

**RECONTEXTUALIZACIÓN EN LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO DE  
GRAVEDAD A PARTIR DE UN ANÁLISIS HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICO DE  
LA PERSPECTIVA GALILEANA**

**ISABEL CRISTINA MACHADO**

**ELIANA ANDREA RESTREPO**

**ISNED ELENA SOSSA**

**MAGISTER YIRSEN AGUILAR MOSQUERA**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN EN HISTORIA Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS  
CIENCIAS**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADAS EN EDUCACIÓN  
BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN  
AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**DEPARTAMENTO DE LAS CIENCIAS Y LAS ARTES**

**MEDELLIN**

**2011**

## Aceptación

---

**Asesor**

**Yirsen Aguilar Mosquera**

**Medellín**

## Sustentación

Día \_\_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Año \_\_\_\_\_

## Agradecimientos

## Contenido

Resumen	viii
Estado del arte	10
Planteamiento del problema	13
Formulación del problema	17
Objetivos	17
<b>Objetivo general</b>	17
<b>Objetivos específicos</b>	18
Justificación	18
Marco conceptual	22
<b>El concepto de gravedad y fuerza gravitacional en el contexto de la enseñanza</b>	22
<b>La historia y la epistemología en el contexto de la enseñanza</b>	29
<b>Formalización del concepto de gravedad desde la perspectiva galileana</b>	45
<b>A propósito de los fenómenos mecánicos: la formalización del movimiento de caída libre desde la perspectiva galileana.</b>	46
<b>Los experimentos mentales en la construcción de fenomenologías</b>	47
<b>El papel de la experiencia sensible, en la organización de fenomenologías en la perspectiva galileana</b>	55
<b>Relación física-matemática en la formalización del fenómeno de caída libre en Galileo.</b>	56
Metodología	61
<b>Caracterización de la investigación</b>	61
<b>Contextualización</b>	64
<b>Fases de la Investigación</b>	65
<b>Fase I</b>	66
<b>Fase II</b>	67

<b>Fase III.</b>	68
Sistematización	76
<b>Matriz 1. Respuesta de los casos a las experiencias de indagación.</b>	78
<b>Matriz 2. Respuesta de los casos a las preguntas de la entrevista.</b>	80
<b>Matriz 3. Respuesta de los casos al instrumento tres.</b>	85
<b>Matriz 4. Respuesta de los casos a la actividad experimental.</b>	89
<b>Matriz 5. Respuesta de los casos a la Experimentación Mental.</b>	98
<b>Matriz 6. Aserto de los asertos hallados en de cada instrumento.</b>	110
<b>Matriz 7. Correspondencia entre caos y modelos.</b>	119
Análisis y hallazgos	124
<b>Correspondencia entre categorías apriorísticas y modelos.</b>	125
<b>Instrumento uno. Indagación de Ideas</b>	127
<b>Instrumento dos. Entrevista semiestructurada</b>	128
<b>Instrumento tres. Esquematización del fenómeno.</b>	130
<b>Instrumento cuatro. Actividad experimental</b>	132
<b>Instrumento cinco. Experimentación mental</b>	133
<b>Correspondencia entre categorías emergentes y casos</b>	134
<b>Correspondencia entre categorías emergentes y casos</b>	137
<b>Aserto de los asertos hallados en los instrumentos</b>	139
Consideraciones finales	141
Implicaciones didácticas	144
Secuencia Didáctica	146
Pregunta Central	148
Objetivo General	148
Objetivos Específicos	149
Indagación de Ideas: Cuestionario preguntas abiertas.	149

Actividades	150
Búsqueda de modelos explicativos de los estudiantes.	151
Estructuración de nuevos conocimientos: Clase magistral	152
Aplicación a nuevas situaciones: Experimentación física y experimentación mental.	154
<i>Anexos</i>	160
1. Experiencias De Indagación	160
Respuestas del caso 1 a las experiencias de indagación	161
Respuestas del caso 2 a las experiencias de indagación	161
Respuestas del caso 3 a las experiencias de indagación	162
Respuestas del caso 4 a las experiencias de indagación	162
Respuestas del caso 5 a las experiencias de indagación	163
2. Entrevista semiestructurada	164
Respuestas del caso 1 a la entrevista	165
Respuestas del caso 2 a la entrevista	169
Respuestas del caso 3 a la entrevista	174
Respuestas del caso 4 a la entrevista	180
Respuestas del caso 5 a la entrevista	184
3. Esquematización del fenómeno	191
Respuesta del caso 1 al instrumento de esquematización del fenómeno	193
Respuesta del caso 2 al instrumento de esquematización del fenómeno	194
Respuesta del caso 3 al instrumento de esquematización del fenómeno	195
Respuesta del caso 4 al instrumento de esquematización del fenómeno	196
Respuesta del caso 5 al instrumento de esquematización del fenómeno	197
4. Actividad experimental	198
Respuesta del caso uno a la actividad experimental	202
Respuesta del caso dos a la actividad experimental.	203

Respuesta del caso tres a la actividad experimental.	204
Respuesta del caso cuatro a la actividad experimental.	205
Respuesta del caso cinco a la actividad experimental.	206
5. Experimentación mental	207
Respuesta del caso uno a la experimentación mental.	210
Respuesta del caso dos a la experimentación mental.	213
Respuesta del caso tres a la experimentación mental.	216
Respuesta del caso cuatro a la experimentación mental.	222
Respuesta del caso cinco a la experimentación mental.	225
Referencias	231

## Resumen

En los análisis realizados en algunas investigaciones y en el contexto de la práctica profesional, se ha logrado evidenciar que, usualmente la enseñanza de la física se centra en la solución de algoritmos planteados como ejercicios que, en ningún caso, se ocupan de la conceptualización y contextualización de los conceptos estructurantes de la Mecánica, como caso particular se puede referenciar la Segunda ley de Newton y su relación con la caída de los cuerpos.

En el caso de la caída libre se parte de la expresión  $F = ma$  y, se concluye que  $F = mg$ . Al despejar dicha expresión, la gravedad se asume como una variable que depende de la masa. Esta situación, lleva a que el concepto de gravedad y fuerza gravitacional se asuman indistintamente, es decir, se confunda la fuerza gravitacional y la aceleración de la gravedad.

Se plantea entonces que a estas maneras de significar y de enseñar estos conceptos, subyace un modo particular de asumir la Ciencia y la Enseñanza, y en tal sentido, se adelanta un análisis histórico y epistemológico de la perspectiva galileana, por considerar que su particular manera de abordar y formalizar el fenómeno de la caída de los cuerpos en su obra *Consideraciones y Demostraciones Matemáticas sobre Dos Nuevas Ciencias* (1976) , posibilita, no solo explicitar maneras de hacer ciencia sino que, además, permite recontextualizar y re significar el concepto de aceleración de gravedad y fuerza

gravitacional. En este análisis se muestra cómo Galileo establece una diferencia entre gravedad y fuerza gravitacional, considera a la gravedad como un efecto (aceleración) y a la fuerza gravitacional como la acción que genera los cambios de velocidad en un cuerpo. Se analiza además cómo el uso de la Geometría en la organización del fenómeno del movimiento, permite a Galileo dar forma a esta clase de fenómenos, aspecto que se constituye en una fructífera manera de significar la relación entre la física y las matemáticas.

Finalmente, se plantean unas implicaciones didácticas que surgen como producto del análisis de la perspectiva galileana y de los datos obtenidos con la aplicación de algunos instrumentos a cinco casos de la Institución Educativa Comercial de Envigado.

**Palabras clave:** *Gravedad, caída libre, conceptualización, recontextualización, historia y epistemología, fenomenología, formalización, enseñanza de las ciencias, implicaciones didácticas.*

### **Estado del arte**

Los textos que se eligieron para el desarrollo de la investigación permiten un acercamiento a la información necesaria que se requería como guía de ésta.

### **Texto de base**

- Galilei, Galileo (1981 [1638]). Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Traducido por J. Sabada. Introducción y notas por C. Solis. Madrid: Editora Nacional.

Este texto ofrece la posibilidad de analizar el fenómeno de caída libre desde las relaciones proporcionales que se establecen entre las variables físicas tales como grados de velocidad, instantes de tiempo y espacio y de estas relaciones surgen constantes como son la aceleración de la gravedad. También brinda la posibilidad de encontrar ciertos experimentos mentales realizados por galileo desde los cuales se establecen parte de su sustento teórico.

### **Investigaciones sobre epistemología de las ciencias**

- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía de las ciencias: La aproximación actual. Enseñanza de las ciencias (12(2)), 255-277.

Este texto se utilizó, ya que muestra como usualmente en la enseñanza de las ciencias no se resalta el componente histórico y epistemológico de la misma, al

tiempo que muestra que todo ese desarrollo histórico, social, cultural etc. Que obedece a un contexto particular, es importante para su reconocimiento y aprendizaje.

- Ayala, M. M., Garzón, M., y Malagón, J.F (2007). Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos. Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos, (pp.17-32). Bogotá, Colombia: Kimpres.

En este artículo se plantean diferentes formas de matematizar y darle forma a un fenómeno y una de ellas es la manera como Galileo le da forma a los fenómenos.

- Aguilar, Yirsén. (2002) A propósito de las cosmovisiones realista y fenomenológica.

Este artículo caracteriza las cosmovisiones realista u fenomenológica, mostrando sus especialidades y posibilidades, hecho que permitió tomar una postura crítica y reflexiva frente a ambas perspectivas.

### **Referentes metodológicos**

- STAKE, Robert E. Investigación con estudio de casos. Madrid: Ediciones Morata, 1998, p. 42

Este texto contribuye con sus postulados a delimitar la metodología de la investigación, ya que su contenido está orientado a definir la investigación cualitativa como uno de los posibles enfoques de investigación que posibilita el desarrollo de ésta de acuerdo con las intenciones del investigador, además de permitir la flexibilidad en el transcurso de la investigación con el fin de poder modificarla con respecto a los análisis y las interpretaciones del investigador en su desarrollo. Además ofrece el método de estudio de casos a través del cual se logra determinar la manera en la que se procede a encontrar la información pertinente a los intereses de la investigación, y de igual forma, da pautas para el análisis de datos a través de varias estrategias como la triangulación y la correspondencia por modelos.

- Cisterna, F. (2005) Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. En investigación Theoría, Vol. 14 (1) 61-71

Este texto en su contenido muestra una estrategia de análisis de datos en la investigación que se denomina triangulación. Allí, presenta varios tipos de triangulación que le permiten al investigador retomar aquellas que sean pertinentes a su trabajo y organizarlas por categorías que le posibiliten una mejor lectura de la información recolectada, con el fin de llegar a asertos y a conclusiones que apunten a los objetivos que el investigador formuló al inicio de su investigación. Además, permite darle validez y rigurosidad a la investigación utilizando éste método de análisis.

## Planteamiento del problema

Es indudable que para lograr un aprendizaje en el que se busque articular la enseñanza con las ciencias, es necesario repensar la concepción de aula, donde se reflexione como un espacio en el que se generan posibilidades para organizar experiencias, construir explicaciones y conocimiento, donde se propicie la creatividad e interacciones humanas de gran riqueza, en el que tanto estudiantes como docentes son partícipes de la construcción de nuevos significados (Rodríguez, 1999), y no un cuarto de cuatro paredes en el que se da una simple transmisión y memorización de conceptos.

Para lograr esto en el aula con la enseñanza de las ciencias, es importante que a partir de la reflexión que haga el docente de su práctica pedagógica se dé una modificación progresiva de su visión de ciencia, pasando de ser un conjunto de verdades absolutas, acabadas, verídicas, incuestionadas, que progresa de forma lineal contando con un método único y universal de apropiación del conocimiento, a ser una construcción social, permeada por el contexto en estrecha relación con instancias económicas, políticas y culturales, “siendo una forma peculiar de acercamiento a la realidad desde una racionalidad” (Serres, 1989). Esto es importante ya que la imagen de ciencia que se posea permea la enseñanza pues es ésta quien incide en el qué enseñar y como enseñar (Aguilar, 2002)

En este mismo sentido, debe tenerse en cuenta que la ciencia se ha visto atravesada por una cantidad significativa de acontecimientos históricos, que en el proceso de enseñanza se deben conocer y utilizar, no como un relato cronológico de sucesos, en el que se resaltan precursores y se tienen en cuenta fechas específicas, sino como una historia en la cual el conocimiento es una construcción social permeada por el contexto en el que sucedió. Desde este punto de vista la historia puede ser utilizada como una estrategia que permite reconstruir ese pasado desde el presente, tratando de recontextualizarlo, resignificándolo y creando procesos metodológicos con fines didácticos. (Carr, 1991)

No obstante, en algunas investigaciones se logra ver que en ciertas propuestas de enseñanza, la reflexión sobre los componentes históricos – epistemológicos es poco usual, hasta el punto que no se logran problematizar los aspectos relacionados con la enseñanza y con el componente disciplinar.

Como consecuencia de esto continúa dándose una enseñanza tradicional basada en una “cosmovisión realista del mundo, donde el maestro se constituye en un simple transmisor de verdades universales y objetivas, construidas y validadas por una comunidad científica”. (Aguilar, 2002, p 3).

Así mismo, en los libros de texto analizados se muestra la historia como una secuencia cronológica de acontecimientos verdaderos y puntuales, que se pueden encontrar en apartados diferentes de los contenidos conceptuales. Así por ejemplo cuando desde la enseñanza de las ciencias no se contextualiza y se problematiza lo referente al conocimiento, lo que sucede es que en vez de

humanizar las ciencias, acercándolas más a los intereses personales, éticos, culturales y políticos de la sociedad, haciendo clases más estimulantes y reflexivas, se sigue con una enseñanza transmisora, en la que se transmiten contenidos sin sentido donde se recitan formulas, ecuaciones y leyes pero no se logra conocer su significado (Matthews, 1994)

Todos estos planteamientos se logran evidenciar en el modo de plantear y abordar los fenómenos y conceptos físicos. Entre los casos formulados se puede referenciar la sinonimia entre gravedad y fuerza gravitacional que se presenta en algunos estudiantes y textos escolares. En este sentido, el análisis del concepto de gravedad permitió explicitar como la enseñanza que se centra en las formulas, ecuaciones y leyes para la solución de ejercicios y problemas sin una conceptualización y contextualización, generan dificultades de orden conceptual tal como lo podemos ver en el texto escolar de física 1 de Santillana que afirma que “La gravedad es el resultado de la interacción entre la masa de la tierra y la masa de cualquier objeto.” Sobre este particular es lícito plantear que en física usualmente las interacciones están relacionadas con fuerzas y en el caso de esta interacción no es claro si hace referencia a fuerza gravitacional o a aceleración de gravedad. (2005, p 108)

En otros casos se plantea la ecuación de caída libre como consecuencia de la segunda ley de Newton, pero no especifican cuales deben ser las condiciones necesarias para que se pueda hacer esta comparación y se afirma que: “Cuando un cuerpo cae libremente, su aceleración es la de la gravedad  $a=g$  y la fuerza que

actúa sobre él es su peso  $F=w$ . por tanto, la segunda ley de Newton  $F=ma$  nos queda como  $w=mg$ ” por lo que se puede generar una relación entre masa y gravedad.(Valero, 1983, p 102)

Al establecer en los libros de texto, desde la segunda ley de newton que “la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él, e inversamente proporcional a su masa”, y al transferir esto a caída libre se llega a la conclusión de que la gravedad es inversamente proporcional a la masa; por lo tanto, así se mencione que la gravedad es una aceleración constante con la que caen los cuerpos a la tierra en ausencia del aire y cuyo valor es aproximadamente  $9.8 \text{ m/s}^2$ , al ser abordada desde la segunda ley de Newton y transferida a la caída libre de los cuerpos, se muestra que la gravedad como aceleración depende de la masa (Villegas,1989, p 80) ¿Cómo entender entonces que la gravedad es constante?

Como consecuencia de esto se generan dificultades de orden conceptual como por ejemplo que “La gravedad atrae más rápido al cuerpo con mayor masa que al de menor” (Aguilar y otros, 2007, p 701). Así mismo se afirma que:

“los cuerpos, cuanto más pesados son, antes llegan al suelo; idea que lleva a pensar que si un cuerpo pesa el doble que otro, cuando se dejen caer desde la misma altura, el primero empleará en llegar al suelo justo la mitad de tiempo que el segundo, o que cuando se lancen verticalmente hacia arriba con la misma velocidad, el primero alcanzará

justamente la mitad de altura que el segundo". (Carrascosa, 2006, p 79)

Puede afirmarse entonces que, no es importante solamente la enseñanza de las fórmulas matemáticas sino también una adecuada conceptualización y las respectivas idealizaciones que permiten la construcción del conocimiento científico.

### **Formulación del problema**

¿Cómo plantear un proceso de recontextualización del concepto de gravedad en la enseñanza, a partir de la historia y la epistemología de las ciencias?

### **Objetivos**

#### ***Objetivo general***

- Plantear un proceso de recontextualización del concepto de gravedad en la enseñanza de la física a partir de un análisis histórico-epistemológico.

### **Objetivos específicos**

- Caracterizar el concepto de gravedad enseñado en la básica secundaria a partir del análisis de libros de texto.
- Analizar el concepto de gravedad en la perspectiva galileana con el fin de encontrar alguna alternativa a la enseñanza de este fenómeno.
- Identificar los modelos explicativos del concepto de gravedad en el fenómeno de caída libre de cinco casos del grado 10<sup>o</sup> 2 de la Institución Educativa Comercial de Envigado.
- Diseñar una secuencia didáctica para la enseñanza del fenómeno de caída libre desde una perspectiva histórico-epistemológica.

### **Justificación**

En los libros de texto que en muchas ocasiones son los recursos primarios en la enseñanza de la ciencia, se evidencia que presentan ciertas dificultades de orden conceptual y metodológico, donde lo que se busca es reproducir teorías, leyes y algoritmos sin una reflexión acerca de los temas que se trabaja en ciencias, basándose en una enseñanza memorística que busca que los estudiantes reproduzcan los conocimientos ya establecidos y no que construyan

sus propias explicaciones, fundamentándose en un modelo tradicional que consiste en transmitir de forma verbal contenidos acumulativos y perteneciente a una disciplina sin conexión a la realidad y contexto particular de los estudiantes (Porlan y otros, 1996).

Por otro lado se puede ver que otra razón que dificulta la enseñanza de las ciencias es la visión que tenga el maestro acerca de las ciencias, ya que ésta visión esta determinando “el qué y el cómo enseñar” (Aguilar, 2002), por lo tanto cuando el docente considera la ciencia como un cúmulo de verdades absolutas, formulas o datos a cerca de leyes presentes en la naturaleza, no posibilita en el proceso de enseñanza espacios en los que se de la construcción del conocimiento y la reflexión del mismo por parte de los estudiantes, ya que la enseñanza para los docentes se traduciría en la transmisión de conceptos estructurados tratando de describir fielmente la realidad de los fenómenos que se presentan en la naturaleza.

El maestro en la búsqueda de superar el tradicionalismo puede caer en el activismo donde los estudiantes hacen actividades académicas (talleres, resúmenes, gráficos, etc.) pero igual el estudiante no logra construir conocimientos, por que al igual que en el tradicionalismo se está solamente transmitiendo conceptos, en lo que al estudiante solo le queda recibir y hacer.

Se necesita por lo tanto modificar la enseñanza de las ciencias de tal manera que ésta busque formar en los estudiantes un pensamiento científico, en

la que se aborden aspectos intelectuales como por ejemplo que los estudiantes observen preguntas por hacer sin pensar en una respuesta inmediata sino más bien en múltiples respuestas, y que se pueden justificar y validar de acuerdo a un contexto creado, permitiendo así comprender la manera como se hace ciencia, para que el mismo sea un miembro activo en la construcción de su conocimiento y de sus explicaciones. (Matthews M, 1994)

Frente a esta necesidad de contextualizar el conocimiento y de darle espacio a la reflexión de éste, se propone en esta investigación el uso de la historia y la epistemología en la enseñanza de las ciencias, donde se considera que la ciencia es una actividad humana orientada a la comprensión del mundo, permeada por un contexto determinado y unas intenciones y necesidades particulares, cuya enseñanza posibilita la construcción y validación del conocimiento. De esta manera se logra contextualizar el conocimiento posibilitando la apropiación y la comprensión de los conceptos científicos por parte de docentes y estudiantes (Rodríguez y Romero, 1999).

La historia y la epistemología de las ciencias brinda la posibilidad de repensar el proceso de enseñanza, ya que permite la humanización de las ciencias, debido a que la mirada de la ciencia no se hace separándola del contexto donde se desarrolla sino que tiene en cuenta los intereses culturales, políticos, éticos, sociales del tiempo en que surgen los diferentes conceptos y del momento y espacio donde se está llevando a cabo el proceso de la enseñanza,

por otro lado una enseñanza de las ciencias que tiene en cuenta como se ha dado el desarrollo de ésta, permite cambiar la imagen de los científicos, de personas que están siempre en el laboratorio casi como dioses a personas con sentimientos y sueños, que trabajan en equipo, una imagen mas cercana a los estudiantes. (Matthews, 1994)

También posibilita clases más estimulantes y reflexivas, ya que no solo busca que el estudiante se aprenda los conceptos, formulas, leyes, sino que conozca su desarrollo y como estas representaciones científicas cambian en el tiempo, buscando que los estudiantes vean la aplicabilidad en su contexto. Al mostrar una ciencia contextualizada y aplicada y que son ellos mismos los que construyen sus propias explicaciones, se establece un aprendizaje más estimulante en el que se construye una capacidad de pensamiento crítico, posibilitando de esta manera una mayor comprensión de los contenidos científicos, porque analizar el conocimiento desde las condiciones que la hicieron posible y no solo aplicando formulas matemáticas o conceptos ya terminados, de los que muchas veces no se logra determinar su aplicabilidad, va generando que se comprenda cómo funciona la ciencia. (Matthews, 1994)

En es investigación se retoma la enseñanza de concepto de la gravedad desde una perspectiva histórica epistemológica donde se procura buscar la comprensión de este concepto con el fin de buscar condiciones que se establecen para la comprensión de este concepto posibilitando al maestro crear un contextos de construcción, validación y valoración del éste, buscando que no se transmita simplemente sino que se construya espacios en el que busquen su significado de

manera colectiva. Este concepto se retoma desde la cinemática en el fenómeno de caída libre desde una perspectiva galileana, perspectiva, se analiza esta con el fin de encontrar estrategias didácticas donde el estudiante este involucrado en la construcción del conocimiento

### **Marco conceptual**

#### ***El concepto de gravedad y fuerza gravitacional en el contexto de la enseñanza***

El aprendizaje de la física resulta ser una tarea difícil para los estudiantes, al considerar que las matemáticas son el lenguaje de la física, por tal motivo ven un gran inconveniente en el proceso de matematización de los fenómenos de la naturaleza, ya que se les expone, en muchas ocasiones, como formulas y algoritmos en la que no se establecen relaciones entre los procesos matemáticos y la construcción de los conceptos físicos. (Rodríguez y Romero, 2002)

Es de reconocer entonces que en la enseñanza de la física, la matematización de los fenómenos se presenta de manera memorística, sin relación alguna con los conceptos físicos, por esta razón el aprendizaje de la física para muchos estudiantes resulta monótona, ya que su aprendizaje se

reduce a la memorización de fórmulas o a una lógica memorística de resolución de problemas de lápiz y papel.

Dicha dificultad en la relación de lo físico y lo matemático es muy común, y como consecuencia se presenta una conceptualización de la física desligada de la matemática, en la cual los sucesos se presentan como acontecimientos de causa y efecto, a los que les subyace un modelo matemático que facilita su aplicación a los conceptos físicos con el fin de resolver un problema.

Por lo tanto, tal como advierte Ayala (2008) en muchos casos se confunde la intención de darle forma a determinado fenómeno físico, con la aplicación satisfactoria de fórmulas y algoritmos matemáticos para la resolución de problemas propuestos en los libros de texto, dando como resultado de esto

(...) una falta de comprensión tanto del concepto físico, como del modelo matemático, de tal forma, que no se llega nunca a la elaboración de una visión del mundo físico y se genera una distancia enorme entre la teoría y el campo fenoménico al que se refiere. (Ayala, 2008, p 40)

Es así como muchos estudiantes frente a ésta dificultad optan por hacerla a un lado, a pesar de que en ocasiones pueden comprender lo que sucede con

determinados fenómenos físicos, pero sin involucrar la cuantificación de éstos ni el uso de las matemáticas. Esto permite pensar que se requieren estrategias de enseñanza, que logren vincular al estudiante al proceso de construcción del conocimiento físico (Aguirre, 1983).

Para intentar vincular a los estudiantes a dicho proceso, una de las herramientas con las que cuenta el docente para la enseñanza, es el libro de texto, como herramienta clave en el aprendizaje y la enseñanza escolar, que según documentos rectores de la educación, los libros de texto, deben ser un elemento que permite el acercamiento a una determinada área o disciplina del conocimiento.

Debido a ésta importancia, se hace necesario analizar la forma en que se conceptualizan los contenidos en dichos textos, específicamente la forma como se ha presentado el concepto de gravedad, ya que como lo señala Thomas Kuhn (1982) el sistema de enseñanza a través de libros de texto soportan, ciertos dogmatismos de base, es decir ciertas ideas que se han constituido como verdades inamovibles, y en muchas ocasiones obstaculizan la construcción del conocimiento.

En algunas ocasiones dicha herramienta es el producto de la construcción de personas alejadas del contexto de la enseñanza, donde son aplicados sus contenidos, hecho que genera que su uso se reduzca a la presentación de un conglomerado de teorías descontextualizadas, que de manera descriptiva

presentan los fenómenos de la naturaleza. Además, sus contenidos son presentados a través de un lenguaje técnico y exacto que promueve en los estudiantes una incapacidad para comprender y aplicar el conocimiento científico a la realidad.

Como caso particular se referencia la gravedad y la fuerza gravitacional, frecuentemente propuestos en la enseñanza de la física de forma análoga, sin una diferenciación entre ambos conceptos, dejando ver en algunos libros de texto, que “la gravedad es el resultado de la interacción entre la masa de la tierra y la masa de cualquier objeto” (Santillana, 2005). Por lo que al presentar la gravedad como el resultado de una interacción, se muestra como una fuerza y no como una aceleración, generando dificultades de orden conceptual en la apropiación de dichos términos por parte de los estudiantes.

Estos conceptos de gravedad y fuerza gravitacional, se intentan mostrar en los libros de texto bajo la interpretación de la segunda ley de Newton, que es presentada para los movimientos uniformemente acelerados, donde se afirma que  $F=m*a$ ; por lo tanto, al ser la caída libre un movimiento uniformemente acelerado, se le atribuye la misma interpretación donde la aceleración es la gravedad quedando así la formula  $F= m*g$ .

Esta interrelación se puede evidenciar en la manera como se presenta el movimiento en caída libre en algunos libros de texto donde se afirma que:

“Cuando un cuerpo cae libremente, su aceleración es la de la gravedad  $a=g$  y la fuerza que actúa sobre él es su peso  $F=w$ . por tanto, la segunda ley de Newton  $F=m*a$  nos queda  $w=mg$ ” (Valero, 1983.)

Al presentarse esta relación  $w=m*g$  y luego despejar la gravedad ( $g=F/m$ ) se obtiene que ésta va a ser inversamente proporcional a la masa, es decir, se llega a la conclusión de que la gravedad depende de la variación de la masa. Esto implica que la aceleración no es una constante, ya que va a depender de la masa del cuerpo, es decir a mayor masa, menor aceleración. Es así como se promueve el establecimiento de la relación entre la gravedad y la masa, de manera inversamente proporcional, confundiendo y correlacionándose los conceptos de fuerza gravitacional y de gravedad, ocasionando una general incomprensión de estas nociones fundamentales.

Dichas dificultades de orden conceptual se evidencian en las respuestas que dan los estudiantes frente a diversas situaciones y que corresponden a su comprensión de los fenómenos físicos, tal como lo afirma Carrascosa (2006, p 79), que una de las ideas alternativas en los estudiantes es “los cuerpos, cuanto más pesados son, antes llegan al suelo”.

Así mismo en otras investigaciones se ha podido constatar una relación entre el peso de los cuerpos y el tiempo de caída, y mediante la pregunta: “una piedra cae desde cierta altura en un segundo ¿cuánto tiempo tardará en caer

desde la misma altura otra piedra de doble masa?”, se ha encontrado un porcentaje muy alto de alumnos que consideran que el tiempo de caída se reduce a la mitad en una masa doble. (Carrascosa, 2005, p 184)

De lo anterior, es pertinente afirmar la relación que los estudiantes establecen entre la masa y la gravedad, y en consecuencia permite pensar que si hay estudiantes que consideran la acción de la gravedad en la caída de un cuerpo, pensarían que la gravedad atrae más rápido al cuerpo con mayor masa que al de menor.

De esta misma forma se ha encontrado que algunos estudiantes no reconocen que haya una fuerza necesaria para que los cuerpos caigan, sino que mantienen una idea Aristotélica de que los objetos siempre quieren ir hacia abajo, y lo explican así: “no hay fuerza en una pelota [que está cayendo]... hay una fuerza mientras la sostienes, pero en cuanto la sueltas, ya no hay fuerza en la pelota, por lo que es libre de caer, la pelota quiere ir hacia abajo entonces cuando uno la deja ir, regresa al piso.” (Mora, 2009, p 79)

En la práctica educativa se puede corroborar lo mencionado, cuando los estudiantes se enfrentan a experiencias relacionadas con el fenómeno de caída libre, en donde afirman en algunas de sus explicaciones, que los objetos cuando se dejan caer desde una misma altura, caen al mismo tiempo si tienen igual peso o masa, donde la gravedad y el tiempo de caída dependen de la masa del objeto.

Aquí es evidente que no hay una diferenciación entre el concepto de masa y peso, y cuando se hace mención de alguno de los dos, se refieren a la cantidad de materia que contiene el cuerpo, es decir a la masa.

Estas formas explicativas de los estudiantes, están determinadas por las alternativas y los espacios de construcción y reflexión de aprendizajes que ofrece el proceso de enseñanza.

No obstante se puede encontrar que el proceso de enseñanza es presentado como una transmisión de conceptos en el que no se promueve la construcción del conocimiento, ya que la reflexión en el aprendizaje no es una alternativa en el aula de clase.

Por lo anterior, se puede afirmar que es habitual encontrar en el aula de clases estudiantes que se interesan más por saber cuál es la respuesta correcta a determinado interrogante, que por analizar y dar significado a los fenómenos de la naturaleza, y así también con docentes que por su forma de ver el mundo, no promueven el pensamiento crítico en sus estudiantes, sino que se dedican a mostrar los acontecimientos físicos lo más exactamente posible, y exigen de los estudiantes respuestas verdaderas en las que se limiten a repetir leyes, coartando la posibilidad de reflexión de algunos fenómenos y teorías.

En este proceso de enseñanza se hace necesario que el docente conozca, seleccione, jerarquice, adapte las temáticas y experiencias que llevará al aula de clase, para facilitar el aprendizaje individual y colectivo de los estudiantes (Granes, y otros, 1997).

No obstante en la estructuración de los contenidos, según Aguilar (2002), la organización no debe girar solo en función de los tópicos que se van a presentar, con anticipación, el docente debe incluir entre sus interrogantes, la forma cómo concibe las ciencias, ya que éstas determinan la manera de enseñarla y decidir el qué enseñar.

En este sentido, es necesario pensar en posturas y perspectivas de enseñanza alternativas a las usuales, como es la historia y la epistemología de las ciencias ya que ésta ofrece procesos de reelaboración de los saberes que incorporan en su construcción elementos de lo social, político, histórico, y estético (recontextualización) y de reelaboración y apropiación de los conceptos de la ciencia y de otros espacios de conocimiento (reconceptualización) (Palacio, 2001).

### ***La historia y la epistemología en el contexto de la enseñanza***

Los grandes avances de la ciencia hacen cada vez más notorio que las circunstancias, hechos, personajes y eventos no deben pasar de largo como un

aspecto meramente filosófico o histórico, sino que surgen en el interior de la ciencia y por lo tanto deben ser considerados por todos aquellos cuyo interés sea la ciencia y la enseñanza de las ciencias.

En este sentido los hechos, problemas, logros y limitaciones, por los que pasa una comunidad científica, no son ajenos a ellos, sino que surgían en su cotidianidad, como personas comunes y corrientes, por lo tanto se hacía necesario pensarse a sí mismos y reflexionar acerca de su posición en el mundo y para con la ciencia.

Es así como ocurre un cambio de dirección en el que se postula el fenomenismo como una alternativa que facilita reconocer la ciencia como una construcción social y no como la presentación de una verdad absoluta e irrefutable. Al ser vista la ciencia como una construcción social, exige del individuo, procesos de reflexión constante, tanto de la forma en que se hace la ciencia, como la forma en la que se enseña esa ciencia, tal como lo afirma Cassirer “Es evidente que, en estos virajes de la investigación, la reflexión tiene necesariamente que adquirir una importancia completamente mayor y una trascendencia mucho más grande” (1979, p.3)

En vista entonces de que uno de los propósitos centrales de las ciencias, consiste en reconocer el carácter constructivo del conocimiento científico, este nuevo enfoque permite enlazar la historia y la epistemología de las ciencias, como alternativa que puede ser vinculada al proceso de enseñanza con los procesos de

recontextualización y reconceptualización, ya que permite repensar la forma positivista de ver el mundo, y en esa reflexión propicia el cambio de perspectiva hacia una visión diferente del universo, en la cual se construyen las maneras de explicar los diferentes fenómenos de la naturaleza.

En una visión positivista del mundo, se busca una total correspondencia de las teorías con el mundo real, es decir se trata de mostrar el mundo tal y como es, externo al hombre, ajeno a su realidad, ya que ésta es testimoniada por la naturaleza misma, por lo tanto la función del hombre es objetiva y consiste en descubrir dicha realidad y develarla por medio de las teorías lo más fielmente posible, para lo cual existe un método universal de investigación, y de justificación del valor de verdad de una teoría. Estos criterios son racionales y de carácter lógico, no dependen de factores sociales ni personales. (Aduriz y otros, 2006). En este sentido, tal como lo afirma Aguilar (2002) “el papel del hombre es secundario, ya que éste no construye perspectivas de la realidad sino que el sujeto está ahí frente a ella y lo único que queda es desenmarañar sus entramados y llegar a la esencia que está en las cosas mismas.”

En ésta visión, los sentidos son un fundamento valido para la comprobación de las diferentes teorías científicas. Se utiliza el razonamiento científico inductivo como la forma de generar conocimiento, donde las teorías son inducidas por lo que alcanzan a percibir los órganos de los sentidos, y se corrobora con la experimentación.

A esta perspectiva positivista subyace una visión de historia, que consiste en un cuerpo de hechos verificables e importantes por sí mismos, que el historiador encuentra acerca de cómo sucedieron, y por lo tanto merecen ser mostrados y relatados tal cual ocurrieron (Carr, 1991), es decir, el historiador tiene la libertad de buscar las formas para llegar al hecho, pero se debe llegar a los mismos datos ya que éstos son inmodificables, es decir, solo con existir ya se consideran hechos históricos.

Desde esta visión, la historia es lineal, cronológica, cargada de datos biográficos, que dan cuenta del pasado y resaltan precursores; es un relato de sucesos objetivo, donde la función del historiador es recolectar información, seleccionar y ordenar los hechos que son verdaderos, de tal forma que hablen por sí solos, y compilarlos, para ser presentados y develados ante la sociedad, sin alterarlos, de la manera más objetiva posible, ya que su descripción no debe estar alterada por su intención, ni mediada por interpretación alguna, situándose el historiador en una posición pasiva en la cual la verdad histórica se encuentra externa a él.

Al considerar la historia de esta forma, la ciencia solo puede ser vista de manera neutral, en correspondencia a la naturaleza y no al contexto social y cultural de cada época, cuya finalidad es la búsqueda de una verdad absoluta que se manifiesta a través de unas teorías, formulas o datos acerca de las leyes

presentes en la naturaleza, propuestas por determinadas personas con algún status social, cuyas investigaciones se realizan por medio de un método único, sistemático y riguroso que da cuenta de la realidad tal cual es, correspondiéndose también, con una visión dogmática de la ciencia, es decir como la forma más adecuada, precisa, útil y única de acceder al conocimiento que se encuentra sin descubrir en la naturaleza.

Dicha visión de ciencia posibilita descubrir y comprender un mundo donde la realidad debe ser entendida según los modelos proporcionados por la mecánica, e interpretada sobre la base de las nociones de materia y movimiento. Desde este punto de vista, el universo es comparado con el funcionamiento de una máquina, por lo que se le denominó visión mecanicista del mundo, y cuyas explicaciones y descripciones se hacen de la manera más sencilla posible, apelando a que las causas de la naturaleza son causas del movimiento.(Cassirer, 1979, p 12)

La presente perspectiva, tiene unas características diferenciales; en esta no se renuncia a la idea de la ciencia como una verdad objetiva que busca describir con la mayor fidelidad posible los fenómenos, en ésta los hechos científicos responden a reglas cuantitativas generales, se reducen los fenómenos físicos a movimientos y fuerzas, y el conjunto de datos percibidos desde el exterior permiten describir la realidad tal cual es. Desde este punto de vista la ciencia es considerada como un conjunto de leyes y teorías producto de los descubrimientos y organizaciones realizadas por el hombre, ajenas a éste y a sus interpretaciones.

En esta representación mecanicista no se posibilita la construcción del conocimiento ni la reflexión del mismo, por lo que no es posible asumir la ciencia como una actividad en donde el hombre puede realizar construcciones que tengan validez en un contexto determinado. (Aguilar, 2002). Es decir, el hombre carece de total protagonismo y solo es un agente de recepción y repetición de verdades científicas.

En correspondencia con lo anterior, la enseñanza se traduce en la transmisión de conceptos descubiertos ya estructurados, puesto que hay una realidad que no depende del docente, sino de la naturaleza misma, por lo que si se cree que ya el conocimiento está acabado, solo le queda transmitirlo y enseñar una ciencia como precisa, exacta e infalible. Aquí la enseñanza busca presentar dicho conocimiento de la manera más fielmente posible, sin realizar modificaciones al mismo, ya que la función de descubrir y develar los fenómenos de la naturaleza, no es tarea del docente sino de las personas encargadas de la actividad científica, es decir, no es su tarea investigar y conocer sus prácticas, seleccionar y construir, según su criterio, los contenidos físicos necesarios para su enseñanza, ni producir conocimiento a través de un proceso de formación continua. Esto conlleva a que en la enseñanza de la física, los docentes aborden unos contenidos ya establecidos en el que centren sus explicaciones, es decir la enseñanza se traduce en organizar unos contenidos para su transmisión.

Un asunto exclusivamente metodológico en el cual se considera según Aguilar (2006) que “el problema de la enseñanza de la física se puede reducir a la mera organización de conceptos o a la búsqueda de un lenguaje apropiado para transmitirlos, lo cual pone en evidencia, la clara separación que tradicionalmente se hace entre el aspecto disciplinar, conceptual, y metodológico; separación que en algunos casos motiva a abordar los problemas de la enseñanza de la física sólo desde el componente metodológico.” Bajo estas circunstancias, se puede afirmar que desde esta perspectiva los docentes saben de ciencia, pero no saben sobre y acerca de la ciencia, por lo que puede enseñar muchas teorías, formulas, o algoritmos, pero no está conectado con la génesis y la ontogénesis del conocimiento, es decir como éste cambia y por qué cambia. Este hecho conlleva a que los cursos de física se limiten a repetir leyes, formulas y teorías, referentes a los aspectos que se relacionan con los fenómenos de la naturaleza, pero sin la posibilidad de reflexionar acerca de la aplicación de éstos.

Por otra parte y reconociendo que hay diferentes formas de ver el mundo, sin que esto implique que una sea privilegiada, la historia y la epistemología conduce a una visión diferente del universo, donde la forma de conocer y relacionarse con el mundo y con la realidad es construida por el sujeto, quien se interesa más que por las causas, por la búsqueda de significados y el establecimiento de relaciones. (Aguilar, 2002).

A esta otra forma de conocer y relacionarse con el mundo, se le ha denominado fenomenismo, y es caracterizada por ser una cosmovisión que en donde no se busca encontrar las causas de los fenómenos, sino las relaciones que se establecen entre ellos. Desde esta perspectiva la realidad es construida por el sujeto. En este nuevo enfoque se pone de manifiesto el carácter constructivo e histórico del conocimiento científico, por lo tanto la historia se convierte en una tentativa que permite construir alternativas de enseñanza, pensar la ciencia de otro modo y reflexionar como maestros. Por ello, es importante conocer las posibilidades que ofrece para la enseñanza, la historia de la ciencia a la enseñanza de la misma, con el fin de poder vincularla como parte activa de este proceso (Mach,s.f, citado en Matthews, 1994 )

Desde este punto de vista la historia no se interpreta como una secuencia de datos lineales en la que se da cuenta del pasado tal como es, sino que por el contrario, es una construcción colectiva en la que se postula un hecho que debe ser validado socialmente, donde los sujetos le dan importancia a través del consenso y la apropiación de significados, siendo ésta un análisis crítico y reflexivo de acontecimientos que generan cambios, un dialogo sin fin entre el pasado y el presente (Carr, 1991, p 2).

Este acercamiento al pasado, posibilitado por muchas mentes humanas, ha permitido elaborar y construir la historia, de modo que no es posible hablar de ésta como estructuras o hechos elementales que nadie puede modificar, sino que

están mediados por los intereses e intenciones del historiador, que responden al contexto de producción de la historia (Carr, 1991, p. 6).

De esta manera la historia de las ciencias, juega un papel importante en la formación de los maestros, así como en el de la enseñanza de las ciencias, ya que para hablar de la apropiación del contenido científico en el aula, es importante comprender su proceso histórico, pues el acercamiento a la ciencia no debe eludir el desarrollo histórico de ésta. Por lo tanto, tal como lo manifiesta Kuhn “Si se considera a la historia como algo más que un depósito de anécdotas o cronología, puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia” (1971, p 1)

Es así como a esta perspectiva histórica subyace una visión de ciencia como una actividad humana orientada a la comprensión del mundo, permeada por un contexto determinado, unas intenciones y necesidades particulares, cuya enseñanza posibilita la construcción y validación del conocimiento (Rodríguez y Romero, 1999). En este sentido, la ciencia toma otro rumbo, el de una ciencia más subjetiva y humana, ya que se ponen en juego las eventualidades psicológicas e históricas del sujeto y del momento, dejando de limitarse solo al resultado de sus productos, obviando que esta se construye históricamente (Ayala, 2008, 60). Por consiguiente desde esta perspectiva la ciencia “permite darle significados a las construcciones del hombre, y se constituye en un espacio

generador de contextos de construcción y validación de conocimiento” (Rodríguez y Romero, 1999).

De este modo, al ser una construcción humana condicionada por unos contextos particulares donde surgen y se validan los conocimientos, se puede interpretar las ciencias como un sistema cultural, como, una forma particular de acercarse a la realidad, como tentativas explicativas en búsqueda de una significación, a través de un conocimiento que puede ser debatido, corregido, enseñado y confirmado (Elkana, 1983). Dicho conocimiento no es definitivo, sino que cambia a través del tiempo consecuentemente con los cambios sociales, culturales, políticos, etc. por lo tanto desde este punto de vista, no tiene cabida hablar de la ciencia en términos de verdades absolutas, ni del conocimiento científico como una acumulación de teorías, formulas o leyes que explican los fenómenos de la naturaleza, pues carece de sentido dentro de este contexto de significación.

En este sentido, se retoma el conocimiento científico como un conocimiento relativo, que va a depender de los fenómenos de la conciencia de los sujetos, donde la ciencia es algo subjetivo, condicionado por el pensamiento del sujeto (Cassirer, 1986) por lo que el conocimiento de las ciencias va a depender de las condiciones que se creen para que una determinada teoría funcione. Es de aclarar que dicha relativización de los conocimientos es como lo plantea Kuhn

(1971) más que considerar que la realidad o la verdad son relativas, que la influencia del científico en la realidad hace a la realidad de las teorías, relativa.

Esto implica reconocer y valorar que las ciencias se ven permeadas por unos valores, relaciones de poder, finalidades, intereses y problemáticas de una época y una comunidad determinada, cambiando constantemente de acuerdo con las condiciones y circunstancias de los contextos de producción y de aplicación de ésta. Particularmente facilita reconocer que los diferentes significados de la física, están unidos a contextos específicos y a condiciones propias de éste, lo que proporciona identificar la física como una disciplina construida históricamente, en la cual, no se puede acceder al conocimiento tal cual es, como lo plantea una visión realista, sino que el conocimiento físico se significa, de acuerdo con la construcción de la realidad de cada sujeto o grupo social. (Aguilar, 2006)

Desde este punto de vista, el papel del sujeto en la construcción del conocimiento científico, no es pasivo, sino que la realidad es construida por éste, quien no busca encontrar las causas de los fenómenos sino, las relaciones que se establecen entre estos. Así, el sujeto se enfrenta con una constante necesidad de interpretar y construir condiciones necesarias para la ocurrencia de los fenómenos, a través de las representaciones que se hagan de éstos.

En el marco de esta perspectiva fenomenológica, emerge una forma de enseñanza que obedece a esos modos de ver la ciencia y de la construcción

histórica que los sujetos hacen de ella, por lo cual se hace posible entonces hablar de la construcción del conocimiento, puesto que es el sujeto quien elabora, resignifica e interpreta la naturaleza y los fenómenos presentes en ella, desde el ejercicio de su pensamiento, en el que pone en juego su intención y sus bases conceptuales, así mismo, es el docente quien construye las explicaciones y alternativas de enseñanza, por lo que se convierte en protagonista y agente indispensable en el proceso educativo.

De esta manera, la enseñanza de las ciencias, posibilita al estudiante el desarrollo de su capacidad crítica y reflexiva, con miras a una mejor comprensión de los conceptos científicos que se abordan en el aula, cambiando la habitual postura del estudiante en dicho espacio, al pasar de ser un receptor de las verdades científicas ya constituidas, a un agente activo en el proceso de construcción del conocimiento científico contextualizado.

Así mismo y teniendo en cuenta la visión de ciencia que provee una cosmovisión fenomenológica, el maestro de ciencia, en este caso particular de física, tendrá en cuenta los procesos de construcción de los fenómenos en la elaboración de explicaciones desde la ciencia; proceso a través del cual puede guiar al estudiante hacia la construcción de significados que le permitan dar explicaciones acordes con el conocimiento científico.

Al respecto, es viable inferir que las posibilidades que se generan bajo este marco de referencia, se facilitan desde el vínculo con una reflexión histórica y epistemológica de la enseñanza de las ciencias que “defienden de algún modo, una versión contextualizada de ésta. Es decir, una enseñanza de las ciencias en su contexto social, histórico, filosófico, ético y tecnológico”, pues lo que se pretende, es la asignación de nuevos significados del mundo físico a partir de las representaciones que los estudiantes logran hacer de él, de acuerdo con sus intereses y con el contexto que los rodea. (Matthews, 1994)

Todo esto debido a que la historia y la epistemología, humanizan la ciencia, en el sentido en que se tienen en cuenta las características culturales, sociales, políticas en las que se desarrolla, sin separarla no solo de ese contexto histórico que hizo posible su desarrollo, sino también del momento en el que se esté dando el proceso educativo, hecho que permite modificar la imagen que se tiene de los científicos, como genios de laboratorio, a ser personas normales que sueñan, trabajan, sufren, aman, es decir personas más cercanas a los estudiantes, y en correspondencia, que éstos mismos reconozcan que ellos pueden ser hombres de ciencia. Es decir, la historia y la epistemología de las ciencias es la que hace posible reconocer que hay una forma diferente de concebir la naturaleza, esto es, una visión fenomenológica del mundo, con todas las consideraciones mencionadas.

En el proceso educativo, la historia y la epistemología facilita la construcción de rutas alternativas de enseñanza mediante la reflexión e interpretación de los fenómenos de la naturaleza, y con ello, una construcción y apropiación de nuevos significados.

En relación al docente, este enfoque le permite pensar en su labor de forma crítica y reflexiva, asumiendo su relación con la física y todo lo que esto conlleva, es decir le implica conocer las dificultades que han permitido la construcción de los fenómenos, el desarrollo de los mismos, las condiciones en las que fueron planteados y la pertinencia que tuvieron en el momento histórico en el que fueron formulados.

Por lo tanto la historia y la epistemología de la ciencia le permite estar en la capacidad de caracterizar los procesos de diferenciación conceptual que se desarrollan en la construcción de nuevos fenómenos, en la redefinición y reconceptualización de una problemática, y en la constitución de nuevos objetos disciplinares y métodos y técnicas para abordarlos (Ayala M. M., 2000).

Todas estas consideraciones acerca de la ciencia y el conocimiento científico, son importantes para el proceso de enseñanza ya que éste, está mediado por la imagen que el docente tenga de la ciencia, dicha relación que el maestro establece con su disciplina es trascendental, ya que su forma de concebir la ciencia y el conocimiento científico, es importante para el proceso educativo, ya que repercute en su modo de enseñarla, por lo tanto es necesario cuestionarse y

reflexionar acerca de la concepción de ciencia y de la relación que se tiene con el conocimiento científico, con el fin de determinar el que y el cómo enseñar. (Aguilar, 2002).

Es decir si el docente considera la ciencia como la actividad humana orientada a la comprensión del mundo y como aquella que permite darle significados a las construcciones del hombre, los espacios de conceptualización donde el docente deje ver que las ciencias cambian y que en lo correspondiente a los fenómenos de la naturaleza, no se ha dicho la última palabra y que por lo tanto no se habla de verdades absolutas, ya que es cada sujeto quien construye una interpretación del mundo, estos espacios serán ambientes en los que el estudiante construya sus propias significaciones del mundo físico, a través de la apropiación de los contenidos que son enseñados. (Rodríguez y Romero, 1999).

De esta forma las clases se tornan atractivas y reflexivas, ya que no buscan la utilización de fórmulas, algoritmos o leyes, que responden a determinados fenómenos de la naturaleza, y que en muchas ocasiones no se logra determinar su aplicabilidad, sino que se pretende que reconozcan y conozcan el desarrollo histórico epistemológico de esta, y su funcionalidad en el contexto actual.

Es así como por todas estas facultades se le apuesta a la integración de la historia y la epistemología al proceso de enseñanza de las ciencias, pues según

Matthews, 1994, el incluir la historia y la epistemología en el proceso educativo, mejora la enseñanza de las ciencias porque motiva a los estudiantes, despertando el interés por las ciencias, facilita la comprensión de los conceptos científicos ya que permite al estudiante hacer una construcción de estos, otorga un valor intrínseco a la comprensión de ciertos acontecimientos importantes en la historia de las ciencias, y de cómo estos son validados y aceptados por una comunidad científica. De esta forma se muestra la ciencia como una actividad humana que cambia con el tiempo, por lo que en las ciencias, desde esta perspectiva no es posible hablar de verdades absolutas e inmodificables.

De esta forma, y en correspondencia con los intereses de la investigación, que pretende la recontextualización del concepto de gravedad, se asume dicha visión fenomenológica, que por su forma de concebir la realidad e interpretar las ciencias, ofrece la posibilidad de esa nueva significación de este concepto.

En este sentido, se hace necesario para la recontextualización, el análisis del teórico Galileo, evidenciando en él postulados y metodologías que dan forma al concepto de gravedad, con el fin de dar cuenta de los fundamentos de éste para crear a partir de allí la resignificación de los mismos, esto sin la pretensión de enmarcar a Galileo en una visión determinada, sino comprender como éste comprendía el mundo y a partir de allí lo explicaba.

### ***Formalización del concepto de gravedad desde la perspectiva galileana***

En la búsqueda de una recontextualización de saberes, que implican la producción de nuevos significados, donde se sitúe el conocimiento de manera significativa en un contexto distinto al que dicho conocimiento se originó, es necesario retomar el conocimiento de origen donde se crean las condiciones iniciales para que un determinado conjunto de teorías funcionen y puedan ser comprendidas (Berstein, 1975).

El análisis de los clásicos, permite entre otras cosas, reconocer que los conceptos no son fijos, sino que cambian de acuerdo con la época y la forma de concebir el mundo, considerar el contexto cultural en el que fue producido dicho conocimiento y a partir de ahí entender los problemas y dificultades a que se vieron sometidos, y por medio del conocimiento y la comprensión de todos estos aspectos, facilita una comparación entre las formas explicativas de estos y las recontextualizaciones que se dan del conocimiento científico (Granes, Caicedo, 1997). Es decir, el análisis de los textos originales permite enriquecer el concepto, flexibilizándolo y sugiriendo nuevos significados y relaciones (Kuhn, 1982).

Es por esto que, en la recontextualización de los conceptos gravedad, se hace necesario, retomar la construcción de mundo de Galileo. Al abordar a Galileo lo que se busca es una reorganización de la fenomenología, desde una perspectiva cinemática ejemplificada en el movimiento de caída libre. Con esta

finalidad, se pretende en los siguientes apartados “dar forma a los propios modos “internos” de reconocer y elaborar el mundo y a los aspectos “externos” según los cuales, el acaecer del mundo puede ser reconocido” (Ayala y otros, 2008, p 21).

Este proceso denominado “Formalización” requiere por lo tanto, un estudio y análisis riguroso del pensamiento galileano, que intentan dar forma a los conceptos de gravedad que se pretenden abordar en la presente investigación, ya que el conocimiento de su génesis posibilita la recontextualización de los mismos en la enseñanza actual.

***A propósito de los fenómenos mecánicos: la formalización del movimiento de caída libre desde la perspectiva galileana.***

La manera de Galileo formalizar los problemas relacionados con el movimiento de los cuerpos no se limita a adaptar una estructura matemática a determinado fenómeno físico con el fin de darle sentido, sino que construye significados físicos y matemáticos al mismo tiempo, estableciendo una relación física-matemática, a partir de una particular metodología en la que hace uso de la experiencia sensible y la experimentación mental. (Malagón, 1988)

**Los experimentos mentales en la construcción de fenomenologías.** Galileo muestra una nueva manera de enfrentar los fenómenos naturales, donde la formulación de sus postulados y las consecuencias de éstos anteceden y guían un proceso de observación. Es así como Galileo se vale de ciertos procesos mentales, en los que realiza una serie de experimentos bajo condiciones ideales, tales como, planos inclinados perfectamente lisos o la no existencia de resistencia de algún medio. (Koyré, 1977)

De lo anterior se deduce que Galileo en la construcción de sus postulados, se vale de acciones en su pensamiento permitidos por una serie de conocimientos ya estructurados en su pensamiento, es decir una experimentación mental, donde crea una condiciones fijas y verdaderas que se cumplen en su teoría física a las que denomina definiciones, bajo las cuales se da la ocurrencia de los fenómenos. Debido a que son experimentos mentales no tienen que demostrarse, siendo así condiciones necesarias e invariantes, creadas para que un fenómeno determinado ocurra.

Las bases conceptuales que poseía Galileo a partir de la experiencia y de los conocimientos ya estructurados en su pensamiento, fue lo que le permitió la creación de una estructura metodológica, que se establece en la utilización de unas definiciones, axiomas, teoremas y proposiciones para dar organización a los fenómenos. Es así como en su estructura metodológica, las definiciones nacen de la experiencia y son su sustento teórico que garantiza la ocurrencia de los

fenómenos, estas definiciones dan pie a unos axiomas que son las condiciones que deben cumplirse para que dichos fenómenos se lleven cabo, que se corresponden con la definición, y darán forma a unas proposiciones que le permiten ejemplificar o expresar geoméricamente la ciencia del movimiento.

Otra herramienta metodológica, correspondiente a la experimentación mental que realizaba Galileo para validar su conocimiento y explicación del mundo físico, es escribir a partir de unos diálogos con los cuales pretende llevar al lector a la identificación de dos modelos explicativos, donde los interlocutores son tres personajes simbólicos, cada uno de los cuales representa una tendencia propia, donde Salviati representa el pensamiento galileano, Sagredo es un personaje culto de mente clara, cuyo interés no es ubicarse a favor de ninguna de las posturas, sino indagar y aprender no proponiendo un punto de vista nuevo, sino haciendo notorio las contradicciones y dificultades que podrían emerger entre los otros dos personajes en el transcurso del dialogo y Simplicio defiende una posición aristotélica dominante en la época. (Koyré, 1977).

A continuación a modo de ejemplo, se retoman algunos fragmentos del dialogo, con el fin de identificar algunas características del fenómeno de caída libre, en los dos modelos explicativos que propone Galileo:

*“Salviati: ....los primeros movimientos [impeti] del cuerpo que cae por muy pesado que sea, son enormemente lentos...*

*imaginémonos una pesada piedra que está en reposo en el aire; si se quita el soporte y se deja en libertad, al ser más pesada que el aire, comienza a descender, pero no con movimiento uniforme, sino que, siendo su movimiento lento al principio, se va después acelerando continuamente...*

*Simplicio. Pero si los grados de lentitud cada vez mayores son infinitos, entonces jamás llegaran a consumirse todos. De ahí que el grado ascendente en cuestión no llegara jamás al reposo, sino que se moverá infinitamente cada vez más despacio, cosa que no parece suceder.*

*Salviati: ocurriría esto señor Simplicio si el móvil permaneciera durante cierto tiempo en cada grado de velocidad; lo que ocurre simplemente es que pasa sin emplear más de un instante. Y puesto que en cualquier intervalo de tiempo, por muy pequeño que sea, hay infinitos instantes, estos serán siempre suficientes para corresponder a los infinitos grados con los que puede ir disminuyendo la velocidad...*

En este fragmento se logra evidenciar como Simplicio plantea un movimiento en caída libre donde en cualquier instante de tiempo el cuerpo posee los mismos grados de velocidad, es decir esta idea obedece a los planteamientos de un

movimiento uniforme. En el caso de Salviati, en el movimiento de caída los grados de velocidad van aumentando a medida que aumentan los instantes de tiempo, siendo el aumento de los grados de velocidad en el tiempo, constantes.

Por otra parte:

*SALV..... no es verdad que un móvil más pesado se mueva a más velocidad que un móvil más liviano, con tal de que ambos sean de la misma materia,... Pero decidme antes, señor Simplicio, si admitís que a todo cuerpo pesado en caída libre le corresponda una velocidad determinada, de modo tal que no se pueda aumentar o disminuir a no ser que le hagamos violencia o le pongamos alguna resistencia.*

*SIMP. ...el mismo móvil en el mismo medio tiene una velocidad reglamentada y determinada por la naturaleza, la cual no podrá aumentarse a no ser por un impulso [impeto] nuevo ni disminuirse si no es recurriendo a algo que la obstaculice y la retarde.*

*SALV. Entonces, si nosotros tuviéramos dos móviles, cuyas velocidades naturales fuesen distintas, es evidente que si uniésemos ambos, el más rápido perdería velocidad por obra del más lento, mientras que éste aceleraría debido al más rápido. ¿Estáis de acuerdo con lo que acabo de decir?*

*SIMP. Me parece que las cosas deben, ciertamente, suceder así.*

*SALV. Pero si esto es así. y si es verdad, por otro lado, que una piedra grande se mueve, por ejemplo, con una velocidad de ocho grados y una piedra pequeña, con una velocidad de cuatro, si las unimos, el resultado de ambas, según lo dicho, será inferior a ocho grados de velocidad. Ahora bien, las dos piedras juntas dan por resultado una más grande que la primera que se movía con ocho grados de velocidad; de lo que se sigue que tal compuesto se moverá a más velocidad que la primera de las piedras sola, lo cual contradice vuestra hipótesis. Veis, pues, cómo suponiendo que el móvil más pesado se mueve a más velocidad que el que pesa menos, concluyo que el más pesado se mueve a menos velocidad. (p.p 148, 149)*

En estos apartados, se genera una discusión entre Simplicio y Salviati en torno a la dependencia de la velocidad de caída del cuerpo con la masa, donde se observa que para Simplicio la velocidad de los cuerpos es directamente proporcional a la masa de estos, pues a cada cuerpo según su masa le corresponde un determinado grado de velocidad, al ser este grado de velocidad solo modificable cuando se le aplica una fuerza externa, mientras que para Salviati, la masa no influye en la velocidad de caída de los cuerpos. A esta conclusión llega Salviati partiendo de los mismos postulados que permiten ver a Simplicio en sus contradicciones.

En otra parte de los diálogos se puede evidenciar que en su intento por explicar la velocidad de caída de los cuerpos, Simplicio relaciona la densidad del medio con la caída de los mismos, proponiendo una relación inversa entre estos. Es decir a mayor densidad del medio menor es la velocidad de caída. Salviati por el contrario demuestra que tal relación no se da de esta manera, debido a que hay cuerpos que caen con un grado de velocidad en el aire, por lo que deberían también caer con algún grado de velocidad en el agua, hecho que no sucede de esta forma, ya que se observa que algunos cuerpos en el agua flotan. Por lo tanto es pertinente afirmar que esta relación no es concebible en el pensamiento de Galileo, por lo que plantea que la diferencia de densidades determina el grado de velocidad con que cae el cuerpo, es decir, es la diferencia de densidades entre el medio y el cuerpo, la que determina la caída, además considera que puede existir un medio en que la densidad del medio sea cero, es decir un espacio vacío, donde la caída no va depender de la masa del cuerpo.

*SALV. ...si fuese verdad que el mismo móvil, en medios de diferente sutilidad y rarefacción, en suma, de diversa consistencia, como son, por ejemplo, el agua y el aire, se desplazase en el aire con una velocidad mayor que en el agua, según la proporción de la rarefacción del aire y de la del agua, se seguiría que cualquier móvil que descendiese a través del aire lo haría también a través del agua; lo cual es falso, ya que muchísimos cuerpos descienden en el aire mientras que en el agua no sólo no descienden sino que emergen hacia la superficie .*

*SALV. ...Pero, decidme, si la consistencia del agua, o cualquier cosa que retrase el movimiento, guarda una proporción determinada con la*

*consistencia del aire, que lo demora menos; y en caso de que se dé tal proporción, asignadle el valor que os plazca.*

*SIMP...Pongamos, ahora, que sea en una proporción de diez a uno y que, por tanto, la velocidad de un cuerpo que desciende en ambos elementos, tendrá una velocidad diez veces menor en el agua que en el aire.*

*SALV. Tomemos ahora uno de esos cuerpos que caen en el aire, pero no en el agua, como sería el caso de una bola de madera. Os pido que le asignéis la velocidad de caída en el aire que más os guste.*

*SIMP. Demos a tal velocidad un valor de veinte grados.*

*SALV.... Es evidente que tal velocidad puede tener, con respecto a cualquier otra más pequeña, la misma proporción que la consistencia del agua con respecto a la del aire, siendo ésta una velocidad de solamente dos grados; de modo que, en buena lógica, conforme a la regla de Aristóteles, se debería concluir que la bola de madera que, en el aire, medio cuya resistencia es diez veces menor que la del agua, desciende a una velocidad de veinte grados, en el agua debería descender a dos grados sin subir desde el fondo a la superficie que es lo que realmente ocurre. A no ser que quisierais decir que el ascenso a la superficie de la madera en el agua, es lo mismo que descender a una velocidad de dos grados, cosa que yo no creo. Pero si la bola de madera no cae al fondo, supongo que me concederéis que podríamos*

*encontrar otra bola de una sustancia distinta a la de la madera que descendiera en el agua a una velocidad de dos grados.*

Por otra parte se evidencia también que una forma que utiliza Galileo para sostener sus explicaciones es la experimentación mental, como un recurso en el que pone a jugar la imaginación, para analizar la naturaleza de las cosas. En esta se construye un escenario hipotético en el que se recrean situaciones con unas variables determinadas para la ocurrencia de los fenómenos.

Mediante esta metodología Galileo ponía en juicio problemas y situaciones auténticas con el fin o de refutarlas en el caso de no estar de acuerdo o de afirmarlas, haciendo representaciones dinámicas en las que se hacían simulaciones imaginarias de los fenómenos, pero no al azar sino dirigidas mentalmente sin necesidad de realizarse físicamente, y con el objetivo de extraer unas conclusiones acerca de una situación o fenómeno dado, siendo frecuente que acompañara dicha experimentación mental, por dibujos e ilustraciones.

Esta estrategia utilizada por Galileo está permeada por todo un constructo teórico de base, que le permitía realizar las deducciones y escenarios posibles, ya que la ocurrencia de determinado fenómeno está determinada por las condiciones y contextos que le acompañen.

**El papel de la experiencia sensible, en la organización de fenomenologías en la perspectiva galileana.** En su formalización, Galileo no solo utiliza la experimentación mental como estrategia metodológica, sino que además en sus postulados, juega un papel importante la experiencia sensible, debido a que sus constructos teóricos venían permeados por la forma en la que interactuaba con el mundo exterior; su forma de representarlo habla de su propia visión del mundo físico.

De esta manera se identifica en Galileo, que las observaciones que hace del mundo físico, no se limitan solo a tratar de ver el mundo de una forma diferente, sino que esta forma de concebirlo, está mediatizada por su representación e idealización, hecho que le permite manipular las explicaciones de los fenómenos desde su pensamiento. Además esto se ejemplifica cuando plantea que para poder hablar de movimiento uniformemente acelerado, se debe observar primero la caída de los cuerpos que ocurre de manera natural: (Galilei, 1976, 276)

“... desde el momento que la naturaleza se sirve de una determinada forma de aceleración, en los cuerpos pesados en caída libre, hemos decidido estudiar sus propiedades haciendo que la definición que hemos de dar acerca del movimiento acelerado en cuestión corresponda a la esencia del movimiento naturalmente acelerado”

Es así como la definición del movimiento uniformemente acelerado surge de la observación del movimiento de caída libre o movimiento naturalmente acelerado, como un movimiento que ocurre en la naturaleza, tomándose la caída de los cuerpos como prototipo para la conceptualización de dicho movimiento. De aquí es posible inferir, en Galileo, la importancia de la experiencia sensible en los postulados que dan origen a su teoría del movimiento y en especial al concepto de aceleración en el fenómeno de caída libre de los cuerpos.

En su estructura metodológica, Galileo plantea una particular manera de relacionar la matemática y la física, ya que se vale de éstas para construir una explicación a los diversos fenómenos.

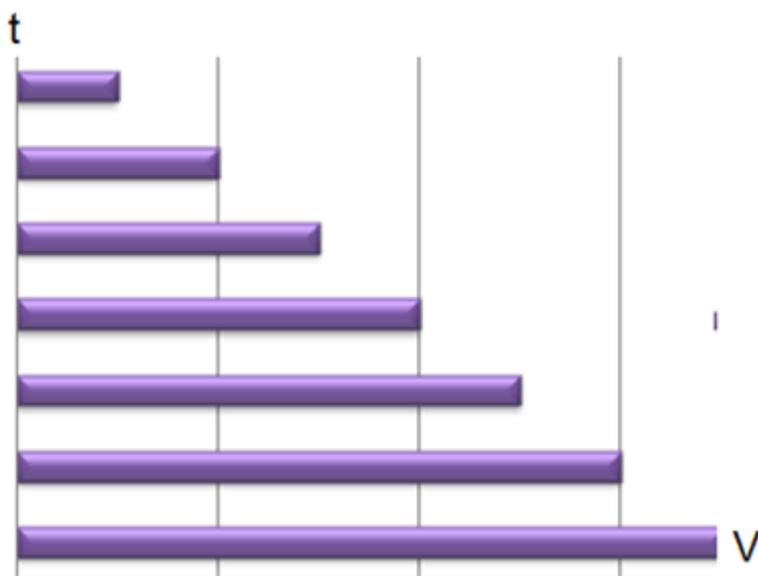
**Relación física-matemática en la formalización del fenómeno de caída libre en Galileo.** Galileo en sus fundamentos explicativos, no pretende dar unas formulas o algoritmos matemáticos, a través de los cuales se puedan resolver las diferentes situaciones del mundo físico, sino establecer unas relaciones proporcionales en las variables físicas que intervienen en los fenómenos, no obstante en este proceso Galileo considera todos los objetos como construcciones matemáticas.

Dichas relaciones proporcionales generan proposiciones matemáticas que a su vez explican, un fenómeno físico, siendo estas relaciones de constitución, pues no se concibe las construcciones físicas separadas de las construcciones matemáticas.

Dentro de la matematización de los fenómenos físicos, Galileo representa por medio de longitudes las variables que él considera, permiten explicar el fenómeno de caída libre (tiempo, velocidad y gravedad) Esto lo hace también con el fin de relacionar variables de la misma clase al ponerlas todas en el lenguaje de las longitudes.

De esta forma establece entonces relaciones geométricas, con el fin de construir definiciones, teoremas, proposiciones y axiomas, construyendo una serie de magnitudes y relaciones que dan cuenta de un determinado fenómeno (Malagón, 1988) Es el caso de su definición sobre movimiento uniformemente acelerado:

“del mismo modo que la igualdad y uniformidad del movimiento se define y se concibe sobre la base de la igualdad de los tiempos y de las espacios (...) así también, mediante una subdivisión uniforme del tiempo, podemos imaginarnos que los aumentos de velocidad tengan lugar con la misma simplicidad. Podremos hacer esto en cuanto determinemos teóricamente que un movimiento es uniformemente y, del mismo modo, continuamente acelerado, cuando en tiempos iguales, se les tome de la forma que se quiera, adquiera incrementos iguales de velocidad.” (Galileo, 1976, p 278)



**Gráfica 1**

La grafica 1 simboliza la variación de la velocidad en el tiempo, donde los rectángulos representan los grados de velocidad en un instante de tiempo determinado.

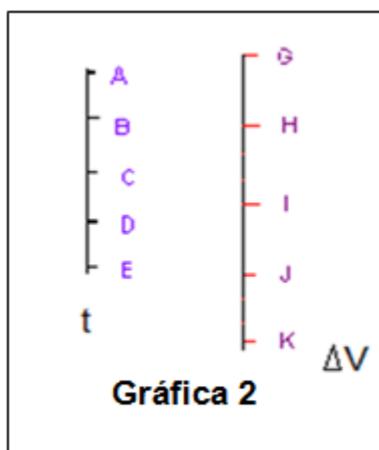
Del texto y de la representación de la gráfica, se puede inferir que las condiciones que Galileo establece para que ocurra el movimiento uniformemente acelerado, es que en intervalos iguales de tiempo los incrementos de velocidad también sean iguales.

De esta manera, para Galileo un movimiento que en periodos de tiempo iguales  $t$ , tenga los mismos incrementos de velocidad  $V$ , corresponden a un movimiento con una aceleración continua y constante.

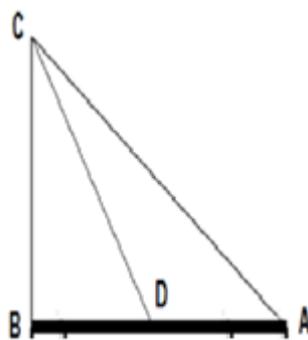
Al graficar dicha relación como se muestra en la Grafica 2, se puede evidenciar que el cambio en los grados de velocidad es constante, estableciendo una relación entre el tiempo y la velocidad, de la siguiente manera:  $V \propto t$ . Al pasar esta relación en términos de una ecuación, daría como resultado  $V = k.t$ , siendo  $k$  una constante que en el movimiento de caída libre corresponde a la aceleración de la gravedad.

Galileo en su imaginación representa el tiempo y la velocidad por medio de longitudes, mediante una línea que divide en partes iguales y hace los cambios entre estos, comparables, siendo ya una misma magnitud.

Así, en la gráfica 2, la línea AE simboliza el tiempo y la línea GK los cambio de velocidad, entonces, por definición de movimiento uniforme y continuamente acelerado tenemos que si AB, BC, CD y DE representa segmentos iguales de tiempo y GH el cambio de velocidad en el tiempo AB, entonces los segmentos de cambio de velocidad GH, HI, IJ y JK también van a ser iguales.



Por otra parte, Galileo considera que los grados de velocidad que alcanza un objeto en planos inclinados de manera diferente, son iguales cuando las alturas de los mismos planos son también iguales, es decir el ángulo de inclinación es distinto, mientras las alturas son iguales. Así al dejar caer una esfera a través de los planos inclinados CB, CD y CA (Gráfica 3 ), que se encuentran a la misma altura, pero el ángulo de inclinación es diferente, el tiempo de caída y la velocidad final entre las trayectorias son iguales. Mientras que los espacios recorridos y la aceleración son diferentes.



**Gráfica 3**

En el movimiento de caída libre Galileo plantea una aceleración con la que los objetos caen, generada por la interacción entre un cuerpo cualquiera y la tierra, esta aceleración es constante y surge de la relación entre el cambio de velocidad y el tiempo de caída. Dicha interacción entre la tierra y cualquier objeto se denomina en la actualidad, fuerza gravitacional y el efecto de dicha interacción, es decir la aceleración, es la llamada gravedad.

## **Metodología**

### ***Caracterización de la investigación***

Esta investigación se apoya en los aportes de la metodología cualitativa, pues se tiene como propósito comprender la forma en que los sujetos se acercan a la visión del fenómeno de caída libre de los cuerpos, a partir de las interpretaciones que realicen las investigadoras, ya que este enfoque metodológico se justifica desde la importancia que éstas le han dado a la interpretación, la cual está mediada por la estructura conceptual de dicho enfoque, a lo que al respecto afirma Stake “la interpretación observacional de los fenómenos, estará conformada por el talante, la experiencia y la intención del investigador”. (1995, p 86)

Desde esta perspectiva se ha establecido una ruta de interpretación para asignar significados que responden a los intereses de las investigadoras, hecho que no implica que dicha ruta sea lineal e inmodificable a lo largo de la investigación, como lo afirma Cisterna:

“(…) el sujeto es quien construye el diseño de la investigación, recopilación de la información, la organización y le da sentido, tanto desde sus estructuras conceptuales previas, como desde aquellos hallazgos que surgen de la propia investigación, la que luego se colectiviza y se discute en la comunidad academia” (2005, p 62)

Por las razones expuestas anteriormente, se pretende una reconstrucción conceptual y asignación de significados a través de las experiencias obtenidas en dicha investigación; experiencias que no son solo procedimentales sino de aprendizaje del componente humano que interviene en la construcción del conocimiento a partir de sus vivencias, creencias, intereses, prejuicios, sentimientos, entre otros. Hecho que implica un análisis crítico de la información obtenida.

En este sentido, al ser esta investigación de corte cualitativo, donde prevalece la interpretación, se asume como una tentativa abierta a diferentes opiniones y discusiones, desconociendo y malinterpretando su empatía, es decir su interés por atender a la intencionalidad de las investigadoras-

Por tal motivo y buscando particularidad en la investigación, se optó por el estudio de casos, que con sus aportes, permite abarcar un caso particular y ser rigurosos en la interpretación de éste, al respecto afirma Stake (1995, p 11) “El estudio de casos es el estudio de la particularidad y de la complejidad de un caso singular, para llegar a comprender su actividad en circunstancias importantes”

Por lo tanto, se pretende la particularidad dejando de lado la intención de generalizar, y en esa particularidad se busca conocer como comprenden los 5 casos seleccionados, el fenómeno de caída libre, ya que la dinámica de la investigación cualitativa trata de identificar la naturaleza profunda de las realidades de los casos, su estructura y las relaciones que se establecen, es decir, se pretende la comprensión de los casos en su individualidad y cómo estos interpretan y construyen significados acerca del fenómeno de caída libre.

Desde este punto de vista, la investigación cualitativa siempre tiene un carácter fenomenológico que expresa la relación dialéctica que surge en la relación intersubjetiva entre las personas que conforman la unidad de estudio. (Ruíz Olabuénaga, 1996 citado por Cisterna, p 65)

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la pretensión es la comprensión de la visión del fenómeno de caída libre y para esto se hace uso de 5 casos, que permitieron indagar sobre dicha visión, y no el estudio de los casos mismos, estos propósitos son particulares del estudio instrumental de casos, donde la finalidad no es el estudio de un caso particular, sino que el caso es un medio o instrumento útil para llegar a la comprensión del fenómeno, por esta razón es un estudio de caso instrumental.

### ***Contextualización***

Esta investigación se llevó a cabo en la institución educativa Comercial de Envigado, donde se eligieron los 5 casos para realizar la investigación, ubicada en el barrio La Mina en la dirección: Calle 41 Sur N° 26 – 158 del Municipio de Envigado en el departamento de Antioquia; este es un plantel educativo oficial y mixto con una población estudiantil correspondiente al estrato socioeconómico uno, dos y tres, siendo predominante el estrato dos.

Para la elección de los 5 casos, que se encuentran en un rango de edad de 14 a 16 años, se tuvo en cuenta el interés que presentaban por el área de la física, la disponibilidad para participar en la investigación y que representaran beneficio a las intenciones de la investigación.

El tiempo de duración de la investigación fue de año y medio, dividido en tres semestres los cuales determinaron la dinámica investigativa en tres fases respectivas, cada una asociada a un semestre, en las cuales se desarrolló de manera paulatina la investigación, realizando 5 intervenciones con una duración aproximada de dos horas cada una.

### ***Fases de la Investigación***

El desarrollo de la investigación consta de tres fases, a través de las cuales se llevó a cabo la estructuración de la misma. En estas se plantea la construcción del cuerpo del documento de forma organizada más no lineal, ya que en cada una de éstas se reflexiona acerca de lo planteado anteriormente con el fin de lograr una correlación de todas las partes, y que gracias a la flexibilidad que otorga la investigación cualitativa se pueden replantear y reestructurar en la marcha de la investigación.

Además de la reflexión constante, las fases de investigación están permeadas por un proceso de revisión de expertos y de pares de la línea de investigación en historia y epistemología de las ciencias, a través del cual se sometieron a consideración cada uno de sus componentes, buscando con ello aumentar su validez, claridad y confiabilidad.

Este proceso de validación recibió aportes en medio de las socializaciones, debates, diálogos, exposiciones de avances, puestas en común, consensos, entre otros; llevados a cabo en la línea de investigación en Historia y Epistemología de las ciencias, de la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia. Estos aportes se realizaron con rigurosidad con el fin de lograr claridad, coherencia y concreción al momento de la puesta en común definitiva.

**Fase I** En esta primera fase se construyeron algunos de los componentes estructurantes de la investigación y se realizó la identificación y caracterización del contexto en la que se llevó a cabo la investigación.

Los componentes de la investigación que se trabajaron en esta fase son:

- ✓ Los antecedentes consistieron en la indagación de textos, autores, publicaciones, otras investigaciones y demás referentes que dieran claridad a la formulación del problema de investigación.
- ✓ El planteamiento del problema se realizó bajo tres ejes: el análisis del concepto, el uso de la historia en los libros de texto y la enseñanza de este en el contexto escolar.
- ✓ La formulación del problema fue dada por el rastreo bibliográfico y el planteamiento del problema, surgiendo de esta manera la pregunta que orientó el proceso de investigación.
- ✓ Los objetivos se formularon con el fin de establecer una ruta que permitiera el desarrollo de la investigación.
- ✓ Componente del marco conceptual: en esta fase se realizó un acercamiento al teórico que se pretendía analizar.
- ✓ Componente de la metodología: se definió el enfoque y el método de investigación acorde con los intereses del proyecto.

**Fase II** En esta fase se continuó con la construcción del marco conceptual, además del diseño, la validación y la aplicación del primer instrumento que posibilitó la indagación de los modelos explicativos de los estudiantes acerca de la temática de la investigación.

- ✓ Construcción del Marco Conceptual. Para el desarrollo de éste componente de la investigación se realizó un análisis conceptual a partir del contexto de la enseñanza, la historia y la epistemología y el análisis de Galileo como teórico base de esta investigación. Para este último se establecieron las siguientes categorías que posibilitaron el análisis: el uso de la experimentación mental, el uso de la experiencia sensible, la relación física y matemática.

Aunque se estableció esta ruta de análisis para la construcción del marco conceptual, debido a la flexibilidad que otorga el enfoque de la investigación cualitativa, ésta se modificó en el transcurso de su desarrollo, como también otros componentes de la investigación que requerían revisiones constantes y mejorar su organización.

- ✓ Primer Instrumento. El diseño de este instrumento fue dirigido a la identificación de los modelos explicativos que tenían los estudiantes acerca de las variables que influían en el fenómeno de caída libre, mediante una actividad experimental dividida en tres momentos, en los

que los casos observaban la ocurrencia del fenómeno y daban respuestas a unas preguntas formuladas acerca del mismo.

Este instrumento se sometió a validación de pares de la línea de investigación de historia y epistemología de las ciencias, con el fin de revisar la coherencia interna del instrumento, la claridad de las preguntas y la rentabilidad de las respuestas de los estudiantes en beneficio de los intereses de la investigación. Posteriormente mediante una prueba piloto aplicada al grupo de estudiantes del grado 10º2 de la Institución Educativa Comercial de Envigado (Ver anexo1)

**Fase III.** En esta fase se aplican los instrumentos restantes con el fin de recolectar datos, y sistematizar la información obtenida para posteriormente analizarla y llegar a los asertos de la investigación.

✓ Segundo instrumento

Consistió en la grabación de la información arrojada por los casos a través de la técnica de una entrevista semiestructurada con la que se pretendía profundizar en algunas de las respuestas arrojadas en el primer instrumento.

Como base se tenían 8 preguntas abiertas que buscaban comprender las relaciones que establecían los casos entre las variables del fenómeno de caída libre, es decir comprender éstos se acercan al fenómeno de caída libre, su terminología, sus percepciones y experiencias individuales, no obstante se tenía la libertad para profundizar en alguna idea que pudiera ser relevante, realizando nuevas preguntas y proporcionando a los casos un ambiente adecuado donde pudieran expresar en sus palabras su propia forma de sentir.

La validación se realizó mediante el consenso con los pares de la línea de investigación, con el fin de verificar la claridad y pertinencia de las preguntas. (Ver anexo 2)

#### ✓ Tercer Instrumento

Este instrumento se diseñó con base en un fragmento de los diálogos de Galileo, donde se planteaba una discusión entre Salviati y Simplicio respecto a si se presentaba cambio de la velocidad en la caída libre de los cuerpos. Consistió en relacionar los grados de velocidad con instantes de tiempo de caída de un cuerpo, a través de una gráfica que permitió comprender como los casos veían el movimiento en este fenómeno, analizándolo a partir de un cuestionario de 4 preguntas y de sus representaciones en la gráfica.

La validación de éste instrumento se realizó por parte de expertos tanto del área de la física como de la historia y la epistemología de las ciencias. (Ver Anexo 3)

✓ Cuarto Instrumento

Este instrumento hace referencia a las ejemplificaciones experimentales que Galileo planteaba para demostrar sus postulados sobre el movimiento, además de las discusiones que éste autor establecía en los diálogos, acerca de la relación que había entre el tiempo de caída de un cuerpo, la masa y la velocidad.

Corresponde a una actividad experimental con planos inclinados de la misma altura pero de diferente ángulo, en el que se pretendía comprender como los casos relacionaban las variables de masa, altura y velocidad con el tiempo de caída de un cuerpo.

Su validación se realizó en el grupo de investigación de la línea de historia y epistemología de las ciencias de la facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

(Ver anexo 4)

✓ Quinto Instrumento

Consistió en grabar la información que arrojaron los casos a través del método de entrevista semiestructurada con el fin de concretar las posturas de los casos y articular las ideas que estos tienen del fenómeno de caída libre de los cuerpos.

Este instrumento surgió de la recolección de la información y el análisis del tercer y cuarto instrumento, su estructura se basó en una plantilla de diez experiencias mentales, las cuales se realizaban a cada caso particular de acuerdo con las dudas que surgieron en las investigadoras acerca de las respuestas que estos arrojaban frente al fenómeno de caída libre como movimiento uniforme o uniformemente acelerado y su dependencia con la masa. El propósito fue maximizar el significado que para ellos tuvo dicho fenómeno, buscando respuestas que reflejaran su pensamiento.

Este instrumento se validó por expertos en física, y pares del grupo de investigación en historia y epistemología de las ciencias. (Ver anexo 5)

#### ✓ Sistematización

La sistematización se realizó a través de matrices de doble entrada de la siguiente forma: cinco para instrumentos, en la que se logró la triangulación entre cada instrumento y casos, entre instrumentos y casos y modelos teóricos y casos. Estas matrices recopilaron la información buscando una correspondencia con las categorías apriorísticas que se establecieron en el

marco conceptual que son: caída libre de los cuerpos como movimiento uniforme, caída de los cuerpos como un movimiento uniformemente acelerado, tiempo de caída de los cuerpos dependiente de la masa y cuerpo de caída independiente de la masa, tiempo de caída dependiente de la altura y velocidad de caída en función de la densidad del medio y velocidad de caída en función con la diferencia entre la densidad del medio y la del cuerpo.

Además, se tuvo en cuenta las categorías que surgieron durante la aplicación de los instrumentos a los casos, algunas de estas son: Tiempo de caída de un cuerpo en función de la masa, la velocidad de caída en función del peso, la caída libre con velocidad constante, la caída libre con velocidad variable, la velocidad dependiente de la resistencia del aire, tiempo de caída de un cuerpo en función del ángulo de inclinación, velocidad en relación con el ángulo de inclinación, aceleración en relación con el ángulo de inclinación, tiempo de caída independiente de la masa.

- Análisis de los hallazgos

El análisis de los datos se realizó por interpretación directa, donde se tomaron oraciones o párrafos completos y se interpretaba sobre la idea principal que dominaba, sacando de éstas las categorías emergentes.

Para este análisis se utilizaron dos estrategias, una de ellas es la correspondencia por modelos, que buscaba establecer una relación entre los modelos explicativos de los casos y los modelos teóricos que surgieron del análisis del texto “consideraciones y demostraciones matemáticas de dos nuevas ciencias” (Galilei, 1976), la otra es la triangulación, dirigida a cruzar la información encontrada en tres fuentes: los instrumentos, que dan cuenta de los modelos explicativos, categorías emergentes y casos, marco conceptual, donde se encuentran los modelos teóricos, categorías apriorísticas y las miradas de las investigadoras y otros pares académicos.

La triangulación se retoma como parte primordial en los procesos de la investigación, con enfoque cualitativo ya que según Cisterna, se refiere a “La acción de reunión y cruce dialéctico de toda la información pertinente al objeto de estudio surgida en una investigación por medio de los instrumentos correspondientes y que en esencia corresponde al corpus de resultados. Por ello la triangulación de la información es un acto que se realiza una vez concluido el trabajo de recopilación de la información.”(2005, p 63).

En este sentido se afirma que la triangulación es una metodología importante en el proceso de consenso de información en la investigación cualitativa, debido a que permite minimizar y reducir al mínimo las falsas interpretaciones ya que la información se descifra desde diferentes miradas, para

este proceso las miradas fueron la de los casos, la de Galileo y la de las investigadoras.

Es por ello que en esta investigación se planteó la triangulación como estrategia que buscó la precisión y validación de la información arrojada por los instrumentos, proporcionando el rigor necesario para tomar esta investigación como científica, ya que al ser de enfoque cualitativo es una investigación subjetiva e interpretativa que depende del contexto, por lo tanto requiere una técnica que le brinde objetividad y esta es la triangulación.

En una investigación cualitativa hay gran cantidad de datos y depende de la intención de la investigación cribar y darle la importancia a los datos que se van a triangular, es por tanto que en esta investigación se retomó solo los datos que respondían a la comprensión de los casos con respecto a las relaciones que se dan en el fenómeno de caída libre.

Cabe mencionar que hay varias estrategias de triangulación, no obstante en esta investigación se retomaron algunas de ellas que respondían al propósito de esta investigación. Una de ellas es la triangulación de fuente de datos que permite “ver si aquello que observamos y de lo que informamos contiene el mismo significado cuando lo encontramos en otra circunstancia”, por ello, fue utilizada con el fin de recoger la información a través de diferentes instrumentos, buscando

si las explicaciones de los casos siguió siendo la misma en espacios y en situaciones diferentes. (Stake, 1998, p 98)

Otra de las estrategias utilizadas fue la triangulación de investigadores en la cual, diferentes miradas observaron el mismo fenómeno y las mismas respuestas de los estudiantes, de tal manera que la información se pudo analizar desde diferentes interpretaciones y perspectivas.

También optamos por la triangulación metodológica, ya que se basa en implementar varios métodos con fin de estudiar el mismo fenómeno, pues “se requieren métodos múltiples que se centren en el diagnóstico del mismo constructo”. De esta manera, en esta investigación se triangularon datos provenientes de diferentes métodos como entrevistas, cuestionarios de preguntas abiertas, experimentación mental y experimentos físicos. (Citado por Stake, 1998, p 99)

✓ Diseño de la secuencia didáctica

De acuerdo con los análisis realizados durante la investigación, surgió una secuencia didáctica, con el fin de mejorar el proceso de enseñanza del fenómeno de caída libre de los cuerpos, desde un análisis histórico y epistemológico de la perspectiva galileana.

✓ Socialización de la investigación

Este trabajo es presentado inicialmente al grupo de la línea de investigación en Historia y Epistemología de las Ciencias de la Licenciatura en Ciencias Naturales con énfasis en Educación Ambiental y finalmente a la Facultad de Educación de la Universidad de Antioquia.

### **Sistematización**

En correspondencia con el enfoque cualitativo de esta investigación y con el fin de realizar un análisis de los datos de los instrumentos aplicados a los casos en el transcurso de esta investigación, se utilizó como herramienta de sistematización matrices de doble entrada que posibilitaron la lectura de la información arrojada por los casos.

Para facilitar este proceso, se hicieron las siguientes convenciones:

C: representa los casos

E: nombra las experiencias realizadas en algunos de los instrumentos

P: para las preguntas realizadas en los instrumentos

M: simboliza los modelos identificados en el análisis de Galileo

CA: representa las categorías apriorísticas

CE: representa nombrar las categorías emergentes

Para decidir las convenciones, la numeración se hizo de acuerdo con la cantidad de casos, experiencias realizadas, preguntas, modelos y categorías.

**Matriz 1. Respuesta de los casos a las experiencias de indagación.**

Este instrumento surgió de la necesidad de identificar la forma en que los casos explican el fenómeno de caída libre de los cuerpos, se realizó con el fin de indagar sobre los modelos explicativos de los casos acerca de dicho fenómeno. Fue realizado antes de que los casos tuvieran algún acercamiento teórico en el aula respecto al fenómeno mencionado. (Ver anexo 1).

<b>P</b>				
<b>Casos</b>	<b>Experiencias</b>	<b>E 1</b>	<b>E 2</b>	<b>E 3</b>
	<b>C 1</b>		Cayeron al mismo tiempo porque estaban a la misma altura y creo que pesaban lo mismo.	Cayó primero el lapicero y luego la hoja porque el lapicero es más pesado que la hoja, y además la textura del lapicero es sólida y la hoja es dócil.

<b>C 2</b>	Los cubos caen igual porque están a la misma altura y van con una velocidad igual o parecida.	La hoja tarda más en caer porque a diferencia del lapicero es mucho más liviana y su velocidad es más lenta.	La masa de la hoja se pone más pesada al arrugarla, sin embargo el lapicero sigue cayendo primero.
<b>C 3</b>	Caen al mismo tiempo. Pesa igual tiene la misma altura, su velocidad inicial es la misma.	Cae primero el lapicero ya que su peso es mayor al de la hoja, aunque su altura sea la misma.	Cae el borrador primero ya que su peso es mayor. Tiene la velocidad inicial igual.
<b>C 4</b>	Por la gravedad y fueron lanzadas desde la misma altura.	Porque la hoja tiene más resistencia al aire y es muy liviana y el lápiz es sólido.	Caen igual porque el papel siendo presionado se vuelve un objeto con menos resistencia al aire al igual que el lapicero.
	Los cubos cayeron al mismo tiempo porque fueron	El lapicero cayó mucho más rápido por su peso y su textura, la hoja se demoró	El lapicero sigue cayendo más rápido por su textura, pero ahora el papel

C 5	lanzados desde la misma altura y tiene el mismo peso.	para caer porque es muy liviana y muy ancha.	arrugado bajo con bastante velocidad porque cambio de forma.
-----	---	--	--

***Matriz 2. Respuesta de los casos a las preguntas de la entrevista.***

Este instrumento surgió del análisis realizado al instrumento de indagación y tuvo como fin la aclaración de la forma de conceptualizar de los casos con respecto al fenómeno de caída libre. Se buscó con este claridad acerca de las relaciones que se establecen del fenómeno de caída libre con la masa del cuerpo, la altura y con la velocidad. (Ver anexo 2)

En el transcurso del desarrollo de la entrevista se hicieron las aclaraciones correspondientes respecto a las preguntas, sin influir, modificar o afectar las respuestas de los casos.

Además en el curso de la discusión se dio lugar a las preguntas que se requerían para la comprensión de las respuestas.

<p>Preguntas</p> <p>Casos</p>	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 6	P 7
C 1	No porque la gravedad es la misma entonces desde cualquier altura va a caer igual.	Solo es importante cuando el viento puede hacer fuerza contra ese material, cambiando su trayectoria, pero sino caen igual.	Pues yo pienso que lo que influye es el peso mas no el tiempo, no creo que haya una relación. Supongo que cae primero el más pesado, porque aunque la gravedad sea la misma el resultado es distinto.	Si significan lo mismo, porque todo lo que tiene que ver con el peso es masa.	Cero porque yo lo estaba sosteniendo entonces estaba en reposo, cuando un cuerpo está en reposo la velocidad inicial es cero.	Yo pienso que es uniforme porque tiene la misma velocidad en todo el transcurso de la caída. No cambia.	Hay una relación entre la altura y el tiempo, yo creo que si uno tira un objeto de 100m no va caer al mismo tiempo que si lo tira de 300 o 400m.

<p><b>C 2</b></p>	<p>La altura, sí, porque no es lo mismo si un cuerpo cae de una altura más alta que de una más bajita. Porque si cae de una más alta va a caer más rápido y si cae de una más bajita cae con la misma velocidad pero de una.</p>	<p>Sí, porque no es lo mismo tirar una pluma que una bola de metal, porque la bola de metal cae más rápido, con más velocidad y la pluma se va a demorar mucho más... Si dos esferas son del mismo tamaño y una es de madera y la otra de hierro, cae primero la de hierro, porque pesa</p>	<p>Porque si es mayor masa mayor velocidad, si es menos masa menos velocidad. Entonces en menor masa, se demora más y si se deja caer una cosa de metal se va a demorar mucho menos.</p>	<p>No porque la masa también tiene que ver con la forma, la textura, el material y ya el peso si es lo que pese, así sea redondo o cuadrado pues eso es peso.</p>	<p>Es cero es reposo, porque estaba quieto y lo deje caer.</p>	<p>Sí, porque aquí la velocidad inicial era cero y ya aquí va incrementando, va sumando. Pues si aquí estaba en cero pero en caída libre ya es constante la velocidad, o sea de aquí para abajo ya no cambia pues sigue con la misma velocidad constante.</p>	<p>Si porque vea, a medida que el tiempo transcurre el objeto también se está moviendo, ósea el tiempo no se va a quedar parado y el objeto se va a seguir moviéndose, el tiempo avanza y el cosito también avanza, pero puede que la velocidad para y el tiempo también puede seguir avanzando</p>
-------------------	--	---	--	---	--	---	---

		más.					
<b>C 3</b>	Es necesaria la altura porque así a mayor altura se puede diferenciar mejor el fenómeno de caída libre.	Pues no, el material no es importante, pues de todas maneras va caer.	La masa si influye en el tiempo de caída porque si uno tira una pluma y una piedra de 5 kilogramos, va caer lógicamente primero la piedra por que la masa de la piedra es más pesada.  Pues ya si son del mismo tamaño yo creo que no importa tanto el material, porque ya tienen	Yo creo que tienen su parecido porque cuando cualquier persona se refiere a la masa entonces, ya está involucrando el peso que tiene la masa.	Yo me imagino que la velocidad inicial seria de cero y ya iría aumentado en la medida que va cayendo.	Si, si cambia porque mientras va cayendo su velocidad se va haciendo más grande.  Por ejemplo, a los diez segundos va a tener mayor velocidad que tenía en cero y a los veinte segundos es mayor la velocidad que tenía en diez segundos	Sí, a mayor tiempo va a ser mayor la velocidad por que no es lo mismo decir que un cuerpo en 10 segundos va a tener velocidad de 5 m/s y en 20 segundos va a tener la misma velocidad, por que como va cayendo coge más impulso.

			la misma cantidad de masa, el material en si no influye tanto.				
<b>C 4</b>	La altura si influye, porque entre más altura puede coger más velocidad.	El material no, pero el peso si a mayor peso mayor rapidez en la caída. A menos de que haya un aire que lo estuviera deteniendo, haciéndole una fuerza opuesta.	A mayor masa menor tiempo de caída.	Yo puedo tener dos masas pero diferente peso.	La velocidad inicial seria cero.	No, yo pienso que el lleva la velocidad constante.	Pues si lleva una velocidad constante el tiempo de caída debe ser también constante, y estos aumentan con la altura.
<b>C 5</b>	Si lo tiro más alto se puede demorar más tiempo para	Si es muy importante porque si yo tiro una pluma se	Si pesa más cae más rápido y si pesa menos, se demora más	Un cuerpo es una masa entonces la masa tiene peso entonces si creo	La velocidad inicial es cero ya cuando lo vaya a tirar va cogiendo	La velocidad inicial es cero por que no ha caído nada, cuando lo tiro ahí va cogiendo	No creo que haya relación entre la velocidad y el

	caer. Pero si lo tiro más acá cae en un momentico.	demora mucho para caer de un quinto piso y si yo tiro una pelotica de hierro, cae ahí mismo.	para caer. Pues se supone que el que pesa 70kg cae primero y el que pesa 50 kg cae después.	que sí son sinónimas.	una velocidad.	una velocidad, yo creo que es con lo de la gravedad.	tiempo
--	--	--	--	-----------------------	----------------	--	--------

**Matriz 3. Respuesta de los casos al instrumento tres.**

La actividad planteada respondió a las representaciones realizadas por Galileo cuando trataba de construir explicaciones relacionadas con el movimiento de los cuerpos. Él ilustra a través de una línea vertical el tiempo y los grados de velocidad con

segmentos de líneas horizontales. Con este instrumento se buscó indagar a qué tipo de movimiento correspondía el movimiento de caída libre (movimiento uniforme o movimiento uniformemente acelerado). (Ver anexo 3)

Pregunta Casos	Grafica	P1	P2	P3	P4	P5
C1	Le asigna valores a los grados de velocidad guardando una relación directamente proporcional con los instantes de tiempo. En el instante cero no le asina valor en el grado de velocidad	La velocidad aumenta ( se acelera)	Mayor: instante 10.  Menor: instante cero	La velocidad cambia	Sí, yo creo que esta diferencia se da por el aumento o disminución de la velocidad, que esta representado de tal forma en la grafica	aceleración
C2	Representa la relación entre grados de velocidad e instantes de tiempo como	En el instante de 0 a 1 la velocidad del cuerpo comienza a aumentar	A medida que el cuerpo este más cerca del suelo	El grado de velocidad de los instantes 1 y 2 es	Si hay diferencias en sus longitudes ya que si el tiempo aumenta, sus grados de	Se refiere al MUA

	<p>un segmento de parábola donde los cambios en los grados de velocidad son mayores en los primeros instantes.</p> <p>En el instante cero no le asigna valor en el grado de velocidad</p>	<p>pero no es muy rápida.</p> <p>En el instante 1 a 3 la velocidad aumenta y es rápida y se mantiene así hasta el instante 5 o 6 y/o llegar al suelo.</p>	<p>mayor será su velocidad,</p> <p>entonces en los primeros instantes la velocidad podría ser menor que en los siguientes instantes.</p>	<p>desigual es decir en el instante uno la velocidad es menor que en el instante 2, pero con un mínimo de comparación.</p>	<p>velocidad serán distintos.</p>	
C3	<p>En los primeros 4 instantes representa los cambios de velocidad directamente proporcionales, en el instante 5 le asigna el mismo valor que en el cuatro, y en los otros instantes lo representa con un cambio menor en los grados de velocidad. Al</p>	<p>De 0 a 1, la velocidad aumenta, ya que el cuerpo partió de estado natural.</p> <p>De 1 a 3 el cuerpo experimenta una velocidad de cinco grados.</p> <p>De 5 a 6, el cuerpo experimenta una</p>	<p>En el primer instante es menor, ya que el cuerpo parte del reposo y apenas va a comenzar a caer libremente.</p> <p>En el sexto instante es mayor su velocidad, ya que en este es</p>	<p>Una relación sería que la velocidad de estos instantes se aumentó dos grados</p>	<p>Si encuentro diferencias, creo que la diferencia es que en los instantes 2 y 3 la línea de mayor longitud es la 3, esto quiere decir que a mayor instante mayor va a ser la velocidad del cuerpo en el tiempo, por lo que en el instante tres va tiene una velocidad mayor a la del instante 2</p>	<p>Movimiento uniforme, ya que los instantes varían dependiendo entre la velocidad que lleve el cuerpo.</p>

	instante cero le asigna un valor de cero	velocidad de un grado.	cuando alcanza una "velocidad máxima" en el tiempo.			
C4	La relación entre instantes de tiempo y grados de velocidad la representa con una línea vertical, donde a cada instante le corresponde el mismo grado de velocidad.	La velocidad es constante	0-1 Es la misma velocidad ya que cae libremente. 9-10 Es la misma velocidad ya que cae libremente.	El grado de velocidad es el mismo porque al caer libremente el cuerpo lleva una velocidad constante.	Pienso que la longitud nos quiere decir que a la altura que cae el cuerpo este no alcanza más de la velocidad que se pueda expresar en dicha línea y mucho menos si el cuerpo lleva un movimiento uniforme.	Se refiere a movimiento uniforme por que este cae libremente y no es acelerado por una fuerza secundaria, sino por la gravedad que lo hace caer y su peso
C5	Representa los cambios de velocidad directamente proporcionales con los instantes de tiempo. Le asigna un valor de cero al	0,1 el cuerpo en la caída libre va tomando grados de velocidad. 1,3 el cuerpo agarra	Podría deducir con una gráfica que realice que en el instante 1 se podría notar el	La relación entre el grado de velocidad con los instantes 1 y 2, el grado de velocidad de	Tomare como ejemplo los instantes 7 y 6. Como puedo ver mi grafica muestra un cuerpo que cae y	Movimiento uniforme

	instante cero.	mas grados de velocidad el cual sigue aumentando constantemente 5,6 el cuerpo tomo confianza en la velocidad el cual quiere decir que seguirá aumentando cada instante que pase	menor grado de velocidad y en el instante 10 se podría notar el mayor grado de velocidad	relaciona en que el instante dos podría tomar el doble de grado de velocidad que en el instante 1	cada vez que baja más, aumenta la velocidad, pero la aumenta con un movimiento uniforme, es decir aumentando siempre lo mismo; puedo deducir que la longitud que se lleva el 7 con el instante 8, es la misma longitud que el instante 5 se lleva con el 6, la longitud que se lleva el instante 6 con el instante 7 y así sucesivamente	
--	----------------	---	--	---	--	--

**Matriz 4. Respuesta de los casos a la actividad experimental.**

Con este instrumento se buscó analizar la relación que establecen los casos entre la magnitud de tiempo con la altura, la masa, la velocidad y la resistencia del aire en el fenómeno de caída libre, a través de una actividad experimental que corresponde a las ejemplificaciones experimentales que Galileo proponía para demostrar sus postulados sobre el movimiento. (Ver anexo 4)

Experiencia	E 1			E 2			E 3			E 4		
	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3	P 1	P 2	P 3
Casos												
C 1	Caen en tiempos diferentes.	El ángulo de inclinación porque caen primero la de mayor inclinación que la de menor inclinación.	Yo pienso que el aire no influye, porque las esferas tienen la misma masa y al caer tienen la misma gravedad, la influencia en la caída	Caen en tiempo de diferentes inclinación, porque la inclinación en este caso, lanzamos esferas de diferente masa y cayo primero en todos	El ángulo de inclinación influye la inclinación. pero muy cerca de este caso observamos que la esfera de mayor masa fue lanzada por junto con la menor	El aire no influye; diferentes inclinación influye la inclinación. pero muy cerca de este caso observamos que la esfera de mayor masa fue lanzada por junto con la menor	Caen en tiempos diferentes, y la masa, sigue sintiendo, inclinación porque en este caso misma. que las dos esferas fueron lanzadas de un mismo ángulo de inclinación	La inclinación que el aire mismo, porque se pudo ver cuando la inclinación es la misma así la masa sea diferente caen al mismo tiempo.	Yo creo que el aire mismo, porque se pudo ver cuando la inclinación es la misma así la masa sea diferente caen al mismo tiempo.	Caen a la inclinación, porque se pudo ver cuando la inclinación es la misma así la masa sea diferente caen al mismo tiempo.	La inclinación que el aire mismo, porque se pudo ver cuando la inclinación es la misma así la masa sea diferente caen al mismo tiempo.	El aire no influye porque se pudo ver cuando la inclinación es la misma así la masa sea diferente caen al mismo tiempo.

			sigue siendo de la inclinación.		los casos la de mayor inclinación		caída. y cayó casi. al mismo tiempo que la de menor masa y mayor inclinación.			distinta masa y aun así cayeron al mismo tiempo.	
<b>C 2</b>	Al inicio las dos esferas tiene el mismo tiempo, luego sus tiempos son totalmente diferentes, pues esfera que cae desde el	Influye la posición del plano del que se dejen caer, pues si el plano está más inclinado, es decir, más derecho la masa caerá más rápido.	Si realizamos el mismo experimento pero sin aire cambiaría el tiempo de las masas, pues el aire influye	Caen en tiempos diferentes porque una cae primero que la otra. mientras más recto este, mas rápido caerá la	El ángulo es el que influye en la caída de las esferas, pues mientras más recto este, mas rápido caerá la	N/A	Las esferas caen a un tiempo muy similar, pero caen primero del ángulo de menor inclinación, o sea el más recto.	Influye la masa y el ángulo, pues la masa mayor cae por el ángulo inclinado, casi cayó igual a la de la masa	Si caen sin aire caerían al mismo tiempo. ángulo al igual.	Influye el ángulo pues este hace que su ángulo es al mismo tiempo, y la masa no influye, porque así sea una masa pequeña o	

	plano más inclinado caerá más rápido.		mucho por su peso.		masa.			menor que cayó por el ángulo más recto.			grande caerá igual como lo vimos en el experimento	
<b>C 3</b>	En tiempos diferentes, puesto quedos un grado de inclinación es mayor al segundo del permitiendo así una mayor velocidad en la que tiene la mayor inclinación.	La altura, ya que para las esferas de la misma este El tiempo, ya experimente ya que es un factor que si no está presente, la velocidad va a ser mayor, es decir, que	El aire influye mucho en este experimente ya que es un factor que si no está presente, la velocidad va a ser mayor, es decir, que	Caen en tiempos diferentes, dependiente de la inclinación del ángulo.	La masa (una esfera de la pesa más aumenta masa de la esfera de aire que pienso que aunque es al inclinación de distinta que tiene una	La Caen "casi" La masa, Si las Caen al La altura Si no hay aire	Caen "casi" La masa, Si las Caen al La altura Si no hay aire	La masa, Si las Caen al La altura Si no hay aire	Si las Caen al La altura Si no hay aire	La altura Si no hay aire	Si no hay aire	

		<p>cada esfera. sin la resistencia del aire la velocidad de las esferas va a ser superior comparándola en un espacio donde el aire está siempre presente.</p>			<p>inclinación. velocidad y romper sude masa masa mas</p>	<p>casi resistencia. casi rápido va a alcanzando La altura, alcanza la llegar a la la segunda puesto quede mayor superficie y esfera dees la inclinación mayor va a goma. misma para, sin aire, ser su las doslas dos velocidad, esferas y laesferas cortando inclinación caen alcon más del ángulo, mismo eficiencia que tiempo, el aire. aunque no porque la es igual, la de mayor esfera quemasa tiene másaumenta masa más su puede velocidad. aumentar su velocidad alcanzando</p>		
--	--	---	--	--	---	--	--	--

								a la esfera de mayor inclinación.				
<b>C 4</b>	Caen en tiempos diferentes por el ángulo en que se encuentran los planos y porque en un plano hay mas desplazamiento que en el otro, por eso se demoran mas para salir del	-La gravedad  -La posición (ángulo) de los planos  -Posición	No cambiarían	Dependen do en qué posición estén las esferas. Si la esfera grande se ubica en el plano más inclinado y la pequeña en el otro plano grande caerá primero,	La gravedad, la inclinación y los planos, la resistencia de la masa de las esferas y sino las posiciones de las esferas en los planos.	Mis respuestas no cambiarían porque el aire es una resistencia hacia las esferas, en este caso la esfera grande de resistencia, cristal y la pequeña la misma	La respuesta es similar a la de las esferas en los planos.	Peso de la esfera, posición de las esferas en los planos.	Es similar a la respuesta de la que aunque son diferentes masas son impulsadas por una misma fuerza, la gravedad y las mismas condicione	Caen en tiempos iguales y de la que aunque son diferentes masas son impulsadas por una misma fuerza, la gravedad y las mismas condicione	La gravedad y el ángulo de los planos.	No cambian las explicaciones.

	plano que la otra esfera.		por su masa mayor y su inclinación mayor, pero si las intercambia mos, la grande tomara más tiempo en bajar y la pequeña, aunque tiene menor masa si esta en el plano inclinado	manera antes dicha.	basándono s en su peso y no en su tamaño.		s de caída (planos igualmente inclinados)		
--	------------------------------	--	---	---------------------------	---	--	--	--	--

				podría igualar la velocidad y caer al mismo tiempo que la grande.								
<b>C 5</b>	Las esferas caen en tiempos diferentes. La esfera que está en el ángulo más inclinado es la que cae primero.	Pienso que el ángulo es el que influye en las caídas de las esferas, si el ángulo es más inclinado se demoraría más en caer.	Con la ausencia del aire, eso me hace pensar que es viéndolo desde otro punto de vista, el aire sí influye mucho en la caída libre y más	Al ser del mismo material, pero desigue diferente masa, se aplica lo mismo que el inclinado cae la esfera y más	El factor que influye, lo que afectando los ángulos; el más inclinado primero.	Creo que sucedería lo mismo que experimento anterior.	Para ser exacta, la diferencia que se pronuncia de tiempos es muy poca, porque las esferas de masa diferente	En este caso la inclinación del ángulo, pero no mucho, pero igual formo la esfera seguir con el bajando mayor ángulo de inclinación	Porque los ángulos de lanzadas caerían con el mismo ángulo de inclinación pero al seguir diferente masa, las esferas caen al	Al ser decaídas libre, siempre lo que influye conserá el ángulo de inclinación.	Esto quiere decir que en mis explicaciones, la caída llegaría igual.	No cambiaría

			<p>ahora grande o poniendo pequeña este siempre va ejemplo sin caer más aire, podría rápido si suceder esta en el que en un ángulo más caso inclinado, normal, la de lo esfera con contrario el ángulo se demora más más. inclinado caería primero pero al seguir bajando, creo que las esferas podrían</p>			<p>material cayó las dos mismo caen con primero, esferas tiempo. un tiempo pero la más parecido. esfera con velocidad el menor que la ángulo de otra. inclinación cayó más o menos, menos de un segundo después.</p>		
--	--	--	---	--	--	--	--	--

			alcanzar la misma velocidad, es decir, que las dos esferas tendrían la misma velocidad.									
--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

***Matriz 5. Respuesta de los casos a la Experimentación Mental.***

Este instrumento de experimentación se realizó por medio de una entrevista. Surgió de la lectura de los diálogos que Galileo plantea en su primer libro, donde analiza la influencia de la masa y del medio en el fenómeno de caída libre de los cuerpos.

Por otra parte se tuvo en cuenta los resultados arrojados en la aplicación de los instrumentos anteriores, pues se notó confusión en los casos al tratar de conceptualizar la caída libre como un movimiento uniforme o uniformemente acelerado y si se presentaba algún tipo de influencia de la masa en este fenómeno. (Ver anexo 5)

Preguntas Casos	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
<b>C1</b>	Si no hay resistencia del aire caerían igual porque la gravedad es la misma, y solo cambia el	Sigo pensando que caen igual.	Hay similitudes, el movimiento es el mismo porque igual no hay resistencia del aire	Sería derecho, vertical totalmente porque cuando hay resistencia la fuerza del aire hace que se mueva el	Yo digo que es el mismo, porque no hay resistencia entonces se cae igual, el aire es el que influye para una	La gravedad en la caída porque siempre que un cuerpo cae lleva una gravedad de 10m/s. La velocidad, al caer	No creo porque el aire es el que causa el movimiento entonces si no hay aire se va derecho, si hubiera aire de pronto el movimiento si haría que uno	No creo porque en el vacío caen igual, sino hay aire no creo que se tense verticalment e.	Aumenta, porque si en la mitad hay 10 grados de velocidad con el resto de caída van aumentando los grados hasta ya llegar al suelo.	No es igual, porque al ser más denso hace que sea más lenta la llegada al fondo, mientras

	<p>tiempo de caída cuando hay resistencia del aire</p>		<p>entonces cualquier objeto que se lance va a ser lo mismo.</p>	<p>cuerpo.</p>	<p>caída diagonal, pero si no hay aire va a ser vertical.</p>	<p>lógicamente va a tener una velocidad y como el cuerpo se acelera la velocidad aumenta.</p>	<p>se montara.</p>			<p>en el alcohol entra más derecho. Primero cae en el alcohol pero no con mucha diferencia con el agua porque los dos son muy poco densos, aunque el alcohol tenga un poco menos no</p>
--	--	--	--	----------------	---	---	--------------------	--	--	---

										creo que sea mucha la diferencia y la ultima seria el aceite.
<b>C2</b>	Así sea una pluma y otra cosa van a caer al mismo tiempo porque si no hay aire que intervenga ahí caen al mismo tiempo así	Lo mismo, caen al mismo tiempo porque no hay aire que intervenga.	Hay similitudes, porque el aire no interviene en nada	Va a ser más rápido porque no hay aire, si hubiera aire se chocaría y bajaría más lento.	Lo mismo, así uno lleve a todo el salón encima, pasa lo mismo.	El aire, la velocidad cambia con el tiempo que primero va a ser cero y a medida que va cayendo va aumentando .	Si se juntan porque si no hay aire se van juntando, se van juntando hasta que se unen	Si no hay aire yo creo que quedan juntos.	Mayor, porque a medida que va cayendo va aumentando más de 10 grados, no igual.	En el aceite va cayendo mucho más lento pero cae, en el agua cae más rápido que en el aceite pero cae, y en el alcohol

	sean de distinta masa									mucho más rápido, cae primero la que es menos espesa, menos densa, cae primero la del alcohol, luego la del agua y luego el aceite.
<b>C3</b>	Si no hay resistencia del aire las dos caen	Como yo lo dije anteriormente, no	Ambas situaciones son muy similares	Pienso que mi movimiento de caída	El movimiento es igual, porque	La aceleración va a ser igual para	Como no hay resistencia del aire, estos dos objetos	Como no hay resistencia del aire,	Si cae en un espacio vacío va a ir aumentando su	Me imagino que la que cae

al mismo tiempo, porque la aceleración para cualquier tipo de objeto siempre va a ser la misma, entonces por eso caen al mismo tiempo, en este caso como no hay resistencia del aire, no	importa la masa o el peso que el objeto tenga, cuando no hay resistencia del aire, la aceleración siempre va a ser igual y esta aceleración no depende de la cantidad de masa que tenga	ya que en las dos no había resistencia del aire por lo tanto los cuerpos caían al mismo tiempo. No tiene ninguna diferencia así tengan distinta masa o peso o cualquier cosa que tenga el	será como recto, o sea no caigo ni para un lado ni para otro, sino que caigo es derecho. Al principio cuando yo me vaya a caer mi velocidad va estar en reposo y a medida que yo vaya transcurriendo tiempo mi velocidad va	como no hay resistencia al aire así me pongan diez personas encima del otro del otro, y del otro, vamos a tener la misma velocidad, todos vamos a estar primeramente en reposos, todos vamos a ir	todos los cuerpos, porque la aceleración no varía dependiendo de la masa, la aceleración siempre va a ser igual y nunca va a cambiar, así estemos hablando de un hombre o de cien hombres, la aceleración va a ser siempre la	lógicamente tienen diferente masa, entonces los dos van a ir cayendo a la misma altura, o sea, en ningún momento uno va a quedar ladeado o encima del otro.	simple y sencillamente, los cuerpos van a caer con la misma aceleración no importando que si están juntos o que si están separados o si están unidos por una cuerda o que tengan distinta masa, distinto peso, siempre si se	velocidad a medida que va cayendo.	primero es la esfera que va a caer en el alcohol ya que como es el menos denso que los otros dos fluidos, entonces la pelotica va a tener una velocidad mas precisa, como mas grande
--	---	---	---	---	---	---	--	------------------------------------	--

	<p>tiene nada que ver el peso ni, ni la masa, ni nada que este cuerpo contenga.</p>	<p>el cuerpo.</p>	<p>cuerpo.</p>	<p>a ir aumentando y a medida que vaya llegando a una superficie la velocidad se va ir mermando hasta llegar al reposo.</p>	<p>aumentando nuestra velocidad a medida que avance el tiempo y todos vamos a tener una velocidad no constante sino que una velocidad que va ir aumentando a medida que avance el tiempo pero todos</p>	<p>misma, vamos a tener una velocidad inicial que siempre va estar en reposo, vamos a tener la velocidad que está llevando el avión, es decir del cuerpo que no está sosteniendo .</p>		<p>tiran de una determinada altura los dos siempre van a caer en el mismo instante, siempre van a caer con la misma velocidad y en el mismo sitio.</p>		<p>que las otras dos.</p>
--	---	-------------------	----------------	---	---	--	--	--	--	---------------------------

					dos la vamos a tener.					
<b>C4</b>	Caen al mismo tiempo.	Sin la presencia del aire pienso que caerían igual.	Si hay similitudes que caen al mismo tiempo, porque al no haber resistencia, igual la resistencia dependien do de cada cuerpo depende es de su masa y de	Sería caída libre pero ya no tendría la misma velocidad del avión con la que sale, ya el cuerpo sigue avanzando mientras va cayendo, como no hay resistencia pues caerá derecho.	No, porque más peso entonces caería más rápido, pero no pienso que haya un cambio. Y el tiempo si por el peso, pensaría yo, pues de pronto por mas peso podría caer	La gravedad, el peso no importaría tanto porque como no hay resistencia. Si hay aire, me supongo que el aire hace, dependiend o del cuerpo hace una	Caerían horizontalment e. No se modificaría el movimiento de los objetos aunque uno tenga mayor masa que otro.	Si no hay aire no hay nada que los mueva simplemente van a caer. Porque no hay ninguna resistencia del aire ni de ningún viento que los haga mover y como sin resistencia el	Va aumentando, por la distancia, porque el empieza con una velocidad a caer a caer y progresivament e va aumentando su velocidad, a más distancia va ir aumentando.	En el aceite demoraría más en caer que en el agua o en el alcohol, pues entre más denso sea el fluido más resistencia opondría al cuerpo que no se

			<p>sus longitud, porque digamos una hoja de papel abierta va a tener más resistencia al aire que si uno la arruga pues va a caer más rápido y como no hay aire no hay ninguna resistencia</p>		<p>más rápido, pero como no hay resistencia no creo pues que cambie ninguna circunstancia a Yo diría si no hay resistencia no veo que cambie si me tiro yo solo o si me tiro con él.</p>	<p>resistencia diferente para cada uno. Actúa haciendo una fuerza de fricción, que va tratando de parar, retrasando la caída.</p>		<p>peso no influye, porque igual hemos hecho experimentos de igual peso y la misma gravedad, entonces no pienso que se separen. Que no hay ninguna resistencia del aire ni de ningún viento que los haga mover y</p>	<p>va a deslizar tan fácil dentro del. Mientras el fluido este más denso más resistencia opondrá hacia el objeto y menor será la velocidad de caída.</p>
--	--	--	---	--	--	---	--	--	--

			la gravedad es la misma para el cuerpo.					como sin resistencia el peso no influye, porque igual hemos hecho experimento s de igual peso y la misma gravedad, entonces no pienso que se separen.		
<b>C5</b>	La pluma también cae rápido, pero no tan rápido	Yo creo que ahí no influiría el peso, entonces,		Tan rápido que no habría tiempo ni de mirar y de	De igual forma, porque al no haber aire no influye el	Pues el peso no se tiene tan en cuenta, gravedad	No porque no hay aire y el aire es el que le da el movimiento,	Si, no sé porque pero yo me imagino que si.	Con el tiempo aumenta, con el tiempo la velocidad va a aumentando	En el aceite se hundiría lentamente , en el

	como la esfera	el aire antes hace que una caiga lento y si no hay aire entonces caen en tiempos parecidos.		manera vertical	peso, igual va a caer rápido.	siempre va a ver, y ya no va a ser $10\text{m/s}^2$ si no que va a ser un poquito más por que como no va haber aire entonces va ser un poquito más alta.  La aceleración va a aumentar, uno va cogiendo velocidad.	entonces van a caer derechos de manera horizontal			agua si se hundiría rápido y en el alcohol se hundiría también rápido y creo que aun más rápido que en el agua. Y la densidad determina, porque por ejemplo al aceite le tocaría pasar por muchas
--	----------------	---	--	-----------------	-------------------------------	--	---	--	--	---

										cositas que lo presionan y se demoraría mas en llegar y las partículas del agua no son tan densas entonces dejan pasar más fácil la esfera.
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Matriz 6. Aserto de los asertos hallados en de cada instrumento.**

Esta matriz recoge los asertos de los casos por cada instrumento, permitiendo así obtener un aserto más profundo acerca de las explicaciones y relaciones que establecen los casos del movimiento de caída libre.

<b>C1</b>				
<b>Instrumentos</b>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Relaciona el tiempo de caída de un objeto con la altura, el peso del cuerpo y la textura.	Establece una relación directamente proporcional entre la altura y el tiempo, e inversamente proporcional entre el tiempo y la masa.  Considera que el fenómeno de caída libre es un movimiento uniforme.	Establece una relación directamente proporcional entre los instantes de tiempo y el grado de velocidad, mostrando que la velocidad aumenta en el tiempo de manera constante, dejando ver la caída libre como un m.u.a.	En el fenómeno de caída por planos inclinados, plantea una relación directamente proporcional entre el tiempo de caída y el ángulo de inclinación del plano. Además, considera que no hay influencia del aire ni de la masa.	Afirma que el tiempo de caída libre en un espacio donde no hay resistencia del aire es independiente de la masa. Determina la velocidad directamente proporcional al tiempo de caída, dejando ver que el movimiento de un cuerpo en caída libre es

	<p>Asume que la resistencia del aire solo es importante si cambia la trayectoria del objeto.</p>			<p>uniformemente acelerado.</p> <p>Establece una relación entre la densidad del medio y el tiempo de caída.</p>
<p>Aserto: hasta el instrumento dos, el caso 1 establece un movimiento de caída libre dependiente de la masa del cuerpo, además, hasta este instrumento, concibe la caída libre de los cuerpos como un movimiento uniforme, evidenciándose un cambio a partir del instrumento tres, donde lo explica como un M.U.A, independiente de la masa, cuando afirma que: “en la caída libre la velocidad aumenta (se acelera)” y “si no hay resistencia del aire entonces cualquier objeto que se lance va a ser lo mismo” correspondiéndose así con el modelo teórico galileano que afirma: “... desde el momento que la naturaleza se sirve de una determinada forma de aceleración, en los cuerpos pesados en caída libre...” y “no es verdad que un móvil más pesado se mueva a más velocidad que un móvil más liviano, con tal de que ambos sean de la misma materia”. No obstante, en el instrumento cuatro, establece una relación directamente proporcional entre el tiempo de caída y el ángulo de inclinación de un plano, característica que no corresponde al modelo teórico galileano, el cual afirma que “los grados de velocidad alcanzados por un mismo móvil, en planos diversamente inclinados son iguales cuando las alturas de los mismos planos son también iguales” (Galilei,1976,p 288)</p>				

<b>C2</b>				
<b>Instrumentos</b>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<p>En este caso se evidencia una relación entre el tiempo de caída con la velocidad y el peso. Siendo este última cambiante dependiendo de la forma del objeto.</p> <p>Deja ver que el movimiento de caída es uniforme</p>	<p>En el fenómeno de caída libre considera una relación directamente proporcional de la masa con la velocidad de caída, e inversamente proporcional con el tiempo de caída.</p> <p>Considera que la altura con relación al tiempo es directamente proporcional. La altura no modifica la velocidad.</p> <p>Considera que el fenómeno de caída libre es un movimiento uniforme.</p>	<p>Establece que hay un cambio en la velocidad en los primeros instantes de tiempo llegando a un instante donde la velocidad se mantiene hasta el final de dicho movimiento, dejando ver que en unos instantes determinados el m.u.</p>	<p>En el fenómeno de caída por planos inclinados, plantea una relación directamente proporcional entre el tiempo de caída y el ángulo de inclinación del plano. Considera la no influencia de la masa en dicho fenómeno.</p> <p>Si no hay influencia del aire los cuerpos de masas diferentes caerán al mismo tiempo.</p>	<p>Afirma que el tiempo de caída libre en un espacio donde no hay resistencia del aire es independiente de la masa. Determina la velocidad directamente proporcional al tiempo de caída, dejando ver que el movimiento de un cuerpo en caída libre es uniformemente acelerado.</p> <p>Establece una relación entre la densidad del medio y el tiempo de caída.</p>

Aserto: hasta el instrumento tres, el caso 2 conceptualiza el movimiento de caída libre como un movimiento uniforme, el cual mantiene una relación directamente proporcional entre el tiempo y la masa del objeto. Desde el instrumento 4 se evidencia un cambio en la forma de conceptualizar, ya que establece el movimiento de caída libre como un movimiento uniformemente acelerado, en el que no influye la masa del cuerpo en el tiempo de caída cuando afirma que: "...la velocidad cambia con el tiempo que primero va a ser cero y a medida que va cayendo va aumentando..." y "Así sea una pluma y otra cosa van a caer al mismo tiempo...", correspondiéndose finalmente con el modelo teórico galileano, que afirma: "... desde el momento que la naturaleza se sirve de una determinada forma de aceleración, en los cuerpos pesados en caída libre..." y "no es verdad que un móvil más pesado se mueva a más velocidad que un móvil más liviano, con tal de que ambos sean de la misma materia". No obstante, en el cuarto instrumento, establece una relación directamente proporcional entre el tiempo de caída y el ángulo de inclinación de un plano, característica que no corresponde al modelo teórico galileano, que afirma: "los grados de velocidad alcanzados por un mismo móvil, en planos diversamente inclinados son iguales cuando las alturas de los mismos planos son también iguales" (Galilei, 1976, p 288)

**C3****Instrumentos**

1	2	3	4	5
<p>Aquí se establece una relación entre el tiempo de caída y la velocidad inicial, la altura y el peso</p> <p>Deja ver que el movimiento de caída es uniforme</p>	<p>Establece una relación inversamente proporcional entre la masa y el tiempo de caída.</p> <p>Considera una relación entre la velocidad y el tiempo de caída.</p> <p>Considera que a medida que transcurre el tiempo aumenta la velocidad, es decir que el fenómeno de caída libre es un movimiento uniformemente acelerado.</p>	<p>En los primeros instantes muestra un cambio constante en los grados de velocidad. El aumento del grado de velocidad en los últimos instantes no es constante, describiendo un movimiento acelerado no uniforme.</p>	<p>Establece una relación directamente proporcional entre el ángulo de inclinación con la velocidad y la aceleración y también entre la masa y la velocidad.</p> <p>El cuerpo que tiene mayor masa va a caer primero, independientemente de la resistencia del aire.</p>	<p>Afirma que el tiempo de caída libre en un espacio donde no hay resistencia del aire es independiente de la masa. Determina la velocidad directamente proporcional al tiempo de caída, dejando ver que el movimiento de un cuerpo en caída libre es uniformemente acelerado.</p> <p>Establece una relación entre la densidad del medio y el tiempo de caída.</p>

Aserto: hasta el tercer instrumento el caso 3 considera que el movimiento de caída libre es dependiente de la masa, no obstante desde le instrumento 2 considera que dicho movimiento es uniformemente acelerado y en el instrumento 5 el caso conceptualiza el movimiento en caída libre independiente de la masa, cuando explica que: "...el objeto va cayendo, su velocidad

se va haciendo más grande” y “caen al mismo tiempo...no tiene nada que ver el peso, ni la masa, ni nada que este cuerpo contenga” hecho que corresponde al modelo teórico galileano, que afirma: “... desde el momento que la naturaleza se sirve de una determinada forma de aceleración, en los cuerpos pesados en caída libre...” y “no es verdad que un móvil más pesado se mueva a más velocidad que un móvil más liviano, con tal de que ambos sean de la misma materia”.

Por otra parte, en el cuarto instrumento, establece una relación directamente proporcional entre el tiempo de caída y el ángulo de inclinación de un plano, característica que no corresponde al modelo explicativo galileano que afirma: “los grados de velocidad alcanzados por un mismo móvil, en planos diversamente inclinados son iguales cuando las alturas de los mismos planos son también iguales” (Galilei,1976,p 288)

#### C4

#### Instrumentos

1	2	3	4	5
Este caso relaciona el tiempo de caída con la altura, la resistencia del aire, y la masa.	Establece una relación directamente proporcional entre la altura con la velocidad	Afirma que hay una gravedad que hace caer el cuerpo, no obstante le asigna el mismo	Establece una relación directamente proporcional entre el ángulo de inclinación con el	Afirma que el tiempo de caída libre en un espacio donde no hay resistencia del aire es

	<p>y el tiempo de caída.</p> <p>Reconoce que el aire ejerce una fuerza opuesta al movimiento.</p> <p>Establece una relación directamente proporcional entre la velocidad y el peso.</p> <p>Considera que la velocidad inicial en el fenómeno de caída libre es constante por lo tanto es un movimiento uniforme.</p>	<p>grado de velocidad a todos los instantes de tiempo, dejando ver el movimiento de caída libre como un m.u</p>	<p>tiempo de caída, y la masa con el tiempo de caída.</p> <p>El cuerpo que tiene mayor masa va a caer primero, independientemente de la resistencia del aire.</p> <p>Considera la gravedad como una fuerza.</p>	<p>independiente de la masa.</p> <p>Determina la velocidad directamente proporcional al tiempo de caída, dejando ver que el movimiento de un cuerpo en caída libre es uniformemente acelerado.</p> <p>Establece una relación entre la densidad del medio y el tiempo de caída.</p>
<p>Aserto: hasta el instrumento 4 el caso 4, determina el movimiento en caída libre como un movimiento uniforme, considerando a su vez que dicho movimiento depende de la masa. En el instrumento 5 cambian sus explicaciones, dejando ver la caída libre como un movimiento uniformemente acelerado, independiente de la masa, cuando afirma que: "...empieza con una velocidad, y al caer, progresivamente va aumentando su velocidad..." y "...sin la presencia de aire pienso que caerían igual", explicaciones que se corresponden con el modelo teórico galileano que afirma: "... desde el momento que la naturaleza se sirve de una determinada forma de aceleración, en los cuerpos pesados en caída libre..." y "no es verdad que un móvil más pesado se</p>				

mueva a más velocidad que un móvil más liviano, con tal de que ambos sean de la misma materia”.

Por otra parte, en el cuarto instrumento, establece una relación directamente proporcional entre el tiempo de caída y el ángulo de inclinación de un plano, característica que no corresponde al modelo explicativo galileano que afirma: “los grados de velocidad alcanzados por un mismo móvil, en planos diversamente inclinados son iguales cuando las alturas de los mismos planos son también iguales” (Galilei, 1976, p 288)

### C5

#### Instrumentos

1	2	3	4	5
<p>De este caso se infiere que relaciona el tiempo de caída con la altura, la masa, la textura y la forma del objeto.</p> <p>Deja ver que el movimiento de caída es uniforme</p>	<p>Establece una relación inversamente proporcional entre la masa y el tiempo de caída, y directamente proporcional entre la altura y el tiempo de caída.</p> <p>Considera una relación entre la</p>	<p>Establece una relación directamente proporcional entre los instantes de tiempo y el grado de velocidad, mostrando que la velocidad aumenta en el tiempo de manera constante, dejando ver</p>	<p>Establece una relación directamente proporcional entre el ángulo de inclinación y el tiempo de caída.</p> <p>La masa no influye en este fenómeno, es decir, independiente de la masa los</p>	<p>Afirma que el tiempo de caída libre en un espacio donde no hay resistencia del aire es independiente de la masa.</p> <p>Determina la velocidad directamente proporcional al tiempo de caída, dejando ver</p>

	<p>velocidad y el tiempo de caída.</p> <p>Considera que la velocidad cambia en el fenómeno de caída libre, por lo tanto es un movimiento uniformemente acelerado.</p>	<p>la caída libre como un m.u.a.</p>	<p>cuerpos caen al mismo tiempo.</p> <p>Si no hay influencia del aire los cuerpos de masa diferentes caerán al mismo tiempo.</p>	<p>que el movimiento de un cuerpo en caída libre es uniformemente acelerado.</p> <p>Establece una relación entre la densidad del medio y el tiempo de caída.</p>
--	---	--------------------------------------	--	--

Aserto: hasta el instrumento 2 el caso 5 considera el movimiento de caída libre dependiente de la masa, aunque a partir de este instrumento considera la caída libre como un movimiento uniformemente acelerado y a partir del instrumento 4 establece la independencia entre dicho movimiento y la masa cuando afirma: "...porque las esferas de diferente masa y diferente material caen con un tiempo parecido..." y "...con el tiempo la velocidad va a aumentando", hecho que se corresponde con el modelo teórico galileano que afirma: "... desde el momento que la naturaleza se sirve de una determinada forma de aceleración, en los cuerpos pesados en caída libre..." y "no es verdad que un móvil más pesado se mueva a más velocidad que un móvil más liviano, con tal de que ambos sean de la misma materia".

Por otra parte, en el cuarto instrumento, establece que independiente del ángulo de inclinación, la velocidad es la misma, en ausencia del aire, característica que corresponde al modelo explicativo galileano que afirma: "los grados de velocidad alcanzados por un mismo móvil, en planos diversamente inclinados son iguales cuando las alturas de los mismos planos son

también iguales” (Galilei,1976,p 288)

**Matriz 7. Correspondencia entre caos y modelos.**

Instrumentos				
	Indagación de ideas		Entrevista Semiestructurada	
Modelo	M1	M2	M1	M2
Caso				
C1	Cayó primero el lapicero y luego la hoja porque el lapicero es más pesado que la hoja		Lo que influye es el peso  La misma velocidad en todo el transcurso de la caída, no cambia	
C2	La hoja tarda más en caer porque a diferencia del		A más masa mayor velocidad, si es menos masa menos	

	lapicero es mucho más liviana		velocidad.  No cambia, pues sigue con a misma velocidad constante.	
<b>C3</b>	Cae primero el lapicero ya que su peso es mayor al de la hoja,		Va caer primero la piedra porque la masa de la piedra es más pesada	Su velocidad se va haciendo más grande
<b>C4</b>		Caen igual porque el papel siendo presionado se vuelve un objeto con menos resistencia al aire al igual que el lapicero.	Mayor peso, mayor rapidez en la caída.	
<b>C5</b>	El lapicero cayó mucho más rápido por su peso		Si pesa más cae más rápido y si pesa menos se demora más para caer.	Cuando lo tiro va cogiendo una velocidad.

<b>Instrumentos</b>
---------------------

	Esquematización del fenómeno		Actividad Experimental		Experimentación mental	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
<b>Modelos</b> <b>Caso</b>						
<b>C1</b>		La velocidad aumenta, se acelera.	Caen en tiempos diferentes porque la inclinación es distinta.	Eran de distinta masa y aun así cayeron al mismo tiempo.		Si no hay resistencia del aire caerían igual porque la gravedad es la misma.  van aumentando los grados de velocidad hasta ya llegar al suelo
<b>C2</b>		Si el tiempo aumenta los grados de velocidad serán distintos.	El ángulo es el que influye en la caída de las esferas.	Si caen sin aire caerían al mismo tiempo.		la velocidad cambia con el tiempo que primero va a ser cero y a medida que va cayendo va aumentando.  Así sea una pluma o cualquier otra cosa van a

						caer al mismo tiempo.
<b>C3</b>		Mayor instante, mayor va a ser la velocidad del cuerpo.	Caen en tiempos diferentes dependiendo del ángulo de inclinación.	Son de distinta masa y caen al mismo tiempo.		No había resistencia del aire por lo tanto los cuerpos caían al mismo tiempo.  Si va en un espacio vacío, la velocidad aumenta a medida que va cayendo.
<b>C4</b>	El grado de velocidad es el mismo porque al caer libremente el cuerpo lleva una velocidad constante.		Caen en tiempos diferentes por el ángulo en que se encuentran los planos.	Caen en tiempos iguales ya que aunque son de diferente masa son impulsadas por una misma fuerza.		Sin la presencia del aire pienso que caerían igual.  Al caer progresivamente va aumentando su velocidad.
<b>C5</b>		El cuerpo en caída libre va tomando grados de velocidad.		Sin aire podría suceder que...las dos esferas tendrían la misma		al no haber aire no influye el peso  Con el tiempo la velocidad va aumentando.

				velocidad.  Con el mismo ángulo de inclinación pero con diferente misma masa, las esferas caen al mismo tiempo.		
--	--	--	--	---	--	--

## Análisis y hallazgos

En el análisis de los datos encontrados en esta investigación, primero se describe los hallazgos de cada instrumento con el fin de conocer las explicaciones de los casos con respecto a algunas características del fenómeno de caída libre. Posteriormente, se realizó un seguimiento de cada uno de los instrumentos por cada caso, con la pretensión de hallar un aserto más profundo que permitiera ver el modelo explicativo de cada caso. Finalmente, se buscó una correspondencia entre categorías apriorísticas y categorías emergentes, lo que permitió identificar a su vez una correspondencia entre los modelos teóricos y los modelos explicativos de los casos.

En relación con lo planteado, surgieron las siguientes categorías apriorísticas que corresponden a los modelos teóricos de las perspectivas galileana y aristotélica propuestos en la obra: Consideraciones y demostraciones matemáticas de Galileo (1976):

<b>Categorías apriorísticas</b>	<b>Descripción</b>
<b>CA1</b>	La caída de los cuerpos como un movimiento uniforme
<b>CA2</b>	La caída de los cuerpos como un movimiento uniformemente

	acelerado
<b>CA3</b>	La caída de los cuerpos dependiente de la masa
<b>CA4</b>	La caída de los cuerpos independiente de la masa
<b>CA5</b>	La caída de los cuerpos dependiente de la densidad del medio
<b>CA6</b>	La caída de los cuerpos dependiente de la diferencia de densidades entre el medio y el cuerpo

Dichos modelos se plantean como:

Modelo aristotélico (M1) La caída libre es un movimiento uniforme, donde la velocidad es directamente proporcional a la masa del objeto, e inversamente proporcional a la densidad del medio.

Modelo galileano (M2). La caída libre es un movimiento uniformemente acelerado, donde la velocidad es directamente proporcional al tiempo de caída, y dependiente de la diferencia de densidades entre el medio y el cuerpo.

***Correspondencia entre categorías apriorísticas y modelos.***

<b>Modelos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Categoría apriorística</b>	<b>Descripción</b>
<b>M1</b>	aristotélico	CA1	La caída de los cuerpos como un

			movimiento uniforme.
		CA3	La caída de los cuerpos dependiente de la masa.
		CA5	La caída de los cuerpos dependiente de la densidad del medio.
<b>M2</b>	galileano	CA2	La caída de los cuerpos como un movimiento uniformemente acelerado
		CA4	La caída de los cuerpos independiente de la masa
		CA6	La caída de los cuerpos

			dependiente de la diferencia de densidades entre el medio y el cuerpo.
--	--	--	--

### ***Instrumento uno. Indagación de Ideas***

En el análisis realizado a este primer instrumento se pudo evidenciar que C1, C2 y C5 no diferencian entre los conceptos de masa y peso, ya que en sus explicaciones, utilizan términos como liviano, sólido, dócil y pesado, además relacionan también el peso con el material, la forma y la textura del cuerpo, características que corresponden al material del cual está constituido el cuerpo, es decir, la masa, así como la manifiesta C1 “porque el lapicero es más pesado que la hoja, y además la textura del lapicero es sólida y la hoja es dócil” , C2 “la hoja es mucho más liviana y su velocidad es más lenta” y C5 dice “El lapicero cayó mucho más rápido por su peso y su textura, la hoja se demoró para caer porque es muy liviana y muy ancha” y también que “ahora el papel arrugado bajo con bastante velocidad porque cambio de forma.”

De lo anterior se puede inferir que las principales variables con las que los casos relacionan la caída de los cuerpos, es el peso y la masa, no obstante, otras variables con la que los casos relacionan la caída de los cuerpos, son la altura, la

resistencia del aire y la velocidad, tal es el caso 4 que relaciona el fenómeno con la resistencia del aire y la altura, al mencionar que “la hoja tiene más resistencia al aire”, “por la gravedad y fueron lanzadas desde la misma altura”.

Se puede evidenciar además que C2, C3 y C5 conciben el movimiento de caída de los cuerpos como un movimiento uniforme, cuando plantean que hay una velocidad inicial y cuando dicen que los cuerpos tienen una velocidad igual o parecida, respectivamente así lo mencionan “van con una velocidad igual o parecida”, “su velocidad inicial es la misma”, “el papel arrugado bajó con bastante velocidad porque cambió de forma”

### ***Instrumento dos. Entrevista semiestructurada***

En el análisis de este segundo instrumento, se pudo notar que C1, C2, C3 y C5 consideran que el tiempo de caída es inversamente proporcional a la masa, cuando respectivamente afirman en sus explicaciones que, “yo me supongo que cae primero el más pesado”, “si es mayor masa cae más rápido, si es menos masa menos velocidad”, “va a ser lógicamente primero la piedra, porque la masa de la piedra es más pesada”, “ si pesa más cae más rápido, y si pesa menos se demora más para caer”.

C1, C2, C4 Y C5, coinciden en afirmar que existe una relación directa entre el tiempo de caída y la altura, así: “si uno lo tira de 100m no va a caer lo mismo que si lo tira de 300 o 400m”, “si cae de una altura más lata va a caer más rápido, y si cae de una más bajita cae con la misma velocidad pero de una”, “usted lo lanza de una altura más alta, va a tener más tiempo” y “si lo más alto se puede demorar más tiempo para caer, si lo tiro más acá cae en un momentico”

C3 y C5 consideran que hay una relación entre la velocidad y el tiempo, lo que implica que consideren que el fenómeno de caída libre es un movimiento uniformemente acelerado. De esta manera C3 afirma “sí, a mayor tiempo, va a ser mayor la velocidad”, “el objeto que va cayendo, su velocidad se va haciendo más grande” y C5 “pues al tirarla va cogiendo velocidad, yo creo que es con lo de la gravedad”

C2 y C4 consideran que la velocidad es directamente proporcional al peso afirmando respectivamente que “a mayor masa mayor velocidad, cae más rápido”, “a mayor peso mayor rapidez en la caída”.

C1, C2 y C4 discurren en que el fenómeno de caída libre es un movimiento uniforme al afirmar que: C1 “yo pienso que es uniforme, porque es la misma velocidad en todo el transcurso de la caída”, C2 “en caída libre es constante la velocidad, de aquí para abajo no cambia” y C4 “pienso que él lleva una velocidad constante”.

Todos los casos coinciden en afirmar que la velocidad inicial es cero, debido a que este movimiento inicia del reposo.

Respecto a la influencia del aire en la caída libre de los cuerpos, C1 y C4 concuerdan en que el aire ofrece resistencia a la velocidad, afirmando que: C1 "solo es importante cuando el viento puede hacer fuerza contra el material, cambiando su trayectoria", C4 "si hay gravedad no habría un aire que lo estuviera deteniendo, haciendo una fuerza opuesta".

C1, C2, C4, C5, no reconocen una clara diferenciación entre los conceptos de masa y peso, mencionándolo respectivamente así: "significan los mismo porque todo lo que tiene que ver con peso es masa", "No porque la masa tiene que ver con la forma, la textura, el material y el peso es lo que pesa", la masa es como el cuerpo, el fenómeno, y el peso es ya variando", "Un cuerpo es una masa y la masa tiene peso, entonces si son sinónimos".

### ***Instrumento tres. Esquematización del fenómeno.***

Este instrumento tuvo como objetivo encontrar claridad con respecto a la CE7 y CE8 que corresponden a la caída libre con velocidad constante y la caída libre con velocidad variable, respectivamente.

C2 y C4 se refieren al movimiento de caída libre como un movimiento en el que los grados de velocidad no cambian con respecto al tiempo, es decir, como un movimiento uniforme, al afirmar que: “la velocidad aumenta y es rápida y se mantiene así hasta el instante cinco y seis y/o llegar al suelo” y “el grado de velocidad es el mismo porque al caer el cuerpo lleva una velocidad constante”.

C1 y C5 afirman que los cambios en los grados de velocidad son directamente proporcionales con los instantes de tiempo, correspondiendo esta explicación a un movimiento uniformemente acelerado. C1: “yo creo que esta diferencia se da por el aumento o disminución de la velocidad que esta representada de tal forma en la gráfica”, C5: “como se puede ver en mi gráfica muestro un cuerpo que cae y aumenta la velocidad de manera uniforme, es decir, aumentado siempre lo mismo”.

C3 describe un movimiento acelerado pero no uniforme, al afirmar que: “de uno a tres el cuerpo experimenta una velocidad de cinco grados y de cinco a seis el cuerpo experimenta una velocidad de un grado”.

De esta manera los casos C2 y C4 se corresponden a la CE7 y los casos C1 y C5 se corresponden con la CE8. El C3 encuentra correspondencia con la categoría CE8, aunque en sus explicaciones plantea una velocidad variable, no la considera constante, por lo que no se corresponde con las categorías apriorísticas.

### ***Instrumento cuatro. Actividad experimental***

Este instrumento tuvo como objetivo identificar la manera en que los casos relacionan el tiempo de caída con planos de diferentes ángulos de inclinación y el tiempo de caída con la masa del objeto, respecto a la categoría CE1 y las que surgieron de este instrumento: CE12, CE13, CE14 y CE15.

C3 y C4 establecen una relación directamente proporcional entre el tiempo de caída y la masa del objeto, afirmando en sus explicaciones que: “si no hay aire la que tiene mayor masa aumenta su velocidad superando la que tiene una masa diferente” y “la grande caerá primero por su masa mayor”, respectivamente.

Por el contrario, C1, C2 y C5 conciben el tiempo de caída independiente de la masa pues consideran que: C1: “cuando la inclinación es la misma así la masa sea diferente caen al mismo tiempo”, C2: “si caen sin aire caerían al mismo tiempo” y C5: “con la misma masa las esferas caen al mismo tiempo”

Con respecto a la relación entre el ángulo de inclinación y el tiempo de caída, todos los casos establecen que es directamente proporcional cuando afirman: C1: “cae primero la de mayor inclinación que la de menos inclinación”, C2: “si el plano está más inclinado, es decir, más derecho, la masa caerá más rápido”, C3: “en tiempos diferentes...permitiendo una mayor velocidad en la que tiene mayor inclinación”, C4: “la grande caerá primero, por su masa mayor y su

inclinación mayor”, C5: “la esfera que está en el ángulo más inclinado es la que cae primero”

C3 establece una relación entre la velocidad y la aceleración con el ángulo de inclinación del plano afirmando que: “la aceleración es diferente dependiendo del grado de inclinación” y “una mayor velocidad en la que tiene mayor inclinación”

### ***Instrumento cinco. Experimentación mental***

En este instrumento todos los casos establecen la caída libre de los cuerpos como un movimiento independiente de la masa, cuando no hay resistencia del aire, pues asumen una relación entre la densidad del medio y el tiempo de caída de los cuerpos. Además, dejan ver que dicho movimiento es uniformemente acelerado, cuando afirman que: C1 “si no hay resistencia del aire caerían igual”, “al ser más denso hace que sea más lenta la llegada al fondo” y “como el cuerpo se acelera, la velocidad aumenta”, C2: “si no hay aire que intervenga, caen al mismo tiempo, así sean de distinta masa”, “cae primero la que es menos espesa, menos densa” y “a medida que va cayendo aumenta ms de diez grados, no igual”, C3: “como no hay resistencia del aire, no tiene nada que ver ni el peso, ni la masa”, “cae primero la esfera que va a caer en el alcohol, ya que es el menos

denso” y “va a ir aumentado su velocidad a medida que va cayendo”, C4: “sin la presencia del aire, pienso que caerían igual”, “entre mas denso sea el fluido, mas resistencia opondría al cuerpo que no se va a deslizar facial dentro de el” y “al caer progresivamente, va a aumentando su velocidad”, C5: “porque al no haber aire, no influye el peso”, “la densidad determina, por ejemplo al aceite le tocaría pasar por muchas mas cositas que lo presionan” y “con el tiempo aumenta la velocidad

### ***Correspondencia entre categorías emergentes y casos***

En el análisis de los cinco instrumentos aplicados emergen unas categorías que corresponden a los modelos explicativos de los estudiantes y fueron nombradas de la siguiente manera:

<b>Categorías emergentes</b>	<b>Descripción</b>
CE1	Tiempo de caída de un cuerpo en función de la masa
CE2	Tiempo de caída de un cuerpo en función de la altura
CE3	Tiempo de caída de un cuerpo en relación con la resistencia del aire

CE4	Tiempo de caída de un cuerpo en relación con la velocidad
CE5	La velocidad de caída en función de la altura
CE6	La velocidad de caída en función del peso
CE7	La caída libre con velocidad constante
CE8	La caída libre con velocidad variable
CE9	La velocidad inicial igual a cero
CE10	La velocidad dependiente de la resistencia del aire
CE11	Sinonimia entre los conceptos, masa y peso
CE12	Tiempo de caída de un cuerpo en función del ángulo de inclinación
CE13	Velocidad en relación con el ángulo de inclinación
CE14	Aceleración en relación con el ángulo de inclinación
CE15	Tiempo de caída independiente de la masa

Estas categorías a su vez muestran una correspondencia con las categorías apriorísticas y en consecuencia con los modelos teóricos. Es así, como en el instrumento uno, todos los casos relacionaron el tiempo de caída con la masa, que se corresponden a la categoría apriorística de la caída de los cuerpos dependiente de la masa, el C4 relaciona el tiempo de caída con la resistencia del aire, y se corresponden con la categoría de la caída de los cuerpos dependiendo

de la diferencia de densidades entre el medio y el objeto, C2 y C3 relacionan el tiempo de caída con la velocidad del objeto, que se corresponden con la categoría apriorística que relaciona la caída de los cuerpos como un movimiento uniforme.

En el segundo instrumento la correspondencia entre categorías emergentes y categorías apriorísticas se da de la siguiente manera: los casos que relacionaron el tiempo de caída con la masa, la velocidad con la masa, se corresponden a la categoría apriorística de la caída de los cuerpos dependiente de la masa, los casos que relacionaron el tiempo de caída con la resistencia del aire, y la velocidad con la resistencia del aire, se corresponden con la categoría de la caída de los cuerpos dependiendo de la diferencia de densidades entre el medio y el objeto, los casos que relacionaron la caída de los cuerpos con una velocidad constante, se corresponden con la categoría apriorística que relaciona la caída de los cuerpos como un movimiento uniforme, y los que relacionan la caída libre con una velocidad variable, se corresponden con la categoría del movimiento de caída libre como un movimiento uniformemente acelerado.

En el instrumento tres se concluyó que la categoría CE7 se corresponde con la CA1: la caída de los cuerpos como un movimiento uniforme, y CE8 se corresponde con la CA 2: “la caída libre de los cuerpos como un movimiento uniformemente acelerado”

En el cuarto instrumento se identificó dicha correspondencia entre las categorías apriorísticas y emergentes en las explicaciones de los casos, de la siguiente manera: CE1 se corresponde con CA3 y CE15 se corresponde con CA4, CE12 y CE13 se corresponde con CA7. La categoría CE14, referente a la aceleración en relación con el ángulo de inclinación, no se ubica dentro de las categorías apriorísticas, debido a que el movimiento en planos inclinados en las posturas galileanas solo se contempla como caída libre cuando el ángulo de inclinación es de  $90^\circ$  y se establece una relación entre la aceleración y el ángulo de inclinación.

En el quinto instrumento se logro identificar esta correspondencia de los casos y las categorías apriorísticas, donde CE3: tiempo de caída en relación con la resistencia del aire se corresponde con CA 5 : La caída de los cuerpos dependiente de la densidad del medio, CE 8: caída libre con velocidad variable se corresponde con CA 2 La caída de los cuerpos como un movimiento uniformemente acelerado y CE 15: tiempo de caída independiente de la masa se corresponde con CA 4 La caída de los cuerpos independiente de la masa.

### ***Correspondencia entre categorías emergentes y casos***

<b>Instrumentos</b>
---------------------

Indagación de Ideas					Entrevista Semiestructurada									
CE Casos	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 1	CE 2	CE 4	CE 5	CE 6	CE 7	CE 8	CE 9	CE 10	CE 11
<b>C1</b>	X	X			X	X				X		X	X	X
<b>C2</b>	X	X		X	X	X			X	X		X		X
<b>C3</b>	X	X		X	X		X				X	X		
<b>C4</b>	X	X	X			X			X	X		X	X	X
<b>C5</b>	X	X			X	X	X				X	X		X

Instrumentos								
Actividad Experimental						Experimentación Mental		
CE Casos	CE 1	CE 12	CE 13	CE 14	CE 15	CE 3	CE 8	CE 15
<b>C1</b>		X			X	X	X	X
<b>C2</b>		X			X	X	X	X
<b>C3</b>	X	X	X	X		X	X	X
<b>C4</b>	X	X				X	X	X

<b>C5</b>		X			X	X	X	X
-----------	--	---	--	--	---	---	---	---

La correspondencia del instrumento tres no se sistematizo en la anterior matriz, debido a que solo eran dos categorías emergentes que se correspondían con dos de las categorías apriorísticas.

### ***Aserto de los asertos hallados en los instrumentos***

En esta matriz se pudo evidenciar que las explicaciones de los casos en relación con el movimiento de caída libre, no permanecen durante la aplicación de dichos instrumentos.

En el primer instrumento, que fue aplicado antes de que los casos llegaran a la temática de la caída de los cuerpos en clase, los cinco casos plantearon una la caída libre de los cuerpos, dependiente de la masa, que corresponde a una de las características planteadas en el modelo teórico aristotélico, evidente en los diálogos planteados por Galileo en su obra “consideraciones y demostraciones matemáticas”, donde se afirma que : “una piedra grande se mueve, por ejemplo, con una velocidad de ocho grados y una piedra pequeña, con una velocidad de cuatro” (1976, p 148-14). Posteriormente, la conceptualización fue cambiando en cada uno de los casos, llegando finalmente a considerar la caída de los cuerpos

independiente de la masa, característica perteneciente al modelo teórico galileano, al plantear que: “no es verdad que un móvil más pesado se mueva a más velocidad que un móvil más liviano, con tal de que ambos sean de la misma materia”. Este cambio posiblemente fue ocasionado por la intervención del docente titular del área de física, como lo expresa claramente el caso uno en el instrumento cinco cuando dice: “el profesor nos explico eso, no hay resistencia entonces caen igual”. También, tuvo importancia en el cambio de sus explicaciones, la forma con la que fue diseñado cada instrumento y la intención de precisar sus ideas al respecto de la caída libre de los cuerpos”. Los casos llegaron finalmente

Otro aspecto que se fue modificando durante la aplicación de los instrumentos, fue la conceptualización del movimiento de caída libre como un movimiento uniforme, característica que se corresponde al modelo teórico aristotélico, que se hace evidente en la obra del clásico analizado que se mencionó en el párrafo anterior, donde se plantea que: “el mismo móvil en el mismo medio tiene una velocidad reglamentada y determinada por la naturaleza, la cual no podrá aumentarse a no ser por un impulso” (1976, p 148-149), llegando finalmente al movimiento de caída libre como un movimiento uniformemente acelerado en todos los casos, característica que se corresponde con el modelo teórico galileano, que afirma que: “desde el momento que la naturaleza se sirve de una determinada forma de aceleración, en los cuerpos pesados en caída libre...”(Galilei,1976,p 288)

Es de anotar que la intención de esta investigación no fue la intervención en las explicaciones de los casos, se pretendía conocer sus modelos explicativos al respecto del fenómeno de caída libre.

### **Consideraciones finales**

Usualmente, la enseñanza de la física se plantea a partir de lo afirmado en los libros de texto, en los cuales, se ha logrado evidenciar que se basan en la solución de problemas que implican resolver algoritmos propuestos como ejercicios matemáticos, sin la conceptualización de los mismos, tal es el caso de la aceleración de la gravedad en el fenómeno de caída libre cuando se retoma desde la segunda ley de Newton, donde se afirma que  $F=m.a$ , luego al ser llevada al fenómeno de caída libre queda que  $w= m.g$ , y al despejar la gravedad, queda en función de la masa y el peso, lo que puede generar que se conceptualice que la aceleración de la gravedad como una magnitud dependiente de la masa, y no como una constante como se afirma en dichos libros de texto.

En el análisis realizado a la perspectiva galileana en el texto “consideraciones y demostraciones matemáticas”, se logró ver la importancia de la experiencia sensible en la organización de las explicaciones de los fenómenos físicos, debido a que sus construcciones teóricas están permeadas por la forma

en la que Galileo interactuaba con el mundo exterior, pues su forma de representarlo habla de la visión que tenía de este. Esta experiencia sensible junto con los conocimientos ya estructurados en su pensamiento, fue lo que le permitió una experimentación mental en la que recreó condiciones ideales, tales como planos inclinados perfectamente lisos y la no existencia de resistencia de algún medio.

En esta perspectiva galileana se hace necesario establecer ciertas relaciones de proporcionalidad de variables físicas, con el fin de construir relaciones que permiten establecer proposiciones matemáticas y que a su vez posibilitan la explicación de un fenómeno físico; de esta manera, se conciben las construcciones físicas unidas a las construcciones matemáticas. Estas relaciones se llevan a un lenguaje geométrico de tal manera que las variables físicas de distinta naturaleza sean expresadas en longitudes, haciéndose, de esta manera, comparables.

A partir de los hallazgos en esta investigación, se puede afirmar que en la enseñanza de la física no es suficiente la enseñanza de las fórmulas matemáticas, sino también una adecuada conceptualización y las respectivas idealizaciones que permiten la construcción del conocimiento científico, es así como en el análisis del fenómeno de caída libre, desde la perspectiva galileana, se hace necesario establecer condiciones bajo las cuales ocurren los fenómenos. Desde este punto de vista un movimiento va a ser uniformemente acelerado cuando en intervalos de tiempo iguales, adquiere incrementos iguales de

velocidad, condición inicial a partir de la cual Galileo formula sus postulados, axiomas y proposiciones para la ocurrencia de éste fenómeno.

En la obra de Galileo que se mencionó anteriormente se identificaron dos modelos teóricos correspondientes al pensamiento aristotélico y al pensamiento galileano. En el primero, se establece que el movimiento de caída libre es un movimiento uniforme, donde la velocidad de caída es directamente proporcional a la masa e inversamente proporcional a la densidad del medio y el segundo plantea que el movimiento de caída libre es un movimiento uniformemente acelerado, donde la masa no influye en la velocidad de caída de los cuerpo, más bien establece que es la diferencia de densidades entre el medio y el cuerpo lo que determina el grado de velocidad.

De otro lado, en los casos que participaron en la investigación, se logró identificar unos modelos explicativos, que se correspondían en algunas ocasiones con el modelo explicativo aristotélico, por ejemplo cuando afirmaban que en planos inclinados el tiempo de caída dependía del grado de inclinación del cuerpo, además, en otros casos, planteaban un tiempo de caída dependiente de la masa, cuando no hay resistencia del aire. En otras ocasiones, las explicaciones de los casos se correspondían con el modelo teórico galileano, al afirmar que la velocidad cambiaba con el tiempo de manera constante y que este tiempo de caída no dependía de la masa.

## **Implicaciones didácticas**

El aprendizaje de la física, suele ser más efectivo cuando hay motivación en el estudiante, hecho por el cual es fundamental que la enseñanza permita despertar en él la curiosidad, el interés y el deseo de aprender, desarrollando en ellos una actitud positiva frente a la física y hacia ellos mismos.

Por otra parte, es importante reconocer que los estudiantes construyen su propio aprendizaje cuando interactúan con la física, mediante experiencias relacionadas con su entorno físico, social, cultural, tecnológico, es decir su vida cotidiana, a través de las oportunidades que les posibilite investigar, describir y significar conceptos, modificando ideas tan importantes como las de caída libre.

En este sentido, la historia y la epistemología de las ciencias ofrece nuevas formas de ver el proceso de enseñanza, ya que demanda del individuo la constante reflexión de su quehacer como maestro, tanto en su forma de concebir la ciencia como en la forma de enseñarla, propiciando de esta manera un mayor acercamiento a la ciencia, ya que se tiene en cuenta para la construcción del conocimiento científico, su génesis y las condiciones bajo las cuales ocurre un determinado fenómeno, permitiendo así una recontextualización y reconceptualización de los saberes, en el que se articule el conocimiento a los nuevos contextos, de manera significativa, y así lograr la motivación del estudiante mediante la interacción con un conocimiento científico contextualizado.

En este sentido, retomándose el movimiento, desde los postulados galileanos, podemos encontrar que es posible brindar a los estudiantes una manera de conceptualizar, que permite dar forma a los fenómenos físicos y se construye una estructura matemática a partir de relaciones de proporcionalidad que emergen simultáneamente, como por ejemplo, en la caída libre se construye una relación directamente proporcional entre el tiempo y la velocidad de caída, donde se explica dicho fenómeno. Al construirse la explicación de los fenómenos junto con el componente matemático, se genera una disminución en la dificultad que presentan los estudiantes con el manejo de las matemáticas.

Por otra parte, es posible identificar en Galileo una metodología por medio de diálogos que inicia en el pensamiento aristotélico de la época, llevando progresivamente al lector a identificar las posibles falencias que tiene dicha visión, contrastando con sus explicaciones del mundo físico que se cumplen bajo ciertas condiciones. Esta forma metodológica que utiliza Galileo, le permite al docente la búsqueda de explicaciones de los fenómenos, a partir de los modelos explicativos de los estudiantes, cuya función es orientar las posibles fallas y fortalezas que surgen en dichas explicaciones, construyendo en conjunto un modelo explicativo que funcione bajo ciertas condiciones, lo que permite la construcción del conocimiento desde los modos de ver de los estudiantes.

El uso de la experimentación mental en Galileo, posibilita una estrategia en la que se busca que el estudiante, a partir de las construcciones teóricas que posea, genere explicaciones a situaciones determinadas que se recreen en su

pensamiento, que le permitan relacionar y modificar variables, con el fin de mirar cómo esta situación se modifica, evaluando de esta manera dicha explicación.

Esta metodología planteada por Galileo, le permite al estudiante el desarrollo de una capacidad crítica y reflexiva frente a sus propias explicaciones, lo que le puede generar competencias argumentativas que den cuenta de las construcciones que hace del conocimiento científico.

### **Secuencia Didáctica**

Cuando se planea una secuencia didáctica es posible encontrar múltiples actividades que pueden desarrollarse en una clase, por lo que surge la necesidad de seleccionar y analizar cuales son las actividades pertinentes para la intención que se tiene. En este sentido, responder a las preguntas ¿qué es lo que se quiere alcanzar con las diferentes actividades que se proponen, es decir, ¿Qué se quiere enseñar?, le da forma a la selección de las actividades a plantear en la secuencia didáctica.

Esta secuencia didáctica es producto del análisis de la investigación y de la continua reflexión sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje. Está basada en la guía metodológica que hicieron Jorba y Sanmartí en el año de 1996, y que se conoce como ciclo didáctico. Dicho ciclo basado en el modelo constructivista del

conocimiento consta de varias fases, no secuenciales ni consecutivas que inician con el planteamiento de una pregunta central como un problema autentico relacionado con la cotidianidad del estudiante y que además puede favorecer la búsqueda de nuevos modos explicativos, y actitudes que favorezcan la estructuración de nuevos conocimientos.

Esta secuencia didáctica está planteada desde una perspectiva histórica y epistemológica, ya que se busca un aprendizaje crítico y reflexivo del conocimiento científico, donde el estudiante sea el principal actor en la construcción de su conocimiento, buscando darle validez a éste. Además, se pretende generar espacios de diálogos entre docentes y estudiantes con el fin de propiciar los procesos de una ciencia como actividad dinámica, social y cultural determinado por un contexto socio temporal.

Se planteó para el grado decimo en la asignatura de física, puesto que, los estándares curriculares, como criterios que especifican lo que todos los estudiantes deben saber y saber hacer, propone para dicho grado la mecánica clásica con la descripción y análisis de las relaciones entre posición, velocidad y aceleración de cuerpos, en los diferentes tipos de movimiento. En este caso particular se retoma el movimiento en caída libre de los cuerpos.

El tiempo utilizado para la implementación de esta secuencia didáctica será entre 7 y 8 clases, comprendidas entre 3 y 4 semanas, durante el estudio de la caída libre de los cuerpos.

En las actividades propuestas se plantean ciertos experimentos mentales, en los cuales los estudiantes recreen en su pensamiento experiencias respecto a la ocurrencia del fenómeno, buscando en ellos una explicación a dichas experiencias y valorando si dichas explicaciones son posibles o no. Esto es acorde con lo que proponen los estándares respecto a los trabajos experimentales, que pretende que el estudiante planee y realice proyectos en los cuales controle variables y organice una explicación de las situaciones.

Otras actividades propuestas permiten la realización de graficas donde se relacionen variables, con el fin de que los estudiantes encuentren una proposición matemática que explique el fenómeno de caída libre.

### *Pregunta Central*

¿Cuáles son las relaciones que se establecen en el fenómeno de caída libre de los cuerpos?

### *Objetivo General*

Identificar las relaciones que se dan en el fenómeno de caída libre de los cuerpos y de qué manera se dan dichas relaciones.

### *Objetivos Específicos*

- Indagar a cerca de las relaciones que establecen los estudiantes en el fenómeno de caída libre de los cuerpos.
- Conceptualizar el fenómeno de caída libre a partir de las relaciones que se generan en dicho fenómeno.
- Plantear nuevas situaciones problema que le permitan al estudiante evaluar la apropiación de los conocimientos en torno al fenómeno de caída libre.

### **Fase I**

*Indagación de Ideas: Cuestionario preguntas abiertas.* Con esta actividad se pretende conocer las relaciones que establecen los estudiantes respecto al fenómeno de caída libre, buscando que los estudiantes exploren y construyan sus propias explicaciones de lo que consideran sucede con las experiencias.

Esta actividad contribuye a que los estudiantes formulen hipótesis desde situaciones, vivencias e intereses cercanos, para de esta forma reconocer sus modelos explicativos. El tiempo utilizado para la aplicación de las actividades es de 2 horas.

### *Actividades*

Se dejan caer objetos de diferente forma o peso, solicitando de ellos, respuestas individuales escritas acerca de si creen que alguno llegará primero al suelo, y porque consideran que es así.

✚ Por ejemplo

-Una hoja y un cuaderno

-Un borrador y un lapicero

✚ Luego se les pregunta que creen que sucedería si se dejan caer dos hojas de papel tamaño carta una totalmente extendida y la otra en forma de bolita, ¿caerá una primero que la otra? Y porque

✚ Posteriormente se les indaga acerca de la misma situación pero en ausencia de aire, que creen que cambiaría si se dejan caer los mismos objetos en un espacio donde no hay aire.

✚ Aristóteles Pensaba que el movimiento de caída era propio de todas las cosas pesadas y que cuanto más pesado era el objeto, más rápido caía: por ejemplo, una semilla grande cae más rápido que una hoja, y la piedra grande desciende más rápido que la pequeña.

Como consideras esta afirmación (verdadera o falsa) y ¿porque?

### **Fase II**

*Búsqueda de modelos explicativos de los estudiantes.*

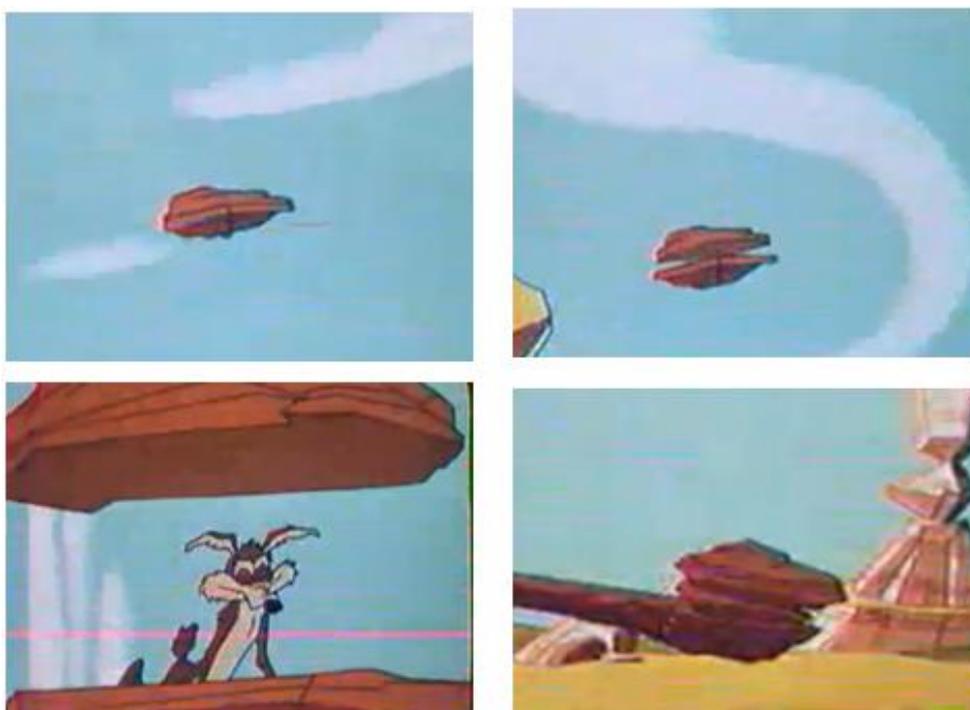
El objetivo de esta fase es ayudar a los estudiantes a organizar sus ideas sobre el fenómeno de caída libre y cuales son las variables y condiciones que interviene en dicho fenómeno y al mismo tiempo incorpore nuevas ideas a partir de la interacción con el material de estudio. Pretendiendo con esto que elaboren conceptos mas significativos respecto a lo que sucede con la caída de los cuerpos y respecto a las variables que consideran intervienen en dicho fenómeno.

La docente servirá de apoyo y guía del proceso, frente a inquietudes que se les presente. El tiempo utilizado para la aplicación será de 4 a 5 horas.

Las siguientes imágenes corresponden al video que se presenta en el link, donde se muestran algunas situaciones relacionadas con el fenómeno de caída libre.

1. Observar el video y explicar cómo es el movimiento de caída de estas piedras.
2. Analiza y responde, bajo qué condiciones consideras que la caída de estas rocas se pueda presentar de la manera en que allí lo muestran.

[http://www.youtube.com/watch?v=4Zn045Q\\_f6E&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=4Zn045Q_f6E&feature=related)



Las imágenes corresponden a una situación que ejemplifica el fenómeno de caída libre.

1. Observa el video y describe lo que sucede en dicho movimiento.
2. Analiza y explica si es posible que el movimiento de caída entre el yunque y el globo en el que se encuentra el coyote, se dé de la manera como se muestra en el video.

<http://www.youtube.com/watch?v=ceBZJC6p9yY&playnext=1&list=PLA9EF5>

[E332B79131A](#)



### Fase III

*Estructuración de nuevos conocimientos: Clase magistral.*

En esta fase se pretende que el estudiante construya el conocimiento como consecuencia de la interacción con las actividades anteriores, la docente, los compañeros y su apreciación personal, de modo que sean capaces de exteriorizar el conocimiento que construyeron a través de la representación

gráfica de las relaciones que establecen entre las variables de tiempo y velocidad.

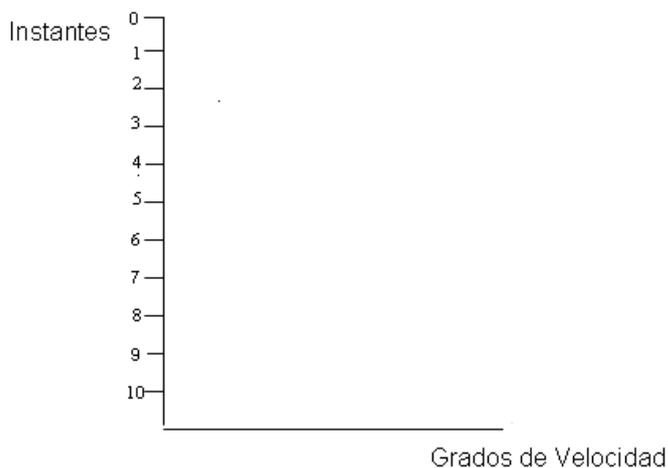
Para esto se plantean tres actividades repartidas en tres horas de clase.

#### ✚ Clase magistral

Se realizará una intervención en el aula donde se plantee el fenómeno de caída libre desde las relaciones de proporcionalidad que se dan entre variables físicas (tiempo, velocidad, aceleración).

✚ Esquematización del fenómeno: De acuerdo al dialogo que se tuvo en la actividad anterior, desarrolla la siguiente actividad:

1. Imagina un cuerpo que cae libremente desde determinada altura. Utilizando la gráfica, dibuja líneas en cada instante donde representes cómo consideras que es el grado de velocidad del cuerpo en cada uno de estos instantes.



2. Responde las siguientes preguntas a partir del esquema que realizaste:

- ¿Qué sucede con la velocidad en los siguientes instantes: de 0 a 1, de 1 a 2 y de 5 a 6? Establece una relación entre el grado de velocidad en estos instantes.
- ¿En qué instante o instantes de tiempo en la gráfica la velocidad podría ser mayor y en que instante menor?
- Compara la longitud de la línea que representa la velocidad entre dos instantes consecutivos, ¿Encuentras diferencias entre sus longitudes? Si las encuentras ¿Qué representaría esta diferencia?
- ¿A qué tipo de movimiento crees que esta se refiere?

#### Socialización desde las gráficas realizadas

En esta actividad se realiza una socialización de los resultados que se obtuvieron en la actividad anterior, donde se construirá en conjunto algunos algoritmos matemáticos que surgen de la esquematización que realizaron los estudiantes y que a su vez permitan representar el fenómeno de caída libre.

### **Fase IV**

*Aplicación a nuevas situaciones: Experimentación física y experimentación mental.*

Con estas actividades se pretende que el estudiante aplique los conocimientos que ya adquirió en otras situaciones similares, es decir transferir y aplicar lo aprendido a otras situaciones. Para esto se utilizarán dos metodologías, una es a través de un laboratorio experimental en el que el estudiante establezca a partir

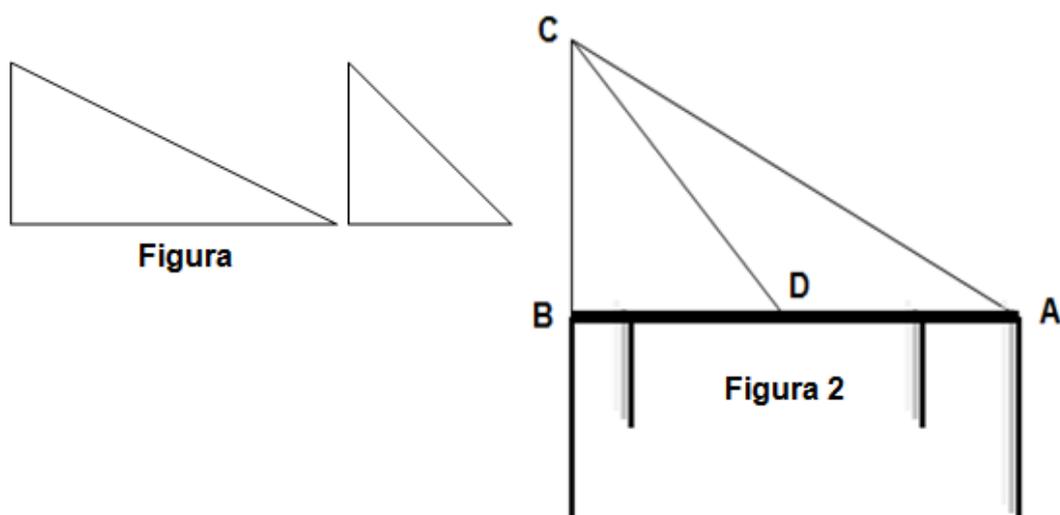
de sus construcciones relaciones entre algunas variables que intervienen en el fenómeno de caída libre, y otra es la experimentación mental, que es una estrategia muy utilizada por Galileo para sus explicaciones. Para esta fase se utilizarán de 3 a 4 horas de clase.

✚ Actividad Experimental: se pretende establecer una relación entre el tiempo con la inclinación de un plano, la masa y la velocidad en el movimiento uniformemente acelerado.

#### Materiales

- 4 esferas grandes dos de goma y dos de cristal.
- 2 esferas pequeñas, una de goma y una de cristal.
- 2 estructuras con forma de planos inclinados que tengan la misma altura pero diferente ángulo como se muestra en la figura 1.
- Balanza.

La ubicación de los planos inclinados será de tal manera que el extremo inferior del plano quede a ras con el borde de la mesa, como se muestra en la figura 2.



### Procedimiento

1. Determinar las masas de las esferas con una balanza triple brazo y registrar los datos en la siguiente tabla.

Esferas	Material	Masa (g)
Grandes	Cristal	
	Goma	
Pequeñas	Cristal	
	Goma	

2. Experiencias:

Se deja rodar libremente y al mismo tiempo por los planos inclinados dos esferas:

- a. De la misma masa y el mismo material.
- b. Del mismo material pero de diferente masa.
- c. De diferente masa y diferente material
- d. El mismo grado de inclinación y diferente masa.

3. Analiza las siguientes preguntas para cada una de las situaciones planteadas y realizadas en los numerales a, b y c.

- a. ¿Las esferas caen al mismo tiempo o en tiempos diferentes? Justifique su respuesta.
- b. ¿Qué factores influyen en la caída de las esferas? Justifique su respuesta.
- c. ¿Cómo cambian tus explicaciones si las esferas caen en un medio sin resistencia del aire?

✚ Experimentación mental: se pretende que el estudiante con las construcciones que ha hecho hasta el momento, sea enfrentado a nuevas situaciones que pongan a prueba los conocimientos ya estructurados en su pensamiento.

En estas experiencias no se considera la interferencia del aire.

- 1. Qué sucede si:
  - a. Se deja caer simultáneamente una esfera de acero y una pluma.

- b. Ahora, si se dejan caer dos esferas de acero, una de 5g y la otra de 50kg.
- c. ¿Hay diferencias o similitudes en la caída de estos cuerpos? Justifica tu respuesta.

## 2. Analiza:

- a. Si te dejas caer desde un avión que se encuentra a 500m, ¿Cómo es el movimiento de caída?
- b. Si te dejas caer desde un avión que se encuentran a 500m llevando a un compañero en los hombros, ¿Cambiaría alguna de las variables determinadas en el ejercicio anterior?

## 3. Actividad

Se atan a los extremos de una cuerda dos objetos de diferente masa.

- a. Si se dejan caer al mismo tiempo desde la misma altura ¿En algún momento de la caída uno se ubicará debajo del otro? Justifica tu respuesta.

- b. Al poner un objeto sobre otro y dejarlos caer libremente ¿En algún momento se separaran los objetos, de tal forma que se tensione la cuerda verticalmente? Justifica tu respuesta.
4. Imagina el movimiento de caída de una esfera. En la mitad del tiempo de caída, el cuerpo lleva una velocidad de 10 m/s ¿Cómo será la velocidad de la esfera en la otra mitad del tiempo de caída: aumentara, disminuirá o permanecerá igual? Justifica tu respuesta
5. Imagina la siguiente situación:

Se dejan caer 3 esferas de la misma masa en tres recipientes que contienen fluidos diferentes, es decir, diferentes medios: aceite, agua, alcohol, teniendo en cuenta que el aceite es el fluido más denso y el alcohol el menos denso.

Analiza como es el movimiento de las 3 esferas, si las dejas caer al mismo tiempo en cada uno de los medios.

## **Anexos**

### **1. Experiencias De Indagación**



*Universidad De Antioquia*

*Facultad De Educación*

*Línea De Investigación En Historia Y Epistemología De Las Ciencias*

*Institución Educativa Comercial De Envigado*

Se realizaron tres experiencias para indagar acerca de las formas explicativas que tienen los casos sobre el fenómeno de caída libre. Consistió en dejar caer dos cuerpos al mismo tiempo de la siguiente manera:

1. Se deja caer dos cubos de madera del mismo tamaño y a la misma altura
2. Se deja caer un lapicero y una hoja de papel a la misma altura.
3. Se deja caer el mismo lapicero y la hoja de papel pero comprimida.

Cada una de las experiencias está mediada por la única pregunta:

¿Cuál de los dos cuerpos cae primero y porque crees que es así?

La pregunta se contestaba inmediatamente después de cada experiencia, y de forma individual ya que nos interesaba conocer las interpretaciones de cada uno al respecto del fenómeno.

### *Respuestas del caso 1 a las experiencias de indagación*

- ① Cayeron al mismo tiempo porque estaban a la misma altura y creo que pesaban lo mismo.
- ② Cayo primero el lapicero y luego la hoja porque el lapicero es más pesado que la hoja, y además la textura del lapicero es sólida y la hoja es débil.
- ③ Cayeron al mismo tiempo porque la hoja arrugada no permite que la hoja se mezca en el aire y el lapicero es sólido y cae normalmente sin importar el aire.

### *Respuestas del caso 2 a las experiencias de indagación*

- ① Los cubos caen igual porque están a la misma altura y van con una velocidad igual o parecida.
- ② La hoja tarda más en caer porque a diferencia del lapicero es mucho más liviana y su velocidad es más lenta.
- ③ La masa de la hoja se pone más pesada al arrugarla, sin embargo el lapicero sigue cayendo primero.

*Respuestas del caso 3 a las experiencias de indagación*

- caen al mismo tiempo
- 1 Pesa igual, tienen la misma altura, su velocidad inicial es la misma
  - 2 Caer primero el lapicero ya que su peso es mayor al de la hoja, aunque su altura sea la misma
  - 3 Caer el borrador primero ya que su peso es mayor, tienen la velocidad inicial igual.

*Respuestas del caso 4 a las experiencias de indagación*

- 1) Por la gravedad y fueran lanzados desde la misma altura.
- 2) Por que la oja tiene mas resistencia al aire y es muy liviana y el lapiz es solido.
- 3) Caen igual por que el papel siendo presionado se vuelve un objeto con menos resistencia al aire al igual que el lapicero.

### Respuestas del caso 5 a las experiencias de indagación

\* los cubos caeran al mismo tiempo porque fueron lanzados desde la misma altura y tienen el mismo peso.

\* el lapicero caio mucho mas rapido por su peso y su textura, la hoja se demoro para caer por que es muy liviana y muy ancha.

\* el lapicero sigue cayendo mas rapido por su textura, pero ahora el papel arrusado bajo con bastante velocidad por que cambio de forma.

## 2. Entrevista semiestructurada



*Universidad De Antioquia*

*Facultad De Educación*

*Línea De Investigación En Historia Y Epistemología De Las Ciencias*

*Institución Educativa Comercial De Envigado*

Este instrumento tiene como fin la aclaración de la forma de conceptualizar de los casos con respecto al fenómeno de caída libre. Se busca con este claridad acerca de las relaciones que se establecen del fenómeno de caída libre con la masa del cuerpo, la altura y con la velocidad.

1. ¿Cómo crees que influye la altura en la caída de los cuerpos?
2. ¿Consideras que el material de los objetos es importante en el fenómeno de caída libre? Explique.
3. Si cuerpos de diferente masa caen desde la misma altura ¿Cómo crees que se da la relación de la masa con el tiempo de caída libre?

4. ¿Crees que los términos masa y peso son palabras sinónimas (significan lo mismo)?
5. Imagina un objeto que es soltado desde determinada altura ¿Cómo consideras que es la velocidad inicial? ¿Por qué?
6. ¿Consideras que es la velocidad en el fenómeno de caída libre? Explica.
7. ¿Cómo consideras que es la relación del tiempo y la velocidad en la caída libre de los cuerpos?

En el transcurso del desarrollo de este conversatorio se harán las aclaraciones correspondientes respecto a las preguntas, sin influir, modificar o afectar las respuestas de los casos.

Además en el curso de la discusión se dará lugar a las preguntas que se requieran para la comprensión de las respuestas, por ejemplo, si se habla de cambio de velocidad se requerirá preguntas que indaguen sobre como es el cambio de ésta en el fenómeno de caída libre.

#### *Respuestas del caso 1 a la entrevista*

Entrevistador: ¿Tú crees que la altura influye en el fenómeno de caída?

Caso: ¿la altura?

Entrevistador: la altura sí, piénsalo, coge un cubito, ahí te trajimos para que hagas el ejemplo, ¿tú crees que la altura influye en el fenómeno de caída?

Caso: No porque pues según eso la gravedad es la misma entonces la altura, pues de cualquier altura yo pienso que es como lo mismo todo, ¿no?

Entrevistador: es lo mismo qué

Caso: pues como el mismo como resultado, pues no, pues que al caer van a caer como igual, porque es como la gravedad la que es la misma, ósea, la altura como que no.

Entrevistador: y si yo te digo, y si yo te hablo del material, sí

Caso: ¿del material?

Entrevistador: si yo te digo, considera por ejemplo el material del objeto, ¿tú crees que eso es determinante en el fenómeno de caída? Por ejemplo, póngale el ejemplo compañera Elena. Por ejemplo, estos dos tienen el mismo tamaño, el mismo volumen, cierto, pero este es de madera y este es de hierro.

Caso: caen igual, porque la... como es que es?, porque no son objetos que el viento les pueda hacer como la fuerza que impida pues que la gravedad cambie.

Entrevistador: entonces tu que dirías del material o sea, si es determinante el material ¿es determinante?

Caso: pues es determinante si tiene fuerza, si el viento hace fuerza contra eso, por ejemplo una hoja y una de esas si, si cambia la trayectoria, pero si es una hoja arrugada no, pues con uno de estos o sea de metal o de lo que sea caen igual .

Entrevistador: yo tengo estos dos objetos sí. Supongamos que estos dos objetos tienen diferente masa sí, este tiene 50kg y este tiene 5kg. ¿Cómo crees que se da la relación entre la masa y el tiempo de caída?

Caso: ¿la relación?

Entrevistador: sí, si hay una relación entre masa y tiempo de caída. Pues este tiene 50kg y este 5kg (risa)... ¿consideras tu que hay una relación entre la masa y el tiempo? Van a caer desde la misma altura. Pero uno pesa más que el otro.

Caso: ¿con el tiempo? Pues yo pienso que no, pues porque el tiempo es como, como se dice eso, como, ósea, lo que influye es como, como el peso mas no el tiempo, o sea, pues no no creo que haya como una relación.

Entrevistador: ¿y cuál cree que cae primero por ejemplo ahí?

Caso: pues, no, pues yo me supongo que el más pesado, pues porque así la gravedad sea la misma igual el resultado yo pienso que es distinto.

Entrevistador: y ahí la relación sería entre que, entre que variables, entre que...piensa tu

Caso: entre masa y gravedad.

Entrevistador: nosotros en física hablamos mucho en física de masa y de peso, ¿tu consideras que esas palabras son sinónimas, ósea, que se refieren a lo mismo o significan lo mismo?

Caso: si significan lo mismo, si porque pues el peso es, pues todo lo que tiene que ver con peso es masa, a nosotros nos han explicado esos muchas veces.

Entrevistador: bueno, te voy a poner otro ejemplo. Imagina que este objeto (cógelo tu), ese objeto lo dejas caer desde determinada altura...déjalo caer. ¿Cuál sería la velocidad inicial de ese cuerpo?

Caso: cero

Entrevistador: por qué

Caso: porque pues yo lo estaba sosteniendo entonces estaba en reposo, cuando un cuerpo está en reposo la velocidad inicial es cero.

Entrevistador: y tu como consideras que es la velocidad en el tiempo de caída, o sea, como cambia, si cambia, no cambia.

Caso: no, yo pienso que es uniforme, si porque, pues la misma velocidad en todo el transcurso de la caída

Entrevistador: pero entonces la velocidad en ese caso ¿qué?, consideras que la velocidad cambia en el fenómeno de caída

Caso: no.

Entrevistador: ¿Cómo consideras que es la relación entre velocidad y tiempo, si hay una relación?

Caso: ¿velocidad y tiempo? ¿Una relación?

Entrevistador: deja caer el objeto, deja caer el objeto, tu consideras que de pronto puede haber una relación entre velocidad y tiempo de caída?

Caso: sí

Entrevistador: ¿y cómo se da esa relación?

Caso: porque pues yo creo que con la altura porque igual si uno lo tira pues digamos que de 100m no va caer al mismo tiempo que si lo tira uno de 300 o 400m, yo pienso que hay una relación entre, pues entre esos dos para la caída entre la velocidad... y el tiempo.

Entrevistador: bueno dejemos a la altura por allá y solamente pensemos en la velocidad y el tiempo ¿cómo se daría esa relación?, o sea tu qué piensas, como se da esa relación entre la velocidad y el tiempo de caída, yo lo tengo y lo dejo caer, como se da esa relación (risas, risas) piénsalo, piénsalo, igual tenemos tiempo, están haciendo taller y el profesor los dejo solitos

Caso: (el piensa) ¿entre velocidad y tiempo?

Entrevistador: si piénsalo, como una posible relación entre velocidad y tiempo, tu nos dices que si hay una relación entre velocidad y tiempo cierto, pero ¿Cómo se da esa relación?, o sea, ¿cómo se da esa relación en el fenómeno?

Caso: ¿Cómo se da? No pues yo sigo pensando que por la caída, ¿no?, sí yo (risas de los dos), no, como que no, no sé como más ahí en esa parte.

Entrevistador: ah bueno, no no hay problema, eso tampoco necesitamos las respuestas más largas de este mundo y las respuestas tuyas son muy importantes y muy valiosas para nosotros igual que las respuestas de todos.

*Respuestas del caso 2 a la entrevista*

Entrevistador: la caída de los cuerpos estaba influenciada por la altura

Caso: La altura, sí, porque no es lo mismo si un cuerpo cae de una altura más alta que de una más bajita, porque si cae de una más alta pues no sé, va a caer como más rápido yo creo y si cae de una más bajita cae también como con la misma velocidad pero de una, si me entiende, pues caerse del primer piso o caerse del quinto piso.

Entrevistador: Dos objetos de distintos materiales. El material es determinante en el fenómeno de caída.

Caso: Sí, porque no es lo mismo tirar una pluma que una bola de metal, porque la bola de metal cae más rápido, con más velocidad y la pluma se va a demorar mucho más...

Entrevistador: ¿entonces el material?

Caso: si es muy importante.

Entrevistador: Pero por ejemplo si esto fuera de hierro tuviera el mismo tamaño, lo tiro a la misma altura y esto fuera de madera...

Caso: si tienen el mismo tamaño, nooo el hierro pesa más ¿no?

Entrevistador: y entonces como seria ahí

Caso: entonces primero el hierro y después la madera ase tengan el mismo tamaño.

Entrevistador: Tengo dos cuerpos, esos dos cuerpos tiene diferente masa ¿cómo fue que voz le dijiste ahorita? un ejemplo- por ejemplo este pesa digamos 5g y

este pesa 50kg cierto y yo los voy a dejar caer, entonces como influye el peso en la caída- no, ahí sería como es la relación entre la masa y el tiempo.

Caso: pues haber... ¿Cómo así?

Entrevistador: tengo dos cuerpos-y los dejo caer supongamos- tengo dos cuerpos uno pesa 5 kg y el otro pesa 50kg y yo los voy a dejar caer, sí, ¿Cómo crees tú que se da la relación entre masa y tiempo de caída?

Caso: porque si es mayor masa mayor velocidad, cae más rápido si es menos masa menos velocidad, menos tiempo...si me entiende.

Entrevistador: pero como, haber yo te entiendo pero haber, haber amplíanos un poquito como esa respuesta.

Caso: si por ejemplo vea, si por ejemplo deja caer la pluma pues, entonces, la pluma es una masa muy insignificativa entonces en menor masa menor va a ser el tiempo en que se demore, se demora más, eh se demora antes más y si se deja caer una cosa de metal se va a demorar mucho menos-

Entrevistador: entonces si hay una, existe una relación entre...

Caso: si, si.

Entrevistador: hay dos términos que nosotros usamos mucho en física, mucho, mucho, que ustedes los usan mucho, que los usan con el profesor, los hemos usado nosotros, desde decimo y ahorita en once sí que los van a usar que es masa y peso, ¿tú crees que esos dos términos son sinónimos, significan lo mismo? O sea yo los puedo utilizar para hablar de...

Caso: no porque pues la masa también tiene que ver como con la forma, ¿no?, la textura, la forma

Entrevistador: no me pregunte a mí que sus respuestas son muy buenas para nosotras

Caso: si vea, si porque si la masa tiene que ver pues como con la forma, la textura, el material y ya el peso si es ya lo que pese (sonrió)...así sea redondo, cuadrado pues eso es peso

Entrevistador: pero entonces tú crees que si son sinónimas o no son sinónimas esas dos palabras.

Caso: mmm, no.

Entrevistador: otro ejemplo, coja cualquiera de los dos cubitos. Imagínese que ese objetos ud lo va a soltar, suéltelo, suéltelo ¿Cómo considerarías que es la velocidad inicial de ese cuerpo?

Caso: ¿La velocidad inicial?

Entrevistador: cógelo otra vez-

Caso: es cero es reposo, porque estaba aquí quieto y lo deje soltar entonces

Entrevistador: ¿la velocidad inicial es?

Caso: cero.

Entrevistador: ¿tú crees que la velocidad en un objeto que está en caída libre, cambia en ese fenómeno?

Caso: ¿Cómo así?

Entrevistador: ósea, ¿la velocidad cambia en el fenómeno de caída?

Caso: ¿la velocidad cambia? Sí, porque aquí la velocidad inicial era cero y ya aquí va incrementando, va sumando si me entiende.

Entrevistador: y bueno...y si hay una relación, o sea ¿Cómo consideras que puede haber una relación entre el tiempo y la velocidad de caída?- pero espera, ud dice que cambia y ud ¿Cómo cree que cambia esa velocidad?, eso como cambia.

Caso: ¿Cómo cambia? Pues (risa), no sé porque acá estaba en cero entonces... Como una fuerza mayor la tuvo que...como que mover yo no s...Ay no me enrede

Entrevistador: no, no tranquila, piense piense y piense si Ud. considera que de pronto haya una relación entre velocidad y tiempo ¿Cómo sería esa relación?

Caso: entre velocidad y tiempo...

Entrevistador: Ud. dice, a medida que pasa el tiempo, es lo que más o menos le entendemos, a medida que pasa el tiempo la velocidad cambia porque Ud. dice: entonces aquí estaba en cero, entonces, cierto, Ud. como cree que...

Caso: pues si aquí estaba en cero pero en caída libre ya es constante...la velocidad, ósea de aquí pa bajo ya no cambia pues sigue con la misma velocidad constante...

Entrevistador: bueno, y crees que existe la relación entre velocidad y tiempo? y como sería la relación

Caso: no, no

Entrevistador: piénsalo, piénsalo, no nos contestes de una, de pronto hay una relación...

Caso: si... si porque vea a medida que el tiempo pasa, a medida que el tiempo transcurre el objeto también se está moviendo, ósea el tiempo no se va aquedar parado y el objeto se va a seguir moviendo, no el tiempo avanza y el cosito también avanza pero puede que la velocidad para y el tiempo también puede seguir avanzando

Entrevistador: entonces no...tu qué dices

Caso: no, no hay porque así la velocidad, sea cero, sea cinco, sea diez, el tiempo va a seguir avanzando, eso no, no influye en nada.

Elena tienes algo más que aportar.

### *Respuestas del caso 3 a la entrevista*

Entrevistador: estamos hablando de caída libre, estamos grabando pero eso no importa (risas) las cosas aquí no están influenciadas, ni permeadas por esta grabadorcita de medio pelo (risas) pero bueno no, la idea es seguir hablando pues como de ese fenómeno entonces hay como unas preguntitas que te queremos hacer alrededor de lo mismo ¿cómo consideras tu que influyen de pronto la altura en la caída de los cuerpos? ¿Cómo consideras tu que influye la

altura? Piensa ósea piensa en el fenómeno, piensa en el fenómeno de caída libre, ¿cómo consideras tu que influye? Si influye pues la altura de alguna manera.

Caso: yo digo que pues, como que es necesaria la altura para que influya la caída libre, porque si por ejemplo un cuerpo está en una superficie plana y si no hay altura entonces él a ¿dónde va a caer?, ¿cómo va caer? Entonces influye porque yo digo que como a mayor altura, como a mayor altura se ve como ya diferenciada la caída libre

Entrevistador: mmmm bueno y el material por ejemplo ¿tú consideras que el material es importante, es determinante en la caída de los cuerpos? En ese fenómeno, el material pues de lo que está hecho el objeto

Caso: pues no, no puede ser tan importante pues no es tan importante porque así si tiramos una piedra, igual que una pluma, igual que cualquier cosa, de todas maneras va caer, bueno si va caer.

Entrevistador: pero en el tiempo, por ejemplo si yo tiro una pluma

Caso: a no en el tiempo noo lógicamente por que los cuerpos no tienen el mismo peso o la misma masa porque si uno tira pues como una pluma y tira una piedra de 5 de cincooo kilogramos o algo así va caer lógicamente primero la piedra por que la masa de la piedra es más pesada

Entrevistador: aaaaaaa bueno

Entrevistador: y si yo tiro por ejemplo un, tienen el mismo tamaño un y es madera como un cubo de madera y un cubo de hierro y tienen el mismo tamaño

Caso: pues ya si son del mismo tamaño yo creo que no importa tanto como el material, pues la composición del cuerpo, pues no influye tanto porque ya tienen la misma cantidad de masa ya el material pues en si como que no influye tanto

Entrevistador: bueno había una cosa que tu decías muy interesante cuando dabas tu respuesta eso de masa y peso ¿tú crees que masa y peso son dos palabras sinónimas? Pues ¿significan lo mismo? ósea pues yo puedo utilizarlas para referirme a lo mismo independientemente si uso masa o peso ¿tú qué crees? Son palabras sinónimas?

Caso: pues yo creo que si tienen como su parecido porque, porque cuando cualquier persona se refiere como a masa entonces como que ya esta involucrando ya está pensando como la, como el peso que tiene la masa para que sea como masa, para ver si es liviana, para ver si es más pesada bueno pues si

Entrevistador: tú dices que si

Caso: si

Entrevistador: bueno si bueno un ejemplo si dos cuerpos, yo tengo dos cuerpos tienen diferente más por ejemplo uno tiene 50 kg y el otro tiene 70 kg si, y van a caer desde la misma altura, si van a caer desde la misma altura ¿Cómo crees que se da la relación de la masa con el tiempo de caída libre? De la masa con el tiempo de caída libre, son de diferente masa 50 y 70 kg están ubicados a la misma altura ¿Cómo se da la relación entre la masa y el tiempo de caída?

Entrevistador: pongámosle como una diferencia más grande

Entrevistador: más significativa

Entrevistador: por ejemplo 50 kg y 5 g

Caso: pues yo, yo pienso que para que un cuerpo tenga 5g como que la masa o sea la composición del objeto debe ser como mas como, como diminutiva a la que tiene de 50kg entonces digo yo, y si caen desde la misma altura, va caer, cae primero la que tiene más peso ó sea más masa y (tose) risas

Entrevistador: tranquilo tosa, tranquilo

Caso: y la asea la masa del que tenga 50 kilogramos va ser mayor lógicamente del que tenga 5g así caigan desde la misma altura va caer primero como la de 50 kg

Entrevistador: mmmm tú consideras que cae primero la que tiene más masa

Caso: la que tiene más masa,

Entrevistador: ahhh ya

Caso: porque tiene como mayor pues tomándolo desde el punto de vista que caen desde la misma altura la de 50kg va tener como más influencia para como por decirlo así, romper, romper como el aire o el pues, sí que caiga en cambio la que tiene como menos densidad o algo así no va a tener como la suficiente fuerza para que, para que pues como que influya en la ruptura del tiempo o algo así

Entrevistador: ahhhh Bueno y si yo tengo un objeto a determinada altura, la que tú quieras ¿cómo consideras tu que va a ser la velocidad inicial de ese cuerpo?

Caso: pues si esta, si lo ubicamos pues desde, si ubicamos una piedra en esta mesa tendríamos que ver como la aceleración que tome el objeto, pues como el cuerpo para saber cuál, cual es la velocidad que arranco, pues lógicamente como está quieto va a estar en reposo, el cuerpo va a estar en reposo, pero si uno mueve, uno mueve, la piedra, entonces ahí se hace como pues se hace como, hace como la aceleración del cuerpo y así para ver y así se calcula como la velocidad que tuvo el cuerpo estando en reposo

Entrevistador: pero, pero

Entrevistador: por ejemplo yo lo suelto, yo suelto el cuerpo, inmediatamente yo lo suelto usted cree que empieza mmmm

Caso: la velocidad inicial

Entrevistador: ¿Cómo sería la velocidad inicial? O sea yo llevo y lo suelto, ya lo suelto,

Entrevistador: ¿Cuál es la velocidad inicial de ese cuerpo? ¿Cómo sería? Cójalo usted, coja un objeto, espérate que te traigan el objeto

Caso: pues uno mismo tiene el objeto y lo suelta

Entrevistador: si tú tienes el objeto y lo sueltas.... Tú tienes el objeto

Caso: así y lo suelto (suelta el objeto)

Entrevistador: cae a determinada altura ¿Cuál es la velocidad? ¿Cómo sería la velocidad inicial de ese cuerpo?

Caso: yo me imagino que la velocidad inicial seria de cero y ya iría aumentado en la medida que va cayendo ¿no?

Entrevistador: mmmmm ya bueno

Caso: A no pero dígame si, si o no

Entrevistador: no todo lo que tú nos dices es muy importante para nosotros todo es muy, muy importante, tan importante es que lo estamos grabando, imagínate, (risas) imagínate, es que no nos queremos perder una sola palabra de las que diga porque si lo copiaríamos no alcanzaríamos como considerar todo eso que nos está diciendo que para nosotras es muy importante. Bueno, Aquí va otra tu consideras ¿que la velocidad cambia en el fenómeno de caída libre

Caso: si, si cambia porque cuando, cuando cogemos el objeto, el objeto y el objeto como que va cayendo su velocidad se va haciendo más grande

Entrevistador: mmm

Caso: porque no es lo mismo, por ejemplo si partimos que este objeto está en una velocidad de cero ósea esta en reposo, no es lo mismo que a los 10 segundos va a tener la misma velocidad a los diez segundos va a tener mayor velocidad que tenía en cero y a los veinte segundos es mayor la velocidad que tenía en diez segundos

Entrevistador: mmmmm bueno y ¿Cómo consideras que es la relación del tiempo y la velocidad en ese fenómeno? Si hay una relación pues entre tiempo y velocidad

Caso: yo sí creo que hay una relación porque pues

Entrevistador: ¿cómo sería esa relación? Entre velocidad y tiempo de caída

Caso: ¿no es como que a mayor tiempo, mayor velocidad? Pues al ir aumentándose el tiempo va a ser mayor la velocidad?

Entrevistador: a no yo no sé, no me pregunte a mí, porque yo no sé nada eso si le cuento, vea yo no sé pero nada pero tu respuesta es muy valida

Caso: si a mayor tiempo va a ser mayor la velocidad por que no es lo mismo decir que un cuerpo en 10 segundos va a tener velocidad de 5 m/s y en 20 segundos va a tener la misma velocidad, por que como va cayendo digo como que coge como más impulso o algo así

Entrevistador: mmmm ya bueno, bueno.

#### *Respuestas del caso 4 a la entrevista*

Entrevistador: Piensa en el fenómeno de caída libre ¿tu considerarías que la altura influye en el fenómeno de caída libre.

Caso: la altura, dependiendo, comparándolo con otro de menor altura o...

Entrevistador: hazlo ilustrativo yo te doy estos cubitos, hazlo como te quede más sencillo a ti comprenderlo

Caso: la altura influye, sí yo pienso que sí

Entrevistador: me puedes contestar un poquito más duro que luego no vamos a escuchar como tiene una voz de bonita y no lo vamos a escuchar en la grabación imposible ¿por qué, por qué crees que influye la altura?

Caso: porque entre más altura tiene más distancia puede coger más velocidad y va a caer digamos más duro más, con una fuerza resultante mayor.

Entrevistador: y si yo te hablo por ejemplo del material, profe, si hablamos del material, por ejemplo, este es de madera y este es de hierro y tienen el mismo tamaño y yo los voy a soltar

Caso: pero no pesan igual ¿o sí?

Entrevistador: son de diferente material, uno es de madera y el otro es de hierro, ¿tú consideras que el material es determinante en ese fenómeno de caída?

Caso: no, el peso el material no

Entrevistador: y como sería esa relación entre el peso, entre el peso y la caída

Caso: que a mayor peso mayor pues rapidez en la caída

Entrevistador: y si por ejemplo, supongamos que estamos en un espacio donde no hay aire por ejemplo

Caso: no hay gravedad

Entrevistador: no, sí hay gravedad pero no hay una atmosfera determinada, ¿el peso también seguiría influyendo ahí?

Caso: no...ah no perdón si porque si hay gravedad no habría un aire que lo estuviera como deteniendo haciéndole una fuerza opuesta, pero igual caería

Entrevistador: pero caerían a diferente tiempo

Caso: sí

Entrevistador: por ejemplo yo digo esta pesa 50kg...

Entrevistador: eso, eso, por ejemplo yo tengo estos dos y tienen distinta masa un ejemplo, la masa de este es de 5kg y la masa de este es de 50kg, sí, entonces yo los voy a dejar caer desde la misma altura ¿tu consideras que hay una relación entre la masa y el tiempo de caída? La masa son 50 y 5kg y los voy a soltar desde la misma altura, hay una relación entre masa y tiempo de caída. Piénsalo.

Caso: pues yo pienso que a una distancia más bajita si tendría referencia pues pero a una distancia corta digamos si los dejamos caer la fuerza a la gravedad es la misma 10m...

Entrevistador: y supongamos que está a una altura  $x$ , determinante, ¿crees que se da una relación entre la masa y el tiempo de caída?-sí- consideras, como será esa relación entre la masa y el tiempo de caída, como podrías describir tú, esa relación

Caso: entre la masa y el tiempo de caída que a mayor masa menor tiempo de caída- ah esa sería pues la relación que tú establecerías.

Entrevistador: cuando nosotros hablamos de masa, cierto, nosotros hablamos mucho en física de masa y peso, cierto, ¿tú crees que esas palabras son sinónimas o sea significan lo mismo?

Caso: no, la masa es el cuerpo y el peso es lo...sí, pues no no sabría decirte, pues yo pienso que la masa es como el cuerpo, el fenómeno, y ya el peso es ya variando pues yo puedo tener dos masas pero diferente peso

Entrevistador: entonces tu que dirías, sí o no son palabras sinónimas

Caso: no

Entrevistador: no se refieren a lo mismo, no significan lo mismo

Caso: no.

Entrevistador: bueno, otro ejemplito, bien sencillo, imaginemos este objeto, que tú lo vas a soltar de cualquier altura, ponlo a cualquier altura, tú lo vas a soltar, suéltelo, ¿Cómo sería la velocidad inicial de ese cuerpo?

Caso: la velocidad inicial sería cero

Entrevistador: por qué...cuéntame por qué, o explícame como deduces tu eso-

Caso: no perdón la velocidad resultante cuando llega al piso es cero, pues porque yo acá lo estaría soltando depende con la fuerza con que yo lo suelte, si yo lo dejo caer...

Entrevistador: pero yo no les estoy aplicando ninguna fuerza simplemente lo voy a dejar caer, lo suelto, ¿Cuál es la velocidad inicial?

Caso: cero.

Entrevistador: ¿tu consideras que hay un cambio en la velocidad en este fenómeno de caída libre?, o sea, ¿mientras va cayendo hay cambio en la velocidad? O ¿cómo sería?

Caso: no, yo pienso que el lleva la velocidad constante.

Entrevistador: ¿tú podrías establecer una relación entre la velocidad y el tiempo de caída? Si hay pues la relación, si tú podrías establecer una relación entre velocidad y tiempo de caída.

Entrevistador: (se pregunta varias veces por velocidad y tiempo de caída)

Caso: pues si lleva una velocidad constante debe llevar una velocidad y tiempo de caída el tiempo debe ser también constante, debe aumentar la misma, pues no es digamos que va a coger una velocidad mayor si Ud. lo lanza de una altura más alta porque va a tener más tiempo, sino que va a tener igual un tiempo constante.

Entrevistador: esa sería la relación que tú establecerías como la velocidad es...

Caso: constante el tiempo también sería constante.

### *Respuestas del caso 5 a la entrevista*

Entrevistador: bueno, que cosa tan formal, que pereza, pero bueno, tú conoces el fenómeno de caída.

Caso: pero no me acuerdo

Entrevistador: Bueno, no importa, caída libre es como suena, Caída libre, ¿cómo crees tú que influye la caída en la caída de los cuerpos? ¿Tú crees que la caída de los cuerpos es influenciada por la altura?

Caso: la caída de los cuerpo, pues por la gravedad, caen pues por la gravedad ¿no?

Entrevistador: pero ¿la altura tiene algo que ver?

Caso: pues

Entrevistador: piénsalo, ósea, tiene algo, tiene alguna relación ¿hay alguna influencia de la altura en la caída de los cuerpos? Piénsalo haber

Caso: pues no, yo puedo tirar una cosita desde acá y de todas maneras se va a caer desde un quinto piso ¿no? (se tenía un cubo de madera con ellos experimentaban y dejaba caer si era necesario visualizar el fenómeno de caída)

Entrevistador: entonces la altura vos ¿qué dirías? ¿Qué concluyes? ¿Qué tiene o no tiene incidencia?

Caso: pues no tiene ¿de la altura? ¿Depende de la altura caen los cuerpos? Pues no yo digo que no, ósea ¿Qué si lo tiro más arriba cae más rápido? ¿Qué es lo me quiere decir? pues

Entrevistador: ¿Qué influencia, ósea qué influencia podrías encontrar de la altura en ese fenómeno?

Caso: Como por decir si lo tiro más alto

Entrevistador: eso piénsalo

Caso: si lo tiro más alto se puede demorar más tiempo para caer. Pero si lo tiro más acá cae en un momentico ¿si me entiende? Y también del peso, también

puede ser una influencia, que si pesa más cae más rápido y si pesa menos, cae más... se demora más para caer

Entrevistador: bueno, entonces, ah bueno, ahí yo te pregunto entonces ¿tu consideras que por ejemplo el material, ¿consideras que el material tiene algo, es determinante o es importante en ese fenómeno?

Caso: si es muy importante

Entrevistador: ¿Por qué?

Caso: porque, por lo que le acabe de decir. Porque si, ósea, por decir si yo tiro una pluma ¡se demora mucho para caer! pues de un quinto piso, se demora mucho para caer y si yo tiro una pelotica ¿Qué? de hierro, Cae ahí mismo.

Entrevistador: Mmm bueno, muy bien, bueno y si yo te digo que yo tengo dos cuerpos si (afirmación de 2) ¿sí? dos cuerpos que son de diferente masa un ejemplo mmm 50 Kg y 70kg, son de diferente masa y van a caer desde la misma altura ¿cómo crees que se da la relación entre la masa del cuerpo y el tiempo de caída?

Caso: pues yo que digo

Entrevistador: dos cuerpos

Caso: dos cuerpos

Entrevistador: de masa diferente uno de 50 kg, otro de 70 kg va a caer desde la misma altura

Caso: si

Entrevistador: ¿Cómo en la relación de la masa con el tiempo de la caída?

Caso: pues se supone el que pesa 70kg cae primero y el que pesa 50 cae después, unos minutos, unos segundos después pues no puede ser mucha la diferencia tal vez si

Entrevistador: entonces hay una relación entre pues ¿esa es la relación que tú encuentras entre la masa, entre la masa y el tiempo? ¿Cierto? Porque estamos hablando de eso, o sea de la masa y el tiempo bueno (tose 1)

Entrevistador: hay dos termino que nosotros utilizamos mucho en física que son masa y peso ¿cierto? Eso lo utilizamos en física y en ejercicios y bueno, ¿tú crees que masa y peso son dos palabras sinónimas ósea significan lo mismo?

Caso: yo pienso, pues por lo que me han enseñado, yo creo que la masa es un cuerpo y el peso es como, yo no sé, pues, yo no sé cómo decirlo, es que yo sé ¿pero?

Entrevistador: haber, piénsalo, piénsalo de lo que tú sabes, de lo que has visto en clase, tú piensas que son dos palabras sinónimas, ósea que las dos significan lo mismo, explícalo así con tus palabras.

Caso: no sé, o sea, un cuerpo es una masa ¿cierto? Entonces la masa tiene peso entonces si ¿no?

Entrevistador: a no yo no sé, yo no sé, (risas 1) a mí no me pregunte porque usted es la que está contestando (risas 1 y 2) dígalo así, así como usted cree que es dígallo ósea, si son palabras sinónimas, significan lo mismo, yo me puedo referir a lo mismo con eso, o no y dígallo ¿Por qué?

Caso: es que a mí ya me enseñaron pero es que no me acuerdo (risas)

Entrevistador: no pero así no

Caso: yo ya lo he visto y hasta la estamos viendo con las leyes de Newton pero no me acuerdo

Entrevistador: pero ¿tú crees que son palabras sinónimas? Ósea ¿que pueden significar lo mismo?

Caso: pues yo creo que sí, pero no estoy muy segura (risas)

Entrevistador: bueno aquí va otra, otro ejemplito, imaginemos un objeto que es soltado desde determinada altura, x altura ¿sí? Está en un quinto, como decías vos ahorita en un quinto piso, entonces esa es x altura ¿Cómo consideras que es la velocidad inicial de ese cuerpo?

Caso: cero, si lo voy a pues cuando apenas lo valla a tirar es cero porque ni siquiera lo he tirado, ya cuando lo vaya a tirar va cogiendo una velocidad

Entrevistador: mmm ya ¿entonces tú consideras que la velocidad cambia, cambia en el fenómeno de caída libre?

Caso: si la velocidad

Entrevistador: ja ¿Por qué? Explícame ósea ¿Cómo?

Caso: bueno cuando yo apenas tengo el cuerpo acá, ¿cierto? Ahí la es cero por qué no ha caído nada cuando lo tiro ahí va cogiendo una velocidad (no entendí)

Entrevistador: entonces ¿tu considera que la velocidad va cambiando y si cambia? Y si cambia ¿Cómo cambia? La velocidad

Caso: pues al tirarla va cogiendo velocidad, yo creo que es con lo de la gravedad y es de 10 metros por segundo al cuadrado ¿cierto que sí?

Entrevistador: gravedad

Caso: yo creo que sí, pues así o depende también de la fuerza que uno le aplique al tirar el cuerpo ¿no?

Entrevistador: yo no sé a mí no pregunte nada, es que me chuta la pregunta a mí y como así no me chute la pregunta porque usted es la que está contestando (risas).

Entrevistador: bueno entonces siendo así, siendo así pues, tu consideras ¿qué hay una relación entre la velocidad y el tiempo de caída?

Caso: ¿hay una relación?

Entrevistador: entre la velocidad y el tiempo de la caída de ese cuerpo

Caso: ¿Cómo así que hay una relación? A no ósea que si el tiempo es cinco entonces ¿si la velocidad también tiene que ser cinco?

Entrevistador: no sé, ósea, ¿Cómo considera usted que ahí podría haber una relación? (Risas por que se toma una foto) hacia ella porque ella es la que esta bonita yo parezco recién levantada y como ella es va ser, va ser, ¿Cómo es? Va estudiar estética y belleza esos son apenas los primeros pinitos

Entrevistador: ¿Cómo consideras tu que ahí podría haber una relación entre velocidad y tiempo? Si considera pues que hay una relación

Caso: ¿una relación? Pues tomando pues como por decir que sea la misma el mismo número como por decir que si la velocidad es cinco, el tiempo también tiene que ser cinco, yo no creo, que es depende también de cómo uno, es lanzado o se cae

Entrevistador: pero el fenómeno es la caída libre de los cuerpos ósea caída libre yo no lo tiro solo lo estoy dejando caer, lo voy a dejar caer entonces

Caso: no creo que haya relación entre la velocidad y el tiempo

Entrevistador: ¿no crees?

Caso: no, no creo que haya relación, pues tomándolo así como se lo estoy diciendo no, no creo

Entrevistador: ¿tienes algo que decir? ¿Algo más que anotar?, ¿bonito el fenómeno de caída libre.

### 3. Esquematización del fenómeno



*Universidad De Antioquia*

*Facultad De Educación*

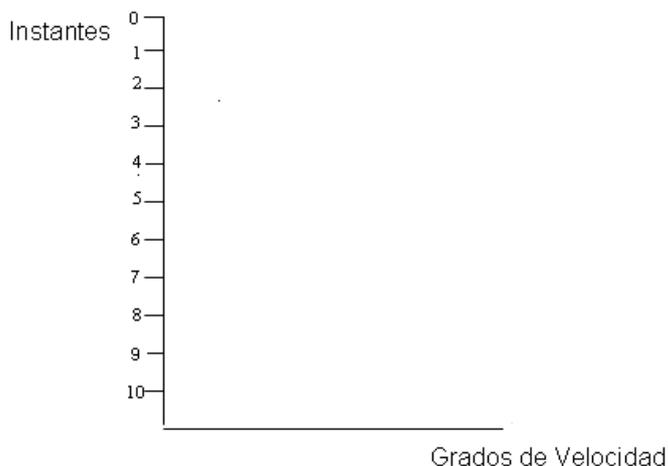
*Línea De Investigación En Historia Y Epistemología De Las Ciencias*

*Institución Educativa Comercial De Envigado*

La actividad planteada responde a las representaciones realizadas por Galileo cuando trataba de construir explicaciones relacionadas con el movimiento de los cuerpos. Él ilustra a través de una línea vertical el tiempo y los grados de velocidad con segmentos de líneas horizontales.

#### *Actividad*

Imagina un cuerpo que cae libremente desde determinada altura. Utilizando la gráfica, dibuja líneas en cada instante donde representes cómo consideras que es el grado de velocidad del cuerpo en cada uno de estos instantes.



### *Cuestionario*

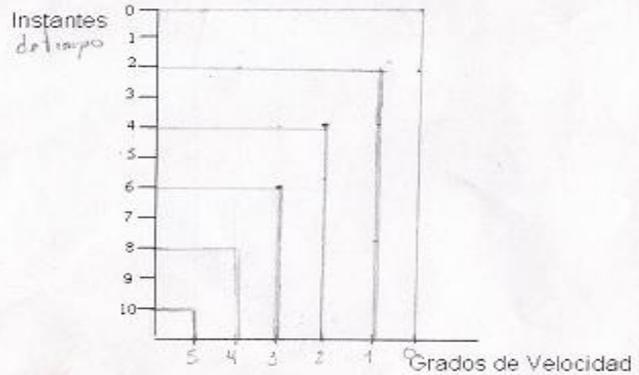
- ¿Qué crees que sucede con la velocidad en los siguientes instantes: de 0 a 1, de 1 a 3 y de 5 a 6?
- ¿En qué instante o instantes de tiempo en la gráfica la velocidad podría ser mayor y en que instante menor?
- Establece una relación entre el grado de velocidad de los instantes 1 y 2?
- Compara la longitud de la línea que representa la velocidad entre dos instantes consecutivos, ¿Encuentras diferencias entre sus longitudes? Si las encuentras ¿Qué crees que representaría dicha diferencia?
- Teniendo en cuenta tus respuestas, tus iniciaciones teóricas y que la gráfica representa un cuerpo en caída libre ¿A qué tipo de movimiento crees que esta se refiere?

Respuesta del caso 1 al instrumento de esquematización del fenómeno



**Instrumento de Conceptualización**

La actividad planteada responde a las representaciones realizadas por Galileo cuando trataba de construir explicaciones relacionadas con el movimiento de los cuerpos. Él ilustra a través de una línea vertical el tiempo y los grados de velocidad con segmentos de líneas horizontales.



**Actividad**

Imagina un cuerpo que cae libremente desde determinada altura. Utilizando la gráfica anterior, dibuja líneas en cada instante donde representes cómo consideras que es el grado de velocidad del cuerpo en cada uno de estos instantes.

**Cuestionario**

- ¿Qué crees que sucede con la velocidad en los siguientes instantes: de 0 a 1, de 1 a 3 y de 5 a 6?
- ¿En qué instante o instantes de tiempo en la gráfica la velocidad podría ser mayor y en que instante menor?
- Establece una relación entre el grado de velocidad de los instantes 1 y 2?
- Compara la longitud de la línea que representa la velocidad entre dos instantes consecutivos, ¿encuentras diferencias entre sus longitudes? Si las encuentras, ¿Qué crees que representaría dicha diferencia?
- Teniendo en cuenta tus respuestas, tus iniciaciones teóricas y que la gráfica representa un cuerpo en caída libre ¿A qué tipo de movimiento crees que esta se refiere?

*Respuestas:*

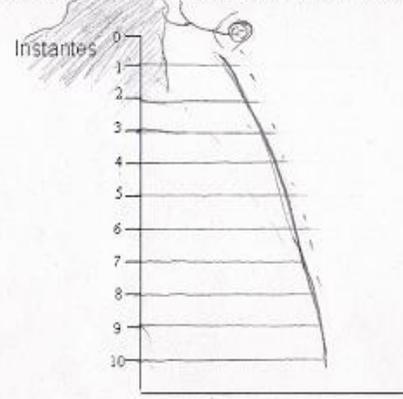
- la velocidad aumenta (se acelera).
- Mayor: Instante # 10.  
Menor: Instante # 0.
- la velocidad cambia.
- Si, yo creo que esta diferencia se da por el aumento o disminución de velocidad, que es representado de tal forma en la gráfica.
- aceleración.

## Respuesta del caso 2 al instrumento de esquematización del fenómeno



**Instrumento de Conceptualización**

La actividad planteada responde a las representaciones realizadas por Galileo cuando trataba de construir explicaciones relacionadas con el movimiento de los cuerpos. Él ilustra a través de una línea vertical el tiempo y los grados de velocidad con segmentos de líneas horizontales.



**Actividad**

Imagina un cuerpo que cae libremente desde determinada altura. Utilizando la gráfica anterior, dibuja líneas en cada instante donde representes cómo consideras que es el grado de velocidad del cuerpo en cada uno de estos instantes.

**Cuestionario**

- ¿Qué crees que sucede con la velocidad en los siguientes instantes: de 0 a 1, de 1 a 3 y de 5 a 6?
- ¿En qué instante o instantes de tiempo en la gráfica la velocidad podría ser mayor y en que instante menor?
- Establece una relación entre el grado de velocidad de los instantes 1 y 2?
- Compara la longitud de la línea que representa la velocidad entre dos instantes consecutivos, ¿encuentras diferencias entre sus longitudes? Si las encuentras, ¿Qué crees que representaría dicha diferencia?
- Teniendo en cuenta tus respuestas, tus iniciaciones teóricas y que la gráfica representa un cuerpo en caída libre ¿A qué tipo de movimiento crees que esta se refiere?

①

- En el instante de 0 a 1 la velocidad de el cuerpo comienza a aumentar, pero no es muy rápida
- En el instante de 1 a 3 la velocidad aumenta más y es rápida y se mantiene haci hasta el instante 5 a 6 y 6 hasta llegar al suelo.

② A medida que el cuerpo este más cerca de el suelo mayor sera su velocidad, entonces en los primeros instantes la velocidad podría ser menor que en los siguientes instantes.

③ El grado de velocidad de los instantes 1 y 2 es desigual, es decir en el instante 1 la v. es menor que en la del instante 2, pero con un mínimo de comparación.

④ Si hay diferencias en sus longitudes ya que si el tiempo aumenta, sus grados de v. seran distintos.

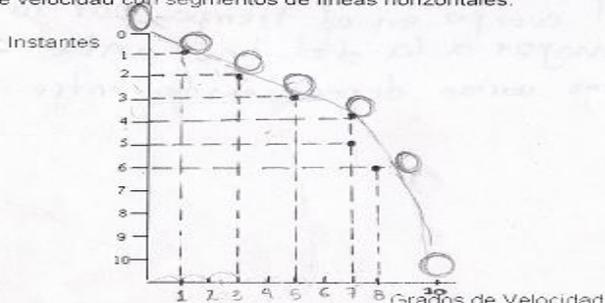
⑤ Se refiere al M.U.A

### Respuesta del caso 3 al instrumento de esquematización del fenómeno



**Instrumento de Conceptualización**

La actividad planteada responde a las representaciones realizadas por Galileo cuando trataba de construir explicaciones relacionadas con el movimiento de los cuerpos. Él ilustra a través de una línea vertical el tiempo y los grados de velocidad con segmentos de líneas horizontales.



**Actividad**

Imagina un cuerpo que cae libremente desde determinada altura. Utilizando la gráfica anterior, dibuja líneas en cada instante donde representas cómo consideras que es el grado de velocidad del cuerpo en cada uno de estos instantes.

**Cuestionario**

- ¿Qué crees que sucede con la velocidad en los siguientes instantes: de 0 a 1, de 1 a 3 y de 5 a 6?
- ¿En qué instante o instantes de tiempo en la gráfica la velocidad podría ser mayor y en que instante menor?
- Establece una relación entre el grado de velocidad de los instantes 1 y 2?
- Compara la longitud de la línea que representa la velocidad entre dos instantes consecutivos, ¿encuentras diferencias entre sus longitudes? Si las encuentras, ¿Qué crees que representaría dicha diferencia?
- Teniendo en cuenta tus respuestas, tus iniciaciones teóricas y que la gráfica representa un cuerpo en caída libre ¿A qué tipo de movimiento crees que esta se refiere?

**Solución**

- de 0 a 1, la velocidad aumenta, ya que el cuerpo parte de estado Natural.
- de 1 a 3, El cuerpo experimenta una velocidad de 5 grados
- de 5 a 6, el cuerpo experimenta una velocidad de 1 grado.

2. en el primer instante es menor, ya que el cuerpo parte del reposo y apenas va a comenzar a caer libremente

- en el sexto instante es mayor su velocidad, ya que en este es cuando el cuerpo alcanza una "velocidad máxima" en el tiempo

3. Una relación sería que la velocidad de estos instantes se aumento 2 grados

4. Si encontré diferencias, creo que la diferencia es que en los instantes 2 y 3 la línea de mayor longitud es la 3, esto quiere decir que a mayor instante mayor va ser la velocidad del cuerpo en el tiempo, por lo que el instante 3 tiene una velocidad mayor a la del instante 2

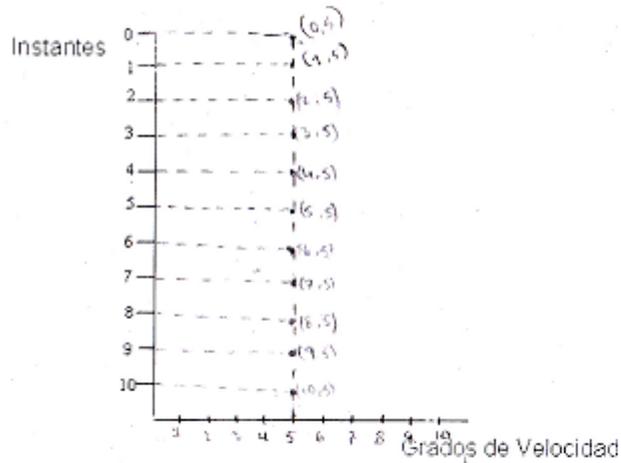
5. Movimiento Uniforme, ya que los instantes varían dependiendo entre la velocidad que lleve el cuerpo.

### Respuesta del caso 4 al instrumento de esquematización del fenómeno



## Instrumento de Conceptualización

La actividad planteada responde a las representaciones realizadas por Galileo cuando trataba de construir explicaciones relacionadas con el movimiento de los cuerpos. Él ilustra a través de una línea vertical el tiempo y los grados de velocidad con segmentos de líneas horizontales.



## Actividad

Imagina un cuerpo que cae libremente desde determinada altura. Utilizando la gráfica anterior, dibuja líneas en cada instante donde representes cómo consideras que es el grado de velocidad del cuerpo en cada uno de estos instantes.

## Cuestionario

- ¿Qué crees que sucede con la velocidad en los siguientes instantes: de 0 a 1, de 1 a 3 y de 5 a 6?
- ¿En qué instante o instantes de tiempo en la gráfica la velocidad podría ser mayor y en que instante menor?
- Establece una relación entre el grado de velocidad de los instantes 1 y 2?
- Compara la longitud de la línea que representa la velocidad entre dos instantes consecutivos, ¿encuentras diferencias entre sus longitudes? Si las encuentras, ¿Qué crees que representaría dicha diferencia?
- Teniendo en cuenta tus respuestas, tus iniciaciones teóricas y que la gráfica representa un cuerpo en caída libre ¿A qué tipo de movimiento crees que esta se refiere?

Sol

- La Velocidad es constante
- 0-1 > Misma velocidad ya que cae libremente  
9-10 > libremente
- El grado de velocidad es el mismo porque al caer libremente el cuerpo lleva una velocidad constante.

4) Pienso que la longitud nos quiere decir que a la altura que cae el cuerpo este no alcanza mas de la velocidad que se pueda expresar en dicha línea y mucho menos ~~este~~ cuerpo lleva un movimiento uniforme.

5) Se refiere a MU  
Movimiento uniforme porque este cae libremente y no es acelerado por una fuerza secundaria si no por la gravedad que lo hace caer y su peso.

## Respuesta del caso 5 al instrumento de esquematización del fenómeno



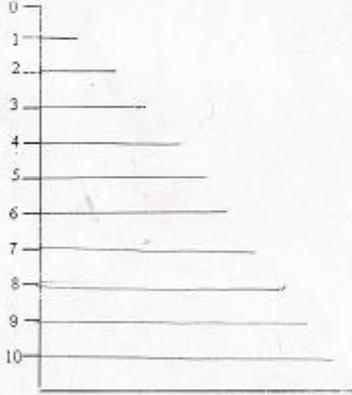
**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

### Instrumento de Conceptualización

### Cuestionario

La actividad planteada responde a las representaciones realizadas por Galileo cuando trataba de construir explicaciones relacionadas con el movimiento de los cuerpos. Él ilustra a través de una línea vertical el tiempo y los grados de velocidad con segmentos de líneas horizontales.

Instantes



Grados de Velocidad

**Actividad**

Imagina un cuerpo que cae libremente desde determinada altura. Utilizando la gráfica anterior, dibuja líneas en cada instante donde representes cómo consideras que es el grado de velocidad del cuerpo en cada uno de estos instantes.

1. ¿Qué crees que sucede con la velocidad en los siguientes instantes: de 0 a 1, de 1 a 3 y de 5 a 6?
2. ¿En qué instante o instantes de tiempo en la gráfica la velocidad podría ser mayor y en que instante menor?
3. Establece una relación entre el grado de velocidad de los instantes 1 y 2?
4. Compara la longitud de la línea que representa la velocidad entre dos instantes consecutivos, ¿encuentras diferencias entre sus longitudes? Si las encuentras, ¿Qué crees que representaría dicha diferencia?
5. Teniendo en cuenta tus respuestas, tus iniciaciones teóricas y que la gráfica representa un cuerpo en caída libre ¿A qué tipo de movimiento crees que esta se refiere?

1, 0, 1 = el cuerpo en la caída libre va tomando grados de velocidad  
 1, 3 = el cuerpo adquiere mas grados de velocidad el cual sigue aumentando constantemente.  
 5, 6 = el cuerpo toma capienza en la velocidad el cual quiere decir que sigue aumentando, cada instante que

2. podría deducir con la grafica que realiza que en el instante 1 se podría notar el menor grado de velocidad y en el instante 10 se podría notar el mayor grado de velocidad

3. La relación entre el grado de velocidad con los instantes 1 y 2, el grado de velocidad se relacionan en que el instante 2, podría tener el doble de grado de velocidad que el instante 1.

4. tengo como ejemplo los instantes 7 y 8, como puedo ver en la grafica muestra un cuerpo que cae y cada vez que baja mas, aumenta la velocidad; pero la aumento con un movimiento uniforme, es decir, aumentando siempre lo mismo; puedo deducir que la longitud que se lleva el instante 7 con el instante 8, es la misma longitud que el instante 5 se lleva con el instante 6, la misma longitud que se lleva el instante 6 con el instante 7 y así sucesivamente.

5. Movimiento uniforme.

#### 4. *Actividad experimental*



*Universidad De Antioquia*

*Facultad De Educación*

*Línea De Investigación En Historia Y Epistemología De Las Ciencias*

*Institución Educativa Comercial De Envigado*

Este instrumento consta de una actividad experimental que corresponde a las ejemplificaciones experimentales que Galileo proponía para demostrar sus postulados sobre el movimiento.

Con este instrumento se pretende analizar la relación que establecen los casos entre la magnitud de tiempo con la altura, la masa y la velocidad en el fenómeno de caída libre.

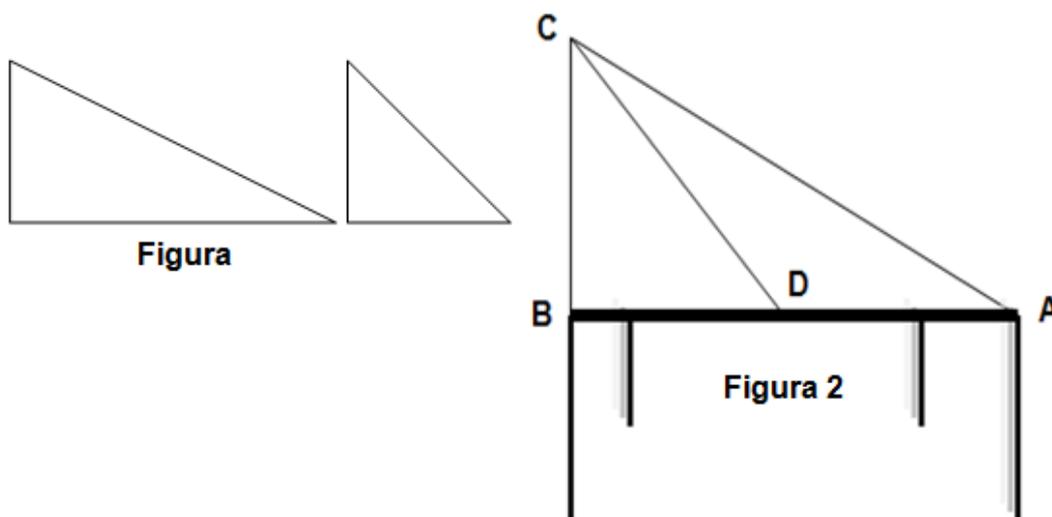
#### **Materiales**

- 4 esferas grandes dos de goma y dos de cristal.
- 2 esferas pequeñas, una de goma y una de cristal.

- 2 estructuras con forma de planos inclinados que tengan la misma altura pero diferente ángulo como se muestra en la figura 1.
- Balanza.

Nota: para los experimentos que se describen a continuación se desprecia el rozamiento entre las esferas y los planos. Además se tiene en cuenta que los planos tienen la misma altura.

La ubicación de los planos inclinados será de tal manera que el extremo inferior del plano quede a ras con el borde de la mesa, como se muestra en la figura 2.



### Procedimiento

- Determinar las masas de las esferas con una balanza triple brazo y registrar los datos en la siguiente tabla.

<b>ESFERAS</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>MASA (g)</b>
<b>GRANDES</b>	<b>CRISTAL</b>	
	<b>GOMA</b>	
<b>PEQUEÑAS</b>	<b>CRISTAL</b>	
	<b>GOMA</b>	

- Experiencias:

Se deja rodar libremente y al mismo tiempo por los planos inclinados dos esferas:

- e. De la misma masa y el mismo material.
  - f. Del mismo material pero de diferente masa.
  - g. De diferente masa y diferente material
  - h. De igual ángulo y masa diferente
- Analiza las siguientes preguntas para cada una de las situaciones planteadas y realizadas en los numerales a, b y c.
  - d. ¿Consideras que las esferas caen al mismo tiempo o en tiempos diferentes? Justifique su respuesta.

- e. ¿Qué factores crees que influyen en la caída de las esferas? Justifique su respuesta.
  
- f. ¿Cómo cambian tus explicaciones si las esferas caen en un medio sin resistencia del aire?

Respuesta del caso uno a la actividad experimental.

Experiencia 1

- a.) Caen en tiempos diferentes, porque al lanzarlas una luego primero que la otra
- b.) El ángulo de inclinación, porque cae primero la de mayor inclinación que la de menor inclinación
- c.) Yo pienso que el aire no influye, porque las esferas tienen la misma masa y al caer tienen la misma gravedad, la influencia en la caída sigue siendo la inclinación

Experiencia 2

- a.) Caen en tiempos diferentes, porque la inclinación es distinta
- b.) El ángulo de inclinación, porque en este caso lanzamos esferas de diferente masa y cayó primero en todos los casos la de mayor inclinación
- c.) El aire no influye; influye la inclinación

Experiencia 3

- a.) Caen en tiempos diferentes pero muy cerca de caer al mismo tiempo, en este caso la esfera de mayor masa influye en la caída.
- b.) La inclinación y la masa, porque en este caso observamos que la esfera de mayor masa fue lanzada por la menor inclinación y cayó casi al mismo tiempo que la de menor masa y mayor inclinación.
- c.) Yo creo que el aire sigue sin influir, porque en este caso se observa como la masa influye junto con la inclinación.

Experiencia 4

- a.) Caen al mismo tiempo, la inclinación es la misma.
- b.) La inclinación, porque pudimos observar que las dos esferas fueron lanzadas de un mismo ángulo de inclinación y eran de distinta masa y aun así cayeron al mismo tiempo.
- c.) El aire no influye porque se pudo ver que cuando la inclinación es la misma así la masa sea diferente caen al mismo tiempo.

*Respuesta del caso dos a la actividad experimental.*

Experiencias.

De la misma masa y el mismo material.

Ⓐ Al inicio las dos esferas tienen el mismo tiempo, luego sus tiempos son totalmente diferentes, pues la esfera que cae desde el plano más inclinado caera más rápido.

Ⓑ Infiuye la posición de el plano del que se dejen caer, pues si el plano está más inclinado, es decir más derecho la masa caerá mas rápido.

Ⓒ Si realizamos el mismo experimento pero sin aire cambiaría el tiempo de las masas, pues el aire influye mucho por su peso.

Del mismo material pero de diferente masa.

Ⓐ Caen en tiempos diferentes porque una cae primero que otra.

Ⓑ El ángulo es el que influye en la caída de las esferas, pues mientras más recto este, más rápido caerá la masa.

Ⓒ No se me ocurre nada.

De diferente masa y diferente material.

Ⓐ Las esferas caen a un tiempo muy similar, pero cae primero la del ángulo de menor inclinación, osea el más recto.

Ⓑ Infiuye la masa y el ángulo, pues la de la masa mayor al caer por el angulo inclinado, casi cayó igual a la de la masa menor que cayó por el angulo más recto.

Ⓒ Si caen sin aire, caerían al mismo tiempo.

De igual ángulo y masa diferente.

Ⓐ Si caen al mismo tiempo ya que su ángulo es igual.

Ⓑ Infiuye el ángulo pues este hace que caigan al mismo tiempo, y la masa no influye, porque haci sea una masa pequeña o grande caera igual como lo vimos en el experimento.

Ⓒ El aire no influye.

### Respuesta del caso tres a la actividad experimental.

#### Experiencia 1

- a) En tiempos diferentes, puesto que un grado de inclinación es mayor al segundo permitiendo así una mayor velocidad en la que tiene la mayor inclinación.
- b) la altura ya que para las dos esferas es la misma, el tiempo ya que parten del mismo segundo y la aceleración que está si es diferente dependiendo del grado de inclinación de cada esfera.
- c) El aire influye mucho en este experimento, ya que es un factor que si no está presente, la velocidad va ser mayor, es decir, que sin la resistencia del aire la velocidad de las esferas va ser superior comparandola en un espacio donde el aire está siempre presente.

#### Experiencia 2

- a). Caen en tiempos diferentes, dependiendo de la inclinación del ángulo.
- b) la masa de cada una, (una esfera pesa más que la otra).
- c) la velocidad para las dos esferas aumenta puesto que no hay resistencia del Aire, pero sigue cayendo primero la esfera que tiene mayor inclinación.

#### Experiencia 3.

- a). Caen "casi" al mismo tiempo, ya que la masa de la esfera de cristal, rompe con más facilidad la resistencia del Aire, aumentando su velocidad y casi alcanzando la 2da esfera (poma).
- b). la masa, que es diferente para cada esfera, el aire que aunque es el mismo la esfera con más cantidad de masa logra con más facilidad romper su resistencia.

la altura, puesto que es la misma para las dos esferas y la inclinación del ángulo. que aunque no es igual, la esfera que tiene más masa puede aumentar su velocidad alcanzando a la esfera de mayor inclinación.

- c). Si las esferas caen en un espacio sin aire, pienso que caen al mismo tiempo ya que si ~~con~~ con aire la esfera con mayor cantidad de masa casi alcanza la de mayor inclinación, sin aire las dos esferas caen al mismo tiempo porque la de mayor masa aumenta más su velocidad.

#### Experiencia 4

- a) Caen al mismo tiempo ya que tienen el mismo ángulo de inclinación y la masa de cada una es diferente, esto me dice que a mayor masa más rápido va llegar a la superficie y mayor va ser su velocidad, cortando con más eficiencia el aire.

b) la altura que es igual, el aire, la masa de cada esfera ya que son de distinta masa y caen al mismo tiempo.

- c). Si no hay aire, la que tiene mayor masa aumenta su velocidad superando la que tiene una masa diferente.

**Respuesta del caso cuatro a la actividad experimental.**

Experiencia a. Caen en tiempos diferentes.  
 Por el ángulo en que se encuentran los planos y por que en un plano hay más desplazamiento que en el otro, por eso se demoran más para salir del plano que la otra esfera.

b. - La Gravedad  
 - La posición (ángulo) de los planos.  
 - Posición inicial.

c. No cambiarían.

Experiencia b.

a. Dependiendo en que posición estén las esferas. Si la esfera grande se ubica en el plano más inclinado y la pequeña en el otro plano la grande caera primero, por su masa mayor y su inclinación mayor, pero si las intercambiamos la grande tomara más tiempo en bajar y la pequeña aunque tiene menos

masa si esta en el plano inclinado podría igualar la velocidad y caer al mismo tiempo que la grande.

b. Gravedad.  
 Inclinación de los diferentes planos.  
 Masa de las esferas.  
 Posiciones de las esferas en los planos.

c. Mis respuestas no cambiarían porque el aire es una resistencia hacia las esferas, si no hubiera aire estas caerían sin resistencia de la misma manera antes dichas.

Experiencia c.

a. La respuesta es similar a la de la experiencia b. Teniendo en cuenta que en este caso la esfera grande sería la de cristal y la pequeña la de goma basándonos en su peso y no en su tamaño.

b. Peso de la esfera.  
 Posición de las esferas en los planos.  
 Gravedad.  
 Inclinación de los planos.

c. Esta respuesta sería similar a la de la experiencia b.

Experiencia d.

a. Caen en tiempos iguales ya que aunque son de diferentes masas son impulsadas por una misma fuerza la Gravedad y están en las mismas condiciones de caída (planos igualmente inclinados).

b. Gravedad.  
 Ángulo de Planos.

c. No cambian mis explicaciones.

Respuesta del caso cinco a la actividad experimental.

2 \* experiencia a:

a. las esferas caen en tiempos diferentes, la esfera que está en el ángulo más inclinado, es la que cae primero.

b. pienso que el ángulo es el que influye en las caídas de las esferas, si el ángulo es muy inclinado, cae muy rápido, pero si el ángulo no es muy inclinado, se demoraría más en caer.

c. con la ausencia del aire, eso me hace pensar que viendo de otro punto, el aire sí influye mucho en "la caída libre" y al estar puntiendo este ejemplo sin aire, podría suceder que, en un caso normal, la esfera con el ángulo más inclinado caería primero, pero lo que sucedería sin aire, sería que, igualmente la esfera con más inclinación cae primero pero al seguir bajando, creo que las esferas podrían alcanzar la misma velocidad, es decir, que las 2 esferas tendrían la misma velocidad.

\* experiencia b

a. al ser del mismo material pero de diferente masa, se aplica lo mismo que el experimento anterior, la esfera más grande o pesada siempre va a caer más rápido si está en el ángulo más inclinado, de lo contrario se demora más.

b. el factor que influye, lo sigue afectando los ángulos; el más inclinado cae primero.

c. creo que sucedería lo mismo que el experimento anterior.

\* experiencia c

a. Para ser exacta la diferencia que se pronuncia de tiempos es muy poca, porque las esferas de diferente masa y diferente material caen con un tiempo parecido.

b. en este caso la inclinación del ángulo afecta pero no mucho; pero de igual forma la esfera con el mayor ángulo de inclinación cae primero, pero la esfera con el menor ángulo inclinado cae más o menos, menos de 1 segundo después.

c. por los ángulos de inclinación, creaban igual, de parecida velocidad, pero al bajar, seguir bajando podría tener alguno de los 2 esferas más velocidad que la otra.

experiencia d

a. al ser lanzadas las esferas con el mismo ángulo de inclinación pero con la misma masa, las esferas caen al mismo tiempo.

b. esto quiere decir que en el fenómeno de caída libre, siempre lo que influye, será el ángulo de inclinación.

c. no cambiaría mis explicaciones, llegaría igual.

## 5. Experimentación mental



*Universidad de Antioquia*

*Facultad de educación*

*Línea de investigación en historia y epistemología de las ciencias*

*Institución educativa comercial de envigado*

Esta entrevista surge de la lectura de los diálogos que Galileo plantea en su primer libro, donde analiza la influencia de la masa y del medio en el fenómeno de caída libre de los cuerpos.

Por otra parte, se tuvo en cuenta los resultados arrojados en la aplicación de los instrumentos anteriores, pues se noto confusión en los casos al tratar de conceptualizar la caída libre como un movimiento uniforme o uniformemente acelerado y si se presentaba algún tipo de influencia de la masa en este fenómeno.

En las experiencias de la uno a la cuatro no se considera la interferencia del aire.

1. Qué crees que pasa si:

- a. Se deja caer simultáneamente una esfera de acero y una pluma.
- b. Ahora, si se dejan caer dos esferas de acero, una de 5g y la otra de 50kg.
- c. ¿Consideras que hay diferencias o similitudes en la caída de estos cuerpos? Justifica tu respuesta.

## 2. Analiza:

- a. Si te dejas caer desde un avión que se encuentra a 500m, ¿Cómo consideras que es el movimiento de caída?
- b. Si te dejas caer desde un avión que se encuentran a 500m llevando a un compañero en los hombros, ¿Cómo consideras que es el movimiento de caída?
- c. ¿Qué variables crees que influyen?

## 3. Actividad

Se atan a los extremos de una cuerda dos objetos cualesquiera de diferente masa.

- a. Si se dejan caer al mismo tiempo ¿consideras que en algún momento de la caída uno se ubicaría debajo del otro? Justifica tu respuesta.
  - b. Al poner un objeto sobre otro y dejarlos caer libremente ¿consideras que en algún momento se separaran los objetos, de tal forma que se tense la cuerda verticalmente? Justifica tu respuesta.
4. Imagina el movimiento de caída de una esfera, en un medio cuya resistencia no se tiene en cuenta. En la mitad del tiempo de caída, el cuerpo lleva una velocidad de 10 m/s ¿Cómo crees que será la velocidad de la esfera en la otra mitad del tiempo de caída: aumentará, disminuirá o permanecerá igual? Justifica tu respuesta
5. Imagina la siguiente situación:

Se dejan caer 3 esferas de la misma masa en tres recipientes que contienen fluidos diferentes, es decir, diferentes medios: aceite, agua, alcohol, teniendo en cuenta que el aceite es el fluido más denso y el alcohol el menos denso.

Analiza como es el movimiento de las 3 esferas, si las dejas caer al mismo tiempo en cada uno de los medios.

Nota: En el transcurso de la entrevista se dará espacio para la profundización de algunas de las respuestas de los casos que permitan la claridad y concreción de sus conocimientos sobre el movimiento de caída libre.

*Respuesta del caso uno a la experimentación mental.*

Entrevistador: ¿que creerías que pasa si tienes una esfera de acero y una pluma y las dejas caer desde la misma altura sin considerar la resistencia del aire?

Caso: si no hay resistencia del aire caerían igual porque la gravedad es la misma, y solo cambia el tiempo de caída cuando hay resistencia del aire

Entrevistador: si en vez de una esfera y una pluma, tuviera dos esferas de acero una de 50 Kg y otra de 5Kg, ¿como sería ahí el movimiento si igual no hay resistencia del aire?

Caso: Sigo pensando que caen igual

Entrevistador: en esas dos situaciones ¿hay diferencias o similitudes en la caída de esos cuerpos?

Caso: hay similitudes, el movimiento es el mismo porque igual no hay resistencia del aire entonces cualquier objeto que se lance va a ser lo mismo.

Entrevistador: vas en un avión hacia Grecia (jajaja ) a 500m de altura, que crees que pasa si te dejas caer del avión, como describirías ese movimiento de caída, no hay resistencia del aire?

Caso: sería derecho, vertical totalmente porque cuando hay resistencia la fuerza del aire hace que se mueva el cuerpo.

Entrevistador: si te dejas caer a los mismos 500m pero con Brian al hombro que pasa jajajajajajajajaj

Caso: Yo digo que es el mismo, Yirsen nos explicó eso, porque no hay resistencia entonces se cae igual, el aire es el que influye para una caída diagonal, pero si no hay aire va a ser vertical.

Entrevistador: ¿Qué variables crees que están influyendo en ese movimiento?

Caso: La gravedad

Entrevistador: la gravedad en que

Caso: en la caída porque siempre que un cuerpo cae lleva una gravedad de 10m/s

Entrevistador: que otra variable verías tu ahí

Caso: velocidad, al caer lógicamente va a tener una velocidad

Entrevistador: Y como es esa velocidad, por ejemplo en instantes de tiempo como sería, que iría pasando con la velocidad

Caso: se acelera, la velocidad aumenta

Entrevistador: estamos en el 4 piso del colegio y dejamos caer dos cuerpos atados a una cuerda, los dejamos caer de la misma altura, consideras que en algún momento uno de los cuerpos se va poner por encima o por debajo del otro cuerpo

Caso: no creo porque el aire es el que causa el movimiento entonces si no hay aire se va derecho, si hubiera aire de pronto el movimiento si haría que uno se montara.

Entrevistador: si los pongo juntos y los deajo caer también del 4 piso, consideras que en algún momento el movimiento va a hacer que la tira quede vertical, que se separen y la cuerda quede vertical, sin resistencia del aire. Que la cuerda quede tensionada

Caso: no creo porque en el vacío caen igual, sino hay aire no creo que se tense verticalmente.

Entrevistador: tenemos una esfera de acero, la dejas caer, en la mitad del tiempo de caída la esfera lleva 10 grados de velocidad, como va a ser la velocidad en la otra mitad del tiempo va a disminuir, aumentar, va a ser igual y porque

Caso: aumenta, porque si en la mitad hay 10 grados de velocidad con el resto de caída van aumentando los grados hasta ya llegar al suelo.

Entrevistador: supongamos que están Kemberly, Brian y tu, tengo tres recipientes largos con tres fluidos diferentes, en uno hay aceite en otro agua y en otro alcohol, cual de los tres crees que es mas denso.

Caso: No se

Entrevistador: El aceite es mas denso, luego el agua y finalmente el alcohol. En cada fluido dejan caer tres esferas al mismo tiempo. Como describirías el movimiento de caída de esas tres esferas

Caso: no es igual, porque al ser más denso hace que sea más lenta la llegada al fondo, mientras en el alcohol entra más derecho. Primero cae en el alcohol pero no con mucha diferencia con el agua porque los dos son muy poco densos, aunque el alcohol tenga un poco menos no creo que sea mucha la diferencia y la ultima seria el aceite.

Entrevistador: si tu relacionas eso con el aire, que relación encontrarías con el aire, entre esos fluidos y el aire, como lo relacionarías, el aire también es un fluido, como relacionarías esos fluidos en el mov de caída

Caso: igual por la fuerza que pueda llegar a ejercer el aire porque dependiendo de la fuerza con la que vaya porque dependiendo de la fuerza que haya en el aire en una caída puede también influir en el movimiento.

*Respuesta del caso dos a la experimentación mental.*

Entrevistador: Considera que no hay resistencia del aire y vas a dejar caer una esfera y una pluma, entonces como va ser el movimiento

Caso: Así sea una pluma y otra cosa van a caer al mismo tiempo por que si no hay aire que intervenga ahí caen al mismo tiempo así sean de distinta masa

Entrevistador: y cual crees que sería la fuerza que intervendría ahí, por ejemplo si hubiera aire cual sería la fuerza que estuviera interviniendo

Caso: Si hubiera aire, la de gravedad

Entrevistador: y si por ejemplo dejo caer dos esferas de acero, una es de 50Kg y otra es de 5 g, que crees que pasa, nuevamente no hay aire

Caso: Lo mismo, caen al mismo tiempo porque no hay aire que intervenga

Entrevistador: entonces que creerías que hay entre estas dos situaciones, ¿hay diferencias o hay similitudes?

Caso: hay similitudes, porque el aire no interviene en nada

Entrevistador: imagina que vas en un avión que esta a 500m de altura y te dejas caer, teniendo en cuenta que no hay aire como crees que es este movimiento

Caso: va a ser mas rápido porque no hay aire, si hubiera aire se chocaría y bajaría más lento

Entrevistador: y si te dejas caer del mismo avión pero con Kemberly que pesa 50 kilos al hombro, ¿que pasa con el movimiento?

Caso: Lo mismo, así uno lleve a todo el salón encima, pasa lo mismo

Entrevistador: cuales crees que son las variables que influyen en ese episodio

Caso: El aire, la velocidad cambia con el tiempo que primero va a ser cero y a medida que va cayendo va aumentando, el tiempo.

Entrevistador: mira el objeto (lo muestra) consideras que en algún momento de la caída uno se va a ubicar debajo del otro, como si uno de pronto se ubica por debajo del otro, si no y porque

Caso: Si se juntan porque si no hay aire se van juntando, se van juntando hasta que se unen

Entrevistador: y si los pones juntos uno sobre otro y los dejas caer crees que en algún momento se van a separar y la cuerda se va a tensionar?

Caso: si no hay aire yo creo que quedan juntos

Entrevistador: imagina el movimiento de una esfera en un medio donde no hay resistencia del aire, la dejamos caer y en la mitad del recorrido la esfera lleva 10 grados de velocidad. ¿Como crees que es la velocidad en la otra mitad del tiempo?

Caso: mayor, porque a medida que va cayendo va aumentando mas de 10 grados, no igual.

Entrevistador: y si tenemos tres recipientes en los cuales en uno vamos a adicionar aceite, en otro agua y en otro alcohol, cual es el mas denso y cual el menos denso

Caso: el mas denso el aceite y el menos denso el alcohol

Entrevistador: en cada uno de los recipientes se deja caer una esfera, como crees que es el movimiento de esas esferas en cada uno de los medios

Caso: en el aceite va cayendo mucho mas lento pero cae, en el agua cae mas rápido que en el aceite pero cae, y en el alcohol mucho mas rápido, cae primero la que es

menos espesa, menos densa, cae primero la del alcohol, luego la del agua y luego el aceite

Entrevistador: entonces crees que el medio interviene de alguna manera en el movimiento de caída

Caso: si, si interviene, porque un medio sin aire es mucho mas distinto que un medio con aire, entonces si interviene.

Entrevistador: Como interviene el aire en el movimiento de caída

Caso: hace que el movimiento sea mucho más rápido o mucho más despacio.

Entrevistador: muchas gracias

*Respuesta del caso tres a la experimentación mental.*

Entrevistador: ¿Qué crees que pasa si yo deajo caer simultáneamente una esfera de hacer y una pluma teniendo en cuenta que no hay resistencia del aire?

Caso: bueno, si no hay resistencia del aire las dos caen al mismo tiempo, porque la aceleración para cualquier tipo de objeto siempre va a ser la misma, entonces por eso caen al mismo tiempo, en este caso como no hay resistencia del aire, no tiene nada que ver el peso ni, ni la masa, ni nada que este cuerpo contenga.

Entrevistador: ah ya, y si yo dejo caer dos esferas, pero con masa distinta una es de 50kg y la otra es de 5g, entonces, no hay resistencia del aire, entonces de acuerdo a esa respuesta que tu diste anterior que pasa...

Caso: bueno, como yo lo dije anteriormente, no importa la masa o el peso que el objeto tenga, cuando no hay resistencia del aire, la aceleración siempre va a ser igual y esta aceleración no depende de la cantidad de masa que tenga el cuerpo.

Entrevistador: ¿Consideras que hay diferencias o similitudes en la caída de estos dos cuerpos particularmente?

Caso: pues pero en que aspecto...

Entrevistador: Piensa en las dos situaciones que te planteé, tu diste una respuesta muy concreta, para ambas situaciones, una respuesta muy similar, entonces tu que considerarías...

Caso: que ambas situaciones son muy similares ya que en las dos no había resistencia del aire por lo tanto los cuerpos caían al mismo tiempo. No tiene ninguna diferencia así tengan distinta masa o distinto peso o cualquier cosa que tenga el cuerpo.

Entrevistador: si te dejas caer de un avión; el avión se encuentra a 500m. Si tú te dejas caer de ese avión ¿Cómo consideras que es el movimiento de caída si no hay resistencia del aire? El aire no tiene absolutamente nada que ver, entonces que pasa con tu movimiento de caída...

Caso: pienso que mi movimiento de caída será como recto, o sea no caigo ni para un lado ni para otro, sino que caigo es derecho.

Entrevistador: ¿Cómo así que uno cae para un lado o para otro?

Caso: porque si observamos pues que cuando hay resistencia del aire y uno cae del avión que esta en movimiento uno se mueve en dirección opuesta a la dirección que va el objeto, o sea si el avión va por ejemplo a 500km/h hacia el este y yo me cago de este avión entonces yo voy a una velocidad hacia el oeste, o sea voy en dirección contraria a la del avión, en cambio cuando no hay resistencia del aire, entonces yo estoy cayendo en forma recta, no me voy ni para un lado ni para el otro porque el aire no interviene allí.

Entrevistador: y como sería el movimiento de caída, o sea como describirías tu que caes si lo puedes describir y como sería la velocidad en ese movimiento.

Caso: al principio cuando yo me vaya a caer mi velocidad va estar en reposo y a medida que yo vaya transcurriendo tiempo mi velocidad va a ir aumentando y a medida que vaya llegando a una superficie la velocidad se va ir mermando hasta llegar al reposo.

Entrevistador: y ahora si yo a esa situación que tu te vas a caer del avión le pongo que te vas a caer con un compañero a hombros, con una masa de 50kg. Bueno vas a llevar a tu compañero a hombros y te vas a dejar caer de ese avión que esta a 500m ¿Cómo es el movimiento?

Caso: El movimiento es igual, porque como no hay resistencia aire así me pongan diez personas encima del otro del otro y del otro, vamos a tener la misma velocidad, todos vamos a estar primeramente en reposos, todos vamos a ir aumentando nuestra velocidad a medida que avance el tiempo y todos vamos a tener una velocidad no constante sino que una velocidad que va ir aumentando a medida que avance el tiempo pero todos dos la vamos a tener.

Entrevistador: ¿Qué variables crees tú que influyen en esa situación?

Caso: la aceleración va a ser igual para todos los cuerpos, porque la aceleración no varia dependiendo de la masa, la aceleración siempre va a ser igual y nunca va a cambiar, así estemos hablando de un hombre o de cien hombres, la aceleración va a ser siempre la misma, vamos a tener una velocidad inicial que siempre va estar en reposo, vamos a tener la velocidad que esta llevando el avión, es decir del cuerpo que nos esta sosteniendo.

Entrevistador: ¿y que va pasando con la velocidad cuando vas cayendo?

Caso: cuando voy cayendo a medida de un tiempo, la velocidad va disminuyendo, o sea, estoy en reposo y yo al dejar caer un objeto que esta en reposo, entonces va a tener una velocidad pero a medida que vaya transcurriendo va a ir disminuyendo.

Entrevistador: entonces describamos esa velocidad...velocidad inicial:

Caso: cero, reposo.

Entrevistador: ¿Cómo va a ser esa velocidad en distintos instantes de tiempo?

Caso: cuando el tiempo este por ahí en los 10s la velocidad va a tener por lo menos 20km/h y cuando la velocidad tenga 20s que va a ser el doble del primer tiempo, la velocidad va tener por ahí unos 40km/h, va ir aumentando dependiendo de la cantidad de tiempo que transcurre. Y finalizando el movimiento va a quedar en reposo.

Entrevistador: entonces ¿cuales son las variables que dijimos?

Caso: aceleración, velocidad, tiempo.

Entrevistador: si se dejan caer dos objetos al mismo tiempo amarrados de una cuerda de forma horizontal ¿consideras que en algún momento de la caída uno se va a ubicar debajo del otro, sin la resistencia del aire?

Caso: como no hay resistencia del aire, estos dos objetos lógicamente tienen diferente masa, entonces los dos van a ir cayendo a la misma altura, o sea, en ningún momento uno va a quedar ladeado o encima del otro.

Entrevistador: y si yo pongo uno sobre otro y los deajo caer ¿tu crees que en algún momento la cuerda se va a tensionar verticalmente?

Caso: como no hay resistencia del aire, simple y sencillamente, los cuerpos van a caer con la misma aceleración no importando que si están juntos o que si están separados o si están unidos por una cuerda o que tengan distinta masa, distinto peso, siempre si se tiran de una determinada altura los dos siempre van a caer en el mismo instante, siempre van a caer con la misma velocidad y en el mismo sitio.

Entrevistador: ¿Qué pasaría con la aceleración de estos cuerpos? ¿Cómo sería?

Caso: la aceleración siempre va a ser igual para los dos cuerpos.

Entrevistador: imagina el movimiento de caída de una esfera en cuyo medio no se tiene en cuenta la resistencia del aire. En la mitad del tiempo de caída, el cuerpo lleva una velocidad de 10 grados ¿Cómo crees que será la velocidad de la esfera en la otra mitad del tiempo de caída?

Caso: si cae en un espacio vacío va a ir aumentando su velocidad a medida que va cayendo.

Entrevistador: tengo tres esferas de la misma masa y tres recipientes que tienen fluidos diferentes aceite, agua y alcohol. El aceite es el fluido mas denso, luego sigue el agua y por ultimo esta el alcohol ¿Cómo es el movimiento de las tres esferas si las dejas caer al mismo tiempo?

Caso: yo me imagino que al caer al mismo tiempo pero en diferentes recipientes con diferentes fluidos, van a terminar con una velocidad distinta o con una forma de aceptar esa velocidad diferente a las otras.

Entrevistador: ¿hay alguna de las tres esferas que va a caer primero?

Caso: no, van a caer las tres al mismo tiempo ya que también en este caso no hay resistencia del aire ¿o si?

Entrevistador: no ya no están en el aire pero están en otros medios diferentes.

Caso: ya en este caso, me imagino que la que cae primero es la esfera que va a caer en el alcohol ya que como es el menos denso que los otros dos fluidos, entonces la pelotica va a tener una velocidad mas precisa, como mas grande que las otras dos.

Entrevistador: entonces tu que piensas de esos fluidos

Caso: la caída de la esfera va a depender del medio o del fluido en el cual se encuentre.

*Respuesta del caso cuatro a la experimentación mental.*

Entrevistador: ¿Qué crees que pase si se deja caer simultáneamente una esfera de acero y una pluma teniendo en cuenta que no hay resistencia del aire?

Caso: Caen al mismo tiempo.

Entrevistador: y si se dejan caer dos esferas de acero pero una tiene masa de 5 kg y la otra tiene masa de 50 kg, teniendo en cuenta que no hay resistencia del aire ¿Cómo sería la caída?

Caso: Sin la presencia del aire pienso que caerían igual.

Entrevistados: tú consideras que hay diferencias o similitudes en estas dos experiencias.

Caso: Si hay similitudes que caen al mismo tiempo, porque al no haber resistencia, igual la resistencia dependiendo de cada cuerpo depende es de su masa y de sus

longitud, porque digamos una hoja de papel abierta va a tener mas resistencia al aire que si uno la arruga pues va a caer mas rápido y como no hay aire no hay ninguna resistencia la gravedad es la misma para el cuerpo.

Entrevistador: Vas en un avión que se encuentra a 500 m de altura y tu te vas a dejar caer del avión, ¿Cómo consideras que será el movimiento de caída si no consideramos que hay resistencia del aire?

Caso: Seria caída libre pero ya uno tendría la misma velocidad del avión con la que sale, ya el cuerpo sigue avanzando mientras va cayendo, como no hay resistencia pues caerá derecho.

Entrevistador: y ahora si cambiamos un poco la experiencia y ya no te vas a dejar caer tu solo sino que te vas a dejar caer con Neyder en la espaldas, o sea, lo vas a montar a caballo y se van a tirar, ¿ahí cambiaria tu explicación?

Caso: no, porque mas peso entonces caería mas rápido, pero no pienso que haya un cambio.

Entrevistador: ¿y cambiaria el tiempo de caída?

Caso: si por el peso, pensaría yo pues de pronto por mas peso podría caer mas rápido, pero como no hay resistencia no no creo pues que cambie ninguna circunstancia.

Entrevistador: entonces tú dirías...

Caso: sino hay resistencia no veo que cambie si me tiro yo solo o si me tiro con el.}

Entrevistador: ¿Cuáles serían las variables que influirían en ese movimiento de caída que tú identifiques?

Caso: la gravedad, el peso no importaría tanto porque como no hay resistencia.

Entrevistador: ¿y la resistencia es importante?

Caso: no hay resistencia.

Entrevistador: pero suponiendo

Caso: ah si, si.

Entrevistador: ¿y como sería la influencia de la resistencia?

Caso: el aire, me supongo que el aire hace, dependiendo del cuerpo hace una resistencia diferente para cada uno.

Entrevistador: ¿y como sería eso, o sea, como actuaría el aire en la caída?

Caso: haciendo una fuerza de fricción, que va tratando de parar, retrasando la caída.

Entrevistador: vamos a imaginarnos que vamos a tirar dos cuerpos atados de forma horizontal, no hay resistencia del aire en esta caída. Si tu los dejaras caer desde la misma altura, usted cree que van a mantener en esa posición o en algún momento van a cambiar, o sea uno se va a ubicar debajo del otro o caen horizontalmente, o de otra manera.

Caso: ¿No hay resistencia del aire?

Entrevistador: No hay resistencia del aire.

Caso: caerían al mismo tiempo.

Entrevistador: imagina que ahora los vas a tirar del cuarto piso del colegio pero ahora los bloques están uno sobre otro. ¿Tú consideras que en algún momento los objetos se van a separar y la tira va a quedar tensionada?

Caso: pues si no hay aire no hay nada que los mueva simplemente van a caer.

Entrevistador: caen juntos, en ningún momento se tensiona la cuerda.

*Respuesta del caso cinco a la experimentación mental.*

Entrevistador: Es sencillo, así como la primera vez, hoy es distinto porque la primera vez ustedes no sabían ni siquiera que íbamos a hacer, pues no tenían idea de nada pero en estos momentos ustedes ya saben que estamos trabajando sobre el fenómeno de caída libre y la entrevista son situaciones que nos surgieron a nosotros a raíz de las respuestas que ustedes dado en todas las actividades que ustedes ha hecho anteriormente. Por ejemplo, en una situación donde no se considera el aire, no se tiene en cuenta la resistencia del aire, tienes dos objetos una pluma y una esfera de acero, los vas a dejar caer ¿Qué crees que pasa?, ¿Qué crees que sucede en ese momento?

Caso: que la pluma se queda quieta y la pelota ira bajando pero muy lento

Entrevistador ¿si no hay resistencia del aire?

Caso: tal vez se queda quieta

Entrevistador: piensa un momento en esa situación.

Caso ¿como si no hubiera gravedad?

Entrevistador: No, No hay resistencia del aire ósea no hay aire,

Caso: ¿algo que le de fuerza o qué?

Entrevistador: nosotros navegamos a través del aire

Caso: ¿pero la gravedad es una cosa y la gravedad es otra cosa?

Entrevistador: ¡si ¡son diferentes ahora si considerando que no va haber aire en ese movimiento de caída ¿cómo caen esos dos cuerpos ?

Caso: entonces la pluma se queda quieta y la pelota se va cayendo pero muy lentamente

Entrevistador: y si ya no fuera una pluma, si no que fueran dos esferas de acero una tiene masa de 50 kg y la otra una masa de 5 kg, no hay aire ¿cómo van a caer?

Caso: yo creo que ahí no influiría el peso, entonces caen igual, y muy lentamente

Entrevistador: ¿has montado alguna vez en avión?

Caso: si

Entrevistador ¿Qué tal la experiencia?

Caso: bien

Entrevistador: yo nunca he montado en avión y yo creo que la primera vez que lo haga me va a dar muy duro. Como tú ya has tenido la experiencia te voy a plantear una situación: vas en un avión, el avión esta a una altura de 500 metros y no hay resistencia del aire tú te vas a dejar caer desde esa altura ¿Cómo consideras que es el movimiento de caída?

Caso: si no hay aire entonces uno cae más rápido, pero venga que es que me estoy confundiendo

Entrevistador: piénsalo bien y luego me contestas

Caso: si el aire antes hace que una caiga lento y si no hay aire entonces uno cae así rápido entonces me equivoque arriba.

Entrevistador: en toces ahorita con la pluma y con la esfera ¿cómo sería? Bajo esa reflexión que acabas de hacer como sería.

Caso: entonces la pluma cae así súper rápido y la pluma también cae rápido, pero no tan rápido como la esfera

Entrevistador: Y ¿las dos esferas una de 50kg y la otra de 5kg?

Caso: caen en tiempo parecido

Entrevistador: bueno y en este momento, estas en el avión, te tiras del avión y caes

Caso: caigo como una papa estripada

Entrevistador: ¿ahí como caerías?

Caso: tan rápido que no habría tiempo ni de mirar y de manera vertical

Entrevistador: vamos a cambiar un poco la situación y te pondré en los hombros a Vanesa, entonces te vas a dejar caer con Vanesa en los hombros, ¿como describes ese movimiento?

Caso: de igual forma

Entrevistador: de igual manera ¿por qué?

Caso: por que al no haber aire no influye el peso, igual va a caer rápido

Entrevistador: bueno ¿qué variables consideras que estas interviniendo en ese fenómeno? Cuando yo digo variables estoy hablando de algo que cambia

Caso: lo que cambia haber, pues el peso no se tiene tan en cuenta, gravedad siempre va a ver

Entrevistador: ¿Cómo va a ser esa gravedad?

Caso: ya no va ser  $10\text{m/s}^2$  si no que va a ser un poquito más por que como no va haber aire entonces va ser un poquito más alta.

Entrevistador: ¿qué otras variables?

Caso: la aceleración va a aumentar, uno va cogiendo velocidad

Entrevistador: ahora estamos en el cuarto piso del liceo comercial de envigado, vamos a lanzar estos dos objetos atados de una cuerda de manera vertical

separados hasta la plazoleta no hay aire ¿tú crees que en algún momento un objeto se va a poner por debajo del otro?

Caso: no por que no hay aire y el aire es el que le da el movimiento, entonces van a caer derechos de manera horizontal

Entrevistador: ahora si yo los tiro así unidos ¿tú consideras que en algún momento de la caída se van a separar y se va a tensionar la cuerda? Considerando también que no hay aire

Caso: si, no se porque pero yo me imagino que si

Entrevistador: ahora imagina que esta esfera es de acero y tú las vas a dejar caer y en la mitad del recorrido de esa esfera lleva una velocidad de 10 metros por segundo ¿cómo va a ser la velocidad de esa esfera en la otra mitad del tiempo?

Caso: con el tiempo aumenta, con el tiempo la velocidad va a aumentando

Entrevistador: supongamos que tenemos tres recipientes y van a estar Vanesa Neyder y tú cada recipiente va a tener un fluido diferente, aquí hay aceite, aquí hay agua y aquí hay alcohol ¿Cuál es el más denso?

Caso: el aceite le sigue el agua y después el alcohol.

Entrevistador: los tres van a tener una esfera de acero en la mano y la van a dejar caer en los recipientes desde la misma altura al mismo tiempo, ¿Cómo describirías tu el movimiento de esas tres esferas?

Caso: en el aceite se hundiría lentamente, en el agua si se hundiría rápido y en el alcohol se hundiría también rápido y creo que aun más rápido que en el agua

Entrevistador: ¿por qué crees que aun más rápido que en el agua?

Caso: porque el agua es más densa

Entrevistador: Tú podrías decir que hay alguna que cae primero.

Caso: si cae primero la del alcohol, luego la de agua y por último la del aceite

Entrevistador: ¿Qué es lo que esta determinando ahí el movimiento?

Caso: pues la densidad, porque por ejemplo al aceite le tocaría pasar por muchas cositas que lo presionan y se demoraría mas en llegar y las partículas del agua no son tan densas entonces dejan pasar más fácil la esfera.

## Referencias

- Aguilar S, Maturana C, Núñez G, Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes universitarios. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6, N°3, 691-713 (2007)
- Aguilar, M. Yirsén El movimiento desde una perspectiva de estados y transformaciones. Cosmovisión realista y fenomenológica.
- Aguilar, Yirsén. (2002) A propósito de las cosmovisiones realista y fenomenológica.
- Ayala, M. M. (2006). Los análisis históricos críticos y la recontextualización de saberes. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades.
- Ayala, M. M., Garzón, M., y Malagón, J.F (2007). Consideraciones sobre la formalización y matematización de los fenómenos físicos. Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos, (pp.17-32). Bogotá, Colombia: Kimpres.
- Boom, A. (1999). La Enseñanza como posibilidad del Pensamiento. En La Enseñanza como posibilidad del Pensamiento

- Carrascosa J. El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto. Rev. Eureka. Enseñanza y Divulgación de las Ciencias., 2006, 3(1), pp. 77-88
- Carrascosa, J (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.
- Cisterna, F. (2005) Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. En investigación Teoría, Vol. 14 (1) 61-71
- Elkana, Y. (1983). La ciencia como un sistema cultural: una aproximación epistemológica. Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología, 3 (10-11), 65-80.
- Física. Santillana 2005
- Galilei, Galileo (1981 [1638]). Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Traducido por J. Sabada. Introducción y notas por C. Solis. Madrid: Editora Nacional.

- Granes José, Caicedo Luz Marina, la educación como recontextualización: Un punto de vista sobre la educación y los educadores, Universidad Nacional de Colombia.
- Granés S. José, Caicedo Y. Luz Marina Departamento de Física. Universidad Nacional de Colombia. Del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. Análisis de una experiencia pedagógica.
- Koyre, A (1977) El motu Gravium de Galileo: Del experimento Imaginario y su Abuso. Estudios de Historia del pensamiento Científico. Ed Siglo XXI, México.
- Kuhn, T. S. (1982). La función de la medición en la física moderna, en la tensión esencial. México.
- Malagón, J. (1988) la relación física y matemática en Galileo, Tesis de Maestría en Docencia de la Física. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- Matthews, M. R. (1994). Historia, filosofía de las ciencias: La aproximación actual. Enseñanza de las ciencias (12(2)), 255-277.
- Palacio Luz Victoria, (2001) La Didáctica como Mediación: de las Relaciones entre la Pedagogía y las Ciencias En: La Gaceta Didáctica Edición 5 Universidad de Antioquia.

- PEI (2010) Institución Educativa Comercial de Envigado
- Romero A y Rodríguez, L, D. "La formalización de los conceptos físicos. El caso de la velocidad instantánea". En: Revista Educación y Pedagogía. Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Educación. Vol. XV, No. 35, (enero-abril), 2003. pp. 57 – 67
- STAKE, Robert E. Investigación con estudio de casos. Madrid: Ediciones Morata, 1998, p. 42
- Valero, Michael. (1983) Física Fundamental. Editorial Norma.