

**CONSTRUCCIÓN Y FORMALIZACIÓN DEL
FENÓMENO DE MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS:
Propuesta didáctica para su enseñanza en los cursos
introdutorios de física.**

RACHEL NATALIE CATANESE CANNIZZO.

**Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al
título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales.**

ASESORA

LILIANA TARAZONA VARGAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

MAESTRIA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

BOGOTÁ, D.C.

“Para todos los efectos, declaro que el presente trabajo es original y de mi total autoría: en aquellos casos en los cuales he requerido del trabajo de otros autores o investigadores, he dado los respectivos créditos”.

¡A mi adorado papá!

Al ángel que me dio la vida.

Al hombre que, su vida, fue su familia.

Al hombre que, con cariño, me inculcó valores, hábitos, disciplina y amor.

Al hombre que, con su ejemplo, me guio a ser lo que hoy soy.

¡A Victoria y a Diego Andrés!

Mis mejores maestros.

El amor más puro, sincero y sin reservas.

La fuerza en el cansancio.

La alegría en la tristeza.

La esperanza en la incertidumbre.

La certeza de que siempre valdrá la pena.

La inspiración más grande.

¡A ellos!

AGRADECIMIENTOS.

A *Dios*, por haberme dado la oportunidad de desarrollar y cumplir esta meta, por darme la sabiduría en los momentos necesarios, por despejarme el camino de los obstáculos y, por darme el ánimo para levantarme en los momentos en que lo necesité.

A *Victoria y Diego Andrés*, por todos los sacrificios que juntos hicimos: tardes y fines de semana sin juegos, noches sin cuentos o sin ver televisión, entrenamientos deportivos y competencias sin mi apoyo. Por ser mi inspiración más grande para materializar estas páginas, por querer ser siempre su ejemplo de constancia, superación, organización, de ánimo constante, de sacrificio, de que todo se puede lograr siempre que tengas la voluntad y la organización para hacerlo.

A *mi familia*, por su apoyo y ayuda constante, por sus palabras de aliento y ánimo cuando las cosas no iban tan bien. Por inspirarme siempre a dar lo mejor de mí y a superarme a mí misma, por inspirarme a ser constantemente, el orgullo de mamá y papá.

A *Juliette, Andrea, Vanessa y Orlando*, a quienes considero mis verdaderos amigos, por incentivar me constantemente a materializar esta meta y por apoyarme siempre, de muchas maneras, durante el proceso.

A *Elena*, la amiga que la maestría me puso en el camino, por sus palabras de aliento, por sus risas, carcajadas y ocurrencias, por los abrazos, las tardes de cafés y dulces compartidos y, las noches de desvelo.

A los profesores: *Steiner Valencia, Sandra Sandoval, Liliana Tarazona, Rosa Pedreros, Ingrid Vera* y *Sandra Forero* por compartir todos sus conocimientos conmigo, las formas de ver la educación y la práctica docente, por brindarme la posibilidad de crecer junto a ellos tanto a nivel personal como profesional con su ejemplo, por retarme cada semana y, durante dos años, a mí misma a construir nuevas y mejores experiencias.

A *Liliana Tarazona*, mi asesora y guía del presente trabajo, por sus conocimientos, por cada palabra, por cada corrección, por cada reto, por la paciencia, la disposición y todo el apoyo brindado durante la construcción y materialización del presente trabajo.

A la Institución Leonardo Da Vinci, por todo el apoyo brindado al trazarme y llevar a cabo esta meta y, especialmente, a mis queridos estudiantes de octavo y noveno grado, por su apoyo, por sus palabras de aliento y por su colaboración durante el desarrollo del trabajo.

A todo aquel que, de alguna manera, me sirvió de inspiración para cumplir esta meta, por las dudas, por el impulso, por la confianza, por el reto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
CAPÍTULO 1.....	11
PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO	11
Contexto problemático.....	11
Mi práctica profesional.	13
Imagen de la física y praxis en su enseñanza.....	16
Cuestionando la estructura y organización de una clase de física.	18
El estudio del movimiento de los cuerpos.....	20
Justificación.	22
Objetivos.	24
Objetivo General.	24
Objetivos específicos:	24
Antecedentes.....	25
Sobre la enseñanza en general.....	25
Sobre la enseñanza de la Física.	29
Sobre las prácticas de laboratorio.	33
Referentes teóricos metodológicos.	36
Análisis histórico y la enseñanza de las ciencias.....	36
Fases de la investigación.	38
CAPÍTULO 2.....	42
SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO.....	42
El aula como sistema de relaciones.	42
Construcción de conocimiento del mundo físico desde la propuesta fenomenológica.	48
La experiencia sensible y el experimento.	51
La formalización y la construcción de magnitudes.	55
Reflexiones de cierre de capítulo.	60
CAPÍTULO 3.....	63
ESTUDIO DEL MOVIMIENTO.....	63
Mi experiencia con el movimiento.	65
El movimiento según Galileo Galilei.	77
Sobre la experiencia con los planos inclinados.	80

Sobre la formalización del movimiento.	86
Sobre el movimiento uniforme.	88
Sobre el movimiento acelerado.....	100
Reflexiones de cierre de capítulo	111
CAPÍTULO 4	114
PROPUESTA DE AULA	114
Criterios de orden epistemológicos:	114
Criterios de orden disciplinar:	116
Criterios de orden pedagógico – didácticos:	117
DISEÑO DE PROPUESTA EN LA AULA	119
Etapa I. Desarrollo de actividades exploratorias.....	120
Etapa II. Desarrollo de actividades de profundización.	120
Etapa III. Desarrollo de actividades de formalización.....	120
Objetivos de la propuesta de aula.	121
Actividades Exploratorias:	125
Actividades de profundización:	128
Actividades de formalización:	137
CONCLUSIONES	141
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146

Índice de tablas, figuras y diagramas.

Figura No. 1 Aspectos del contexto problemático	12
Tabla No. 1 Distribución horaria matemática y física en el liceo LDV	14
Diagrama No.1 Fases de la investigación	38
Figura No. 2 Verdad y percepción	47
Figura No. 3 Rueda de la fortuna	64
Figura No. 4 Rueda de la fortuna y observador	64
Figura No. 5 Cambio de posición respecto al sistema de referencia	66
Figura No. 6 Representación gráfica del movimiento	67
Figura No. 7 El Jamaicano Usain Bolt. Berlín 2009	69
Figura No. 8 Niños corriendo	71
Tabla No.2 Distancia y tiempos empleados en la carrera de 20m	71
Figura No.9 Reconstrucción experimento de Galileo con los planos inclinados	76
Figura No.10 Folio 116 Vol.72	77
Figura No.11 Esquema con los valores obtenidos por Galileo	78
Tabla No.3 Comparación valores obtenidos reconstrucción experiencias de Galileo.	78
Figura No.12 Experiencia de Galileo planos inclinados, relación espacio, tiempo	80
Tabla No.4 Resultados experimentos Galileo, Drake y Naylor sobre los planos inclinados	81
Figura No.13 Relación entre los espacios	85
Figura No. 14 Relación entre velocidades	88
Figura No. 15 Construcción Teorema I	89
Figura No. 16 Construcción Teorema I	89
Figura No. 17 Demostración Teorema II	91
Figura No. 18 Teorema III	92
Figura No. 19 Construcción demostración Teorema I	98
Figura No.20 Construcción demostración Teorema I	99
Figura No.21 Construcción demostración Teorema I	99
Figura No. 22 Construcción demostración Teorema I	100
Figura No. 23 Demostración Teorema II	101
Figura No. 24 Construcción demostración colorario I	104
Figura No. 25 Construcción demostración colorario I	105
Figura No. 26 Construcción demostración colorario I	106
Tabla No.5 Relación de espacios recorridos por un cuerpo con movimiento acelerado uniforme en intervalos de tiempos iguales	107
Figura No.27 Etapas del desarrollo de la propuesta	116
Tabla No.6 Criterios considerados en las actividades de aula Etapa I	119
Tabla No. 7 Criterios considerados en las actividades de aula Etapa II	119
Tabla No.8 Continuación criterios considerados en las actividades de aula Etapa II	120
Tabla No. 9 Criterios considerados en las actividades de aula Etapa III	120

INTRODUCCIÓN.

Actualmente son muchas las dificultades que se presentan en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, así como también, son muchos los retos que nosotros los docentes de ciencias enfrentamos en dicho proceso. Es por esto que, en el presente trabajo de investigación y profundización se plantean algunas reflexiones, por un lado, sobre la praxis en la enseñanza de la física y la importancia tanto del papel del docente como el del estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física. Por otro lado, sobre la importancia del diseño y planeación de actividades a llevar al aula para la enseñanza de un fenómeno de estudio, así como también, sobre la importancia de la comprensión del mismo para la construcción de explicaciones en torno a éste.

El presente trabajo, surge de la necesidad de ayudar principalmente a los estudiantes, ya que, para ellos, la física es una ciencia casi inalcanzable. Surge de la necesidad de enseñarles a comprender un fenómeno físico, ofreciéndoles varias herramientas para, a través de éstas, construir explicaciones en torno a él y crear nuevas formas de explicarlo.

Por lo anterior, se pretende con el desarrollo del presente trabajo, definir criterios de orden epistémico, disciplinar y, pedagógicos didácticos que permitan la construcción y la formalización del movimiento de los cuerpos como un fenómeno de estudio, particularmente en los cursos introductorios de física. Para ello, el trabajo se divide en cuatro partes, en donde en cada una de ellas, se estructuran reflexiones, acciones e implicaciones que se tienen en cuenta para la definición de los mismos.

A lo largo del primer capítulo, se desarrolla el contexto problemático del trabajo. En el mismo, se presenta una descripción de mi práctica docente, la imagen que se tiene de la física y su praxis, la organización de una clase de física, así como

también una breve descripción de lo que es, hoy en día, el estudio del movimiento de los cuerpos. Con esto, se plantea la pregunta problema, la justificación del presente trabajo, así como también se realizan reflexiones en torno al proceso de enseñanza de las ciencias, a la enseñanza de la física, y al papel de las prácticas experimentales dentro del aula de clases para la construcción del conocimiento. Finalmente, se lleva a cabo un análisis sobre la importancia y la influencia del abordaje de la historia en la enseñanza de las ciencias, así como también en el establecimiento de criterios dentro de la investigación.

En el segundo capítulo se habla sobre la construcción del conocimiento en donde se realizan importantes reflexiones y análisis sobre la construcción del mismo desde una propuesta fenomenológica, la experiencia y el papel del experimento dentro del aula de clases, así como también sobre la construcción de magnitudes para la formalización del fenómeno de estudio.

A lo largo del tercer capítulo se realiza una reflexión personal sobre el fenómeno del movimiento, así como también un importante diálogo, interpretación y análisis sobre el trabajo desarrollado por el físico italiano Galileo Galilei en torno al estudio del movimiento de los cuerpos.

Con lo anterior, se definen y se describen, a lo largo del capítulo cuatro del trabajo, los criterios de orden epistémicos, disciplinares y, pedagógico – didácticos los cuales, se tomarán en cuenta para diseñar y proponer una alternativa didáctica dirigida a los profesores que abordan el fenómeno del movimiento de los cuerpos con estudiantes en los cursos introductorios de física. Se presentan las diferentes etapas que conforman la propuesta y se describen las actividades para la construcción y formalización del movimiento en el aula.

Finalmente, se exponen una serie de reflexiones que dan respuesta tanto a la pregunta problema planteada en el presente trabajo como a los objetivos

propuestos para la investigación. Además, algunas reflexiones que, con el presente trabajo, quedan abiertas y sin respuesta, las cuales serán, indudablemente, un punto de partida para futuras investigaciones.

CAPÍTULO 1.

PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

En el siguiente capítulo se presentan, por un lado, algunos cuestionamientos e inquietudes que me han surgido a lo largo de mi práctica como docente de física, en torno a la praxis en la enseñanza de ésta, lo significativo que, con nuestra práctica, le llevemos al aula a nuestros estudiantes, la imagen que tienen particularmente de la física y, lo significativo que es para ellos el estudio del fenómeno del movimiento. Por lo anterior, surge la necesidad de reflexionar en torno al tipo de enseñanza que se da en la física, la poca participación de los estudiantes en las aulas, así como también en la indiferencia de algunos maestros en el proceso de enseñanza.

Es por esto que, se realiza, además, una profundización a nivel disciplinar, donde se cuestionan los discursos y los modos de proceder del docente ante los objetos de estudio, así como también, las presentaciones que lleva al aula, particularmente sobre el movimiento de los cuerpos. También se realiza una profundización a nivel epistemológico, donde se evidencian las relaciones y procesos involucrados en la construcción de explicaciones, así como también, en el proceso de formalización; y, a nivel pedagógico, una profundización a nivel de la práctica del docente, en la cual consiga sentido al cómo enseña su disciplina y a las herramientas que utiliza para lograrlo.

Contexto problemático.

Me gradué en la Universidad Católica Andrés Bello en Caracas, Venezuela, soy Licenciada en Educación con énfasis en Matemática y Física. Desde el segundo año de mi carrera estoy inmersa en un aula de clases. Tuve la oportunidad de dar clases de matemática en una institución educativa de la ciudad y, además,

tutorías de física en la Universidad a los estudiantes del primer año de mi carrera.

Durante cuatro años desempeñé simultáneamente tanto el rol de profesor como el de estudiante. Mientras estuve sentada en el pupitre, como estudiante, veía en algunos casos, un mundo abstracto, difícil de entender y de interiorizar. Asistía diariamente a clases, veía el tablero lleno de números, ecuaciones, integrales, escuchaba un lenguaje que no entendía de dónde venía, qué significado tenía y en muchos casos qué sentido tenía. Veía, además, poco esfuerzo por parte de los profesores en hacernos entender el porqué de lo que estaban explicando, de donde venían esas cosas. Estaba sumergida únicamente en continuas clases magistrales, en una verticalidad con respecto al rol de docente – estudiante mientras que observaba poca creatividad al explicar los contenidos. Al mismo tiempo, observaba las prácticas de algunos colegas preguntándome constantemente el porqué de muchas actitudes frente a la profesión.

En otros momentos, estaba también del lado del tablero, marcador en mano. Continuamente luchaba por quitarle los obstáculos del camino a mis estudiantes, por hacerle menos abstractas las matemáticas y la física. Preparaba, pensaba y hasta practicaba cómo explicarles ciertos contenidos. Desde que ejercí la docencia, me han surgido innumerables interrogantes en torno al proceso de enseñanza, particularmente de la física, los cuales me han servido para armar el contexto problemático de mi trabajo y delimitar mi objeto de estudio. A continuación, abordaré alguno de ellos.

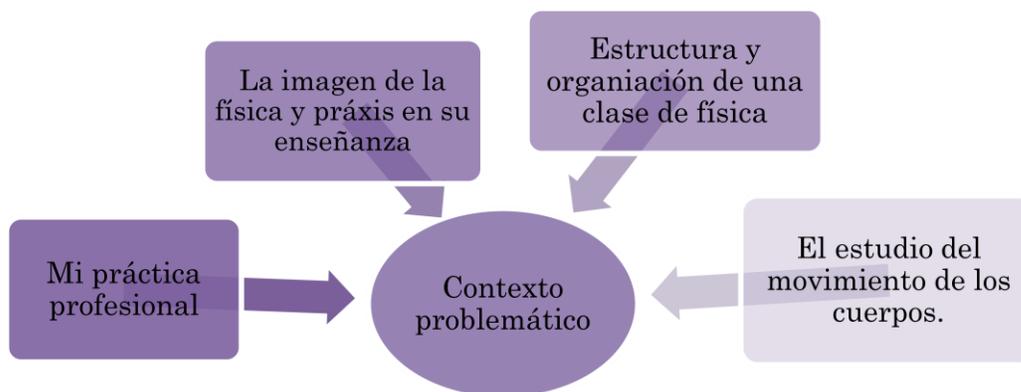


Figura No.1 Aspectos del contexto problemático.
Fuente: Elaboración propia.

Mi práctica profesional.

En Colombia llevo once años trabajando como docente en la ciudad de Bogotá. Dos de ellos en el Colegio San Carlos, donde enseñé matemáticas de sexto, séptimo y octavo grado y, física en noveno y décimo grado. De ahí hasta la actualidad enseñé en el Colegio Italiano Leonardo Da Vinci, el cual, integra, por su filosofía, los dos sistemas de estudio, el colombiano y el italiano con el fin de obtener los mejores resultados a nivel académico y una plena educación bicultural. Aquí he enseñado matemática y física desde octavo hasta el grado once. Una de las problemáticas que me ha tocado enfrentar en el colegio ha sido el adaptar los programas académicos, ya que, mientras los colegios colombianos abordan la física en cinco años, nosotros en el colegio, la abordamos en cuatro años, razón por la cual, he debido concentrar los programas, recortarlos o profundizar en algunos contenidos más que en otros. Con respecto al Colegio Italiano me parece importante destacar varios aspectos que influyen en las prácticas de los docentes que ahí enseñamos, los cuales, además, han influenciado en mi contexto problemático. Éstos se enumeran a continuación:

- ☆ En el grado once, los estudiantes del Italiano deben presentar, para optar por la doble titulación, el examen llamado “La Maturitá”, exigida por el Ministerio italiano y, las “Pruebas Saber 11”, exigidas por el colombiano, razón por la cual, los debemos preparar para ambos exámenes con exigencias distintas. Lo anterior, se debe a que, en las Pruebas Saber 11 los estudiantes deben ser competentes en formulación, ejecución, argumentación e interpretación de contenidos a través de una prueba de selección múltiple, mientras que, en el examen “Conclusivo della maturitá”, las competencias son las mismas, pero inicialmente, es una prueba escrita abierta, la cual exige el desarrollo de diferentes propuestas, en donde se evidencie las relaciones que el estudiante hace entre contenidos y asignaturas y, el proceso que el estudiante sigue para llegar a la respuesta. Posteriormente a la prueba escrita, los estudiantes deben enfrentarse a la sustentación y a la argumentación de la misma, pero en una posterior prueba oral.

- ☆ Los programas académicos de los colegios italianos son internacionales, es decir, todos los estudiantes de colegios italianos en el mundo deben ver los mismos programas y, mientras los estudiantes en Italia los ven en cinco años, los estudiantes, particularmente en Colombia, del Colegio Italiano Leonardo Da Vinci, los deben ver durante cuatro años. Durante mi experiencia a lo largo del colegio, he tenido que concentrar los contenidos y enseñarlos con mayor rapidez, lo que ha influido además en que no se le ha podido dar la debida profundización a ciertos contenidos de las materias.

- ☆ Los estudiantes en el último año de la escuela media (Bachillerato de primer nivel) optan por cursar el liceo (Bachillerato de nivel superior) científico, lingüístico o el bachillerato artístico. En algunos casos, por evitar el estudio de las ciencias, muchos estudiantes escogen el

bachillerato lingüístico o artístico. Lo anterior porque consideran que las ciencias son materias con un alto nivel de dificultad o, que no poseen las habilidades o las herramientas necesarias para afrontar su estudio.

- ☆ Debido a la selección del énfasis (Lingüístico o Artístico), las horas que se le asignan a las materias científicas son inferiores al énfasis científico, es decir, de treinta y cinco horas de clases a la semana que cursan en el liceo, son pocas las horas semanales que se le dedican a la matemática y a la física, Tabla No.1. Por lo anterior, resulta insuficiente el tiempo para revisar, analizar y estudiar con profundidad temas con cierto nivel de complejidad, razón por la cual, en algunos casos, el docente opta por excluir del programa para así estudiar otros con mayor profundidad.

Materia	Matemática				Física			
	I Liceo (8° grado)	II Liceo (9° grado)	III Liceo (10° grado)	IV Liceo (11° grado)	I Liceo (8° grado)	II Liceo (9° grado)	III Liceo (10° grado)	IV Liceo (11° grado)
Liceo Científico	6 h	5 h	5 h	5 h	3 h	3 h	3 h	3 h
Liceo Lingüístico	4 h	3 h	3 h	3 h	2 h	2 h	2 h	2 h
Liceo Artístico	3 h	3 h	3 h	3 h	-	2 h	2 h	2 h

Tabla No. 1. Distribución horaria matemática y física en el liceo del LDV

Fuente: Elaboración propia.

Para ejemplificar, los estudiantes de física del liceo científico en el octavo grado ven a la semana 3 h de 60 minutos, mientras que los del liceo lingüístico ven 2 horas a la semana y los del artístico no cursan física ya que hacen mayor énfasis durante este primer año de bachillerato a las materias artísticas como pintura, escultura, diseño e historia del arte.

- ☆ Otra de las problemáticas con las cuales nos enfrentamos en el colegio es que la materia de Física es una asignatura que requiere del uso correcto y adecuado en muchos casos, de herramientas matemáticas por parte de los estudiantes, para así, poder aplicar los conceptos vistos o desarrollar

diferentes problemas de aplicación, aspecto que los estudiantes logran interiorizar en gran medida luego de cursar el noveno grado.

Para ejemplificar lo anterior, en el octavo grado dentro del movimiento rectilíneo uniformemente variado, estudiamos particularmente la caída o el lanzamiento vertical de los cuerpos. Para resolver ejercicios puntuales en dicho tema, en algunos casos se debe plantear y resolver una ecuación de segundo grado, tema que, según la estructura del programa de matemáticas del Colegio Italiano, dicho contenido se estudia en noveno grado, luego de ver el estudio de funciones y la función cuadrática. Por lo anterior, a los estudiantes de octavo y noveno grado, se les dificulta mucho la aplicación y desarrollo de problemas de Física, aspecto que en gran medida me preocupa porque es donde analizamos y estudiamos conceptos fundamentales que enfrentaran en las pruebas de estado, particularmente en las Pruebas Saber 11.

Por todo lo anterior, me he preguntado constantemente si valdría la pena realmente que los estudiantes empiecen a abordar la física en octavo grado, ¿debería estar en un nivel superior cuando poseen herramientas matemáticas más sólidas? O, por el contrario ¿tiene sentido que centremos los procesos de enseñanza en esos niveles en el estudio de conceptos centrados en la resolución de problemas algebraicos? Pensando en los estudiantes del énfasis artístico y lingüístico, ¿es posible pensar otra manera de enseñarles la física? ¿son significativo para ellos todos los contenidos?

Imagen de la física y praxis en su enseñanza.

Según mi experiencia en las aulas de clases y lo propuesto por Segura (2017), la mayoría de los estudiantes de bachillerato no tienen una imagen positiva de la física e interés por la ciencia que estudian. Por un lado, muchos piensan que ésta es una materia en la cual el profesor expone la teoría, lo que saben de dicha

ciencia, o, donde el libro de texto expresa lo que es y se sabe sobre dicha ciencia. Otros, en cambio, piensan que el objetivo de la física al estudiarla es memorizar algunos aspectos teóricos para posteriormente aplicar diferentes algoritmos matemáticos para demostrar por medio de una nota aprobatoria que la dominan o la saben. Además, consideran que, cuando tienen la oportunidad de realizar aproximaciones experimentales en torno a lo que se está estudiando, las consideran como una simple experiencia donde lo que se busca es comprobar lo estudiado teóricamente. En parte, la razón de que los estudiantes tengan esta imagen de la física es porque los profesores la compartimos. Además, la mirada que se tenga acerca de cómo se aprende está también íntimamente relacionada con nuestras acciones en el aula (Chaparro, C y Orozco, J. 1988 p.123). Esa es la imagen que algunos docentes con su práctica, sus ejemplos, transmiten a los estudiantes y promueven dentro del aula de clases. Por lo anterior, la enseñanza de las ciencias y, en particular de la física, se concibe como un proceso de trasmisión de conocimiento validado por expertos y, el aprendizaje consiste en un ejercicio poco analítico y de memorización, cuya finalidad es que los estudiantes demuestren óptimos resultados en un determinado tiempo (Flórez, R. 1994).

Por otro lado, algunos docentes que la enseñamos, la consideramos como una ciencia donde, generalmente, se incentiva e invita a nuestros estudiantes a describir, a razonar, y a analizar los diferentes fenómenos que se presentan en la vida cotidiana; a llevar esas descripciones, que en la mayoría de los casos se explican inicialmente por sentido común, a un nivel superior, es decir, con el lenguaje específico que exige esta ciencia, a unas explicaciones y argumentaciones organizadas y estructuradas del fenómeno estudiado, lo que hoy se conoce como formalización (Ríos, N. 2003)

De lo analizado anteriormente surgen además otras interrogantes: ¿Qué es la física? ¿Qué pretendemos nosotros los docentes de física al enseñarla? ¿Qué es lo

que realmente queremos enseñarles a nuestros estudiantes? ¿qué implica el proceso de enseñanza? ¿Es necesario acercar a los estudiantes a experiencias prácticas para la enseñanza de la física? ¿Cómo es la praxis en la enseñanza de esta ciencia? ¿lo que llevamos al aula de clases es significativo para nuestros estudiantes? ¿les interesa?

Cuestionando la estructura y organización de una clase de física.

Antes de desarrollar este apartado de mi contexto problemático quisiera destacar que no me refiero a la estructura de la clase de física como a las partes, secciones o momentos que se dan en ella, es decir, al saludo de los estudiantes, al pasar la lista, la motivación, la introducción de contenidos, a la exposición teórica de los mismos, lectura de las propuestas del libro de texto, la postulación de ejercicios y finalmente a la resolución de algunos problemas. Segura (2017) afirma que el centrar la clase de física en la solución de problemas tipo ejercicios de final de capítulo no resultan oportunos ya que, éstos no se vinculan a la vida de quienes realizan esos ejercicios sino a las aproximaciones del fenómeno de estudio. En ese sentido ésta no es esa la idea que quiero transmitir. No es así como pienso una clase de física.

Como docente en ejercicio siempre he afirmado que una de las cosas más importantes de nuestro qué hacer como docentes, es llamar la atención de nuestros estudiantes, es por esto que, me he cuestionado continuamente acerca de qué es lo más importante dentro de una clase de física. Por un lado, y, de acuerdo con las exigencias de los currículos y de las escuelas, a qué debemos darle nosotros como docentes mayor importancia al planear, diseñar y desarrollar una clase de física. Debemos darle mayor peso al interés del currículo de estudio o, a las necesidades e interés de nuestros estudiantes. Por otro lado, ¿cómo pensamos nosotros una clase de física? ¿Se debe hacer mayor énfasis en lo teórico o en lo experimental? ¿qué papel tiene el experimento dentro de una clase

de física? Además, ¿es necesario contextualizar a los estudiantes, haciendo mención del momento histórico en el que se encuentran?, ¿se debe explicar y analizar los aportes realizados por los científicos involucrados en el tema? ¿es oportuno mostrar una experiencia práctica del tema a estudiar para así, a través de ella, llevarlos a observar detalladamente lo que acontece, a describir, a analizar y finalmente a construir explicaciones dentro del aula al respecto?

Otra cosa interesante para tomar en cuenta en este apartado es la capacidad de improvisación de algunos profesores de física. La mayoría de los profesores previamente prepara, diseña su clase, le da una estructura, una forma, la planifica tomando en cuenta el rumbo o el objetivo de la misma. Ahora bien, qué hace el docente si dicha clase, por diferentes motivos, no se desarrolla como él previamente la planteó. ¿Estamos los profesores de física preparados para resolver ese tipo de “inconvenientes” que se pueden presentar durante el desarrollo de la clase?

Finalmente, y no por ser menos importante, sé que la mayoría de los docentes se preocupan por sus clases, por prepararlas de tal forma que éstas sean interesantes y provechosas para nuestros estudiantes, para que, de alguna manera sean atractivas, pero me pregunto, además, a pesar de los esfuerzos realizados por los profesores, ¿cómo los estudiantes entienden la física?, ¿cómo evidenciamos nosotros los docentes que los estudiantes han aprendido los argumentos estudiados? ¿qué importancia le damos a esto? En la misma línea, durante el desarrollo de las clases y las discusiones que se presentan en ella, los estudiantes pueden de diferentes formas: verbales, corporales, gráficas, escritas, expresar la forma cómo perciben y entienden los argumentos tratados. Nosotros los docentes ¿damos cuenta de ello? ¿es para nosotros significativa esa forma que tienen los estudiantes de comunicar lo que están entendiendo?

Con todo lo que se ha planteado hasta el momento, surge la necesidad de reflexionar y pensar la práctica docente dentro del aula de clases desde diferentes ámbitos sobre la constitución de la disciplina que enseña, los procesos involucrados en la construcción de conocimiento en física, las actividades a desarrollar en el aula para la construcción del mismo, y sobre el sentido que le otorga a enseñar física en la educación básica.

El estudio del movimiento de los cuerpos.

Estamos inmersos continuamente en el fenómeno del movimiento. Esto nos permite, como lo afirma Malagón (2013) tener una experiencia organizada alrededor de éste. Por ello, no vemos necesario cuestionarnos acerca de los elementos necesarios para describirlo. Sin embargo, cuestionarnos es necesario al momento de abordar el fenómeno del movimiento. Por lo anterior, surgen las siguientes interrogantes: ¿Cómo podemos dar cuenta de que un objeto se mueve? ¿Cuáles son los elementos que tomamos en cuenta para asegurar que algo se mueve? ¿Cuál es la cualidad del objeto que tomamos en cuenta para afirmar que éste se mueve? ¿Tomamos otros aspectos alrededor del cuerpo para afirmar que éste está en movimiento?

El movimiento de los cuerpos es uno de los temas más importantes en la física y, uno de los primeros al cual se enfrentan nuestros estudiantes. Realmente ¿logran entenderlo? ¿interiorizan con éxito las variables que nos ayudan a dar cuenta del movimiento de un cuerpo? ¿Son significativas las relaciones que se dan entre ellas? ¿Necesitamos de una ecuación matemática para dar cuenta del movimiento de los cuerpos? Estas preguntas surgen debido a la manera cómo se presenta el fenómeno en la clase de física que se desconecta con la experiencia que tenemos en torno a él. Entender el fenómeno del movimiento requiere de la organización de observaciones, experiencias y descripciones detalladas que nos

ayuden a describirlo y a construir, posteriormente, un modelo explicativo en torno a él.

Tomando en consideración todas las inquietudes que surgen del análisis de mi práctica profesional, de la imagen de la física y su praxis de enseñanza, la estructura y organización de una clase de física y, el estudio del movimiento de los cuerpos, llego a plantear la pregunta problema del presente trabajo:

¿Qué criterios de orden disciplinar, epistémicos y pedagógicos – didácticos se tienen en cuenta en la construcción y formalización del movimiento de los cuerpos como un fenómeno de estudio en los cursos introductorios de física?

Justificación.

De acuerdo con Segura, D. (2017), la ciencia que se enseña y que se aprende, en algunas instituciones educativas, es una colección de enunciados, algoritmos y aplicación de fórmulas. Se les brinda a los estudiantes, por un lado, una cantidad de información para que la memoricen por medio de la repetición y, por otro, una cantidad de herramientas para solucionar problemas de forma mecánica, lo que deja por fuera del trabajo en el aula la creatividad, la imaginación, el interés de los estudiantes ante lo que sucede a su alrededor y las habilidades para solucionar los problemas que se le presentan en su cotidianidad.

La ciencia y, particularmente la física, es mucho más que información y resolución de ejercicios. La física es una manera de ver la realidad y, de explicar el mundo que nos rodea. Personalmente considero que la física es un lenguaje a través del cual nos valemos para entender y explicar lo que sucede a nuestro alrededor. Para esto, debemos dejar atrás las ideas de trasmisión de conocimiento, la repetición de la teoría, la poca participación de los estudiantes dentro del aula de clases y, la indiferencia por parte de los docentes a lo que acontece dentro de la misma. Es por esto que, debemos garantizar un ambiente que favorezca el aprendizaje, donde la voz del estudiante recobre el sentido, debemos enfocarnos en propiciar un ambiente en el cual, la búsqueda de esas explicaciones sea colectiva, donde se trabaje en equipo, y se fomente la participación, el diálogo, donde se delibere y se llegue a la conciencia de realización (Segura, D., 2002).

El presente trabajo de investigación es un trabajo de profundización sobre algunos elementos implicados en el proceso de enseñanza de la física. Busca realizar una profundización de elementos de orden disciplinar, elementos de orden epistemológicos y, finalmente una profundización de elementos de orden

pedagógicos para pensar el movimiento como un fenómeno a ser estudiado en el contexto de los cursos introductorios de física.

La profundización de orden disciplinar implica la construcción por parte del docente de un discurso sobre los objetos de estudio que pondrá en el aula. En nuestro caso particular, discursos sobre el movimiento de los cuerpos y las implicaciones de éstos en el aula de clases. Esto implica superar la presentación común del movimiento de los cuerpos como una temática inicial de los cursos de física y asumirlo como un fenómeno a ser observado, descrito, organizado y formalizado. Esto lo obliga a dejar a un lado la prescripción dada en los libros de texto en donde, el movimiento se estudia como un conjunto de ecuaciones a aplicar y que por sí solas, no les dan sentido a las magnitudes que allí se relacionan. Es por esto por lo que, considero fundamental que el profesor pueda responder a cómo es que la magnitud velocidad se constituye como una magnitud esencial para hablar del movimiento de los cuerpos.

Con respecto a la profundización sobre los elementos de orden epistemológicos, ésta se dará al pensar en los elementos, las relaciones y los procesos involucrados en la construcción de explicaciones. Además, en el análisis y en la importancia que se le dé al papel de la experiencia dentro del proceso de constitución del conocimiento, así como también, al proceso de formalización dentro del mismo.

Por último, la profundización sobre los elementos de orden pedagógico implica que el profesor reflexione y construya sentido sobre su práctica de enseñar, pero además sobre los procesos que promueve dentro del aula de clases para que sus estudiantes tengan participación y consigan construir sus explicaciones sobre los objetos que se estudian, en nuestro caso, sobre el movimiento de los cuerpos.

Objetivos.

Se presentan a continuación los siguientes objetivos los cuales orientaran el desarrollo del presente trabajo de investigación y profundización.

Objetivo General.

Definir criterios de orden disciplinar, epistémicos y pedagógico – didácticos para la construcción y la formalización del fenómeno del movimiento de los cuerpos en los cursos introductorios de física.

Objetivos específicos:

- ☆ Realizar un análisis histórico de los aportes de Galileo Galilei en torno al estudio del movimiento que permita definir algunos criterios de orden disciplinar para la construcción y formalización del fenómeno del movimiento.
- ☆ Organizar un discurso en torno a la praxis en la enseñanza de la Física que permita definir algunos criterios de orden pedagógico y didácticos para la construcción de explicaciones en el aula.
- ☆ Analizar el papel de la experiencia dentro del aula de clases y el proceso de formalización que permita definir criterios de orden epistemológicos para la construcción del fenómeno del movimiento.
- ☆ Diseñar y construir una propuesta alternativa de abordaje y enseñanza del fenómeno del movimiento de los cuerpos para profesores de los cursos introductorios de física.

Antecedentes.

Han sido muchas las investigaciones que a nivel nacional e internacional se han venido realizando con respecto a la enseñanza, analizando principalmente a los participantes involucrados en este proceso: escuela, maestro y estudiantes y; a las relaciones que se dan y se establecen entre cada uno de ellos. Además, se han realizado investigaciones particularmente en la enseñanza de la física y, del impacto que genera en los procesos de enseñanza y aprendizaje la utilización del experimento dentro del aula de clases para la enseñanza de la física.

Sobre la enseñanza en general.

Nosotros los maestros nos dedicamos cotidianamente a enseñar. Considero que enseñar es un arte. Es, desarrollar habilidades para construir junto a tus estudiantes, es la capacidad de propiciar procesos de conocimiento entre todos los participantes en el aula, es la capacidad de generar condiciones que posibiliten el intercambio, negociación y construcción de significados; es, además, la capacidad de generar condiciones para enriquecer y promover experiencias, es socializar; es, la capacidad de presentar nuevas formas de hablar sobre el mundo que nos rodea y lo que en él ocurre. También, como lo afirma Elkana (1977) es brindar la posibilidad de construir nuevas realidades, nuevas concepciones de mundo.

Según Chaparro, C. y Orozco, J. (1988) la función principal de la educación, relacionada con el proceso de enseñanza, es contribuir al desarrollo de la cultura a través de las relaciones y la socialización, para obtener la satisfacción de las expectativas sociales, el desarrollo y bienestar social; entendiéndose por cultura como un todo que se relaciona y crece, en la cual estamos inmersos gracias a la apropiación de sus productos (Chaparro, C y Orozco, J. 1988 p.117).

Todas las relaciones y actividades que se lleven a cabo en un ambiente escolar configuran un sistema cultural. Éste está determinado por las personas y las acciones que éstos realicen, los maestros y sus prácticas docentes, los estudiantes y sus procesos de aprendizaje, la escuela y su organización. Con respecto a esta última, actualmente son muchos los retos que enfrenta, siendo uno de los más importantes, la transformación cultural de la sociedad. (Chaparro, C y Orozco, J. 1988)

Actualmente la escuela enfrenta innumerables cuestionamientos debido a la confianza que la sociedad ha depositado en ella. Continuamente vuelca sus ojos en ella, buscando ahí, la solución a muchos de los problemas que hoy la sociedad enfrenta, además de los relacionados con el conocimiento, los avances científicos y tecnológicos, la enseñanza y las relaciones interpersonales que allí se desarrollan. Se le exige muchas transformaciones y adecuaciones que permitan enfrentar los requerimientos de la sociedad. Por un lado, se le debe reconocer sus intenciones, sus organizaciones, sus acciones y las relaciones que ahí se dan, para confrontarlas y construir a través de ellas, seres para la sociedad de hoy (Pedreros, R y Tarazona, L. 2019). Por otro lado, su organización, sus normas, sus horarios y, las actividades que ahí se proponen están pensadas en la concepción de alumno que se desea formar; el cual determina cómo es que se da el aprendizaje según su madurez y desarrollo (Segura, D. 2002).

Por lo anterior, debemos inicialmente analizar el papel que tiene la escuela actualmente en el proceso de enseñanza – aprendizaje. Por un lado, se le considera como el lugar donde los estudiantes reciben los conocimientos, o, los descubrimientos, es decir, los resultados a los que la ciencia, considerada como un conjunto de conocimientos, llega. Además, se considera como el lugar donde se seleccionan y se adecuan ciertos conocimientos al contexto escolar presente para que, posteriormente, sean los estudiantes los que los memoricen y repitan (Segura. D, 2002). Por otro lado, se considera como el lugar donde tanto los

estudiantes como los maestros generan espacios de reflexión, producción y construcción de conocimiento, donde son los estudiantes los que transforman sus concepciones y explicaciones espontáneas a la complejidad de explicaciones científicas (Arca, M. y Guidoni, P. 1981), siendo ésta última la concepción que más se adapta a la transformación que requiere actualmente la sociedad.

Ese espacio de reflexión, producción y construcción está determinado por lo que se debe enseñar en la escuela, a lo que el alumno debe aprender. Se considera que son los estudiantes en la escuela, los protagonistas de “lo que se aprende” o de “lo que se construye” (Segura, D. 1981). Es por esto que, actualmente, se defiende la idea de que son los estudiantes quienes construyen su propio conocimiento, pero, éste debe estar intencionalmente guiado o dirigido por el docente.

Según Segura, D (2002), lo que debe enseñarse es, por un lado, no lo más contemporáneo sino lo más importante de cada disciplina, aquello que ha permitido su desarrollo. Por otro lado, habla de la selección en el orden de los contenidos, en donde afirma que no importa el punto de partida sino el punto de llegada, es decir, a la ciencia constituida. Y para que este aprendizaje se logre de la mejor manera, el ambiente en la escuela debe ser el que propicie y privilegie ese proceso. Para ello, la escuela debe ser un ambiente preparatorio para la vida del estudiante como ciudadano, en donde las normas, las exigencias, los reglamentos, las representaciones y las elecciones, los preparen para desarrollar habilidades y desempeñar su futuro rol en la sociedad.

Todas esas habilidades se desarrollan, y para ello, los profesores estamos llamados constantemente, como también lo afirma John Vargas Rojas en su investigación sobre la metodología reflexiva del qué hacer docente, a realizar frecuentemente juicios críticos de nuestra práctica docente (Vargas, J. 2018).

Según Ladino, L (2004) en algunas investigaciones a nivel nacional se expone que la labor del maestro es únicamente la de transmitir información y que su labor en el aula está limitada ya que, por un lado, tienen las manos atadas a un diseño curricular, a unos programas académicos, a unos lineamientos institucionales y, a lo que fielmente exponen los libros de texto y, por otro lado, que están dentro del aula interactuando con sus estudiantes haciendo de ellos personas memorísticas, poco críticos, limitando su creatividad y coartándolos de poner en duda lo que se explica, expone o se discute en el desarrollo de las clases. El papel del maestro en lo que se enseña y en el cómo se enseña es esencial y esto es consecuencia de lo que se entienda por conocimiento. Y no sólo dentro del aula de clases sino también en la escuela en general, en donde, el conjunto de las prácticas docentes son autoritarias y la mayoría de las veces sin sentido (Segura, D. 1998).

Además, como lo afirma Chaparro, C. y Orozco, J. (1988), son pocas las veces que nos detenemos a reflexionar sobre nuestra práctica, no solemos cuestionarnos sobre el porqué de la disciplina que enseñamos, en cómo se presenta en los textos escolares o, cómo y para qué la enseñamos (Chaparro, C y Orozco, J. 1988 p.118).

Para lograr la transformación que se necesita y el desarrollo cultural en la sociedad, todo lo anterior, con respecto al maestro, debe cambiar. El papel del docente en el aula de clases y, en la escuela en general, es fundamental para el proceso de enseñanza. Según Vargas, J (2018), es el docente el que debe fomentar la creatividad, la imaginación y la espontaneidad de sus estudiantes, además es quien debe reinventarse, reconstruir sus prácticas constantemente y crear, además, vínculos significativos con sus estudiantes, lo cual posibilita el acceso a un aprendizaje significativo.

Además, debe brindarse un espacio de crítica al conocimiento, particularmente de la disciplina que enseña. Esto implica establecer nuevas relaciones entre su

práctica y lo que enseña, además de, la imagen de su disciplina que divulga en la escuela. Debe, por lo tanto, reflexionar, reorientar su práctica pedagógica, alimentarla y darle sentido desde aproximaciones conceptuales, en donde lo ontológico, lo epistemológico y lo metodológico resulten significativos para definir y orientar criterios que permitan solucionar los problemas que se le presenten en el aula (Chaparro, C. y Orozco, J. 1988).

Sobre la enseñanza de la Física.

Las reflexiones que se han venido haciendo en torno a la enseñanza de la física no son muy diferentes a las analizadas anteriormente. A éstas, se le agregan algunas otras. Entre éstas, la actitud de los estudiantes en una clase de física, la cual, es pasiva. En ellas, los estudiantes demuestran poca creatividad, en su mayoría, no demuestran interés por el conocimiento que se les expone como tampoco demuestran la capacidad ni de cuestionar ni de dudar en torno al conocimiento que se les plantea. Consideran que el conocimiento científico está hecho, construido y que lo que tienen que hacer es memorizarlo, repetirlo, aplicarlo mediante algoritmos para, posteriormente, demostrar por medio de una nota aprobatorio que “aprendieron” ciertos objetivos de la materia.

Con respecto a esto, Dino Segura (2017) nos hace reflexionar sobre las problemáticas en la enseñanza de la física. Expone en primer lugar, que actualmente enseñamos física para solucionar los ejercicios del final del capítulo y no, los problemas que de verdad sean problema en la vida, en los cuales, las ecuaciones no sirven ni las leyes se aplican, ya que, en la vida no se desprecia la resistencia del aire, ni la velocidad es constante y el rozamiento existe. En realidad, lo que hacemos con esta práctica es aproximar a nuestros estudiantes a lo que es la física. Y esto, para el autor, conlleva a otro problema: la concepción determinista de la física. Aun cuando el solucionar problemas con las ecuaciones presentadas en los textos de física, bien sean con las presentaciones algebraicas

o ecuaciones diferenciales, no son útiles para la práctica en el contexto escolar, lo que se logra es simplemente interiorizar una manera de ver y de concebir un mundo. Esta situación nos lleva a tomar las ecuaciones y a las leyes tal cual se anuncian y no como lo que son, aproximaciones para abordar los fenómenos, pero no definitivas, aspecto que, en la enseñanza de la física no se aclara. Finalmente, expone, además una tercera consideración, el excesivo respeto por la tradición. Por lo anterior es que el autor considera que se han mantenido intactos los contenidos, no se supera el estudio de los fundamentos y rara vez nos encontramos con el estudio de los problemas que realmente aquejan a la comunidad científica, encontrándose con esto, un abismo entre lo que se estudia y los fenómenos que ocurren en el mundo actual en el que vivimos (Segura, D. 2017).

Por lo anterior, surgen con respecto a la enseñanza de la física, algunos aspectos importantes a considerar. El primero de ellos es la transformación que debe hacer el docente en su práctica, qué enseña, cuál es su postura frente al saber disciplinar, cómo han sido los procesos de construcción de las teorías que soportan la ciencia, son necesarios todos los contenidos que se nos exige enseñar, ¿la enseñanza de la física consta únicamente de mostrar y aplicar ecuaciones para entender los fenómenos? Debemos buscar continuamente con nuestra práctica, por un lado, el sentido de lo que enseñamos y el cómo lo llevamos al aula de clases y, por otro lado, el compromiso que tenemos con la escuela y con la sociedad el enseñar ciencias.

En esa misma línea, en investigaciones realizadas a nivel nacional, como por ejemplo en la Universidad Pedagógica Nacional y en la Universidad de Antioquia y; a nivel internacional en instituciones educativas en México y Costa Rica, han planteado algunas reflexiones en torno a la enseñanza de la física y a la construcción de significados científicos por parte de los involucrados en el proceso. En estas investigaciones se ha justificado que la física es una ciencia de

carácter experimental, que busca explicar el mundo que nos rodea. Se plantea además que, en la enseñanza de la física, es de suma importancia establecer continuamente la relación entre la teoría y la práctica y que, la idea de separar la teoría de la experimentación y así la teoría del diseño experimental es una acción claramente errada (Ayala. M, Romero. A, Malagón. F, Rodríguez. D, Garzón. M, y Aguilar, 2004). Destacan además que, la participación del alumno durante el desarrollo de las clases juega un papel importante en la construcción del conocimiento que se dé en esos espacios, en donde, es el estudiante el que busca afinar el pensamiento lógico y físico junto con la capacidad de explicar, organizar y argumentar los fenómenos de estudio, en donde actúan elementos fundamentales como el contexto donde se desenvuelven, su experiencia, sus concepciones, su intuición, imaginación y creatividad.

Además, otra investigación sobre la enseñanza de la física desde un enfoque fenomenológico, es el realizado por Nelda Ríos (2003) quien retoma a Guidoni en su investigación, en la cual, plantea que la ciencia no está desprovista de valor socio – cultural y que la persona que se desarrolla en esa sociedad adquiere un sistema de significados que dependerán de los contextos con los cuales interactúe los cuales, además, se verán reflejados en los modos de pensar, hablar, ser y actuar. Es así como los conocimientos constituidos por los estudiantes están articulados con experiencias y organizados de una forma personal de ver e interpretar lo que los rodea. Es por esto que, la enseñanza de la física desde este enfoque se basa en la organización de experiencias que han organizado por la interacción con el contexto. Se basa en las relaciones que se establezcan entre el conocimiento individual, la realidad (sus sensaciones y percepciones) y el conocimiento validado. Por lo anterior, expone que la enseñanza de la física exige diseñar actividades con las cuales se posibiliten establecer relaciones entre el conocimiento común y el conocimiento científico a partir de las realidades en que estén inmersos.

Finalmente, otros autores señalan que la física es una representación de fenómenos y que su enseñanza es un proceso en donde el estudiante se expone a un conjunto de interacciones y lo que éste debe hacer es, construir representaciones de éstas y elaborar las explicaciones. Para ello, el eje fundamental es la motivación y el entusiasmo por el proceso y no la búsqueda de la nota aprobatoria, resultados e informaciones y, la dinámica fundamental en el aula de clases debe ser el trabajo colectivo (Segura, D. 2002) donde se generen debates, diálogos, situaciones inquietantes para los estudiantes.

Por último, considero importante dialogar y reflexionar entorno a las ideas expuestas por María Mercedes Ayala (1992), con respecto a las problemáticas que se viven en la enseñanza de la física. Expone que uno de los requisitos para superar los inconvenientes que se tienen en este proceso, es transformar la física que se enseña. Por un lado, surge la necesidad de desplazar la importancia que se le da a los contenidos por los métodos que se emplean para enseñarlos. Por otro lado, considera que no sólo se les debe quitar protagonismo a los contenidos, sino que también se deben reestructurar, aspecto que lograremos cuando superemos la idea que considera respetar la cronología histórica de la física, brindándoles la oportunidad a los estudiantes de cuestionar todo aquello que se les expone. Además, afirma que para enseñar física no sólo se tiene que saber física, en donde también se deba tener una continua actitud de indagación sobre los conocimientos físicos, sino también, un saber propio de la profesión de maestro: un acervo de métodos usados en la transmisión de saberes (Ayala, M. 2006). La autora además plantea como actividad fundamental en la enseñanza de la física, la recontextualización de los saberes de la física por parte del docente. Éste debe conocer, por un lado, los problemas que han posibilitado la construcción de fenómenos, el desarrollo de los conceptos físicos y su pertinencia según el momento histórico en que fueron formulados. Además, el docente debe vivenciar procesos de construcción de conceptos, de fenómenos y de la elaboración de explicaciones en torno a éstos, lo cual considera como condición necesaria para

encaminar los procesos que desarrollen sus estudiantes. Por otro lado, considera importante que el docente conozca los procesos a través de los cuales se difunden las ideas, lo cual considera condición mínima para que la sociedad provea los recursos suficientes para el desarrollo de la disciplina (Ayala, M. 1992).

Sobre las prácticas de laboratorio.

Sobre las actividades experimentales también han sido muchas las investigaciones y reflexiones llevadas a cabo en torno a la importancia de éstas en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la ciencia. ¿Qué se busca con ella? ¿la comprensión de un fenómeno, la ampliación de la experiencia del estudiante, la comprobación de enunciados teóricos o, las diferentes formas de explicar un fenómeno?

Según Ladino, L (2004) investigaciones realizadas en la Universidad de Antioquia y en la Universidad del Valle recalcan la necesidad de reflexionar sobre el papel de la práctica de laboratorio como fuente de construcción de conocimiento y en la generación de propuestas sobre la actividad experimental en la enseñanza y el aprendizaje de la física que, superando las clásicas perspectivas inductivas y deductivas sobre las cuales está estructurado el currículo actual, contribuyan a la construcción de imágenes que faciliten la construcción del conocimiento científico. Recalca además que los trabajos sobre la actividad experimental se centran en el desarrollo de técnicas y procedimientos para una mayor eficacia en la ejecución de experimentos, siendo éstos utilizados para, una mayor comprensión de los fenómenos estudiados o, como recursos didácticos que facilitan su enseñanza, mediante los cuales, los estudiantes puedan aplicar los conocimientos adquiridos para entender lo que pasa en la vida cotidiana para posteriormente poder explicar los fenómenos que acontecen a nuestro alrededor.

Actualmente para muchos profesores el experimento se considera un mero elemento verificador de los enunciados teóricos estudiados o, como única fuente de conocimiento a partir de la cual se obtienen las teorías clásicas deductivas e inductivas de la ciencia (Koponen & Mäntylä,2006). Este es un aspecto que deberíamos analizar con detalle, ya que, como docente de física considero que la aproximación de los estudiantes a una práctica de laboratorio no debe ser únicamente para verificar las relaciones que se conocen entre las magnitudes involucradas sino, para ayudar a los estudiantes a entender lo que ocurre en las situaciones de estudio para luego, organizar sus ideas y construir las diferentes maneras de explicar los fenómenos.

Pensar en la ciencia como una actividad humana implica tomar en cuenta a la experimentación en una dinámica de clase para construir una base fenomenológica donde se destaquen posteriormente los datos relevantes del fenómeno, enriqueciendo la experiencia, configurando los procesos para finalmente consolidar el proceso de formalización. Es por esto que, algunos profesores consideran que el experimento es una herramienta fundamental en la enseñanza de la ciencia, ya que, permite la constitución de relaciones conceptuales, construcción de magnitudes y formas de medida, favoreciendo de esta manera a la conformación de fenomenologías (Malagón, F. Sandoval, S. y Ayala, M. 2013).

Según Malagón. F, Sandoval. S y Ayala. M (2013), la práctica experimental tiene que ver principalmente con la comprensión y construcción de fenomenologías de estudio. En este sentido, destacan la importancia del carácter constructivo del fenómeno y para esto se deben organizar una serie de actividades y experiencias además de, una serie de observaciones intencionadas para realizar una descripción lo más detallada posible del fenómeno. Todo esto constituye una actividad experimental que exige además de un compromiso con la comprensión del fenómeno, una comprensión conceptual que acompañe una experimental. Lo anterior, se evidenciará en la construcción de explicaciones en torno a lo

observado, lo cual corresponde al proceso de formalización, es decir, la construcción en palabras, signos, dibujos, gráficas, procedimientos que nos permitan describir, organizar y hablar, identificando sus cualidades más importantes, un fenómeno.

Otra de las investigaciones llevadas a cabo en torno al papel del experimento en el aula de clases, ha sido aquella realizada por Harold Claret (2019) en la cual, planteó a través de una propuesta experimental el estudio de fenómenos naturales en el aula bajo la perspectiva fenomenológica. Para ello, realizó en primer lugar, un análisis de los tratados de Galileo Galilei sobre la caída de los cuerpos con relación al medio en el cual caen, para así, determinar las consecuencias en torno a las velocidades de los mismos. Posteriormente, indagó acerca de la importancia de la actividad experimental en la clase de ciencias para la comprensión de un fenómeno. En su investigación centró la mirada en las formas de hablar de los estudiantes y en las organizaciones que éstos realizaban al implementar y desarrollar las actividades experimentales. Concluyó que la actividad experimental en el aula permite, por un lado, introducir cuestionamientos, ideas y preocupaciones de los estudiantes acerca del fenómeno de estudio y, ampliar los conocimientos en torno a éste. Por otro lado, afirma que, a través de la práctica experimental los estudiantes lograron interiorizar y expresar sus ideas acerca del fenómeno creando, además, nuevas formas de hablar de él poniendo de manifiesto también un trasfondo conceptual y contextual acerca del fenómeno de estudio.

Referentes teóricos metodológicos.

Se presentan a continuación algunas reflexiones acerca de la importancia del análisis histórico de la ciencia para la enseñanza de la misma. Asimismo, se expone la importancia de haber llevado a cabo un análisis y un diálogo con el trabajo realizado por Galileo Galilei, sobre el estudio del movimiento de los cuerpos, para el establecimiento de criterios y, la posterior construcción del diseño de mi propuesta de aula. Finalmente, se realiza una descripción del proceso desarrollado desde las primeras ideas del trabajo hasta la constitución del mismo.

Análisis histórico y la enseñanza de las ciencias.

Lo que hoy conocemos por ciencia corresponde al producto de una construcción histórica, de reelaboraciones, en donde, las diferentes posturas, lecturas, contextos socio- culturales, exigencias, intencionalidades e intereses han influido en su constitución.

Mirar la historia es preguntarle al pasado por el presente, para lo cual, es necesario una reconstrucción (Ayala. M, 2006 p.8). Por lo anterior se hace necesario, para la enseñanza de la ciencia, comprender cómo ésta ha evolucionado y se ha reorganizado, en donde, el análisis histórico de la ciencia es fundamental.

Hacerlo es, en primer lugar, establecer un diálogo con los autores y con los aportes que éstos han realizado en torno al fenómeno de estudio, para construir, con nuevos ojos, estructuras nuevas y particulares para hablar del mismo. Además, está relacionado con la necesidad de comprenderlos, los cuales, más adelante serán de otros, lo cual marca el compromiso de los docentes con el

conocimiento científico (Sandoval, S. Malagón, F. Garzón, M. Ayala, M y Tarazona, L. 2018 p.25).

Por otro lado, según Ayala. M, (2006) acudir a la historia, influye en gran medida en la práctica pedagógica, ya que, se considera a la historia de la ciencia como un recurso con el cual, reflexionamos sobre nuestro quehacer y el conocimiento científico, de donde se derivan elementos importantes para el diseño de actividades en el aula, implementando con éstas, un enfoque constructivista que facilite la comprensión y la construcción del fenómeno de estudio. Además, permite por otro lado, una profundización del conocimiento disciplinar propio del docente.

Cuando se enfatiza sobre el proceso de construcción de conocimiento por parte de los estudiantes, decimos que desarrollan y elaboran estructuras conceptuales que les permiten entender la realidad y explicarla, relacionándolas con las que ya posee. Según Ayala, M (2006) en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física se desarrollan procesos de recontextualización en donde se construyen modos de representar al mundo, posibilitando de esta manera, un enriquecimiento, una ampliación y reorganización tanto de su visión del mundo como de sus experiencias en torno a él. Los estudios históricos – críticos son en sí mismos procesos de recontextualización (Ayala, M. 2006 p.29).

En la misma línea, se considera además que lo que hoy se sabe acerca de un fenómeno tuvo un inicio, una razón de ser y, un proceso de desarrollo, sufriendo transformaciones y contradicciones a lo largo del mismo, enriqueciéndose, flexibilizándose, así como, adquiriendo nuevas relaciones y significados expresados a través del lenguaje, en diferentes formas de representación, con rigurosidad y coherencia.

Por todo lo anterior, se realizaron lecturas, análisis, reflexiones y discusiones con los trabajos realizados por Galileo Galilei, en primer lugar, para entender cómo describió y dedujo los aportes a la cinemática dada además la época en la cual los realizó; posteriormente, para reflexionar acerca de lo esencial para describir el fenómeno para así comprenderlo y, finalmente, para reflexionar sobre nuestra práctica docente al abordar el fenómeno del movimiento en el aula de clases buscando con esto, ampliarla, reorganizarla y enriquecerla. En segundo lugar, el análisis realizado contribuyó además a la comprensión del fenómeno, a ver cómo, a través de la historia, éste ha evolucionado, se ha reorganizado y, se ha nutrido con los aportes de otros científicos que lo han trabajado, para comprender, además, las formas cómo hoy lo vemos expuesto en los libros de texto y cómo se aborda en las aulas de clases. Finalmente, el análisis histórico que aquí se presenta contribuye al establecimiento de los criterios tanto epistémicos como disciplinares de mi trabajo de investigación y profundización y, posteriormente, en el diseño de la propuesta de aula y en las actividades que propongo en ella.

Fases de la investigación.

Generalmente considero que comenzar algo, en cualquier ámbito de nuestra vida, por los motivos que sea, es difícil. Así fue el comienzo de este trabajo, inicialmente, sin un rumbo claro, pero, al menos, con los ingredientes fundamentales para desarrollarlo: disposición, ánimo y voluntad. A propósito del movimiento, considero que algunas etapas fueron desarrolladas a velocidad constante, otras se desarrollaron a un ritmo rápido y algunas, lentamente. Desarrollaba alguna, adelantaba otra, volvía a la anterior, la repensaba, la enriquecía, la transformaba, la reelaboraba. El proceso no fue lineal, a medida que avanzaba, generalmente, relacionaba las cosas, entrelazaba y nutría cada una de las afirmaciones presentadas.

Según Pérez, G. y Nieto, S (2009) la investigación – acción, orientada a mejorar la práctica de la educación, es una forma de indagación autorreflexiva emprendida por sus participantes, con la cual se busca mejorar tanto la racionalidad y justicia de sus prácticas educativas como la comprensión de dichas prácticas en donde tienen lugar. Exponen, por un lado, que la práctica de la investigación-acción aporta un nuevo tipo de investigador, el cual, desde su propia realidad, contribuye a la solución de problemas cambiando y mejorando las prácticas educativas. Por otro lado, que se trata de una investigación construida en y desde la realidad educativa y práctica de los involucrados en ella, razón por la cual parte desde la óptica de quien vive el problema. La metodología más utilizada en la investigación-acción es la espiral cíclica y autorreflexiva de acción y reflexión de la práctica, la cual, según Carr y Kemmis (1983) está formada por bucles ininterrumpidos: planear, actuar, observar y reflexionar, los cuales involucren a los partícipes en el proceso de reflexión y acercamiento de lo empírico a la realidad, para luego replanificar la práctica como base para la solución de problemas educativos.

Por lo anterior, desde que me planteé el desarrollo del presente trabajo y, avanzaba en el planteamiento del mismo, me desplazé en círculos o “bucles” en cada una de las reflexiones que realizaba a la luz de mí que hacer como docente.

Inicialmente fueron muchas las interrogantes que planteé. Pretendía resolverlas todas. Poco a poco se fueron decantando y acotando. La gran mayoría giraban en torno a las dificultades que mostraban los estudiantes en el aprendizaje de la física. Lo anterior, originó la problemática de estudio, así como también, originó y delimitó los objetivos del trabajo. Por lo anterior, considero que la primera fase de investigación fue el delimitar y decantar las interrogantes para llegar al problema de estudio y al establecimiento de los objetivos del trabajo.

A lo largo del mismo, por un lado, fueron muchas las lecturas, las reflexiones, y los diálogos establecidos con varios autores sobre la enseñanza, sobre la enseñanza de las ciencias, sobre la enseñanza de la física y sobre las problemáticas que ésta enfrenta en la actualidad. Por otro lado, bastantes fueron las interrogantes y las reflexiones que realicé en torno a la praxis y el papel del docente en el proceso de enseñanza y aprendizaje, particularmente de la física.

Lo anterior, constituye la segunda fase de investigación de mi trabajo. Las reflexiones realizadas en torno a la enseñanza de las ciencias, de la física, así como también de la praxis en su enseñanza lo cual permitió dar perspectiva al planteamiento del problema y a ubicar esta investigación dentro del campo de las apuestas investigativas en la docencia de las ciencias.

Por otro lado, se realizaron varias reflexiones sobre las concepciones personales acerca del fenómeno del movimiento, muchas de ellas me llevaron a cuestionar y a replantear mi práctica docente frente al mismo, casi ninguna me convencía. Fue ahí cuando decidí dialogar con Galileo, entenderlo no fue un proceso sencillo. Valorando el esfuerzo, la creatividad y el ingenio con las cuales logró hablar del fenómeno, diseñé y planteé nuevas formas de interpretarlo y estudiarlo. Luego, volví a mis concepciones, las cuales, fueron otras completamente diferentes a las planteadas inicialmente. Ésta constituye la tercera fase de investigación, la de profundización disciplinar.

Lo anterior, me llevó, a la cuarta fase de la investigación, la constitución de criterios de orden disciplinar, epistémicos y pedagógicos didácticos y, al establecimiento de objetivos didácticos con los cuales diseñé la propuesta que planteo y las actividades didácticas a desarrollar en el aula, la cual constituye la quinta y última fase de la investigación.

Sin restarle importancia, realicé, además, una reflexión y un análisis acerca de la importancia del análisis histórico para la enseñanza de la ciencia y como esto, además, influye en el establecimiento de criterios y en el diseño de las actividades propuestas para el aula de clases.

Todo lo anterior se representa en el siguiente diagrama, el cual resume las fases de la investigación, destacando la importancia de que éstas no fueron desarrolladas en forma lineal donde cada una replanteaba y nutría la realizada con anterioridad.



Diagrama 1. Fases de la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 2.

SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO.

A partir de ahora se analizarán algunos aspectos que debemos tomar en cuenta en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia los cuales guiarán nuestra práctica como docentes y nuestro qué hacer en el aula, para así fomentar, guiar, enriquecer y construir junto a nuestros estudiantes el conocimiento. Además, se analizará el papel del estudiante en su proceso de aprendizaje.

El aula como sistema de relaciones.

En 1939, Harold Benjamín publica una sátira titulada “El currículo de dientes de sable”, con la cual nos hace reflexionar sobre lo que queremos nosotros como docentes a la hora de enseñar. En ella, nos habla de educar a los jóvenes en el arte de capturar peces, cazar caballos lanudos a garrotazos y asustar con fuego a los tigres de dientes de sable. Pero, la idea principal del autor no era simplemente enseñarlos a cazar, a capturar animales o a asustarlos, era la de adquirir y desarrollar, a través de estas actividades, habilidades duraderas con las cuales podrían enfrentar y solucionar sus futuros problemas a lo largo de su vida (Claxton, G. 1994). Este es uno de los grandes retos que enfrentamos nosotros como docentes de ciencias, ayudarlos a adquirir y a desarrollar habilidades que en un futuro los ayuden a solucionar problemas.

Por lo anterior, son muchos los aspectos que debemos tomar en cuenta a la hora de enseñar, particularmente, física: cómo la enseñamos, qué papel tiene para nosotros las ideas que tienen nuestros estudiantes de lo que estamos estudiando, qué herramientas pedagógicas utilizamos en la práctica y cómo las empleamos, así como el sentido que se les da a ellas. Reflexionar sobre cada uno de estos aspectos de la práctica, para interrogarla, analizarla y reorientarla han sido una de las razones más importantes por las cuales surgió este trabajo de grado.

Desarrollar esas habilidades y construir conocimiento no depende únicamente de los docentes de ciencias, es una tarea de muchos. La escuela; sus normas, sus horarios, sus tiempos, las relaciones que se dan en ella; los estudiantes; sus motivaciones, sus intereses, sus relaciones familiares, las relaciones que se den entre ellos mismos y; las relaciones que se dan mutuamente entre los profesores y los estudiantes, dentro y fuera del aula de clases; son factores también importantes que determinan y orientan las prácticas de enseñanza y, el papel del aula, para de alguna manera contrarrestarse, complementarse, enriquecerse y transformarse colectivamente para beneficio de todos. Por lo anterior, se considera, por un lado, el aula como un sistema de relaciones, donde los aportes de cada uno de los participantes juegan un papel importante en la construcción de conocimiento, y, por otro, un lugar donde se combinan y configuran múltiples realidades y escenarios para reformar pensamiento, potencializar sujetos en cuanto a autoestima, tolerancia por las diferencias y sentido crítico para así crear además por medio de ella, sujetos sociales de conocimiento (Forero, S. y Tarazona. L. 2019).

Particularmente cuando hablamos de la enseñanza de la física, es importante que los docentes nos preguntemos constantemente cual es nuestro papel en la enseñanza de la misma, cómo adecuar continuamente ambientes para un aprendizaje significativo, qué es lo que queremos que nuestros alumnos aprendan y qué sentido tiene para ellos ese conocimiento que queremos que adquieran.

Hemos dejado atrás la época de la educación transmisionista (por imitación y asimilación) y aquella de la educación transmisionista idealista aristocrática. La primera, aquella donde prevalecía la imitación como mecanismos de transmisión, procesamiento y reestructuración de conocimiento; la segunda, donde se buscaba formar la identidad de un sujeto a través de la enseñanza

religiosa y moral con un cierto ideal trascendente, basada en el orden del universo complementándose con una formación literaria, retórica, memorística de libros de texto por tradición. Estamos ahora en la época de la educación para la vida y la producción social, con la cual, se rompe con el verbalismo retórico, con el autoritarismo magistral y la pasividad del estudiante. Su formulación pedagógica se basó en la posibilidad de preparar el espíritu colectivo de los estudiantes con responsabilidad y compromiso social para una sociedad plena (Flórez, R 1994).

Por lo anterior, estamos enfrentando a nivel educativo una etapa en la cual el estudiante, guiado por el docente, es el protagonista activo de su proceso y en donde es él el que debe construir su conocimiento. Nosotros los docentes debemos diseñar y planificar con anterioridad las clases teniendo claros los objetivos y lo que queremos que nuestros estudiantes construyan, las actividades a desarrollar, las actividades experimentales, para que, a través de éstas, sean ellos los que, por medio de la observación, exploración, desarrollo de las actividades y, discusión y análisis de las mismas, construyan las nuevas formas de ver y hablar del fenómeno de estudio. Esas nuevas formas de pensar y hablar de un fenómeno son también lo que se conoce hoy en día como modelos explicativos.

Según Flórez, un modelo “es un instrumento analítico para describir, organizar e inteligir la multiplicidad presente y futura, la diversidad, ... que tanto han preocupado al hombre” (Flórez. R, 1994 p.17). Algunos ejemplos de éstos podrían ser los realizados por Copérnico, Newton y Kepler para describir la duración de los eclipses, el realizado por Einstein para explicar la relatividad, o, el realizado por Galileo al hablar del estudio del movimiento de los cuerpos, considerados éstos como modelos científicos, es decir, aquellos cuyo objetivo es entender y describir lo que ocurre. El lenguaje usado es el que suministra una forma de

“modelar” la realidad, y cuando el individuo, luego de visualizarla, la planea, la reorganiza, la explica, está modelando (Flórez, R. 1994).

Según Flórez, los modelos pedagógicos han sido diseñados específicamente para definir lo que debería enseñarse y a quiénes, cuáles son los intereses que deben prevalecer al formar a un individuo, qué estrategias utilizar, y quién predomina en el proceso, si el maestro o, el alumno; siendo éstos los aspectos más importantes tratados en ellos y, lo que muchos pedagogos han denominado nueva escuela. Los parámetros pedagógicos que rigen a la denominada nueva escuela se enumeran y explican a continuación.

- ❖ Defienden la idea de que son los estudiantes los protagonistas de su desarrollo, con base a sus intereses y necesidades, los consideran los propios constructores de su aprendizaje, alentándolos a recuperar la voz y la palabra en su proceso.
- ❖ Las actividades didácticas, los intereses y las acciones de los maestros no deben girar en torno a este último sino más bien, a las necesidades e intereses de los estudiantes, los cuales por ser todos diferentes con intereses particulares, y ritmos de aprendizaje diferentes, la enseñanza debería darse en forma más personalizada.
- ❖ Debido a que se están preparando estudiantes sociales se debe procurar que, durante el proceso educativo, el estudiante recupere la voz y la palabra, se convierta en protagonista de su proceso.

Ahora bien, por lo anterior, ha surgido la necesidad de reflexionar y cambiar las estructuras conceptuales y las estrategias que comúnmente se han desarrollado en la enseñanza de las ciencias, para que, de esta manera, el aprendizaje sea producto de una construcción colectiva, o, de una reconstrucción de actitudes,

procedimientos y conceptos. Para ello, considero que nosotros los profesores de ciencias deberíamos reflexionar, interrogar y reorganizar nuestras prácticas docentes tomando en cuenta los elementos que caracteriza este modelo de enseñanza.

Considero importante el reconsiderar este tipo de enseñanza particularmente en la enseñanza de las ciencias. Si bien estoy de acuerdo que el estudiante es quien debe construir poco a poco, por medio de actividades y experiencias el conocimiento, me parece importante también la labor mediadora del docente para que lo logre, entendiéndose por mediadora, aquella acción continua y progresiva que hace el docente para ayudar a sus estudiantes a conseguir las mejores estrategias para responder a las exigencias (Arca, M. Guidoni, P y Mazoli, M. 1990). Además, con los retos que enfrentamos hoy en día, somos nosotros los que debemos enfocar nuestra labor a promover la capacidad de nuestros estudiantes a gestionar sus propios aprendizajes, es decir, a aprender a aprender (Pozo, J y Monereo, C. 1999).

Como se ha mencionado con anterioridad, el papel del docente en el diseño y planeación de las clases, de las actividades a desarrollar por los estudiantes y, el guiar las discusiones en torno a lo que se está estudiando es fundamental para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, pero, son los estudiantes los que tienen que organizar y desarrollar los discursos en torno a los fenómenos de estudio, los cuales además, al exponerlos bien sea de forma verbal o escrita, y, haciendo relaciones o conexiones con conocimientos previos u otros, están demostrando la construcción del conocimiento y, por ende, de las habilidades de las que se ha hablado.

Siempre he defendido el papel del docente en la enseñanza de la ciencia, siendo esta una de las razones principales para que surgiera mi trabajo de grado. Me parece tan importante el desempeño del docente en su práctica como el de sus

estudiantes. Ambos deben ser protagonistas del proceso de enseñanza – aprendizaje. Considero importante, además, que es el docente a través de su didáctica el que debe despertar, en parte, el interés de los estudiantes, motivarlos constantemente para lograr con ellos, la construcción de concepciones sobre lo que se esté estudiando. En la misma línea, considero fundamental el papel de los estudiantes; son ellos los que deben darle sentido a las actividades propuestas, son los que revelan nuevas formas de ver las cosas, cada uno le imprime su sello, su esencia, construyendo así, lo que para cada uno es significativo. Y, como he defendido en muchas ocasiones a lo largo del desarrollo del presente trabajo, el docente no sólo debe analizar, cuestionar y reorganizar su práctica docente es, además, y como lo afirma Arca, Guidoni y Mazoli, aquel que, ubicado en el ojo del huracán, por así decirlo, debe manejar al mismo tiempo, tanto todo lo relacionado a su práctica docente como, todas las relaciones que se dan entre los estudiantes, padres de familia y escuela, expertos disciplinares y expertos en psicología y sociología (Arca, M. Guidoni, P y Mazoli, M. 1990).

Hemos analizado hasta el momento tanto el papel del docente como el del estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, es importante ahora destacar que la educación en ciencias es un proceso gradual, en donde lo importante es, con todas las herramientas que posean los partícipes del proceso, desarrollar modos de ver y de interactuar con la realidad, implicando con esto, modos de pensar, expresar y hacer (Arca, M. Guidoni, P y Mazoli, M. 1990). Cuando se hace mención a la forma de expresar, debemos tomar en consideración la manera cómo los estudiantes ven un determinado fenómeno de estudio. Indagar acerca de sus concepciones sobre movimiento, por ejemplo, es una forma de ver el significado que los estudiantes le han asignado gracias a las relaciones que han tenido con él. Cuando hacen referencia al movimiento, emplean muchas veces frases como: «se mueve tan rápido como un rayo», «se mueve en línea recta», «se mueve de arriba hacia abajo», «se mueve tan lento como una tortuga» o, «ese niño no deja de moverse», en donde cada una de

estas frases tiene un significado para cada uno, el cual, además, está vinculado a la forma en cómo se han relacionado con la palabra “movimiento”, es decir, con su experiencia y con lo que conocen de él.

De lo anterior también Arca, Guidoni y Mazoli (1990) nos hablan. Establecen la fuerte conexión que existe entre el lenguaje, el conocimiento y la experiencia en todo proceso cognitivo además de su estrecha correspondencia. Existirán siempre unos lenguajes, es decir, algunos modos (palabras, imágenes, dibujos) de representar; unas cosas de las que algo se conoce y se vive con la interacción con la realidad, es decir, experiencias en torno a algo, y, unos modos reconstruidos de hablar de ellas, ya que, se logran expresar con palabras. A partir del nivel de la experiencia, por medio de un lenguaje (representaciones o palabras) se puede construir algo a lo que llamamos conocimiento (Arca, M. Guidoni, P y Mazoli, P. 1990 p.85)

Es así, por medio de frases como «se mueve tan lento como una tortuga» que nuestros estudiantes nos cuentan sus concepciones, sus modos de ver, conocer y hablar del movimiento, refiriéndose únicamente a sus vivencias cotidianas y a las conexiones que realicen también entre éstas. El papel del docente, para la construcción del conocimiento no es quitar dichas concepciones en los estudiantes, sino, más bien, enriquecerlas, reforzarlas o reconstruirlas, según sea el caso, para luego, a través del lenguaje y conocimiento común por medio de discusiones, crear nuevas formas de hablar del objeto de estudio.

Construcción de conocimiento del mundo físico desde la propuesta fenomenológica.

Algunos de los aspectos que se tienen en cuenta en la enseñanza de la ciencia son, el experimento en el aula y el proceso de formalización. Uno brinda una aproximación a la experiencia sensible y la otra nos lleva al mundo de las ideas,

del análisis y del razonamiento. Muchos científicos y maestros se han preguntado por si existe un vínculo o una relación entre ellas. En el ámbito escolar muchos nos hemos preguntado sobre el papel del experimento en el aula de clases, sobre el sentido que éste tiene para el estudiante al realizarlo y sobre los procesos de formalización, con el fin de direccionar los aspectos más significativos de éstos que resulten pertinentes en los procesos cognitivos en la enseñanza de las ciencias (Malagón, F. Sandoval, S. y Ayala, M, 2013 p.9).

Por lo anterior, considero fundamental implementar para la construcción de conocimiento en una clase de ciencias, la actividad experimental en el aula. Esta aproximación que le brindamos a los estudiantes les permite, por un lado, establecer relaciones con el conocimiento que tienen acerca del fenómeno de estudio, cuestionar dichos conocimientos y, por otro lado, interpretar lo que sucede en torno al mismo, organizar las nuevas ideas y, expresarlas de una nueva manera. Esto se da gracias a la identificación y comprensión de lo que sucede y, de las relaciones que se dan entre las variables en el fenómeno de estudio, aspectos que sólo se dan, cuando nosotros los docentes, los acercamos e involucramos al análisis fenomenológico.

Ahora bien, cuando se habla de un experimento como herramienta en el proceso de enseñanza de las ciencias, se debe hacer una reflexión en torno a la fenomenología y cómo esta influye en nuestras propuestas dentro del aula de clases. Según Husserl (1931) y Heidegger (1949), el fenómeno requiere de alguien para aparecer, es decir, de un sujeto, persona, profesor, estudiante, capaz de interpretarlo, pensarlo, entenderlo para que así construya un campo fenomenológico (Malagón, F. Sandoval, S. y Ayala, M. 2013 p.2).

Cabe resaltar la importancia, en la enseñanza de la ciencia, Según Malagón, F. Sandoval, S y Ayala M. (2013) del carácter constructivo del fenómeno. Las interpretaciones y las explicaciones que cada estudiante le da a un fenómeno

requieren previamente de una observación detallada y, de una organización de experiencias que luego proporcione una explicación detallada de lo que está ocurriendo, en este proceso participa la actividad experimental la cual permite, por un lado, la comprensión y la reconstrucción conceptual, el establecimiento de relaciones entre efectos y por otro, la construcción de explicaciones acerca de lo que se esté abordando.

Además, el fenómeno es lo que es, éste no oculta nada, “el fenómeno es lo que parece según lo que aparece” (Poema fenomenológico de Parménides, 2002, 49). Cuando ocurre uno lo que puede es dar cuenta de un conjunto de cualidades. Como consecuencia de esto, el sujeto que lo percibe, cada uno desde su propia experiencia lo que hace es construir explicaciones de lo que ocurre en términos de lo que percibe, siempre diferente de acuerdo con su formación académica, historia social, cultura, estructura mental (Malagón, F. Sandoval, S. y Ayala, M. 2013).

Otro aspecto importante a tomar en cuenta con respecto a los fenómenos es que éstos cambian continuamente. Esto ocurre también dependiendo del sujeto que lo observe. Por ejemplo, cuando ocurre el movimiento de un cuerpo, puede que una persona detalle cualitativamente lo que ocurre; otro, cuantifique el tiempo en movimiento, el espacio recorrido; uno puede hablar y analizar este fenómeno desde el movimiento del cuerpo, pero otro, desde la conservación de la energía. Otro ejemplo, podría darse al observar fenómenos eléctricos de atracción y repulsión, Faraday veía como fenómeno al medio donde se daban las interacciones, mientras que Coulomb veía únicamente las acciones a distancia (García,



Figura No.2. Pineda, K. (2014) Verdad y percepción (2014).

Fuente: Tomado de:

<https://kennypineda.wordpress.com/2014/04/11/verdad-y-percepcion/>

2012). Según González (2013) Kuhn afirma que “lo que un hombre ve depende tanto de lo que mira como de lo que su experiencia visual y conceptual previa lo ha enseñado a ver”, razón por la cual afirmo que lo anterior expuesto, son todas formas de ver, pensar y analizar el mismo fenómeno, pero visto de formas diferentes. A esto me refiero al afirmar que un fenómeno cambia, ya que, al realizar descripciones y análisis diferentes de un mismo fenómeno estamos organizándolo y construyendo explicaciones distintas referentes a lo que éste nos muestra.

La experiencia sensible y el experimento.

“El experimento fue declarado oficialmente como el camino real hacia el conocimiento y, los académicos fueron desdeñados porque argumentaban a partir de los libros en lugar de observar el mundo que los rodeaba”

(Hacking, 1983. pp. 177)

Han sido muchos los estudios realizados en torno al papel que tiene el experimento dentro del aula de clases. La visión de éste cada vez es diferente dentro de la enseñanza de las ciencias, cada vez es más importante ya que, es a través de éste donde se extiende la experiencia y se logra la construcción de fenomenologías (Malagón, F. Sandoval, S. y Ayala, M. 2013). En algunos casos, se le ha considerado como un medio para verificar el conocimiento que se tiene acerca de los fenómenos que se estudian, en otros, como base para la elaboración del mismo. Se considera en algunos otros casos que el experimento es el puente entre el mundo sensible y el mundo de las ideas ya que a través de éste se verifican o no las teorías que se tienen de un fenómeno.

Malagón, F. Sandoval, S y Ayala, M. (2013) señalan, por un lado, que el experimento juega un papel importante en la enseñanza de las ciencias ya que, a través de éste se logra organizar la experiencia, para posteriormente dar cabida

a la construcción de magnitudes. Además, consideran que, desde el punto de vista pedagógico, la actividad experimental es poco relevante cuando se usa únicamente para la verificación de relaciones conceptuales en el campo de la ciencia. Por otro lado, señalan que a través del experimento se pueden formular preguntas y problemas en torno a la organización de fenómenos y, por último, consideran que éste es una herramienta para la construcción de fenomenologías en donde, a través de la observación, se organiza de forma estructurada una gran cantidad de información llevando a cabo el proceso más significativo para los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias, el proceso de formalización.

Investigaciones realizadas por Hacking (2013) presentan al experimento como la herramienta base generadora de conocimiento, cuya función principal es la organización de fenómenos para así, enriquecer la experiencia de los estudiantes y propiciar con éste la modificación de los modelos mentales que tienen sobre los fenómenos estudiados. Además, en su libro *Representar e Intervetir* (1983) resalta las diferentes funciones que ha desempeñado el experimento en la historia de las ciencias. Examinándolas consigue que, con varios de los experimentos realizados, se muestra la exploración de fenómenos más que la contrastación de teorías. Ahora bien, nosotros, los que apoyamos la idea del experimento como herramienta fundamental en la enseñanza de las ciencias, donde se describirá a un fenómeno luego de observarlo, debemos realizar una reflexión en torno a lo que es observar. Toma sentido nuevamente lo que cada observador percibe en torno a un fenómeno y a la experiencia que tenga frente a éste.

A propósito de lo anterior, Hacking (1983) menciona varios aspectos fundamentales del experimento como herramienta para el aprendizaje de las ciencias:

- ❖ En las ciencias empíricas, el experimento desempeña múltiples funciones y, por tanto, no puede concebirse como un mero subsidiario de teorías científicas, es decir, su función no es únicamente al testeo de una teoría.
- ❖ Según Hacking (1983) para Hanson observar es interpretar a la luz de las teorías aceptadas. Aquí hablamos de observación mediada de acuerdo a las concepciones de los estudiantes y esto se da, dependiendo de la experiencia que cada uno de ellos posea. Es acá donde se hace necesario identificar esas concepciones previas de los estudiantes para luego analizar y ver cómo reorganizarlas o, modificarlas de ser necesario.
- ❖ Hacking (1983) plantea que en todo experimento hay un conjunto de presupuestos teóricos los cuales permiten el desarrollo de la actividad experimental frente a los propósitos de la investigación. En esta propuesta no se toman como punto de partida los presupuestos teóricos, definiciones por ejemplo de distancia, espacios recorridos, tiempo y velocidad, sino el contexto donde éstos puedan emplearse; los cuales brindarán más adelante algunos elementos y herramientas para la estructuración de la secuencia didáctica a implementar en el aula.
- ❖ Otro aspecto importante señalado por Hacking (1983) es la interpretación que se le dé a los resultados hallados, donde la atribución de significados a los hallazgos es importante para la investigación. Por ejemplo, ¿qué significa para un estudiante que una esfera en movimiento, en tiempos iguales, recorra más o menos espacios? No es significativo para el estudiante la sola descripción de lo que sucedió con el experimento, es decir, el afirmar “el cuerpo se

movió más lento” o, “llegó más lejos al moverse con mayor velocidad”, es importante, dentro del proceso de enseñanza de las ciencias, que el estudiante establezca relaciones, interprete los resultados obtenidos y, sea capaz de atribuirle un significado a su experiencia.

Cuando hablamos de experiencia no se hace referencia a un único evento dentro del aula, sino más bien a una organización de varias experiencias realizadas por el sujeto donde lleva a cabo diferentes representaciones de lo que ha observado en torno a un fenómeno.

Es así como en este trabajo se retoman todos los intentos realizados por Galileo Galilei, con la caída de los cuerpos y, sus experiencias con los planos inclinados, para explicar el comportamiento de los cuerpos en movimiento y las relaciones entre las magnitudes del mismo; es una manera de mostrar cómo en la construcción del conocimiento científico participa la experiencia y el experimento. Además, en esta recuperación del trabajo realizado por Galileo no se pretende verificar lo hallado poniéndolo en un contexto de enseñanza, se pretende lograr una profundización como docente, en la organización del fenómeno del movimiento, ampliando la experiencia sobre este. También, permite reconsiderar las experiencias que tienen nuestros estudiantes sobre el movimiento, reorganizarlas y finalmente, llevarlos a la construcción de explicaciones en torno al movimiento, al proceso de formalización.

Ahora bien, analizando todo lo anterior expuesto, nosotros como docentes de ciencia, al diseñar una propuesta de aula para construir explicaciones en torno al fenómeno del movimiento, ¿qué priorizamos, la teoría o el experimento? El experimento debe ser pensado, debe ser construido y armado con unas intenciones pedagógicas claras y unos objetivos específicos. En esta propuesta, el experimento es concebido como una actividad dentro del proceso de conocer que en el contexto educativo implica diferentes acciones, previamente pensadas

y diseñadas por el docente en algunos casos, las cuales permitirán que los estudiantes elaboren relaciones entre los efectos observados, formas de representar y comunicar, construyen hipótesis sobre otros eventos, así como, relaciones conceptuales. Esta orquestación de acciones permitirá configurar el movimiento como fenómeno de estudio en el aula.

La formalización y la construcción de magnitudes.

Muchas han sido las investigaciones y los estudios en torno al proceso de formalización, al cual, dentro de la enseñanza de las ciencias, se le considera como un proceso muy importante mediante el cual el estudiante puede dar cuenta de la comprensión del fenómeno que esté estudiando y, además, del significado que le dé al mismo. En la enseñanza de la física, muchos docentes han notado la dificultad que tienen los estudiantes en la elaboración de explicaciones en torno al fenómeno de estudio. En la práctica, es muy común que inicialmente se den los conceptos o las definiciones a través de la ejemplificación de sucesos mediante causas y efectos para posteriormente, adoptar un modelo matemático desarrollando algoritmos que permitan efectuar cálculos para “aplicar” los conceptos para la solución de problemáticas.

Lo anterior, considero que ha sido un problema para la enseñanza de la física ya que, no les permite a los estudiantes, por un lado, lograr la comprensión del concepto y por otro; si bien manejan y aplican los algoritmos relacionando las variables implicadas, éstos no le permiten realmente interpretar, analizar y organizar las ideas en torno al fenómeno, causando con esto una brecha entre la teoría y la comprensión de la fenomenología de estudio (Ayala M, Garzón, M y Malagón F, 2007).

Con respecto al proceso de formalización, Arcá y Guidoni (2008) consideran que formalizar significa muchas cosas. Describe una acción deliberada que va desde

darle una forma esquematizada a algo, pasando también por el significado de ver una cosa de cierta forma según sus propiedades dándole una organización, hasta darle una forma en cuanto a su estructura y a su significado. Para Wartofsky (1983) el conocimiento científico no se trata únicamente de tener conocimiento sobre los hechos sino de razonar a partir de ellos y en dirección a ellos, representándolos en una forma sistemática y coherente a través del lenguaje, considerando esto como un proceso de formalización (Ayala M, Garzón, M. y Malagón, F. 2007). En ese mismo sentido, se puede considerar, como lo hace Paolo Guidoni, la dinámica del conocimiento, como un proceso dialéctico entre Experiencia – Lenguaje – Conocimiento: “se adquiere experiencia, se habla de ella y se usa un conocimiento que ya existe y sobre el que es preciso trabajar; y haciéndolo se generan nuevas experiencias, lenguajes y conocimientos (Arcá, M; Guidoni. P y Mazoli, P. 1990 p.88) siendo estas nuevas estructuras, un proceso de formalización.

Actualmente, como se analizó en el apartado de los inconvenientes en la enseñanza de la física, cuando se recurre únicamente a las ecuaciones algebraicas, al dominio del formalismo matemático como única forma de formalización se está cometiendo un error, es una mirada obtusa en el proceso de aprendizaje, dejando por fuera valiosas y diferentes estrategias a la que pueden acudir los estudiantes en las clases de ciencias.

Según Ayala, M, Garzón, M. y Malagón, F. (2007) cuando se utiliza el lenguaje para dar forma a las cosas, estados o transformaciones que ocurren en el mundo, se crean nuevas estructuras, las cuales adquieren ciertas propiedades tanto de morfología y sintaxis como, de significado. Por ejemplo, la geometría elemental, euclídea, existe como pensamiento abstracto en relación y en contrapartida a un mundo y, en muchos casos, se ha usado para darle sentido a nuevas estructuras. En algunos fenómenos que ocurren en la vida cotidiana, la geometría, por ejemplo, se ha usado para explicar la dirección de un rayo de luz o para

determinar el ángulo con el cual éste se refleja en una superficie, o, para explicar, como lo hizo Galileo, por medio de segmentos y proporciones entre éstos su percepción en cuanto al movimiento de los cuerpos, creando de esta manera nuevas estructuras y, nuevas formas de hablar de un fenómeno. Por lo anterior, para Ayala, M. Garzón, M. y Malagón, F. (2007) formalizar es un proceso fundamental en la construcción de conocimiento, a través del cual se utilizan diferentes estrategias para reconocer y elaborar propios y diferentes modos de hablar del mundo.

Algunas de las estrategias que reconocen estos autores (Ayala; M. Garzón, M y Malagón, F. 2007) las ubican en cuatro tipos de formalización en física, los cuales ilustraré en los numerales siguientes:

❖ **Formalización de carácter pragmático:**

Vivimos diariamente comunicándonos. Emitimos juicios con las herramientas comunicativas del lenguaje que poseemos acerca de lo que conocemos y sabemos; hablamos de nuestra experiencia, sin tener un conocimiento teórico de lo que sucede, sin pensar, además, en la estructura utilizada en las oraciones. “Mirar por clases, o por variables o por sistemas... implica siempre un proceso correspondiente de mirar imponiendo una forma, según una lógica preconstruida, a la “forma primaria” que las cosas parecen tener” (Arcá, M. y Guidoni, P. 1987, p.138). En términos generales, en nuestras prácticas cotidianas al comunicarnos, esto es lo que se hace, se hacen clasificaciones, se distinguen unas cosas de otras, se realizan selecciones, es decir, nos comunicamos de forma pragmática. A este proceso, al uso del lenguaje cotidiano, se le conoce como formalización (Ayala, M. Garzón, M. y Malagón, F. 2007).

❖ **Aplicación de las matemáticas en el análisis de fenómenos físicos:**

Éste es un aspecto importante a analizar, ya que, cuando se reconoce una estructura formal y ésta se utiliza como base para explicar un fenómeno se crea la posibilidad de formalizarlo. “Corresponde a procesos cognitivos en los que se reconoce que formalizar no se limita a sobreponer una estructura formal o una estructura matemática a un fenómeno para analizarlo y comprenderlo, sino que se requiere ante todo construir la posibilidad misma de formalizarlo y matematizarlo, es decir, de construir magnitudes, relaciones, etc., con la que damos cuenta de un fenómeno” (Ayala, M. Garzón, M. y Malagón, F. 2007 p.23). Utilizando nuevamente a la geometría como ejemplo, podemos observar cómo Galileo Galilei la utilizó como estructura formal apoyándose en ella para analizar y explicar, por ejemplo, el movimiento de los cuerpos, aspecto que analizaremos con mayor detalle más adelante.

❖ **Axiomatización de las teorías físicas y unificación de campos fenoménicos:**

En este tipo de formalización se realiza una organización bajo una estructura lógica formal la cual permite, además, definir los rangos de validez de las mismas. En este caso se construyen principios generales que implican nuevos principios y que organizan y unifican a su vez diversos campos fenoménicos. Este tipo de formalización se evidencia, por ejemplo, en los trabajos realizados por Lagrange, en el cual unió todos los esfuerzos realizados en la mecánica durante el siglo XVIII organizándolos racionalmente, cubriendo las insuficiencias de las leyes del movimiento newtonianas considerando además nuevos principios para resolverlos. Lagrange dedujo, un solo principio: el principio general del equilibrio; transformando la estática y la dinámica en un solo sistema teórico. Otro de los ejemplos que podríamos traer para ejemplificar este tipo de formalización es el trabajo de Maxwell realizado con el electromagnetismo. Ésta puede ser considerada como la matematización en la forma convencional de su

época de las concepciones y desarrollos de Faraday. Este tercer tipo de formalización, el realizado por Maxwell y Lagrange, es aquel en el cual se unifican y se redefinen los campos fenoménicos (Ayala, M. Garzón, M. y Malagón, F. 2007 p.5).

❖ **Matematización de un campo fenoménico:**

En este tipo de formalización es relevante tener presente “el papel de las matemáticas en la explicitación y organización de las formas y estrategias utilizadas por un sujeto para organizar y razonar sobre su experiencia” (Ayala; M. Garzón, M y Malagón, F. 2007, p.28). Para ejemplificar este tipo de formalización, mencionamos el realizado por Newton en su *Principia*, donde se generan objetos matemáticos con un correspondiente campo semántico alrededor de ellos para referirse al mundo físico, estableciendo sistemas de proposiciones matemáticas con sentido físico.

En el trabajo de Newton, se puede observar cómo transforma el problema central del movimiento en uno de orden matemático: la determinación, por medios geométricos, de la trayectoria descrita sobre un cuerpo cuando sobre éste actúa una fuerza a partir de dos principios: el de inercia y el de superposición de movimientos. Newton reemplaza los movimientos por trayectorias, las cuales serán sustituidas posteriormente por objetos matemáticos, funciones, gracias al trabajo realizado por Lagrange en el siglo XVIII y el cálculo vectorial en el XIX (Panza, M. 2003 en Ayala, M. Garzón, M. y Malagón, F. 2007 p.6).

De la reflexión anterior nosotros, los docentes de física, debemos tener claro que nuestros estudiantes tendrán una visión del mundo y de los fenómenos que en éste ocurren cuando nos preocupemos porque ellos logren la comprensión del fenómeno y posteriormente la formalización del mismo y no, cuando le demos importancia a la matemática como herramienta para entender o describir los

fenómenos físicos. Aspecto que no deja de ser importante ya que, la expresión matemática si bien se considera como la formalización del fenómeno, toma sentido cuando se le asigna y se ha interiorizado el significado a los diferentes términos que aparecen en la expresión. Además, es posible pensar que dentro del aula de clases se lleven a cabo por parte de los estudiantes, diferentes estrategias que evidencien sus propios procesos de formalización de su experiencia y que, con ellos, se den elementos para comprender los procesos de formalización que se dan en la ciencia.

Reflexiones de cierre de capítulo.

Se busca en la enseñanza de las ciencias el quiebre de los modelos tradicionales de enseñanza, de la exposición magistral o autoritaria, en la cual, los docentes estamos llamados a reflexionar, interrogar y reorganizar nuestra práctica. Estamos en la época del trabajo colectivo, en la cual, el estudiante toma el rol principal en su proceso de aprendizaje, volviéndose activo y, alzando su voz continuamente en dicho proceso. Sin embargo, el estudiante no está sólo, detrás de él está principalmente el docente, quien debe ayudarlo a conseguir las mejores estrategias para responder a las exigencias de la sociedad promoviendo en él sus capacidades; la escuela con todas sus relaciones y, las familias, que de diferentes maneras influyen en su proceso de enseñanza y aprendizaje, sobre todo, en el proceso de construcción de conocimiento.

El conocimiento es un proceso gradual de construcción colectiva, el cual resulta de los aportes de cada uno de los partícipes de dicho proceso. Inicialmente está el docente, quien, teniendo claro las intencionalidades y los objetivos de enseñanza, idea y planifica ciertas actividades didácticas a desarrollar con sus estudiantes, con las cuales, ellos logren establecer relaciones, formas de representar y de comunicar lo que perciben en torno al fenómeno de estudio. Para ello, se deberán desarrollar en el aula de clases actividades experimentales, ya

que, se considera, que, a través de éstas, se logra la construcción de la fenomenología, se problematiza el fenómeno de estudio, se identifican variables, se establecen relaciones entre ellas y, se interpretan resultados asignándoles finalmente un significado, para expresarlo posteriormente a través de un lenguaje.

Interpretar, pensar y entender un fenómeno nos lleva a construir un campo fenomenológico y, las interpretaciones y explicaciones que, a través del lenguaje, le asignemos a éste, requiere de la observación detallada, de la organización de experiencias e ideas, así como también de las relaciones y conexiones que se establezcan entre las concepciones que se tengan referentes al objeto de estudio. Debido a esto, considero fundamental indagar acerca de las concepciones que tengan los estudiantes en torno al fenómeno de estudio, a través de las cuales, nosotros los docentes podremos inferir el significado que los estudiantes le han asignado gracias a las relaciones que han tenido con él, lo que los conlleva a tener modos de ver, interactuar con la realidad implicando con esto, modos de pensar, hacer y expresar. Con esto, considero fundamental la fuerte conexión que debe haber, en el proceso de aprendizaje de un estudiante, entre la experiencia, el lenguaje y el conocimiento para la construcción de nuevas formas de ver el mundo que los rodea, así como el propio significado que le asignen.

Tanto las nuevas formas de ver, pensar y explicar el mundo que los rodea, así como del significado que los estudiantes les asignen a ellas, los lleva al proceso de formalización, el cual, es la representación organizada y sistemática a través de las diferentes formas del lenguaje, de la elaboración y construcción de los propios modos de hablar del mundo y de los fenómenos que en él ocurren, lo cual, se da cuando comprenden e interiorizan inicialmente el fenómeno de estudio.

CAPÍTULO 3

ESTUDIO DEL MOVIMIENTO.

En la vida cotidiana muchas veces y, sin darnos cuenta, estamos inmersos en un fenómeno físico presente en todo el universo: el movimiento. Las galaxias se mueven, las estrellas y los planetas también lo hacen; el sol cuando, con el pasar de las horas, atraviesa de este a oeste el firmamento; una flecha cuando corta el aire continuamente abriéndose camino; el humo de una llama cuando asciende; o, una pluma cuando cae desde cierta altura al suelo. Existen también otro tipo de movimientos, como, por ejemplo, cuando un niño se balancea en un columpio o gira en la rueda de un parque a gran velocidad, o, cuando las personas caminan o los autos se desplazan de un lugar a otro a gran velocidad.

Según Guerrero Pino, la ciencia nos proporciona un conjunto de conocimientos del mundo natural construyendo para ello un conjunto de teorías que explican o predicen de una forma sistemática lo que sucede en la naturaleza, esto es, los hechos o fenómenos naturales. Se supone entonces que los fenómenos tienen que ver con los objetos, propiedades y sucesos que son observables que pueden percibirse por medio de los sentidos o en algunos casos, con instrumentos (Guerrero Pinto, 2012). Además, se puede señalar que un fenómeno es lo que aparece frente a una conciencia. Como lo afirmó Husserl, la conciencia existe en la medida en que es conciencia de algo, y por lo tanto desde ese punto de vista, un fenómeno no es en sí mismo, no existe en sí mismo, ni tampoco la conciencia existe en sí misma, existe una relación de doble vía.

“Como se plantea en la fenomenología de Husserl (1931, 9-24) y Heidegger (1949, 3) el fenómeno requiere de alguien ante quien aparecer. Para nosotros la conciencia puede ser una persona, un estudiante o un profesor, con una estructura mental, un contexto social que hace que éste analice, interprete, piense, actúe de cierta

manera y con ello construya un campo fenomenológico”. (Malagón F; Sandoval, S y Ayala, M. 2013, p. 2).

Según los autores Malagón, F, Sandoval, S y Ayala, M (2013) se debe tomar en consideración el carácter constructivo del fenómeno. Por lo anterior, considero que, para comprender una fenomenología se requiere de la organización de una serie de experiencias y de actividades que permitan la observación, la descripción de lo que pasa para, posteriormente, construir y explicar detalladamente el fenómeno. Además, un fenómeno se presenta tal cual es, no hay una realidad detrás de éste, no oculta nada, requiere, por un lado, el desarrollo de una serie de experiencias, de descripciones, de observaciones, un conjunto organizado y detallado de cualidades de lo que se percibe. Por otro lado, un fenómeno no es estático por el hecho de aparecer en una conciencia. Si la conciencia cambia entonces el fenómeno cambia, a medida que se hacen organizaciones distintas del fenómeno, éste se transforma o cambia (Malagón, F, Sandoval, S. y Ayala, M. 2013).

Por lo anterior, considero que, si bien el movimiento es un fenómeno, éste no es visto como tal a pesar de que es común tanto para niños como para adultos ya que, desde pequeños estamos familiarizados con él. Según nuestra experiencia, admiramos lo “rápido” que gira un trompo o, cómo el viento acaricia las hojas de los árboles haciendo que éstas se muevan “lentamente”, pero estos ejemplos, en la vida cotidiana, no los percibimos cómo fenómenos de estudio sino hasta cuándo los cuestionamos, hasta cuando nos preguntamos por los aspectos que influyen o intervienen en él.

Como el movimiento se ha vuelto parte de nuestra experiencia en la vida cotidiana, éste cuando ocurre, ni nos sorprende ni nos interesa estudiarlo. Desde pequeños, bien sea por nuestra experiencia académica o cotidiana, tenemos modelos explicativos en torno a él, sin que esto implique que haya una

construcción propia del mismo. Por ello ni lo cuestionamos ni lo ponemos en duda. Es en el aula de clase donde podemos volverlo fenómeno, al observarlo, detallarlo, cuestionarlo y, explicarlo de forma organizada y detallada.

Además, considero que el movimiento es un fenómeno dinámico, no estático como lo afirmaron los autores Malagón, F. Sandoval, S y Ayala, M. (2013), el cual resulta interesante predecir, analizar, y estudiar para, posteriormente, construir conjuntamente explicaciones entorno a él.

Por lo anterior, debemos dejar momentáneamente de lado lo que nos presentan como verdadero los libros de texto. Debemos asumir una postura activa ante dichas exposiciones y, analizarlas, cuestionarlas, entrelazar nuestras experiencias, nuestra intuición y, conocimientos al respecto para lograr detallar y ordenar de forma sistemática cualidades que permitan hablar del movimiento de los cuerpos. Esto implica construir modelos explicativos en torno a este fenómeno donde los estudiantes y el profesor en conjunto, estén comprometidos inicialmente, con la comprensión del mismo.

Mi experiencia con el movimiento.

Es muy larga la historia en torno al estudio del movimiento y han sido muchos los aportes de Copérnico, Aristóteles, Galileo, Kepler, Newton y Einstein en torno a éste, los cuales han permitido la construcción de lo que hoy conocemos del fenómeno. Cada uno de estos aportes han sido significativos, han servido o para considerar, o para reconstruir o para establecer y, tomar en consideración nuevos aspectos, para construir nuevas formas de hablar sobre el fenómeno de estudio. Estos aportes están plasmados, como modelos explicativos, en los libros de texto.

Estos modelos explicativos en torno al movimiento se plantean en los libros de texto a través de representaciones gráficas, definiciones o, a través de un lenguaje matemático que, a simple vista, los estudiantes no identifican, entienden su significado ni le atribuyen sentido, por el contrario, asumen como verdaderos sin ni siquiera cuestionarlos. No le resto importancia a la forma cómo los libros de texto plantean y describen el fenómeno del movimiento, ya que, ésta también es una forma de hablar de él. Sin embargo, considero importante analizarlo inicialmente desde las cualidades que permiten describirlo, desde las características fundamentales que permiten dar cuenta de que existe y, de que ocurre. ¿Cómo podemos dar cuenta de que un objeto está en movimiento? ¿Cuál es o son las cualidades del objeto que tomamos en cuenta para afirmar que un objeto se mueve? ¿Tomamos otros aspectos alrededor del cuerpo para afirmar que éste está en movimiento? Las anteriores, son algunas inquietudes que me permitirán y ayudarán a describir y a contextualizar el fenómeno del movimiento inicialmente de forma cualitativa y, posteriormente, de ser necesario, de forma cuantitativa.

Considero fundamental plantear inicialmente que el fenómeno del movimiento es relativo. Es decir, que éste depende del observador; tal y como lo propuso Galileo Galilei en el siglo XVI; quien estableció relaciones entre unos móviles y otros para determinar si un cuerpo se consideraba o no, en movimiento. Por ejemplo, un pasajero que sube a un avión y cuando éste alcanza la altura deseada luego del despegue y ascenso, nota que, dentro del avión nada se mueve y, puede afirmar que el pasajero de al lado está quieto o en reposo. No ocurriría lo mismo para la persona que está en la torre de control, la cual afirma que, el avión junto a los pasajeros está en movimiento ya que, se aleja de la misma. Estos dos ejemplos son fundamentales para plantear, inicialmente y, a nivel personal, una de las características más importantes que sirven para dar cuenta del movimiento de los cuerpos, el sistema de referencia. Para la persona que está en el avión, todos los pasajeros están quietos *con respecto* al avión; mientras que la

persona de la torre de control lo hace *con respecto a* ésta, razón por la cual afirma que el avión se aleja. Los términos “con respecto al avión” y, “con respecto a la torre”, se refieren al sistema de referencia, donde el avión o la torre, son puntos u objetos claves y necesarios a considerar para establecer si un cuerpo está en movimiento.

Ahora bien, por lo anterior, ¿se podría pensar en el sistema de referencia como un punto? En algunos libros de texto del bachillerato definen al sistema de referencia como un punto, algunas de éstas se presentan a continuación:

- ☆ “El análisis de un evento físico nos exige determinar dónde ocurrió y cuándo se presentó el fenómeno. Para hacerlo, necesitamos un punto en el espacio y respecto al cual describimos y explicamos el fenómeno” (Barrera, P. 2005 p.46).
- ☆ “Non é possibile parlare di moto o di quiete senza un sistema di riferimento: qualcosa cioè rispetto al quale misurare gli spostamenti dei corpi” (Parodi, G, Ostili, M y Onori, M. 2006 p.45). Traducción: no es posible hablar de movimiento o de reposo sin un sistema de referencia: cualquier cosa con respecto al cual se miden los desplazamientos de los cuerpos.
- ☆ Según Bautista, M y García, M. (2014), para describir el movimiento de un cuerpo, es conveniente utilizar ciertos sistemas de referencia que faciliten la descripción de dicho movimiento. Estos sistemas consisten simplemente en tres ejes cartesianos mutuamente perpendiculares. La posición de un cuerpo en cierto instante de tiempo está determinada por las coordenadas del punto en dicho eje cartesiano (Bautista, M. García, M. 2014 p.40)

Según los dos primeros planteamientos anteriores, podríamos afirmar entonces que un sistema de referencia es un punto considerado fijo a través del cual se establece o se predice si la ubicación en el espacio de un cuerpo cambia.

Analizaremos con detalle la afirmación anterior. Para ello, colocaré algunos ejemplos. En la figura 3, observamos una rueda de la fortuna. Supongamos que un observador se para frente a la rueda, en el piso, en el punto A, el cual consideraremos como nuestro sistema de referencia, colocando fijamente su mirada en dicho punto. A medida que la rueda

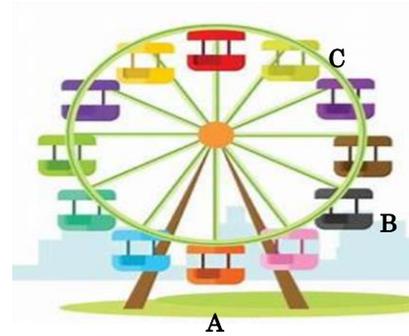


Figura No.3. Rueda de la fortuna.
Fuente: Tomado de: www.vectorportal.com

gira, el vagón naranja que inicialmente estaba en el punto A, irá desplazándose y subiendo, pasando varias veces por los puntos B, C y A durante el tiempo que dure el recorrido. ¿Qué nota el observador colocado en el punto A? ¿El vagón naranja, al cabo de cierto tiempo, cambia su ubicación en el plano con respecto al punto A? El observador al cabo de cierto tiempo observará que el vagón naranja aparece y desaparece del punto A, pero no observa un cambio de ubicación en el plano, ya que, la mirada del observador está fijamente en el punto A.

Ahora bien, consideraremos el mismo caso anterior pero ahora, el observador está ubicado a cierta distancia de la rueda de la fortuna, siendo éste el sistema de referencia a considerar. ¿Qué nota este observador? ¿El vagón naranja, al cabo de cierto tiempo, cambia su ubicación con respecto a éste?



Figura No. 4. Rueda de la fortuna y observador.
Fuente: Adaptada

El observador al cabo de cierto tiempo verá que el vagón naranja cambia, en cada instante, su posición; es decir, su posición tanto horizontal como vertical cambia constantemente, se aleja y se acerca al sistema de referencia conforme pasa el tiempo.

Por lo anterior, puedo concluir que el sistema de referencia no puede considerarse un punto fijo sino ***un conjunto de coordenadas que se requieren para poder determinar si la posición de un cuerpo cambia en el tiempo.***

Por otro lado, en la vida cotidiana podemos notar y sentir cómo el aire hace que las hojas se muevan y experimenten un vaivén sobre las ramas de los árboles; vemos además cómo corre el agua, o muy deprisa o lentamente, por el caudal de un río; cómo un carro se desplaza a lo largo de una autopista; cómo gira en su propio eje un trompo al salir de la cuerda; cómo un niño va de un lado al otro en un columpio de un parque. Cada uno de los anteriores, son ejemplos que nos permiten observar y afirmar que estos objetos han experimentado de alguna manera, *un cambio*. Un cambio que puede describirse a nivel cualitativo como una variación de cualidad, de estado o de alguna otra característica del cuerpo o; describirse también a través de una representación gráfica mediante un modelo matemático en el cual se establezcan las relaciones o se cuantifiquen las magnitudes involucradas en el fenómeno.

A nivel cualitativo, podríamos hablar de un cambio o de una variación en alguna cualidad del objeto, es decir, al afirmar que el objeto está más cerca o más lejos o, que se desplaza lentamente o va de prisa, estamos dando cuenta de dos cualidades importantes para afirmar o hablar del movimiento de un objeto, la posición en el plano que lo separa del sistema de referencia y, la velocidad con la cual lo hace.

Centraremos nuestra atención inicialmente en el análisis cualitativo del movimiento. En el párrafo anterior se afirmó que la posición del objeto con respecto al sistema de referencia y, la velocidad con la que se desplazaba, eran las cualidades más importantes para hablar del movimiento de un cuerpo. Para profundizar en la explicación al respecto, traeré algunos segmentos y representaciones gráficas de la fábula “La liebre y la tortuga”, con la cual, desde pequeños estamos familiarizados.

Uno de sus segmentos dice: “La liebre sabiendo de su velocidad y la ventaja que tenía sobre la tortuga, decidió descansar”. En este segmento quiero resaltar, en primer lugar, la frase: “... la ventaja que tenía sobre la tortuga...”

Desde la experiencia de nuestros

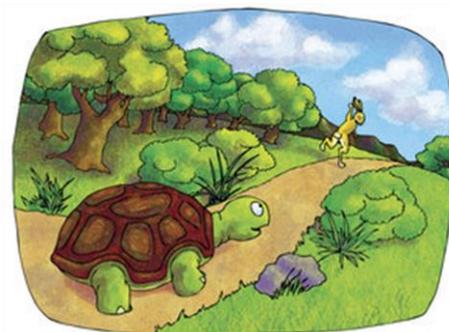


Figura. No. 5. Cambio de posición con respecto al sistema de referencia.

Fuente: Tomado de: profvaldecantu.blogspot.com

estudiantes, ¿qué significaría para ellos el término ventaja? ¿Qué significado le pueden atribuir al mismo? Apoyándonos además en la figura 5, podemos interpretar lo que esto significa. Tomando como sistema de referencia el arbusto de color morado, tenemos que, la liebre se encuentra en una posición distinta y mayor a la tortuga, es decir, está más lejos, hay un espacio considerable entre ellas, lo cual, significaría que la liebre va delante de la tortuga. Con respecto al sistema de referencia, la posición de los cuerpos, la de tortuga y la de la liebre es distinta con el paso del tiempo, lo que nos podría dar un pequeño indicio de que los cuerpos están en movimiento.

Según lo anterior, desde la experiencia cotidiana y luego, con el consenso de la comunidad científica, se define el movimiento como, el cambio o la variación de la posición con respecto a un punto fijo (considerado el sistema de referencia), que realiza un cuerpo mientras pasa el tiempo; estableciendo hasta aquí, una relación entre estas dos magnitudes, la posición del cuerpo y el tiempo,

considerándolas en primer lugar, en los únicos referentes para evidenciar y analizar el movimiento de los cuerpos (Romero A; Rodríguez D. 2003 p.59).

Pero, consideremos ahora, por ejemplo, los dos arbustos el morado y el que está al otro lado de la tortuga; suponiendo que ambos están sobre una misma línea horizontal y, muy probablemente, el viento haciendo que sus hojas se muevan lentamente a pesar de ocupar la misma posición en el plano. Por lo anterior, considero que, no es la posición del cuerpo la cualidad más importante para definir y hablar del movimiento de un cuerpo, sino la velocidad.

Ahora bien, debemos prestarle mayor atención a la magnitud velocidad para poder hablar del movimiento de un cuerpo. Para hablar de ella, no se necesitan únicamente palabras, frases, como la expuesta anteriormente: “la liebre sabiendo de su velocidad...”; se puede hablar, además, a través de imágenes, las



Figura 6. Representación gráfica del movimiento.
Fuente: La liebre y la tortuga. Tomado de:
<https://co.images.search.yahoo.com/>

cuales resultan también una forma de representación. Es por esto que, otra de las ilustraciones que traigo de la fábula “La liebre y la tortuga” es la que se muestra en la figura 6. En ella, se observan alrededor de la liebre rayas, segmentos paralelos, nubes, las cuales, según nuestra experiencia nos indica movimiento, velocidad, siendo éste, un lenguaje a través de una representación gráfica. Así como lo afirman Arca M, Guidoni, P y Mazoli, P (1990), “a partir del nivel de la experiencia, a través de un lenguaje hecho palabras y de representaciones, se puede, por tanto, construir algo que llamamos conocimiento, desprendido tanto de la experiencia como del lenguaje (Arca, M. Guidoni, P. y Mazoli, P (1990) p.85). Analizando además las representaciones alrededor de la

tortuga vemos en este caso, gotas de sudor, lo cual, según nuestra experiencia, es una representación de cansancio hecho palabras.

Por lo anterior hemos visto que hay muchas formas de representación, lo cual constituye un lenguaje a la hora de hablar de magnitudes. Se puede hablar de ellas a través de palabras, frases o también a través de dibujos; las cuales analizando y vinculando con nuestras experiencias, construyen conocimiento en torno al fenómeno de estudio, es decir, no podemos dejar de relacionar, para construir nuevas formas de hablar en torno a un fenómeno, la triada que nos exponen Arca, Guidoni y Mazoli sobre la experiencia, el lenguaje y el conocimiento.

Hasta el momento hemos concluido, por un lado, que para poder hablar del movimiento de un cuerpo es necesario establecer un sistema de referencia y que, la cualidad más importante para hacerlo es la magnitud velocidad. Por otro lado, existen muchas formas de representación, palabras, frases, dibujos, gráficos, los cuales también constituyen elementos importantes proporcionándonos, además, nuevas formas de hablar en torno a un fenómeno de estudio.

Ahora bien, hemos afirmado que la cualidad más importante para dar cuenta del movimiento de un cuerpo es la magnitud velocidad. ¿qué es la velocidad de un cuerpo? ¿qué significa para nuestros estudiantes la velocidad de un cuerpo? En la vida cotidiana y a veces, en el contexto escolar, nuestros estudiantes emplean frases como: “¡Que corra Diego, él es el más rápido!” o, “A pesar de que Victoria hace movimientos lentos, no hay quién le quite el balón, es una cesta segura”. ¿Qué significados tienen los términos “rápido” y “lento”?

Generalmente la definición de la velocidad de un cuerpo se aborda, en el contexto escolar, desde una perspectiva espacio – temporal y, a pesar de la importancia que tiene ésta para el estudio del movimiento, en la mayoría de los textos o en

las prácticas docentes, no se le da la debida importancia ni se le dedica el tiempo suficiente en las clases para abordarla, para de alguna manera, garantizar que los estudiantes la comprendan y le asignen su propio significado. Por ejemplo, Parodi G, Ostili, G y Mochi, G (2006) la definen como “nel moto rettilineo uniforme la velocità é definitiva come il rapporto fra lo spazio percorso e il tempo impiegato, cioè in simboli $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ (Parodi, G. Ostili, G y Mochi, G. 2006 p.47) Traducción: en el movimiento rectilíneo uniforme la velocidad está definida por la relación entre el espacio recorrido y el tiempo empleado, en símbolos $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$. Según Hewitt (2004) “la rapidez es la medida de qué tan rápido se mueve algo, se define como la distancia recorrida en la unidad de tiempo” (Hewitt, P. 2004 p.40). ¿Esta relación que se da entre el espacio y el tiempo es la única manera que se tiene para comprender la velocidad? ¿es necesario conocer el espacio recorrido por un cuerpo y el tiempo empleado en hacerlo para hablar de velocidad? ¿es significativa esta definición para nuestros estudiantes?

Hasta el momento hemos visto algunas definiciones que se presentan en los libros de texto sobre la velocidad. Ésta se expresa como la relación entre la distancia recorrida por un cuerpo y el tiempo empleado en hacerlo. Ahora, le daremos sentido a dicha relación. La figura 7 representa el instante en que el



Figura No. 7. El Jamaicano Usain Bolt. Berlín 2009.
Fuente: Anónimo. Tomado de: www.s.telegraph.co.uk

jamaicano Usain Bolt en agosto del 2009 en la ciudad de Berlín bate récord en los 100 metros planos ganando la carrera ya que, los recorrió en 9,58 segundos. ¿Por qué ganó Usain Bolt? ¿Por qué no ganó el corredor del carril 5 o aquel del carril 8? La meta de todos los competidores era correr los 100 metros planos. Ahora bien, es aquí donde se presenta la relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado. Usain Bolt fue el que mayor velocidad tuvo, razón por la

cual, ganó la carrera. Es decir, empleó el menor de los tiempos en recorrer los 100 metros planos. Los corredores 5 y 8 emplearon un tiempo mayor en hacerlo, por lo cual, no fueron tan rápido como Bolt. El cuerpo que en menor tiempo recorra cierta distancia irá más rápido, es decir, su velocidad será mayor. En esta carrera particular, la velocidad de Usain Bolt fue de $10,44 \frac{m}{s}$ lo que quiere decir que, en promedio, cada segundo recorrió una distancia de 10,44 m, ¡sorprendente!

Antes de seguir hablando de la velocidad de un cuerpo, vale la pena destacar que, la velocidad de Bolt fue posible conocerla ya que se sabía el espacio recorrido y el tiempo empleado por el mismo en recorrerlo, razón por la cual se pudo plantear y calcular, pero, ese número no me describe el movimiento del cuerpo. Es por esto que, esa velocidad no nos dice cómo fue el movimiento del deportista a lo largo de todo el recorrido, ¿todo el tiempo fue igual esa velocidad en Usain Bolt, o ésta fue aumentando o disminuyendo a lo largo del recorrido? Esto es un problema que ha tenido esta concepción de velocidad (espacio/tiempo), la cual, no nos permite decir cómo fue el movimiento del cuerpo en un punto específico de la trayectoria, lo que nos lleva, más adelante, al concepto de velocidad instantánea y a pensar posteriormente en el movimiento uniformemente acelerado.

De ahora en adelante, para hablar de velocidad, en un movimiento uniforme, se deben establecer relaciones de orden entre los espacios recorridos y los tiempos empleados en hacerlo.

Ahora bien, analizaremos otro aspecto importante que puede presentarse en dichas relaciones de orden entre las magnitudes espacio y tiempo. Para ello, supongamos que en una clase de educación física los estudiantes de un curso realizaron una carrera, un instante de ella se refleja en la figura 8, en la cual, podemos ver según lo anterior, que Diego, el niño que va en la delantera recorrió en menor tiempo la distancia y que, Alessandro, el niño que va de tercero, lo hizo en el mayor tiempo de los tres, razón por la cual es el que menor velocidad tiene. Durante la carrera, el profesor



Figura No. 8. Niños corriendo
Fuente: Castagno, F. s.f. Tomada de: <https://www.dreamstime.com/>

registró en una tabla los tiempos (en segundos) que emplearon los niños en recorrer cada 2 metros, los cuales se ilustran a continuación en la siguiente tabla:

	2m	4m	6m	8m	10m	12m	14m	16m	18m	20m
Diego	1,6	3,2	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16
Andrés	2,5	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25
Alessandro	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40

Tabla No.2 Distancias y tiempos empleados en la carrera de 20 m. Educación Física.
Fuente: Elaboración propia.

Al observar detalladamente la tabla de datos y, los tiempos que emplea cada uno de los participantes de la carrera en recorrer la distancia, notamos que, existe una misma proporción entre la distancia recorrida y el tiempo empleado, es decir:

Para Diego:

$$\frac{d}{t} = \frac{2 \text{ m}}{1,6 \text{ s}} = \frac{4 \text{ m}}{3,2 \text{ s}} = \frac{6 \text{ m}}{4,8 \text{ s}} = \frac{8 \text{ m}}{6,4 \text{ s}} = \frac{10 \text{ m}}{8 \text{ s}} = \frac{12 \text{ m}}{9,6 \text{ s}} = \frac{14 \text{ m}}{11,2 \text{ s}} = \frac{16 \text{ m}}{12,8 \text{ s}} = \frac{18 \text{ m}}{14,4 \text{ s}} = \frac{20 \text{ m}}{16 \text{ s}}$$

Para Andrés:

$$\frac{d}{t} = \frac{2 \text{ m}}{2,5 \text{ s}} = \frac{4 \text{ m}}{5 \text{ s}} = \frac{6 \text{ m}}{7,5 \text{ s}} = \frac{8 \text{ m}}{10 \text{ s}} = \frac{10 \text{ m}}{12,5 \text{ s}} = \frac{12 \text{ m}}{15 \text{ s}} = \frac{14 \text{ m}}{17,5 \text{ s}} = \frac{16 \text{ m}}{20 \text{ s}} = \frac{18 \text{ m}}{22,5 \text{ s}} = \frac{20 \text{ m}}{25 \text{ s}}$$

Para Alessandro:

$$\frac{d}{t} = \frac{2 \text{ m}}{4 \text{ s}} = \frac{4 \text{ m}}{8 \text{ s}} = \frac{6 \text{ m}}{12 \text{ s}} = \frac{8 \text{ m}}{16 \text{ s}} = \frac{10 \text{ m}}{20 \text{ s}} = \frac{12 \text{ m}}{24 \text{ s}} = \frac{14 \text{ m}}{28 \text{ s}} = \frac{16 \text{ m}}{32 \text{ s}} = \frac{18 \text{ m}}{36 \text{ s}} = \frac{20 \text{ m}}{40 \text{ s}}$$

Lo anterior es muy importante al hablar acerca de un sólo tipo de movimiento de un cuerpo. Cuando la distancia recorrida por un cuerpo está siempre en la misma proporción al tiempo, se dice que la velocidad es constante y que estamos en presencia de un movimiento uniforme.

Lo anterior corresponde a la formalización del movimiento uniforme. Plantear esas proporciones entre las distancias recorridas y los tiempos empleados y, además, calcularlas es, un proceso de matematización de un campo fenomenológico, como analizamos en el capítulo anterior y constituye un proceso de formalización. Usualmente, estos procesos de representación y de formalización son catalogados como uno de los aspectos que más dificultades causan a los estudiantes de física (Romero, A y Rodríguez, D. 2003 p.57), lo cual ocurre, porque nosotros los docentes de física no nos preocupamos porque construyan el fenómeno de estudio estableciendo las relaciones que se dan entre las magnitudes involucradas en éste.

Hasta el momento hemos hablado y analizado la relación entre el espacio recorrido y el tiempo empleado para un movimiento uniforme, es decir, de un movimiento en el cual esas dos magnitudes tienen la misma proporción a lo largo de la trayectoria. Ahora bien, sin profundizar, es oportuno destacar que esas magnitudes de espacio y tiempo no siempre guardan la misma proporción. En los casos mencionados con anterioridad dijimos, por ejemplo, que la velocidad de Usain Bolt fue $10,44 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ y que, según esto, cada segundo recorrió 10,44 metros ¿es posible que el deportista haya recorrido 10,44 metros cada segundo de la carrera? ¿a lo largo de toda la carrera siempre fue igual? ¿siempre el deportista estuvo

adelante en la carrera, o, estaba en otra posición y poco a poco fue avanzando? Muy similar es el caso de la carrera de Diego, Alessandro y Andrés, ¿Diego siempre estuvo adelante en la carrera? ¿En todos los instantes de la carrera estuvieron en ese mismo orden, o, éste varió? Puede ser que Alessandro, en algún punto de la carrera, llevara la delantera, ¿entonces por qué Diego logró alcanzarlo y, pasarlo? Otra situación con la cual estamos familiarizados, por ejemplo, es cuando escuchamos que un vehículo se desplazó $100\frac{Km}{h}$, recorriendo únicamente 80 Km en 40 minutos, en este caso en particular, ¿qué nos dice esa velocidad si la distancia recorrida es menor a los 100 Km y no ha pasado una hora de tiempo? ¿Cómo hablaríamos en este caso de la velocidad? En estos casos estamos en presencia de otro tipo de movimiento, en el cual, la velocidad no es siempre constante, es decir, ésta aumenta o disminuye a lo largo de la trayectoria y, además, en donde hablamos de velocidad instantánea, es decir, de la velocidad de un cuerpo en un punto determinado en la trayectoria.

El movimiento según Galileo Galilei.

Galileo Galilei, científico y filósofo italiano, es considerado uno de los científicos más importantes del occidente, el cual realizó innumerables aportes tanto a la física como a la astronomía, siendo además considerado como uno de los fundadores del método experimental (Thuillier Pierre, 1992). A propósito, son muchos los que afirman que realizó innumerables experimentos (Briceño, G, s.f) los cuales permanecieron inéditos durante los siglos XVI y XVII realizando con éstos, varias contribuciones a la ciencia en la conformación moderna del método experimental. Específicamente en física, éstos fueron fundados en una metodología para el estudio del movimiento, señalando además la importancia e influencia del experimento en la comprensión del fenómeno (Álvarez, J. y Posadas, V. 2002). Otros no ven a Galileo como un experimentador, ya que afirman, por un lado, que vivió en una época donde no se disponían de instrumentos científicos precisos para realizar experimentaciones, siendo esto

un obstáculo para registrar medidas significativas. Por otro, no se concibe la misma idea de investigación científica la que él realizó y la que se podría llegar a desarrollar hoy en día. Además, los seguidores de un Galileo experimentador, afirman que muchas de sus ideas las encontró por la inquietud que tenía de dialogar con los hechos mientras que otros, sus oponentes, afirman que sus aproximaciones, por ejemplo, la teoría del movimiento era una especulada y osada teoría sobre los fenómenos que observaba (Thuillier Pierre, 1992).

Galileo funda el estudio y la ciencia de la cinemática con la cual, inicia la construcción de una metodología experimental en la física, la cual se mantiene hasta nuestros días, marcando así, el camino para que otros autores verificaran o refutaran las afirmaciones hechas por él. Tal es el caso del movimiento de proyectiles, la caída libre, los movimientos pendulares y la naturaleza del vacío, siendo Mersenne, Riccioli, Huygens, Berti, Boyle, Maignan y Torricelli algunos de sus continuadores quienes afinaron algunas de sus obras logrando además uno de sus grandes objetivos, la correspondencia entre la teoría y el fenómeno, valiéndose para ello de nuevas formas de experimentación (Álvarez, J. y Posadas, V. 2003).

Las obras más representativas de este científico italiano fueron: *“Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano”* (1632) y, *“Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze”*¹ (1638) las cuales por un lado, se basaron en fundamentos importantes para la física: el movimiento en el vacío, el movimiento de un cuerpo como un estado, el principio de inercia, la matematización del mundo físico, la geometrización del espacio y, la concordancia entre la observación y la teoría; y, por otro, nos aportaron que, la construcción que realizó Galileo no fue realizada solamente con sus argumentaciones lógico-matemáticas sino también, con un fundamento

¹ Esta obra no es nueva, es una recopilación, profundización, corrección y actualización de escritos anteriores (Azcarate, 1984)

empírico, basado en experiencias y observaciones (Álvarez, J. y Posadas, V. 2002).

En el siglo XX algunos de estos trabajos fueron sacados a la luz; llamándonos a reconsiderar los tipos de experimentos realizados. Stillman Drake, Ronald Naylor, David Hill entre otros, fueron algunos de los autores que reconstruyeron las situaciones experimentales planteadas por Galileo, los cuales, obtuvieron una alta coincidencia entre lo obtenido por éste y aquellos que se derivaron de sus reconstrucciones. Las reconstrucciones realizadas fueron:

- ☆ la forma geométrica de la trayectoria de un cuerpo que cae después de recorrer un plano inclinado.
- ☆ la proporción entre los tiempos y los espacios para un cuerpo que se mueve sobre el mismo y,
- ☆ la conservación del movimiento horizontal del cuerpo después de abandonar dicho plano.

La preocupación por estos objetos de estudio que hoy se presentan como “temas” resueltos, para su momento se constituyeron en la manera de construir el fenómeno del movimiento.

A continuación, se realizará un análisis del trabajo experimental y de formalización que realiza Galileo, con el objetivo de derivar criterios disciplinares para orientar el proceso de enseñanza de la cinemática.

Sobre la experiencia con los planos inclinados.

Alrededor de 1603, Galileo repite la experiencia sugerida en 1600 por el marqués Guidobaldo del Monte, la cual consistía en lanzar una bola entintada a lo largo de un canal inclinado \overline{OP} (Figura 9) para revelar, por un lado, la forma de la trayectoria seguida por los cuerpos al caer después de rodar a través de éste, y

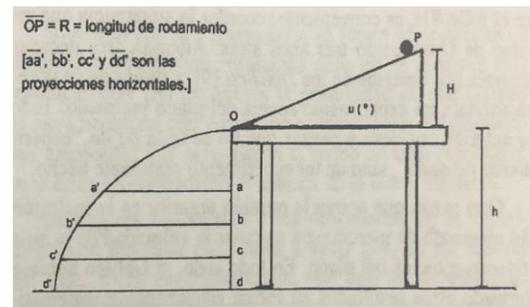


Figura No.9 Reconstrucción experimento Galileo con los planos inclinados.

Fuente: Álvarez, J. 2002

por otro, determinar la proyección horizontal resultante de la bola una vez que ésta abandonara el plano y cayera al suelo. Para ello, utilizó un plano de altura “H” e inclinación “u”, colocado a una altura “h” del suelo, desde el cual, soltó desde el punto P del plano inclinado una esfera de metal desde diferentes alturas para luego, estimar los diferentes alcances $\overline{aa'}$, $\overline{bb'}$, $\overline{cc'}$ y $\overline{dd'}$ alcanzados por la esfera una vez abandonara el plano.

Con respecto a la trayectoria descrita por la esfera, si bien Galileo no poseía los elementos suficientes para afirmar que la bola seguía una trayectoria parabólica, dispuso de una serie de valores que, geoméricamente, lo acercaron mucho a la trayectoria antes descrita. En el transcurso de los años fue reelaborando las concepciones prevalentes pudiendo reconocer que se trataba de un movimiento compuesto, “natural” de caída y “horizontal” debido al plano, el cual, posteriormente ilustró en su obra *Discorsi*: “Un proyectil que se desliza con un movimiento compuesto por un movimiento horizontal y uniforme y por un movimiento descendente, naturalmente acelerado, describe, con dicho movimiento, una línea semiparabólica” (Álvarez, J. y Posadas, V. 2002, p. 64).

En el año 1973, Stillman Drake publicó un artículo “Galileo’s experimental confirmation of horizontal inertia: unpublished manuscripts” en el cual, por un lado, ilustra la reconstrucción realizada por Naylor y Hill, de la experiencia realizada por Galileo. Por otro, coloca algunas fotografías del reverso del folio 72 de los manuscritos² realizados por el científico, expuestos en la Biblioteca Nacional de Florencia (Figura 10) exponiendo que éstos, podrían ser una prueba de las experimentaciones realizadas por Galileo ya que, se distinguen en él cinco trayectorias parabólicas con algunos números y cálculos en el resto de la hoja (Thuiller. 1992). Según Drake, Galileo quería, además de revelar la forma de la trayectoria que seguía la esfera, al abandonar el plano inclinado, buscar la relación existente entre la distancia recorrida por la esfera a través del plano y el tiempo empleado (Álvarez, J. y Posada, V. 2002). Para lo primero, Naylor y Hill reconstruyeron el experimento realizado por Galileo, proponiendo valores de la inclinación del plano inclinado “u”, la altura de la mesa “h” y la altura del plano inclinado “H” para luego medir la distancia $\overline{dd'}$, es decir, el alcance horizontal al cual cae la esfera con respecto a la mesa.

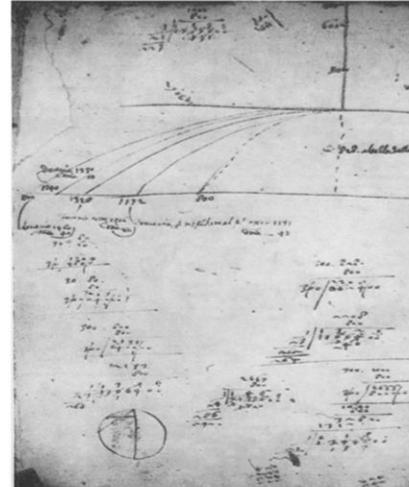


Figure 3. Folio 116r (from Vol. 72, MSS Galileiani; courtesy of the Biblioteca Nazionale di Firenze).

Figura 10. Folio 116. Vol 72

Fuente: Stillman Drake (1973) “Confirmación experimental de Galileo de inercia horizontal: manuscritos no publicados (Galileo Gleanings XXII). Recuperado de: <https://www.jstor.org/stable/229718?read-now=1&seq=1>

² Estos manuscritos no se encuentran publicados en los “Discorsi”, fueron hojas que se encontraron del científico publicadas posteriormente en la Biblioteca Nacional de Florencia (Thuiller, 1992)

En la siguiente representación (Figura 11) se muestran los valores, medidos en puntos (1 punto = 95 cm) hallados por Galileo en la experiencia, los cuales, además, se reflejan en la tabla 3, junto a los valores hallados por Naylor y Hill en la reconstrucción de la experiencia, en donde, además, se observa que Hill no reporta valores en la última experiencia ya que se abstuvo de realizarla (Álvarez, J. y Posada, V. 2002).

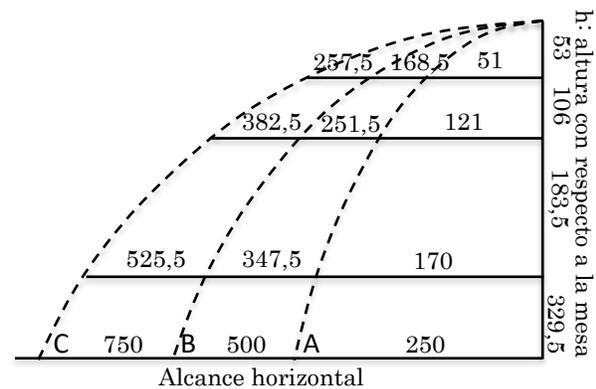


Figura No. 11. Esquema con los valores obtenidos por Galileo.

Fuente: Álvarez y Posada (2003) p.64

Trayectoria A. $u = 20,5^\circ$				
Altura "h"	Valor teórico	Galileo	Naylor	Hill
329,5	252	250	250	244
183,5	177,7	170	171	173,5
106	126	121	124	124,5
53	79,4	81	80	79

Trayectoria B. $u = 10^\circ$				
Altura "h"	Valor teórico	Galileo	Naylor	Hill
329,5	518	500	500	494,5
183,5	366	347,5	349	351,5
106	260,2	251,5	254	250,5
53	164,4	168,5	168,5	160

Trayectoria C. $u = 7^\circ$				
Altura "h"	Valor teórico	Galileo	Naylor	Hill
329,5	790	750	750	*
183,5	556,2	525,5	533	*
106	393,6	382,5	380	*
53	246,9	257,5	250	*

Tabla No. 3. Comparación valores obtenidos reconstrucción experiencia Galileo.

Fuente: Álvarez y Posada 2003 p.64

parecidos en donde, el error entre estos valores no rebasa jamás el 6% (Álvarez, J. y Posada, V. 2002).

En dichas tablas se observa como los valores hallados por Naylor y Hill se aproximan mucho a los obtenidos por Galileo. Según Drake, tanto por los valores colocados en el folio como en las tablas anteriores, se puede evidenciar la experimentación realizada en dónde los cálculos para sus predicciones teóricas (calculados usando el teorema de la media proporcional), la construcción deliberada y metódica de la experiencia, muestran que tanto Galileo como los otros experimentadores obtienen resultados muy precisos y además,

Ahora bien, mostrando y analizando los resultados expuestos en las tablas anteriores, se puede notar la relación que tiene el ángulo de inclinación del plano usado para las experiencias con el alcance horizontal alcanzado, notando específicamente que, a menor ángulo de inclinación el alcance horizontal alcanzado por la esfera al abandonar el plano inclinado es mayor. Además, a pesar de que Galileo en 1603 no disponía de los elementos suficientes para afirmar que la bola, al abandonar el plano inclinado, se mueve siguiendo una curva parabólica, sino únicamente de valores geométricos que se ajustaban a ellos; Drake, utilizando las fórmulas de la mecánica clásica pudo comprobarlo (Thuillier, 1992). Otro aspecto importante a resaltar de la experiencia realizada por Galileo es el reconocimiento que hace sobre el movimiento parabólico de la esfera, haciendo notar que éste es un movimiento combinado, uno horizontal debido al plano y otro, el de caída, acelerado uniformemente, al cual, comparó posteriormente con el de caída libre dadas las semejanzas de los movimientos en cuanto al aumento proporcional de la velocidad. Lo anterior, le permitió establecer un principio muy importante dentro de sus aportes a la cinemática, el cual más adelante ilustró en los *Discorsi*: “un proyectil que se desliza con un movimiento compuesto por un movimiento horizontal y uniforme y por un movimiento descendente, naturalmente acelerado, describe, con dicho movimiento, una línea semiparabólica” (Galilei, G. 1638. Teorema I, Proposición I, p.384)

Hasta el momento hemos visto el trabajo realizado sobre planos por Galileo y posteriormente, el de los científicos que realizaron sus reconstrucciones; además, cómo dichos trabajos han sido expresados y formalizados a través de la geometrización y matematización de magnitudes. Ahora bien, si las reconstrucciones de los científicos brindan una aproximación bastante acertada del trabajo de Galileo, esto no constituye con la perspectiva fenomenológica de la cual hemos estado hablando ni con la construcción de magnitudes. Para ello, es necesario la experimentación en el aula, la observación detallada de lo que se

percibe, la identificación de cualidades y la organización de éstas para establecer posteriormente las relaciones entre las magnitudes.

Uno podría inferir, con esta experiencia de los planos inclinados, que lo que se logra con ella es, en parte, la familiarización y la experiencia con el movimiento, organizado a través del experimento, aspecto fundamental a la hora de construir magnitudes, lo que permite, por un lado, establecer relaciones y comparaciones entre las magnitudes, y, por otro lado, como lo hace Galileo, formalizarlo a través de la geometrización. Además, es importante recalcar, el ejercicio que realiza Galileo con esta experiencia sobre los planos inclinados conservando siempre el mismo ángulo de inclinación, tomando el alcance horizontal de la pelota como indicativo para saber cuál abandonó el plano con mayor velocidad variando sobre éste la posición inicial de la pelota.

Otro de los hallazgos importantes que debemos analizar de las experiencias con los planos inclinados realizadas por Galileo en 1604, fue la relación hallada entre tiempo transcurrido en descender el plano con la distancia recorrida por el mismo. Para esta experiencia, Galileo empleó un plano inclinado de altura \overline{OM} igual a 60 puntos y longitud \overline{ML} igual a 2000 puntos (1 punto = 95 cm) con el cual buscó: a) medir el tiempo empleado en recorrer, sobre la pendiente, segmentos de longitud iguales \overline{OA} , \overline{AB} , \overline{BC} ...; y, b) registrar las distancias avanzadas $\overline{O'A'}$, $\overline{A'B'}$, $\overline{B'C'}$..., sobre el plano por medio de múltiplos de una unidad de tiempo establecida. Con respecto a esta unidad de tiempo, la cual debía ser pequeña para poder registrar un número razonable de mediciones y que, parecía un problema para la época debido a la falta de un reloj de precisión, para Galileo no fue un problema, ya que, la generó y reprodujo gracias a su sentido musical, es decir, mostró su gran ingenio al sustituir un reloj mecánico por un reloj

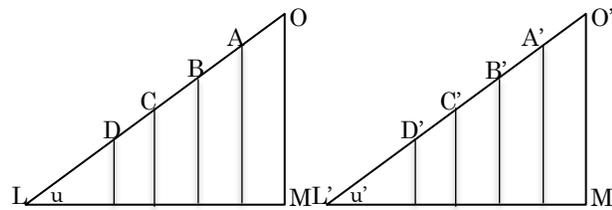


Figura No.12. Experiencia de Galileo planos inclinados, relación tiempo y espacio.

Fuente: Álvarez y Posada (2002) p.65

musical³. En la figura 12, la representación de la derecha ilustra la reconstrucción de la experiencia realizada por Drake y Naylor en 1975. En la tabla 4 se ilustran, además, los valores hallados por Galileo en la experiencia “b” (dónde midió distancias tomando como variable independiente al tiempo empleado) y, por Naylor y Drake en la reconstrucción de la misma (Álvarez, J. y Posada, V 2002).

Galileo			Drake		Naylor	
t	t^2	D	t(s)	D	t(s)	d
1	1	33	0,55	32,9	0,55	33
2	4	130	1,10	131,4	1,10	133
3	9	298	1,65	295,7	1,65	296
4	16	526	2,20	525,7	2,20	530
5	25	824	2,75	821,5	2,75	828
6	36	1192	3,30	1182,4	3,30	1190
7	49	1620	3,85	1609,8	3,85	1615
8	64	2123	4,40	2103,1	4,40	2101

Al observar con detalle los datos registrados en la tabla anterior,

Tabla No.4. Resultados experimentos de Galileo, Drake y Naylor sobre planos inclinados.

Fuente: Álvarez y Posada, 2002 p.66

podemos observar, por un lado, que los valores hallados de las distancias recorridas sobre el plano se asemejan bastante y, por otro, que hay la misma proporción entre, las distancias recorridas y el cuadrado del tiempo empleado en recorrerlas, aspecto que le permitió a Galileo establecer otro principio muy importante dentro de su cinemática: “Si un móvil cae, partiendo del reposo, con un movimiento uniformemente acelerado, los espacios recorridos por él en cualquier tiempo que sea, están entre sí como el cuadrado de la proporción de los tiempos, o lo que es lo mismo, como los cuadrados de los tiempos” (Galilei, G. 1638, Teorema II, Proposición II, p.294).

Tenemos hasta acá, con el análisis de los experimentos realizados por Galileo y, las reconstrucciones hechas por Drake, Naylor y Hill, varios aspectos importantes que me gustaría resumir y resaltar para el posterior análisis de mi trabajo. Galileo realizó las experiencias antes descritas, demostrando en cada una de estas, su valioso ingenio y creatividad visto las herramientas y

³ Vincenzo Galilei, padre de Galileo, era un músico cuya creatividad fomentó una revolución en la música. Experimentando con longitudes y tensiones de las cuerdas musicales, descubrió una ley matemática que contradecía el supuesto fundamental de la teoría musical tradicional (Tomado de S. Drake, Galileo ay Works, 1978 p.41)

estrategias utilizadas. Además, por un lado, determinó que la trayectoria que siguen los cuerpos al caer luego de recorrer un plano inclinado es una línea parabólica y, que la distancia recorrida sobre este no es proporcional al tiempo sino al cuadrado de éste. Por otro lado, podemos dar cuenta de lo importante que es para la enseñanza y el aprendizaje de la física, el desarrollo en el aula de clases de la actividad experimental. A través del desarrollo de esta e inicialmente con la observación detallada de lo que ocurre, luego, el análisis, ordenación y abstracción de lo que se percibe, estamos frente a la construcción de conocimiento, es decir, podemos a través de éstas lograr comprender el fenómeno para posteriormente, crear nuevas formas de hablar del mismo a través del lenguaje, sea éste, verbal, gráfico o matemático.

La reconstrucción del trabajo realizado por Galileo Galilei sobre los planos inclinados me parece importante llevarla al aula de clases no sólo para relacionar el tiempo de caída por el plano con los espacios recorridos sobre éste, sino también, para determinar la relación entre el alcance horizontal alcanzado por las pelotas y la velocidad de las mismas al abandonar el plano, manteniendo constante el ángulo de inclinación del mismo pero, variando la posición inicial de la pelota sobre éste, por ejemplo los puntos O, A, B y C de la figura 12.

Sobre la formalización del movimiento.

A pesar de ser contemporáneo al máximo desarrollo del álgebra, Galileo la ignora totalmente y utiliza en su obra, un método expositivo de estilo euclidiano utilizando como único recurso, la representación gráfica de magnitudes. En su obra “Diálogos sobre dos nuevas ciencias (1638) la presenta en forma de diálogo entre tres personajes: Simplicio, quien encarna al gran filósofo Aristóteles, Sagredo, un hombre intelectualmente curioso y, Salviati, el gran Galileo. Las dos nuevas ciencias es una obra que está estructurada en cuatro jornadas. En la primera y la segunda se ocupa de hablar sobre la mecánica y los movimientos

locales, en las cuales habla sobre las disgregaciones de la materia, los átomos y el vacío. Es a partir de la segunda jornada donde comienza los “discursos” y las “demostraciones matemáticas” con la resistencia en los materiales. Posteriormente, vienen las dos jornadas dedicadas al movimiento, la tercera al movimiento de los graves y la última al movimiento de los proyectiles.

Según Giusti (s.f), Galileo comenzó a elaborar dos jornadas más, una referente a la teoría de las proporciones y otra a la fuerza de percusión⁴. La jornada dedicada a la teoría de las proporciones fue muy significativa, ya que, es el lenguaje que usó y unificó toda la estructura matemática del volumen, además, para las aproximaciones cuantitativas de las leyes de física. La otra, la fuerza de percusión ocupó un lugar central en las especulaciones de Galileo, ya que, hacía falta referenciar a la percusión para precisar un punto clave para su análisis del movimiento acelerado: la velocidad instantánea (Giusti E, s.f. p.246).

En “La tercera jornada” el tema fundamental es la caída de los cuerpos. Para ello, la divide en tres partes. La primera, analiza todo lo relacionado al movimiento uniforme o constante. En la segunda, trata el movimiento acelerado y en la tercera, el movimiento de proyectiles. Lo fundamental para Galileo fue analizar, describir y demostrar algunas propiedades sobre el movimiento, particularmente en que la velocidad crece sencillamente en proporción al tiempo. Durante mucho tiempo Galileo creyó que la velocidad era proporcional al espacio recorrido, aspecto que más adelante cambió gracias al análisis y estudio de las proporciones.

⁴ Estas dos jornadas, no se llegaron a añadir a las cuatro primeras publicadas probablemente porque les faltó fuerzas para llevarlas a término, pero, fueron publicadas por separado en 1675 la quinta y, 1718 la sexta, en la segunda edición de “Obras”.

Sobre el movimiento uniforme.

En los primeros cursos de física notamos que, uno de los primeros temas que se aborda con los estudiantes es el movimiento uniforme de los cuerpos, haciendo énfasis en que la característica más importante de éste es, la obvia relación entre el espacio recorrido por un cuerpo y el tiempo empleado. Desde la época del Medioevo las matemáticas han tenido una importante influencia en la descripción del mundo. En la traducción de los Elementos de Euclides, se ve cómo el tratamiento del movimiento es de carácter geométrico y que su sustento operativo es la noción de proporcionalidad (Martínez, 2002). En lo anterior también se centró el trabajo de Galileo. Ahora bien, empezaremos a discernir sus aportes y, a describir por medio de diferentes representaciones lo que implica explicar las relaciones que se establecen entre las magnitudes para, de esta manera, llevar a cabo un proceso de formalización en torno al fenómeno del movimiento. Centraremos nuestro ejercicio en la Tercera Jornada donde Galileo da forma a sus observaciones y consideraciones sobre el movimiento uniforme de los cuerpos en una definición, cuatro axiomas, dos teoremas y un corolario, realizando un análisis geométrico, mostrando, además, que no es tan obvia esa relación que se le da a las magnitudes distancia, tiempo y velocidad en la enseñanza de la física en los primeros años.

Finalmente, se profundizará sobre el ejercicio de formalización del movimiento realizado por Galileo con el objetivo de destacar importantes elementos dentro de éste.

Galileo expone que por movimiento uniforme se entiende aquel en el cual los espacios recorridos por un móvil en tiempos iguales o cualesquiera, son iguales entre sí. En esta definición es importante recalcar la importancia del término “cualquiera”. Por un lado, puede suceder que un móvil recorra espacios iguales en tiempos iguales, pero también, que distancias recorridas en fracciones de

tiempos más pequeños pueden no ser iguales, aunque lo sean dichos intervalos de tiempo. De lo anterior siguen cuatro axiomas, los cuales se analizarán con mayor detalle a continuación⁵:

Axioma I. En el caso de uno y el mismo movimiento uniforme el espacio recorrido en un tiempo mayor es mayor que el espacio recorrido durante un intervalo de tiempo menor. (Galilei, 1638, pp.267)



Figura No. 13 Relación entre espacios.
Fuente: Galilei (año) p.267

Analizando este axioma, lo que nos quiere decir es que: Supongamos " t_{AB} " como el tiempo empleado en recorrer el espacio \overline{AB} (Figura 13). y, " t_{CD} " el tiempo en recorrer el espacio \overline{CD} . Como $t_{CD} > t_{AB}$ entonces, $\overline{CD} > \overline{AB}$.

Hoy en día este tipo de relaciones pueden ser fáciles de entender y, en algunos casos, pueden parecer obvias, pero, en la época de Galileo no lo eran. Vemos poco a poco como trata de construir algunas magnitudes estableciendo inicialmente algunas relaciones entre longitudes para hablar de espacios recorridos y establecer relaciones al tiempo entre ellas dos, diciendo que $\overline{CD} > \overline{AB}$., estableciendo además una relación de orden.

Axioma II. En el caso de uno y el mismo movimiento uniforme, el tiempo durante el cual se recorre un espacio mayor es también mayor que el tiempo empleado para recorrer un espacio menor (Galilei, 1638, pp.267).

Apoyándonos también en la figura anterior, este axioma lo que nos expresa es que: como, el segmento \overline{CD} es mayor que el segmento \overline{AB} entonces, el tiempo empleado en recorrer \overline{CD} será mayor que el que empleará en recorrer el segmento \overline{AB} , $t_{CD} > t_{AB}$. En este axioma Galileo establece una relación de orden entre los tiempos empleados en recorrer diferentes espacios.

⁵ A partir de aquí se dialogará con los axiomas y teoremas expuestos por Galileo los cuales se muestran, en otro color y enmarcados en recuadros. Seguido a ellos, se muestra mi interpretación y análisis, con mi terminología además de, una nueva forma de verlos y explicarlos.

Hasta el momento notamos como Galileo establece relaciones de orden entre dos magnitudes, siendo esto un aspecto muy importante a tomar en cuenta, en el primer axioma lo hace entre los espacios recorridos mientras que, en el segundo, lo hace con respecto a los tiempos empleados.

Antes de continuar con el análisis de los dos últimos axiomas es importante mencionar lo que Galileo consideraba como velocidad, ya que, los siguientes axiomas hacen referencia a dicha magnitud. Actualmente, la velocidad es considerada como una magnitud que establece una relación entre el espacio recorrido por un móvil y el tiempo empleado en hacerlo. Para Galileo no significaba lo mismo. En dicha época, la velocidad era considerada como una cualidad totalmente diferente a la cualidad de extensión, por lo que no era posible representar la rapidez con la longitud de una recta. Sin embargo, Galileo presenta una interpretación totalmente nueva, ésta sería una magnitud “intensiva”, donde la representación e interpretación geométrica le daba sentido, era considerada como una magnitud que aumentaba o disminuía acorde al movimiento de los cuerpos. Para hablar de velocidad Galileo establecía comparaciones y relaciones entre dos magnitudes involucradas en éste, es decir, se afirmaba que “es más rápido el que recorre más espacios en el mismo tiempo, o, es más rápido aquel que recorre el mismo espacio en menos tiempo”. (Sellés, 2006 p.129).

En el estudio del movimiento, Galileo introduce el término de velocidad en los axiomas III y IV empezando a construir de esta manera el concepto de dicha magnitud.

Axioma III. El espacio recorrido en un tiempo dado a mayor velocidad es mayor que el espacio recorrido, en el mismo tiempo, a menor velocidad (Galilei 1638, pp.268).

Tomando en cuenta que Galileo hasta el momento nos ha hablado del movimiento uniforme, ya que, no habla del cambio de velocidad que puede darse en un mismo cuerpo; en los dos primeros axiomas se infiere que habla de un mismo cuerpo en movimiento mientras que, a partir de éste, es interesante hacer notar el ejercicio que hace ya que, se intuye la necesidad de considerar cuerpos moviéndose a velocidades diferentes, analizando qué pasa con los espacios recorridos por éstos en un mismo intervalo de tiempo.

Además, sin profundizar ahora en la definición de velocidad, podemos hablar de ella en forma cualitativa, como lo hemos venido haciendo, como la cualidad que define “qué tan rápido” o “qué tan lento” se desplaza un cuerpo. Ahora bien, si el cuerpo se desplaza “rápido” en un mismo tiempo recorrerá mayor espacio que, si en ese mismo tiempo, se moviera “lento”.

Axioma IV. La velocidad con la que se recorre en un tiempo dado un espacio mayor, es mayor, a su vez, que aquella con la que se recorre, en el mismo tiempo, un espacio menor. (Galilei. 1638, pp.268).

En este Galileo establece una relación de orden entre las velocidades de los cuerpos al recorrer diferentes espacios en iguales intervalos de tiempo. Nos expresa que, en tiempos iguales, y, siendo $\overline{CD} > \overline{AB}$ la velocidad con la que recorre \overline{CD} será mayor a la velocidad con la que recorre el espacio \overline{AB} , es decir, $V_{CD} > V_{AB}$.

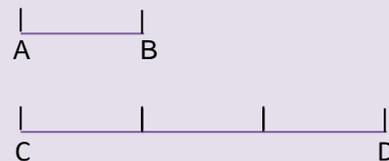


Figura No.14. Relación entre velocidades
Fuente: Galilei (1638) p.267

Para concluir, notamos cómo Galileo en los axiomas III y IV establece relaciones de orden entre los espacios recorridos y las velocidades de los cuerpos en movimiento. En el III axioma establece la relación entre los espacios recorridos en un mismo tiempo mientras que, en el IV establece relaciones de orden entre las velocidades con las que recorrió dichos espacios.

Teorema I. Proposición I.

Si un móvil dotado de movimiento uniforme recorre dos espacios a la misma velocidad, los tiempos invertidos tendrán entre sí la misma proporción que los espacios recorridos.

(Galilei, 1638, pp.268).

En este teorema, Galileo expone que un cuerpo en movimiento que recorre dos espacios, a la misma velocidad, si esos dos espacios guardan la misma proporción con el tiempo, entonces el movimiento del cuerpo es uniforme.

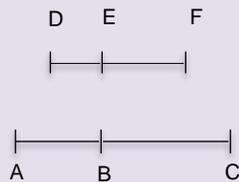


Figura No.15. Construcción Teorema I
Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, para demostrar esto, Galileo se apoya inicialmente en una representación geométrica de segmentos, considerando a los segmentos \overline{AB} y a \overline{BC} , no necesariamente iguales entre ellos, como los espacios recorridos y, los segmentos \overline{DE} y \overline{EF} (no necesariamente iguales entre ellos) como los tiempos empleados para recorrerlos respectivamente.

Los aportes de Euclides y luego los de los pensadores del Medioevo, sirvieron para que Galileo utilizara la idea de proporciones como herramienta para abordar el movimiento de los cuerpos. Euclides, en su obra Elementos, estableció que sólo se pueden plantear proporciones entre dos cantidades del mismo tipo. Además, habló de proporcionalidad entre dos líneas y, para que ésta tuviera sentido, se debían plantear comparaciones entre magnitudes de la misma naturaleza (Martínez,2002). Es por esto que Galileo construye dos segmentos de línea diferentes representando en cada uno de ellos diferentes magnitudes, en uno \overline{AC} el espacio y en otro \overline{DF} , el tiempo.

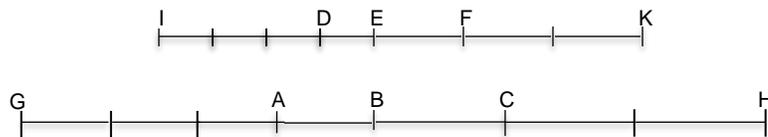


Figura No.16. Construcción Teorema I
Fuente: Elaboración propia.

Con base en la construcción de Galileo, en el segmento del espacio, trazamos a partir del punto A y hacia la izquierda varios segmentos iguales a \overline{AB} y en el segmento del tiempo, trazamos a partir del punto E y en el mismo sentido, la misma cantidad de segmentos, pero, iguales a \overline{DE} obteniendo múltiplos de \overline{AB} y \overline{DE} en cada uno de los segmentos. Seguidamente, en el segmento del espacio y a partir del punto C y hacia la derecha trazamos varios segmentos iguales a \overline{BC} y en el segmento del tiempo, trazamos a partir del punto F y en el mismo sentido, la misma cantidad de segmentos, pero iguales a \overline{EF} , obteniendo de la misma manera múltiplos de \overline{BC} y \overline{EF} , representados en la figura 16. De lo anterior vemos que, como \overline{DE} es el tiempo que emplea en recorrer el segmento \overline{AB} entonces \overline{EI} será el tiempo empleado en recorrer el espacio \overline{BG} . Análogamente el tiempo \overline{EK} será el necesario en recorrer \overline{BH} .

Tomando en consideración que utilizamos múltiplos cualesquiera para obtener los segmentos de espacio y tiempo y los axiomas de los cuales parte Galileo para construir y demostrar este teorema:

$$\text{Si } \overline{GB} = \overline{BH} \text{ entonces } \overline{IE} = \overline{EK}$$

$$\text{Si } \overline{GB} > \overline{BH} \text{ entonces } \overline{IE} > \overline{EK}$$

$$\text{Si } \overline{GB} < \overline{BH} \text{ entonces } \overline{IE} < \overline{EK}$$

Haciendo relaciones entre magnitudes diferentes y, considerando al movimiento de los cuerpos como uniforme, se dan las siguientes proporciones:

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{BG}} = \frac{\overline{DE}}{\overline{EI}} \text{ y, además, } \frac{\overline{BC}}{\overline{BH}} = \frac{\overline{EF}}{\overline{EK}}$$

Ahora bien, por suma de segmentos tenemos que:

$$\overline{AC} = \overline{AB} + \overline{BC} \text{ y } \overline{DF} = \overline{DE} + \overline{EF}$$

siendo \overline{DF} el tiempo necesario para recorrer el espacio \overline{AC} . Con lo anterior, se dan las siguientes proporciones:

$$\frac{\overline{AC}}{\overline{DF}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{DE}} = \frac{\overline{BC}}{\overline{EF}}$$

Del planteamiento anterior se obtiene:

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{BC}} = \frac{\overline{DE}}{\overline{EF}}$$

Siendo ésta última, lo planteado por Galilei en el teorema.

Se establece una proporción entre espacios y tiempos para un movimiento uniforme.

Podemos dar cuenta con el ejercicio realizado por Galileo en este teorema y, además con el realizado a nivel personal, como a través de proporciones y relaciones de orden entre magnitudes de la misma clase, como espacios o tiempos representados por segmentos, se está haciendo un proceso de formalización, el cual, como analizamos en el capítulo anterior puede darse, por un lado, organizando las ideas que se tienen en torno a un fenómeno, dadas las experiencias con el mismo, expresándolo a través del lenguaje, y, por otro lado, al realizar la geometrización del movimiento, obteniendo algunas relaciones entre variables es también una forma de construir la posibilidad de formalizarlo.

Teorema II. Proposición II.

Si un móvil recorre dos espacios en el mismo intervalo de tiempo, tales espacios tendrán entre sí la misma proporción que la que se da entre las velocidades. Y si los espacios están entre sí en la misma proporción que las velocidades, entonces los tiempos serán iguales. (Galilei 1638, pp.268).

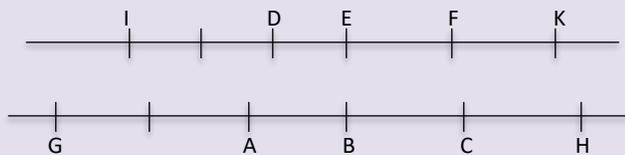


Figura No. 17. Demostración Teorema II.
Fuente: Elaboración propia.

Es importante para el análisis de este teorema, por un lado, tener presente los axiomas III y IV explicados anteriormente y por otro, que en el segmento \overline{IK} se representan ahora las velocidades del cuerpo y en el segmento \overline{GH} los espacios recorridos por el móvil. De acuerdo a lo anterior, la velocidad es considerada como una magnitud que no sólo describe la cualidad del cuerpo, sino que es continúa representándose en una línea recta, dividiéndose en diferentes espacios.

Realizando el mismo ejercicio de análisis del Teorema I, pero considerando ahora que los espacios \overline{AB} y \overline{BC} son atravesados en el mismo intervalo de tiempo con las velocidades \overline{DE} y \overline{EF} respectivamente, podemos afirmar que:

$$\frac{\overline{AB}}{\overline{BC}} = \frac{\overline{DE}}{\overline{EF}}$$

quedando así demostrado este teorema.

Si bien Galileo trabaja aplicando la misma lógica para estos dos primeros teoremas, es importante hacer notar que ninguna proporción entre espacio, tiempo y velocidad está dada. Es necesario explicar y deducir cada una de éstas, en el primer teorema lo hace con respecto a las magnitudes espacio y tiempo y, en el segundo, lo hace con respecto a las magnitudes espacio y velocidad. Ahora, en el tercer Teorema, analizaremos las reflexiones de Galileo y explicaremos las relaciones de orden halladas entre las magnitudes velocidad y tiempo.

Teorema III. Proposición III.

Si la misma distancia es recorrida con velocidades desiguales, entonces los intervalos de tiempo de los móviles son inversamente proporcionales a sus velocidades. (Galilei 1638, pp.268).

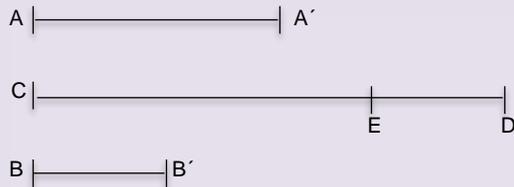


Figura No. 18. Teorema III
Fuente: Elaboración propia.

Para demostrar este teorema Galileo recurre una vez más a la representación gráfica de segmentos. En la figura X los segmentos $\overline{AA'}$ y $\overline{BB'}$ representan a dos velocidades cualesquiera, V_A y V_B respectivamente, considerando $V_A \neq V_B$ y $V_A > V_B$ y, el

segmento \overline{CD} representa un espacio dado.

Galileo analizó, por un lado, cómo un *mismo espacio* era recorrido a dos velocidades distintas en tiempos distintos obteniendo relaciones entre éstos y por otro, relacionó cómo en un *mismo tiempo* un cuerpo empleaba diferentes velocidades para recorrer diferentes espacios.

Ahora bien, considerando t_A como el tiempo necesario para recorrer el segmento \overline{CD} a la velocidad V_A y t_B el tiempo requerido para recorrer el *mismo segmento* a la velocidad V_B , tenemos que:

$$\frac{t_A}{t_B} = \frac{V_B}{V_A} \text{ (I)}$$

Por otro lado, suponiendo que el segmento \overline{CD} se recorre a la velocidad V_A y que el segmento \overline{CE} se recorre a la velocidad V_B , podemos afirmar que:

$$\frac{\overline{CD}}{\overline{CE}} = \frac{V_A}{V_B} \text{ (II)}$$

Además, entre los dos movimientos a V_A y V_B se guarda la siguiente relación:

$$\frac{t_A}{t_B} = \frac{\overline{CE}}{\overline{CD}} \quad (\text{III})$$

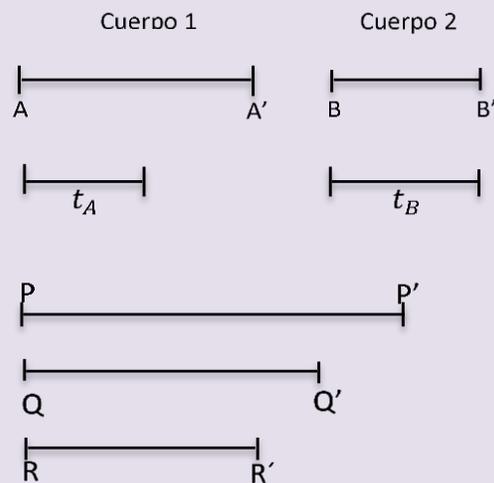
Tomando las proporciones (I) y (III), obtenemos:

$$\frac{t_A}{t_B} = \frac{V_B}{V_A} = \frac{\overline{CE}}{\overline{CD}}$$

Notándose, cómo en ésta última proporción los intervalos de tiempo empleados por los móviles son inversamente proporcionales a las velocidades empleadas, siendo esto lo que Galileo demostró.

Hasta este punto Galileo ha acudido a la proporción geométrica entre espacios y tiempo y le ha asignado a la velocidad la posibilidad de representarse también como una recta y establecer este tipo de proporción con el espacio y con el tiempo. Una vez se identifica el vínculo de estas tres magnitudes Galileo establece una proporción compuesta con estas.

***Teorema IV. Proposición IV.** Si dos cuerpos se mueven a una velocidad uniforme, pero a diferente velocidad, las distancias por ellos recorridas en tiempos desiguales están, entre sí, en una proporción compuesta por las proporciones entre las velocidades y las proporciones entre los tiempos. (Galilei, 1638 pp.271).*



Es importante recalcar que en este teorema son dos cuerpos “Cuerpo 1” y “Cuerpo 2” los que están en movimiento desplazándose a velocidades constantes. Para demostrar este teorema, una vez más nos apoyaremos en la representación gráfica de segmentos. Por un lado, los segmentos $\overline{AA'}$ y $\overline{BB'}$ representan las velocidades V_A y V_B de los cuerpos 1 y 2, respectivamente, siendo $V_A \neq V_B$ y, los segmentos t_A y t_B son los tiempos empleados por los cuerpos 1 y 2 respectivamente para cubrir los segmentos $\overline{PP'}$ y $\overline{QQ'}$, siendo éstos las distancias recorridas.

De lo anterior, tenemos que:

$$\frac{\overline{PP'}}{\overline{RR'}} = \frac{V_A}{V_B} \quad \text{y} \quad \frac{t_A}{t_B} = \frac{\overline{RR'}}{\overline{QQ'}}$$

Donde, el segmento $\overline{RR'}$ es la distancia recorrida por el cuerpo 2 en el mismo tiempo en que el cuerpo 1 recorre $\overline{PP'}$. Con lo anterior podemos afirmar también que $\overline{QQ'}$ será la distancia recorrida por el cuerpo 2 durante el tiempo t_B a V_B .

De lo anterior tenemos que:

$$\overline{RR'} = \overline{PP'} \cdot \frac{V_B}{V_A} \quad \text{y} \quad \overline{RR'} = \overline{QQ'} \cdot \frac{t_A}{t_B}$$

Finalmente,

$$\frac{V_B}{V_A} \cdot \overline{PP'} = \overline{QQ'} \cdot \frac{t_A}{t_B} \quad \rightarrow \quad \frac{\overline{PP'}}{\overline{QQ'}} = \frac{V_A}{V_B} \cdot \frac{t_A}{t_B}$$

Con este teorema, observamos nuevamente como Galileo, realiza un importante aporte relacionando, utilizando nuevamente la geometrización del movimiento, tres magnitudes: espacio, velocidad y tiempo construyendo así un vínculo importante entre las tres magnitudes mencionadas hallado, entre

ellas, una proporción compuesta. Esto constituye como fue explicado con anterioridad, un proceso de formalización.

Ahora bien, para finalizar este primer análisis sobre el movimiento uniforme realizado por Galileo, pasaremos a interpretar y a construir una nueva forma de ver las relaciones, esta vez inversas entre algunas de ellas, que estableció entre velocidades, espacios y tiempos empleados por dos cuerpos en movimiento con velocidades uniformes.

Teorema V. Proposición V. Si dos cuerpos se mueven con movimiento uniforme, pero sus velocidades son distintas, así como también las distancias recorridas, entonces la proporción entre los tiempos será el resultado de la proporción entre sus distancias por la razón inversa de sus velocidades (Galileo 1638, pp.272).

Para demostrar este teorema el análisis es muy similar al teorema anterior. Partiendo de la última proporción hallada, tenemos que:

$$\frac{V_B}{V_A} \cdot PP' = QQ' \cdot \frac{t_A}{t_B}$$

De donde obtenemos:

$$\frac{t_A}{t_B} = \frac{d_1}{d_2} \cdot \frac{V_B}{V_A}$$

Teorema VI. Proposición VI. Si dos cuerpos se mueven con movimiento uniforme, la proporción de sus velocidades será la compuesta por el producto de la proporción de las distancias recorridas por la proporción de los tiempos tomados inversamente. (Galileo 1638, pp.274).

El procedimiento para analizar y demostrar este teorema fue muy similar al planteado en el teorema IV. Partiendo de la última proporción hallada, tenemos que:

$$\frac{V_B}{V_A} \cdot PP' = QQ' \cdot \frac{t_A}{t_B}$$

De donde obtenemos:

$$\frac{PP'}{QQ'} \cdot \frac{t_B}{t_A} = \frac{V_A}{V_B}$$

Con todo lo anterior expuesto, lo cual corresponde al análisis e interpretación de los primeros seis teoremas, correspondientes al *movimiento uniforme* realizado por Galileo Galilei en la Tercera Jornada, podemos observar cómo él basándose únicamente en la teoría de proporciones nos ofrece una nueva forma de ver, pensar y hablar, en un lenguaje geométrico, de un fenómeno. Además, nos permite, por un lado, con este ejercicio, ver cómo la velocidad de un móvil es proporcional al espacio recorrido e inversamente proporcional al tiempo empleado, aspecto que, dentro del aula de clases se da por hecho o definido en la enseñanza del movimiento, sin realizar un análisis de su origen con nuestros estudiantes, se pasa por alto el ejercicio de formalización que está allí implicado. Por otro lado, nos invita a abstraer elementos importantes de su experiencia, con su lenguaje, para mostrarnos una nueva forma de llevar a cabo el proceso de formalización.

Sobre el movimiento acelerado.

Hasta el momento hemos hecho un análisis, una reflexión e interpretación en torno al movimiento uniforme de los cuerpos y, las relaciones que se dan entre las magnitudes espacio, velocidad y tiempo, planteados por Galileo.

Continuaremos con este ejercicio, pero ahora en el apartado de la Tercera Jornada en la cual, Galileo analiza y discute sobre el movimiento acelerado de los cuerpos. Ahora, debemos analizar también con detalle algunos otros aspectos como la continuidad del movimiento, los tipos de movimientos que se presentan en un intervalo de tiempo o, la mezcla de movimientos.

Para Galileo el movimiento acelerado es aquel tipo de movimiento presente en la naturaleza, desde cuerpos que descienden sobre planos inclinados hasta cuerpos que caen en caída libre, siendo éste un movimiento en el cual, un cuerpo que cae desde el reposo adquiere en tiempos iguales, iguales incrementos de velocidad, es decir, este apartado contiene discusiones sobre el principio según el cual la velocidad del cuerpo es proporcional al tiempo (Azcárate, 1984). Consta de 38 proposiciones compuestas entre teoremas, corolarios y lemas de los cuales, analizaremos únicamente los primeros. La trascendencia de éstos se debe al análisis realizado y a las relaciones halladas entre dos magnitudes básicas: espacio y tiempo para un movimiento no uniforme (Azcárate, 1984), las cuales no son tan intuitivas como las del movimiento uniforme, por lo que el ejercicio de formalización realizado por Galileo es interesante.

Teorema I, Proposición I.

El tiempo en el cual un espacio dado es recorrido por un móvil que parte del reposo con movimiento uniformemente acelerado, es igual al tiempo en el que aquel mismo espacio habría sido recorrido por el mismo móvil con un movimiento uniforme cuyo grado de velocidad fuese la mitad del grado de velocidad máximo alcanzado al final del movimiento uniformemente acelerado precedente. (Galilei, 1638 pp.292)

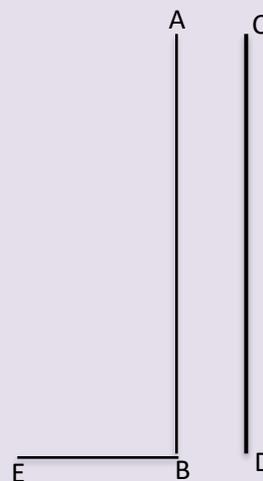


Figura No. 19. Construcción demostración Teorema I.

Fuente: Elaboración propia.

En este teorema se plantea principalmente la equivalencia entre un movimiento acelerado y otro uniforme. Se afirma que el tiempo que emplea un móvil en recorrer un espacio, partiendo del reposo y, en movimiento acelerado, es igual al tiempo que emplea el mismo móvil en recorrer con movimiento uniforme el mismo espacio, tal que su velocidad fuese la mitad del grado de velocidad máxima alcanzada por el móvil en movimiento acelerado.

Para demostrar este teorema, nos apoyaremos en la representación gráfica de la figura 20. Por un lado, partimos de los segmentos \overline{CD} y \overline{AB} en los cuales se representa el espacio recorrido por el móvil, partiendo del reposo en el punto C, y el tiempo en recorrerlo respectivamente. Por otro lado, el segmento \overline{EB} representa el grado máximo de velocidad alcanzado por el móvil en el tiempo.

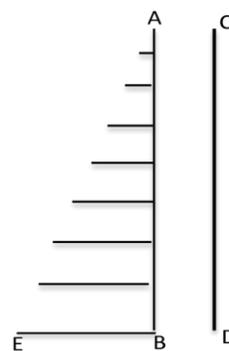


Figura No. 20. Construcción demostración Teorema I.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, trazamos a partir del punto A varios segmentos equidistantes entre si paralelos a \overline{EB} los cuales representan los infinitos y crecientes grados de velocidad adquiridos sucesivamente por el móvil en el tiempo \overline{AB} (Figura 20).

Ahora, se traza el segmento $\overline{GF} \parallel \overline{AB}$ por el punto medio F del segmento \overline{EB} y luego, se unen los puntos A y G y, A y E, siendo además el punto I, el punto I la intersección de los segmentos \overline{AE} y \overline{GF} (Figura 21), formándose de esta manera el paralelogramo AGFB cuya área es equivalente a la del triángulo ΔAEB . Lo anterior debido a que los triángulos ΔAGI y ΔIEF son semejantes por tener dos lados iguales ($\overline{AG} = \overline{EF}$ y $\overline{AI} = \overline{IE}$) y el ángulo interno entre ellos igual ($\widehat{GAI} = \widehat{IEF}$ por ser alternos internos entre paralelas).

Prolongando las paralelas del paralelogramo AGFB hasta el segmento \overline{IG} se tiene que, las paralelas trazadas en el triángulo ΔAGI serán aquellas contenidas en el triángulo ΔIEF .

Con todo lo anterior podemos observar, por un lado, que las paralelas trazadas en el triángulo ΔAEB corresponden a todos los instantes de tiempo del segmento \overline{AB} en los cuales la velocidad aumenta, por otro, que las paralelas trazadas en el paralelogramo AGFB corresponden a las velocidades iguales, es decir, no aumentadas. Es decir, podemos observar que a medida que transcurre el tiempo, tenemos un

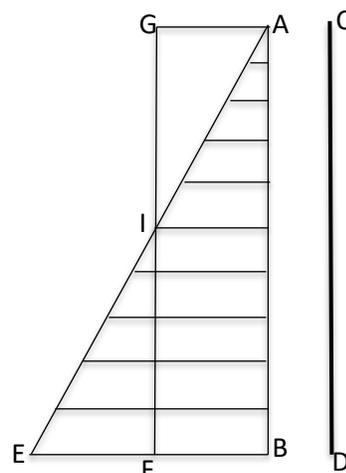


Figura No.21. Construcción demostración teorema I.

Fuente: Elaboración propia.

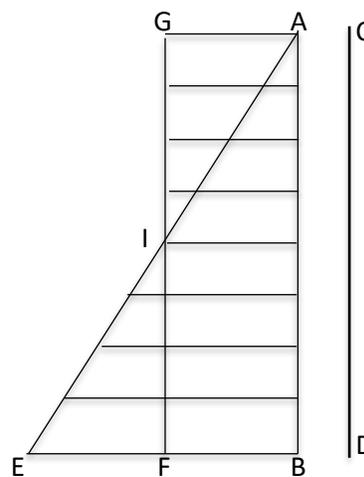


Figura No. 22. Construcción demostración teorema I.

Fuente: Galileo 1638 pp.292.

movimiento acelerado (según las paralelas crecientes en el triángulo ΔAEB) como un movimiento uniforme (en el paralelogramo $AGFB$). Por consiguiente, es evidente que, en un mismo tiempo \overline{AB} , el espacio recorrido por dos móviles, uno moviéndose con movimiento acelerado desde el reposo y, el otro moviéndose con movimiento uniforme con la mitad de la velocidad máxima (del movimiento acelerado) es el mismo.

Considero muy importante y realmente significativo el ejercicio anterior realizado. Galileo muestra en la Tercera Jornada sus observaciones, experiencias y análisis en torno a este teorema, las cuales, a modo personal, no resultan tan claras y obvias al leerlas. Identificar, interiorizar y explicar su construcción, es una nueva forma de ver su experiencia, la cual considero, es un proceso de formalización. En este, no sólo se reconoce y se caracteriza una estructura, sino que se organiza, generando así nuevos sentidos en torno al fenómeno en cuestión.

***Teorema II. Proposición II.** Si un móvil cae, partiendo del reposo, con un movimiento uniformemente acelerado, los espacios recorridos por él en cualquier tiempo que sea, están entre sí, como el cuadrado de la proporción entre los tiempos, o lo que es lo mismo, como los cuadrados de los tiempos. (Galilei 1638, pp. 294)*

Una vez establecida la equivalencia entre el movimiento uniforme y el movimiento uniformemente acelerado, Galileo demuestra la ley cuadrática recurriendo únicamente a algunas propiedades del movimiento uniforme y al cálculo de proporciones de Euclides. Para ello, trazaremos el segmento \overline{HI} el cual corresponde a la distancia recorrida por el móvil partiendo del reposo en el punto H, el segmento \overline{AB} al tiempo empleado por el móvil, representando además a lo largo de éste, varios intervalos \overline{AD} , \overline{AE} , \overline{AF}

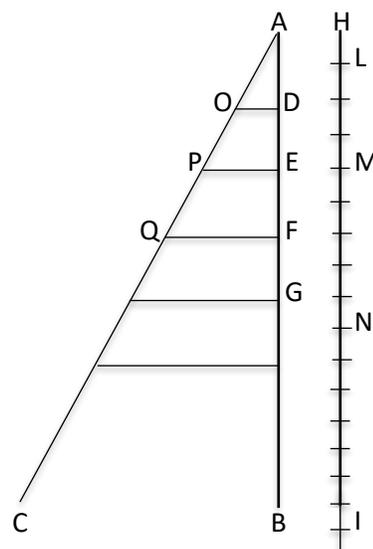


Figura No.23. Demostración teorema II.
Fuente: Galileo 1638 pp. 294

cualesquiera de tiempo, los cuales llamaremos t_{AD} , t_{AE} y t_{AF} respectivamente, y; los segmentos paralelos, \overline{DO} , \overline{EP} y \overline{FQ} las velocidades adquiridas por el móvil en los instantes D, E y F respectivamente.

Apoyándonos en el análisis y en la demostración del **Teorema I**, explicado anteriormente, tenemos que:

- El segmento \overline{HL} es el espacio recorrido por el móvil durante el intervalo de tiempo t_{AD} recorrido con una velocidad constante igual a $\frac{\overline{OD}}{2}$.
- El segmento \overline{HM} es el espacio recorrido por el móvil durante el intervalo de tiempo t_{AE} recorrido con una velocidad constante igual a $\frac{\overline{EP}}{2}$.

Igualmente, apoyándonos de lo analizado y demostrado en el **Teorema IV** del *movimiento uniforme*: “la proporción de espacios es una proporción compuesta por la proporción de las velocidades y la proporción de los tiempos”, tenemos que:

$$\frac{\overline{HL}}{\overline{HM}} = \frac{\frac{\overline{OD}}{2}}{\frac{\overline{EP}}{2}} \cdot \frac{t_{AD}}{t_{AE}} = \frac{t_{AD}}{t_{AE}} \cdot \frac{t_{AD}}{t_{AE}} = \frac{t_{AD}^2}{t_{AE}^2}$$

$$\frac{\overline{HL}}{\overline{HM}} = \frac{t_{AD}^2}{t_{AE}^2}$$

Demostrando con esto la ley cuadrática del movimiento acelerado en la cual se ve que el espacio recorrido por un móvil es proporcional al cuadrado del tiempo que emplee en recorrerlo.

En alguna oportunidad al estudiar, bien sea en el bachillerato o, en la universidad o, al enseñar; hemos tenido que acudir y relacionarnos con un libro de texto de física. En la mayoría de estos cuando vamos al capítulo de “Movimiento Uniformemente Acelerado (MUA)” una de las primeras cosas que se nos presentan y observamos son ecuaciones matemáticas. Como, por ejemplo: $V_f = V_o + at$ o, $\Delta d = V_o \cdot t + \frac{a \cdot t^2}{2}$ entre otras, que, al parecer, dan cuenta del fenómeno que ahí ocurre. ¿Qué significan cada una de ellas?; Al memorizarlas, ¿podemos dar cuenta que sabemos qué es y qué significa el movimiento acelerado?, ¿conocemos qué relaciones se establecen entre las variables que ahí se exponen? Aquí Galileo nos plantea la necesidad de partir de lo conocido, particularmente del movimiento uniforme, del significado de cada una de las magnitudes, para poner en el lenguaje de las proporciones, las relaciones que se establecen entre ellas. Es decir, nos plantea nuevamente la necesidad de comprender y organizar los nuevos eventos, generando con ellos nuevos sentidos para posteriormente, una vez interiorizados, establecer y plantear principios generales, que a su vez organicen un campo fenomenológico. Esto último es lo que se considera como la formalización matemática de las teorías físicas como se analizó en el capítulo anterior.

Finalmente, para terminar el análisis del movimiento acelerado realizado por Galileo, se acude a presentar un corolario en el cual establece ahora una relación entre magnitudes con otro elemento importante, conocido ya en el momento, la serie de los números impares.

***COROLARIO I.** Si desde el primer instante del movimiento se toman sucesivamente un número cualesquiera de tiempos iguales, AD, DE, EF, FG, en los cuales se recorran los espacios \overline{HL} , \overline{LM} , \overline{MN} y \overline{NI} respectivamente, esos espacios estarán entre sí como los números impares ab unitate; es decir, 1, 3, 5, 7: es ésta, efectivamente, la proporción entre los excesos de los cuadrados de las líneas que se sobrepasan igualmente y cuyo sobrante es igual a la más pequeña de ellas; es decir, entre los números cuadrados consecutivos ab unitate. Por lo tanto, cuando los grados de velocidad aumentan, en tiempos iguales, según la serie de los números naturales, los espacios recorridos, en los mismos tiempos, adquieren incrementos según la serie de los números impares ab unitate.*

Para demostrar esto, se traza inicialmente el segmento \overline{AI} el cual representará al tiempo empleado por un móvil, partiendo del punto A y luego, se divide dicho segmento en dos partes iguales en el punto C. Posteriormente, trazamos desde el punto A, con un ángulo cualquiera, una recta \overline{AP} y, desde el punto I, un segmento perpendicular a \overline{AI} cortando a la recta en el punto F.

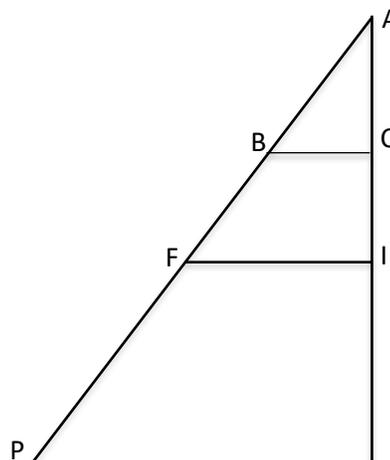


Figura No. 24. Construcción demostración Corolario I.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, trazamos una paralela al segmento \overline{IF} (el cual corresponde a la velocidad máxima adquirida por el móvil

en el segmento \overline{AI}) por el punto C, cortando a la recta \overline{AP} en el punto B, la cual, como en el caso anterior, corresponde a la velocidad máxima adquirida por el cuerpo, pero, en el segmento de tiempo \overline{AC} , formándose los triángulos $\triangle ABC$ y $\triangle AFI$.

Según lo anterior, junto con los análisis y demostraciones hechas hasta el momento, podemos afirmar que el espacio recorrido por el móvil que cae aumentando su velocidad será igual al espacio que recorrería el mismo móvil durante el mismo intervalo de tiempo con movimiento uniforme, en donde su velocidad, representada por el segmento \overline{EC} sería la mitad de \overline{BC} (Figura 25). Es evidente que, si el móvil continúa moviéndose con la misma velocidad \overline{BC} , sin aceleración, recorrería en el siguiente intervalo de tiempo \overline{CI} , un espacio equivalente al doble del recorrido en el intervalo \overline{AC} (como ya fue demostrado con anterioridad).

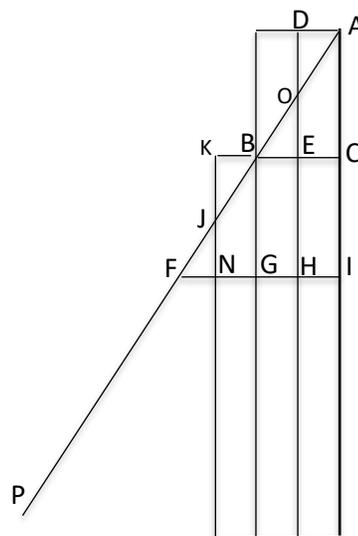


Figura No.25. Construcción demostración corolario I.
Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, seguiremos construyendo la figura para analizar el segmento recorrido en el tiempo \overline{CI} . Trazaremos un segmento \overline{BG} paralelo a \overline{DH} . Puesto que, la velocidad del móvil va aumentando en la misma proporción en el tiempo, en el tiempo \overline{CI} se añadirá a la velocidad \overline{BC} , los correspondientes incrementos de la misma según las paralelas en el triángulo $\triangle BFG$, igual al $\triangle ABC$. Por lo anterior, tenemos, por un lado, que la velocidad \overline{IG} será la mitad de la velocidad máxima \overline{IF} adquirida en el intervalo de tiempo \overline{CI} y, por otro lado, tenemos que, el espacio recorrido en este último segmento de tiempo es

el triple del recorrido en el segmento de tiempo \overline{AC} . Analizaremos esta última afirmación en el siguiente párrafo.

Consideremos el punto O como el punto de intersección de los segmentos \overline{DE} y \overline{AB} y, como se demostró anteriormente, que los triángulos $\triangle OBE$ y $\triangle OAD$ son semejantes. Esto nos ayuda a determinar que el área del triángulo $\triangle ABC$ es equivalente al área del rectángulo ADEC. Por lo anterior tenemos que, durante el intervalo de tiempo \overline{AC} el espacio recorrido por el móvil equivale al área del rectángulo ADEC de la figura 25. Ahora, realizando el mismo análisis, pero ahora en el intervalo de tiempo \overline{CI} , tenemos que, como el triángulo $\triangle JNF$ es semejante al $\triangle JBK$, el espacio recorrido por el cuerpo en dicho intervalo de tiempo corresponde al área del rectángulo CKNI.

Tenemos acá un punto importante para la demostración de este teorema, comparando los espacios recorridos por los cuerpos en los intervalos de tiempo \overline{AC} y \overline{CI} tenemos que, en el primero, el espacio corresponde al rectángulo ADEC mientras que, en el segundo, el espacio corresponde a tres rectángulos ADEC, es decir, podemos afirmar que el espacio recorrido en el intervalo de tiempo \overline{CI} es el triple del espacio recorrido en el segmento \overline{AC} .

Ahora, seguiremos con la construcción de la figura para analizar qué sucede con el espacio recorrido por el móvil en otro intervalo de tiempo. Tracemos entonces otro intervalo de tiempo \overline{IM} siendo $\overline{IM} = \overline{IC} = \overline{AC}$, formándose el triángulo $\triangle ATM$ y los triángulos $\triangle TLR$ y $\triangle LSF$ siendo los dos últimos semejantes. Por lo anterior, el espacio recorrido por el móvil en el intervalo de tiempo \overline{IM} corresponde al rectángulo ISRM el cual, como se analizó en el párrafo anterior, corresponde a cinco veces el espacio recorrido por el móvil en el intervalo \overline{AC} .

Podemos observar, luego del análisis realizado hasta el momento que, los espacios recorridos durante intervalos de tiempo iguales siguen la sucesión de los números impares 1 - 3 - 5 ... si siguiéramos con la construcción de la figura y su análisis, podríamos llegar a obtener un resultado similar a este:

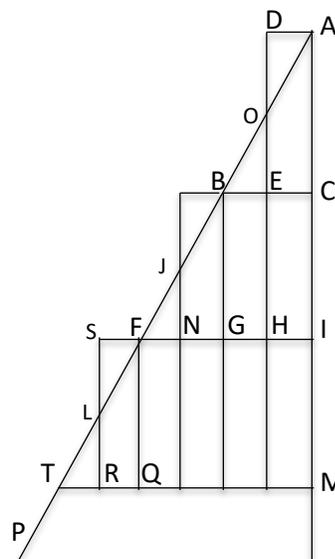


Figura No.26. Construcción demostración corolario I
Fuente: Elaboración propia.

\overline{AC}		t_{CI}		t_{IM}													
1													=	1	=	1 ²	Espacio total recorrido
1	+	3											=	4	=	2 ²	
1	+	3	+	5									=	9	=	3 ²	
1	+	3	+	5	+	7							=	16	=	4 ²	
1	+	3	+	5	+	7	+	9					=	25	=	5 ²	
1	+	3	+	5	+	7	+	9	+	11			=	36	=	6 ²	
1	+	3	+	5	+	7	+	9	+	11	+	13	=	49	=	7 ²	
Espacios recorridos en cada intervalo de tiempo																	

Tabla No.5. relación de espacios recorridos por un cuerpo con Movimiento acelerado uniforme en intervalos de tiempos iguales.

Fuente: Elaboración propia.

En consecuencia, con todo el análisis realizado podemos observar cómo los espacios recorridos en tiempos iguales por un móvil que, partiendo del reposo,

aumenta su velocidad en proporción al aumento del tiempo, están entre sí como los números impares 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 ...

Reflexiones de cierre de capítulo

Este es uno de los capítulos que considero más importante de mi trabajo. En él está plasmada mi experiencia con el movimiento de los cuerpos y su enseñanza, así como también con las cualidades necesarias para describirlo. Además, en donde se presenta un importante abordaje y análisis de lo realizado por el científico italiano Galileo Galilei en torno al fenómeno del movimiento.

Para construir una fenomenología requiere de la observación, organización, descripción, interpretación y explicación de lo que se percibe. Aspecto que, como lo hemos descrito, se logra desde la experiencia que tenemos con el movimiento, como a través del desarrollo de experimentos como lo hizo Galileo. El movimiento es un fenómeno cuando lo cuestionamos, cuando nos preguntamos por los aspectos que influyen e intervienen en él, cuando lo analizamos y describimos las cualidades que nos permiten hablar de él.

Con respecto a las descripciones que, a nivel personal, se realizaron en torno al fenómeno, se establece, por un lado, que, las cualidades fundamentales para poder hablar de él son, -el sistema de referencia y, -la velocidad del cuerpo. Por otro lado, que el proceso de formalización del movimiento se puede desarrollar de diferentes maneras, cada una válidas para hablar del fenómeno, siendo éstas modos de representar el movimiento a través del lenguaje escrito, verbal o gráfico. Así mismo, se constituye que abordar el concepto de velocidad en el aula de clases desde una perspectiva espacio – temporal conlleva a una dificultad en la comprensión de la magnitud ya que, los estudiantes la vinculan a su experiencia con movimientos rápidos o lentos y, con algunos números vinculados con esta cualidad; sin embargo, encuentran un salto cuando la velocidad es

presentada como una función continua dependiente del tiempo. Establecer un puente será trabajo del docente al proponer acciones para que los estudiantes realicen este tipo de formalización.

En este sentido, se encuentran varios elementos en la actividad de formalización que presenta Galileo en su Tercera Jornada. Realizando experiencias y observaciones detalladas de lo que ocurría, Galileo halló y demostró las relaciones que se dan entre las magnitudes en el movimiento uniforme y acelerado de los cuerpos en movimiento. Considero que los aportes más significativos de Galileo a la formalización del movimiento se encuentran, por un lado, en las relaciones establecidas al realizarlas, valiéndose de sus conocimientos sobre las proporciones y la geometrización euclidiana. Con esto Galileo organizó y construyó un lenguaje y, además una forma de explicar el movimiento de los cuerpos, tarea que tenemos los maestros al momento de abordar la cinemática.

Del análisis desarrollado se tiene que en la formalización se implica la construcción de:

- ☆ relaciones de orden entre magnitudes espacio y tiempo, asimismo relaciones de orden entre espacios y velocidades; construidas desde el análisis del movimiento de un cuerpo en distintos momentos, diferenciando estas magnitudes entre dos cuerpos con movimientos diferentes.

- ☆ La construcción de proporciones es parte de la formalización, previa al establecimiento de funciones $x(t)$ y $v(t)$. Es necesario establecer la proporcionalidad directa entre la velocidad y el espacio recorrido en el caso del movimiento uniforme. Mientras que será necesario construir para el caso del movimiento uniformemente acelerado que el aumento de la

velocidad de un cuerpo es proporcional al tiempo. Para esto, el trabajo con planos inclinados permite establecer que:

- ☆ los espacios recorridos por un cuerpo al descender sobre un plano inclinado son proporcionales al tiempo.
- ☆ la trayectoria de un cuerpo que cae por un plano inclinado luego de abandonarlo es una trayectoria semiparabólica.
- ☆ el alcance horizontal alcanzado por un cuerpo que cae por un plano inclinado al abandonarlo es proporcional a la velocidad con la que cae.
- ☆ el establecimiento de proporcionalidades, acudiendo a la representación geométrica utilizada por Galileo, no implica dejar de lado el carácter instantáneo de la velocidad. En cada punto de la trayectoria o, en cada instante de tiempo -representados por segmentos de recta que no importan su magnitud- Galileo asigna un valor de velocidad. Estas proporciones no implican la idea de velocidad como un cociente, sino que permite implicar la idea de velocidad en cada punto de la trayectoria.

Galileo es considerado uno de los científicos que más aportes significativos dejó, entre otras, a la física, razón por la cual, lo considero como uno de los referentes más importante para mi trabajo, lo que me lleva, además, a reconstruir algunas de sus experiencias en mi propuesta de aula, para la comprensión y construcción de magnitudes en torno al fenómeno del movimiento.

CAPÍTULO 4.

PROPUESTA DE AULA.

Con el análisis y desarrollo de los dos capítulos anteriores, se pueden extraer aspectos importantes que nosotros, los docentes de física, debemos tener presente continuamente en nuestra práctica para, de alguna manera, ofrecerles a nuestros estudiantes las posibilidades de comprender los fenómenos que se están estudiando y construir además nuevas formas de hablar de los mismos. Para este trabajo se constituyen en formas de criterios de orden epistemológicos, disciplinares y pedagógicos - didácticos, los cuales nos ayudarán a diseñar y formular la propuesta de aula, la cual se plantea más adelante.

Criterios de orden epistemológicos:

Actualmente considero que los estudiantes deben ser quienes, guiados por el docente, desarrollen las actividades propuestas en el aula. Dichas actividades deben ser diseñadas y planificadas por el docente, teniendo en cuenta la intencionalidad y los objetivos de enseñanza, así como también, las construcciones que desea que realicen sus estudiantes. Es por esto que, dichas actividades deben estar enfocadas en el *desarrollo colectivo de prácticas experimentales en el aula*. Se pretende que, a través de éstas, los estudiantes:

- ☆ Identifiquen lo que sucede a su alrededor.
- ☆ Problematicen y cuestionen el fenómeno de estudio.
- ☆ Identifiquen y establezcan relaciones entre las variables de estudio.
- ☆ Interpreten los resultados obtenidos en las experiencias.
- ☆ Asignen y expresen los significados que le otorguen a dichos resultados.

Lo anterior, constituye por un lado, desde mi punto de vista, ***la comprensión y la construcción de un campo fenomenológico***, el cual se logra, además a través de la observación detallada de lo que ocurre, la organización de lo que se percibe, el cuestionamiento constante acerca de lo que se observa y se piensa en torno al fenómeno de estudio, el análisis e interpretación de lo que acontece para posteriormente a través del lenguaje, construir formas personales, particulares, detalladas y organizadas de lo que se percibe.

Además, favorece el enriquecimiento de la experiencia en torno al fenómeno de estudio, lo cual se verá reflejado en las construcciones realizadas y a las nuevas formas de expresarlas. Por lo anterior, es importante además retomar la importancia de la relación y la estrecha ***conexión entre la experiencia, el lenguaje y el conocimiento*** en el proceso de aprendizaje de una ciencia. A partir del desarrollo de actividades experimentales y, con la conexión o diálogo que establecen los estudiantes con sus concepciones en torno al fenómeno, se originarán nuevas y organizadas estructuras las cuales darán cuenta por medio del lenguaje, de las construcciones que se hagan correspondientes al fenómeno de estudio.

Dichas construcciones, además, configuran lo que se conoce como ***el proceso de formalización***, el cual considero, además, que es un proceso mediante el cual el estudiante da cuenta de lo que sucede en torno al fenómeno estudiado, sus variables y las relaciones que se presentan entre ellas. Dicho proceso puede llevarse a cabo de diferentes maneras, así como tenemos diferentes estudiantes, con procesos y ritmos variados, así también ocurre el proceso de formalización en ellos. Para unos, la representación gráfica es una forma de formalización, para otros, es la palabra, para otros, el planteamiento de proporciones o relaciones entre variables, mientras que, para la mayoría, puede llegar a ser la expresión matemática involucrada en el fenómeno. Todas las anteriores son formas válidas de formalización, mediante las cuales los estudiantes demuestran la

construcción del conocimiento, siempre y cuando a cada una de ellas le atribuyan el significado que cada una tiene dentro del proceso de construcción de conocimiento.

Criterios de orden disciplinar:

Los criterios de orden disciplinar que se plantean a continuación son producto del diálogo, de la reflexión y del análisis efectuado en el tercer capítulo del trabajo, el cual corresponde a las experiencias desarrolladas por Galileo para explicar el fenómeno del movimiento de los cuerpos. Dichas experiencias nos dejan importantes aspectos a tomar en cuenta, resaltando en ellas, el ingenio, la imaginación, la abstracción y el esfuerzo realizado dada la época en la cual fueron desarrollados.

Lo esencial en el trabajo de Galilei fue:

La construcción de variables (espacio – tiempo y velocidad): el movimiento de los cuerpos parte de tres elementos fundamentales, inicialmente independientes entre sí, espacio, tiempo y velocidad. Identificarlos, reconocer sus cualidades y las maneras de representarlos constituye un aspecto importante para formalizar el movimiento de los cuerpos. Además, cuando se establecen vínculos entre ellos y, además, relaciones de orden, se construyen variables de estudio que darán cuenta de nuevas formas de ver y hablar del fenómeno del movimiento.

Relaciones entre variables: el ingenio de Galileo lo llevó a establecer relaciones de orden entre magnitudes analizándolas inicialmente en el movimiento de un cuerpo y, posteriormente, analizando la relación entre diferentes magnitudes, asimismo estableciendo comparaciones entre los cuerpos con movimientos diferentes. Con el desarrollo de experiencias, observando qué pasaba, estableciendo proporciones entre las variables, y, luego, sin alterar una y cambiando la otra, analizó los nuevos acontecimientos. A través de esto Galileo

estableció vínculos y relaciones de orden entre las variables para dar cuenta del movimiento de los cuerpos.

La proporcionalidad hallada entre la velocidad de un cuerpo y el tiempo para un movimiento no uniforme, la proporcionalidad entre los espacios recorridos por un cuerpo sobre un plano inclinado y el tiempo en recorrerlos, la conservación del movimiento horizontal del cuerpo después de abandonar el plano inclinado, la relación entre el alcance horizontal obtenido por un cuerpo que cae desde un plano inclinado y la velocidad con la cual lo hace, los vínculos hallados y las relaciones encontradas entre magnitudes, inicialmente entre los espacios recorridos por los móviles, entre los tiempos empleados y luego, entre las velocidades. Todas las relaciones anteriores dan cuenta del movimiento de los cuerpos y de las nuevas formas que se obtienen para hablar del mismo.

Formas de formalización del movimiento: El ingenio y la creatividad de Galileo le permitió abordar el movimiento de los cuerpos a través del planteamiento de proporciones y de la representación de segmentos, lo cual, además, le permitió identificar y establecer relaciones de orden entre las variables representadas, así como también predecir las formas de las trayectorias de los cuerpos al desplazarse por un plano y abandonarlo. Esto constituye una forma de formalización del movimiento.

Criterios de orden pedagógico – didácticos:

Actualmente el proceso de enseñanza y aprendizaje atraviesa grandes desafíos. Uno de ellos es replantear el papel que desempeña en el aula cada uno de los partícipes del proceso, Por un lado, ***el papel del estudiante dentro de su proceso de formación.*** Es por esto que, considero fundamental cederle el protagonismo en dicho proceso. Éste es quién debe de forma activa, gradual y conjunta construir su conocimiento. Activa, ya que debe alzar la voz en el aula de clases, es quién debe desarrollar las actividades propuestas dentro de la misma y,

expresar sus construcciones a través de diferentes formas del lenguaje. Gradual, porque es un proceso, y, como todo proceso, se debe dar por pasos y con un orden progresivo. Conjunta, ya que, considero fundamental el *trabajo colectivo dentro del aula* de clases, en donde tanto el docente como los estudiantes, propicien espacios de reflexión y sean partícipes entre sí, de la construcción del conocimiento.

Por otro lado, a lo largo del desarrollo del trabajo, se ha hecho énfasis tanto en *el papel del docente como guía del proceso de aprendizaje* de sus estudiantes, como en los intereses de los estudiantes para el aprendizaje de la física. Es por esto que al pensar en la enseñanza de esta ciencia se debe pensar en lo significativo que sea para los partícipes del proceso, las actividades que se desarrollen dentro del aula de clases, lo cual, como también se ha analizado, es tarea del docente al diseñarlas y planificarlas. Dichas actividades, además, deben propiciar el desarrollo de habilidades expresivas en los estudiantes a través de la socialización de las actividades desarrolladas en forma conjunta dentro del aula de clases.

DISEÑO DE PROPUESTA EN LA AULA

Tomando en cuenta la descripción de los criterios de orden epistémicos, disciplinares y pedagógicos – didácticos realizada, se ha diseñado una propuesta de intervención en el aula, con la cual, se busca la construcción colectiva de nuevas formas de hablar en torno al fenómeno del movimiento de los cuerpos, a través del desarrollo de ciertas actividades experimentales en el aula de clases en los cursos introductorios de física. Dichas actividades se deberán desarrollar en tres etapas, figura 27. En la primera, se propone que desarrollen actividades exploratorias, con las cuales, logren identificar los elementos y formas de representar al movimiento de los cuerpos, la segunda, en la cual se propone

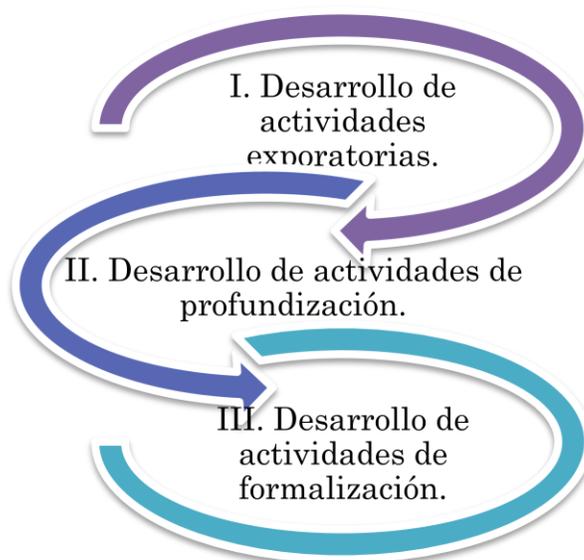


Figura No. 27. Etapas de desarrollo de la propuesta de aula.
Fuente: Elaboración propia.

desarrollar actividades de profundización acerca del fenómeno de estudio, donde los estudiantes, por un lado, enriquecerán las formas de hablar en torno al movimiento y, establecerán relaciones de orden entre las variables identificadas en el fenómeno. Por último, en la tercera etapa, se propone que desarrollen en el aula actividades de formalización, con las cuales los estudiantes representen y

formalicen esas nuevas formas de hablar del fenómeno del movimiento de los cuerpos.

A continuación se realizará con mayor detalle la descripción de cada una de las etapas de la propuesta.

Etapa I. Desarrollo de actividades exploratorias.

Esta es la etapa inicial de la propuesta de aula. Se han diseñado tres actividades exploratorias con las cuales se pretende que los estudiantes en grupo identifiquen los elementos fundamentales para hablar del movimiento de los cuerpos, la clasificación y la representación del movimiento de los cuerpos, el reconocimiento de las variables involucradas en el fenómeno y, la identificación de las posibles relaciones que se den entre ellas.

Etapa II. Desarrollo de actividades de profundización.

Se han diseñado y se proponen, para tener como referencia, cinco actividades de profundización. Con éstas se busca, por un lado, enriquecer las formas de hablar de los estudiantes con respecto al movimiento de los cuerpos, y por otro, propiciar la necesidad de construir relaciones de orden entre los espacios recorridos, los tiempos empleados, y, las velocidades de los cuerpos al comparar movimientos. En este sentido, se pretende vincular las maneras de hablar del movimiento con la construcción de la magnitud velocidad como variable fundamental para dar cuenta del movimiento de un cuerpo.

Etapa III. Desarrollo de actividades de formalización.

Finalmente, se diseñaron y se proponen, para tener como referencia, dos actividades de formalización para desarrollar en el aula de clases, con las cuales, se busca principalmente las nuevas formas de representar y de hablar de los estudiantes acerca del movimiento de los cuerpos, es decir, plantear y calcular

proporciones directas e inversas entre las magnitudes espacios, tiempo y velocidad para dar cuenta del movimiento de los cuerpos.

Por lo anterior y, además, tomando en consideración los criterios mencionados, se establecen los siguientes objetivos de enseñanza a tomar en cuenta en el diseño y planeación de la propuesta de aula, los cuales se detallan a continuación:

Objetivos de la propuesta de aula.

- ☆ Representar de diferentes formas, escritas o verbales, el movimiento de los cuerpos.
- ☆ Enriquecer las formas de hablar del fenómeno del movimiento.
- ☆ Reconocer las variables (espacio – tiempo - velocidad) involucradas en el movimiento de los cuerpos.
- ☆ Iniciar el proceso de construcción de la magnitud velocidad.
- ☆ Organizar el movimiento de los cuerpos en función de la velocidad de los mismos.
- ☆ Construir relaciones de orden entre las variables identificadas en el movimiento de los cuerpos.
- ☆ Plantear proporciones entre las magnitudes espacio – tiempo y velocidad para dar cuenta del movimiento de los cuerpos.
- ☆ Construir explicaciones o nuevas formas de hablar del fenómeno del movimiento.

En el diseño de cada una de las actividades propuestas, se tomaron en cuenta los criterios de orden epistémicos, disciplinares y pedagógico – didácticos, descritos anteriormente, los cuales se sintetizan a continuación en la siguiente tabla:

	Nombre de la actividad	Criterios Epistémicos	Criterios disciplinares	Criterios pedagógicos – didácticos.
Actividades exploratorias	¿Nos estamos moviendo?	Conexión entre la experiencia el lenguaje y el conocimiento.	Construcción de variables. Relación entre variables.	Papel del estudiante en su proceso de formación. Trabajo colectivo dentro del aula de clases. Papel del docente como guía del proceso de aprendizaje.
	¿Nos movemos siempre de la misma manera?			
	¿Quién es el más lento?		Construcción de variables. Relaciones entre variables.	

Tabla No.6. Criterios considerados en las actividades de aula Etapa I.

Fuente: Elaboración propia.

	Nombre de la actividad	Criterios epistémicos	Criterios disciplinares	Criterios pedagógicos – didácticos.
Actividades de profundización	¡Hablemos rápidamente!	Conexión entre la experiencia el lenguaje y el conocimiento.	Construcción de variables.	Papel del estudiante en su proceso de formación. Trabajo colectivo dentro del aula de clases. Papel del docente como guía del proceso de aprendizaje.
	¿Qué necesitamos para hablar del movimiento?	Conexión entre la experiencia el lenguaje y el conocimiento. Desarrollo colectivo de prácticas experimentales en el aula. Comprensión y construcción de un campo fenomenológico.	Relaciones entre variables.	
	¿Qué es la velocidad?	Conexión entre la experiencia el lenguaje y el conocimiento. Desarrollo colectivo de prácticas experimentales en el aula. Comprensión y construcción de un campo fenomenológico. El proceso de formalización.	Formas de formalización	

Tabla No.7. Criterios considerados en las actividades de aula Etapa II.

Fuente: Elaboración propia.

	Nombre de la actividad	Criterios Epistémicos	Criterios disciplinares	Criterios pedagógicos – didácticos.
Actividades de profundización	¿El ángulo de inclinación del plano influye en el alcance horizontal?	<p>Conexión entre la experiencia el lenguaje y el conocimiento.</p> <p>Desarrollo colectivo de prácticas experimentales en el aula.</p>	Relaciones entre variables.	<p>Papel del estudiante en su proceso de formación.</p> <p>Trabajo colectivo dentro del aula de clases.</p> <p>Papel del docente como guía del proceso de aprendizaje.</p>
	¿Desde dónde cae más rápido?	<p>Comprensión y construcción de un campo fenomenológico.</p> <p>El proceso de formalización.</p>	<p>Relaciones entre variables.</p> <p>Formas de formalización.</p>	

Tabla No.8. Continuación - Criterios considerados en las actividades de aula Etapa II.
Fuente: Elaboración propia.

	Nombre de la actividad	Criterios epistémicos	Criterios disciplinares	Criterios pedagógicos – didácticos.
Actividades de formalización.	¿Mientras más lejos, más rápido?	<p>Conexión entre la experiencia el lenguaje y el conocimiento.</p> <p>Desarrollo colectivo de prácticas experimentales en el aula.</p> <p>Comprensión y construcción de un campo fenomenológico.</p> <p>El proceso de formalización.</p>	<p>Relaciones entre variables.</p> <p>Formas de formalización.</p>	<p>Papel del estudiante en su proceso de formación.</p> <p>Trabajo colectivo dentro del aula de clases.</p> <p>Papel del docente como guía del proceso de aprendizaje.</p>
	¡Hablemos de movimiento!	<p>Conexión entre la experiencia el lenguaje y el conocimiento.</p> <p>El proceso de formalización.</p>	<p>Construcción de variables.</p> <p>Relaciones entre variables.</p> <p>Formas de formalización.</p>	

Tabla No.9. Criterios considerados en las actividades de aula Etapa III.
Fuente: Elaboración propia.

Como estrategia pedagógica para el desarrollo de las actividades planteadas, se propone el desarrollo de talleres en el aula de clases. Según Piaget (1984), el taller es una forma de trabajar en el aula, en donde lo fundamental es el hacer significativo, individual y colectivo del estudiante. Asimismo, como lo afirma Gallego (1992), el estudiante considera que el taller es un espacio de transformación intelectual, en donde, con la orientación del docente y, a partir del trabajo individual y colectivo (maestro, compañeros, actividades, lecturas, textos y desarrollo de actividades), confrontación de ideas y análisis crítico de situaciones, se aprende. Por lo anterior, se sugiere que los talleres que se proponen aquí partan de las discusiones colectivas y el intercambio de ideas, que posibiliten que los estudiantes construyan sus explicaciones ya que, éstos propician los espacios para ello.

En general, se piensa que con las actividades a desarrollar los estudiantes observen, describan, analicen, discutan, expliquen, argumenten y, sustenten o refuten, diferentes situaciones, lecturas, gráficos, enunciados, problemas de la vida cotidiana en torno al fenómeno del movimiento para que construya nuevas formas de hablar de éste.

Finalmente, se presentan y se detallan a continuación cada una de las actividades propuestas con sus respectivos objetivos.

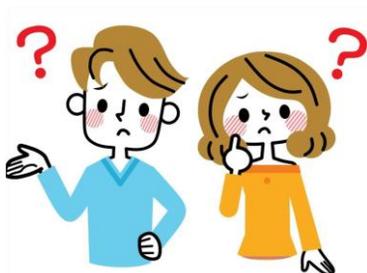
Actividades Exploratorias:

Actividad Exploratoria No.1

Objetivos:

- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Identificar el sistema de referencia para hablar del movimiento de los cuerpos.

¿Nos estamos moviendo?



Recuperado de:
<https://images.app.goo.gl/puQPZ3ZshqZtLYZz7>

En la vida cotidiana estamos inmersos en muchas situaciones, caminamos, corremos, saltamos, bailamos, damos vueltas... ¿Nos estamos moviendo? ¿Cómo podemos asegurar que nos estamos moviendo?

La siguiente actividad nos ayudará a identificar ciertos elementos importantes para poder hablar del movimiento de los cuerpos.

Para comenzar
reúnete con dos o
tres compañeros.

¿Listos para
comenzar?

Se te presenta a continuación una situación en particular. Obsérvala detalladamente con tus compañeros, lee la situación que se plantea y luego discute con ellos:



Recuperado de: <https://www.dinero.com/edicion-impresa/pais/articulo/el-plan-de-transmilenio-para-mejorar-su-servicio/256347>

Diego está caminando hacia la estación para tomar un Transmilenio. Victoria va en uno de ellos dirigiéndose hacia su destino sentada al lado de varias personas.

Discusión:

- ☆ Según la situación planteada, ¿Diego está en movimiento? Explica y argumenta tu respuesta.
- ☆ Según la situación planteada, ¿Victoria está en movimiento? Explica y argumenta tu respuesta.
- ☆ ¿Podría estar Diego y Victoria en movimiento y en reposo al mismo tiempo?
- ☆ Según las dos respuestas anteriores, ¿Cuáles creen que son los elementos principales a destacar para hablar del movimiento de los cuerpos?

Actividad Exploratoria No.2

Objetivos:

- Fomentar el trabajo en equipo entre los estudiantes.
- Promover la observación y la descripción del movimiento en los estudiantes.
- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Identificar y clasificar los diferentes tipos de movimiento.

¿Nos movemos siempre de la misma manera?



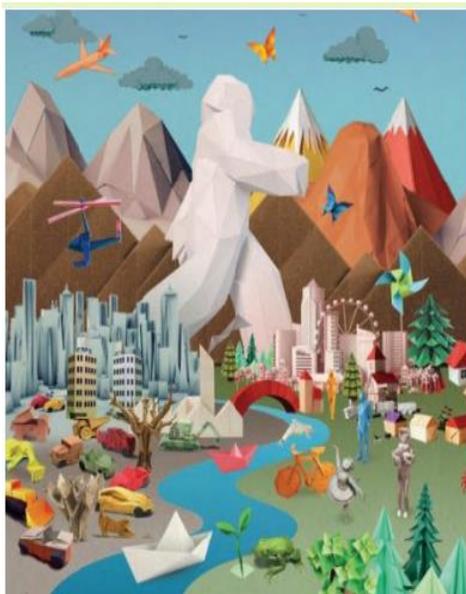
Recuperado de:
https://www.freepik.es/vector-premium/conjunto-ninos-pregunta_1660251.htm

En la vida cotidiana generalmente nos estamos moviendo. Caminamos, saltamos, bailamos, damos vueltas... ¿Nos movemos siempre de la misma manera? ¿De qué factores depende esos movimientos?

La siguiente actividad nos ayudará a identificar los tipos de movimientos, así como también determinar los elementos necesarios para clasificarlos.

Para comenzar reúnete con dos o tres compañeros.

¿Listos para comenzar?



La siguiente imagen corresponde a un instante de una caótica ciudad en la cual se observan muchos elementos. Cada uno de ellos le sentido al momento. El lago, los animales, los medios de transporte, los seres vivos, entre otros.

Con tus compañeros, selecciona únicamente cuatro elementos y con respecto a cada uno de ellos, discute.

- ☆ ¿Por qué has seleccionado estos elementos?
- ☆ ¿Cómo es el movimiento de cada uno de esos elementos? Describe detalladamente cada uno.
- ☆ ¿Son diferentes esos movimientos? ¿Por qué lo puedes afirmar?
- ☆ ¿Cómo representarías el movimiento de cada uno de esos elementos?

Actividad Exploratoria No.3

Objetivos:

- Fomentar el trabajo en equipo entre los estudiantes.
- Promover la observación y la descripción del movimiento en los estudiantes.
- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Establecer relaciones de orden entre magnitudes.



Recuperado de:
<https://images.app.goo.gl/XPa1rZzUb1k8oaHi8>

¿Quién es el más lento?

Estamos familiarizado desde pequeños con los términos “lento”, “rápido o veloz”. ¿Te has puesto a pensar qué significa cada uno de esos términos?

La siguiente actividad nos ayudará a identificar algunos elementos para definir criterios para explicar y diferenciar dichos términos



Recuperado de:
http://recursosotic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/4quincena1/4q1_index.htm

¿Preparados?

En la imagen que se presenta a la izquierda está representado, de diferentes maneras, el

movimiento de varios cuerpos que van en la misma dirección. Obsérvala con detalle y luego discute con tus compañeros si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:



Recuperado de:
<https://images.app.goo.gl/yPsWUwt4kkwBQA3J6>

- ☆ El carro y el avión se mueven más rápido por recorrer mayor espacio.
- ☆ El ciervo por emplear menor tiempo se mueve rápido.
- ☆ El carro es el más veloz ya que está delante de todos los otros cuerpos.
- ☆ Todos, exceptuando al avión, se mueven a la misma velocidad porque hay el mismo espacio entre ellos.
- ☆ El hombre de camisa blanca por recorrer menos espacio se mueve más lento.

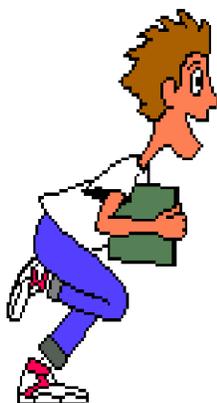
Actividades de profundización:

Actividad de profundización No.1

Objetivos:

- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Identificar las características más importantes de la magnitud velocidad de un cuerpo.
- Organizar el movimiento de los cuerpos en función de la velocidad de un cuerpo.

¡Hablemos rápidamente!



A continuación, se te presenta una lectura. En pareja léela cuidadosamente y con mucha atención.

Luego con tu compañero realiza las tres actividades propuestas a continuación:

Actividad 1. ¡A describir! En la siguiente tabla están enumerados algunas frases y términos de la lectura. En la columna de al lado, describe con una o dos palabras cada uno de ellos, asignándoles el sinónimo más adecuado para ustedes.

Término	Descripción
¡A toda máquina!	
Apresuradas...	
...quietos están.	
Mis pasos cada vez son más	
...corazón a mil...	
...se convierten en estrella fugaz	
...en el mismo lugar están.	
Tortuga	
Movimiento	
...como un rayo...	
...en un dos por tres...	
...literalmente salimos volando...	

Lectura Actividad de profundización N°1

¡Un día a toda velocidad!

Rachel N. Catanese Cannizzo.

Un día se ha convertido en una carrera, en la cual, por lograr mis objetivos me he perdido el deleite de cada uno de sus instantes. Desde que me despierto hasta que me acuesto voy contra el reloj, ¡a toda máquina! Éste suena, lo pospongo una, dos, hasta tres veces. Me levanto y casi sin abrir los ojos, me meto a bañar. Minutos después vestida estoy, masticando, a toda máquina, un nutritivo desayuno que preparó mamá. Apresuradas salimos y, en cualquier medio de transporte, me acompaña al destino. Los carros de la avenida quietos están, todos los semáforos el rojo hacen brillar. Cada vez estamos más cerca y, cuando la puerta de entrada está en el rango de visión de mamá, me bajo y mis pasos cada vez son más. Justo al llegar, un sonido agudo y prolongado me avisa que debo entrar.

Cincuenta escalones me separan del piso del salón. A toda máquina cada día los subo y, con el corazón a mil y casi sin poder hablar, con unos buenos días mi clase favorita ha de empezar. Con su característica sonrisa la profesora nos saluda, y luego de todo lo de rutina, empieza a explicar y en donde, dos horas se convierten en una estrella fugaz. Me paro, estiro las piernas, hablo con mi compañera y al cabo de unos instantes, el profesor de Filosofía con una voz grave nos manda a sentar. En esta clase no aparecen estrellas fugaces, por el contrario, las agujas del reloj siempre en el mismo lugar están. ¡Al fin sonó la campana!, todos, literalmente todos, salimos volando del salón. Tales gacelas escalones abajo, por una pizza de la tienda, vamos a pelear. Entre la pizza, la ida al baño y el ajuste de cuaderno con Victoria, el recreo se nos va.

Luego del segundo timbre, Andrés, el de español de fábulas nos vino a hablar. La liebre y la tortuga nos puso a analizar. Posteriormente el de física llegó, quien de movimiento no paró de hablar. Es así como dos horas vuelven a pasar y, con el timbre del almuerzo, tales halcones peregrinos, un plato de ajiaco vamos a cazar.

Salgo del colegio y, caminando a la casa, en un dos por tres he de llegar.

Las actividades no pararán ya que, matemática, inglés e italiano debo repasar. Mientras tanto en la televisión las noticias dan. Hablando del récord de Diego Palomeque quién, los 100 metros planos corrió y, como un rayo en 10 segundos recorrió y, por otro lado, hablando de la tortuga Bertie quien en 19 segundos 6 metro corrió.

Entre mis libros la tarde pasó, el tiempo pasa y pasa y la noche llegó.

Descansar y dormir me tocó y, este día ¡a toda máquina! pasó.

FABULA DE LA TORTUGA Y LA LIEBRE

Una tortuga y una liebre siempre discutían sobre quién era más rápida. Para dirimir el argumento, decidieron correr una carrera. Eligieron una ruta y comenzaron la competencia. La liebre arrancó a toda velocidad y corrió enérgicamente durante algún tiempo. Luego, al ver que llevaba mucha ventaja, decidió sentarse bajo un árbol para descansar un rato, recuperar fuerzas y luego continuar su marcha. Pero pronto se durmió. La tortuga, que andaba con paso lento, la alcanzó, la superó y terminó primera, declarándose vencedora indiscutible.

Moraleja: Los CONSTANTES y ESTABLES ganan la carrera



Actividad 2. ¡Hablemos de la velocidad!

En la lectura que has realizado con tu compañero hay algunos términos significativos para hablar de la velocidad de un cuerpo. Se enuncian a continuación alguno de ellos. Discute con tu compañero el significado que tengan para ustedes cada uno de ellos explicando el por qué. Se socializaran las dicusiones de cada uno de los grupos.

- 1.-) Un día se ha convertido en una carrera...
- 2.-) Los carros de la avenida quietos están.
- 3.-) Cada vez estamos más cerca...
- 4.-) Dos horas se convierten en una estrella fugaz.
- 5.-) las agujas del reloj siempre en el mismo lugar están.
- 6.-) Tales gacelas escalones abajo...
- 7.-) ...el recreo se nos va.
- 8.-) el récord de Diego: 100m en 10s
- 9.-) “La liebre arrancó a toda velocidad”
- 10.-) “la tortuga, que andaba a paso lento...”

Actividad 3. ¡A discutir! Hasta el momento hemos descrito el movimiento de los cuerpos. Establece algunos criterios para clasificar cada uno de los siguientes términos en su casilla correspondiente. Luego socializaremos los resultados de cada uno de los grupos explicando claramente los criterios seleccionados y la categorización realizada.

Tortuga
Liebre
Rayo
Prolongado
Movimiento
Halcón
Récord

Rápido

Lento

Actividad de profundización No.2

Objetivos:

- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Establecer relaciones de orden entre magnitudes espacio, tiempo y velocidad.
- Organizar el movimiento de los cuerpos en función de la velocidad de un cuerpo.
- Plantear proporciones entre las magnitudes espacio, tiempo y velocidad.

¿Qué necesitamos para hablar de movimiento?



Recuperado de:
<https://images.app.goo.gl/goNHrF4DmHY7Gncp9>

Actividad ¿Mientras más lejos ...? La siguiente actividad nos permitirá establecer relaciones de orden entre el espacio recorrido, el tiempo empleado y la velocidad. Sólo tienes que seguir las instrucciones y observar detalladamente lo que sucede. ¡Manos a la obra!

Materiales: ocho pelotas de goma de diferentes colores y del mismo tamaño, ocho palos de escoba, cuatro cronómetros.

Con tus compañeros del salón forma cuatro grupos y, cada uno de ellos, agarrará dos palos de escoba, dos pelotas y un cronómetro. En cualquier espacio del salón, uno de los integrantes del grupo realizará el montaje de la figura, el otro tomará y registrará el tiempo y, el otro observará con mucha atención lo que sucede.

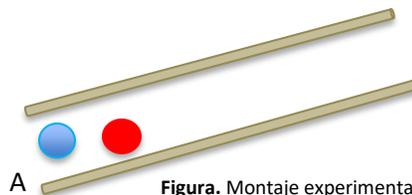


Figura. Montaje experimental

Instrucciones:

- Coloca ambas pelotas en el punto A una al lado de la otra.
- Con el dedo índice y el pulgar, uno de ustedes, expulsará a las pelotas al tiempo. En ese mismo instante, el compañero con el cronómetro en mano, lo activará y, al cabo de cuatro segundos, emitirá una alerta.
- Al cabo de cuatro segundos... Discutan entre ustedes las siguientes preguntas:

Discusión:

- 1.-) Con respecto al punto A, ¿cuál de las dos pelotas llegó más lejos? ¿Y menos lejos? ¿Cuál es la más rápida y por qué?
- 2.-) En un mismo tiempo, ¿las pelotas recorrieron espacios iguales o diferentes? ¿Qué significa esto?
- 3.-) ¿Notas alguna relación entre la distancia recorrida y el tiempo empleado para hablar de velocidad?
- 3.-) ¿Se podrían calcular las velocidades de las pelotas? ¿Por qué?

Actividad de profundización No.3

Objetivos:

- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Establecer relaciones de orden entre magnitudes espacio, tiempo y velocidad.
- Organizar el movimiento de los cuerpos en función de la velocidad de un cuerpo.
- Plantear proporciones entre las magnitudes espacio, tiempo y velocidad.

¿Qué es la velocidad?

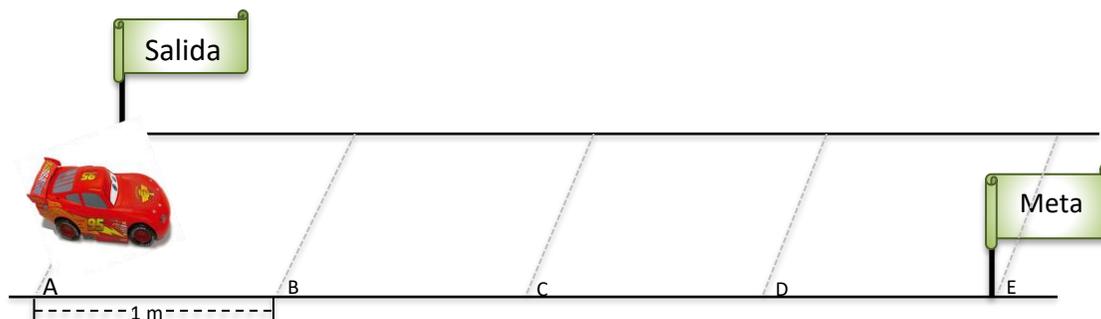


Recuperado de:
<https://images.app.goo.gl/5RCa9xTwmijpL>
 VcA

Actividad. La siguiente actividad nos permitirá establecer relaciones de orden entre el espacio recorrido, el tiempo empleado y la velocidad. Sólo tienes que seguir las instrucciones, observar y analizar detalladamente lo que sucede. ¡Manos a la obra!

Materiales: 4 carros a control remoto, 4 cintas de enmascarar, 4 cronómetros, 4 reglas.

El grupo del salón se dividirá en cuatro grupos. Cada uno tomará un carro a control remoto, una cinta de enmascarar, un cronómetro y una regla. En cualquier espacio del salón, medirán en línea recta, al menos 4 intervalos de 1m de longitud.



Fuente: Elaboración propia.

Colocarán el carro en la “salida”. Lo pondrán a rodar y un compañero con el cronómetro debe medir el tiempo que tarda el carro en recorrer los intervalos \overline{AB} , \overline{BC} , \overline{CD} y \overline{DE} . Los datos, deberán registrarlos en la siguiente tabla.

	\overline{AB}	\overline{BC}	\overline{CD}	\overline{DE}
tiempo				

Observa detalladamente lo registrado en la tabla, analiza los resultados obtenidos y discute con tus compañeros y responde las preguntas que se plantean a continuación:

1.-) Cada uno de los intervalos es de 1 m. ¿Qué pasó con los tiempos en cada uno de esos intervalos? ¿son iguales? ¿Por qué?

2.-) ¿Cómo describirías el movimiento realizado por el carro? ¿Por qué?

Ahora, hemos hablado de las relaciones que se establecen entre el espacio recorrido y el tiempo empleado para hablar de velocidad, plantea con tus compañeros las siguientes proporciones:

$$\frac{d}{t} = \text{---} = \text{---} = \text{---} = \text{---} = \text{---}$$

Finalmente, con tus compañeros, analiza y discute las siguientes preguntas que se plantean a continuación:

- 1.-) Al plantear las proporciones anteriores, ¿qué relación entre ellas observas? ¿por qué?
- 2.-) ¿Cómo es esa proporción en cada uno de los intervalos? ¿Qué significa este resultado?
- 3.-) ¿Cómo fue la velocidad del carro a lo largo del recorrido? ¿Por qué puedes hacer esa afirmación?



Fuente: Tomado de:
<https://sp.depositphotos.com/221170844/stock-illustration-pupils-study-classroom-hove-ai-16.html>

Actividad de profundización No.4

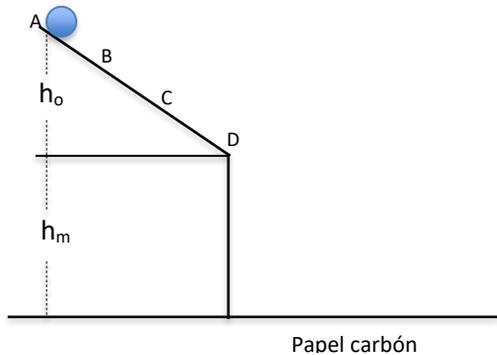
Objetivos:

- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Establecer relaciones de orden entre magnitudes espacio, tiempo y velocidad.
- Organizar el movimiento de los cuerpos en función de la velocidad de un cuerpo.
- Plantear proporciones entre las magnitudes espacio, tiempo y velocidad.

¿El ángulo de inclinación del plano influye en el alcance horizontal?



Recuperado de:
<https://images.app.goo.gl/22SSXmqU8Awgw3oYA>



Fuente: Elaboración propia.

En esta actividad buscaremos relacionar la altura del plano inclinado con el alcance horizontal alcanzado por el móvil al abandonar el plano. Forma grupos de tres compañeros y ¡a trabajar!

Materiales: Canica – Papel Carbón - Papel Craft – Plano inclinado (mínimo 6 metros de longitud)

Con ayuda de tus compañeros realiza en el laboratorio el siguiente montaje y sigue las instrucciones:

- 1.-) Coloca inicialmente el plano inclinado a su máxima amplitud.
- 2.-) Coloca en el piso el papel craft y encima de éste el papel carbón (para facilitar la marca donde caerá la canica)
- 3.-) Dejar caer, inicialmente, desde el punto más alto del plano la canica. Ésta abandonará el plano inclinado y caerá en el suelo dejando una marca en el papel craft.

4.-) Varía sucesivamente la amplitud del plano inclinado (hasta la posición horizontal) y repite el procedimiento del paso anterior, marcando en el papel craft la amplitudes del plano desde la cual cayó la canica (para luego poder diferenciarlas).

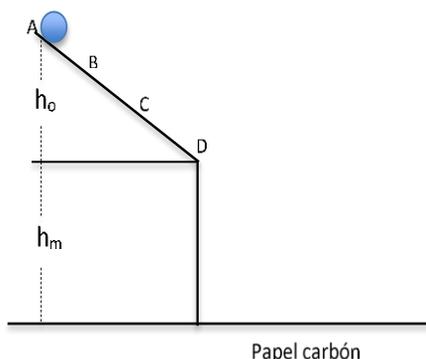
5.-) Discute con tus compañeros: a) ¿Qué observas? ¿Describe la trayectoria de la canica? ¿Qué relación puedes establecer entre la amplitud del plano y el alcance horizontal alcanzado?

Actividad de profundización No.5

Objetivos:

- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Establecer relaciones de orden entre magnitudes alcance horizontal y velocidad.
- Organizar el movimiento de los cuerpos en función de la velocidad de un cuerpo.
- Plantear proporciones entre las magnitudes alcance horizontal y velocidad.

¿Desde dónde cae más rápido?



Fuente: Elaboración propia.

En esta actividad buscaremos relacionar la posición inicial de la canica sobre el plano inclinado con el alcance horizontal alcanzado la misma al abandonar el plano. Forma grupos de tres compañeros y ¡a trabajar!



Recuperado de:
<https://images.app.goo.gl/22S5XmqU8Awgw3oYA>

Materiales: Canica – Regla – Papel Carbón - Papel Craft – Plano inclinado (de gran longitud).

Con ayuda de tus compañeros realiza en el laboratorio el siguiente montaje y sigue las instrucciones:

- 1.-) Coloca inicialmente el plano inclinado a cierta amplitud, ten en consideración que ésta no va a variar a lo largo del experimento, ¡asegura bien el plano!.
- 2.-) Coloca en el piso el papel craft y encima de éste el papel carbón (para facilitar la marca donde caerá la canica)
- 3.-) Divide la longitud del plano inclinado mínimo en tres partes iguales, marcándolas con las letras A, B, C y D como en la figura.
- 4.-) Dejar caer, inicialmente, desde el punto “A” (más alto del plano) la canica. Ésta abandonará el plano inclinado y caerá en el suelo a cierta altura de la mesa, dejando una marca en el papel craft. Registra esta marca en el papel craft con la letra “A”.

4.-) Ahora, dejar caer desde el punto “B” del plano inclinado la canica. Ésta abandonará el plano y caerá en el suelo a cierta altura de la mesa, dejando una marca en el papel craft. Registra esta marca en el papel craft con la letra “B”.

5.-) Posteriormente, dejar caer desde el punto “C” del plano inclinado la canica. Ésta abandonará el plano y caerá en el suelo a cierta altura de la mesa, dejando una marca en el papel craft. Registra esta marca en el papel craft con la letra “C”.

6.-) Por último, dejar caer desde el punto “D” del plano inclinado la canica. Ésta abandonará el plano y caerá en el suelo a cierta altura de la mesa, dejando una marca en el papel craft. Registra esta marca en el papel craft con la letra “D”.

7.-) Tomando como sistema de referencia la mesa, con mucha atención, mide el alcance horizontal alcanzado por la canica al abandonar el plano desde cada uno de los puntos descritos. Registra los datos en la siguiente tabla:

Posición Inicial sobre el plano.	Alcance horizontal (cm).
A	
B	
C	
D	

8.-) Con tus compañeros discute las siguientes preguntas:

- ☆ En cada uno de los lanzamientos, la canica dejó una marca en el papel craft, observa detenidamente cada una de las marcas, ¿Están a la misma distancia con respecto a la mesa? ¿De qué creen que depende esto?
- ☆ ¿Podrías establecer alguna relación de orden entre la posición inicial de la canica y el alcance horizontal ?
- ☆ ¿Podríamos con esta relación hablar de la velocidad de la canica?
- ☆ ¿Cuál canica tuvo la mayor velocidad? ¿Por qué podríamos afirmarlo? ¿podrías establecer una escala de velocidades?

Actividades de formalización:

Actividad de formalización No.1

Objetivos:

- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Representar de diferentes maneras las cualidades más importantes del movimiento de un cuerpo.

¿Mientras más lejos, más rápido?

Materiales: Plano inclinado (de gran longitud) –
Canica – Regla – cronómetro -

Instrucciones:

1.-) Divide el plano inclinado en espacios iguales. \overline{AB} , \overline{BC} y \overline{CD} , registrado la medida en la siguiente tabla.

2.-) Desde la posición A deja caer la canica. Registra el tiempo que se demora en recorrer los espacios \overline{AB} , \overline{BC} y \overline{CD} . Repite cinco veces la experiencia.

3.-) Llena la siguiente tabla:

Tiempo/espacio	\overline{AB} (cm) = cm	\overline{BC} (cm) = cm	\overline{CD} (cm) = cm
Intento 1			
Intento 2			
Intento 3			
Intento 4			
Intento 5			

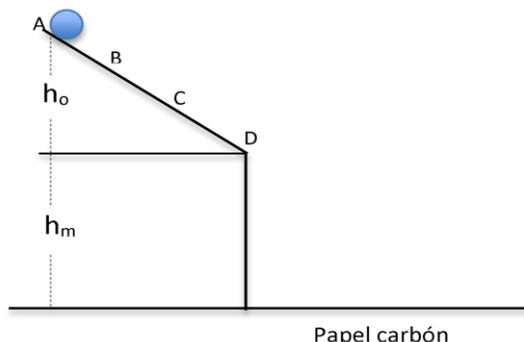
4.-) Paracada uno de los trayectos saca el promedio de los tiempos y registrarlos en la siguiente tabla:

Tiempo/espacio	\overline{AB} (cm) = cm	\overline{BC} (cm) = cm	\overline{CD} (cm) = cm
tiempo			

5.-) Discute con tus compañeros la experiencia realizada hasta el momento. Observa detalladamente los datos registrados y analiza con tus compañeros si entre las magnitudes espacio y tiempo hay alguna proporción.

6.-) Ahora, eleva los tiempos al cuadrado y registrarlos en la siguiente tabla:

Tiempo/espacio	\overline{AB} (cm) = cm	\overline{BC} (cm) = cm	\overline{CD} (cm) = cm
tiempo			



Fuente: Elaboración propia.

7.-) ¿Qué observas? Plantea la proporción espacio – tiempo. ¿Qué observas?

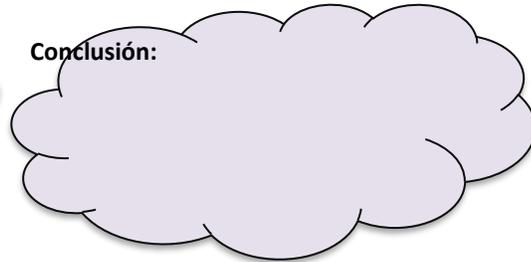
$$\frac{\overline{AB}}{t_{AB}} = \text{---} = \frac{\overline{BC}}{t_{BC}} = \text{---} = \frac{\overline{CD}}{t_{CD}} = \text{---}$$

8.-) Discute con tus compañeros los resultados anteriores y en grupo saca una conclusión para socializar con todos los compañeros.



Recuperado de:
<https://www.pnggg.com/es/png-cndly>

Conclusión:



Actividad de formalización No.2

Objetivos:

- Enriquecer las formas de ver y de hablar acerca del movimiento de los cuerpos.
- Representar de diferentes maneras las cualidades más importantes del movimiento de un cuerpo.

¡Hablemos del movimiento!

El grupo del salón se dividirá en subgrupos de a tres. Preferiblemente trabaja con compañeros con los que no hayas hecho las actividades anteriores. Con base a todas las experiencias realizadas, cada uno de los grupos deberá realizar un infograma tipo poster tomando en consideración las siguientes preguntas.

- 1.-) ¿Qué es el movimiento de un cuerpo?
- 2.-) ¿Qué aspectos son necesarios para hablar del movimiento en torno a un cuerpo?
- 3.-) ¿Existen varios tipos de movimiento? ¿De qué depende?
- 4.-) ¿Qué es la velocidad de un cuerpo? ¿Siempre se puede medir? ¿siempre se puede calcular? ¿siempre es constante a lo largo del recorrido?



Recuperado de:
<https://images.app.goo.gl/jXEaNoPVV54QHQ839>

¡A socializar!

Cada uno de los grupos dará a conocer al grupo en general sus reflexiones en torno al movimiento de un cuerpo. Se debatirán, con ayuda del profesor, las diferentes posturas, opiniones y reflexiones de cada uno de los grupos. El profesor, en el tablero llevará un registro de los aportes más significativos en torno al fenómeno para así construir entre todos las conclusiones al respecto.

Considero importante resaltar que las actividades planteadas y descritas anteriormente para los profesores y, para ser desarrolladas en el aula de clases en forma conjunta con sus estudiantes, son una propuesta, cada una de éstas puede ser replanteada dependiendo del contexto escolar. Por un lado, como se han descrito varios criterios de orden epistémico, disciplinar y pedagógico – didácticos, éstos dan pie para que las actividades planteadas puedan ser ampliadas o reformuladas. Por otro lado, tomando en consideración el papel activo del estudiante, las actividades también se pueden reestructurar dependiendo del grupo de estudiantes con el cual se estén desarrollando, de su participación, de las elaboraciones y construcciones que se den durante el proceso y, además, de acuerdo a las respuestas que éstos estén dando frente a las mismas.

En la misma línea y, como se ha defendido a lo largo del trabajo, el papel del docente es fundamental para lograr el éxito y el desarrollo de estas actividades, es quien debe propiciar espacios de reflexión y de participación con sus estudiantes, el que debe guiar el proceso y trabajar en forma conjunta con ellos en la construcción de conocimiento. Además, es el que reconoce el trabajo de cada uno de sus estudiantes, las elaboraciones, las construcciones que desarrollan en cada una de las actividades y, quien tiene que decidir, en dado caso, el replanteamiento de las actividades.

CONCLUSIONES.

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación y profundización teórica, sobre la construcción y formalización de explicaciones en torno al fenómeno del movimiento de los cuerpos, se realizaron importantes reflexiones, por un lado, en torno a la enseñanza de las ciencias, a la enseñanza de la física, las dificultades que hoy se enfrentan en dicho proceso, sobre el papel tanto del docente como del estudiante durante el proceso de enseñanza - aprendizaje de la física, así como también, sobre la importancia del análisis histórico para la enseñanza de la ciencia. Por otro lado, se analizó e interpretó, en primer lugar, el trabajo realizado por Galileo Galilei, así como a nivel personal, se describió la experiencia tanto con el fenómeno del movimiento de los cuerpos así como con su enseñanza y, luego, sobre la importancia de la construcción de la fenomenología, a través del desarrollo y análisis de prácticas experimentales, con las cuales se problematice el fenómeno de estudio, se identifiquen y se relacionen las variables involucradas en éste, para posteriormente, asignarles un significado y, expresarlo finalmente a través de un lenguaje, el proceso de formalización. Todas las reflexiones anteriores permitieron responder a la interrogante que orientó la presente investigación ¿Qué criterios de orden disciplinar, epistémicos y pedagógicos – didácticos se tienen en cuenta en la construcción y formalización del movimiento de los cuerpos como un fenómeno de estudio en los cursos introductorios de física?

Con respecto a las reflexiones realizadas en torno a la enseñanza, tratadas en el capítulo uno del trabajo, considero que, a pesar de las dificultades que hoy se enfrentan, las cuales fueron mencionadas a lo largo del capítulo, son muchas las cosas que nosotros los docentes de ciencias y, particularmente los de física, podemos hacer para mitigarlas, por ejemplo: el diseño y la planificación de actividades en el aula así como también la profundización disciplinar en la construcción propia de los fenómenos para luego, repensar en los criterios que

orientarían el diseño de nuevas propuestas y actividades para trabajar en el aula de clases. Nuestro papel es fundamental tanto afuera del aula de clases como adentro. Tenemos en nuestras manos un gran compromiso con toda la comunidad educativa pero especialmente con nuestros estudiantes y, con su proceso de aprendizaje. Si bien son muchos los aspectos que se nos escapan de las manos, como, por ejemplo, el diseño curricular, la distribución y el orden de los contenidos dentro del mismo, los libros de textos, la intensidad horaria semanal dedicada a la materia que, en mi caso particular, depende del énfasis que los estudiantes hayan escogido para cursar el bachillerato o, de los cuatro años que se tienen para estudiar la física en el colegio Italiano; como nosotros los docentes los que decidimos cómo mostrar la física, cómo abordarla y, cómo trabajarla dentro del aula de clases. Además, somos los que podemos hacer prevalecer unos contenidos más que otros, o, los aspectos fundamentales de dichos contenidos, como por ejemplo la comprensión y explicación del fenómeno del movimiento antes que, la aplicación de expresiones matemáticas para la resolución de los problemas propuestos en los libros de textos. Lo anterior, ya que, considero que la física es una ciencia que busca explicar el mundo que nos rodea, con los fenómenos que en él ocurren más que matematizarlos.

Basándome tanto en mi experiencia como docente de física como en las reflexiones teóricas realizadas para la construcción del presente trabajo de investigación y profundización, la forma cómo mostramos la física o cómo la abordamos con nuestros estudiantes en el aula de clases, está relacionada también, con el desarrollo en el aula de clases y de manera conjunta, de la actividad experimental. Ésta, cuando es pensada y construida con objetivos e intenciones claras, es una de las herramientas más poderosas que poseemos nosotros los docentes, ya que, a través de ésta se pretende que los estudiantes, protagonistas de su proceso, construyan magnitudes y, establezcan conexiones y relaciones entre éstas, dando lugar a la construcción de una fenomenología, con la cual, posteriormente explicarán de forma organizada y sistemática, a través

del lenguaje, las elaboraciones realizadas en torno al fenómeno de estudio. Particularmente en mi trabajo de grado, si bien no se implementó la propuesta de aula que aquí se plantea, se pretende que los estudiantes, a través del desarrollo de actividades experimentales en el aula y de manera conjunta, lleguen tanto a la construcción de magnitudes como a las conexiones y relaciones entre las variables de estudio para posteriormente, realizar elaboraciones propias y organizadas del fenómeno del movimiento de los cuerpos.

Lo anterior, ya que, la planificación y el diseño de las actividades que componen la propuesta de aula planteada en el presente trabajo se realizó tomando en cuenta cada uno de los elementos que conforman los criterios de orden epistémicos, disciplinar y pedagógicos – didácticos que se derivaron de la investigación.

En la misma línea, se determinó la importancia del papel tanto del estudiante como del docente en el proceso de enseñanza y aprendizaje, particularmente en la construcción de conocimiento y, del trabajo colectivo dentro del aula, los cuales, producto de una investigación teórica, fueron determinantes para la planificación y diseño de la propuesta de aula que se presenta, a la luz de los elementos tomados en cuenta para la constitución de los criterios de orden pedagógico – didácticos.

Con respecto a las reflexiones realizadas en el capítulo tres del trabajo, correspondientes al estudio del fenómeno del movimiento, considero que hablar de él no es un proceso sencillo. Para ello, debe observarse, analizarse y cuestionarse la experiencia que tenemos del movimiento de los cuerpos. Resulta importante identificar y describir las cualidades fundamentales de éste para poder conectarlas y establecer relaciones entre éstas, para, posteriormente, como lo realizó Galileo, atribuirle sentido a lo observado y a lo que hoy en día se dice, por medio de ecuaciones matemáticas, sobre él. Para hablar del movimiento se

debe construir la magnitud velocidad. Es un problema, para la enseñanza del movimiento, hablar de ella sólo como una relación aritmética entre el espacio y el tiempo ($v = \frac{d}{t}$). Esa relación debe ser construida y deducida a través de experiencias, a través del cuestionamiento y del análisis de las mismas. Así lo hizo, con creatividad e ingenio, Galileo Galilei. Con la geometrización y, el establecimiento de proporciones planteó relaciones de orden entre espacios y tiempos para hablarnos de la velocidad de un cuerpo, tanto para el movimiento uniforme como para el acelerado.

Fueron tantos y tan importantes los aportes que realizó Galileo al movimiento de los cuerpos lo que me llevó, entre otras cosas, a tomar en cuenta sus experiencias en torno al mismo, para el diseño de la propuesta que se presentó en el capítulo cuatro del trabajo. Además, todas las reflexiones realizadas en torno al trabajo de Galileo y, en parte, a las reflexiones presentadas en los párrafos anteriores, contribuyeron al establecimiento de los criterios de orden epistemológicos y a los de orden disciplinar, los cuales, además, considero que también están relacionados entre sí. Por un lado, el desarrollo de prácticas experimentales en el aula de clases para la comprensión y la construcción de un campo fenomenológico, constituyen junto a la relación y conexión entre la experiencia, el lenguaje y el conocimiento del fenómeno de estudio, los criterios de orden epistémicos para el diseño y planteamiento de la propuesta de aula del trabajo. Por otro lado, basándonos en las reflexiones realizadas del trabajo efectuado por Galileo, se tiene que el proceso de construcción de variables, el establecimiento de relaciones entre éstas, así como también, las formas de formalizar el movimiento de los cuerpos constituyen los criterios de orden disciplinar del presente trabajo, los cuales también se tomaron en cuenta para el planteamiento de la propuesta de aula del presente trabajo.

Finalmente, estimo, por un lado, la posibilidad de considerar la propuesta de aula presentada como únicamente una alternativa de enseñanza para profesores

de física, es éste el que, luego de adaptarla a su contexto escolar, el que determina si ante su grupo de estudiantes, ésta es pertinente o no, abriendo así la posibilidad de reestructurarla, reelaborarla o redefinirla ante ellos. Por otro lado, considero importante implementar en un futuro cercano esta propuesta de aula. Llevarla al aula, observar y analizar lo que ocurre al implementarla, analizar las interpretaciones y las elaboraciones de los estudiantes, las construcciones que ellos realizan en torno a las actividades propuestas serían muy útiles tanto para reestructurarlas, en caso de ser necesario, como para la construcción de explicaciones en torno al fenómeno del movimiento, dándole así mayor importancia a la construcción de variables, a las relaciones entre éstas, a la construcción de explicaciones en torno al fenómeno del movimiento que al planteamiento y resolución de ecuaciones para dar cuenta de la interiorización del mismo. Además, con esta propuesta y, la posibilidad de llevarla al aula de clases e implementarla, se abre un largo camino para futuras investigaciones relacionadas con la que se presenta en este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arcá, M y Guidoni, P (1981). Los modelos de los niños. Planteamientos en educación, N°2. Editorial CEPE, Santa Fe de Bogotá.

Arcá, M y Guidoni, P. (1987) Guardare per sistema, guardare per variabili. Torino, Emme Edizioni.

Arcá, M y Guidoni P (2008) “Guardare per sistemi, guardare per variabili”. Compendio de artículos para la enseñanza de la Física: Para una educación científica de base. No.2 abril-junio 2008, pp.175

Arca, M. Guidoni. P y Mazoli, P. (1990) El desarrollo del proceso cognitivo como tarea de la educación. Enseñar ciencias. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base. Ediciones Paidós, Barcelona.

Álvarez C y Barahona A (2002) “La continuidad en las ciencias” Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Álvarez J, Posadas V (2002) La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física. Revista Mexicana de Física No. 49 2002. pp. 61 – 73.

Ayala, M. (1992) La enseñanza de la física para la formación de profesores de física. Trabajo presentado en la V Reunión Latinoamericana sobre la Enseñanza de la física. Porto Alegre, Gramado.

Ayala, M. (2006) Los análisis histórico- críticos y la recontextualización de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Grupo Física y Cultura. Universidad Pedagógica Nacional.

Ayala, M.M, Garzón M, Malagón, F. (2007). “Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos”. Praxis filosófica, No 25, julio-diciembre 2007: 1-9.

Ayala, M. Romero, Á. Malagón, F. Rodríguez, L. Garzón, M y Aguilar Y. Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos (2004). Memorias del Congreso Nacional de enseñanza de la física, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá. 2004

Azcarate, C. (1984) “Las matemáticas de Galileo. Estudio histórico sobre -La nueva ciencia del movimiento, (Seminario de Historia de las ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra).

Barrera, P. (2005) Física I. Grupo Editorial Norma. Bogotá, Colombia.

Bautista, G. (2004). Una recontextualización para la enseñanza de la mecánica cuántica. Preimpresos. Universidad Pedagógica Nacional. Ponencia presentada en el VI Congreso Latinoamericano de Historia de las Ciencias y de la Tecnología. Buenos Aires.

Bautista, M y García, M (2014). Los caminos del Saber: Física I. Editorial Santillana. Bogotá, Colombia.

Briceño Gabriela (s.f). “Biografía de Galileo Galilei” Recuperado de: <https://www.euston96.com/galileo-galilei/>

Carr, W y Kemmis, S (1988) Teoría crítica de la enseñanza. La investigación en la formación del profesorado. Barcelona.

Chaparro, C. y Orozco, J. (1988) Conocimiento, científico, escuela y cultura. Revista Planteamientos de Educación 3(1). Escuela Pedagógica Experimental. Bogotá.

Claret, Harold (2019). Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de la caída de los cuerpos: una propuesta experimental. Universidad Pedagógica Nacional.

Claxton Guy (1994). Educar mentes curiosas: el reto de la ciencia en la escuela. Machados Libros.

Drake, S. (1973). Galileo's Experimental Confirmation of Horizontal Inertia: Unpublished Manuscripts (Galileo Gleanings XXII). *Isis* 64(3), 291-305. Recuperado de: www.jstor.org/stable/229718

Elkana, Y (1977). La ciencia como sistema cultural. Boletín, Sociedad Colombiana de Epistemología. Vol. III, 10-11. Bogotá.

Forero S, Tarazona, L (2019) El aula como sistema de relaciones. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Flórez, R (1994). “Hacia una pedagogía del conocimiento: Modelos pedagógicos y enseñanza de las ciencias”.

Gagliardi M, Grimellini N, Tomasini B. (1999) L' educazione allá conoscenza scientifica: un percorso che parte da lontano. Università di Bologna

Gallego B., R. (1992) Saber pedagógico. Una visión alternativa. Cooperativa Editorial Magisterio. Bogotá.

García, E (2012) Análisis histórico – crítico del fenómeno eléctrico. Hacia una visión de campo. Grupo de investigación en ciencias, educación y diversidad. Tesis doctoral. Publicaciones de la Universidad del Valle Cali – Colombia.

González, C (2012) Investigación Fenomenográfica. Revista Internacional de Investigación en Educación. Vol. 7 No. 14, 2012 pp: 141-158 Pontificia Universidad Católica de Chile.

González, M (2012). La observación en Ian Hacking: una cualidad diversa y autónoma de la teoría. Universidad Santiago de Chile.

Giusti Enrico (s.f). “Los discursos sobre dos nuevas ciencias” Università di Firenze.

Hacking, Ian (1983) Representar e intervenir. Ediciones Paidós, México.

Hewitt, P. (2004). Física Conceptual. Editorial Pearson. México.

Koponen, It y Mantyla,T. (2006) Papel generativo de los experimentos en física y en la enseñanza de la física: una sugerencia para la reconstrucción epistemológica. Ciencia y Educación, Vol.15 p.31-54

Ladino Martínez, Lilia (2004). Tesis de Grado: Reflexiones sobre la enseñanza de la física: una experiencia en un curso introductorio de física. Universidad Pedagógica Nacional.

Malagón, F., Sandoval, S., y Ayala, M.M. (2013). “La Actividad experimental: construcción de fenomenologías y procesos de formalización”, Praxis filosófica Nueva serie, No. 36, enero – junio 2013: 119 – 138

Malagón, F., Sandoval, S., y Ayala, M.M. (2013). “Construcción de fenomenologías y procesos de formalización: Un sentido para la enseñanza de las ciencias”. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Martínez, R. (2002). “Razones y proporciones: Un código medieval del movimiento”. Universidad Autónoma de México. México.

Panza, M (2003). *Mathematisation of the Science of Motion and the Birth of Analytical Mechanics. A Historiographical Note*. Preimpreso. Facultad de Ciencias, Dpto de Matemáticas, UNAM, México.

Parodi, G. Ostili, G y Mochi, G. (2006). *L'evoluzione della Fisica. Corso di Fisica per il Liceo Scientifico*. Paravia. Pearson. Torino, Italia.

Pedrerros, R. y Tarazona, L. (2019) *La ciencia como actividad cultural: La escuela que soñamos*. Universidad Pedagógica Nacional.

Pérez, G. y Nieto, S. (2009) “La investigación-acción en la educación formal y no formal”. Universidad de Salamanca.

Piaget, J y García, R. (1984). *Psicogénesis e historia de las ciencias*. Siglo XXI Editores, México.

Pozo, J., Crespo, M., (1998) “Enfoques para la enseñanza de la ciencia”.

Pozo, J., Monereo C. (1999) *Aprender a aprender: Una demanda de la educación del siglo XXI*. Ed. Aula XXI. Madrid (1999)

Ríos, Nelda (2003). Enseñanza de la Física para el nivel básico desde un enfoque fenomenológico. Tesis de Maestría en Docencia de la Física. Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.

Romero, A. Rodríguez, D. (2003). La Formalización de los conceptos físicos. El caso de la velocidad instantánea. 2003. Universidad Pedagógica Nacional.

Sandoval, S. Malagón, F. Garzón, M. Ayala, M y Tarazona, L. 2018. Una perspectiva fenomenológica para la enseñanza de las ciencias. Grupo Física y Cultura. Universidad Pedagógica Nacional.

Segura, D. (1998) ¿Es posible pensar otra escuela? Planteamiento en educación, 3, N°1. EPE. Santa Fe de Bogotá.

Segura, D (1981). La enseñanza de la ciencia a nivel básico: Continuidad o discontinuidad. Naturaleza, Educación y ciencia. N°0. Bogotá. Reimpreso en CEPE (2000). Constructivismo, construir qué. Editorial CEPE, Bogotá.

Segura (2002). La enseñanza de las ciencias en Colombia. Escuela Pedagógica Experimental. Bogotá.

Segura, D. (2017) ¿Qué física enseñar hoy? Didáctica, educación, Física y pedagogía. Magisterio. Recuperado de: <https://www.magisterio.com.co/articulo/que-fisica-ensenar-hoy>

Sellés Manuel (2006). “La paradoja de Galileo” Revista de Historia de la medicina y de la ciencia, vol. LVIII, n°1, enero-junio: 113-148

Thuillier, Pierre (1992). ¿Experimentó Galileo? De Arquímedes a Einstein. Madrid, Alianza Editorial-CNCA.

Vargas R, J. (2018) Gestión del aula: Metodología reflexiva del qué hacer docente. Magisterio. Recuperado de: <https://www.magisterio.com.co/articulo/gestion-del-aula-metodologia-reflexiva-del-hacer-docente>

Vargas M. (2016) “El experimento como generador de conocimiento en el estudio de un sistema físico complejo. El caso del circuito eléctrico de corriente continua”. Tesis de grado para optar por el Título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales. Universidad Pedagógica Nacional.