

**UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIA**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**



**UNIDADES DIDÁCTICAS DE CARÁCTER HISTÓRICO-  
FILOSÓFICO PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A NIVEL DE  
ENSEÑANZA MEDIA**

**MARIO ESTEBAN FUENTES GONZÁLEZ**  
**PABLO ANDRÉS NÚÑEZ SEPÚLVEDA**  
**ISAÍAS ANTONIO VÍLCHES JARA**

**PROFESORES GUÍAS: DRA. CARLA HERNÁNDEZ SILVA**  
**DR. NORMAN CRUZ MARÍN**

**Seminario de Título para optar al grado académico de Licenciado en  
Educación en Física y Matemática**

**SANTIAGO- CHILE**

**2012**

**©221.213 Mario Esteban Fuentes González**

**Pablo Andrés Núñez Sepúlveda**

**Isaías Antonio Vilches Jara**

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento, siempre y cuando se incluya la cita bibliográfica del documento

# UNIDADES DIDÁCTICAS DE CARÁCTER HISTÓRICO-FILOSÓFICO PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA A NIVEL DE ENSEÑANZA MEDIA

Mario Esteban Fuentes González

Pablo Andrés Núñez Sepúlveda

Isaías Antonio Vilches Jara

Este trabajo de Graduación fue elaborado bajo la supervisión de los profesores guías Srta. Carla Hernández y Sr. Norman Cruz del Departamento de Física y ha sido aprobado por los miembros de la comisión Calificadora, Sr. Luis Presle y Sr. Raúl Cordero

---

---

---

Profesor Guía

---

Director(a)

---

Profesor Guía

## AGRADECIMIENTOS

*En la hibridad del momento, solo agradecer...*

*Agradecer a todos aquellos que compartieron conmigo de alguna u otra forma este largo y tedioso proceso. A mis cercanos más cercanos y no tanto. A los que están y a los que no. A ellos va dedicado con alegría y nostalgia.*

*Agradecer en especial a mis amores y pilares fundamentales, los que compartieron día a día su techo y fraternidad, que a costa de un casco y un delantal me han brindado todo su apoyo y cariño.*

*Agradecer también a todos aquellos grandes del conocimiento, quienes nos alzaron en sus hombros de gigantes para ver más lejos.*

*En la hibridad de éste momento, solo queda agradecer...mi logro es de ustedes.*

*Mario Fuentes González*

*Con esta obra, se da término a una etapa maravillosa de aprendizaje, y se abre otra nueva en donde espero seguir aprendiendo más, y donde comenzaré a retribuir lo entregado a través de la enseñanza.*

*Quiero agradecer primero a mis padres: Carlos Núñez y Gloria Sepúlveda, ya que son ellos principalmente los artífices de este logro, y los que siempre están para motivarme y hacerme mejorar, por su paciencia, alegría y consejos sabios. Los amo con todo el corazón.*

*También agradecer a mis compañeros y ahora grandes amigos Isaías Vilches, Mario Fuentes, Miguel Elgueta, Fabián Céspedes y Nicolás Soto, ya que fueron pilares fundamentales en mi desarrollo académico y espiritual, y con los que estoy seguro seguiremos compartiendo en el mismo camino. Además quiero destacar a un gran amigo que me ha acompañado desde la infancia y en todo momento, y del que aprendo día a día, te quiero mucho Jorge Sepúlveda.*

*Finalmente, a mis profesores, sobre todo de aquellos donde obtuve más que conocimiento teórico, sino que además ese conocimiento que inspira mi vocación como profesor, y a todos los que fueron parte de este proceso tan hermoso.*

*Pablo Núñez Sepúlveda*

*Es inevitable recordar todos los años de estudio y preparación que me permitieron llegar a estas instancias. Lo primero que se me viene a la mente son aquellas tardes, cuando siendo todavía un niño, mi mamá me ayudaba a hacer mis tareas, preparar mis disertaciones, estudiar para las pruebas y más importante aún, dándome su amor. También agradecer a mi papá por ser un ejemplo de esfuerzo y trabajo, además de apoyarme en todo momento. A mis tres hermanos que adoro y sé que ellos también a mí.*

*Por último a la persona que se ha transformado en la más importante de mi vida en estos momentos, mi mujer. Marta, gracias por estar a mi lado siempre, apoyándome en los peores momentos y disfrutando de los buenos, gracias por darme una hija tan hermosa y permitirme formar lo más lindo que he hecho, una familia.*

*Me gustaría también agradecer a todos aquellos que hicieron de esta etapa algo inolvidable: mis amigos y amigas, profesores y profesoras, incluso a la tía de las cocadas.*

*Por último, siento que es una bella etapa que se cierra, para abrir una mejor.*

*Isaías Antonio Vilches Jara*

## TABLA DE CONTENIDOS

Resumen	xiii
Abstract	xiv
Introducción	1
<b>1. JUSTIFICACIÓN Y CONTEXTO</b>	<b>3</b>
1.1. Relación del currículum nacional	4
1.2. Las actitudes de los alumnos hacia la ciencia	5
1.3. Objetivos	6
<b>2. MARCO TEORICO</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Filosofía de las ciencias</b>	<b>7</b>
2.1.1. Fundamentos teóricos de la Filosofía de las ciencias	7
<b>2.2. Historia de las ciencias</b>	<b>10</b>
2.2.1. Anacrónica o Whig	10
2.2.2. Diacrónica o Antiwhig	10
2.2.3. Internalista	11
2.2.4. Externalista	12
<b>2.3. Relación entre la historia y filosofía de las ciencias y la enseñanza de la ciencia</b>	<b>13</b>
<b>2.4. Fundamentos de la relación HFC-Enseñanza de las ciencias</b>	<b>17</b>
2.4.1. Carácter histórico de las ciencias	19
2.4.2. Visión dogmática de las ciencias	19
2.4.3. Relación entre el enfoque CTS y el enfoque histórico de las ciencias	22
2.4.4. La historia de la ciencia como ayuda para seleccionar, secuenciar y exponer contenidos en ciencia	25

<b>2.5. Respaldos experimentales</b>	25
<b>2.6. Metodología de los ciclos de aprendizaje</b>	28
2.6.1. Ciclos de aprendizaje	28
2.6.2. Etapas de los ciclos de aprendizaje	29
2.6.3. Estilos de aprendizaje del ciclo de Kolb	31
2.6.4. Fundamentos de los ciclos de aprendizaje	35
2.6.5. La enseñanza por ciclos	36
2.6.6. Perspectiva epistemológica	37
2.6.7. Modelo pedagógico	38
2.6.8. Estrategias didácticas	40
2.6.9. Teoría del aprendizaje significativo y su relación con el ciclo de aprendizaje	40
2.6.10. Relación entre la metodología del ciclo de aprendizaje de Kolb con el diseño de las unidades didácticas propuestas	43
2.6.11. Relación entre la metodología del ciclo de aprendizaje y las metodologías de la enseñanza de las ciencias en Chile	44
<b>3. MARCO METODOLOGICO</b>	47
<b>3.1. Encuestas elaboradas y análisis del currículum</b>	47
<b>3.2. Diseño de unidades didácticas</b>	49
<b>3.3. Proceso de validación</b>	51
<b>4. DATOS Y ANALISIS</b>	55
<b>4.1. Relaciones entre el currículum nacional y la HFC</b>	55
4.1.1. Naturaleza de la Luz	56
4.1.2. Leyes de Kepler: 1° ley de Kepler	57
4.1.3. Principio de Arquímedes	63
<b>4.2. Presentación de la encuesta aplicada y sus             resultados.</b>	66
4.2.1. Resultados de la encuesta	68



<b>4.3. Análisis de datos</b>	72
4.3.1. Análisis de la relación entre el currículum nacional y la HFC	72
4.3.2. La naturaleza de la luz	72
4.3.3. Leyes de Kepler: la 1° ley de Kepler	73
4.3.4. Principio de Arquímedes	74
4.4. Resultados de la encuesta	76
<b>5. PROPUESTAS DE UNIDADES DIDÁCTICAS</b>	80
<b>5.1. La naturaleza de la Luz</b>	82
5.1.1. Planificación	83
5.1.2. Sugerencias al docente	86
5.1.3. Actividades para el estudiante	94
<b>5.2. Las Leyes de Kepler</b>	97
5.2.1. Planificación	98
5.2.2. Sugerencias al docente	102
5.2.3. Actividades para el estudiante	108
<b>5.3. Fuerza de Empuje</b>	115
5.3.1. Planificación	116
5.3.2. Sugerencias al docente	120
5.3.3. Actividades para el estudiante	123
<b>5.4. Principio de Arquímedes</b>	128
5.4.1. Planificación	129
5.4.2. Sugerencias al docente	133
5.4.3. Actividades para el estudiante	136
<b>6. CONCLUSIONES</b>	138
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>	143
<b>8. ANEXOS</b>	146

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Las actividades para cada etapa	31
Tabla 2. Debilidades y Fortalezas de la persona según perfil de aprendizaje	35
Tabla 3. Recopilación de elementos de carácter históricos presentes en el currículum nacional vigente a la fecha con respecto al subtema: Naturaleza de la Luz	56
Tabla 4. Recopilación de elementos de carácter históricos presentes en el currículum nacional vigente a la fecha con respecto al subtema: Leyes de Kepler	58
Tabla 5. Ejemplos de las respuestas abiertas que serán consideradas para el análisis posterior	69
Tabla 6. Planificación Naturaleza de la luz	83
Tabla 7. Planificación Leyes de Kepler: 1º ley de Kepler	98
Tabla 8: Elementos de una elipse	112
Tabla 9. Planificación Fuerza de Empuje	116
Tabla 10. Datos actividad Fuerza de Empuje	125

Tabla 11. Planificación Principio de Arquímedes	132
Tabla 12: Datos piedras actividad El principio de Arquímedes	137
Tabla 13: Datos bolsas de plasticina actividad El principio de Arquímedes	137

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Las cuatro etapas de los ciclos de aprendizaje	29
Figura 2. Esquema del ciclo de aprendizaje experiencial de Kolb	32
Figura 3. Estilos de Aprendizaje	34
Figura 4. Mapa conceptual perspectiva constructivista	39
Figura 5. Distribución porcentual por tipo de establecimiento	68
Figura 6. Distribución porcentual para respuestas a pregunta n°1 de la encuesta docente aplicada.	68
Figura 7. Distribución porcentual para respuestas a pregunta n°2 de la encuesta docente aplicada.	69
Figura 8. Distribución porcentual para respuestas a pregunta n°3 de la encuesta docente aplicada.	70
Figura 9. Distribución porcentual para docentes que no incluyen en sus planificaciones la HFC vs el tipo de financiamiento del establecimiento educacional donde se desempeñan.	70
Figura 10: Puntos de la órbita del planeta Marte	108
Figura 11: Puntos de la órbita del planeta Saturno	109
Figura 12: Puntos de la órbita del planeta Marte con sus dos focos	110
Figura 13: Puntos de la órbita del planeta Saturno con sus dos focos	111
Figura 14: Dinamómetro sosteniendo una piedra hundida completamente en agua	124
Figura 15: Balanza peso oro de Arquímedes sosteniendo dos objetos	126

## Resumen

El trabajo que se presenta a continuación tiene como principal objetivo el diseño de unidades didácticas basadas en los ciclos de aprendizaje propuestos por David Kolb. Dicho objetivo se determinó luego de analizar los datos de una encuesta docente realizada a veintiún profesores de Física de la República de Chile; además de recoger evidencia bibliográfica que respalda la débil inclusión de contenidos histórico-filosóficos en la enseñanza de la Ciencias. La encuesta reflejó que a pesar de que un gran porcentaje de los docentes consideran importante la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias para la enseñanza de la misma, más de un tercio de ellos no las incluyen dentro de sus actividades profesionales por la carencia de recursos, ya sea por el tiempo de trabajo que demandan, o por la falta de conocimientos teóricos.

Estas unidades didácticas, que incluyen la planificación sujeta a los ciclos de aprendizaje, recomendaciones al docente para poder implementarlas, actividades diseñadas para los estudiantes, recursos TIC (presentaciones power point) y material adicional, como lecturas históricas complementarias para el docente, responden a una manera de abordar esta problemática y así poder facilitar la inclusión de la historia y filosofía a aquellos docentes quienes no poseen recursos para diseñarlas.

## **Abstract**

The work presented here, has as main objective to design didactic units based on the learning cycle proposed by David Kolb. This objective was set after analyzing the results of teaching survey done to twenty-one teachers of physics the Republic of Chile and collect bibliographical evidence that supports the bit inclusion of contents historical- philosophic in the teaching of Science. The survey showed nearly all teachers consider important to include the history and philosophy of science for the teaching of it, more than a third do not include them in their professional activities for lack of temporary resources or knowledge of the topic.

These didactic units that include the planning based on cycles learning, recommendations to teachers be able to implement them, activities designed for students, TIC resources (power point presentations) and additional material as complementary historical readings for the teacher, that point to this problematic for thus be able to facilitate the inclusion of history and philosophy to those teachers who do not have resources to design them.

## INTRODUCCIÓN

En este Seminario de Título se proponen Unidades Didácticas incorporando la Historia y la Filosofía de las Ciencias, especialmente diseñadas para facilitar la elaboración de material didáctico al docente en el área de Física.

Nuestro trabajo pretende relacionar la enseñanza de la Física con otras ramas del conocimiento, no necesariamente científicas, como son la Historia y la Filosofía, y su influencia en la construcción de saberes científicos como un ente sistémico e integral.

En el primer capítulo de este seminario se describe principalmente las problemáticas identificadas dentro del contexto nacional en la enseñanza de la física, su relación directa con el currículum vigente, así como también generar una propuesta didáctica y sus objetivos asociados.

En segunda instancia, proponemos el Marco Teórico que sustentará nuestra investigación, en el cual se hace referencia a la Historia y Filosofía de las Ciencias, sus ventajas y su relación con la enseñanza de las ciencias como fenómeno a nivel mundial. Además se propone la base teórica que sustentará la metodología con que fueron hechas las Unidades, y su relación con el enfoque constructivista que se espera de dichas Unidades Didácticas

En el tercer capítulo de este seminario, se genera un Marco Metodológico, en el cual se explican los pasos seguidos para llevar a cabo la propuesta, y que basarán las actividades construidas en torno a los objetivos del presente seminario, además de plantear los métodos de recopilación de información utilizados; mediante encuestas dirigidas y análisis del currículum de Física vigente.

En un cuarto capítulo de Datos y Análisis, se presentan los resultados de la encuesta realizada a docentes de Física que se encuentran actualmente activos

en el sistema escolar chileno, con el objetivo de recoger información y opinión referente al uso o no uso de la historia y filosofía en sus clases y planificaciones. Además, se presentará un análisis al currículum de física nacional, enfocándonos solamente en cómo son abordados los contenidos que trabajaremos en nuestra propuesta, los cuales poseen un carácter histórico.

En quinta instancia, se presentarán las Unidades Didácticas construidas, en base a la propuesta de inclusión de la historia y filosofía en su enseñanza, y generadas con la metodología del Ciclo de Aprendizaje. Las unidades didácticas construidas que se relacionan directamente con el currículum oficial son: La naturaleza de la Luz en primero medio, Primera Ley de Kepler en segundo medio y, finalmente el Principio de Arquímedes en tercero medio.

El sexto y último capítulo se presentará nuestras conclusiones del seminario realizado, las que por supuesto permitirán determinar el cumplimiento de nuestros objetivos de trabajo, así como también, una mirada general acerca de la utilización de la HFC en las unidades mencionadas.



## 1. JUSTIFICACIÓN Y CONTEXTO

En la búsqueda de nuevas estrategias y metodologías que propicien aprendizajes en los estudiantes, debemos primero preguntarnos para qué y el por qué los estudiantes deben aprender. A primera vista la respuesta es obvia; teniendo mejores estudiantes tenemos mejores personas, mejor preparadas para un futuro mundo laboral y que contribuirán al progreso a nivel país, y para ello se propician por parte del estado una rama de contenidos y objetivos a plazos establecidos para que en cierto periodo escolar, los estudiantes desarrollen una serie de aptitudes y conocimientos de manera íntegra y acorde a las tecnologías existentes. Sin embargo, el método empleado para aquello resulta ser el verdadero desafío de los profesores hoy, así como también responder a las verdaderas necesidades de los estudiantes, que no siempre coincidirán con los marcos curriculares.

En la enseñanza de las ciencias se han creado diversas metodologías, con énfasis en la experimentación, cuyo fundamento es que se aprende ciencias haciendo ciencia en las salas de clases. Esto ha llevado a que la enseñanza de la física haya tomado en gran manera una visión apartada y atomizada con respecto a otras áreas del conocimiento. Relacionar la física con estudios sociológicos o el arte no son actividades propias del profesorado de nuestro país.

“Si alcancé a ver tan lejos es porque me alcé sobre hombros de gigantes”, decía Newton, haciendo alusión clara a la importancia de los científicos que lo precedieron y que hicieron posible el avance constante de la ciencia, y tal como lo dijo él, la enseñanza de la ciencia tampoco debe dejar de lado, o bien, mirar ligeramente la importancia de conocer la evolución de los conocimientos.

Según el currículum nacional, la historia de la ciencia debe ser tomada como contenido en algunos temas y como sugerencias en otros. Lo que significa que

los docentes de física a nivel de enseñanza media debieran abordar la Historia de la física, lo cual según la encuesta docente realizada y analizada en el seminario, no siempre ocurre, ya sea por falta de tiempo o por el simple hecho de desconocer el enlace que propone el Ministerio de Educación (Mineduc) de la enseñanza de la física con la historia.

Los resultados de la encuesta que se analizan en el capítulo cuarto reflejan la dificultad que tienen los docentes para planificar y crear material que cumpla con lo propuesto por el Mineduc. Para eso, este seminario tiene como objetivo principal diseñar unidades didácticas de carácter es histórico y filosófico basadas en los ciclos de aprendizaje de Kolb. Estas unidades didácticas además de incluir el contenido histórico que se propone en los planes y programas, cuentan con la planificación, las actividades propuestas, recomendaciones al docente y material adicional como lecturas complementarias y presentaciones power point.

Además de las dificultades detectadas en los profesores, referente a la inclusión de la historia y filosofía de la física en sus planificaciones, se han encontrado diversas consecuencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje de física; debido a la rigidez curricular y administrativa en la práctica docente, la enseñanza de la física se ha tornado disciplinaria y fragmentaria, generando una visión positivista<sup>1</sup>, simple y acabada de los conocimientos físicos. Esto ha provocado que la enseñanza de la física presente cierto dogmatismo, tema que se tratará más adelante, dentro del marco teórico de nuestro seminario.

---

<sup>1</sup> Se entiende como visión positivista de la ciencia a aquella en la cual se pretende generar un lenguaje formal de carácter lógico matemático, con el fin de evitar la ambigüedad en la construcción de teorías científicas.

Otro problema importante de mencionar con respecto a la enseñanza de las ciencias, es el fomento de las actitudes positivas de los estudiantes de enseñanza media hacia la ciencia.

La propuesta de introducir aspectos de la historia de las ciencias puede ayudar a reforzar los contenidos actitudinales principalmente. Se piensa que esto puede ser una pequeña contribución a uno de los mayores problemas que plantea la práctica educativa: la gran diversidad del alumnado; desmotivado, con actitudes negativas e incluso con objetores escolares. Y, si no se aborda este problema, el profesorado (Romero, 1998) considerará la didáctica como academicista, al margen de la realidad educativa.

Solves y Traver (2001) , quienes realizaron un estudio sobre la implementación de la historia de la ciencia en los contenidos curriculares de química y física en Valencia, y que se muestra más en detalle en el capítulo 2.5 de este seminario, consideraron entre sus conclusiones y análisis del trabajo, que la inclusión de la Historia y Filosofía de las Ciencias en el trato de contenidos curriculares en el ámbito escolar propicia mejoras en los resultados con respecto a las actitudes que tienen los estudiantes hacia las ciencias, y que la falta de interés de los alumnos y su actitud de escasa apreciación hacia el estudio de las ciencias se motivaba, en parte, por la visión a-histórica de la enseñanza.

Con ello, las perspectivas de Solbes y Traver apuntan a que la historia de la ciencia puede contribuir al desarrollo y profundización del constructivismo.

Considerando este estudio, resulta atractivo para la enseñanza de la física en Chile promover estudios de índoles similares a Solbes y Traver, considerando que la enseñanza de la física a nivel país se presenta acotada y dogmática, evidenciado en los planes y programas del currículo chileno y principalmente en los libros de texto, los cuales presentan la historia de la física solo como una

construcción bibliográfica sobre el autor, además de no tener protagonismo en el currículo, cosa similar que ocurre en la experiencia mexicana de los años 90, descrito por Slisko (2008).

### **Objetivos de la investigación**

Nuestro objetivo general de investigación, en base a los problemas detectados y mencionados anteriormente, consiste en *diseñar unidades didácticas basadas en los ciclos de aprendizaje, con el fin de facilitar al docente la creación de material sobre contenidos curriculares específicos de carácter histórico-filosófico para la enseñanza de la Física a nivel de enseñanza media.*

Para lograr dicho objetivo nos hemos planteado los siguientes objetivos específicos:

- 1. Analizar cómo se abordan los aspectos históricos de la física en el currículum nacional*
- 2. Identificar cómo los docentes de física incluyen los contenidos de carácter histórico y filosófico, mediante la elaboración, aplicación y análisis de una encuesta realizada para este seminario.*
- 3. Utilizar el carácter evolutivo que ha tenido la Física durante la historia además de su dimensión humana, como herramienta para la creación de las unidades didácticas.*
- 4. Elaborar material de apoyo para la ejecución de las Unidades Didácticas: guía para el docente, material complementario, planificación de clases, en base al ciclo de aprendizaje de Kolb.*
- 5. Elaborar guías de trabajo para el estudiante y material de ayuda al docente, contruidos en base al ciclo de aprendizaje de Kolb*

A continuación, se presenta el marco teórico en el cual basamos nuestra investigación.

## 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo nos encontraremos con la teoría que fundamenta el trabajo realizado en este seminario, en relación con las problemáticas planteadas y de los objetivos que se quieren lograr.

En primera instancia, se hace necesario fundamentar la perspectiva que tomamos para la Historia y Filosofía de las ciencias, así como también la relación que esta tiene con la enseñanza de las ciencias.

### 2.1 Filosofía de las Ciencias

Son varias las definiciones que implícitamente podríamos dar a la rama de la filosofía de las ciencias. Con el fin de demarcar el concepto, citaremos ciertos elementos primordiales para una clara definición.

Se puede definir la Filosofía de las Ciencias<sup>2</sup> *como el análisis de las metodologías y las axiologías científicas. Puesto que la combinación de ambas forma el carácter normativo de la ciencia, la Filosofía de las Ciencias tiene por objeto el componente normativo de la ciencia.* (Iranzo, 2005).

Karl Popper introduce en la metodología científica lo siguiente: *“La filosofía de la ciencia debe tener como objetivo principal el análisis de las teorías científicas, llegando a conceptualizar a la filosofía de la ciencia como teoría de la teoría científica, es decir como meta teoría”* (Rivera Palomino, Juan. 2004)

#### 2.1.1 Fundamentos teóricos de la Filosofía de las Ciencias

En torno al objeto principal de análisis de la FC, la normatividad, Iranzo (2005) lo descompone en dos niveles: metodológico y axiológico. Además de éstos,

---

<sup>2</sup> En el documento se escribe filosofía de las ciencias como FC.

está el nivel teórico, integrado por un cuerpo de teorías, leyes y modelos. Los niveles no son totalmente homogéneos.

En el metodológico, Estany (1993) distingue tres subniveles:

- la metodología de primer orden (M1) constituida por las técnicas de investigación o análisis de una disciplina
- la metodología de segundo orden (M2), o metodología propiamente dicha, que a veces tiende a identificarse con FC, y Filosofía de la ciencia e historia de la ciencia.
- la metodología de tercer orden (M3), que incluiría a la meta-filosofía de la ciencia y a la metafísica.

M1 responde a cómo diseñar un experimento que nos permita confirmar (o refutar) hipótesis científicas.

M2 responde a qué criterios hemos de pedir a un experimento para que sus resultados sean significativos a la hora de contrastarlo con la teoría.

M3 responde a qué grado de generalidad debería tener una teoría filosófica del experimento, vale decir cuál será la consecuencia epistemológica que en medida genera un experimento.

Los tres subniveles están enfocados en explicar un fenómeno característico de la ciencia: la experimentación. M1 indica las condiciones para plantear un experimento de forma correcta en un campo particular; M2 analiza la relación entre teoría y experimento; M3 plantea los criterios para decidir qué es una teoría del experimento. Normalmente, las cuestiones M1 son abordadas por los científicos. En cambio, los filósofos de la ciencia se interesan por las incluidas en M2 y M3.

El filósofo de la ciencia, y también el propio científico cuando filosofa sobre su tarea, se ocupa de analizar la metodología y la axiología científicas. Puesto que

la combinación de ambas constituye el componente normativo de la ciencia, la primera conclusión la FC tiene por objeto el componente normativo de la ciencia.

*“FC se ocupa del componente normativo de la ciencia en sus aspectos más generales. FC se propone, por consiguiente, como un intento de elaborar una teoría general sobre los aspectos normativos –metodológicos y axiológicos– de la ciencia.”* (Iranzo, 2005)

Si lo que se persigue es la caracterización del componente normativo, sin pronunciarse sobre la corrección de éste, estamos ante un enfoque descriptivo de FC. Otra cuestión es que FC se arroge la tarea de prescribir normas para la actividad científica, esto es, que proporcione criterios para evaluar las decisiones tomadas por los científicos y que, llegado el caso, proponga la sustitución de las normas que les han servido de guía. Estamos entonces ante un enfoque prescriptivo, ya que lo que se pretende ya no es explicitar simplemente las normas efectivamente seguidas por los científicos, sino establecer unos criterios sobre lo que cuenta como “buena ciencia”. (Iranzo 2005)

Descriptivismo y prescriptivismo tienen que ver no tanto con el objeto de investigación, sino con los objetivos que persigue la investigación. El descriptivista indaga los criterios que los científicos aplican para preferir una teoría a otra; el prescriptivista se pregunta cuáles son los criterios que los científicos deben aplicar para preferir una teoría a otra. Las categorías ‘descriptivo’ y ‘prescriptivo’ se emplean en un sentido parecido en Losee 1988 y Losee 2004.

## **2.2 Historia de las Ciencias**

Ante la necesidad de entender la historia de las ciencias como una rama de la historia universal, este apartado tiene como objetivo definir este concepto.

Es necesario para definir el concepto de historia de las ciencias, mencionar que no hay un consenso tal que exista una única significación para este, es decir, para poder comprender mejor el significado de esta disciplina es necesario partir con las distintas proposiciones que diversos autores han hecho con respecto a ella y situarse en un marco teórico referido a las distintas corrientes que la estudian. Entre algunas distinciones podemos observar las siguientes:

### **2.2.1 Anacrónica o Whig**

Herbert Butterfield en 1951 inauguró un debate con respecto a la historia de la ciencia refiriéndose a que la mayoría de quienes practicaban esta disciplina se situaban desde una perspectiva que hacía referencia únicamente al conocimiento actual, a este enfoque, Butterfield lo denominó whig.

El enfoque whig o anacrónico, implica considerar, en cada momento histórico, únicamente los elementos relevantes para el conocimiento científico subsiguiente, lo cual obviamente excluye aquellos elementos, teorías y/o experimentos erróneos o que no tengan interés en un marco científico posterior (Lombardi 1997). Según Boido, la historiografía whig es progresista ya que está fuertemente ligada con el positivismo del S. XX.

### **2.2.2 Diacrónica o Antiwhig**

Sabiendo que la perspectiva whig era excluyente ante hechos que no tuvieran relación con una ciencia en constante avance, surge la necesidad de incluir en la historia de la ciencia, tales hechos. El mismo Butterfield se define como antiwhig señalando que la perspectiva anacrónica proporciona una visión distorsionada de la realidad y además no permite situar el conocimiento



científico en el contexto en el cual fue construido, tomando para su análisis solo aquellas experiencias que concluyeron en éxitos y no en fracasos.

Por lo tanto la perspectiva antiwhig tiene como principal característica el diacronismo, esto quiere decir que la historia de la ciencia se observa desde los aciertos y errores, independiente de si estos contribuyeron o no para el conocimiento científico posterior, es decir, se estudian los acontecimientos históricos del pasado en virtud de las creencias, teorías, métodos y otros aspectos importantes de la propia época en la cual las ideas fueron gestadas (Guirdi y Arriasecq, 2004)

### 2.2.3 Internalista

Este enfoque de la historia de la ciencia se enfoca únicamente en la ciencia como tal, o sea, se refiere a las ideas, teorías, experimentos, métodos, es decir, solo aquellos temas que este directamente relacionado con el contenido de la ciencia como tal. A diferencia del enfoque whig, el internalista, si toma los aciertos y errores referidos al conocimiento científico.

Según Lakatos, la historia de la ciencia interna es independiente de la externa, o sea, es posible estudiar la historia interna de la ciencia sin siquiera tomar en consideración la externa. Esta proposición nos acerca al hecho de que estudiar los acontecimientos científicos desde esta perspectiva resulta menos trabajoso que el enfoque externalista.

“La historia interna o proporciona explicaciones no-racionales de la rapidez, localización, selectividad, etc., de los acontecimientos históricos interpretados en términos de historia interna; o bien, cuando la historia difiere de su reconstrucción racional, proporciona una explicación empírica de por qué difieren” (Kuhn, 1968).

La historia interna es también comúnmente definida como historia intelectual.

#### 2.2.4 Externalista

Es necesario comenzar mencionando que la historia externa está en función de la historia interna, es decir, es necesario conocer la historia interna de la ciencia para poder abordarla desde su exterior.

Según Kuhn y Lakatos, la historia externa se enfoca en unir el estudio de las diferentes disciplinas, además de considerar las condiciones culturales en que emergieron y se desarrollaron, tomando en cuenta el contexto social, económico y los condicionamientos ideológicos a los cuales se vieron enfrentados.

La historia externa es también comúnmente definida como historia social, que está encargada de observar los condicionantes y actividades que rodean la actividad científica (Sánchez 1988)

Después de identificar al menos estas cuatro divisiones que distintos autores han hecho con respecto a la historia de las ciencias, es a lo menos obvio formular la pregunta: ¿Cuál de estos enfoques es el más adecuado para abordar la historia de las ciencias?

Tratar de rescatar un enfoque por sobre otro parece ser un error, según Boido es posible complementarlos en vez de excluirlos y dependiendo del el problema en cuestión se utilicen los elementos de uno por sobre el otro, además construir estas diferencias en relación a la historia de la ciencia sugiere una madurez con respecto al estudio de esta, más que plantearse desde una perspectiva selectiva.

Tal y como se menciona con anterioridad es posible complementar los distintos enfoques de la historia de las ciencias según el problema en cuestión, en este caso, sería la historia como herramienta para la enseñanza de las ciencia, particularmente la física.

En nuestro caso se abordará el trabajo realizado desde un enfoque Whig y Externalista, en el caso de la historia de la ciencia, y se tomará el enfoque Prescriptivo con respecto a la filosofía de la ciencia.

### **2.3 Relación entre la Historia y Filosofía de las Ciencias y la enseñanza de las ciencias.**

El tema y la inclusión de la historia y filosofía de las ciencias en la enseñanza de las ciencias es un aspecto en continua pugna, muchos historiadores y metodólogos se posicionan en favor y en contra de su inclusión en la praxis de la enseñanza de la física (Klein 1972, Bush 1984), y por ende este mismo dilema resulta interesante abordarlo con el fin de adecuar los contenidos y saberes escolares.

En relación al vínculo entre la Historia y Filosofía de las Ciencias (o HFC en adelante) y la enseñanza de la física, podemos mencionar el currículum escolar en México.

La importancia de la Historia de la Física en el currículum de secundaria de México se evidencia en la siguiente extracción:

“Debe insistirse en la presentación de la física como producto de la actividad humana y no como resultado azaroso del trabajo de unos cuantos seres excepcionales...

... Es conveniente estudiar y discutir pasajes biográficos de personajes importantes en la historia de la física, no como un recuento enciclopédico, sino destacando *las formas de razonamiento*, indagación, experimentación y

corrección de errores que condujeron a algunos descubrimientos o inventos relevantes.” (SEP, 1993, p. 78.)<sup>3</sup>

Son varios los investigadores que reconocen el gran aporte de la historia y la filosofía de las ciencias para desarrollar modelos de enseñanza-aprendizaje como investigación. (Gil Pérez 1993), proporcionando herramientas para que los estudiantes pasen de la memorización, la estrategia espontánea que usan los alumnos para “aprender” la ciencia escolar a actividades más parecidas a la propia ciencia como práctica científica. Tales actividades dan a los alumnos una idea más adecuada sobre la naturaleza de la ciencia. (Slisko 1999)

También algunos trabajos se han centrado en la incorporación de la Historia y Filosofía de las Ciencias a los currículos de formación de profesorado universitario de Física y afines. (Historia y Filosofía de las Ciencias en la educación polimodal: propuesta para su incorporación al aula, Guridi-Arriasecq).

Guridi enfatiza la necesidad de incorporar una visión contextualizada de la HFC<sup>4</sup> para no formar en los estudiantes una imagen distorsionada sobre la naturaleza del conocimiento científico, sus formas de producción y validación.

La propuesta de introducir aspectos de la historia de las ciencias puede ayudar a reforzar los contenidos actitudinales de la ciencia, ya que el enfoque es más hacia lo conceptual y algo de procedimental. Pensamos que esto puede ser una pequeña contribución a uno de los mayores problemas que plantea la práctica educativa: la gran diversidad de los alumnos de la ESO, con alumnado desmotivado, con actitudes negativas e incluso con objetores escolares (Solves y Traver, 2001). Y, si no abordamos este problema, el profesorado (Romero,

---

<sup>3</sup> Extracto hecho por Josep Slisko en La historia de la Física en la enseñanza; desde los objetivos curriculares hasta la práctica docente).

<sup>4</sup> HFC corresponde a la abreviación de Historia y filosofía de las Ciencias.

1998) considerará la didáctica como academicista, al margen de la realidad educativa.

Según Solves y Traver, es posible introducir aspectos de historia de la ciencia en la enseñanza de la física y la química para conseguir que los alumnos comprendan mejor la manera cómo se construye y se desarrolla la ciencia y qué repercusiones sociales tienen estos conocimientos. En consecuencia, esto producirá una actitud positiva hacia los conocimientos científicos, que mejorará el ambiente del aula y el interés de los alumnos por participar en el proceso de enseñanza- aprendizaje, que lo hará más enriquecedor, de manera que integre las ciencias como parte inseparable del saber humano de carácter general. Del mismo modo, se espera que este tratamiento reciba una valoración positiva por parte del profesorado.

Es importante considerar que muchos de los modelos utilizados en la didáctica de las ciencias tienen raíces en la filosofía de las ciencias. En este sentido conocer los aspectos filosóficos de las ciencias puede ayudarnos a tener una visión global de como se enseña en el aula y que además lo conceptos que tenga el docente sobre la ciencia influye directamente en la manera de ejercer la profesión.

Ahora bien, en materia de la filosofía de las ciencias, podemos encontrar ciertas analogías entre la filosofía de las ciencias y el aprendizaje de la misma lo cual obviamente introduce una relación.

Con respecto a la posición positivista empirista en la cual se considera al conocimiento como acumulativo y verdadero, y que para llegar a él es necesario pasar por un proceso riguroso y objetivo el cual es conocido como el método científico, se puede hacer la analogía en el aula, en relación a esta corriente los docentes debieran presentar el conocimiento científico como

verdadero, apoyándose principalmente en el libro de texto, además si el método científico es necesario para descubrir un nuevo conocimiento científico, es necesario que el profesorado instruya a sus estudiantes de manera que aprendan a observar y ser rigurosos.

Aunque esta corriente filosófica está prácticamente rechazada y reemplazada por el modelo constructivista es aún utilizada y aceptada por docentes para ser utilizada como modelo didáctico. (Mellado y Carracedo 1993)

En relación con el constructivismo, se considera el conocimiento científico como construido por la inteligencia humana, por lo cual es un conocimiento complejo y no falto de subjetividades y relacionado estrechamente con un contexto ya sea social o tecnológico, y cuya construcción depende de aquellas pre-construcciones o preconceptos que tenga el sujeto. En este sentido las corrientes filosóficas constructivistas que han sido descritas en el punto 2.1 se preocupan prioritariamente de los procesos cognitivos por los cuales pasa el sujeto para acceder al conocimiento científico, y son estos mismos procesos que podemos observarlos en el aula, de manera que la filosofía de las ciencias permite comprender en primera instancia que es necesario que el docente tenga claro cuál es su concepción acerca de la ciencia y cómo acceder a su conocimiento, además de acercarnos a la manera de comprender las distintas maneras de hacerlo.

## **2.4 Fundamentos de la relación de la HFC y la enseñanza de la ciencia**

Debido a la crisis educativa en ciencias durante principios de los años 80, surge la importancia de poder contextualizar mejor la enseñanza de las ciencias, y aparece como herramienta el uso de la Historia y Filosofía de las Ciencias con el objetivo de cambiar el enfoque disciplinar centrado en la ciencia, por otro que tuviera en cuenta diversos aspectos contextuales tales como la teoría y el método de las ciencias, aplicaciones tecnológicas y explicaciones de lo cotidiano, filosofía y visiones de mundo, conexiones sociales e históricas, entre otras (Nielsen y Thomsen, 1986). Desde ahí, el ascenso de la Historia de la Ciencia ha sido ininterrumpido (Fernández, 2000)

La historia, filosofía y sociología de las ciencias no tienen todas las soluciones para esta crisis, pero sí tienen algunas respuestas: pueden humanizar las ciencias y acercarlas más a los intereses personales, éticos, culturales y políticos; pueden hacer las clases más estimulantes y reflexivas, incrementando así las capacidades del pensamiento crítico; pueden contribuir a una comprensión mayor de los contenidos; pueden contribuir un poco a superar el <<mar de sinsentidos>> en que un comentarista dijo se habían engolfado las clases de ciencia, donde se recitaban fórmulas y ecuaciones, pero donde pocos conocían su significado; pueden mejorar la formación del profesorado contribuyendo al desarrollo de la epistemología de la ciencia más rica y auténtica, esto es, a un mejor conocimiento de la estructura de la ciencia y su lugar en el marco intelectual de las cosas. Este último punto es el de partida de la clase de la disciplina cognitiva que Schulman (1987), y antes que él, pero olvidado durante mucho tiempo, Scheffler (1970), había pedido que promovieran los programas de formación del profesorado. (Matthews; Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias, la aproximación actual)

Ya en la actualidad, existe un consenso casi unánime entre los investigadores en educación acerca de la relevancia de la perspectiva histórica en la formación científica. En los últimos años se ha verificado una progresiva incorporación de la historia de la ciencia tanto a la teoría como a la práctica de la enseñanza de la ciencia. De este modo, se produce un acercamiento entre áreas del conocimiento tradicionalmente consideradas ajenas entre sí según una antigua clasificación que separa ciencias de humanidades. (Lombardi, La pertinencia de la Historia en la enseñanza de las ciencias: Argumentos y Contraargumentos)

La HC y HFC han aportado a la enseñanza de las ciencias (Fernández, 2000). Autores tales como Rosmorduc (1988), Brush (1989), Nielsen y Thomsen (1990) e Izquierdo (1996)<sup>5</sup>, han señalado más de un aspecto importante en la contribución de la historicidad y filosofía a la enseñanza de las ciencias. Algunos aspectos son:

- 1- Fomentar las actitudes positivas de los alumnos hacia la ciencia
- 2- Comprender mejor la materia científica
- 3- Poner de relieve la historicidad y la dimensión humana de la ciencia
- 4- Atenuar el dogmatismo con que se presenta
- 5- Mostrar la relación ciencia-técnica-sociedad (CTS)
- 6- Comprender la naturaleza, método y evolución de la ciencia
- 7- Conocer las concepciones y dificultades de los alumnos
- 8- Sugerir metodologías o modelos didácticos
- 9- Orientar la selección, secuenciación y exposición de contenidos

Se pueden clasificar los puntos anteriores, de modo tal que:

- a. 1 y 2 aluden a efectos positivos que afectan directamente al aprendizaje
- b. De 3 a 6 se relacionan con la estructura conceptual de la disciplina reflejada en el currículum. Se acerca a la HC utilizada como recurso

---

<sup>5</sup> Los autores mencionados en éste párrafo fueron citados en el artículo de Fernández (2000)



- c. De 7 a 9 se relacionan en la incidencia en la actuación del profesor en el aula (Fernández 2000)

#### 2.4.1 Carácter histórico de las ciencias

Muestra una ciencia viva y dinámica. Los conceptos y teorías cambian, las filosofías e ideologías guían y fundamentan los conocimientos. Evidencia la dimensión humana que presenta la ciencia en su historia y les da importancia a los hombres que lo hicieron. (Fernández 2000)

El conocimiento científico es el producto de una compleja actividad social que precede y sigue al acto individual del descubrimiento o de la creación. Ejemplo: Newton propone: “Si puedo ver más lejos, es porque gigantes me alzaron sobre sus espaldas”. Estos gigantes eran Galileo y Kepler (Hodson, 1985).

Thomas S. Kuhn, en su libro La Estructura de las Revoluciones Científicas (1962), propone y toma el conocimiento en ciencia para criticar en sí mismo a la ciencia.

El enfoque histórico conlleva el poner en manifiesto la dimensión humana de la ciencia, mostrando que detrás de ella están los hombres que lo hicieron. La presentación de éste aspecto en el aula es altamente formativo, a menos que se caiga en el defecto de dibujar al científico como héroe de virtudes sin igual. (Fernández, 2000)

#### 2.4.2 Visión Dogmática de las ciencias

La enseñanza de las ciencias, y la metodología deductiva tradicionalmente empleado en el aula y promulgada en los libros de texto, transmite la idea de una ciencia sin fisura e indiscutibles. El libro de texto, sin olvidar sus cualidades positivas (que si las tiene) suele omitir la problemática que conduce al descubrimiento y al establecimiento de la teoría. (Fernández, 2000). La ciencia

que se ofrece al alumno no contiene problemas, sino únicamente soluciones, con lo cual el contenido de la misma aparece como arbitrario, sin que el alumno consiga establecer vínculos, ni retener lo explicado. (Otero, 1989)

Según el diccionario de la real academia española, dogmatismo se refiere a:

1. m. Presunción de quienes quieren que su doctrina o sus aseveraciones sean tenidas por verdades inconcusas.
2. m. Conjunto de las proposiciones que se tienen por principios innegables en una ciencia.
3. m. Conjunto de todo lo que es dogmático en religión.
4. m. Escuela filosófica opuesta al escepticismo, la cual, considerando la razón humana capaz del conocimiento de la verdad, siempre que se sujete a método y orden en la investigación, afirma principios que estima como evidentes y ciertos.

Claramente el concepto de dogmatismo está sujeto a diversas aristas, tales como la religión la filosofía y la ciencia, siendo estas últimas dos las cuales nos interesa.

En griego δόγμα significó opinión filosófica, opinión fundada en principios. Estos “principios doctrinarios” no eran cuestionados por quienes se adherían a su doctrina, así aquellos filósofos que defendían la idea de que los principios no prestaban atención a los argumentos que los fundamentaban fueron llamados dogmáticos, cuya característica principal era que no practicaban el análisis crítico de sus proposiciones.

En resumen, podríamos mencionar que aquello que pueda calificarse como dogmático, está ligado a una aceptación de una idea o proposición, libre de cuestionamientos.

Con relación al dogmatismo y la ciencia, la tendencia de buscar generalidades, regularidades e imponer leyes a la naturaleza genera el fenómeno psicológico del pensamiento dogmático. (Karl Popper, 1953) Podemos entender el dogmatismo hablado por Popper bajo el punto de vista de la formulación de hipótesis y verificación de ella; una verificación es generado por la ocurrencia de una instancia verificadora, vale decir la obtención de un enunciado a partir de una hipótesis, que contiene una consecuencia empírica. Esto lleva a pensar un experimento como el antecedente empírico de carácter observable en el cual se basa una hipótesis.

En este sentido, la enseñanza de las ciencias ha adquirido una apariencia dogmática. Como ejemplo, podemos ampararnos en una herramienta que es utilizada por los docentes de todo el mundo; esto son los libros de textos. Si se hace un breve análisis de los textos, pareciera ser que el orden en el cual se presenta los contenidos tiene un carácter indiscutible y que es necesario leer el capítulo uno para pasar poder aprender del dos. Además, se puede mencionar que en general los libros presentan sus contenidos como indiscutibles, por lo cual el lector se enfrenta solo a respuestas y no a problemas, lo que finalmente desemboca en una aceptación de lo que se está estudiando; no hay espacio para una reflexión o crítica de los mismos contenidos. Otero (1989) profundiza en esta idea, argumentando el hecho de que los libros de texto presentan dificultades de orden crítico a las materias tratadas, el objetivo principal al cual responde el conocimiento científico pasa a segundo plano, obteniendo como consecuencia un menor índice de aprendizaje significativo.

En relación a los mismos docentes, para optimizar el tiempo, estos se limitan a facilitar la enseñanza de los contenidos, más que explicitar cómo se construyó el conocimiento en estudio, limitando la visión histórica de estos.

Aquí la historia de la ciencia juega un rol fundamental para contextualizar el rol de la ciencia y ajustar la realidad a la cual ha estado sometida a lo largo de los años, que el conocimiento científico no es una verdad indiscutible sino todo lo contrario, que está en permanente cambio, y que las mayores revoluciones científicas han tenido lugar cuando un conocimiento aceptado como verdadero ha sido refutado, como por ejemplo la catástrofe ultravioleta.

Una educación científica basada en la historia, permite desarrollar el espíritu crítico en el estudiantado. (Fernández 2000)

Aparece entonces, para atenuar el dogmatismo con que se enseña ciencia tanto en las aulas como en los libros de texto, el recurso de la HC y HFC; ya que entrega orden, da contexto a los contenidos curriculares y evidencia lo cambiante y dinámico que es la ciencia. Aporta a una comprensión más profunda y justa de los conceptos y teorías al contemplarlos en su efectivo proceso de producción: en función de qué demandas y como respuestas a qué preguntas fueron formulados. Una educación científica que tenga en cuenta la evolución histórica es valiosa para formar y desarrollar el espíritu crítico de las cosas (Fernández, 2000).

#### 2.4.3 Relación entre el enfoque CTS y el enfoque histórico de las ciencias

En las últimas décadas ya del siglo XX, el enfoque histórico de las ciencias, centrado en base a las mismas ciencias específicas, tradicionalista e internalista, ha ido perdiendo fuerza, provocando que la ciencia sea observada a través de su contextualización entre la sociedad y sus tecnologías, considerando implicancias en campos sociológicos, económicos, ideológicos, por nombrar algunos (Krag 1987; Jones 1989). Estos aspectos no son

recogidos por la escuela tradicional en la enseñanza de la ciencia (Fernández, 2000). Dichos aspectos presentan un carácter formativo provechoso para evidenciar lo multidisciplinar que es la ciencia, sirviendo de puente entre las materias científicas con otras ramas de carácter humanista.

Para dichos efectos, la historicidad de la ciencia y su filosofía, tanto implícita como explícita, resulta ser una herramienta poderosa para los enfoques CTS, que cada vez ganan mayor preponderancia en los currículos nacionales.

- La historia y filosofía de las ciencias y su utilidad para identificar las ideas previas y complicaciones de los estudiantes.

Wandersee en 1985, luego de analizar un estudio hecho a más de mil quinientos alumnos universitarios y escolares sobre el proceso de la fotosíntesis, con el objetivo de recoger información sobre el manejo de la historicidad y concepciones sobre el tema y si esta información difiere o no según nivel de escolaridad, concluyó que los estudiantes no recapitulan la Historia de la Ciencia en el estudio de la fotosíntesis, pero que sus concepciones frente al tema son similares a los pensamientos antiguos de los grandes pensadores, del cual la práctica científica considera erróneas. El académico de la Universidad ARCIS, Carlos Pérez, en su libro *Sobre un concepto histórico de ciencia. De la epistemología actual a la dialéctica*, analizando los estudios galileanos y aristotélicos sobre el movimiento, propone que en realidad el pensamiento antiguo del movimiento aristotélico no es erróneo; simplemente en base a la realidad observacional y práctica de ese tiempo el movimiento cumplía con las bases de Aristóteles. Lo mismo ocurrió después con Galileo, hasta que a principios del siglo XX surge una pugna entre científicos e historiadores de las ciencias cuando Alexander Koyré en 1938 en su libro *Estudios Galileanos* pone en duda experimentos de Galileo, ya que al reconstruir cabalmente su metodología experimental, no había correlación en los porcentajes de error. En este sentido, Pérez plantea simplemente que tanto

el pensamiento aristotélico como el galileano sobre el movimiento no son erróneos, pero a la vez lo son, lo cual relaciona con la crítica al inductivismo.

Tanto en la visión de Pérez, como en Wandersee, la historia y filosofía de la Ciencia toma relevancia y protagonismo en la fundamentación y contextualización de sus estudios. A nivel de profesorado, Wandersee plantea que la Historia de la Ciencia es especialmente útil para ayudar a los profesores a identificar las concepciones previas de sus estudiantes en las aulas de ciencia, concepciones espontáneas y por ende sus ideas previas.

El uso de las ideas previas es base en los Modelos Constructivistas de aprendizaje para así reconducir dichas ideas hacia las ideas científicas. Como consecuencia, se recalca la importancia de conocerlas a fin de aumentar la eficacia docente. (Fernández, 2000).

Driver en 1985, plantea que los estudiantes solo guardan algunas características comunes con las del pasado, pero que a diferencia de las ideas del pasado, las ideas de los alumnos no son parte de sistemas conceptuales coherentes.

Esto coloca a la Historia de la Ciencia en disposición de poder suministrarnos valiosa información sobre cuáles son los conocimientos espontáneos de los alumnos. La lección que nos brinda la historia puede ser aprovechada para prevenir en el aula los obstáculos que surgieron en la construcción del conocimiento científico y diseñar alguna estrategia para superarlos. En este sentido parece interesante confrontar al alumno con las concepciones del pasado como método de construcción del conocimiento escolar. La comparación de las concepciones históricas con la explicación científica puede moverlo a abandonar sus ideas previas por limitadas o inapropiadas. (Fernández, 2000)

#### 2.4.4 La Historia de la Ciencia como ayuda para Seleccionar, Secuenciar y Exponer contenidos en Ciencia.

La Historia de la Ciencia proporciona una base para orientar la selección la exposición, secuenciación y exposición de los contenidos. Esto no implica eso si que el profesor tenga que implementar la Historia de la Ciencia en el aula, sino que en cierta forma la HC se puede tomar como estrategia docente para la preparación de sus clases de ciencia. Generalmente la estructuración de los contenidos curriculares se basa en las estructuras curriculares materializadas en los libros de texto. El profesor se guía en los libros para estructurar sus clases, generando una visión más bien acrítica en sus clases ya que este hecho induce al profesor la idea de “solución única”. La historia del saber científico, o incluso algún libro de la época, puede ayudar a sugerir otros y diversos desarrollos. (Fernández, 2000)

### **2.5 Respaldos experimentales**

En esta sección, se presentará un estudio realizado por Solbes y Traver en la inclusión de la historia de la ciencia en la enseñanza de la química y física, materializado en el diseño y aplicación de materiales curriculares. Se experimentaron estos materiales a lo largo de diferentes cursos en distintos institutos del País Valenciano con alumnos de los niveles de 2º y 3º de BUP y de COU para garantizar la aleatoriedad de la muestra. Para la mejora de la validez estadística de los resultados de los grupos experimentales, además de los autores del trabajo, intervinieron otros 4 profesores y profesoras que empleaban los mismos materiales y metodología con diferentes grupos de alumnos. Además de implementar los materiales a lo largo de un curso escolar, Solbes y Traver compararon los resultados obtenidos por estos grupos de alumnos experimentales, con los resultados de un grupo de control que siguieron una enseñanza sin la utilización de estos materiales. El universo

analizado implicaron 233 alumnos experimentales, además de los de control, y 83 profesores en activo que han participado en diferentes cursos de formación.

### 2.5.1 Otras implementaciones de la HFC en la enseñanza de las ciencias

Algunas conclusiones al respecto llevaron a Solbes y Traver a realizar un estudio en el cual se llevó a cabo el análisis crítico de la situación de la enseñanza habitual respecto a la falta de una perspectiva histórica adecuada que puso en evidencia la imagen deficiente de la naturaleza y evolución de la ciencia que se transmite a los alumnos y su influencia en el desinterés de los alumnos hacia el aprendizaje de la física y la química. Al mismo tiempo, estas conclusiones permiten vislumbrar cuáles podrían ser las soluciones que se debería aplicar para la mejora de las deficiencias detectadas.

Dada la importancia de los materiales curriculares en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, Solbes y Traver plantean como tema de trabajo la elaboración de materiales curriculares para la clase de física y química con la introducción de la historia de la ciencia.

La hipótesis de trabajo que plantearon entonces Solbes y Traver fue básicamente creer que es posible introducir aspectos de historia de la ciencia en la enseñanza de la física y la química para conseguir que los alumnos comprendan mejor la manera cómo se construye y se desarrolla la ciencia y qué repercusiones sociales tienen estos conocimientos. Con ello, se piensa que esto producirá una actitud positiva hacia los conocimientos científicos, que mejorará el ambiente del aula y el interés de los alumnos por participar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que lo hará más enriquecedor, de manera que integre las ciencias como parte inseparable del saber humano de carácter



general. Así, se espera que este tratamiento reciba una valoración positiva por parte del profesorado.

Dentro de la investigación que realizaron, obtuvieron interesantes conclusiones con respecto a la implementación de la Historia y Filosofía de las Ciencias. Se observó que la inclusión de la Historia y Filosofía de las Ciencias en el trato de contenidos curriculares en el ámbito escolar propicia mejoras en los resultados con respecto a las actitudes que tienen los estudiantes hacia las ciencias; en específico del estudio, en Física y Química. Así, consideraron que si la falta de interés de los alumnos y su actitud de escasa apreciación hacia el estudio de las ciencias estaba motivada, en parte, por la visión a-histórica de la enseñanza impartida habitualmente que les mostraba una imagen sesgada de la naturaleza de la ciencia y su evolución, habría que modificar esta imagen por medio de la introducción adecuada de diversos aspectos que se pueden extraer de la historia de la ciencia y que muestren de qué manera se producen los conocimientos científicos, en qué contexto histórico y social han aparecido determinadas teorías y qué influencias han ejercido sobre el propio entorno social. Con ello, las perspectivas de Solbes y Traver apuntan a la historia de la ciencia puede contribuir al desarrollo y profundización del constructivismo. También consideran que hay que apoyarse en la historia de las ciencias para transmitir la idea de que la ciencia es una construcción de conocimientos para resolver problemas. Pero no sólo eso, también es el conjunto de instrumentos e instituciones que permiten obtener esos resultados; y la comunidad científica que los obtiene; y su directa relación con el enfoque CTS.

## **2.6 Metodología de los ciclos de aprendizaje.**

En base a la línea investigativa que se trabajaba en los años 60 y principios de los 70, influenciados fuertemente con las teorías de aprendizaje de Piaget, John Dewey y Kurt Lewin el sicólogo social y experto en administración y comportamiento organizacional David Kolb propone, interesado en los temas de la naturaleza del cambio social, el desarrollo de carreras el aprendizaje experiencial y la educación profesional y ejecutiva, su Teoría de Aprendizaje Experiencial, eje temático para su posterior propuesta de los ciclos de aprendizaje.

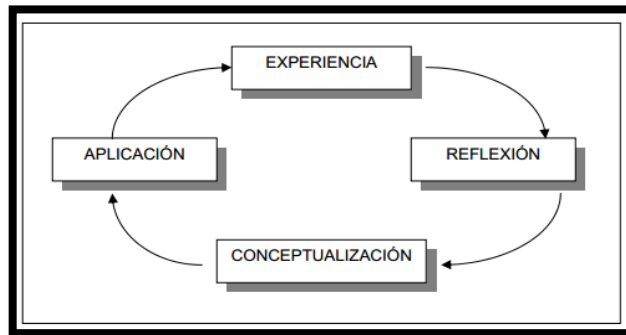
La Teoría del Aprendizaje Experiencial se centra en la importancia del papel que juega la experiencia en el proceso de aprendizaje. Desde esta perspectiva, el aprendizaje es el proceso por el cual construimos conocimiento mediante un proceso de reflexión, y dándole sentido a las experiencias. David Kolb se centran en proponer los procesos cognitivos asociados al abordaje y procesamiento de las experiencias, y en identificar y describir los diferentes modos en que realizamos dicho proceso; esto es, los diferentes estilos individuales de aprendizaje. (Jeremías Gómez Pawelek. 2007)

### **2.6.1 Ciclo de Aprendizaje**

Metodología propuesta por David Kolb. Basado en sus trabajos anteriores sobre Aprendizaje Experiencial, además de los acercamientos hechos anteriormente por Robert Karplus, el Ciclo de Aprendizaje es una manera de aprehender la realidad de manera sistémica y sistemática. (Eusebio Painemal, Ph. D. 2000)

El Ciclo de Aprendizaje, o también Ciclo de Kolb consta de cuatro etapas principales: la acción, la experiencia, la reflexión y la conceptualización. Según Kolb, para que haya un aprendizaje efectivo idealmente deberíamos pasar por un proceso que incluya estas cuatro etapas.

Kolb esquematiza este proceso mediante un modelo circular, en el cual se relacionan cuatro etapas esenciales, ilustrada en la siguiente imagen:



**Figura 1. Las cuatro etapas de los ciclos de aprendizaje**

## 2.6.2 Etapas del Ciclo de Aprendizaje

### 2.6.2.1 Exploración

También conocido como experiencia en algunos autores, esta primera etapa del ciclo de aprendizaje, tiene como objetivo plantear una situación concreta a los estudiantes que los conduzca a buscar aprender, esto es, conectarlos con un tema en forma personal, que les resulte familiar y que ponga en evidencia sus ideas previas o preconcepciones, por lo cual la situación o experiencia debe ser cuidadosamente seleccionada ya que debe ser intrigante para quien participe de esta. También esta etapa se conoce en otros autores como la etapa de exploración o focalización.

### 2.6.2.2 Reflexión

La segunda etapa tanto como la tercera tiene como objetivo principal la construcción del conocimiento por parte del educando, tomando la experiencia inicial se procesan los datos obtenidos para transformarlos en información la cual se reflexiona y se relaciona con lo vivido en la primera etapa. Es además momento para compartir las sensaciones, expresar críticamente los pensamientos y confrontar ideas. También esta etapa se conoce como etapa de exploración.

### 2.6.2.3 Conceptualización

Para esta etapa es necesario que se presente la información de manera secuenciada y estructurada de acuerdo a lo reflexionado en la etapa anterior, para poder lograr rescatar las características esenciales de la experiencia, tales como patrones o generalidades que se presenten.

### 2.6.2.4 Aplicación

Como esta es la última etapa del ciclo de aprendizaje, tiene como objetivo que los aprendizajes puedan ser transferibles, además de utilizables para responder a otras situaciones o experiencias similares, o sea, es de suma importancia que se esta etapa se presente la oportunidad de una nueva experiencia que lleve a completar el ciclo nuevamente de tal manera de generar un espiral de conocimiento y aprendizaje significativo.

Cada una de las etapas descritas anteriormente se puede materializar mediante distintos materiales y herramientas metodológicas. Algunas herramientas para cada una son:

<b>Etapas</b>	<b>Actividades</b>
Experiencia	Visualizaciones, Monografías, Videos, Entrevistas, Visitas, Observaciones.
Reflexión	Base de Preguntas, Ensayos, Organizadores Gráficos.
Conceptualización	Lecturas, Conferencias, Exposiciones, Clase magistral.
Aplicación	Proyectos, investigación, Trabajos de Campo, Ejercicios Prácticos.

**Tabla 1. Las actividades para cada etapa**

### 2.6.3 Estilos de Aprendizaje del Ciclo de Kolb

El Ciclo de Aprendizaje propuesto por Kolb plantea el aprendizaje como un proceso en el que se conjugan factores como la percepción, competencias, habilidades y emociones de los estudiantes, influidas por las experiencias previas que han vivido dichos estudiantes y por las exigencias que el medio les impone.

Acorde a esto, Kolb propone que el aprendizaje en las personas se da por etapas o momentos, a través de la experiencia que tengas con los conocimientos, llamados experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. Dichas etapas se relacionan entre sí, según el siguiente esquema:



**Figura 2. Esquema del ciclo de aprendizaje experiencial de Kolb<sup>6</sup>**

El ciclo comienza con la etapa de Experiencia Concreta, en el cual el estudiante se involucra en una vivencia o situación determinada.

Luego, se procede a la segunda etapa del ciclo; la observación reflexiva, en el cual los estudiantes reflexionan sobre la vivencia mostrada en la Experiencia Concreta, y se toman los supuestos respecto a dicha experiencia.

Después pasamos a la tercera etapa del ciclo; Conceptualización Abstracta, en el cual los estudiantes construyen significados más complejos en comparación con la etapa anterior, en base a literatura apropiada o explicaciones formales de parte del docente.

Finalmente, en la última etapa del ciclo, la Experimentación Activa, los estudiantes experimentan situaciones concretas en base al nuevo aprendizaje incorporado en el transcurso de las etapas anteriores, con el fin de resolver problemas acordes a los contenidos tratados.

En base a estas cuatro etapas, Kolb (1984) propone cuatro formas de aprender, que los llamo estilos de aprendizaje, y lo define como:

<sup>6</sup> Fuente: <http://www.esniconsulting.es/outdoor.html> visitado el 2 de agosto del 2012

*“...algunas capacidades de aprender que destacan por encima de otras como resultado del aparato hereditario de las experiencias vitales propias y de las exigencias del medio ambiente actual (...) Algunas personas desarrollan mentes que sobresalen en la conversión de hechos dispares en teorías coherentes y, sin embargo, estas mismas personas son incapaces de deducir hipótesis a partir de su teoría, o no se interesan por hacerlo; otras personas son genios lógicos, pero encuentran imposible sumergirse en una experiencia y entregarse a ella.”*

Kolb identifica dos dimensiones principales del aprendizaje: la percepción y el procesamiento. Propone que el aprendizaje es el resultado de la forma en que las personas perciben y luego procesan los conocimientos.

Con respecto a la percepción, Kolb describe dos tipos opuestos: las personas que perciben a través de la **Experiencia Concreta** y las personas que perciben a través de la **Conceptualización Abstracta**.

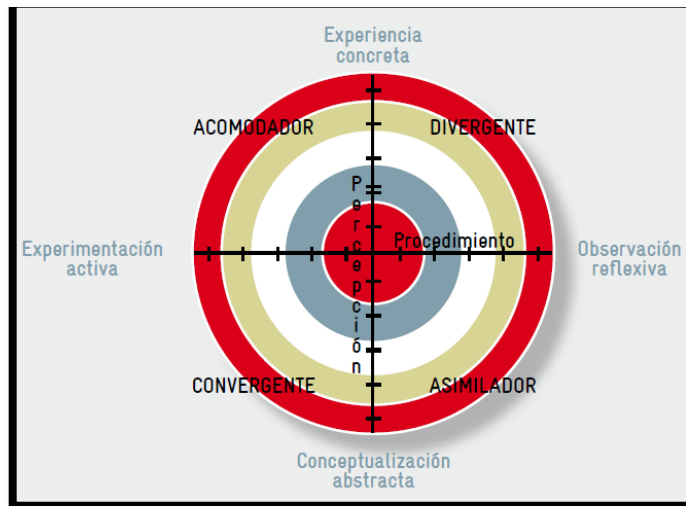
En base al procesamiento de los conocimientos, Kolb propone también dos dimensiones opuestas; algunas personas procesan a través de la **Experimentación Activa**, y otras por el contrario procesan a través de la **Observación Reflexiva**.

Estas dimensiones suponen que para aprender algo debemos trabajar o procesar la información que percibimos. Para ello podemos partir de: una **experiencia directa** o concreta (implica una persona activa) o de una **experiencia abstracta** (implica una persona teórica).

Según las experiencias que tengamos, ya sean concretas o abstractas, la información obtenida se transforma en conocimiento cuando se elaboran: experimentando de forma activa con la información recibida (Persona Pragmática), o bien reflexionando y pensando sobre ellas (persona reflexiva).

Es decir, según como percibamos y procesemos la información, el estudiante va creando una especie de perfil de aprendizaje. Estos perfiles son: **Divergente, Asimilador, Convergente y Acomodador.**

Estos perfiles, llevo a Kolb a formular un modelo de cuatro cuadrantes, ilustrado en la siguiente imagen:



**Figura 3. Estilos de Aprendizaje <sup>7</sup>**

En base a lo anterior, Kolb ideó un inventario de fortalezas y debilidades de las personas, jerarquizándolas en los perfiles de persona Divergente, Asimilador, Convergente y Acomodador. Este inventario se observa en la siguiente ilustración:

---

<sup>7</sup> Fuente: Kolb, citado por Lozano (2000).



Características de estilo convergente	Características de estilo divergente	Características de estilo asimilador	Características de estilo acomodador
Pragmático	Sociable	Poco sociable	Sociable
Racional	Sintetiza bien	Sintetiza bien	Organizado
Análítico	Genera ideas	Genera modelos	Acepta retos
Organizado	Soñador	Reflexivo	Impulsivo
Buen discriminador	Valora la comprensión	Pensador abstracto	Busca objetivos
Orientado a la tarea	Orientado a las personas	Orientado a la reflexión	Orientado a la acción
Disfruta aspectos técnicos	Espontáneo	Disfruta la teoría	Dependiente de los demás
Gusta de la experimentación	Disfruta el descubrimiento	Disfruta hacer teoría	Poca habilidad analítica
Es poco empático	Empático	Poco empático	Empático
Hermético	Abierto	Hermético	Abierto
Poco imaginativo	Muy imaginativo	Disfruta el diseño	Asistemático
Buen líder	Emocional	Planificador	Espontáneo
Insensible	Flexible	Poco sensible	Flexible
Deductivo	Intuitivo	Investigador	Comprometido

**Tabla 2. Debilidades y Fortalezas de la persona según perfil de aprendizaje<sup>8</sup>**

#### 2.6.4 Fundamentos del Ciclo de Aprendizaje

El ciclo de aprendizaje surge bajo la necesidad de elaborar visiones comprensivas, integradoras y flexibles de conocimiento, que permitan remediar la visión fragmentada de dicho conocimiento.

Con respecto a la fragmentación del conocimiento, podemos citar a Vasco Carlos, que propone lo siguiente:

“La organización curricular, dividida ya desde el primer grado a la temprana edad de seis o siete años en áreas de conocimiento con muy poca o ninguna relación entre sí, fragmenta el conocimiento de una manera que éste no es el resultado de una diferenciación analítica progresiva hecha por los estudiantes.

<sup>8</sup> Fuente: Kolb 1984, citado por Villavicencio (2009)

Por el contrario, el conocimiento se les presenta atomizado, recortado en sus aspectos físicos, químicos, biológicos, geográficos, históricos, religiosos, etc., simplificándolo excesivamente, presentándolo como una realidad fija y estática que deben aceptar, y borrando casi todas las relaciones que existen entre los componentes curriculares. Esta presentación fragmentada del conocimiento pocas veces se complementa con actividades pedagógicas que le permitan a los alumnos reconstruir la totalidad". (Vasco Carlos E. y otros. 2001)

Vale decir, el cuerpo de conocimientos que se enseña en los colegios esta diversamente segregada y fragmentada. Esto promueve el dilema en que no se evidencie las relaciones de una disciplina específica con otra, tanto para los estudiantes en formación, como también para el mismo docente de la disciplina, al no ver la conexión existente, lo que se agrava aún más con la misma formación del profesorado, al privilegiar las disciplinas específicas por sobre la pedagogía, y la sobrecarga de trabajo del mismo docente, en lo extensos de los programas y la rigidez estructural y administrativa de los centros educacionales.

Surge entonces la necesidad de poder articular los saberes y cuerpos de conocimiento en base a la interrelación de las disciplinas específicas, y en torno a una metodología que permita el desarrollo de esa interrelación, de manera que los conocimientos que vayan aprendiendo los estudiantes no sea de manera acabada y atomizada en la disciplina específica, sino que englobe también los criterios que llevan a los científicos a formular sus hipótesis y teorías de manera sistémica.

#### 2.6.5. La enseñanza por Ciclos

La enseñanza por Ciclos resulta como una estrategia de organización curricular nueva en torno a las metodologías anteriores. Se fundamenta en una visión compleja del conocimiento, hacia una suerte de pedagogía constructivista en donde sus estrategias didácticas apuntan a la superación de la fragmentación

de saberes y prácticas, implicando el repensar educativo en función de necesidades de carácter social y autónomo.

La enseñanza por ciclos se basa en una concepción del aprendizaje significativo, que es aquel que propicia transformaciones duraderas en el orden conceptual, actitudinal, metodológico, axiológico y pragmático según los niveles de desarrollo de los sujetos. (Fundamentos de la enseñanza por Ciclos. Alfonso Tamayo Valencia)

#### 2.6.6 Perspectiva Epistemológica

La enseñanza por ciclos se fundamenta en una visión compleja acerca de la manera de como los seres humanos construyen conocimiento y se opone a las visiones fragmentadas acerca de la realidad. (Alfonso Tamayo Valencia). Vale decir, se opone en gran parte al positivismo que ha adquirido las ciencias naturales a la visión del mundo, lo que da origen a la separación del conocimiento.

Edgar Morín identifica ciertos criterios que promueven en gran medida la fragmentación de los conocimientos, lo que podemos llamarlo como la visión simplificada de la ciencia. Algunos de los criterios identificados son:

- Desarrollo disciplinar y fragmentado del saber
- La disyunción e incomunicación entre las ciencias del hombre y las ciencias de la naturaleza
- La tendencia a separar la reflexión filosófica de la teoría científica: ciencia sin conciencia y conciencia sin ciencia

A su vez, Morín propone una nueva visión epistemológica que favorece otra manera de ver, pensar y transformar la realidad. Estos principios llevarían a una visión compleja de la ciencia, siendo algunos de estos:

- Necesidad de hacer intervenir la Historia en toda descripción y explicación
- Necesidad de contextualizar el conocimiento
- Necesidad de introducir el sujeto y el dispositivo de observación en toda investigación (toda observación es una interpretación)

Estos principios se fundamentan, para Morín, en que hay muchos conocimientos especializados y fragmentarios; circula mucha información y sin embargo hay muy poco conocimiento general-reflexivo-formativo. Esto provoca un aumento de la incertidumbre y un progreso de la ignorancia. (Edgar Morin, citado por Porlán en “Constructivismo y Escuela”)

#### 2.6.7 Modelo Pedagógico

La enseñanza por ciclos está basada en los principios del constructivismo acerca del conocimiento; trabajados por autores como Ausubel, Piaget, Vigotsky, Kant, Widdgenstein y Porlán, por nombrar algunos.

El concepto de aprendizaje entonces se entiende como el proceso mediante el cual el estudiante construye significados, superando el aprendizaje memorístico.

Porlán propone en el siguiente modelo el cómo la enseñanza por ciclos, o cualquier modelo para un currículo alternativo e integrador, debiese ser visto:



**Figura 4. Mapa conceptual perspectiva constructivista<sup>9</sup>**

Se observa que el punto central del proceso es el trabajo por problemas, proyectos o núcleos temáticos. Con ello se espera superar el simple acumulado de asignaturas y se abre la posibilidad de integrar diferentes conocimientos disciplinarios, interdisciplinarios o del área a de profundización alrededor de un problema, un proyecto de investigación o un tema en específico. (Alfonso Tamayo Valencia)

Se considera con ello las perspectivas del profesor y del estudiante para la construcción de significados. Esto implica un cambio en la manera de evaluar el proceso de aprendizaje por ciclos, ya que ahora se consideran los aspectos actitudinales, conceptuales y metodológicas ocurridas en el estudiante durante el proceso de construcción de significados más potentes, más complejos y más adecuados.

<sup>9</sup> Fuente: Los fundamentos de la enseñanza por ciclos. Alfonso Tamayo Valencia

### 2.6.8 Estrategias Didácticas

En consideración con lo anterior, la enseñanza por ciclos de aprendizaje puede ser guiada u orientada por estrategias didácticas fundadas en esta nueva visión compleja del conocimiento; ya dejan de ser simples y metódicas o mecánicas, sino que ahora se convierten en hipótesis de trabajo.

Según Tamayo, algunas de las estrategias más pertinentes para el ciclo de aprendizaje son:

- Núcleos temáticos y problemáticos
- Enseñanza por resolución de problemas
- Mapas conceptuales
- Enseñanza por proyectos

La enseñanza basada en los ciclos de aprendizaje entonces propone un cambio cultural, el cual debe realizarse en colectivo, a partir de los intereses y conocimientos, experiencias y creencias de los docentes, apuntando hacia el aprendizaje significativo mediante una metodología constructivista, integradora y multidisciplinaria.

### 2.6.9 Teoría del Aprendizaje Significativo y su relación con el Ciclo de Aprendizaje

La teoría del Aprendizaje Significativo es un marco teórico construido por Ausubel en vísperas de los años 60, el cual pretende dar cuenta de los mecanismos por los que se lleva a cabo la adquisición y la retención de los grandes cuerpos de significado que se manejan en la escuela.

Se considera una teoría psicológica por que se ocupa de los procesos mismos que el individuo pone en juego para aprender (Rodríguez Palmero, María. 2004), por lo cual no se considera desde una perspectiva de psicología pura, sino que pone el énfasis en lo que ocurre en el aula cuando los estudiantes

aprenden; en la naturaleza de ese aprendizaje; en las condiciones que se requieren para que éste se produzca; en sus resultados y, consecuentemente, en su evaluación. Pretende explicar las condiciones y propiedades del aprendizaje, que se pueden relacionar con formas efectivas y eficaces de provocar de manera deliberada cambios cognitivos estables, susceptibles de dotar de significado individual y social (Ausubel, 1976).

El aprendizaje significativo se puede definir entonces como el proceso según el cual se relaciona un nuevo conocimiento o información con la estructura cognitiva del que aprende de forma no arbitraria y sustantiva o no literal. Esa interacción con la estructura cognitiva no se produce considerándola como un todo, sino con aspectos relevantes presentes en la misma, que reciben el nombre de subsumidores o ideas de anclaje (Ausubel, 1976, 2002; Moreira, 1997). Pero Aprendizaje Significativo no considera solamente el proceso, sino también su producto. El hecho de atribuir significados en base a la nueva información, se produce como resultado de las interacciones entre las ideas de anclaje presentes en la estructura cognitiva con el mismo proceso, lo cual conlleva a una nueva información o contenido. Dichas ideas de anclaje se van enriqueciendo y modificando, dando pie a nuevas ideas de anclaje más potentes y explicativas los cuales servirán de base para futuros aprendizajes.

Rodríguez Palmero propone que, para que se produzca aprendizaje significativo, han de darse dos condiciones fundamentales; por un lado tiene que haber una actitud potencialmente significativa de aprendizaje por parte del aprendiz, o sea, predisposición para aprender de manera significativa. Por otro lado, el material que se presenta debe ser potencialmente significativo; debe tener significado lógico, vale decir, potencialmente relacionable con la estructura cognitiva del que aprende y también que existan ideas de anclaje adecuados al sujeto que permitan la interacción con el material nuevo que se presenta.

Si relacionamos la proposición del Aprendizaje Significativo de Ausubel con el Ciclo de Aprendizaje de Kolb y las Unidades Didácticas propuestas en nuestro seminario, encontramos que dichas Unidades propician procesos de constructo en el estudiante.

Por un lado, para que ocurra un Aprendizaje Significativo, Ausubel propone en la programación del contenido de la disciplina a enseñar cuatro principios fundamentales; el contenido debe propiciar la diferenciación progresiva, reconciliación integradora, organización secuencial y consolidación del aprendizaje.

Si analizamos las etapas que propone Kolb en su aprendizaje experiencial, encontramos que dichas etapas están relacionadas con los principios fundamentales de la programación del contenido propuesto por Ausubel, y por ende con la metodología utilizada en la creación de las Unidades Didácticas. La secuenciación del Ciclo de Aprendizaje de Kolb responde a distintos trabajos cognitivos, presentes en la experiencia concreta, en la observación reflexiva, en conceptualización abstracta y en la experimentación activa, y reflejado en los perfiles de aprendizajes. Dichos perfiles resultan luego de un proceso cognitivo del estudiante al interactuar con el objeto de estudio y contexto en que está involucrado.

Por ende, con un material potencialmente significativo y la contextualización histórica-filosófica adecuada propuestas en nuestras Unidades Didácticas para fomentar la actitud potencialmente significativa del estudiante propuesto por Rodríguez Palmero, pretendemos generar aprendizajes significativos en base a una visión constructivista del aprendizaje, ya que son los mismos estudiantes los que van generando constructos, apoyados por la labor docente y por un material potencialmente significativo, lo que se refleja y resume en la construcción de nuestra propuesta.



#### 2.6.10 Relación entre la metodología del Ciclo de Aprendizaje y los Estilos de Aprendizaje de Kolb con el diseño de las Unidades Didácticas Propuestas

Tanto el Ciclo de Aprendizaje de Kolb, como los Estilos de Aprendizaje propuestos por el mismo, proporcionan un marco que nos permite identificar y planificar lo que se desea enseñar en base al cómo el estudiante aprende, qué propone cada etapa y el constructo que deseamos obtener en relación a la experiencia del estudiante.

En este sentido, llevándolo la metodología netamente al plano educativo, ya que Kolb ideó su Ciclo de Aprendizaje en torno a la administración, las etapas propuestas en este Ciclo de Aprendizaje nos brinda una interesante estructura metodológica para construir nuestras Unidades Didácticas, ya que este Ciclo con sus Estilos de Aprendizaje asociados, nos permite introducir temas de carácter histórico-filosóficos a la enseñanza de la física pura, entrelazando el contenido físico curricular propuesto por el MINEDUC con el objetivo de nuestro Seminario, sin transgredir el carácter científico de la física.

Resulta interesante quizás realizar nuestras Unidades Didácticas en base a la adaptación del Ciclo de Aprendizaje propuesto por Jorbe y Sanmartí (1996), ya que existen otros trabajos y construcciones de Unidades Didácticas propuestos por otros investigadores, estrechamente podemos mencionar las propuestas del departamento de didáctica de la Pontificia Universidad Católica de Chile, en donde se implementa esta adaptación del Ciclo de Aprendizaje de Jorbe y Sanmartí para la enseñanza de la Química en base a su historia.

Sin embargo, pensamos que el Ciclo de Aprendizaje de Kolb, más la ayuda de ciertos elementos proporcionados por la Metodología Indagatoria, como la Enseñanza de las Ciencias Basado en la Indagación (ECBI) y los estudios de casos, además de considerar el carácter constructivista de dichas

metodologías, proporcionan una estrategia fuerte y consistente para producir en el estudiante procesos cognitivos que permitan generar Aprendizajes Significativos, en referencia a Ausubel.

Con ello, procederemos en el próximo capítulo de nuestro seminario a mostrar los resultados de nuestro estudio de campo mediante el análisis del currículum nacional, y los resultados de las encuestas docentes realizadas, así como también mostrar nuestras propuestas de Unidades Didácticas.

#### 2.6.11 Relación entre la metodología del Ciclo de Aprendizaje y las metodologías de la enseñanza de las ciencias en Chile

La enseñanza de las ciencias en nuestro país se encuentra en claro cuestionamiento hoy en día, en base a los resultados que ha arrojado el último informe PISA (OECD 2006). Lo que se espera de la enseñanza de las ciencias en Chile es que cumpla con estándares de calidad similares a los que han tenido países en el mundo, como Japón, Singapur, Estados Unidos, Reino Unido y Finlandia, por nombrar algunos.

Por ello, el análisis del cómo se enseña ciencias en Chile va en aumento, y en plena consideración. Se ha detectado que los profesores de ciencia en los países con mejores resultados PISA tienen un mayor nivel de especialización y postgrados que los profesores nacionales, y que en sus prácticas docentes incorporan mayor trabajo práctico al estudiante (PISA. OECD 2006).

Lo descrito anteriormente podría tener consecuencia de que muchas de las clases de ciencia que reciben los alumnos en enseñanza básica o enseñanza media sean *aburridas, poco interactivas y centradas en el profesor* (Vergara 2006; González et al. 2009). Muy probablemente, en muchas salas de clase en Chile, la enseñanza de las ciencias se lleva al cabo con clases tipo tradicional, quedando poco espacio para la enseñanza a través de la indagación científica (Vergara y Cofré. 2006). En este punto, existen actualmente en Chile dos

programas para promover la indagación científica; uno es el programa ECBI (Enseñanza de las Ciencias Basado en la Indagación), y el programa MECIBA. Sin embargo, dichos programas de fomentación están enfocados hacia la enseñanza de las ciencias en enseñanza básica, aunque el programa ECBI está siendo abordado en este último tiempo hacia la enseñanza media.

Un estudio realizado por Claudia Vergara en el 2006, intentó identificar las concepciones y prácticas de tres profesores de Biología, los cuales realizan clases en colegios privados en Chile, con el fin de esclarecer las debilidades en la enseñanza de las ciencias en nuestro país. Si bien claramente la muestra de profesores no es representativa, el estudio da ciertos indicios sobre cuáles son las metodologías que se pueden estar utilizando en la enseñanza de ciencia en la actualidad.

Uno de los resultados de la dicha investigación, muestra que las clases realizadas por los tres profesores se caracterizan por un docente ubicado frente al curso, quien habla la mayor parte del tiempo, y que solo uno de los tres profesores analizados presenta cierto grado de enfoque constructivista en sus clases. Por lo general la enseñanza de la Biología en los tres casos analizados resulta mucho más cercano hacia el enfoque tradicional y centrado en la exposición del contenido (Para mayor información y detalle del estudio, revisar el libro “Cómo mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile; perspectivas internacionales y desafíos nacionales. Página 201. Hernán Cofré Mardones. 2010).

Según estos estudios y las gestiones curriculares que son propuestas por el Ministerio de Educación, la enseñanza de las ciencias debiese tomar un rumbo, una visión más constructivista; que sea el propio estudiante quien construya su conocimiento a través de materiales adecuados, la guía docente y la secuenciación y contextualización cotidiana. Actualmente las metodologías indagatorias y la experimentación son una de las herramientas a considerar

como posible solución a los no tan grandiosos resultados que ha tenido Chile en los estándares internacionales. La enseñanza de las ciencias apunta hacia el estudiante; el cual debe desarrollar habilidades y competencias científicas, tales como la alfabetización científica y el pensamiento científico. Es por ello la gran masificación del programa ECBI en Chile.

Consideramos entonces, que nuestras Unidades Didácticas si apuntan a dicha meta también. La metodología ECBI, al igual que la metodología propuesta para la construcción de las Unidades Didácticas, están basados sobre el Ciclo de Aprendizaje de David Kolb, con la diferencia que por un lado Kolb se enfoca hacia el cómo se aprende y el ECBI hacia el cómo se enseña.

Las Unidades Didácticas propuestas en nuestro seminario posee ciertos elementos comunes con la metodología indagatoria; además de brindar un material de apoyo tanto para el docente como al estudiante, dichas Unidades proponen un enfoque constructivista y un trabajo cognitivo capaz de generar aprendizajes significativos.

También se espera que con dichas Unidades Didácticas se cambie de cierta forma el paradigma tradicional de la clase expositiva, en torno a la relación docente activo-estudiante pasivo, promoviendo que ambos entes primordiales se consideren partícipes del proceso de enseñanza-aprendizaje, en el cual ambos aprendan, apuntando siempre hacia el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias.

### **3. MARCO METODOLOGICO**

Para la elaboración de las Unidades Didácticas, se recopiló información de carácter curricular y de carácter operacional, mediante la realización de un análisis del currículum nacional y la aplicación de una encuesta a profesores de física, respectivamente.

El objetivo de ésta recopilación de información fue relacionar lo que propone el currículo chileno en el subsector de Física, en específico las subunidades elegidas para este seminario; Naturaleza de la Luz en primer año medio, Leyes de Kepler en segundo año medio y principio de Arquímedes correspondiente al tercer año de enseñanza media, con la ejecución de éstas subunidades que hacen los profesores de Física en sus clases, en torno al contenido histórico-filosófico que presentan dichos temas. Con ello se espera problematizar y fundamentar en cierta forma la propuesta de este seminario, al analizar y recoger valiosa información, tanto curricular como docente.

El diseño de las Unidades Didácticas y el proceso de validación que se llevó a cabo para éstas Unidades elaboradas, también serán comentadas en esta sección

#### **3.1 Encuestas elaboradas y análisis de currículum nacional**

Una de las primeras tareas que nos propusimos para comenzar a recabar datos fue la elaboración de una encuesta dirigida a los profesores de Física que se desempeñan en colegios de diferentes zonas de la Región Metropolitana, y de diferentes tipos de establecimientos (municipales, subvencionados y particulares). Esta encuesta, antes de ser enviada a los profesores, se sometió a un proceso de validación en donde participó el comité de la carrera de Licenciatura en Educación en Física y Matemática de la Universidad de Santiago de Chile, el cual se hizo asesorar por especialistas para realizar

correcciones y ajustes a las preguntas que se hacían, así como también del formato de presentación del documento.

Una vez que la encuesta estuvo validada se procedió al envío digital, a través de correo electrónico a diferentes establecimientos educacionales, o directamente a profesores mediante contactos. En total se enviaron cerca de cincuenta correos electrónicos, recibiendo veintiún encuestas respondidas, y con los cuales realizamos un análisis estadístico según los datos que nos proporcionaba el documento.

Cabe destacar, que según el objetivo propuesto para nuestro seminario, el número de profesores encuestados es suficiente para realiza el análisis estadístico, puesto que solo queremos observar una tendencia en la forma de enseñar, con el fin de *Identificar cómo los docentes de física tratan los contenidos de carácter histórico y filosófico* y, en este sentido, según recomendaciones, la muestra de encuestas es representativa para llevar a cabo dicho análisis. También debemos mencionar que dado los tiempos y recursos disponibles, la cantidad de encuestas recibidas se encuentran sujetas a la “buena voluntad” de los profesores y a su disponibilidad de responderlas.

Entre tanto realizábamos el trabajo de envío y recibo de encuestas para su posterior análisis se hizo necesario, dado otro de nuestros objetivos planteados,

*Analizar cómo se abordan los aspectos históricos de la física en el currículum nacional*, concentrándonos, por supuesto, en las unidades seleccionadas para este estudio: Naturaleza de la luz, La primera ley de Kepler y Principio de Arquímedes. De acuerdo a esto se realizó un trabajo exhaustivo de buscar en el currículum nacional vigente todos los aspectos de la historia en cada una de las unidades mencionadas, ya sea a través de contenidos mínimos, objetivos fundamentales verticales y transversales, aprendizajes esperados, o bien dentro de las recomendaciones al docente y las actividades propuestas.

### **3.2 Diseño de las Unidades Didácticas**

La elaboración de las Unidades Didácticas propuestas para este seminario, están pensados para que el docente disponga de material didáctico que facilite el proceso de aprendizaje en los estudiantes de enseñanza media, en el subsector de Física.

La metodología utilizada para el diseño de las Unidades Didácticas es el Ciclo de Aprendizaje de Kolb.

Los contenidos curriculares específicos trabajados, fueron escogidos en base a la riqueza en contenido histórico y filosófico que presentan. El objetivo de esta relación, no tan explícita en el tratamiento del contenido que realizan los profesores en sus aulas, es justamente evidenciar que el saber científico es una construcción histórica y regida por las filosofías que rigen las épocas de las construcciones, lo que consideramos que proporcionan una contextualización interesante de trabajar en nuestras aulas.

Primero se trabajó en la elaboración de la Unidad Didáctica del tema de Naturaleza de la Luz, para luego diseñar las Unidades correspondientes a los temas de Leyes de Kepler y Principio de Arquímedes.

Cabe mencionar que las Unidades Didácticas estaban enfocadas principalmente hacia el docente, por lo que en el transcurso del seminario se consideró además material para el estudiante. Con ello se espera englobar de mejor manera los trabajos docente-estudiante y proporcionar Unidades Didácticas más completos.

Cada Unidad Didáctica diseñada posee los siguientes materiales disponibles:

- Planificación de la Unidad: acorde a los tiempos sugeridos por el Ministerio de Educación y en base a la metodología del Ciclo de Aprendizaje de Kolb.
- Sugerencias al Docente: en el cual se dan las diferentes instrucciones y sugerencias para que el docente pueda incorporar la historia y la filosofía de los temas físicos propuestos.
- Material para el estudiante: vale decir, el material explícito que necesita el estudiante para que se lleve a cabo el proceso de aprendizaje. Consta de Guías de trabajo y material complementario.
- Material Complementario para el docente: el cual tiene la intención de facilitar el acceso a la información física de los temas a enseñar, con el enfoque histórico-filosófico que se propone. Consta principalmente de lecturas complementarias acordes a los contenidos a enseñar en cada Unidad Didáctica, además de presentaciones digitales en PowerPoint con Applets de trabajo, para facilitar la coherencia y la aplicación de las propuestas.

Todo este material está propuesto y dispuesto para que docentes del Subsector de Física puedan utilizarlo en sus clases.



### **3.3 Proceso de Validación**

El proceso de validación de las Unidades Didácticas propuestas constó esencialmente de un juicio y análisis de expertos en el área de las Ciencias de la Educación, a los cuales se les presentó el trabajo de seminario, para que ellos pudieran presentar sus comentarios y aportes necesarios.

El objetivo de este proceso de validación es que los expertos solicitados, al analizar nuestras Unidades Didácticas, pudiesen revisar la coherencia de los objetivos del seminario con la metodología propuesta y las Unidades construidas. De esta manera, en base a dichos juicios y análisis, se realizaron pertinentemente modificaciones y mejoras a las Unidades Didácticas, los cuales se presentan en versión final en las siguientes secciones del documento de seminario. A continuación se detallará algunos aspectos relevantes que fueron destacados por los expertos que analizaron nuestro trabajo.

A la hora de analizar nuestro marco teórico, se nos recomendó considerar a Ausubel y el aprendizaje significativo, de manera de poder relacionarlo con los ciclos de aprendizaje de Kolb, así como también considerar los perfiles de aprendizaje y como estos llevaron a Kolb a formular su propuesta de los ciclos de aprendizaje. El mismo experto, nos hizo en énfasis que a la hora de realizar nuestras unidades didácticas, la metodología que se reflejara ahí, debía ser coherente con estas, considerando que el ciclo de Kolb es una metodología de aprendizaje, y no de enseñanza.

Finalmente, para la parte del marco teórico, se nos pidió una fundamentación del por qué es importante o relevante la inclusión de la HFC para la enseñanza de la Física, para lo cual debíamos tener también considerar la importancia de conocer el trabajo científico.

Con respecto a las unidades didácticas en sí, se nos indicó que debíamos *“sugerir recursos para que el profesorado de física haga la presentación o exposición de los contenidos propuestos desde un punto de vista histórico-filosófico”*, procurando mediante las planificaciones y secuenciación de las actividades, que haga un adecuado uso de la historia y no sólo para “ambientar” los contenidos. Además, se nos sugiere *“proponer preguntas que permitan evidenciar las ideas previas del estudiantado”*.

Se nos hizo hincapié en que para la correcta sociabilización y debate, debíamos orientar las preguntas a la explicación de los resultados obtenidos y no tanto a la definición y descripción de los fenómenos de los contenidos. Por otro lado, para la etapa de conceptualización debíamos especificar a través de qué actividades los estudiantes propondrán conclusiones

Siendo más específicos se nos hicieron sugerencias a algunos detalles de orden y consideraciones, como por ejemplo que

- *“la actividad del mapa conceptual en la fase de aplicación (Unidad de la naturaleza de la Luz) es más adecuada para la fase de reflexión,*
- *en las actividades de aplicación considerar ¿Cuáles son las orientaciones para el trabajo investigativo que se propone?*
- *Identificar o proponer a través de qué actividades en cada unidad, se evidenciará los indicadores de evaluación propuestos en la planificación.*

Tomando en cuenta todas estas recomendaciones, se hicieron las modificaciones pertinentes en las actividades, de manera de ajustarlas a los requerimientos propuestos para la validación, pero que en vista de los plazos y el ajuste con respecto al grueso de las actividades, algunos detalles, seguramente quedaron pendientes, pero que consideramos “menores”.

Finalmente, se debe mencionar que, aunque de manera informal, una de las actividades fue aplicada en una sala de clases, por lo que no podemos

considerarla dentro del proceso real de validación. A pesar de esto, creemos que es importante hacer mención a esta aplicación, la cual se llevó a cabo en uno de los colegios donde uno de los integrantes del grupo de trabajo se desempeña como docente de la asignatura de Física.

La actividad que se implementó fue la de “La Naturaleza de la Luz”, en un Primero Medio (NM1), y se hizo en un periodo en el cual no se trabajó con el producto final de la actividad que se presenta en este documento, pero sin embargo no variaba en lo medular ni en su estructura, sino que solo en algunos detalles de secuenciación y de preguntas recomendadas.

Dado lo informal de esta aplicación se hacen algunos comentarios solamente de lo observado en la clase y de algunos resultados obtenidos, los que no necesariamente son reflejo de los esperados en la actividad propuesta como producto final. Para una mejor exposición, se separan los comentarios como “ventajas” y “desventajas”:

#### Ventajas

- Los estudiantes efectivamente se motivan más a la hora de participar en la clase, lo que se refleja en las preguntas e intervenciones que realizaron, así como también en el comportamiento de la clase. Esto se daba, en mayor medida en la etapa de exploración.
- Los estudiantes, en ocasiones, se interesaban en obtener detalles acerca de algunos hechos narrados por el profesor o que se narraban en el texto entregado.
- Efectivamente, se logró un ambiente de debate en cuanto a los pensamientos de Newton, Huygens y los griegos, acerca de cómo estos interpretaban el comportamiento de la luz.
- Los estudiantes fueron capaces de hacer una comparación sobre el contexto social en el cual se dio la controversia entre Newton y Huygens,

y los tiempos modernos e incluso en su realidad de colegio, sobre todo cuando se dice que la opinión de Huygens se vio opacada por el gran prestigio de Newton.

- Los estudiantes, en su mayoría, fueron capaces de dar explicación a los fenómenos que acontecían en los experimentos de sombras, a través del comportamiento corpuscular propuesto por Newton.

### Desventajas

- Los estudiantes, dada su curiosidad en algunos casos, querían profundizar en algunos detalles, lo que hace que se pierda un poco de tiempo en darle respuestas, además de dejar sujeta esas respuestas al conocimiento en detalle que tenga el profesor acerca de la historia.
- El montaje de los experimentos puede tardar algunos minutos más del estipulado, por lo que se debe tener un plan de contingencia para tales casos, además de considerar que es imprescindible que se realice.
- Los estudiantes, en su mayoría, les costó mucho trabajo obtener dar una explicación al fenómeno de interferencia mostrado en el experimento de la doble rendija, aunque todos asociaron dicho fenómeno al comportamiento ondulatorio, debido a que el comportamiento corpuscular no podía dar explicación a esto.

En conclusión a este proceso de validación, debemos decir que no fue como nos hubiese gustado más, debido a que sabemos que la aplicación directa en el aula es lo más pertinente, pero dado que los tiempos no eran los óptimos, y a que la aplicación en aula está sujeta a la estructura anual en la cual se ven en general los contenidos (por ejemplo, las leyes de Kepler se ven a final de año), preferimos dejar esa tarea para un trabajo posterior de mejoramiento de la propuesta, pensando que a futuro nos interesa elaborar una mayor cantidad de unidades didácticas.

## **4. DATOS Y ANÁLISIS**

### **4.1 Relación entre el currículum nacional y la HFC**

Tomando en cuenta los temas que nosotros deseamos trabajar, se ha hecho un análisis del currículum nacional del subsector de física, en base a los planes y programas vigentes a la fecha. El objetivo de este análisis es dar una orientación a nuestra investigación y ver cómo se aborda históricamente cada uno de los temas que han sido seleccionados para la creación de las unidades didácticas.

Cabe destacar que la información recopilada para esta selección, ya sea: aprendizajes esperados, indicadores de evaluación, recomendaciones al docente, contenidos, habilidades, etc. son extraídas textualmente del Programa de estudio de primer y segundo y tercer años medio.

#### 4.1.1. La naturaleza de la luz

La naturaleza de la luz se aborda en Primero Medio (NM1), específicamente en la unidad de “La materia y sus Transformaciones”, donde se trata el Sonido y la Luz, siendo esta último tema por supuesto, la que involucra la Naturaleza de la luz.

Aprendizaje esperado	<i>1. Describir investigaciones científicas clásicas y contemporáneas sobre la luz, valorando el <b>desarrollo histórico de conceptos y teorías.</b></i>
Indicadores de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Caracterizan problemas, hipótesis, procedimientos experimentales y conclusiones en investigaciones clásicas relacionadas con la formulación de las leyes de la óptica geométrica (ley de reflexión y ley de Snell) en forma cualitativa; y las de Newton y Huygens acerca de la naturaleza de la luz.</i></li> <li>• <i>Señalan las principales semejanzas y diferencias sobre el concepto de luz entre Newton y Huygens.</i></li> <li>• <i>Explican las principales diferencias sobre el concepto de luz entre la teoría electromagnética de Maxwell y la teoría cuántica.</i></li> </ul>
Habilidades de pensamiento o científico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Valorar el conocimiento del origen y el desarrollo histórico de conceptos y teorías</b>, reconociendo su utilidad para comprender el quehacer científico y la construcción de conceptos nuevos más complejos.</li> </ul>
Indicadores de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Analizan el desarrollo de alguna teoría o concepto relacionado con los temas del nivel desde el punto de vista histórico</b> y de su importancia para la construcción del conocimiento</li> </ul>
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Historia sobre lo que se ha pensado acerca de la luz</b></li> </ul>

Tabla 3. Recopilación de elementos de carácter históricos presentes en el currículum nacional vigente a la fecha con respecto al subtema: Naturaleza de la Luz

- **Recomendaciones al docente.**

Para “La historia científica de la luz”:

1. Construyen un mapa conceptual acerca de los estudios desarrollados sobre la luz a lo largo de la historia, considerando criterios como investigadores, contribuciones principales, teorías, leyes, principios, fenómenos característicos y años de descubrimiento.

2. Exponen y explican en plenario cada proposición del mapa conceptual construido. Debaten sobre la importancia de la luz en el conocimiento que podemos adquirir respecto de la naturaleza que nos rodea, tanto microscópica como macroscópica.

➤ *Observaciones al docente: Cabe destacar que siempre ha sido una preocupación saber qué es la luz. A lo largo de la historia ha habido distintos intentos por entenderla, desde Galileo hasta Einstein.*

*El profesor debe señalar asimismo que la teoría de Maxwell sobre electromagnetismo permitió el descubrimiento de la radio y la televisión.*

*Se puede pedir a los alumnos que lean una página web como [www.monografias.com/trabajos5/natlu/natlu.shtml](http://www.monografias.com/trabajos5/natlu/natlu.shtml)*

#### 4.1.2. Las leyes de Kepler

Las Leyes de Kepler se abordan en Segundo Medio (NM3), específicamente en la unidad llamada “Tierra y Universo: visión del sistema solar”, tercera y última unidad según el currículum nacional para este nivel. En específico, las leyes de Kepler son el tema central de esta unidad, que por lo demás tiene una duración de diez horas pedagógicas en su totalidad. Previo a las leyes de Kepler los contenidos que se abordan es el sistema Geocéntrico y el Heliocéntrico, los

cuales se abordan de manera histórica, por esto también serán recopiladas las referencias más importantes.

Aprendizaje esperado	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analizar los modelos geocéntrico y heliocéntrico previos a Kepler y, a través de ellos: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>las limitaciones de las representaciones científicas y</i></li> <li>➤ <i>la influencia mutua del contexto socio-histórico y la investigación científica.</i></li> </ul> </li> <li>2. Aplicar las leyes de Kepler y Newton para realizar predicciones en el ámbito astronómico.</li> <li>3. Comprender que el desarrollo de las Ciencias está relacionado con su contexto socio-histórico.</li> </ol>
Indicadores de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describen el modelo geocéntrico del universo, sus componentes: Tierra, Sol, Luna, planetas y bóveda celeste y el concepto de epiciclo utilizado por Ptolomeo para dar cuenta del movimiento de los planetas.</li> <li>• Hacen un resumen de los principales hechos y creencias que contribuyeron a la mantención del modelo geocéntrico hasta el siglo XV.</li> <li>• Redactan un informe de investigación sobre el modelo heliocéntrico de Copérnico y Galileo y las ventajas que presenta sobre el modelo geocéntrico.</li> <li>• Comparan, con la ayuda de esquemas, los modelos geocéntrico y heliocéntrico, y señalando tanto sus diferencias como los elementos que tienen en común.</li> <li>• Describen los aportes que Galileo realiza en base a sus observaciones con el telescopio.</li> <li>• Describen el movimiento de los planetas alrededor del Sol, utilizando las leyes de Kepler y cómo ellas se hacen cargo de la visión cosmológica previa.</li> <li>• Explican el significado de las magnitudes que figuran en la expresión matemática de la ley de gravitación universal de Newton y el modo en que ellas se relaciona.</li> </ul>
Habilidades de pensamiento científico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Valorar el conocimiento del origen y el desarrollo histórico de conceptos y teorías</b>, reconociendo su utilidad para comprender el quehacer científico y la construcción de conceptos nuevos más complejos.</li> </ul>
Indicadores de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizan el desarrollo de alguna teoría o concepto relacionado con los temas del nivel desde <b>el punto de vista histórico y de su importancia para la construcción del conocimiento.</b></li> </ul>
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuentra evidencias que muestran la <b>influencia mutua</b></li> </ul>



Fundament al Transversal	<p><b>entre el contexto socio-histórico y el desarrollo de la ciencia.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar las habilidades relacionadas con la investigación científica y valorar su importancia para generar conocimiento sobre los fenómenos naturales.</li> </ul>
Indicadores de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Reconoce evidencias que muestren la <b>influencia mutua entre el contexto socio-histórico y el desarrollo de la ciencia.</b></i></li> </ul>
Contenidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contexto <b>socio-histórico</b> en que se desarrollaron los modelos geocéntrico y heliocéntrico</li> </ul>

**Tabla 4. Recopilación de elementos de carácter históricos presentes en el currículum nacional vigente a la fecha con respecto al subtema: Leyes de Kepler**

Es importante destacar que para esta unidad, el currículum plantea un propósito para esta, y en ese sentido, plantea para la historia lo siguiente:

*“La visión que se busca de los estudiantes sobre el sistema solar, es que integre **lo que el ser humano ha pensado sobre sus astros a lo largo de la historia** y qué razones lo han llevado a pensar así. Esa historia es toda una aventura; coincide con la imagen del universo que ha tenido la humanidad durante la mayor parte del tiempo y, de alguna manera, con el nacimiento de la ciencia moderna.*

*Algunos de los principales acontecimientos que se revisará en la unidad son el modelo geocéntrico de Ptolomeo, las ideas heliocéntricas de Copérnico y Galileo, las leyes de Kepler y la ley de gravitación universal de Newton. Asimismo, se intentará entender cómo reaccionaron las personas respecto de esa evolución y como influyó el conocimiento del cosmos en el ser humano. Para completar la imagen, se analizará las razones y las evidencias que permiten creer que el sistema solar, sus planetas y todos los elementos que lo integran se formaron en un proceso único.”* (Programa de estudio Segundo año Medio, Ministerio de Educación, 2011).

Por otro lado, a la hora de señalar las habilidades de pensamiento científico, el currículum indica que *“esta unidad permite analizar y construir modelos; a través de ellos, los alumnos pueden verificar las limitaciones de las representaciones científicas y **la influencia mutua entre el contexto socio-histórico y la investigación científica.**”*

– **Recomendaciones al docente**

En el currículum existen recomendaciones al docente para abordar los aprendizajes esperados, y con respecto a la historia se presenta:

***Para “El universo en la antigüedad”:***

1. **Instar a los alumnos que investiguen y den ejemplos de que las culturas más antiguas poseían una imagen del cosmos estrechamente vinculada con sus mitologías y religiones.**
  2. **Pedir a los estudiantes que caractericen la imagen que se tenía del universo y de los astros que lo componen en la antigüedad.**
- ***El profesor debe recordar que la visión que se aprecia en cielos lejos de las ciudades es similar a la que tenían los seres humanos antes de que se inventara el telescopio, hace unos 400 años. Se sugiere intentar una salida a terreno para hacer una observación nocturna. Pueden usar binoculares o telescopios pequeños o asistir a centros de observación astronómica para turistas.***

***Para “El geocentrismo”:***

1. Los alumnos representan en un dibujo el modelo geocéntrico de Ptolomeo, sus componentes y los movimientos de los planetas y fundamentan la descripción según las observaciones de la época.

2. Discuten sobre los hechos y creencias que permitieron que el modelo geocéntrico subsistiera hasta el siglo XV.
  3. Señalan que, en la antigüedad, se pensaba que la Tierra era el centro del universo y que todos los astros conocidos giraban en torno a ella. Especulan por qué se pensaba eso. Explican que todo funcionaba bien en el modelo de Ptolomeo, salvo el movimiento de los cinco planetas conocidos. Que la uniformidad y la circularidad atribuida a todos los astros constituían un verdadero problema en lo referido a esos planetas, y que los epiciclos que proponía Ptolomeo no lograron responder las razones de ese fenómeno. También expresan que predecir la posición futura de los planetas suponía un complejo problema que no se había resuelto y que dificultaba el trabajo de los astrólogos.
- *Observaciones al docente: Este contenido se presta para que los estudiantes desarrollen sus capacidades de auto-aprendizaje (construyan modelos, escriban relatos o guiones de obras de teatro, hagan una presentación oral, etc.). Promueve su creatividad, interés y curiosidad, y les permite conocer aspectos de la naturaleza de la ciencia en estudio y la evolución de los modelos cosmológicos.*

***Para “Del geocentrismo al heliocentrismo”:***

1. Los alumnos redactan un escrito sobre el modelo heliocéntrico de Copérnico, sus ventajas al descubrir el movimiento de los cuerpos celestes y las evidencias presentadas por Galileo, lo cual permitió abandonar el modelo geocéntrico.
2. Debaten sobre la influencia del contexto socio-histórico en el de la ciencia y cómo, a la vez, la ciencia influye en el desarrollo socio-histórico

de la humanidad; toman como referencia las disputas entre los defensores de ambas concepciones del universo. (Ciencias Sociales)

- *Observaciones al docente: Este contenido se presta para que los estudiantes desarrollen sus capacidades de auto-aprendizaje (construyen modelos, escriben relatos o guiones de obras de teatro, hacen una presentación oral, etc.). Promueve su creatividad, interés y curiosidad y pueden conocer aspectos de la naturaleza de la ciencia al estudiar de la evolución de los modelos del sistema solar. Una visión moderna*
- *Cabe recordar los conceptos de relatividad del movimiento estudiados en I medio. El profesor debe explicar que es indiferente decir que la Tierra se mueve en torno al Sol si se toma esa estrella como referencia, o que el sol da vueltas en torno a la Tierra (lo que se aprecia a diario) si se considera nuestro planeta como referente. Se debe recordar que, hasta el Renacimiento, la visión geocéntrica se apoyaba en lo que percibían los sentidos; además, resultaba natural pensar que la Tierra fuese el centro del universo, porque se consideraba al ser humano como lo más importante de la creación.*
- *El heliocentrismo asumía que un sistema de referencias ligado al Sol parecía más verdadero y describía los movimientos de los planetas de modo más simple; no necesitaba los epiciclos de Ptolomeo. Los alumnos deben aprender que la teoría heliocéntrica duró muy poco comparada con el geocentrismo, porque más tarde se creyó que el centro de nuestra galaxia constituía el eje principal del universo y el conocimiento siguió evolucionando.*
- *Es un tema complejo por varias razones. Los estudiantes no deben creer que Copérnico y Galileo descubrieron las verdades definitivas. Tienen que entender que solo han analizado un momento histórico y que la imagen del universo ha seguido cambiando; que el Sol no es su centro y que*

*preguntarse cuál es no tiene mucho sentido. Estos aspectos pueden abordarse en conjunto con el sector de Ciencias Sociales. Es una oportunidad para reconocer que la ciencia es una propuesta humana y cómo influye en la sociedad y en la cultura que la adoptan; también permite entender que los valores y las expectativas de una cultura establecen qué y cómo se interpreta, se conduce y se acepta la ciencia.*

**Para “Las leyes de Kepler”:**

La segunda parte de la unidad, que aborda las leyes de Kepler, solo contempla un aprendizaje esperado: **“Aplicar las leyes de Kepler y Newton para realizar predicciones en el ámbito astronómico.”**

Para la unidad completa, se plantea un objetivo fundamental relacionado con la historia, que dice: **“Comprender que el desarrollo de las Ciencias está relacionado con su contexto socio-histórico.”**

**La información recopilada para esta selección es extraída textualmente del Programa de estudio Segundo año Medio, Ministerio de Educación, 2011**

**4.1.3. Principio de Arquímedes**

El principio de Arquímedes se aborda en Tercero Medio (NM3), en el plan común, y es ubicado cronológicamente en la segunda unidad llamada “Fluidos”, específicamente en la subunidad llamada hidrostática, la cual tiene una duración mínima de dieciséis horas y un máximo de veintiún horas, las cuales deben dividirse en cuatro temas:

- a) Descripción general de los fluidos
- b) Presión hidrostática
- c) Principio de Arquímedes
- d) La Capilaridad

Al revisar el currículum nos encontramos con que uno de los objetivos fundamentales que se quieren lograr en este nivel dice: “Entender que las explicaciones y teorías físicas se han elaborado en determinados contextos históricos.” (Programa de estudio de Física, Plan Común, Tercer año Medio, Ministerio de Educación, 2000 (o 2004))

### **Recomendaciones al docente**

*Conviene realizar esta actividad en etapas como las siguientes:*

- ***Enunciar el principio en palabras y explicarlo por medio de imágenes. Relatar el contexto histórico y las leyendas asociadas a él;***
- *explicar la noción de fuerza de empuje en base a las magnitudes y direcciones sobre las que actúan las presiones en un objeto regular sumergido;*
- *Por medio de un dinamómetro poner de manifiesto la fuerza de empuje midiendo el peso de una piedra fuera del agua y luego su “peso aparente” sumergido en agua.*
- *enunciar el principio de Arquímedes en términos matemáticos:*
- *verificarlo experimentalmente, calculando el “peso del líquido desalojado” y comparándolo con el empuje obtenido por medio del dinamómetro.*

Para este tema se recomienda una actividad de la siguiente manera:

### **Detalle de contenido**

- **CIENTÍFICOS RELACIONADOS CON LOS TEMAS DE LA UNIDAD**

**Arquímedes**, Blas Pascal, Evangelista Torricelli, Otón von Guericke, Daniel Bernoulli, son algunos de los grandes protagonistas de la historia de la física de los fluidos. Investigación bibliográfica de su vida, contribución a la especialidad e impacto social de sus descubrimientos.

### **Actividades genéricas y ejemplos a elegir**

- **Realizar una investigación bibliográfica de los científicos que hicieron grandes aportes a la física de los fluidos.**

#### *Ejemplo A*

- *Buscan información acerca de la vida de **Arquímedes**, Blas Pascal, Evangelista Torricelli, Otón von Guericke, Daniel Bernoulli, etc., incluyendo época, lugar y circunstancias en que cada uno vivió. Destacan sus descubrimientos o aportes a las ciencias físicas y el impacto social que ellos produjeron.*

El currículum también entrega recomendaciones al docente en cuanto a que aspectos de la investigación biográfica de los estudiantes debe destacar. Para Arquímedes encontramos lo siguiente:

- *Destacar los siguientes aspectos biográficos:*
  - *Arquímedes de Siracusa (287- 212 a. de C.). Mayor matemático y físico de la antigüedad. Teórico, ingeniero e inventor, cuyos trabajos se conocen, mayoritariamente, de un modo indirecto debido a la destrucción de la biblioteca de Alejandría, donde estaban sus obras. La leyenda del rey Herón y la corona de oro, su famoso Eureka y las trágicas anécdotas acerca de su muerte.*

*La información recopilada para esta selección es extraída textualmente del Programa de estudio de Física, Plan común, Tercer año Medio, Ministerio de Educación, 2000)*

## 4.2 Presentación de la encuesta aplicada y sus resultados

En este apartado se presenta la encuesta docente la cual se hizo llegar por medio de correo electrónico a diversos establecimientos de la región metropolitana o directamente a profesores contactados.

Esta encuesta es de carácter anónimo y está formada por cuatro preguntas cuyas respuestas pueden ser cerradas, pero con espacio a una respuesta abierta:

Comuna	del	
establecimiento		

Tipo de Colegio: Indique el tipo de colegio en el que se desenvuelve.

Particular	Subvencionado	Municipal
------------	---------------	-----------

1. ¿En los contenidos que aparecen en los planes y programas, identifica usted que algunos tienen un carácter histórico y/o filosófico?

SI	NO
Si su respuesta es afirmativa indique algunos ejemplos	
i.	
ii.	
iii.	



2. ¿Considera un aporte la historia y filosofía de las ciencias, para el aprendizaje de física de los estudiantes?

SI	NO
¿Por qué?	

3. ¿Incluye usted en sus planificaciones actividades y/o estrategias de aprendizaje sobre la Historia de las ciencias y/o la Filosofía de las Ciencias?

SI	NO
----	----

Si la respuesta fue Si, acote brevemente cómo los incorpora. Si la respuesta fue No, indique brevemente el por qué de su respuesta.

--

4. Indique ventajas y/o desventajas de incorporar actividades y/o estrategias de aprendizaje sobre la Historia y Filosofía de la Física en sus planificaciones.

--

#### 4.2.1 Resultados de la encuesta.

A continuación se presentan los resultados de la encuesta aplicada a 21 docentes de física que desempeñan sus labores dentro de la región metropolitana, más específicamente, dentro de la provincia de Santiago.

I. Tipo de Colegio: Indique el tipo de colegio en el que se desenvuelve.

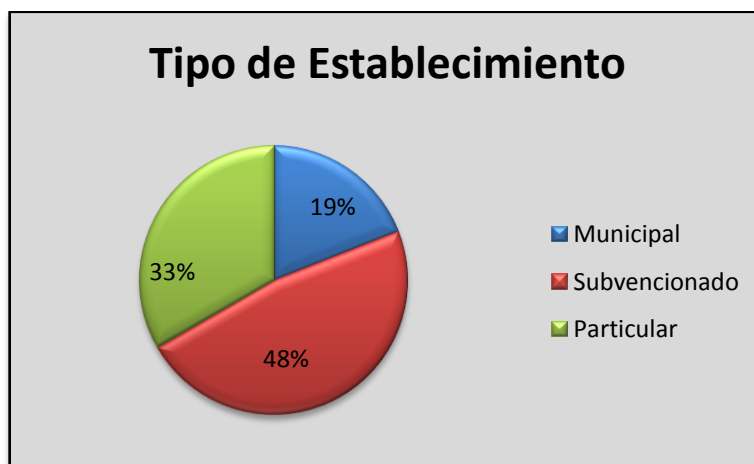


Figura 5. Distribución porcentual por tipo de establecimiento

1. ¿En los contenidos que aparecen en los planes y programas, identifica usted que algunos tienen un carácter histórico y/o filosófico?

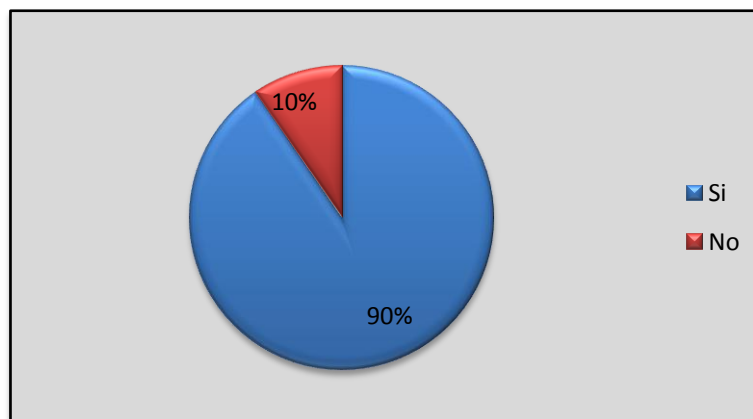
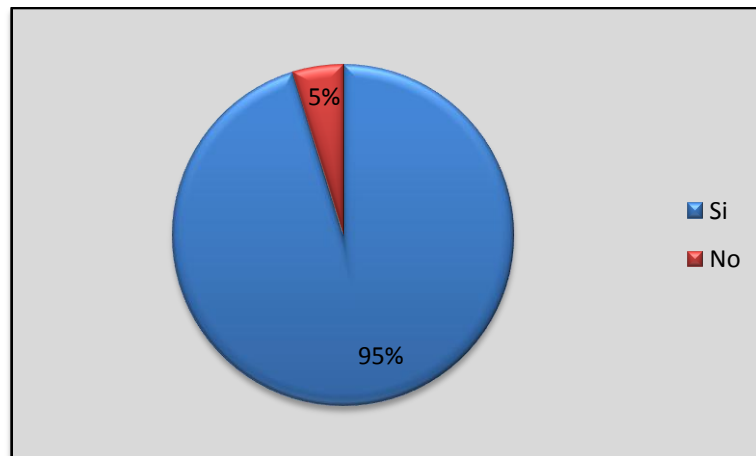


Figura 6. Distribución porcentual para respuestas a pregunta n°1 de la encuesta docente aplicada.

<i>Si su respuesta es afirmativa indique algunos ejemplos</i>	
<i>i.</i>	<i>Para física de 4to medio se hace referencia al proceso o evolución científica en cómo se han ido desarrollando las distintas teorías en base al electromagnetismo</i>
<i>ii.</i>	<i>Para el Eje Tierra y Universo, se da la importancia en como antiguamente se veía el cosmos, desde el pensamiento de Aristóteles, o Tolomeo, hasta llegar a Galileo Galilei.</i>
<i>iii.</i>	<i>En la unidad Luz de primero medio, se hace una revisión histórica de cómo se ha llegado al concepto onda-partícula de la luz, viendo los distintos científicos con sus respectivas teorías y comprobaciones experimentales.</i>

**Tabla 5. Ejemplos de las respuestas abiertas que serán consideradas para el análisis posterior**

**2. ¿Considera un aporte la historia y filosofía de las ciencias, para el aprendizaje de física de los estudiantes?**



**Figura 7. Distribución porcentual para respuestas a pregunta n°2 de la encuesta docente aplicada.**

3. ¿Incluye usted en sus planificaciones actividades y/o estrategias de aprendizaje sobre la Historia de las ciencias y/o la Filosofía de las Ciencias?

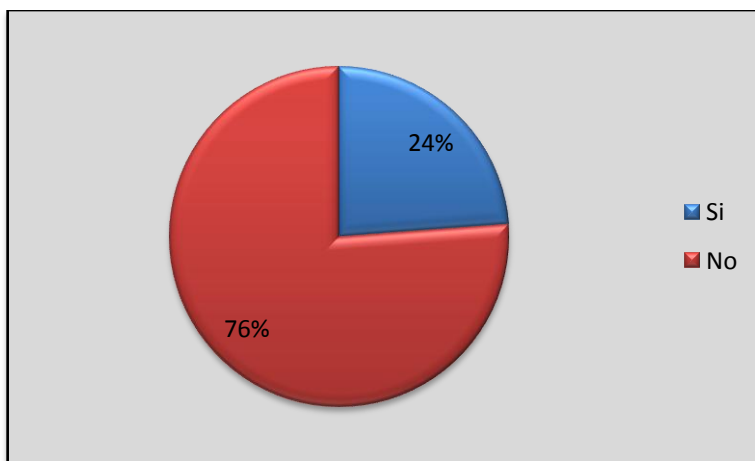


Figura 8. Distribución porcentual para respuestas a pregunta n°3 de la encuesta docente aplicada

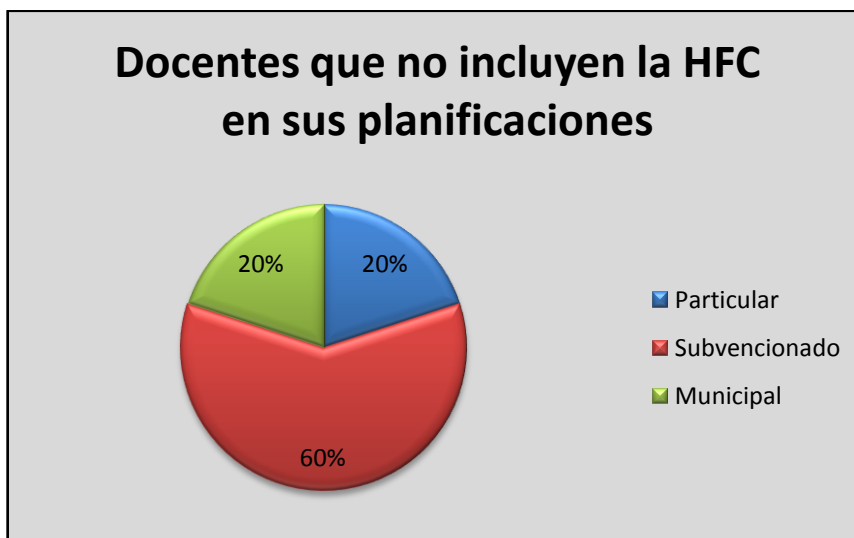


Figura 9. Distribución porcentual para docentes que no incluyen en sus planificaciones la HFC vs el tipo de financiamiento del establecimiento educacional donde se desempeñan.

4. Indique ventajas y/o desventajas de incorporar actividades y/o estrategias de aprendizaje sobre la Historia y Filosofía de la Física en sus planificaciones.

Con respecto a las ventajas que señalan los encuestados, algunas que fueron altamente compartidas son:

- En general se observa la física como un conjunto de ecuaciones y “fórmulas” y la HFC cambia ese paradigma.
- La HFC sirve de motivación tanto para el alumno como para el docente.
  - *“Ventajas: Motiva al estudiante y al docente, quita el carácter matemático de la asignatura.”<sup>10</sup>*
- La HFC genera curiosidad en el alumnado.
- Propone una visión transversal de la asignatura acercándola a aquellas de carácter humanístico.
  - *“COMPLEMENTAR LA ASIGNATURA DE FÍSICA CON OTRAS ASIGNATURAS”*

Con respecto a las desventajas, se pudieron rescatar como ejemplo las siguientes:

- Requiere de tiempo la planificación de este tipo de actividades y en general se dedica más tiempo a aquellos contenidos de carácter propiamente científico.

---

<sup>10</sup> Para este capítulo, las oraciones que aparecen entre comillas de aquí en adelante son frases textuales de docentes encuestados donde el cambio solo radica en el formato de la letra: tipo de letra, el formato cursivo y las comillas. Las frases textuales se utilizan a modo de ejemplo para fundamentar el análisis propuesto.

- *“Requiere tiempos de planificación y aplicación no coherentes a la cantidad de horas semanales de clases formales o planificación”*
- Es necesario para abordar actividades de carácter histórico-filosófico que los docentes estén preparados académicamente lo cual en su mayoría no ocurre.
  - “Los profesores en general no están preparados para abordar la Física de esta forma, falta lectura científica”

### **4.3. Análisis de datos**

#### **4.3.1. Análisis de la relación entre el currículum nacional y la HFC.**

En esta sección se analizarán los datos obtenidos luego de la recopilación de ellos para los tres subtemas que se trabajaran más adelante en las unidades didácticas.

##### **4.3.1.1. *La Naturaleza de la Luz***

La naturaleza de la luz presenta un contenido rico en historia, sobre todo pensando acerca de la controversia que existió entre Newton y Huygens, pero creemos que también es importante abarcar a los griegos y sus concepciones de la luz, puesto que esto acerca más a los estudiantes con sus formas de pensar o interpretar ciertos fenómenos relacionados a la luz.

Pensamos que este tema, al tener contenidos y aprendizajes esperados claros, relacionados con la historia, resulta ser muy apto para la realización de una actividad significativa en cuanto a abarcar dichos contenidos, ya que muchas veces los profesores pueden verse dificultados en evaluarlos, ya sea por el

cómo evaluar, o bien porque tiene poco tiempo para darle un real énfasis a la historia.

En cuanto a las recomendaciones que se le hacen al profesor, pensamos que son un tanto idealistas, y que no se ajustan a los tiempos reales que manejan los profesores. Por otro lado, se observa que la construcción de un mapa conceptual según las indicaciones dadas resultan de gran complejidad, primero pensando en que el estudiante viene recién comprendiendo (en el mejor de los casos) algunos conceptos relacionados a la luz, por lo que seguramente es un trabajo muy difícil. Además, destacamos que para cumplir con esta parte de los contenidos se busque que el alumno sea quien realice todo el trabajo. Nosotros pensamos que una actividad conjunta con el profesor tiene más cabida dentro de la gran mayoría de las realidades de nuestro sistema educativo.

#### 4.3.1.2. *Las Leyes de Kepler*

De lo que respecta a lo recopilado en la *Tabla 4* podemos desprender que esta unidad tiene un perfil ligado casi en su totalidad a la historia, puesto que se abarcan las concepciones que se tenían acerca del universo y como fueron evolucionando. Por esta razón es que “Las leyes de Kepler”, como contenido, está ligada y contextualizada a partir de la unidad completa. Por otro lado, es importante mencionar que existen algunos datos importantes de mencionar como por ejemplo el cómo del razonamiento de Kepler para poder llegar a sus conclusiones, cuáles fueron sus motivaciones, etc. Todos estos datos que pueden ser significativos para la enseñanza quedan a merced del conocimiento de la historia que tenga el profesor y del manejo, obviamente, que tenga del contenido.

Para Las Leyes de Kepler, como se mencionó anteriormente, el sentido histórico viene dado por los otros temas que completan la unidad (Sistema Geocéntrico y Sistema Heliocéntrico), puesto que estos permiten tener una mejor contextualización acerca de cuáles eran las concepciones del universo al momento en que Kepler desarrollo su teoría. Como sabemos, las leyes de Kepler presentan ecuaciones matemáticas que resultan difíciles de deducir por parte del profesor, o bien, estas deducciones resultarían difíciles de comprender para los estudiantes, por lo que su enseñanza debería centrarse en resaltar el cambio de paradigma de Kepler hizo para poder elaborarlas, de manera de darle un sentido menos dogmatico a estas.

Es importante destacar que en la unidad, si bien está centrada en la historia, esta se centra mucho, una vez más en el trabajo que realiza el alumno por su propia cuenta, siendo el profesor solamente un evaluador de las actividades. Seguramente esto se debe al contexto de la realidad de la falta de horas para realizar la unidad (final de semestre). Además debemos destacar que no existe una ilación de los contenidos, a la hora de abordar las leyes de Kepler, con respecto al sistema Geocéntrico y Heliocéntrico, y que esto queda supeditado una vez más, al conocimiento que tenga el profesor acerca de la historia y el contexto en el Kepler realizó su “hazaña”.

Las Leyes de Kepler, según el currículum, en nuestro criterio pasan a ser tres leyes que los alumnos deben aprender o memorizar, ya que como se menciona anteriormente no existe una coherencia entre los visto antes con los sistemas geocéntrico y heliocéntrico, pasando a ser una presentación anecdótica, tal vez revolucionaria, pero anecdótica al fin.

#### 4.3.1.3. *Principio de Arquímedes*

Analizando específicamente el Principio de Arquímedes, nos encontramos con que a la historia se la incorpora solo como una recomendación al docente para



abordar este contenido, principalmente recurriendo a la leyenda de la corona de Hierón, y en lo concreto, se recomienda realizar una actividad donde se observa diferentes cuerpos flotando en el agua para poder realizar una introducción.

Si bien se recomienda “*relatar el contexto histórico y las leyendas asociadas a él* (principio de Arquímedes); esta es la única aproximación histórica que tiene el contenido del principio de Arquímedes. En la subunidad de Hidrodinámica, específicamente al final, encontramos un contenido llamado “Los científicos y sus contribuciones”, en donde se contempla la realización de investigaciones biográficas de distintos científicos, incluyendo a Arquímedes.

Con respecto a las recomendaciones al docente, creemos que apuntan casi estrictamente al aprendizaje de la utilidad del principio de Arquímedes y una casi nula aproximación a la importancia de la historia, quedando ésta al conocimiento del profesor o al trabajo individual que puedan tener los estudiantes. La inclusión de la leyenda de la corona de Hierón (Herón según el currículum) es solo una anécdota, lo que para nosotros es una herramienta poderosa para la realización de la unidad ¿Es útil si no tiene fines de enseñanza? Es lo que nos preguntamos nosotros, pensando en que debemos sacar provecho de estas reseñas históricas. También pensamos que la investigación de biografías puede resultar un poco inútil si solo se nombra, puesto que nunca será significativa si no se le saca un provecho en la enseñanza real del contenido.

Finalmente, pudimos observar que la HFC en el currículum nacional, lo podemos encontrar como contenido o como objetivo transversal, dependiendo de la unidad que se esté tratando. De una u otra forma, la consideración que tiene es mínima, y solo busca como objetivo contextualizar ciertos contenidos, o bien ampliar el conocimiento general enseñado. Es importante mencionar, que dentro de las mismas recomendaciones que se le dan al profesor, la HFC se encuentra ubicado al final de los contenidos, como manera de cerrarlo, y nunca

como una forma de abordarlo o tal vez utilizarlo como herramienta de introducción a la enseñanza de determinado contenido.

#### 4.3.2. Resultados de la encuesta

Al comenzar la encuesta se pide que el profesor indique el tipo de establecimiento al que pertenece, y al observar los resultados, podemos ver que solo un quince por ciento corresponde a instituciones municipales, en tanto el ochenta y cinco por ciento restante corresponde a educación pagada, por lo tanto el análisis posterior estará en su mayoría dirigido a quienes pueden optar a educación pagada.

1. *¿En los contenidos que aparecen en los planes y programas, identifica usted que algunos tienen un carácter histórico y/o filosófico?*

Es importante notar en esta pregunta que casi la totalidad de los encuestados reconoce que algunos contenidos propuestos por el ministerio de educación poseen un carácter histórico y filosófico.

Los ejemplos mencionados por aquellos que respondieron afirmativamente, hacían mención en su gran mayoría a la unidad de la Luz en primero medio, La tierra y su entorno en segundo medio y los modelos atómicos.

2. *¿Considera un aporte la historia y filosofía de las ciencias, para el aprendizaje de física de los estudiantes?*

Solo un encuestado respondió de forma negativa a esta pregunta en cambio los demás reconocen que la HFC es un aporte para el aprendizaje de física de los

estudiantes. A pesar de que un leve porcentaje no reconoce que en los planes y programas existe contenido de carácter histórico-filosófico considera a la vez que la historia es importante para el aprendizaje de la física.

Con respecto al porque se considera importante la HFC, el grueso de los docentes encuestados mencionan el hecho de que los estudiantes deben saber el contexto en el cual se desarrolló el conocimiento físico.

*“A modo de contextualización con cómo se ha desarrollado el pensamiento científico es fundamental poder hacer una revisión histórica de la física.”*

Otras respuestas hacen mención a las actitudes positivas o motivación por parte de los estudiantes.

Es importante analizar el hecho de que no se da una respuesta enfocada al ámbito propio del aprendizaje de la física por parte del estudiante, sino más bien las respuestas están enfocadas en fundamentar la importancia de la historia de la física en la enseñanza.

Cabe destacar la opinión del encuestado que no considera un aporte la HFC para la enseñanza de la física. Textualmente responde:

*“No soy profesor, soy ingeniero por lo tanto no conozco mucho sobre la historia de la física, menos de la filosofía, por lo cual no lo utilizo en mis clases así que no reconozco que sea un aporte porque sin ellas puedo hacer las clases igual”*

Debido a esta respuesta, se puede concluir que quizás fue necesario incluir en una pregunta el hecho de saber si quien hacía las clases posee el título de profesor de estado, es aún estudiante o tiene otro título.

3. *¿Incluye usted en sus planificaciones actividades y/o estrategias de aprendizaje sobre la Historia de las ciencias y/o la Filosofía de las Ciencias?*

Aquí es importante recalcar que a pesar de que el 95% de los encuestados reconoce la HFC como un aporte para el aprendizaje de la física, casi una cuarta parte no incluye en sus planificaciones actividades de carácter histórico filosófico.

Con respecto a aquellos que respondieron positivamente utilizaban la HFC para introducir una clase, o también como trabajos de investigación, apareció también la lectura de textos.

*“EN EL MOMENTO QUE ESTAMOS TRATANDO EN CLASES EL TEMA DE UNIVERSO, QUE LOS ESTUDIANTES INVESTIGUEN LOS PROCESOS HISTÓRICOS QUE DIERON ORIGEN A TODO EL CONOCIMIENTO DE LA ASTRONOMÍA.”*

Con respecto a aquellos que respondieron negativamente se señala en todos los casos que el diseño de actividades de carácter histórico necesita de un tiempo con el cual no siempre se cuenta.

*“Sin este es un buen aporte al aprendizaje, el diseñar actividades de investigación y recopilación por parte de los estudiantes implica una cantidad de tiempo excesivo tanto fuera como dentro del aula. “*

De aquellos docentes que no incluyen en sus planificaciones la HFC un 80 por ciento corresponde a aquellos que dependen del estado. Esto puede deberse a

que en los establecimientos particulares se proporciona mayor tiempo de planificación a los docentes, no así el caso de los subvencionados y municipales.

*4. Indique ventajas y/o desventajas de incorporar actividades y/o estrategias de aprendizaje sobre la Historia y Filosofía de la Física en sus planificaciones*

A través de las respuestas recogidas, se puede observar como la visión de los docentes encuestados con respecto a la HFC de las ciencias es positiva y cuya utilización tiene muchas más ventajas que desventajas, aún así, no es una herramienta que se utilice transversalmente ya que requiere tiempo con el cual pareciesen no contar.

## 5. PROPUESTAS DE UNIDADES DIDÁCTICAS

En este apartado se presentarán las unidades didácticas realizadas, para el subsector de física de la enseñanza secundaria chilena, acorde al marco curricular vigente a la fecha.

Se diseñaron cuatro unidades didácticas, una para cada nivel de la enseñanza media y cada una responde a un subtema específico por nivel, así tenemos:

- Primer año de enseñanza media NM1

Subtema: La naturaleza de la luz

- Segundo año de enseñanza media NM2

Subtema: Leyes de Kepler: 1° Ley de Kepler

- Tercer año de enseñanza media: NM3

Subtema: Principio de Arquímedes

Como cada unidad didáctica está enfocada en facilitar la labor docente, cuenta con diversos materiales para su utilización, los cuales son:

1. Planificación de la unidad: cada unidad cuenta con su respectiva planificación acorde a lo requerido por el ministerio de educación y que entre otros contenidos esenciales posee: la etapa del ciclo de aprendizaje a la cual está referida, el tiempo destinado a cada etapa de los ciclos de aprendizaje y a cada fase de la clase además su objetivo respectivo; los contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales; aprendizajes esperados, y evaluación.

2. Actividades: estas actividades están diseñadas para responder directamente a la planificación de la unidad y ser resueltas por los estudiantes. Con este material el docente también se puede guiar para conocer los materiales necesarios para la realización de cada una además de conocer su procedimiento.
3. Sugerencias al docente: este material es de esencial importancia para la utilización de la unidad didáctica ya que allí se presenta en detalle una guía para poder llevar a cabo de una manera efectiva la unidad. Estas sugerencias son transversales a cada unidad y responden a cada uno de los cuatro momentos de los ciclos de aprendizaje.
4. Material adicional: cada unidad cuenta con un material adicional que puede ser de utilidad para el docente, dentro de estos materiales podemos mencionar: Reseñas históricas o material de lectura histórica, material audiovisual como presentaciones power point que incluyen imágenes y animaciones en java, sugerencias bibliográficas y las actividades de los alumnos en formato fotocopiable.

Dentro del desarrollo del documento se incluyen los tres primeros materiales, es decir, Planificación de la unidad, Actividades de los estudiantes, Sugerencias al docente, con el objetivo de poder revisar lo más completamente posible el cuerpo de la unidad didáctica. Con respecto al material adicional, este se incluye en los anexos.

## 5.1 Unidad didáctica: La naturaleza de la luz

### Nivel:

- Primer año de enseñanza media NM1

### Unidad 2:

- La materia y su transformaciones: La luz

### Subtema:

- La naturaleza de la luz

### Tiempo destinado:

- Tres horas pedagógicas

### Contenido Mínimo Obligatorio (CMO):

- Historia sobre lo que se ha pensado sobre la Luz

### Aprendizaje Esperado:

- AE3 “Describir investigaciones científicas clásicas y contemporáneas sobre la luz, valorando el desarrollo histórico de conceptos y teorías”.

### Indicador de evaluación sugerido:

- Señalan las principales semejanzas y diferencias sobre el concepto de luz entre Newton y Huygens.



### 5.1.1 Planificación unidad didáctica La naturaleza de la luz

<b>Título de la unidad didáctica</b>	<b>La naturaleza de la Luz</b>	
<b>Aprendizaje esperado</b>	Describir investigaciones científicas clásicas y contemporáneas sobre la luz valorando el desarrollo histórico de conceptos y teorías.	
<b>Etapas del ciclo</b>	EXPLORACIÓN	
<b>Fase(s) de la clase</b>	INICIO	
<b>Tiempo destinado</b>	20 minutos	
<b>Objetivos de la etapa</b>	Los estudiantes expresan sus ideas previas con respecto a la naturaleza de la luz	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	Historia sobre lo que se ha pensado acerca de la luz.
	<b>Actitudinal</b>	Interés en situaciones históricas en las cuales se presente el fenómeno de la luz
	<b>Procedimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El docente realiza una introducción al tema de la luz, respecto a lo que se ha pensado de la luz, dando énfasis al interés transversal que ha tenido la interrogante de su naturaleza a través de la historia.</li> <li>• Los estudiantes responden preguntas propiciadas por el docente de tal manera que pongan en evidencia sus preconceptos con respecto a la naturaleza de la luz</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación power point</li> <li>• Computador y proyector.</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	<p>Formativa: Se evalúan los preconceptos de los alumnos. Para eso el docente escribe las palabras claves que surgen en el pizarrón</p>	

<b>Etapa del ciclo</b>	REFLEXIÓN	
<b>Fase(s) de la clase</b>	DESARROLLO y CIERRE	
<b>Tiempo destinado</b>	70 minutos	
<b>Objetivos de la etapa</b>	Los estudiantes socializan y debaten los resultados de los experimentos teniendo en cuenta la historia de lo que se ha pensado acerca de la naturaleza de la luz.	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	Historia sobre lo que se ha pensado acerca de la luz.
	<b>Actitudinal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento del trabajo científico y su relación histórica.</li> <li>• Colaboración y trabajo en equipo.</li> </ul>
	<b>Procedimental</b>	<p>DESARROLLO (55 minutos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los alumnos se forman en grupos de 3-4 personas.</li> <li>• Los estudiantes realizan la actividad 1: Formación de sombras.</li> <li>• Los estudiantes responden preguntas propuestas por el docente con el fin de socializar los resultados obtenidos tras realizar el experimento</li> <li>• Los estudiantes realizan la actividad 2: Experimento doble rendija</li> <li>• Los estudiantes responden preguntas propuestas por el docente con el fin de socializar los resultados obtenidos tras realizar el experimento</li> </ul> <p>CIERRE (15 minutos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recogen algunas respuestas de las actividades realizadas por los grupos, con el fin de compartirlas con sus compañeros.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía 1 Formación de Sombras</li> <li>• Guía 2 Experimento de la Doble Rendija</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	<p>Formativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evalúan los preconceptos de los alumnos. Para eso el docente escribe las palabras claves que surgen en el pizarrón, además de recopilar los comentarios y resultados de las actividades 1 y 2, con los registros respectivos en dichos materiales para el estudiante.</li> </ul>	

<b>Etapa del ciclo</b>	CONCEPTUALIZACIÓN	
<b>Fase(s) de la clase</b>	INICIO, DESARROLLO	
<b>Tiempo destinado</b>	45 minutos.	
<b>Objetivos de la etapa</b>	Los estudiantes comprenden investigaciones científicas clásicas y contemporáneas sobre la luz valorando el desarrollo histórico de conceptos y teorías.	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	Historia sobre lo que se ha pensado acerca de la luz.
	<b>Actitudinal</b>	Reconocimiento del trabajo científico y su relación histórica.
	<b>Procedimental</b>	<p>INICIO (10 minutos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se recogen en profundidad las respuestas que dieron los alumnos en la actividad de la clase anterior anotando las respuestas en el pizarrón.</li> </ul> <p>DESARROLLO (35 minutos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se conceptualiza el contenido mediante la discusión de los estudiantes y guiada por el docente, de las teorías corpuscular de Newton y la teoría ondulatoria de Huygens, tomando en cuenta los aspectos socio-históricos.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación Power Point</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	Los estudiantes responden preguntas respecto al siguiente indicador: Señalan las principales semejanzas y diferencias sobre el concepto de luz entre Newton y Huygens. Para ello, se pide registro de sus respuestas y socialización de ellas.	
<b>Etapa del ciclo</b>	APLICACIÓN	

<b>Fase(s) de la clase</b>		CIERRE
<b>Tiempo destinado</b>		45 minutos.
<b>Objetivos de la etapa</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sintetizan sus conocimientos en las teorías sobre la luz y su construcción histórica.</li> <li>• Aplican el conocimiento de las teorías ondulatoria y corpuscular para analizar las nuevas teorías de la naturaleza de la luz valorando su desarrollo histórico</li> </ul>
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	Historia sobre lo que se ha pensado acerca de la luz.
	<b>Actitudinal</b>	Reconocimiento del trabajo científico y su relación histórica.
	<b>Procedimental</b>	<p>Los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizan un mapa conceptual donde relacionan las teorías ondulatoria y corpuscular incluyendo también los pensamientos antiguos que influyeron en la construcción de ambas teorías.</li> <li>• Dicho mapa será socializado de modo que entre estudiantes lleguen a un solo gran mapa conceptual consensuado o síntesis generalizada.</li> <li>• Se proponen las directrices del análisis de un documental en video con respecto a las actuales teorías de la naturaleza de la Luz (Maxwell y Einstein)</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuaderno del estudiante</li> <li>• Hoja en blanco</li> </ul>
<b>Evaluación</b>		<p>Formativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se medirá en los estudiantes su capacidad de síntesis y aplicación de los conocimientos, por un lado realizando un mapa conceptual general, y por otro lado en la aplicación de los conocimientos adquiridos para indagar e investigar el saber científico más actual, mediante el análisis del video-documental de investigación que englobe lo planteado por Maxwell, Einstein y su implicancia en el descubrimiento del Efecto Fotoeléctrico.</li> </ul>

**Tabla 6. Planificación Naturaleza de la luz**

### 5.1.2 Sugerencias al docente: unidad didáctica La naturaleza de la luz

Exploración (20 minutos)

Objetivo: *Los estudiantes expresan sus ideas previas con respecto a la naturaleza de la luz*

- En primera instancia, el docente introducirá la interrogante principal que da inicio a la unidad didáctica. Se realizará entonces una introducción del tema, exponiendo a la clase que el concepto de luz ha sido interrogante desde los tiempos antiguos, hasta incluso los planteamientos más contemporáneos sobre la naturaleza de la luz, lo que ha llevado a la humanidad a pensar realmente qué es la luz.
- Se sugiere al docente en esta etapa ahondar principalmente en lo que pensaban los griegos con respecto a la luz.
- Al mencionar cómo la humanidad se ha preguntado acerca de la luz, se presenta la siguiente pregunta: *¿Qué es la luz?*
- Algunas posibles respuestas podrían ser que la luz es (son): fotones, energía, electricidad. Recuerde siempre prever las respuestas de sus estudiantes.
- En base a esta pregunta, se pide que los estudiantes empiecen a mencionar y socializar sus concepciones de la luz. Esto nos permitirá identificar las ideas previas de los estudiantes; ideas que serán contrastadas en medida que se avanza en la unidad. El docente registrará en la pizarra dichas ideas previas, los conceptos esenciales o palabras claves que aparezcan en sus respuestas para luego socializarlas con los demás estudiantes.

## Reflexión (70 minutos)

Objetivo: *Los estudiantes socializan y debaten los resultados de los experimentos teniendo en cuenta la historia de lo que se ha pensado acerca de la naturaleza de la luz.*

- El docente formará grupos de trabajo (se sugiere grupos de no más de 4 personas). Una vez que los estudiantes formen sus grupos procederán a realizar dos experimentos secuenciados; el primero mediante la formación de sombras de distintos objetos, y el segundo sobre el paso del haz de luz de un láser por una doble rendija ambas.
- Es importante mencionar que cada experimento está diseñando para dar respuesta a las teorías de Newton y Huygens lo cual no debe mencionarse aún.
- En esta primera parte de la reflexión, los estudiantes procederá a realizar sombras con objetos de distintas características, con el objetivo de acercar a los estudiantes a la Teoría Corpuscular de la Luz, propuesta por Newton.
- El docente deberá procurar que la sala de clases esté lo más oscura posible, para una mejor visualización del fenómeno.
- Se procederá a alumbrar con la linterna a cada uno de los objetos, procurando que las sombras que se forman sean vistas por todos los estudiantes. Para ello, se propone realizar las sombras en la pizarra.
- Se pide a los estudiantes que registren lo que han observado en base a las siguientes preguntas:
  - *¿Qué forma tienen las sombras de los objetos? ¿Por qué tienen esa forma y no otra?*
  - *¿Por qué se forma la sombra?*
  - *¿Qué sucede con la luz que no pasa por el objeto?*

- *Realice una tabla de similitudes y diferencias entre lo que usted piensa sobre qué es la luz, y lo que pensaban los griegos al respecto. ¿Encuentra usted que su pensamiento se asimila al pensamiento antiguo de los griegos?*
- *Dibuje un esquema de lo observado.*
- Se sugiere al docente que deje que los alumnos realicen nuevamente el experimento si así lo desean.
- Una vez que los estudiantes proponen las respuestas a lo observado, se realiza una especie de debate mediante la socialización de sus ideas. El docente debe procurar que los estudiantes contrasten sus conclusiones con las conclusiones de los demás grupos. Se espera que los estudiantes propongan que la luz viaja en línea recta y que eso responde a la formación de las sombras, mediante una emisión de ciertos corpúsculos que salen de la linterna, que chocan con el objeto, y los que no chocan siguen su rumbo a la pizarra, lo que muestra un patrón definido de sombra e iluminación.
- Una vez que los estudiantes hayan propuesto sus respuestas a la naturaleza de la luz, el docente procederá a realizar el experimento de la doble rendija.
- Se advierte la precaución que se debe tener al manipular los materiales, ya que un mal uso puede causar daño físico.
- Antes de apuntar el rayo laser por las líneas formadas en el vidrio, el docente debe anclar las ideas planteadas por los estudiantes en la actividad anterior, mediante la siguiente pregunta:  
*Según lo observado en la actividad anterior, si hay dos franjas o espacios por donde pasará la luz del laser, ¿Cuántas franjas debiesen verse en la pizarra?*

- Se espera que los estudiantes, tomando en consideración lo visto y analizado en la actividad anterior, donde la luz viaja en línea recta, mencionen que se formarán dos franjas de luz en la pizarra.
- Entonces se procede a iluminar el vidrio con el laser, de modo tal del haz de luz pase estrictamente por las franjas realizadas en el vidrio. Se espera que en la pizarra no se observen dos franjas como se podría pensar bajo la opinión de la Teoría Corpuscular, sino que se verían más de dos, esto debido a un patrón de interferencia propio de un comportamiento ondulatorio.
- Al observar las franjas, se pide a los grupos de trabajo que formulen respuestas a las siguientes preguntas:
  - *¿Cuántas franjas puede usted visualizar? Realice una explicación al fenómeno observado y proponga un esquema que muestre lo que usted observó*
  - *¿Piensa usted ahora, que su formulación en la actividad anterior de Formación de Sombras sobre qué es la luz es incorrecta o correcta? Explique, relacionando la formación de sombras con lo observado en el experimento de la doble rendija*
  - *Con respecto a lo pensado por usted, ¿Con cuál pensador antiguo se siente identificado en similitud de ideas?*
- Los estudiantes tendrán un tiempo para responder a estas dos preguntas (se sugiere que sea no más de 10 min). Luego se pide a cada grupo que respondan a la primera pregunta. El docente debe procurar que las ideas sean debatidas por los demás grupos, con preguntas tales como ¿están de acuerdo con la formulación de sus compañeros?
- Luego se pide a los estudiantes socialicen al curso, si consideran que sus conclusiones hechas con la actividad de formación de sombras se ven pasado a llevar o se contradice con lo observado en la doble rendija.



- Finalmente los grupos de trabajo socializan las demás explicaciones del fenómeno observado. El docente debe procurar que las ideas sean debatidas pidiendo a los distintos grupos que respondan en voz alta a algunas de las interrogantes propuestas para cada uno de ellos y contrastándolas con algunas respuestas distintas para la misma interrogante, se sugiere al docente hacer interrogantes en voz alta del tipo: para esta pregunta ¿Alguien tiene una respuesta distinta?

Observación: toda esta actividad de exploración y reflexión se propone para dos horas pedagógicas. En el caso de no contar con los materiales para realizar el experimento de la doble rendija, se puede mostrar un video en el cual se muestre el experimento y el patrón de franjas o interferencia, procurando siempre que el video sea solo visualización sin audio. Un video propuesto está en el siguiente link <http://www.youtube.com/watch?v=CV0Pt2LExMs>.

Conceptualización (45 minutos)

Objetivo: *Los estudiantes describen investigaciones científicas clásicas y contemporáneas sobre la luz valorando el desarrollo histórico de conceptos y teorías.*

- El docente debe restituir y recordar lo visto en las etapas de exploración y reflexión. Los estudiantes propondrán las conclusiones que tuvieron respecto a la formación de sombras y a la formación de franjas de luz descritas en los experimentos demostrativos.
- Luego el docente debe considerar las ideas planteadas por los estudiantes en la clase anterior, para realizar una explicación formal de los fenómenos descritos. Para ello, el docente debe mencionar en un comienzo las concepciones de la luz que tenían los griegos y lo que se pensaba en torno a su naturaleza. Se sugiere al docente en este punto mencionar la construcción filosófica del éter, en torno a la búsqueda de la

quinta esencia o quinto elemento, como los elementos fundamentales con que está hecha la materia.

- El docente irá dando las ideas que se han tenido de la luz hasta los planteamientos de Newton y Huygens. Se deben plantear ambas teorías, con el objetivo de anclar las conclusiones de los estudiantes con lo que pensaban estos dos grandes científicos de la época. Para ello, se sugiere al docente decir: “bueno, lo que usted(es) pensaban sobre la luz lo pensó tal científico (Newton o Huygens) en base a las siguientes características”.
- Como Newton trabajó experimentalmente en la formación de sombras, será más sencillo para el docente anclar los pensamientos de él con los planteamientos de los estudiantes. Sin embargo, como el experimento de la doble rendija fue muy posterior a Huygens, se debe plantear que Huygens trabajó su teoría haciendo analogía con la naturaleza del sonido. Para ello se debe recordar los conceptos de reflexión, refracción y difracción. Además el docente debe plantear que en un principio la aceptación de la Teoría Corpuscular fue inminente, dejando de lado en gran parte lo que pensó teóricamente Huygens.
- Con ello, se pretende evidenciar que la construcción de conocimiento de los pensadores antiguos sirvió de gran manera para las experimentaciones que hacen los científicos hoy por hoy. Se puede mencionar que Maxwell trabajó su teoría electromagnética en base a la Teoría Ondulatoria y que Einstein basó sus trabajos pensando que la luz presentaba naturaleza Corpuscular.
- El tiempo sugerido para esta conceptualización es de 1 hora pedagógica. Sin embargo, este tiempo puede ampliarse a criterio del docente, ya que este tipo de conversaciones muchas veces tienden a alargarse en tiempo.

Aplicación (45 minutos)

Objetivo 1: *Sintetizan sus conocimientos en las teorías sobre la luz y su construcción histórica.*

Objetivo 2: *Aplican el conocimiento de las teorías ondulatoria y corpuscular para analizar las nuevas teorías de la naturaleza de la luz valorando su desarrollo histórico*

- Esta es la etapa en que el docente debe procurar que los estudiantes apliquen sus conocimientos del tema. En este punto, el docente plantea:
  - Que los estudiantes realicen en clase un mapa conceptual de manera individual, en el que se engloben todo lo visto durante la Unidad Didáctica: Teoría Corpuscular, Teoría Ondulatoria y Pensamiento de los Griegos sobre la luz. Se pide a los estudiantes que socialicen sus mapas y que vayan construyendo en la pizarra un mapa conceptual generalizado con los aportes de cada estudiante.
  - Que los estudiantes realicen un trabajo investigativo o una tarea referente al tema de la Luz en el contexto contemporáneo: Teoría de Maxwell, Einstein y su relación con el Efecto Fotoeléctrico
- También se puede pedir a los estudiantes que investiguen a la pregunta si la luz se curva o no al pasar por cuerpos celestes.

Las orientaciones para los trabajos investigativos apuntan hacia el logro de habilidades de síntesis y análisis entre lo aprendido en clases y sus implicancias modernas, por ejemplo en el funcionamiento de las puertas automáticas o los controles remotos.

### 5.1.3 Actividades para el estudiante: unidad didáctica La naturaleza de la luz

#### Actividad 1: Experimento Formación de Sombras

##### Materiales:

- Una linterna
- Una pelota de tenis o de tamaño similar
- Un cono de papel higiénico
- Un cuadrado de cartón de 20x20 centímetros
- Un rectángulo de cartón de 20x10 centímetros

##### Procedimiento:

1. Procure que la sala de clases esté lo más oscura posible.
2. Un compañero pondrá un objeto entre la pared y la linterna.
3. Encienda la linterna y observe las sombras que resultan.

##### Análisis

1. ¿Qué forma tienen las sombras de los objetos? ¿Por qué tienen esa forma y no otra?
2. ¿Por qué se forma la sombra?
3. ¿Qué sucede con la luz que no pasa por el objeto?
4. Realice una tabla de similitudes y diferencias entre lo que usted piensa sobre qué es la luz, y lo que pensaban los griegos al respecto. ¿Encuentra usted que su pensamiento se asimila al pensamiento antiguo de los griegos?
5. Dibuje un esquema de lo observado.

## Actividad 2: Experimento doble rendija

### Materiales:

- Una vela
- Encendedor
- Dos hojas de afeitar.
- Un puntero laser
- Un trozo de vidrio de 10x5 centímetros
- Un soporte fijo para colocar el vidrio, puede ser plastilina.
- Pinzas

### Procedimiento:

1. Prenda la vela con el encendedor.
2. Con unas pinzas tome el trozo de vidrio,
3. Acerque una cara del vidrio a la vela encendida
4. Comenzará a notar que el vidrio se pondrá negro debido al hollín o carboncillo que queda en la superficie del vidrio.
5. Propicie que toda la cara del vidrio quede con una capa homogénea de carboncillos
6. Tome ambas hojas de afeitar y júntelas procurando que el filo de las dos hojas quede en el mismo lado.
7. Luego ate con una huincha ambas hojas juntas para que no se separen
8. Deslice dichas hojas sobre la película de carboncillo del vidrio, hasta que se formen dos líneas muy delgadas y juntas, obtendrá algo parecido al dibujo.
9. Ya realizadas las líneas en el vidrio, se debe dejar este vidrio fijo sobre la plastilina y todo sobre la mesa que debiera estar a lo menos a tres metros de una pared.

## Análisis

1. *¿Cuántas franjas puede usted visualizar? Realice una explicación al fenómeno observado y proponga un esquema que muestre lo que usted observó*
2. *¿Piensa usted ahora, que su formulación en la actividad anterior de Formación de Sombras sobre qué es la luz es incorrecta o correcta? Explique, relacionando la formación de sombras con lo observado en el experimento de la doble rendija*
3. *Con respecto a lo pensado por usted, ¿Con cuál pensador antiguo se siente identificado en similitud de ideas?*

## 5.2 Unidad didáctica: Las leyes de Kepler: la 1° ley de Kepler

### Nivel:

- Segundo año de enseñanza media NM2

### Unidad 3:

- Tierra y Universo: visión del sistema solar

### Subtema:

- La 1° ley de Kepler

### Tiempo destinado:

- 4 horas pedagógicas

### Contenido Mínimo Obligatorio (CMO):

- Las leyes de Kepler y la descripción de las órbitas planetarias

### Aprendizaje Esperado:

- AE3 “Aplicar las leyes de Kepler y Newton para realizar predicciones en el ámbito astronómico”

### Indicador de evaluación sugerido:

- Describen el movimiento de los planetas alrededor del Sol, utilizando las leyes de Kepler y como ellas se hacen cargo de la visión cosmológica previa.

### 5.2.1 Planificación unidad didáctica Leyes de Kepler: la 1° ley de Kepler

<b>Título de la unidad didáctica</b>		<b>Leyes de Kepler: 1° ley de Kepler</b>
<b>Aprendizaje esperado</b>		Aplicar la 1° ley de Kepler para realizar predicciones en el ámbito astronómico
<b>Etapas del ciclo</b>		EXPLORACIÓN
<b>Fase(s) de la clase</b>		INICIO
<b>Tiempo destinado</b>		30 minutos
<b>Objetivos de la etapa</b>		Los estudiantes reconocen la importancia de la circularidad en los mapas astronómicos de la antigüedad
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	La descripción de las órbitas Planetarias.
	<b>Actitudinal</b>	Interés por el contexto socio histórico en que se desarrollaron los modelos: geocéntrico y heliocéntrico.
	<b>Procedimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El docente realiza un anclaje de lo visto anteriormente con respecto a los modelos geocéntricos y heliocéntricos (según el orden establecido por los planes y programas del MINEDUC) haciendo énfasis en los mapas astronómicos dibujados en la antigüedad y la presencia del círculo en estos.</li> <li>• Los estudiantes observan las imágenes e identifican las figuras geométricas que predominan en estos mapas estelares.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación power point</li> <li>• Computador y proyector.</li> </ul>
<b>Evaluación</b>		Formativa: Se evalúan los preconceptos respecto de las órbitas que describen los planetas.



<b>Etapa del ciclo</b>	REFLEXIÓN	
<b>Fase(s) de la clase</b>	DESARROLLO y CIERRE	
<b>Tiempo destinado</b>	60 minutos	
<b>Objetivos de la etapa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocen que las órbitas de los planetas no son circulares.</li> <li>• Reflexionan acerca del cambio histórico del paradigma científico acerca del movimiento de los planetas.</li> </ul>	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Concep tual</b>	La elipse como figura geométrica.
	<b>Actitudi nal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigurosidad y orden a la hora de realizar el procedimiento de la actividad.</li> <li>• Respeto por la opinión de otros</li> <li>• Capacidad de reflexión</li> </ul>
	<b>Procedi mental</b>	<p>DESARROLLO (55 minutos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los Estudiantes realizan la actividad 1: dibujar las trayectorias de los planetas Marte y Saturno.</li> <li>• El docente toma las conclusiones con respecto a los dibujos de las trayectorias las cuales obviamente no son circulares.</li> <li>• El docente explica que la figura geométrica que describen como trayectoria los planetas es una elipse.</li> <li>• Los estudiantes realizan la actividad 2 dibujar la trayectoria elíptica de los planetas mediante el método del jardinero.</li> </ul> <p>CIERRE (5 minutos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se socializan los resultados obtenidos en las actividades de tal manera de obtener conclusiones de los alumnos.</li> <li>• Se menciona la importancia de cambiar el paradigma de que los cuerpos celestes no describían órbitas circulares sino que elípticas.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía Actividad 1: “Trazando orbitas planetarias”</li> <li>• Guía Actividad 2: “Dibujando una elipse”</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	<p>Formativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante las respuestas del análisis de las guías 1 y 2 para sus actividades respectivas.</li> </ul>	

<b>Etapa del ciclo</b>	CONCEPTUALIZACIÓN	
<b>Fase(s) de la clase</b>	INICIO, DESARROLLO	
<b>Tiempo destinado</b>	50 minutos.	
<b>Objetivos de la etapa</b>	Los estudiantes describen investigaciones científicas clásicas y contemporáneas sobre la luz valorando el desarrollo histórico de conceptos y teorías.	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Concep tual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocen la elipse y sus elementos.</li> <li>• Conocen la 1° ley de Kepler.</li> </ul>
	<b>Actitudi nal</b>	Apreciar el trabajo riguroso como medio para lograr resultados satisfactorios
	<b>Procedi mental</b>	<p>INICIO (30 minutos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes realizan la actividad 3: “Identificando los elementos de una elipse mientras el docente explica las características y elementos principales de la elipse.</li> </ul> <p>DESARROLLO (35 minutos):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El docente explica la 1° ley de Kepler recordando todo el trabajo que fue necesario para llegar a ella y la importancia de la órbita de Marte en esto.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación Power Point</li> <li>• Guía Actividad 3: “Identificando los elementos de una elipse”</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	<p>Formativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante las respuestas del análisis de la guía para la actividad 3.</li> </ul>	

<b>Etapa del ciclo</b>	APLICACION	
<b>Fase(s) de la clase</b>	CIERRE	
<b>Tiempo destinado</b>	40 minutos.	
<b>Objetivos de la etapa</b>	<p>Los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplican la 1° ley de Kepler para realizar predicciones en el ámbito astronómico con respecto a la órbita del cometa Halley.</li> <li>• Reconocen la excentricidad de una elipse como la característica primaria que permite distinguirlas unas de otras.</li> </ul>	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Concep- tual</b>	La 1° de Kepler y la descripción de las órbitas Planetarias.
	<b>Actitudi- nal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigurosidad y orden a la hora de realizar el procedimiento de la actividad.</li> <li>• Apreciar el trabajo riguroso como medio para lograr resultados satisfactorios.</li> </ul>
	<b>Procedi- mental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes realizan la actividad 4: “Determinando la órbita del cometa Halley</li> <li>• El docente explica que las observaciones con respecto a la rapidez con que se movían los planetas llevó a Kepler a postular su 2° ley</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía Actividad 4: “Determinando la órbita del cometa Halley”</li> <li>• Presentación ppt.</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	<p>Formativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante las respuestas que den los estudiantes a la actividad 4.</li> </ul>	

Tabla 7. Planificación Leyes de Kepler: 1° ley de Kepler

### 5.2.2. Sugerencias al docente, unidad didáctica Leyes de Kepler: La 1° ley de Kepler

Exploración (30 min)

Objetivo: *Los estudiantes reconocen la importancia de la circularidad en los mapas astronómicos de la antigüedad*

- En esta primera etapa se sugiere al docente iniciar la clase exponiendo la visión de Tolomeo y Copérnico con respecto a los ya vistos y estudiados sistemas geocéntrico y heliocéntrico. Para ello, se mostrarán imágenes que reflejan la consideración de las órbitas circulares en ambos sistemas.
- Es importante hacer énfasis en la concepción filosófica de la circularidad; el círculo no existe como figura perfecta en la naturaleza y como se consideraba que los planetas se movían debido a “fuerzas divinas” necesariamente describirían órbitas circulares.
- El docente puede hacer uso de la selección de imágenes y animaciones digitales añadidas en el material adicional de la unidad.
- Para eso, se sugiere que el docente exponga la importancia de la observación de los astros desde los tiempos antiguos en las cuales las órbitas de los planetas describían sin problema una trayectoria circular. En particular es necesario exponer respecto de las observaciones realizadas por Tycho Brahe, y el problema de la órbita de Marte.
- En este punto se puede citar algunas curiosidades con respecto a la relación de Brahe y Kepler y la vital importancia de las observaciones del primero para la investigación del segundo.
- Con respecto a lo anterior se puede comentar acerca del contexto socio-histórico en el cual se desarrollaron las investigaciones de ambos

científicos, para esto, el profesor puede recurrir al material adjunto destinado a él, y que contiene detalles acerca de la historia.

Reflexión (60 min)

Objetivo 1: *Los estudiantes reconocen que las órbitas de los planetas no son circulares.*

Objetivo 2: *Los estudiantes reflexionan acerca del cambio histórico del paradigma científico acerca del movimiento de los planetas.*

- En esta etapa es esencial que los estudiantes cuestionen la circularidad de las órbitas mediante las actividad 1: Trazando las órbitas planetarias.
- Esta actividad tiene como objetivo que los estudiantes reconozcan que las órbitas de los planetas no describen trayectorias circulares, por lo cual se presenta un mapa a escala de diversos puntos de la trayectoria de Marte y Saturno hechos en el procesador gráfico Geogebra, tomando como dato la excentricidad de las órbitas de estos planetas.
- Individualmente deberán tratar dibujar la trayectoria completa de estos planetas utilizando los puntos dados y los materiales con los cuales cuentan. Lo más probable es que sus alumnos utilicen el compás para tratar de darle una forma circular a la órbita, lo cual claramente no sucederá.
- Aliente a que sus estudiantes indaguen otra forma de dibujar la trayectoria, quizás solo utilizando el lápiz incluso puede que sus estudiantes unan los puntos con segmentos rectos.
- En este punto es importante recordarle a sus estudiantes que Kepler contaba con los datos observacionales de Brahe y que tal como ellos, tuvo que ingeniárselas para darle consistencia a su trabajo.

- Para finalizar la actividad pida las conclusiones a sus estudiantes con preguntas como: ¿Qué tipo de órbitas describen los planetas?, ¿Son circulares? ¿Qué diferencias se observan entre las dos órbitas?
- Si sus estudiantes reconocen que las órbitas no son circulares se puede preguntar qué tipo de figura geométrica describen, y preguntar si en un primer inicio pensaron en un círculo.
- Es bueno introducir en este momento el concepto de **elipse** como la figura geométrica que describen las trayectorias de los planetas.
- Puede que sus estudiantes conozcan que las órbitas de los planetas no describen trayectorias circulares sino que elípticas, para ello se diseñó la segunda actividad.
- Indique a sus estudiantes que hay una forma sencilla y elegante de dibujar la trayectoria elíptica de los planetas, la cual se observará realizando la actividad 2: “Dibujando órbitas elípticas”
- Esta actividad tiene como objetivo que los estudiantes puedan trazar una elipse sobre un nuevo mapa que incluye al sol, algunos puntos de la trayectoria y el otro foco.
- El método para dibujar la elipse se denomina método del jardinero, si no conoce como se realiza puede visitar la siguiente página web: <http://www.youtube.com/watch?v=81NbgFpAfOU&feature=related>
- Cada chinche se fija a los focos, luego se amarra la cuerda a ambos chinches de tal manera que quede tensa y que alcance justo para llegar a algún punto de la trayectoria de los planetas.
- Se debe tener en cuenta que los estudiantes amarren bien la cuerda a los chinches para que el dibujo de la elipse no se deforme.
- Es importante que el docente supervise los procedimientos que van realizando los estudiantes.

- El docente deberá mencionar que se deben guardar las hojas de trabajo ya que se utilizarán para una actividad en la clase posterior donde se discutirán los elementos de una elipse.
- Luego de que los estudiantes dibujen la elipse en su hoja de trabajo, es importante que se establezcan comparaciones entre las dos órbitas. Se espera que los estudiantes reconozcan una elipse más excéntrica (achatada) que la otra.
- Dado que la primera clase finaliza con la segunda actividad se sugiere que se cierre la clase explicando la importancia de cambiar el paradigma sobre el pensamiento de que las orbitas de los planetas necesariamente eran circulares a aceptar que su trayectoria dibujaba una sección cónica distinta y que fue necesario un trabajo de mucho tiempo por parte de Kepler para lograr visualizar eso.
- Puede mencionar que en la clase siguiente se conocerá mejor la elipse y sus componentes y cuál fue la primera ley que postuló de Kepler.

Conceptualización (50 min)

Objetivo 1: *Los estudiantes reconocen la elipse y sus elementos.*

Objetivo 2: *Los estudiantes conocen la 1° ley de Kepler.*

Para esta etapa el docente deberá mostrar la elipse como sección cónica además de los elementos que la componen.

Antes de exponer sobre los elementos de la elipse espere que sus estudiantes dibujen los ejes en las elipses dibujadas de la actividad 2

Mientras el docente explique los elementos de la elipse los estudiantes realizan la actividad 3: "Identificando los elementos de una elipse".

- Esta actividad se pretende que los estudiantes puedan identificar los elementos de la elipse en la hoja de trabajo de la actividad 2. Con esta identificación, los estudiantes internalizan el concepto.
- Puede mencionar los datos reales de los elementos de las órbitas elípticas de Saturno y Marte para darle un énfasis físico a esta explicación matemática, puede también acercar el concepto de perihelio y afelio. En este punto es recomendado que se apoye con la animación adjunta en la presentación y que permite manipular los datos y trabajar con datos reales de los planetas del sistema solar.
- Se sugiere al docente que luego de esta actividad, presente la 1ra Ley de Kepler, anclando la explicación de las órbitas elípticas con los elementos característicos de dichas elipses identificados en las actividades anteriores.
- En este momento en el cual se presenta la 1° ley de Kepler el docente podrá hacer una profundización del contexto sociocultural en el cual Kepler trabajó para desarrollar estas leyes.
- Se espera que luego de las explicaciones del cambio de paradigma de las órbitas circulares a elípticas, el problema de Marte y el conocimiento matemático de la elipse y sus elementos los estudiantes puedan realizar la actividad de aplicación.

Aplicación (40 min)

*Objetivo 1: Los estudiantes aplican la 1° ley de Kepler para realizar predicciones en el ámbito astronómico con respecto a la órbita del cometa Halley.*

*Objetivo 2: Los estudiantes reconocen la excentricidad de una elipse como la característica primaria que permite distinguirlas unas de otras.*



- En esta última etapa del ciclo, los estudiantes deberán aplicar los conocimientos adquiridos en las etapas anteriores, para el análisis y resolución de alguna situación física en que esté involucrada la 1ra ley de Kepler.
- Para ello, se sugiere al docente realizar la siguiente actividad de aplicación: Determinando la órbita del cometa Halley.
- En esta actividad se realizará el trazo de la órbita del cometa Halley. Para ello los estudiantes deberán contar con los materiales mencionados anteriormente. En la guía del estudiante se indicará el procedimiento a seguir y los datos necesarios para la construcción de la gráfica.
- Se sugiere al docente en esta etapa supervisar los procedimientos de los estudiantes. También es importante que el docente vaya comentando datos y curiosidades sobre este cometa, para estimular la indagación de los estudiantes durante el proceso de aplicación.
- Para el cierre de la unidad didáctica se puede presentar que Tycho Brahe, como otros observadores astronómicos de la antigüedad podían percatarse que los planetas no viajaban con rapidez constante, lo cual llevaría a Kepler a postular su segunda Ley y que paradójicamente fue descubierta primero que la llamada Primera ley de Kepler.

### 5.2.3 Actividades para el estudiante: unidad didáctica La 1° ley de Kepler

#### Actividad 1: Trazando órbitas planetarias

##### Materiales:

- Lápiz mina
- Goma
- Compás

##### Procedimiento:

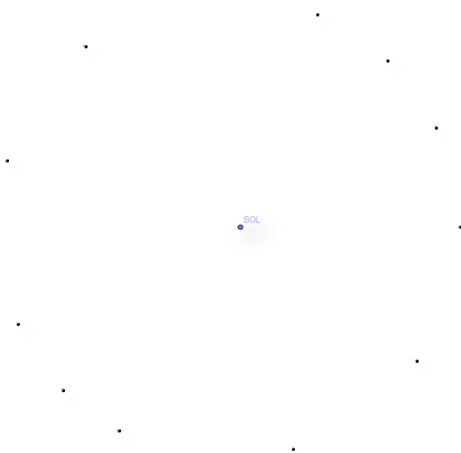
1. Con los materiales que cuentas intenta encontrar la figura geométrica que describe la órbita elíptica de Marte y Saturno.
2. Luego responde las preguntas de análisis.

##### Análisis:

1. Describe la trayectoria de Marte y de Saturno.
2. ¿Qué diferencia tiene la trayectoria de Marte con la de Saturno?
3. Antes de comenzar a dibujar la trayectoria, ¿Pensaste en alguna figura geométrica?, escribe cual y porqué.



**Figura 10: Puntos de la órbita del planeta Marte**



**Figura 11: Puntos de la órbita del planeta Saturno**

## Actividad 2: Dibujando una elipse

### Materiales:

- Materiales
- Hoja de trabajo
- Lápiz grafito o de distintos colores
- Goma
- Pita, lana o hilo
- 2 chinches o alfileres
- Trozo de cartón (Tapa de algún block de dibujo o de un cuaderno viejo)

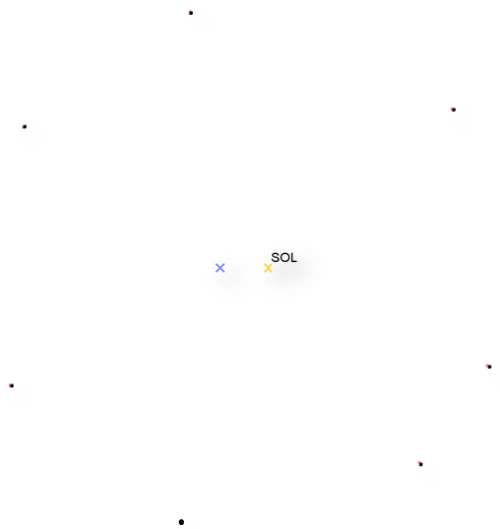
### Procedimiento

1. Ponga la hoja de trabajo sobre el cartón
2. Fije cada chinche sobre la marca (X). Observe que una de estas marcas corresponde al Sol.
3. Amarre un extremo de la cuerda a un chinche

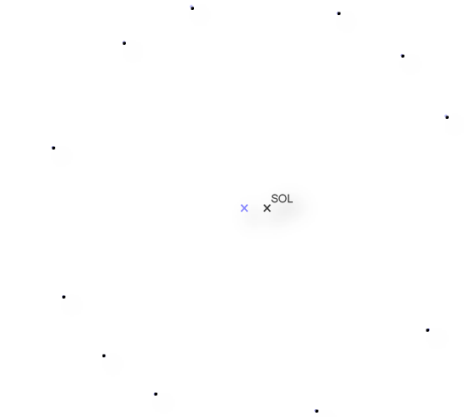
4. Fije el lápiz sobre un punto de la trayectoria
5. Tense la cuerda y hágala llegar hasta el punto de la trayectoria donde tiene puesto el lápiz y pásela por detrás de este
6. Mantenga la cuerda tensa y amarre el extremo libre al otro chinche
7. Mantenga la cuerda tensa con el lápiz y a la vez recorra todos los puntos de la trayectoria.

### Análisis

1. ¿Qué sucedería con el dibujo si los chinches estuvieran juntos o muy separados?
2. Si la elipse era una sección cónica que había sido estudiada por los matemáticos de la Grecia antigua. ¿Por qué no fue tomada en cuenta para la descripción de los cielos?



**Figura 12: Puntos de la órbita del planeta Marte con sus dos focos**



**Figura 13: Puntos de la órbita del planeta Saturno con sus dos focos**

### Actividad 3: Identificando los elementos de una elipse

#### Materiales:

- Regla de 30 (cm)
- Calculadora

#### Procedimiento:

1. Trace una línea recta que pase por el centro de las cruces marcadas.
2. Mida la distancia entre las dos cruces
3. Marque la mitad de esa distancia
4. Trace una línea perpendicular que pase por ese punto.
5. Identifique todos los elementos de la elipse
6. Anote en un costado de la órbita de la elipse las medidas de los elementos (en centímetros)

Análisis:

Completa la siguiente tabla utilizando los materiales que posees

ELEMENTOS		MEDIDAS A ESCALA	MEDIDAS REALES
Semidistancia focal	<b>c</b>		
Semieje mayor	<b>a</b>		
Semieje menor	<b>b</b>		
Excentricidad	<b>e</b>		

Tabla 8: Elementos de una elipse

1. ¿Cuál es la excentricidad de las órbitas de Marte y Saturno? ¿Qué te llama la atención al comparar la excentricidad real con la a escala?
2. ¿Cuáles son las unidades que representa la excentricidad?
3. ¿Qué puede concluir respecto a la excentricidad de las órbitas de los planetas?
4. ¿Qué sucedería con los elementos si alejáramos o acercáramos los focos?
5. ¿Qué papel jugaron las observaciones de Tycho Brahe en el trabajo de Kepler?
6. Según tu opinión ¿De qué sirve que las orbitas planetarias se reflejen a través la elipse?
7. Si tuvieras que escoger entre Ptolomeo, Copérnico, Tycho Brahe y Kepler para realizar una entrevista ¿a quién escogerías? ¿Por qué?

#### Actividad 4: Determinando la órbita del Cometa Halley

##### Materiales:

- Lápiz grafito
- Goma
- Compás
- Dos chinchas
- Calculadora
- Hoja de trabajo
- Trozo de cartón del tamaño de la hoja de trabajo

##### Procedimiento:

1. Fije la hoja de trabajo sobre el cartón y posicione la hoja junto al cartón en horizontal.
2. Dibuje un punto en el centro de la hoja, el cual representará el centro de la órbita.
3. Trace una línea horizontal que pase por el punto dibujado.
4. Dibuje uno de los focos de la órbita, a 10 cm del centro.
5. Sea la excentricidad de la órbita del cometa Halley como  $e = 0,97$  y distancia focal = 10cm. Determine el tamaño del semieje mayor de la órbita.
6. Dibuje un punto distanciado del centro según el valor obtenido del semieje mayor calculado en el paso anterior.
7. Repita el procedimiento para el segundo foco.
8. Coloque los Chinchas en los puntos focales.
9. Ate la lana al lápiz y a los dos chinchas y ubique la punta del lápiz sobre cualquier punto extremo del semieje mayor, de modo que la lana quede tensada.

10. Manteniendo siempre tensada la lana, trace una elipse.

Análisis:

1. Con respecto a la actividad realizada, responda las siguientes preguntas:
2. ¿Cómo influye el valor de la excentricidad en relación con la elipse dibujada?
3. ¿Cómo es la órbita del cometa Halley con respecto a la órbita terrestre?
4. Si tuvieras que dibujar la trayectoria de un planeta alrededor de su estrella ¿Qué datos necesitarías?
5. ¿Hubiese sido posible que Tycho Brahe o Kepler determinaran la órbita de este cometa? Argumenta tu respuesta.



### 5.3 Unidades didácticas: Fuerza de Empuje<sup>11</sup>

Nivel:

- Tercer año de enseñanza media NM3

Unidad 2:

- Hidrostática

Subtema:

- Principio de Arquímedes

Tiempo destinado:

- Tres horas pedagógicas

Contenido Mínimo Obligatorio (CMO):

- Noción científica de Empuje<sup>12</sup>
- Elaboración de una tabla de datos experimentales; uso de gráficos y análisis de tendencias.

Aprendizaje Esperado:

- “En base al principio de Arquímedes comprenden las condiciones de flotabilidad, por ejemplo, de los barcos”.

Indicador de evaluación sugerido:

- Explican por qué algunos objetos flotan, otros se hunden y otros permanecen “entre dos aguas”.

---

<sup>11</sup> Para el diseño de la unidad didáctica: Principio de Arquímedes fue necesario separarla en 2, la primera unidad tiene como nombre “Fuerza de Empuje”, la segunda “El principio de Arquímedes”.

<sup>12</sup> Este contenido mínimo es propuesto por los autores.

5.3.1 Planificación unidad didáctica: Fuerza de Empuje.

<b>Título de la unidad didáctica</b>		<b>Fuerza de Empuje</b>
<b>Aprendizaje esperado</b>		Comprender que el empuje es una fuerza que actúa al sumergir objetos a un fluido.
<b>Etapa del ciclo</b>		EXPLORACIÓN
<b>Fase(s) de la clase</b>		INICIO
<b>Tiempo destinado</b>		15 minutos
<b>Objetivos de la etapa</b>		Los estudiantes expresan sus ideas previas con respecto al peso aparente de un objeto sumergido en el agua.
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	Noción científica del peso aparente de un objeto.
	<b>Actitudinal</b>	Interés por las situaciones en las cuales se presente el fenómeno del peso aparente.
	<b>Procedimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se presenta una historia ficticia a los estudiantes la cual puede ser narrada por el docente, por un alumno o leída individualmente.</li> <li>• El estudiante opina respecto a la pregunta propuesta en la historia, el docente propicia la discusión grupal.</li> <li>• El profesor recopila las ideas de los estudiantes para dar soluciones al problema.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía actividad 1: “Día de Pesca”</li> </ul>
<b>Evaluación</b>		Formativa: Se identifican ideas claves del pensamiento de los alumnos con respecto a la noción de empuje. Para eso el docente escribe las palabras claves que surgen en el pizarrón.

<b>Etapa del ciclo</b>	REFLEXIÓN	
<b>Fase(s) de la clase</b>	DESARROLLO	
<b>Tiempo destinado</b>	30 minutos	
<b>Objetivos de la etapa</b>	<p>Los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifican el efecto cuantitativo de la fuerza de empuje.</li> <li>• Comprueban experimentalmente que los objetos sumergidos en agua poseen un peso aparente distinto de cuando están en el aire</li> </ul>	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Concep tual</b>	Noción científica de empuje en relación a la situación propuesta en la fase anterior.
	<b>Actitudi nal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigurosidad al momento de realizar el procedimiento del experimento.</li> </ul>
	<b>Procedi mental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En esta etapa el profesor divide al curso en grupos de no más de 4 estudiantes, de manera que puedan seguir las instrucciones de la actividad 2: “El empuje como fuerza”.</li> <li>• Los estudiantes proceden a realizar la actividad 2: “El empuje como fuerza”</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía actividad 2: “El Empuje como fuerza”</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	<p>Formativa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Registro de respuestas de la actividad 2: “El Empuje como fuerza”.</li> </ul>	

<b>Etapa del ciclo</b>	CONCEPTUALIZACIÓN	
<b>Fase(s) de la clase</b>	CIERRE	
<b>Tiempo destinado</b>	45 minutos.	
<b>Objetivos de la etapa</b>	Los estudiantes: formalizan la noción científica de Empuje	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	Noción científica de empuje generalizada en diversos contextos.
	<b>Actitudinal</b>	Interés en participar en la discusión del grupo curso con respecto a los resultados de la actividad 2.
	<b>Procedimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El profesor resume las respuestas que dieron los alumnos en las etapas anteriores y propicia la discusión de manera de lograr concluir que hay una fuerza llamada empuje que actúa para que un objeto posea un peso aparente menor al ser sumergido en un fluido.</li> <li>• Los estudiantes discuten acerca de la presencia del empuje en diversos contextos.</li> <li>• Finalmente, el profesor formaliza la respuesta de la pregunta inicial, relacionándola estrechamente con el concepto de empuje.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía actividad 1: “Día de Pesca”</li> <li>• Guía actividad 2: “El Empuje como fuerza”</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	Evaluación formativa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pregunta a los alumnos con respecto al siguiente indicador:</li> <li>• Relacionan la fuerza de empuje, con la fuerza responsable de hacer más liviano un objeto sumergido.</li> </ul>	

<b>Etapa del ciclo</b>	APLICACION	
<b>Fase(s) de la clase</b>	INICIO, DESARROLLO, CIERRE.	
<b>Tiempo destinado</b>	45 minutos.	
<b>Objetivos de la etapa</b>	Los estudiantes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexionan sobre la relación de la noción de empuje y la leyenda de la corona del rey Hierón.</li> <li>• Analizan la relación entre dos objetos de distinta densidad y de igual masa mediante la reconstrucción histórica de una situación experimental.</li> </ul>	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	Concepto de empuje en relación a la leyenda de la corona del rey Hierón
	<b>Actitudinal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interés y curiosidad con respecto a; la leyenda de la corona del rey Hierón y Arquímedes.</li> <li>• Rigurosidad y perseverancia al momento de realizar la reconstrucción histórica de la situación experimental.</li> </ul>
	<b>Procedimental</b>	Inicio (10 minutos): <ul style="list-style-type: none"> <li>• En esta etapa el docente procede a relatar la leyenda de la corona del Rey Hierón.</li> <li>• Los estudiantes responden a preguntas orales hechas por el docente respecto a Arquímedes y el hecho del porqué es una leyenda y no un hecho histórico.</li> </ul> Desarrollo (25 minutos): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes realizan la actividad 3: “la balanza peso oro de Arquímedes”</li> <li>• El docente supervisa el procedimiento de sus estudiantes.</li> </ul> Cierre (10 min): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante una discusión grupal los estudiantes socializan las respuestas de la guía actividad 3.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía actividad 3: “La balanza peso oro de Arquímedes”</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	Formativa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante las reflexiones en el análisis de los resultados obtenidos.</li> </ul>	

**Tabla 9. Planificación Fuerza de Empuje**

### 5.3.2 Sugerencias al docente: unidad didáctica Fuerza de Empuje.

Exploración (15 min)

Objetivo: *Los estudiantes expresen sus ideas previas con respecto al peso aparente de un objeto sumergido en el agua.*

- Se sugiere al docente en esta etapa, presentar la siguiente historia a los estudiantes, ya sea de manera oral o como lectura, en el material del estudiante.
- El docente debe recalcar que el ancla bajo de manera automática, y que Fabián al momento de subir el ancla, ésta no estaba tocando fondo. Además, el docente deberá proponer por efectos de simplicidad del problema, que la masa de la soga que sostiene al ancla es despreciable con respecto a la masa de ésta.
- En esta etapa es importante que los estudiantes expresen sus ideas previas al dar una solución aparente a la pregunta planteada. Se espera que los estudiantes respondan que no es posible asegurar que Fabián pueda subir el ancla solo al bote, ya que ésta “es más liviana” al estar en el agua.

Reflexión (30 min)

Objetivo 1: *Los estudiantes identifican el efecto cuantitativo de la fuerza de empuje.*

Objetivo 2: *Los estudiantes comprueban experimentalmente que los objetos sumergidos en agua poseen un peso aparente distinto de cuando están en el aire*

- En esta etapa se pide a los estudiantes que realicen la siguiente actividad experimental: “La fuerza de empuje”, con la finalidad que indaguen y respondan la pregunta exploratoria propuesta inicialmente.
- Con estos materiales, se pide a los estudiantes que sigan las instrucciones de la guía de trabajo. El docente debe comentar para efectos de simplicidad, que la masa del hilo es despreciable.
- Es importante que el docente destine un tiempo para socializar las respuestas generadas por los estudiantes en sus guías de trabajo, con el fin de contrastar ideas y relacionarlas con sus ideas previas dadas en la etapa de exploración.

Conceptualización (45 min)

Objetivo: los estudiantes *formalizan la noción científica de Empuje*

- Tomando las respuestas de las etapas anteriores, se sugiere al docente que tome todas las respuestas y forme una discusión de tal manera que surja como conclusión que hay una fuerza que actúa para que un objeto posea un peso aparente menor al ser sumergido en un fluido.
- Para terminar esta etapa, se pide al docente que formalice la respuesta de la pregunta inicial, relacionándolo estrechamente con el concepto de empuje.

Aplicación (45 min)

Objetivo 1: *Reflexionan sobre la relación de la noción de empuje y la leyenda de la corona del rey Hierón.*

Objetivo 2: *Analizan la relación entre dos objetos de distinta densidad y de igual masa mediante la reconstrucción histórica de una situación experimental.*

- Ya institucionalizado el concepto de empuje, y aclarado el problema propuesto en la actividad 1: “Día de pesca”, se procede a relatar la

leyenda de la corona del Rey Hierón para realizar una última actividad experimental.

- Se sugiere mencionar que no hay registros históricos fiables respecto a la problemática de la corona del rey Hierón por eso es llamado una leyenda. Pero sí existen registros históricos de la balanza peso oro de Arquímedes, este registro es de un libro hecho por el propio Arquímedes llamado “Sobre las balanzas”.
- Se sugiere ahondar los hechos históricos relevantes para esta etapa en el material adicional para el docente donde se resume los acontecimientos que marcaron esta leyenda.
- Lo importante de esta etapa es que los estudiantes ya teniendo el concepto de empuje, puedan anclarlo al concepto de densidad previamente estudiado.
- El detalle de dicha actividad está propuesto en la guía actividad 3: “La balanza peso oro de Arquímedes” del estudiante.
- Como el concepto de densidad es de vital importancia para el desarrollo de esta actividad, es necesario que se evalúe si los estudiantes lo recuerdan; en el caso que no recuerden dicho concepto, se sugiere al docente plantear un breve ejemplo en el que se vea reflejada esta propiedad, sin olvidar su relación matemática.
- Se sugiere al docente evitar comentar que los pesos de los objetos son distintos al sumergirlos en el agua, más bien hable de peso aparente.
- Para esta actividad, el docente debe propiciar concluir que lo que produce el desequilibrio en la balanza peso-oro es un **desequilibrio de fuerzas**, que no ocurría al sostener el sistema en el aire, y este desequilibrio es producido obviamente el empuje.
- Cumpliéndose el objetivo de esta etapa, el docente podrá preguntar sobre la naturaleza de la fuerza de empuje y que determina esa naturaleza.



### 5.3.3 Actividades unidad didáctica: Fuerza de Empuje.

#### Actividad 1: Día de pesca

Lee la siguiente historia.

Miguel y Fabián deciden ir de pesca en una grata tarde al lago Rapel, por lo que zarpan muy emocionados. Lo mejor de todo es que estos amigos tienen una excelente lancha de pesca llamada Claudia, que entre otros detalles cuenta con un sistema automático de anclaje. Luego de recorrer el largo camino hacia el lago se suben a su lancha y se adentran en las aguas. Cuando encuentran el sitio perfecto para iniciar la pesca deciden presionar el botón para anclar el bote y preocuparse solamente de sus cañas.

Luego de pescar un gran número de Pejerreyes, ambos deciden volver a su cabaña. Fabián, al presionar el botón automático para recoger el ancla, nota que por un instante el sistema automático funciona, pero luego deja de funcionar. Fabián decide sacar el ancla manualmente ya que navegar con esta suspendida, podría ser muy peligroso. Fabián comienza a subir el ancla que aún se encuentra bajo el agua, en ese momento Miguel le comenta que aunque pueda subirla mientras esté en el agua no podrá subirla solo al bote ya que es un ancla muy pesada, Fabián obstinadamente le responde que si no le ha costado hacerlo hasta el momento, subirla al bote no será una tarea muy difícil.

Analiza un momento la situación y responde la siguiente pregunta.

¿Puede Fabián con seguridad subir solo el ancla al bote? Argumenta tu respuesta.

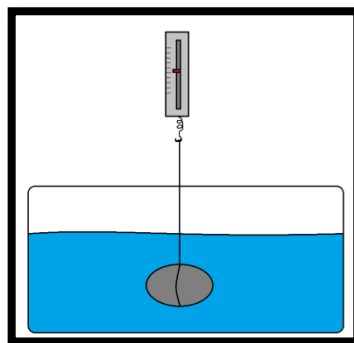
## Actividad 2: “La fuerza de empuje”

### Materiales:

1. Un dinamómetro de sensibilidad 0,1 Newton como mínimo
2. Un recipiente con agua.
3. Piedras de distinto tamaño
4. Hilo, lana o pita.

### Procedimiento:

1. Amarre las piedras con hilo de tal manera que queden bien sujetadas
2. Pese las piedras con el dinamómetro.
3. Llene con agua el recipiente procurando que el nivel sea suficiente como para poder hundir completamente las piedras.
4. Introduzca cada una de las piedras en el recipiente con agua de tal manera que no alcance a tocar el fondo del vaso, pero que este sumergido completamente en el agua.
5. Anote el peso que registra el dinamómetro
6. Complete tabla.



**Figura 14: Dinamómetro sosteniendo una piedra hundida completamente en agua**

Peso piedras en el aire (Newton)	Peso aparente Piedras en el agua (Newton)

**Tabla 10. Datos actividad Fuerza de Empuje**

**Análisis**

1. ¿A qué se debe la diferencia de fuerzas que mide el dinamómetro?
2. Es correcto decir que las piedras al ser introducidas en el agua pierden peso. Argumenta tu respuesta.
3. ¿Qué puede concluir luego de terminar la actividad?

**Actividad 3: La balanza peso oro de Arquímedes**

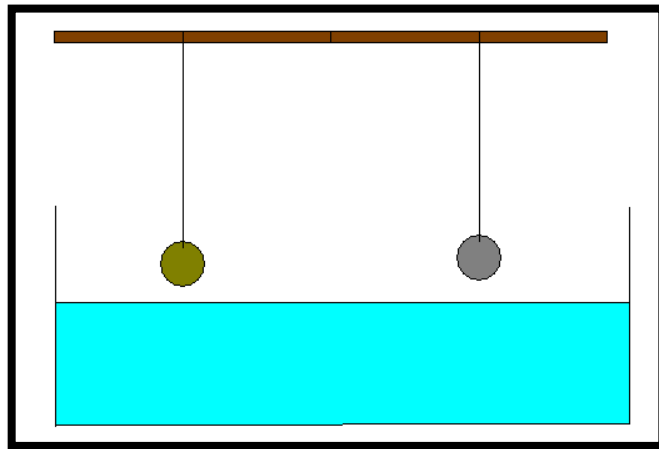
**Materiales:**

1. 1 piedra de tamaño similar a una pelota de tenis de mesa
2. Plastilina
3. 1 recipiente de tamaño similar a una olla mediana
4. 1 varilla o palo de maqueta firme de 25 a 30 cm
5. Hilo, lana o pitilla

**Procedimiento:**

1. Introduzca agua al recipiente de modo tal que alcance las  $\frac{3}{4}$  parte de dicho recipiente.
2. Masa la piedra. Luego haga una bola de plastilina de modo tal que la masa de la plastilina sea la misma que la piedra.
3. Mida 10 cm del extremo de la varilla hacia el centro, y marque con un lápiz dicha distancia. Repita el procedimiento para el otro extremo de la varilla.

4. Corte dos trozos de hilo, lana o pitilla, de 20 cm. Ate a un extremo del primer hilo la piedra y a un extremo del segundo hilo una bola de plastilina del mismo tamaño que la piedra.
5. Ate el otro extremo del hilo con piedra en una de las marcas que realizó a la varilla, y el otro extremo del hilo con plastilina en la segunda marca de la varilla. Procure que tanto la plastilina como la piedra queden a la misma altura con respecto a la varilla.
6. Marque el centro de la varilla. Luego ate un trozo de hilo de 20 cm y átelo al centro de la varilla (justo en la marca realizada).
7. Levante la varilla, tomándola del hilo del centro, e introduzca lentamente la plastilina y la piedra, procurando que los hilos queden totalmente extendidos, hasta que estén totalmente sumergidos la piedra y la plastilina.



**Figura 15: Balanza peso oro de Arquímedes sosteniendo dos objetos**

## Análisis

Una vez realizado todo el procedimiento, responda las siguientes preguntas:

1. ¿Qué sucede con la balanza cuando suspende ambos objetos en el aire?
2. ¿Qué ocurrió con la balanza cuando sumergió los dos cuerpos a la vez?
3. Indique cómo influye el empuje con respecto al fenómeno observado
4. ¿Cuál objeto sumergido alcanza mayor profundidad? De una explicación a dicha diferencia de altura.
5. Conociendo la leyenda de la corona del rey Hierón hubiese sido posible determinar si la corona del rey era completamente de oro utilizando la balanza peso oro de Arquímedes. Argumenta tu respuesta.

## 5.4 Unidad didáctica principio de Arquímedes

### Nivel:

- Tercer año de enseñanza media NM3

### Unidad 2:

- Hidrostática

### Subtema:

- Principio de Arquímedes

### Tiempo destinado:

- Cinco horas pedagógicas

### Contenido Mínimo Obligatorio (CMO):

- El principio de Arquímedes introducido a través de la observación experimental.
- Determinación de las condiciones de flotabilidad de un objeto: su dependencia de la naturaleza del fluido, por ejemplo, agua, aire, etc.
- Elaboración de una tabla de datos experimentales; uso de gráficos y análisis de tendencias.

### Aprendizaje Esperado:

- “En base al principio de Arquímedes comprenden las condiciones de flotabilidad, por ejemplo, de los barcos”.

### Indicador de evaluación sugerido:

- Explican por qué algunos objetos flotan, otros se hunden y otros permanecen “entre dos aguas”.

#### 5.4.1 Planificación unidad didáctica: Principio de Arquímedes

<b>Título de la unidad didáctica</b>		<b>Principio de Arquímedes</b>
<b>Aprendizaje esperado</b>		En base al principio de Arquímedes comprenden las condiciones de flotabilidad, por ejemplo, de los barcos.
<b>Etapas del ciclo</b>		EXPLORACIÓN
<b>Fase(s) de la clase</b>		INICIO
<b>Tiempo destinado</b>		15 minutos
<b>Objetivos de la etapa</b>		Los estudiantes reconocen que existe una relación entre el empuje y el volumen desplazado por un líquido.
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	Determinación de las condiciones de flotabilidad de un objeto: su dependencia de la naturaleza del fluido, por ejemplo, agua, aire, etc.
	<b>Actitudinal</b>	Participación en la discusión respecto al recuerdo de las conclusiones de las actividades de la unidad: “La fuerza de empuje.
	<b>Procedimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El profesor introduce la interrogante de la relación que existe entre el volumen de un cuerpo sumergido y el volumen desplazado por este, con la fuerza de empuje, recordando las conclusiones obtenidas en la unidad didáctica anterior.</li> <li>• Los estudiantes recuerdan las conclusiones obtenidas en las actividades anteriores.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recopilación de las conclusiones de la unidad didáctica anterior escritas en la pizarra.</li> </ul>
<b>Evaluación</b>		<p>Formativa:</p> <p>Se evalúan los preconceptos de los alumnos. Para eso el docente escribe las palabras claves que surgen en el pizarrón.</p>

<b>Etapa del ciclo</b>	REFLEXIÓN	
<b>Fase(s) de la clase</b>	DESARROLLO	
<b>Tiempo destinado</b>	45 minutos	
<b>Objetivos de la etapa</b>	Los estudiantes reconocen que el volumen del líquido desplazado por un cuerpo sumergido en un fluido tiene el mismo peso que la fuerza de empuje.	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Conceptual</b>	Elaboración de una tabla de datos experimentales; uso de gráficos y análisis de tendencias.
	<b>Actitudinal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigurosidad al momento de realizar el procedimiento del experimento.</li> <li>• Colaboración y trabajo en equipo.</li> </ul>
	<b>Procedimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El profesor da las indicaciones para realizar la actividad 1: “El Principio de Arquímedes”</li> <li>• Los estudiantes realizan la actividad 1</li> <li>• Los estudiantes socializan sus resultados después de realizar la Actividad 1.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guía actividad 1: “El Principio de Arquímedes”</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	Formativa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mediante las respuestas que dan los grupos respecto al resultado de ambos experimentos.</li> </ul>	



<b>Etapa del ciclo</b>	CONCEPTUALIZACIÓN	
<b>Fase(s) de la clase</b>	DESARROLLO	
<b>Tiempo destinado</b>	20 minutos.	
<b>Objetivos de la etapa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los estudiantes junto con el docente proponen una solución al problema de la corona del rey Hierón.</li> <li>• Se presenta el principio de Arquímedes ajustándose a su relación matemática.</li> </ul>	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Concep tual</b>	Determinación de las condiciones de flotabilidad de un objeto: su dependencia de la naturaleza del fluido, por ejemplo, agua, aire, etc.
	<b>Actitudi nal</b>	Reconocimiento del trabajo científico y su relación histórica.
	<b>Procedi mental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El docente institucionaliza la noción científica del principio de Arquímedes mostrando su relación matemática.</li> <li>• Los estudiantes participan en una discusión guiada por el docente respecto a si en algún momento pudieron lograr reconstruir el principio de Arquímedes mediante la actividad 1: “El principio de Arquímedes” teniendo en cuenta los aspectos socio-históricos.</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación Power Point</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	Evaluación formativa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Posibles soluciones para el problema de la corona del rey Hierón.</li> </ul>	

<b>Etapa del ciclo</b>	APLICACION	
<b>Fase(s) de la clase</b>	CIERRE	
<b>Tiempo destinado</b>	10 minutos.	
<b>Objetivos de la etapa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar el principio de Arquímedes para darle respuesta a la flotabilidad de los objetos</li> </ul>	
<b>C O N T E N I D O S</b>	<b>Concep tual</b>	Determinación de las condiciones de flotabilidad de un objeto: su dependencia de la naturaleza del fluido, por ejemplo, agua, aire, etc.
	<b>Actitudi nal</b>	Participación en la resolución de problemas propuestos por el docente.
	<b>Procedi mental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El profesor concluye el tema de la fuerza de empuje y el principio de Arquímedes a situaciones generales.</li> <li>• Los estudiantes proponen soluciones a preguntas propuestas por el docente donde se vea reflejado el principio de Arquímedes (ver sugerencias al docente)</li> </ul>
<b>Recursos de aprendizaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación PPT</li> </ul>	
<b>Evaluación</b>	Formativa: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A través de las respuestas de las preguntas que propone el profesor que pueden ser resueltas en la clase si el tiempo lo amerita o a modo de tarea</li> </ul>	

**Tabla 11. Planificación Principio de Arquímedes**

#### 5.4.2 Sugerencias al docente unidad didáctica Principio de Arquímedes

Exploración (15 min)

Objetivo: *Los estudiantes reconocen que existe una relación entre el empuje y el volumen desplazado por un líquido.*

- Sabiendo que cuando un cuerpo es sumergido en un fluido, este desplaza un volumen igual al volumen del cuerpo sumergido, se introduce la interrogante de la relación que existe entre este fenómeno y el empuje sentido por el cuerpo.
- Para esto es necesario recordar las conclusiones obtenidas en la unidad didáctica anterior con respecto a la densidad, el empuje y como éste afecta en materiales distintos de diferentes masas.
- Valdrá la pena recordar que para estos efectos el empuje será mayor en el material menos denso.
- Para introducir el principio de Arquímedes se sugiere la siguiente actividad.

Reflexión (45 min)

Objetivo: *Los estudiantes reconocen que el volumen del líquido desplazado por un cuerpo sumergido en un fluido tiene el mismo peso que la fuerza de empuje.*

- Para esta etapa es esencial el procedimiento de la actividad experimental sugerida: “El principio de Arquímedes” ya que de los datos de esta se podrá concluir el principio de Arquímedes.
- Es importante supervisar que el procedimiento se cumpla a cabalidad, para disminuir el error instrumental, el docente puede revisar cada grupo verificando la precisión del trabajo.
- Luego de obtener los datos, se espera un momento para socializar las conclusiones obtenidas para poder pasar a la siguiente etapa.

- Puede preguntar a sus estudiantes que analicen cómo Arquímedes pudo comprobar el principio que lleva su nombre sabiendo que en aquellos tiempos no existían balanzas ni dinamómetros.

Conceptualización (20 min)

Objetivo 1: *Los estudiantes junto con el docente proponen una solución al problema de la corona del rey Hierón.*

Objetivo 2: *Se presenta el principio de Arquímedes ajustándose a su relación matemática.*

- Es importante en esta etapa retomar la leyenda de la corona del rey Hierón para anclar todas las actividades.
- Para esto se puede recordar la leyenda y junto a los estudiantes proponer una solución para el problema de la corona manteniendo siempre en consideración los conceptos clave como: densidad, igualdad de masas, diferentes materiales, volumen del líquido desplazado, empuje.
- Se espera que los estudiantes reconozcan que una corona de oro al ser más densa, si se sumerge, siente un empuje menor que una corona de plata de la misma masa.
- Luego de analizar el problema de la corona, se formaliza el principio de Arquímedes con su expresión matemática correspondiente.
- Es importante enfatizar la generalización del principio y poder llevarlo a distintos materiales y fluidos.

Aplicación (10 min.)

Objetivo: *Aplicar el principio de Arquímedes para darle respuesta a la flotabilidad de los objetos*

- Debido a lo extenso de las actividades propuestas en las unidades didácticas realizadas para el principio de Arquímedes se sugiere que el estudiante indague fuera del horario de clases, respecto a las siguientes interrogantes.
  1. ¿Por qué un submarino puede flotar y hundirse?
  2. ¿Cuál debería ser el volumen de un barco (no macizo) hecho de hierro para que pueda flotar en el mar?
  3. Si un cuerpo no sumerge el cuerpo completo, por ejemplo un corcho, con respecto al volumen de líquido que desplaza ¿Es cierto que el volumen de líquido desplazado corresponde al volumen total del objeto?
  4. Suponiendo que el rey Hierón le dio a su orfebre 1 kg. De oro para hacer la corona, pero él le devolvió una corona compuesta por 0,2 kg. De plata y el resto en oro. ¿Cuál es el volumen de líquido desplazado si la corona de aleación plata-oro se sumerge en agua?, Comparado con el volumen de una corona de 1 kg. De oro ¿Cuál es la diferencia de volumen?
  5. ¿Qué método hubieses seleccionado tú para solucionar el problema de la corona del rey Hierón la balanza peso oro, o determinar el volumen que desplazan dos objetos de igual masa pero distinta densidad?

### 5.4.3 Actividades unidad didáctica: Principio de Arquímedes

#### Actividad 1: “El principio de Arquímedes”

##### Materiales:

1. Una balanza digital.
2. Un dinamómetro de sensibilidad 0,1 Newton como mínimo
3. Un vaso de precipitado de sensibilidad de 1-5 ml y de rango mínimo de 100 ml.
4. 1 gotero.
5. 4 piedras de distinto tamaño que se puedan introducir sin problema en el vaso precipitado.
6. Hilo, lana o pita.

##### Procedimiento:

1. Mase las 4 piedras y construya con plasticina 4 bolitas que tengan la misma masa que las piedras.
2. Llene con agua el vaso de precipitado cuidando que pueda realizar el paso 3.
3. Introduzca cada piedra de tal manera que no sobrepase el rango del vaso de precipitado
4. Anote el volumen de agua desplazada
5. Sabiendo la densidad del agua ( $1 \text{ gr/cm}^3$ ) calcule la masa del volumen de agua desplazado.
6. Determine el peso de cada piedra sumergida en agua con ayuda del dinamómetro utilizando  $g=9,8(\text{m/s}^2)$
7. Repita el procedimiento para las 4 bolitas de plastilina y complete la tabla

Peso piedras $M_p$ (gramos fuerza)	Volumen de agua desplazada	Peso del agua desplazada (gramos fuerza)	Peso de a piedra sumergida $M_s$ (gramos fuerza)	Diferencia $M_p - M_s$ (gramos fuerza)

**Tabla 12: Datos piedras actividad El principio de Arquímedes**

Peso bolitas de plastilina (gramos fuerza)	Volumen de agua desplazada	Peso del agua desplazada (gramos fuerza)	Peso de a piedra sumergida $P_s$ (gramos fuerza)	Diferencia $P_p - P_s$ (gramos fuerza)

**Tabla 13: Datos bolas de plastilina actividad El principio de Arquímedes**

### Análisis

1. ¿A que se deben las diferencias de peso?
2. Compare los datos de las columnas del peso del agua desplazada con las diferencias de peso ¿Qué puede observar con respecto a esta comparación?
3. ¿Qué puede concluir luego de terminar la actividad?
4. Escribe las ventajas y las desventajas a la que se vio enfrentado Arquímedes a la hora de resolver el problema de la corona del rey Hierón.
5. ¿Qué piensas que hubiese pasado si todos los documentos que hizo Arquímedes hubiesen sido fielmente conservados?
6. Escribe tu opinión respecto a que Arquímedes dedicara parte de su investigación a preparar defensas de guerra.

## 6. CONCLUSIONES

Considerando los objetivos propuestos para este seminario, las conclusiones obtenidas son las siguientes:

Con respecto al primer objetivo específico propuesto “Analizar cómo se abordan los aspectos históricos de la física en el currículum nacional” se concluye:

- En el análisis del currículum nacional en torno a los subtemas que se seleccionaron para la realización de las unidades didácticas, se pudo observar que existe la tendencia de una mayor inclusión de la historia de las ciencias en los nuevos programas de estudio de primero y segundo medio cuya fecha de edición es del 2011, en comparación al currículum del tercer año de enseñanza media del 2006, esto se ve reflejado en el aumento del número de contenidos de carácter histórico como en los aprendizajes esperados de cada unidad de los planes y programas.
- Se observó también que la HFC a pesar de estar incluida en los programas de estudio, en general se ve reflejada en actividades propuestas para desarrollar fuera del horario de clases, esta consecuencia se deriva de la prioridad que proponen los textos del ministerio a los contenidos propiamente físicos evidenciado en el número de éstos en comparación a los de carácter histórico filosóficos.

Con respecto al segundo objetivo “*Identificar cómo los docentes de física incluyen los contenidos de carácter histórico y filosófico*”.

- Se pudo detectar que los docentes encuestados consideran que la historia y filosofía de las ciencias es una herramienta positiva a la hora de tratar contenidos físicos, pero que solo dos tercios de ellos las incluía



dentro de sus planificaciones y quienes no lo hacían era por el tiempo que requerido para crear el material.

- Los docentes que incluían la historia en sus planificaciones lo hacían a modo de contextualizar el contenido físico en sus explicaciones y no en actividades a desarrollar por parte del estudiantado.
- Con respecto a la encuesta docente realizada y el número de docentes que pudieron responderla, el tamaño de la muestra es insuficiente para poder ser representativa del universo de la población, esta es, los docentes de física de Chile. Por lo tanto solo se pudo identificar cómo los docentes de física encuestados incluyen los contenidos de carácter histórico filosófico.

Las conclusiones que deja el tercer objetivo específico: *“Utilizar el carácter evolutivo que ha tenido la Física durante la historia además de su dimensión humana, como herramienta para la creación de las unidades didácticas”*. Son:

- El cumplir con este objetivo puso en evidencia nuestras concepciones en torno al concepto de ciencia, ya que para poder crear las unidades didácticas fue necesario abordar no solo el saber científico propiamente tal si no que también incluir el saber histórico.
- La inclusión de ambos saberes y la prioridad que se da a uno por sobre otro varía según la unidad didáctica creada, así por ejemplo la unidad de Principio de Arquímedes debió dividirse en dos unidades una de clara prioridad científica y la segunda creada en base a contenidos históricos. Por lo tanto la creación de unidades didácticas y la utilización de la historia, depende del contenido que se trate.

- Para la creación de una unidad didáctica utilizando el carácter evolutivo que ha tenido la física es necesario conocerlo. Esto pareciese ser evidente pero no había sido conocido sino hasta el desarrollo de este seminario.
- Al conocer dicho carácter evolutivo se notó que presenta una riqueza didáctica interesante para su utilización en la enseñanza de la Física y sabiendo que son variados los contenidos que presentan este carácter nos motivó de grata manera en la construcción de nuestras Unidades Didácticas, y concluimos en ese sentido que este objetivo específico de nuestra investigación de seminario se cumple.

El cuarto objetivo específico: *“Elaborar material de apoyo para la ejecución de las Unidades Didácticas: guía para el docente, material complementario, planificación de clases, en base al ciclo de aprendizaje de Kolb”*, deja las siguientes conclusiones

- Es necesario dar una secuenciación a la creación del material para que éste tenga coherencia. En ese sentido y tomando en cuenta los distintos instrumentos creados lo primero que se debe crear es la planificación ya que esta permite dar una mirada general al tema que se debe tratar resumiendo todos los factores que están involucrados a la hora de realizar la clase y por consiguiente implementar la unidad didáctica. Las actividades de los estudiantes es lo que se debe crear a continuación ya que es la principal herramienta a la que se ve enfrentada el estudiante. Luego las recomendaciones al docente que permiten el nexo entre la planificación y las actividades, por último lo referido al material del docente como las presentaciones power point y las lecturas históricas.

- El ciclo de aprendizaje de Kolb permitió establecer una secuencia temporal en el desarrollo de la unidad didáctica lo cual facilitó la creación de esta ya que se ajusta a la también secuencia temporal que debe existir al momento de hacer una clase, esto es: inicio, desarrollo, cierre.

En líneas generales el cumplimiento de los objetivos específicos permitieron cumplir el objetivo general y hacia el cual está referido el título del seminario, o sea, *el diseñar unidades didácticas basadas en los ciclos de aprendizaje, con el fin de facilitar al docente la creación de material sobre contenidos curriculares específicos de carácter histórico-filosófico para la enseñanza de la Física a nivel de enseñanza media.*

- El hecho de que el material se encuentre creado acorde a los programas de estudios vigentes a la fecha ya representa una disminución en la carga temporal que presentan los docentes a la hora de diseñar planificaciones, crear material para el estudiante e incluso incluir las TIC. Disminuir la carga temporal del quehacer docente es claramente un facilitador a sus labores, lo cual cumple el objetivo general del seminario.

Las conclusiones referidas al desarrollo general de nuestro seminario son las siguientes:

- Identificamos que la construcción de conocimiento científico presenta un carácter normativo, fijado netamente por el mismo quehacer científico, y también por el interés de la Filosofía de las Ciencias en dar dichos criterios normativos a la práctica científica. Las investigaciones relacionadas al respecto se vienen dando fuertemente desde los últimos 30 años, pero con la dificultad de que en el campo de la Didáctica de la

Ciencia, en específico con la Didáctica de la Física, las implementaciones son relativamente pocas, pero que sin embargo de a poco va tomando interés en los investigadores de la Didáctica.

- A pesar de pensar las Unidades Didácticas en un principio hacia la enseñanza, no se dejó de lado el aprendizaje que implica. Por ello nuestro trabajo apuntó también hacia el del estudiante. Dicho enfoque presentó también una apreciación considerable y relevante con respecto a cómo los estudiantes aprenden, relacionado directamente con la psicología educativa y su implicancia neta en la metodología planteada; en nuestro caso el Ciclo de Aprendizaje, el cual nos proporcionó una interesante secuenciación que tiene por objetivo el desarrollo del proceso cognitivo del estudiante, centrándonos en el enfoque constructivista; hacia la línea actual de la didáctica presente en la enseñanza de las ciencias.
- Finalmente podemos mencionar que dar un contexto histórico y/o filosófico a la enseñanza de la ciencia, puede hacer que tanto el mismo docente como el estudiante se interese más por el saber científico y su práctica, ya que, al incorporar este tipo de temas, podemos incluir variados perfiles de estudiante, no necesariamente aquellos con gustos hacia el área científica y así evitar la clase tradicional enfocada hacia la exposición de contenidos.
- Nuestra motivación como futuros profesores es y será siempre mejorar la enseñanza de la ciencia por lo tanto nuestra propuesta apunta hacia esa línea, en favor de nuestros estudiantes.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Lombardi, O. (1997). La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencia: argumentos y contraargumentos. *Enseñanza de las ciencias*. 15(3), 343-349.
- Solves, J. y Traver, M. (2001) Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: Mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las ciencias*. 19(1), 151-162.
- Furió-Gómez, C., Solbes, J. y Furió-Mas, C. (2007). La historia del primer principio de la termodinámica y sus implicaciones didácticas. *Eureka*. 4(3). 361-475.
- Romero, F. (1998). Una pequeña reflexión sobre los problemas de investigación de didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), pp. 171-174.
- Iranzo, V. (2005). Filosofía y enseñanza de las ciencias. *Quaderns de filosofia i ciència*, pp. 19-43.
- Guridi, V. Arriasecq I. (2004). Historia y filosofía de las ciencias en la educación polimodal: propuesta para su incorporación al aula. *Ciência & Educação*. p. 307-316.
- Esteban, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3). 399-415.
- Cols, E. Amantea, A. Basabe, L. y Fairstein, G. (2006), La definición de propósitos y contenidos curriculares para la enseñanza de las ciencias naturales: Tendencias actuales y perspectivas. *Praxis Educativa*, 10. 50-67.
- Vásquez, F. El dogma y el dogmatismo. (Paper)
- Defez, A. (2000). Dogma, dogmatismo y escepticismo. *Compendio de epistemología*. 188-191.
- -De Hosson, C. (2011). Una controversia histórica al servicio de una situación de aprendizaje: una reconstrucción didáctica basada en diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo de galileo. *Enseñanza de las ciencias*, 29(1). 115-126.

- Dávila, J., Núñez, L. (1992). Heidegger, la Empresa Científica y el Dogmatismo. *Interciencia*, 17(4).
- Rodríguez, A. (2003). *Arquímedes el genio de Siracusa*.
- Kuhn, T. (1962/2004). *La estructura de las revoluciones científicas*. (8<sup>va</sup> reimpresión), FCE.
- García, P. (2001). Principales “giros” en la filosofía de la ciencia contemporánea. *AGORA*, 20(1).201-219.
- Sánchez Ron, J. (1988). Usos y abusos de la historia de la física en la enseñanza. *Enseñanza de la ciencia*, 6(2). 179-188.
- Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 11(3). 331-339.
- Iparraguirre, L. (2007). Una propuesta de utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza de un tema de física. *Enseñanza de las ciencias*, 25(3). 423-434.
- Teresinha, N. y Moreira, M. Un enfoque epistemológico de la Física: una contribución para el aprendizaje significativo de la Física, con muchas cuestiones sin respuesta. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 9(2). 283-308.
- Jeans, J. (1960). *Historia de la física*. México: Fondo de cultura económica.
- Rivera Palomino, Juan. Filosofía y globalización; Serie Ciencias Sociales. Fondo Editorial del Pedagógico San Marcos; Lima-Perú.
- Carlos Pérez (1998). Sobre un Concepto Histórico de Ciencia; de la epistemología actual a la dialéctica. LOM Ediciones. Universidad ARCIS.
- Eusebio Painemal, Ph. D. (2000). Ciclo de aprendizaje y el proceso de investigación aplicada.
- Jeremías Gómez Pawelek. (2007). El Aprendizaje Experiencial. Universidad de Buenos Aires.
- Vasco Carlos E. y otros. (2001). “El Saber tiene Sentido” una propuesta de integración curricular.-Editorial CINEP. Bogotá.

- Cofré Hernán. (2010). “Como mejorar la enseñanza de las ciencias en Chile. Perspectivas internacionales y desafíos nacionales”. Ediciones Universidad Católica Silva Henríquez. Chile
- Rodríguez Palmero, M. Luz. (2004). La Teoría del Aprendizaje Significativo. Centro de Educación a distancia. C/Pedro Suárez Hdez, C.P. n°38009. Santa Cruz de Tenerife

## **8. ANEXOS**







## Guía 2: Experimento doble rendija

**Integrantes:**

**Curso:**

**Materiales:**

- Una vela
- Encendedor
- Dos hojas de afeitar.
- Un puntero laser
- Un trozo de vidrio de 10x5 centímetros
- Un soporte fijo para colocar el vidrio, puede ser plastilina.
- Pinzas

**Procedimiento**

10. Prenda la vela con el encendedor.
11. Con unas pinzas tome el trozo de vidrio,
12. Acerque una cara del vidrio a la vela encendida
13. Comenzará a notar que el vidrio se pondrá negro debido al hollín o carboncillo que queda en la superficie del vidrio.
14. Propicie que toda la cara del vidrio quede con una capa homogénea de carboncillos
15. Tome ambas hojas de afeitar y júntelas procurando que el filo de las dos hojas quede en el mismo lado.
16. Luego ate con una huincha ambas hojas juntas para que no se separen
17. Deslice dichas hojas sobre la película de carboncillo del vidrio, hasta que se formen dos líneas muy delgadas y juntas, obtendrá algo parecido al dibujo.

18. Ya realizadas las líneas en el vidrio, se debe dejar este vidrio fijo sobre la plastilina y todo sobre la mesa que debiera estar a lo menos a tres metros de una pared.

#### Análisis

- *¿Cuántas franjas puede usted visualizar? Realice una explicación al fenómeno observado y proponga un esquema que muestre lo que usted observó*
  
- *¿Piensa usted ahora, que su formulación en la actividad anterior de Formación de Sombras sobre qué es la luz es incorrecta o correcta? Explique, relacionando la formación de sombras con lo observado en el experimento de la doble rendija*
  
- *Con respecto a lo pensado por usted, ¿Con cuál pensador antiguo se siente identificado en similitud de ideas?*

## Lectura Complementaria para el docente tema Naturaleza de la Luz

### ¿Qué es la luz?

#### Según los griegos...

La Luz ha sido tema desde principio de los tiempos civilizados. Dentro de la rama de la física, después de la astronomía, el estudio de la luz apasionó hasta a los más grandes pensadores de los pueblos antiguos, entre ellos los griegos, los cuales dieron los primeros indicios sobre la naturaleza de la luz y sus características.

Los Pitagóricos hicieron grandes y sorprendentes acercamientos con la ciencia moderna. Enseñaron que la luz se propagaba desde un objeto luminoso hasta el ojo del observador en forma de partícula, lo cual resultó ser una grandiosa anticipación a la Teoría Corpuscular de la Luz de Isaac Newton, así como de la Teoría Cuántica de principios del siglo XX.

Empédocles enseñó también que la Luz es una especie de perturbación que se propagaba en un medio y empleando en ello un tiempo, lo cual resultó ser otro gran acercamiento hacía la ciencia moderna anticipando la Teoría Ondulatoria de Huygens.

Platón y su discípulo Aristóteles imaginaron principalmente, de manera errónea, que la Luz eran rayos que se propagaban en línea recta, desde la mirada del observador hasta chocar con el objeto; entonces lo ve. Vale decir, cuando queremos ver un objeto lo vemos de manera similar a cuando palpamos algo con las manos en plena oscuridad.



Al igual que Platón y Aristóteles, Euclides plantea que la Luz no puede venir del objeto, ya que si fuese así veríamos una aguja en el suelo todo el tiempo, cosa que no ocurre.

Pero ¿por dónde se propaga la luz? Esta fue una gran interrogante de los grandes pensadores antiguos, e incluso ya más modernos. Los griegos con los avances filosóficos y astronómicos comenzaron a dudar sobre sus orígenes divinos y los dioses que adoraban. Ello les motivo a pensar sobre de que realmente están hechas las cosas, con lo que teorizaron sobre los elementos fundamentales de la materia; el agua, la tierra, el fuego y el aire, pero también proponían un elemento más fundamental que los otros. Así, Anaximandro, el evolucionista, propone el objeto fundamental y principal como un “medio continuo e infinito” que llenaba todo el espacio. De Anaximandro surge la idea del *Éter*, elemento que defendió fuertemente Aristóteles como el quinto elemento, o también conocido como “La Quinta Esencia”, tras los restantes elementos agua, tierra, viento, fuego. El concepto de éter responde a la inquietud sobre el medio de propagación de la Luz; si el

sonido debe propagarse en un medio material, la Luz también debiese propagarse en un medio material; concepto que perduró hasta fines del siglo XIX.

### Según Newton...

**D**urante el siglo XVII, o sea, entre los años 1600 y 1700, se desarrolló el período de la física clásica, en el cual se inició el debate más trascendental sobre la naturaleza de la luz.

Dos grandes físicos contemporáneos Isaac Newton y Christiaan Huygens presentaban sus propias teorías con respecto a la naturaleza de la luz. Su finalidad era dar respuesta a esta interrogante interesante: ¿Qué es la luz?



La teoría de Newton:

Isaac Newton (1643-1727), el famoso físico matemático al cual quizás conozcas por la anécdota de la manzana en la cabeza, fue un científico muy reconocido en su época.

Newton que se dedicaba a la docencia universitaria y priorizaba en el contenido de sus cátedras (clases) el tema de la luz ya que era algo que le apasionaba, pero ¿Cuál era la teoría de Newton acerca de la luz?

Lo principal de la teoría Newtoniana, es que presentaba a la luz como una “granizada de corpúsculos”, es decir granitos luminosos que viajaban en línea recta y que estas atravesaban medios transparentes.

Como cualquier teoría científica esta debe dar respuesta a diversos fenómenos, por ejemplo el hecho de que la luz de una linterna se refleje en un espejo se puede explicar a través de esta teoría de corpúsculos o corpuscular de manera que los granitos de luz rebotan en el espejo. Otro fenómeno que pudo ser explicado por la teoría de Newton es la intensidad; él suponía que una mayor intensidad luminosa porque habían más granitos de luz y el hecho de que los ojos dolieran porque se mira una luz muy intensa es porque estos no soportan la cantidad de granitos de luz que llegan a los ojos. Por otra parte, la luz de diferentes colores consiste en granos de diferentes tamaños, los más pequeños correspondientes al color violeta y las más grandes al color rojo.

Todos estos fenómenos pueden ser explicados mediante la teoría corpuscular de Newton.

### Según Huygens...

**C**hristian Huygens (1629-1695) fue un científico que dedicó gran parte de sus investigaciones a elaborar una teoría ondulatoria para la luz, y que fue un crítico de la teoría corpuscular que planteó Newton. Ambas teorías fueron publicadas por estos científicos, sin embargo la de Huygens fue ampliamente rechazada, debido principalmente a la gran influencia y prestigio que tenía Newton, a lo cual se sumaba la falta de lenguaje matemático que la respaldara.

La teoría ondulatoria de la luz de Huygens no fue un simple capricho u ocurrencia sin sentido que salió de su mente, si no que fue un razonamiento a partir de concepciones que tenía este científico acerca del mundo. Estas concepciones se basaban en la corriente filosófica de la cual Huygens era partidario, la llamada *filosofía mecanicista*, específicamente al *mecanicismo clásico*.



El mecanicismo es la doctrina según la cual toda realidad natural tiene una estructura comparable a la de una máquina, de modo que puede explicarse de esta manera basándose en modelos de máquinas. El mecanicismo sostiene que toda realidad debe ser entendida según los modelos proporcionados por la mecánica, e interpretada sobre la base de las nociones de materia y movimiento. El reloj fue durante mucho tiempo el prototipo de máquina (que por una parte liga el tiempo con el espacio que debe recorrer el péndulo o las agujas del reloj mismo), aparecido como el modelo de las concepciones mecanicistas de los siglos XVII hasta mediados del siglo XIX. Se trata de una idea radical, porque constituye no sólo un modo de entender la física de los cuerpos, es decir lo que se llamó mecánica moderna, sino una verdadera filosofía, es decir una concepción del mundo en su conjunto.

En los años en que Huygens comenzó sus trabajos acerca de la teoría ondulatoria ya se conocían las características del sonido y se sabía que era una onda que se propagaba a través del aire, de manera que lo hacía vibrar, de esta forma Huygens hizo una analogía para la luz, por tanto asumiéndola como una onda mecánica longitudinal. Como la luz se propaga por todo el espacio, Huygens tuvo que recurrir al éter, entendido como un medio que inunda dicho espacio y se deforma al paso de la onda luminosa. El principio de Huygens predice comportamientos de la luz que la teoría corpuscular de Newton no pudo explicar. Uno de ellos es la doble refracción aire-vidrio-aire, en la que la luz se desvía acercándose a la dirección normal al pasar del aire al vidrio y recupera la dirección inicial al volver al aire. Por otro lado, la teoría de Huygens, a diferencia de la de Newton, no podía explicar la propagación en línea recta de la luz.

### Bibliografía Utilizada

- Libro Historia de la Física. James Jeans. Breviario traducción en México 1965
- Artículo Debate Histórico sobre la Naturaleza de la Luz. Manuel Alonso Sánchez. IES Leonardo Da Vinci de Alicante
- Tipens, “Física: Conceptos y Aplicaciones”, ed. Mc Graw Hill.



## Anexo 3: PPT para la etapa de contextualización Naturaleza de la Luz



### Lo que haremos...

- Durante la clase realizaremos:
  - Restitución en la actividad pasada
  - Análisis sobre la naturaleza de la luz, desde la antigüedad hasta hoy en día
  - Definición sobre qué es la luz, tomando en consideración lo que pudimos observar, y lo que pudieron ver los científicos.

### Objetivo de Clase

- *Analizar y sintetizar las concepciones construidas por los estudiantes, y su relación con lo que han planteado los grandes pensadores y científicos sobre la naturaleza de la luz.*

### Inicio...

- ¿Qué pudimos concluir con respecto a la formación de sombras?



- ¿Qué pudimos concluir con respecto a la formación de franjas?



- Lo que observamos y concluimos también lo pensaron los grandes pensadores de la humanidad y científicos connotados como Isaac Newton y Christian Huygens.

- **¡¡A que somos grandes pensadores también !!**



**Veamos brevemente que pensaban los grandes científicos...**

## La luz según los griegos

- La Luz ha sido tema de discusión desde tiempos antiguos.
- Los Pitagóricos pensaban que los rayos luminosos salían disparados desde los objetos luminosos al ojo en forma de partícula.
- ¡¡Un gran acercamiento a lo que pensaba Newton !!

- Al contrario de los Pitagóricos, grandes pensadores como Platón, Aristóteles y Euclides plantearon que la luz viajaba en línea recta, desde los ojos a los objetos.
- Si fuese cierta esta afirmación, ¿Podríamos ver los objetos en la noche?

- También Empédocles aportó en la discusión sobre la luz, apuntando que la luz es una especie de perturbación que se propagaba en un medio y empleando un tiempo en ello, de forma análoga al Sonido.
- ¡¡Otro gran acercamiento a la ciencia moderna de Huygens!!
- Pero, si la luz tiene un comportamiento como el sonido, ¿por dónde se propaga?

## El Éter

- Los pensadores antiguos se preocuparon de saber de qué estamos hechos, cuál era el elemento principal que constituye la base de todo. Anaximandro propone este elemento como un “medio continuo e infinito” y le llama Éter o Quinto Elemento.
- Con respecto a la luz, se pensó hasta muy poco que el medio de propagación de la luz era el éter.

## Las teorías actuales de la Luz

- Ya en los tiempos modernos del siglo XVII, aparecen dos teorías sobre la naturaleza de la luz: la Teoría Corpuscular de la Luz de Isaac Newton y la Teoría Ondulatoria de Christian Huygens.

- Ambos científicos trabajaron el comportamiento de la luz, basados en los pensamientos de los griegos y que la luz se propagaba en el famoso Éter.

## Teoría Corpuscular de la Luz

- Propuesta por Isaac Newton, esta teoría nos dice que la luz está formado por pequeñas pelotitas o corpúsculos que viajan en línea recta.
- Esto explica la formación de sombras, mostrando que las partículas de luz chocan con el objeto iluminado, y los que no siguen de largo, formando luz y sombra. Además, vemos los objetos ya que los corpúsculos de luz chocan con el objeto y se reflejan al ojo. Con respecto a los colores, Newton pensó que éstos eran pelotitas de distinto tamaño dependiendo del color.

En la astronomía por ejemplo, siendo la luz vista como partícula, ésta debiese curvarse o verse afectada al pasar por un astro gigante, como el Sol, bajo el efecto de la gravedad. Esto responde a lo que se llama en astronomía como **posición aparente y posición real**.

ESTRELLA  
POSICIÓN APARENTE DE LA ESTRELLA  
Luz de la estrella  
SOL  
TIERRA

Fuente: <http://albertosanzcarrasco.wordpress.com/page/2/>

## Teoría Ondulatoria de la Luz

Pensando la luz como el sonido, Huygens postula que dicha luz es un tipo de perturbación o vibración del éter, que puede propagarse en un cierto tiempo.

Con ello, Huygens intentó explicar de manera geométrica los fenómenos característicos de una onda: reflexión, refracción y difracción.

Sin embargo, debido a la gran aceptación de Newton durante esa época, esta teoría ondulatoria no fue tomada en cuenta, hasta que ya en 1801 un médico llamado Young realiza el experimento de la doble rendija

Fuente: <http://infoobservador.blogspot.com/2007/10/el-efecto-byrdall-y-rayleigh.html>

Fuente: <http://karentatic.blogspot.com/>

Como vemos en la imagen, la teoría corpuscular no podía dar respuesta a que se formaran franjas. Debido al carácter ondulatorio de la Luz, el fenómeno de las franjas podría explicarse con el fenómeno de las ondas llamado difracción.

Así, la Teoría Ondulatoria vuelve a tomar valor, y con ello se reconoce como una teoría válida por los científicos más contemporáneos

¿Qué es la Luz entonces?

**NO ESTOY SEGURO SI LA LUZ ES UNA ONDA O UNA PARTÍCULA**

memegenerator.net

- En la actualidad, la luz se considera un fenómeno extraño, difícil de definir concretamente. Hoy por hoy la luz se considera tanto como onda y como partícula, ya que responde tanto a la Teoría Corpuscular de Newton, y a la Teoría Ondulatoria de Huygens.
- Se dice entonces que la Luz tiene un comportamiento Dual

## La Ciencia aún no acaba...

- Como hemos visto, al pasar de los años la humanidad se ha cuestionado constantemente lo que ocurre a su alrededor. El tema de la Luz es una interrogante desde tiempos antiguos, preguntándose simplemente el por qué vemos.
- La Ciencia aún no acaba, no está todo resuelto en la vida, y podemos ser nosotros quienes podamos seguir respondiendo a los fenómenos de la vida.

**Observación:** La presentación PPT en digital también se encontrará en la versión CD del documento

**Anexo 4: Material para los alumnos, Guía de trabajo para las actividades  
1,2,3 y 4 unidad Leyes de Kepler**

**Actividad 1: Trazando órbitas planetarias**

**Nombre:**\_\_\_\_\_ **Curso:**\_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_/\_\_/\_\_

Materiales:

- Lápiz mina
- Goma
- Compás

Procedimiento:

3. Con los materiales que cuentas intenta encontrar la figura geométrica que describe la órbita elíptica de Marte y Saturno.
4. Luego responde las preguntas de análisis.

Análisis:

¿Qué figura geométrica describe la trayectoria de Marte y de Saturno?

---

---

¿Qué diferencia tiene la trayectoria de Marte con la de Saturno?

---

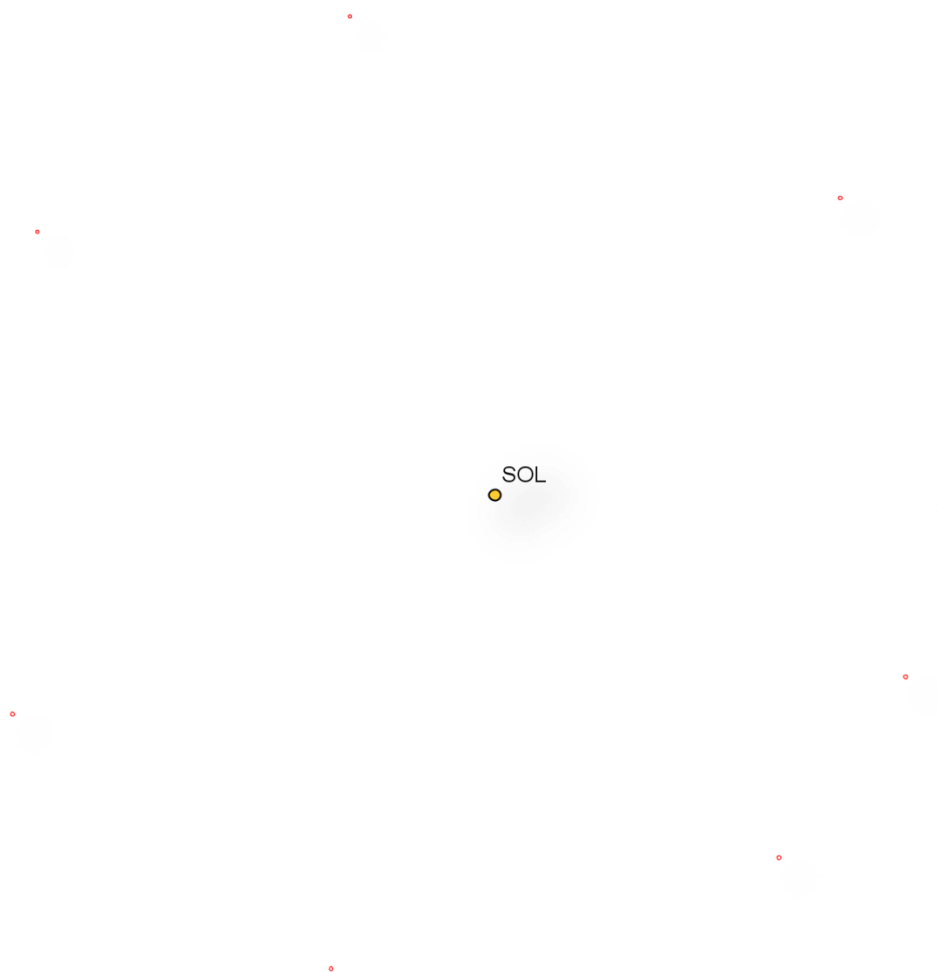
---

¿Qué paradigma histórico derriba la forma geométrica que encontraste, con respecto a la órbita de los planetas?

---

---

## Puntos de la trayectoria de Marte



## Puntos de la trayectoria de Saturno



## Actividad 2: Dibujando una elipse

**Nombre:** \_\_\_\_\_ **Curso:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_/\_\_/\_\_

Materiales:

- Materiales
- Hoja de trabajo
- Lápiz grafito o de distintos colores
- Goma
- Pita, lana o hilo
- 2 chinchas o alfileres
- Trozo de cartón (Tapa de algún block de dibujo o de un cuaderno viejo)

Procedimiento

1. Ponga la hoja de trabajo sobre el cartón
2. Fije cada chinche sobre la marca (X). Observe que una de estas marcas corresponde al Sol.
3. Amarre un extremo de la cuerda a un chinche
4. Fije el lápiz sobre un punto de la trayectoria
5. Tense la cuerda y hágala llegar hasta el punto de la trayectoria donde tiene puesto el lápiz y pásela por detrás de este
6. Mantenga la cuerda tensa y amarre el extremo libre al otro chinche
7. Mantenga la cuerda tensa con el lápiz y a la vez recorra todos los puntos de la trayectoria.

## Análisis

¿Qué sucedería con el dibujo si los chinches estuvieran juntos o muy separados?

---

---

---

Si la elipse era una sección cónica que había sido estudiada por los matemáticos de la Grecia antigua. ¿Por qué no fue tomada en cuenta para la descripción de los cielos?

---

---

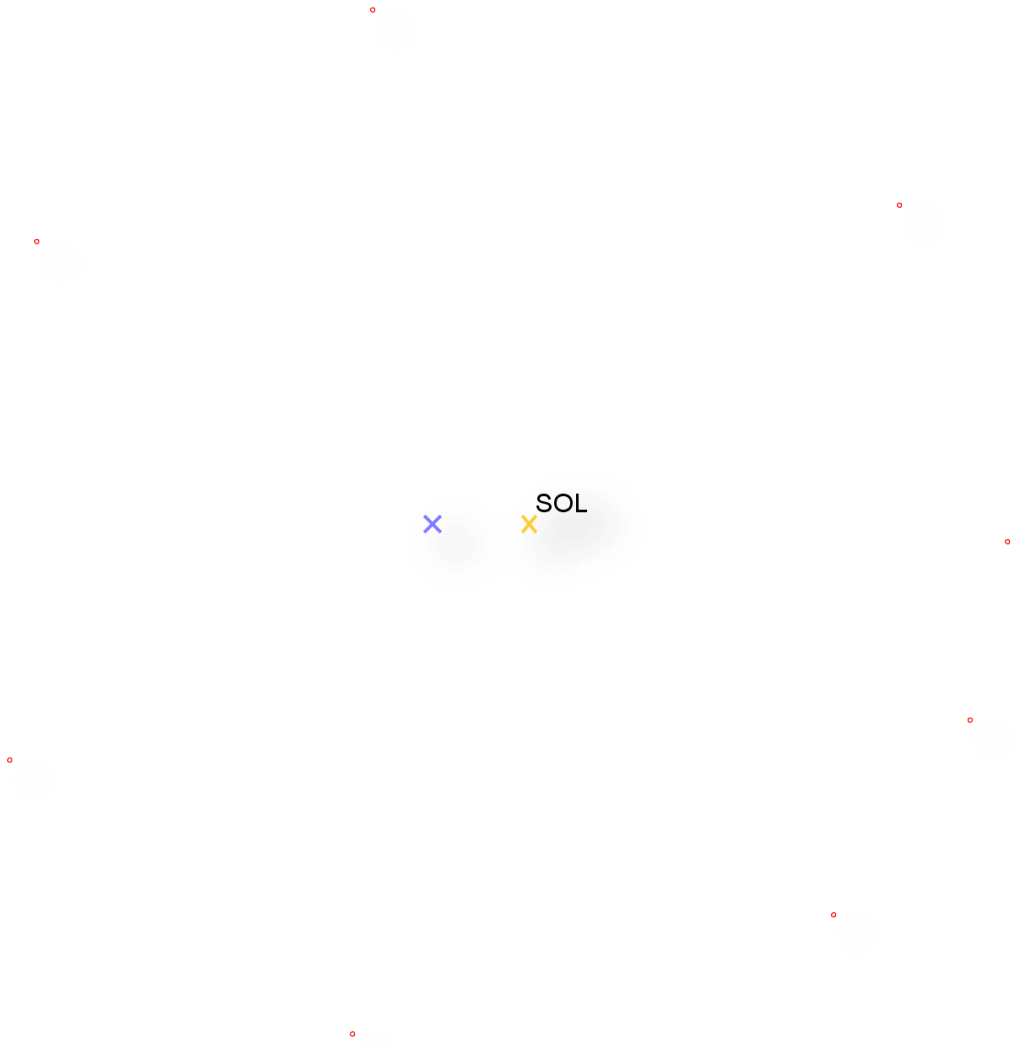
---



## Puntos de la trayectoria de Saturno



## Puntos de la trayectoria de Marte



### Actividad 3: Identificando los elementos de una elipse

Nombre: \_\_\_\_\_ Curso: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_/\_\_/\_\_

Materiales:

- Regla de 30 (cm)
- Calculadora

Procedimiento:

1. Trace una línea recta que pase por el centro de las cruces marcadas.
2. Mida la distancia entre las dos cruces
3. Marque la mitad de esa distancia
4. Trace una línea perpendicular que pase por ese punto.
5. Identifique todos los elementos de la elipse
6. Anote en un costado de la órbita de la elipse las medidas de los elementos (en centímetros)

Análisis:

Completa la siguiente tabla utilizando los materiales que posees

ELEMENTOS	MEDIDAS A ESCALA	MEDIDAS REALES
Semidistancia focal <b>c</b>		
Semieje mayor <b>a</b>		
Semieje menor <b>b</b>		
Excentricidad <b>e</b>		

¿Cuál es la excentricidad de las órbitas de Marte y Saturno? ¿Qué te llama la atención al comparar la excentricidad real con la a escala?

---

---

¿Cuáles son las unidades de la excentricidad?

---

---

¿Qué puede concluir respecto a la excentricidad de las órbitas de los planetas?

---

---

¿Qué sucedería con los elementos si alejáramos o acercáramos los focos?

---

---

¿Qué papel jugaron las observaciones de Tycho Brahe en el trabajo de Kepler?

---

---

Según tu opinión ¿De qué sirve que las orbitas planetarias se reflejen a través la elipse?

---

---

Si tuvieras que escoger entre Ptolomeo, Copérnico, Tycho Brahe y Kepler para realizar una entrevista ¿a quién escogerías? ¿Por qué?

#### **Actividad 4: Determinando la órbita del Cometa Halley**

**Nombre:**\_\_\_\_\_ **Curso:**\_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_/\_\_/\_\_

**Materiales:**

- Lápiz grafito
- Goma
- Compás
- Dos chinchas
- Calculadora
- Hoja de trabajo
- Trozo de cartón del tamaño de la hoja de trabajo

**Procedimiento:**

1. Fije la hoja de trabajo sobre el cartón y posicione la hoja junto al cartón en horizontal.
2. Dibuje un punto en el centro de la hoja, el cual representará el centro de la órbita.
3. Trace una línea horizontal que pase por el punto dibujado.
4. Dibuje uno de los focos de la órbita, a 10 cm del centro.
5. Sea la excentricidad de la órbita del cometa Halley como  $e = 0,97$  y distancia focal = 10cm. Determine el tamaño del semieje mayor de la órbita.
6. Dibuje un punto distanciado del centro según el valor obtenido del semieje mayor calculado en el paso anterior.
7. Repita el procedimiento para el segundo foco.
8. Coloque los Chinchas en los puntos focales.

9. Ate la lana al lápiz y a los dos chinchas y ubique la punta del lápiz sobre cualquier punto extremo del semieje mayor, de modo que la lana quede tensada.
10. Manteniendo siempre tensada la lana, trace una elipse.

Análisis:

Con respecto a la actividad realizada, responda las siguientes preguntas:

¿Cómo influye el valor de la excentricidad en relación con la elipse dibujada?

---

---

¿Cómo es la órbita del cometa Halley con respecto a la órbita terrestre?

---

---

Si tuvieras que dibujar la trayectoria de un planeta alrededor de su estrella  
¿Qué datos necesitarías?

---

---

¿Hubiese sido posible que Tycho Brahe o Kepler determinaran la órbita de este cometa? Argumenta tu respuesta.

---

---

---

## Lectura Complementaria para el docente tema Leyes de de Kepler

Johannes Kepler nació el 27 Diciembre de 1571 en Leonberg, Holy Roman Empire (Ahora Alemania), y falleció en 15 Noviembre de 1630 en Rosensburg (Ahora Alemania).



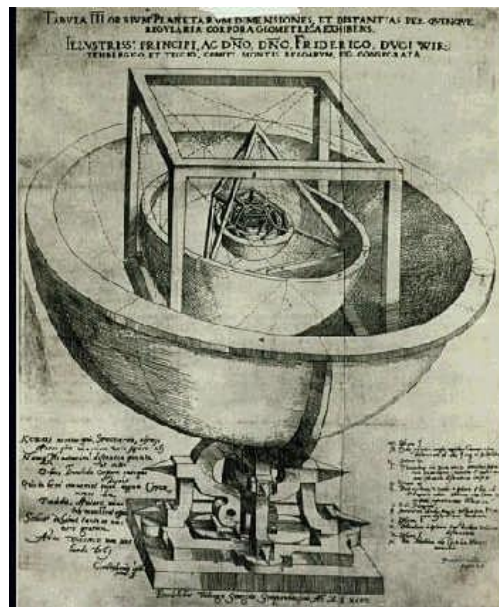
Desde su niñez, Kepler fue bastante enfermizo que padecía de furúnculos, dolores de cabeza, miopía, infecciones de la piel, fiebres y afecciones al estómago y a la vesícula. A la edad de cuatro años, casi sucumbió con los estragos de la viruela.

Por fortuna para Kepler, pudo terminar sus estudios en el seminario teológico y fue a graduarse en la Universidad de Tubinga gracias a lo que en el siglo XVI equivalía a una beca. En Tubinga tuvo el apoyo de un profesor que secretamente le enseñó las ideas de Copérnico, cosa que fue necesario hacer en secreto debido a que sólo la teoría ptolemaica tenía la aprobación oficial. En esta época de la carrera de Kepler, parecía seguro que sería sacerdote, pero por alguna razón desconocida cambio de planes y aceptó el empleo de maestro de astronomía y matemática en Graz, capital de la provincia austríaca de Estiria.

Fue en Graz, en 1596, donde Kepler publicó su notable libro: El misterio del Universo. Con el ardor y la exuberancia de la juventud, declaró que había descubierto el orden fundamental que servía de base a las distancias que separaban a los planetas del Sol; en otras palabras, creyó haber resuelto el enigma del plan divino del Universo. La teoría de Kepler (que debe

sobrentenderse, era errónea) resultaba muy ingeniosa. Sabía que sólo existían cinco sólidos perfectos que podrían construirse en el espacio tridimensional: Se le ocurrió a Kepler que estos cinco sólidos podrían caber exactamente en los cinco intervalos que separaban a los seis planetas (no se conocían más en ese tiempo).

En la órbita de Saturno inscribió un cubo; en ese cubo insertó otra esfera, Júpiter. Inscribió el tetraedro en Júpiter y luego inscribió en él la esfera de Marte. El dodecaedro cabría perfectamente entre Marte y la Tierra; el icosaedro entre la Tierra y Venus, y entre Venus y Mercurio puso el octaedro. ¡Y he aquí que Kepler creyó haber encontrado la clave del gran enigma! Lo resumió así:



*“En unos días, todo quedó en su lugar. Vi que un sólido tras otro encajaba con tanta precisión entre las órbitas apropiadas que si un campesino preguntaba con que gancho estaban prendidos los cielos para no caerse, sería fácil contestarle”.*

Kepler envió informes de esta teoría a todos aquellos en quienes pudo pensar, contando a Galileo y el famoso astrónomo Tycho Brahe. Los dos hombres sostuvieron correspondencia con el joven astrónomo; y cuando la intolerancia religiosa obligó al protestante Kepler a irse de Graz, aceptó la invitación de ayudar a Brahe, quién era matemático de la corte de Rodolfo II de Praga, el 1 de enero de 1600, Kepler llegó a Praga.



Kepler vio que en “*su estrella*” estaba el trabajar al lado de Tycho a fin de perfeccionar sus aptitudes y sus concepciones. Escribió:

*“Si Dios se ocupa de la astronomía, como quiere creer la devoción, entonces espero que alcanzaré algo en este dominio, pues veo que me permitió vincularme a Tycho mediante un destino inalterable y no me dejó separarme de él a pesar de las más abrumadoras penalidades”.*

Al llegar a esa ciudad, en enero de 1600, Kepler recibió de Tycho la tarea de calcularla órbita de Marte. Al analizar las observaciones que Tycho hiciera de ese planeta, pensó que en poco tiempo hallaría la forma de la órbita marciana. No obstante, le tomarían varios años de arduo trabajo para encontrarla, como veremos a continuación.

En sustitución de Tycho Brahe, que murió repentinamente el 24 de octubre de 1601, Kepler consiguió en 1602 ser designado matemático imperial de Rodolfo II (1552{1612), Rey de Hungría y Bohemia, y Emperador del Sacro Imperio Romano, con sede en Praga. En vista de eso, y con algunas dificultades, Kepler consiguió “arrancar” de los herederos de Tycho los preciosos datos que éste había recopilado del sistema planetario, primero en el observatorio de Uraniborg, en la isla de Hveen (hoy Ven) en Dinamarca, y después en Praga. Un primer análisis de las observaciones de Tycho llevaron a Kepler, en 1602, a enunciar su hoy conocida ley de las áreas: *El rayo vector que liga un planeta al Sol describe áreas iguales en tiempos iguales.*

Curiosamente, en la actualidad, esta se conoce como la segunda ley de Kepler, a pesar de haber sido publicada primero que las otras dos. Esta afirmación se fundamentó en las observaciones de Tycho que le mostraban claramente a Kepler lo que él enunció como ley. Es dentro de este mismo trabajo que a Kepler, el mismo Tycho antes de morir, le encarga que resuelva el problema de la órbita de Marte.

## El problema de Marte.

El principal problema al que se vio sometido Kepler a la hora de intentar resolver el enigma, fue el axioma I de la astronomía: La circularidad y la uniformidad, además del sistema astronómico mixto de Tycho, sobre el cual se le pedía trabajar. A la muerte de Tycho en 1601, Kepler fue designado como matemático imperial, haciendo que este nuevo contexto “burocrático-social” lo llevara ahora a no considerar el sistema de Tycho como base de sus cálculos, siendo ahora el sistema copernicano la base de su teoría, sin embargo son las observaciones de Tycho sus armas para tratar de solucionar el problema. Para esto Kepler escribió:

*“Los astrónomos no sabían cómo domeñar a ese dios de la guerra (Marte). Pero el magnífico caudillo Tycho ha estudiado sus argucias bélicas en 20 años de guardia nocturna y con la ayuda del curso de la madre Tierra sorteó todas sus sinuosidades”.*

Los pasos siguientes que daría Kepler tenían que ver con romper una doctrina milenaria, la concepción de que las orbitas planetarias eran circulares, para esto, Kepler decidió arriesgarse e intentar hacer calzar los datos registrados en las observaciones, con la matemática de la elipse. Cuando lo logró, Kepler pensó que existían posibilidades de aceptación, puesto que asumir que el movimiento se refleja como una elipse, posee un respaldo matemático, lo que le aseguraba una razón de ser en la naturaleza, es decir su dignidad como estructura armónica para expresar el movimiento del planeta Marte.

Kepler se refirió a su descubrimiento de la siguiente forma:

*“Pero nosotros, que tenemos gracias a Dios un observador tan exacto como Tycho, estábamos obligados a reconocer ese don divino y a hacer uso de él...”*

*A partir de ahora seguiré para alcanzar la meta el camino que me indiquen mis propios pensamientos. Si hubiera creído que podíamos despreciar esos 8 minutos tendría que haber remendado también mi hipótesis. Pero como no era posible pasarlos por alto, esos 8 minutos señalan el camino que conduce a una transformación total de la astronomía, habiéndose convertido en material para la construcción de una gran parte de esta obra...”*

La filosofía de Kepler sustenta y justifica todo el edificio de su sistema. Al igual que otros grandes filósofos, Kepler no se contentó con describir el mundo: quiso comprender por qué era así, de modo que sus logros en ciencia y cosmología apenas son inteligibles si se elimina su filosofía.

Además se debe destacar como el mismo Kepler valora el trabajo de la observación por parte de Tycho Brahe, y lo fundamental que fue para su trabajo en la resolución del problema de Marte. Esto nos dice que a pesar del gran descubrimiento científico de Kepler, la filosofía y contexto histórico de su trabajo fue fundamental para lograr su obra.

#### Referencias.

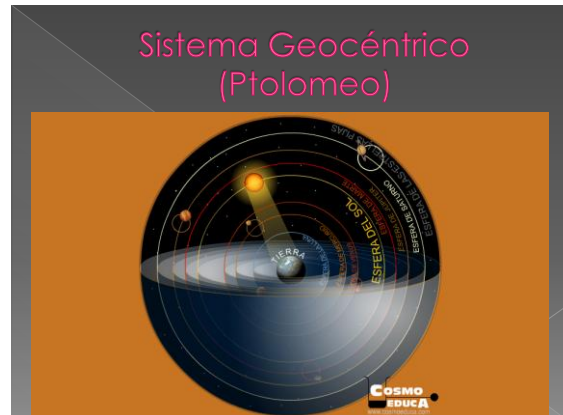
- Johannes Kepler y el movimiento del planeta Marte. (Guillermo Coronado Cespedes, 1997)
- Kepler y el misterio del cosmos (Guillermo Coronado Cespedes, 1995)
- Newton y las leyes de Kepler (José María Filardo)
- Kepler (Belén Ramírez, 2003)
- <http://fermat.usach.cl/histmat/html/kepl.html>

## Anexo 5: PPT para actividad Primera ley de Kepler

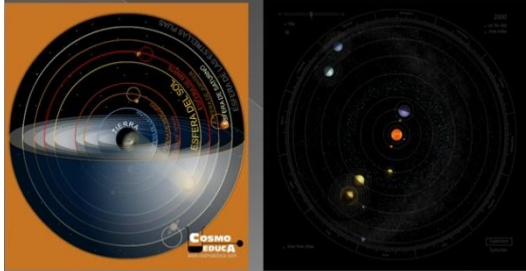


### Clase 1: Sabemos que...

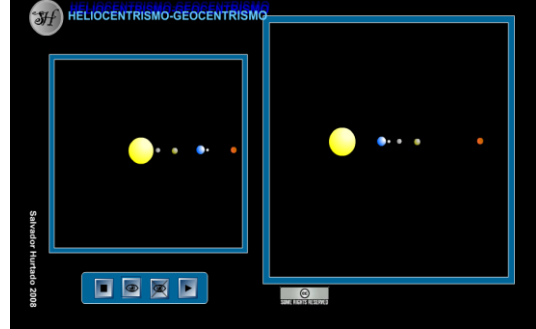
- Existieron modelos diferentes acerca de las orbitas planetarias, específicamente, los sistemas creados por Ptolomeo (Geocéntrico) y Copérnico (Heliocéntrico).
- El sistema Geocéntrico estuvo vigente cerca de 1500 años y se basaba en el sistema propuesto por Aristóteles.
- El sistema Heliocéntrico era revolucionario, pues quitaba a la Tierra como centro del universo, además de ser bastante complejo.



## ¿Qué figura geométrica se repite en ambos modelos?



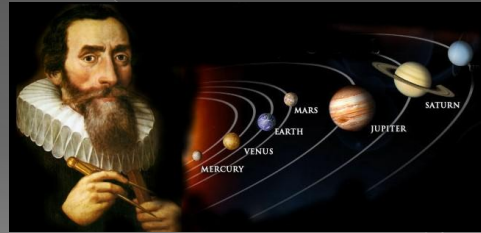
## Comparemos...



## La circularidad y su historia

- Desde la antigüedad, el círculo se ha considerado una figura perfecta, la perfección es asociada a la divinidad.
- Nos existen círculos perfectos en la naturaleza, pero los movimientos planetarios eran observados como algo divino, por lo que se le asociaban movimientos circulares.
- Como observaste, los modelos, a pesar de haber casi 1500 años de diferencia en sus enunciados, están hechos en base a movimientos circulares.

## Las leyes de Kepler



<http://historiadelacienciaemercito.wordpress.com/2011/11/06/johannes-kepler/>

## Johannes Kepler (1571-1630)

- Kepler desarrolló su trabajo a partir de las observaciones de los cielos, las cuales fueron detalladas por el danés Tycho Brahe (1546-1601) durante muchos años.
- Las observaciones de Tycho reflejaban una "rareza" en la trayectoria que describía Marte, por lo que le pidió a Kepler que lo ayudara en sus trabajos facilitándole alguno de sus detallados registros.
- Con la muerte de Tycho (1601), y luego de una disputa con la familia del Danés, Kepler logró obtener las observaciones en detalle de Tycho, pudiendo entonces trabajar con una mayor cantidad de datos y así "facilitar" su trabajo, que duró varios años.

## Actividad: Estudiando las orbitas de algunos planetas.



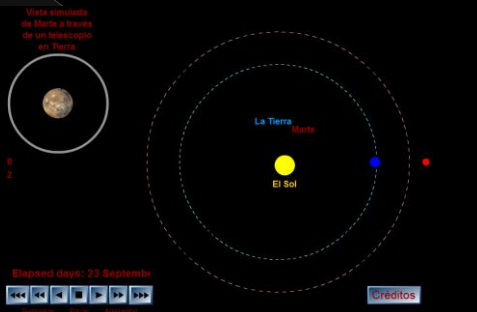
## Actividad: Estudiando algunas orbitas planetarias



## Análisis

- ◉ ¿Qué figura geométrica describe la trayectoria de Marte y de Saturno?
- ◉ Qué diferencia tiene la trayectoria de Marte con la de Saturno?

## Animación orbita de Marte

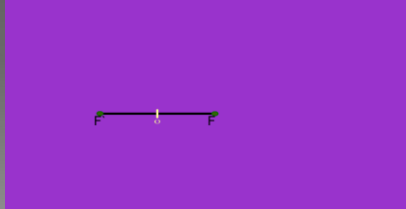


## Clase 2

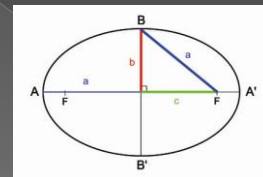
## ¿Qué es una Elipse?

## La Elipse

- ◉ La elipse es el lugar geométrico de los puntos del plano que cumplen que la suma de las distancias a dos puntos fijos llamados focos es constante.



## Elementos de una Elipse



$b$  = Semieje menor

$a$  = Semieje mayor

$$c = \sqrt{a^2 - b^2}$$

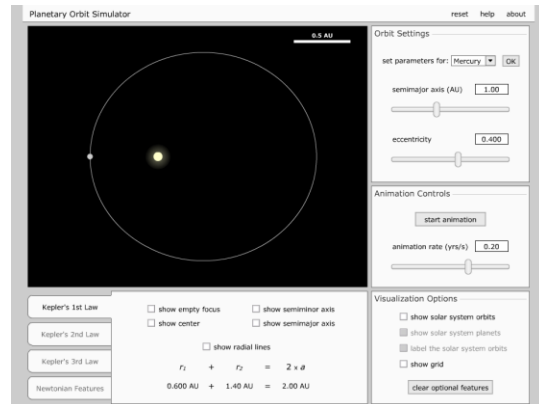
La razón entre " $c$ " y " $a$ " se conoce como excentricidad ( $e$ ):

$$e = c/a, \text{ con } 0 \leq e \leq 1$$

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elipse1\\_2.png#/media/Elipse1\\_2.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Elipse1_2.png#/media/Elipse1_2.png)

## Análisis

- ¿Cuál es la excentricidad de las órbitas de Marte y Saturno?
- ¿Cuál de estos dos planetas está más cerca de la tierra?
- ¿Qué puede concluir respecto a la excentricidad de las órbitas de los planetas y las observaciones de Tycho Brahe?
- ¿Qué sucedería con los elementos si alejáramos o acercáramos los focos?



## Primera ley de Kepler

*“ Los planetas describen órbitas elípticas estando el Sol en uno de sus focos.”*

## Finalmente...

- La primera ley de Kepler fue una verdadera revolución en astronomía puesto que rompió con una concepción milenaria acerca de las órbitas circulares.
- Debemos destacar la importancia de las observaciones realizadas por Tycho Brahe, ya que sin ellas Kepler no hubiese contado con los datos necesarios para sus estudios.
- Las otras dos leyes de Kepler son trabajos igual de importantes, los cuales serán tratados en la próxima clase.



**Observación:** La presentación PPT en digital también se encontrará en la versión CD del documento

## Actividad 1: Día de pesca

Lee la siguiente historia.

**M**iguel y Fabián deciden ir de pesca en una grata tarde al lago Rapel, por lo que zarpan muy emocionados. Lo mejor de todo es que estos amigos tienen una excelente lancha de pesca llamada Claudia, que entre otros detalles cuenta con un sistema automático de anclaje. Luego de recorrer el largo camino hacia el lago se suben a su lancha y se adentran en las aguas. Cuando encuentran el sitio perfecto para iniciar la pesca deciden presionar el botón para anclar el bote y preocuparse solamente de sus cañas.

Luego de pescar un gran número de Pejerreyes, ambos deciden volver a su cabaña. Fabián, al presionar el botón automático para recoger el ancla, nota que por un instante el sistema automático funciona, pero luego deja de funcionar. Fabián decide sacar el ancla manualmente ya que navegar con esta suspendida, podría ser muy peligroso. Fabián comienza a subir el ancla que aún se encuentra bajo el agua, en ese momento Miguel le comenta que aunque pueda subirla mientras esté en el agua no podrá subirla solo al bote ya que es un ancla muy pesada, Fabián obstinadamente le responde que si no le ha costado hacerlo hasta el momento, subirla al bote no será una tarea muy difícil.

Analiza un momento la situación y responde la siguiente pregunta.

¿Puede Fabián con seguridad subir solo el ancla al bote? Argumenta tu respuesta.



## Actividad 2: “La fuerza de empuje”

**Integrantes:**

---

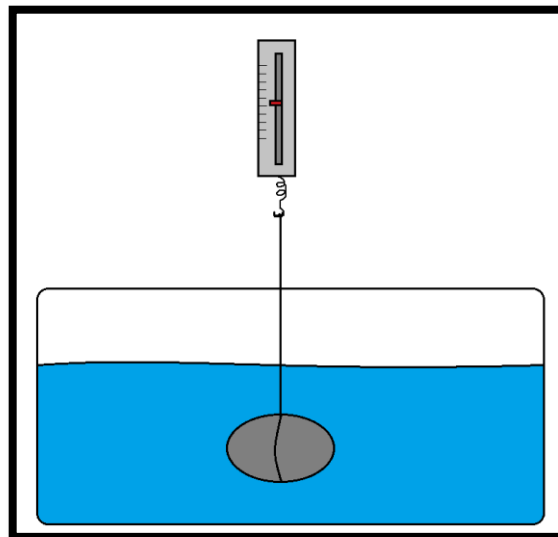
**Curso:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

Materiales:

- Un dinamómetro de sensibilidad 0,1 Newton como mínimo
- Un recipiente con agua.
- Piedras de distinto tamaño
- Hilo, lana o pita.

Procedimiento:

1. Amarre las piedras con hilo de tal manera que queden bien sujetadas
2. Pese las piedras con el dinamómetro.
3. Llene con agua el recipiente procurando que el nivel sea suficiente como para poder hundir completamente las piedras.
4. Introduzca cada una de las piedras en el recipiente con agua de tal manera que no alcance a tocar el fondo del vaso, pero que este sumergido completamente en el agua.
5. Anote el peso que registra el dinamómetro
6. Complete tabla.



Peso piedras en el aire ( $P_a$ )	Peso aparente Piedras en el agua

### Análisis

1. ¿A qué se debe la diferencia de fuerzas que mide el dinamómetro?
2. Es correcto decir que las piedras al ser introducidas en el agua pierden peso. Argumenta tu respuesta.
3. ¿Qué puede concluir luego de terminar la actividad?

### Actividad 3: La balanza peso oro de Arquímedes

**Integrantes:**

---

**Curso:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

Materiales:

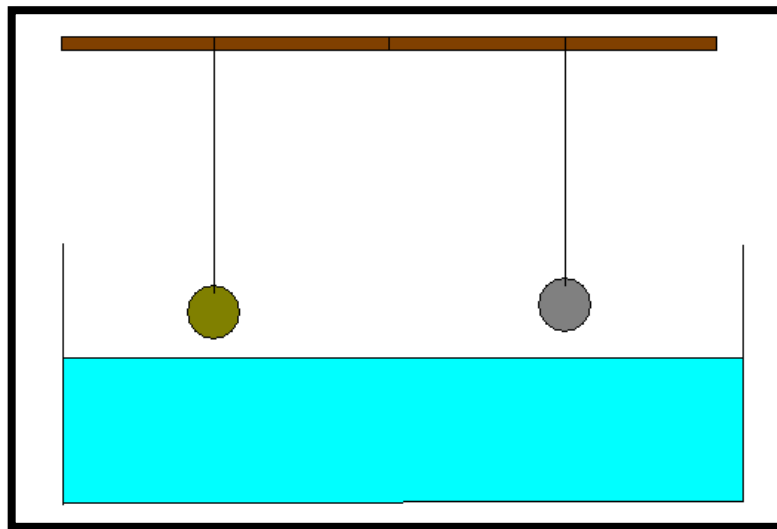
0. 1 piedra de tamaño similar a una pelota de tenis de mesa
1. Plastilina
2. 1 recipiente de tamaño similar a una olla mediana
3. 1 varilla o palo de maqueta firme de 25 a 30 cm
4. Hilo, lana o pitilla

Procedimiento:

Para el desarrollo de la actividad, sigue las siguientes instrucciones

1. Introduzca agua al recipiente de modo tal que alcance las  $\frac{3}{4}$  parte de dicho recipiente.
2. Masa la piedra. Luego haga una bola de plastilina de modo tal que la masa de la plastilina sea la misma que la piedra.
3. Mida 10 cm del extremo de la varilla hacia el centro, y marque con un lápiz dicha distancia. Repita el procedimiento para el otro extremo de la varilla.
4. Corte dos trozos de hilo, lana o pitilla, de 20 cm. Ate a un extremo del primer hilo la piedra y a un extremo del segundo hilo una bola de plastilina del mismo tamaño que la piedra.
5. Ate el otro extremo del hilo con piedra en una de las marcas que realizó a la varilla, y el otro extremo del hilo con plastilina en la segunda marca de la varilla. Procure que tanto la plastilina como la piedra queden a la misma altura con respecto a la varilla.

6. Marque el centro de la varilla. Luego ate un trozo de hilo de 20 cm y átelo al centro de la varilla (justo en la marca realizada).
7. Levante la varilla, tomándola del hilo del centro, e introduzca lentamente la plastilina y la piedra, procurando que los hilos queden totalmente extendidos, hasta que estén totalmente sumergidos la piedra y la plastilina.



### Análisis

Una vez realizado todo el procedimiento, responda las siguientes preguntas:

1. ¿Qué sucede con la balanza cuando suspende ambos objetos en el aire?

2. ¿Qué ocurrió con la balanza cuando sumergió los dos cuerpos a la vez?
  
3. Indique cómo influye el empuje con respecto al fenómeno observado
  
4. ¿Cuál objeto sumergido alcanza mayor profundidad? De una explicación a dicha diferencia de altura.
  
5. Conociendo la leyenda de la corona del rey Hierón hubiese sido posible determinar si la corona del rey era completamente de oro utilizando la balanza peso oro de Arquímedes. Argumenta tu respuesta.

## Actividad 1: “El principio de Arquímedes”

**Integrantes:**

---

**Curso:** \_\_\_\_\_ **Fecha:** \_\_\_\_\_

**Materiales:**

- Una balanza digital.
- Un dinamómetro de sensibilidad 0,1 Newton como mínimo
- Un vaso de precipitado de sensibilidad de 1-5 ml y de rango mínimo de 100 ml.
- 1 gotero.
- 4 piedras de distinto tamaño que se puedan introducir sin problema en el vaso precipitado.
- Hilo, lana o pita.

**Procedimiento:**

1. Mase las 4 piedras y construya con plasticina 4 bolitas que tengan la misma masa que las piedras.
2. Llene con agua el vaso de precipitado cuidando que pueda realizar el paso 3.
3. Introduzca cada piedra de tal manera que no sobrepase el rango del vaso de precipitado
4. Anote el volumen de agua desplazada
5. Sabiendo la densidad del agua ( $1 \text{ gr/cm}^3$ ) calcule la masa del volumen de agua desplazado.
6. Determine el peso de cada piedra sumergida en agua con ayuda del dinamómetro utilizando  $g=9,8(\text{m/s}^2)$

Peso piedras $M_p$ (gramos fuerza)	Volumen de agua desplazada	Peso del agua desplazada (gramos fuerza)	Peso de a piedra sumergida $M_s$ (gramos fuerza)	Diferencia $M_p - M_s$ (gramos fuerza)

7. Repita el procedimiento para las 4 bolitas de plastilina y complete las tablas

Peso bolitas de plastilina (gramos fuerza)	Volumen de agua desplazada	Peso del agua desplazada (gramos fuerza)	Peso de a piedra sumergida $P_s$ (gramos fuerza)	Diferencia $P_p - P_s$ (gramos fuerza)

### Análisis

1. ¿A que se deben las diferencias de peso?
2. Compare los datos de las columnas del peso del agua desplazada con las diferencias de peso ¿Qué puede observar con respecto a esta comparación?
3. ¿Qué puede concluir luego de terminar la actividad?
4. Escribe las ventajas y las desventajas a la que se vio enfrentado Arquímedes a la hora de resolver el problema de la corona del rey Hierón.
5. Qué piensas que hubiese pasado si todos los documentos que hizo Arquímedes hubiesen sido fielmente conservados.
- 6.Cuál es tu opinión respecto a que Arquímedes dedicara parte de su investigación a preparar defensas de guerra.

## **Lectura complementaria para el docente Unidad didáctica: Principio de Arquímedes.**

### **Arquímedes (287 - 212 a. de C.)**

Nació en Siracusa (Sicilia). Era hijo de Fidios, el astrónomo. Fue el científico y matemático más importante de la Edad Antigua. Viajó a Egipto; allí dirigió la construcción de presas y diques y se dedicó a perfeccionar el tornillo sin fin, un mecanismo creado para secar terrenos inundados. En Alejandría se relacionó con los sabios del Museo, una especie de Academia de Ciencias, con los que no dejó de mantener correspondencia tras regresar a su patria.



Al volver de Egipto, se instaló en Siracusa, donde obtuvo su fama. Era amigo, y probablemente tenía algún parentesco con el rey Hierón, tirano de la ciudad.

(Yankovic; 2010)

La relación que existía entre el rey Hierón y Arquímedes dio paso a al nacimiento de la leyenda en la cual se basa uno de los descubrimientos mas famosos de Arquímedes y con esta, la formulación del “Principio de Arquímedes”.

Según Vitrubio, antiguo arquitecto romano que escribió acerca de Arquímedes y sus trabajos casi doscientos años después de su muerte, Hierón, rey de Siracusa, en muestra de su agradecimiento a los dioses por los favores recibidos, decidió consagrarles una corona de oro. Al recibir el trabajo del



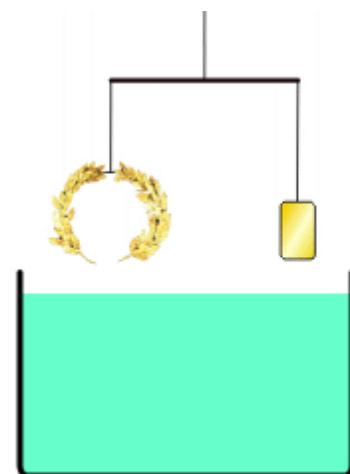
orfebre a quien había encomendado la tarea y pensando que éste podría haberle engañado, sustrayendo una parte del oro entregado y reponiéndola en plata, le encargó a Arquímedes que resolviese el enigma. Según el relato de Vitruvio:

«.. .(Arquímedes) fue casualmente á bañarse: y al entrar en la bañera, observó, que tanto espacio ocupaba su cuerpo al hundirse en el agua, ocupando el sitio de ésta, tanta agua se derramaba de la bañera. De esta situación pudo Inferir la resolución de su encargo, saltó luego de la bañera lleno de alegría, y partiendo desnudo hacia su casa, iba repitiendo en alta voz haber hallado lo que buscaba: pues corriendo clamaba continuamente en Griego *eureka*, *eureka* (*lo hallé, lo hallé*).

Después de conocer la leyenda de la corona de Herión, se debe pensar en la factibilidad de que se haya dado de esa forma, primero pensando en que el mismo Arquímedes en sus textos publicados nunca hace mención a este hecho, y además pensar que las posibilidades de hacer mediciones exactas de desplazamientos de volúmenes (considerando que se debe sumergir la corona en agua) como para comprobar el robo del orfebre son muy limitadas.

En el siglo XVI, **Galileo Galilei** se hizo estos mismos cuestionamientos, y se inclinó más por la idea de que, si realmente sucedió, el experimento tiene que haber sido otra forma, aunque contradiga los únicos registros conocidos.

En 1586, a sus 22 años, publicó el artículo La Bilancetta, en el que describía lo que se puede reflejar en la imagen de la derecha.

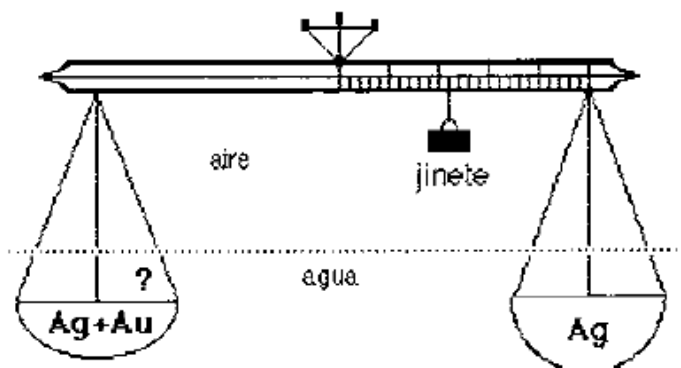


Básicamente, si tenemos la corona de un lado de una varilla y el bloque de oro del otro, haciendo equilibrio (y *despreciando la influencia del aire*), cuando lo sumerjamos en un líquido (agua), los dos objetos desplazarán un volumen de agua diferente, por lo que recibirán un empuje desde abajo con diferentes valores, haciendo que la corona "flote más", en otras palabras, se produce un desequilibrio de fuerzas, inclinando la varilla hacia el objeto que reciba un menor empuje.

Por otro lado, se sabe que Arquímedes construyó una balanza para determinar la cantidad de oro en una aleación de oro y plata. La descripción de este invento fue incluida en su libro *Sobre las balanzas*, perdido durante mucho tiempo y que finalmente se encontró en un manuscrito árabe: *Kitab Mizan al-Hikmat*, escrito por Abd al-Rahman al-Kahzini y fechado en el año 5 15 de la hégira mahometana (1095 de nuestra era).

En el primer capítulo se dice: *La balanza de Arquímedes y su uso*

“Usamos una balanza muy sensible. Nos proporcionamos dos pesos iguales de plata y de oro y los colocamos en los platillos de una balanza, que se encuentran sumergidos en el agua. Cuando, a causa del mayor peso específico del oro, la balanza se desequilibra del lado del oro, la volvemos a equilibrar moviendo el jinete hasta que el brazo de la balanza adopte, de nuevo, la



posición horizontal y señalamos la posición que tiene el jinete sobre el brazo (en la parte de la plata). Esta prueba debe ser repetida dos, tres o cuatro veces, en el aire y en el agua. Las distancias del jinete al fulcro de la

balanza varían de acuerdo con el peso del jinete.

Pero cuando mezclamos oro con plata y deseamos conocer la proporción de cada uno, debemos proporcionarnos un peso de plata pura igual al peso, en el aire, de la aleación. Después sumergimos los dos platillos en el agua. Ambos platillos deben estar hechos del mismo material y deben hundirse en el agua (como ocurre si son de plata o cobre). Entonces, si la balanza se hunde del lado de la aleación (oro-plata), la equilibramos moviendo el jinete sobre el brazo hasta que éste recupere la posición horizontal. Observamos la posición del jinete y concluimos que este punto de la palanca indica la proporción de oro en la aleación» (Bardis 1984, Pugliese 1988).

Finalmente podemos decir que además de la dificultad experimental, Arquímedes no menciona en su libro “sobre los cuerpos flotantes” el hecho de que al sumergir un objeto en el agua éste desplaza la misma cantidad de volumen de agua que la del objeto, hecho con el cual Vitruvio afirma que Arquímedes soluciona el problema. La solución utilizando la balanza y el empuje es aceptada actualmente y fue Galileo quien la demostró por primera vez y que es desconocida aún por muchas personas. La balanza forma parte fundamental de la solución y propicia la reflexión de conceptos como centro de gravedad y torque.

Referencias.

1. APLICACIÓN DIDÁCTICA DE LA BALANZA «PESAORO» DE ARQUÍMEDES (SALVAT ALTÉS, A.' y SÁNCHEZ REAL, J.)
2. INVENTOS Y DESCUBRIMIENTOS (Yankovic Bartolomé; 2010)
3. <http://www.cienciaonline.com/2009/12/27/desmontando-la-leyenda-de-arquimedes/>

## La fuerza de empuje.

Indaguemos en el siguiente problema

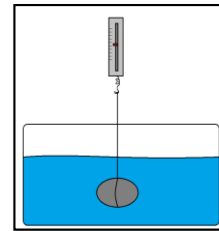


Respondamos entonces...

- ¿Puede Fabián con seguridad subir solo el ancla al bote?

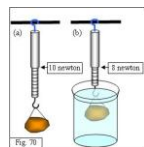


Actividad 2: “El empuje como fuerza”



El empuje es:

- Una fuerza vertical y en sentido contrario al peso, que actúa sobre un cuerpo al sumergirlo total o parcialmente en un fluido.
- Veamos la siguiente animación.



Arquímedes (287 - 212 a.C)

- La corona del rey Hierón...

Un precursor en la física, matemático y físico de la antigua Grecia. Defendió Siracusa, su ciudad natal, con aparatos de su invención como las catapultas y los espejos cóncavos, con los que incendiaba naves cuando los romanos la sitiaron. Inventó la palanca, el tornillo sin fin y las ruedas dentadas. Encuentra el cálculo de raíces cuadradas, determinó perímetros con toda exactitud, calculó valores aproximados a  $\pi$ , resolvió ecuaciones cúbicas con la ayuda de secciones cónicas. En el campo de la física descubrió las leyes del centro de la gravedad y del plano inclinado. Se le atribuye una instalación mecánica de riego y aparatos. Cuando por fin Siracusa fue tomada, un soldado romano lo mató por error. Se conservan nueve de sus escritos: De la esfera y del cilindro, Sobre la medida del círculo, Conoides y esferoides, Sobre las hélices; Equilibrio de los planos, Sobre la cuadratura de la parábola, El arcnario, Equilibrio de los cuerpos flotantes y Método respecto a los teoremas mecánicos.



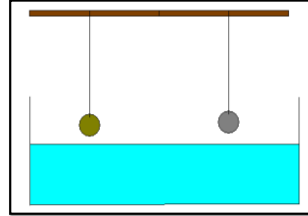
TRATA DE IDENTIFICAR LA MAYOR CANTIDAD DE EVENTOS QUE SE LE ATRIBUYEN...

Fuente: Grupo la república

¿La corona del rey Hierón?



Actividad: La balanza peso oro.



Reconstruyamos lo pensado por Arquímedes...

## Principio de Arquímedes

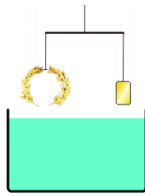
### Conclusiones

- Si dos objetos de la misma masa pero de distinta densidad se sumergen en un fluido como el agua experimentan empujes distintos.
- ¿Habrá sido suficiente esta conclusión para solucionar el problema del rey?



Fuente:  
<http://blogscienze.com/2012/05/principio-de-arquimedes.html>

### ¿Qué tan distintos los empujes?



- REALICEMOS LA ACTIVIDAD PARA VERIFICAR EL PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES.

### PRINCIPIO DE ARQUÍMEDES

- EL EMPUJE QUE EXPERIMENTA UN OBJETO SUMERGIDO TOTAL O PARCIALMENTE EN UN FLUIDO TIENE COMO MAGNITUD EQUIVALENTE AL PESO DEL VOLUMEN DE FLUIDO DESPLAZADO POR EL OBJETO.
- Deduzcamos entonces su ecuación matemática...



### Reflexiones finales...

- Arquímedes a pesar de no contar con las herramientas tecnológicas que poseemos hoy en día pudo dar la solución a este problema.
- Es una lástima que el legado de personas tan influyentes en la construcción del conocimiento se vean mermados por circunstancias ajenas, tales como la destrucción de la biblioteca de Alejandría.
- Imagina cómo sería el mundo actual si los conocimientos científicos se utilizaran en pro de la humanidad y su medio ambiente.