experimental-Physik* (págs. 355-359).
- Maloney, D. (1994). Research on Problem Solving: Physics. En D. Gabel, *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*. Mac Millan Publishing Company.

Martínez Torregrosa , J. (1987). La Resolución de Problemas de Física como Investigación: Un instrumento de Cambio Metodológico.

Mashood, K. K. (2009). Historico-Critical Analysis of the Concept of Mass: From Antiquity to Newton,. *Proceedings of Episteme 3: International Conference to Review Research in Science, Technology and Mathematics Education*. Mumbai.

Mc Millan, C., & Swadener, M. (1991). Novice use of qualitative versus quantitative problem solving in electrostatics. *Journal of Research in Science Teaching*, 661-670.

Meichstry, Y. (1993). The impact of science curricula on students views about the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 429-443.

Mikel, C., Guisasola, J., & Almudí, J. M. (2008). ¿CUÁLES SON LAS INNOVACIONES DIDÁCTICAS QUE PROPONE LA INVESTIGACIÓN EN RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA Y QUÉ RESULTADOS ALCANZAN? *ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 419-428.

Mora, C. (2008). Fundamentos del aprendizaje activo de la Física. *Memorias del V Congreso internacional Didáctica de las Ciencias y X Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física*. La Habana, Cuba.

Newton , I. (1687). *Isaac Newton's Philosophiae naturalis Principia Mathematica* (tercera edición ed.). (A. Koyré, & I. B. Cohen , Edits.) Harvard University Press.

Nielsen , J. R. (1929). On the concept of mass and force. *School Science and Mathematics*, 56-64.

Poincaré , J. H. (1902). *La science et l'hypothèse*. Paris: Flammarion.

- Posner, G. J., Strike , K. A., Hewson, P. W., & Gertzog , W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 211-227.
- Pozo , J. I., & Gómez Crespo , M. A. (1998). El aprendizaje de conceptos científicos: del aprendizaje significativo al cambio conceptual. En *Aprender y enseñar Ciencia*. Madrid: Morata-MEC.
- Pozo , J. I., Puy , M., Domínguez , J., Gómez , M. A., & Póstigo, Y. (1998). La solución de problemas. Madrid: Santillana.
- Praia, J., & Cachapuz, F. (1994). Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 350-354.
- Qin, Z., Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (1995). Cooperative versus competitive efforts and problem solving. *Review of Educational Research*, 129-143.
- Raine, D. J., & Collett, J. (2003). Problem-based learning in astrophysics. *European Journal of Physics*, 41-46.
- Ramírez , J. L., Gil , D., & Martínez Torregrosa, J. M. (1994). La resolución de problemas de física y de química como investigación. *Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia: CIDE*.
- Reech, F. (1852). *Cours de Mécanique d'après la nature généralement flexible et élastique des corps*. Paris: Carilian-Goeury et Vor Dalmont.
- Rocard, M., Csemerly, P., Jorde, D., Lenzen , D., Wllweg Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). Science Education now: A renewed pedagogy for the future of Europe. 104-117.

- Savery, J. R., & Duffy, T. M. (1995). Problem based learning: an instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 31-36.
- Sebastiá, J. (2013). Las Leyes de Newton de la mecánica: Una revisión histórica y sus implicaciones en los textos de enseñanza. *DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y SOCIALES*, 199-217.
- SoKoloff, D., & al., e. (2006). Active Learning in Optics and Photonics. Paris, France.
- Solbes, J., & Palomar, R. (2011). ¿Por qué resulta tan difícil la comprensión de la Astronomía a los estudiantes? *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 187-211.
- Taasoobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educ. Res. Rev.*
- Talesnick, I. (1993). El discreto encanto de la química. Ciudad de México, México.
- Talyzina, N. F. (1973). Psychological bases of programmed instruction. *Instructional Science*, 243-280.
- Thijs, G. D., & Van Der Berg, E. (1995). Cultural factors in the origin and the remediation of alternative conceptions in physics. *Science & Education*, 317-347.
- Van Kampen, P., Banahan, C., Kelly, M., Elish McLoughlin, E., & O'Leary, O. (2004). Teaching a single physics module through Problem Based Learning in a lecture-based curriculum. *American Journal of Physics*, 829-834.
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). Probing Understanding. *Falmer Press*. Great Britain.