

**UNA RECONTEXTUALIZACIÓN DE LAS LEYES DE KEPLER EN LA
ENSEÑANZA MEDIA DESDE UN ENFOQUE HISTÓRICO Y
EPISTEMOLÓGICO**

KAREN JULIANA DE MARIA RÍOS ISAZA

ALEXANDER GABRIEL BENÍTEZ

INTEGRACIÓN DIDÁCTICA IX

ASESOR

YIRSEN AGUILAR MOSQUERA

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE EDUCACIÓN

MEDELLÍN

2013

Contenido

Capítulo 1 Contextualización de la investigación.....	4
Planteamiento del problema	4
Capítulo 2 Marco Conceptual	6
Las leyes del movimiento planetario en el contexto de la enseñanza	6
Uso de la historia y la epistemología en el contexto de la enseñanza.	10
El hecho científico.....	13
Recontextualización de las leyes del movimiento planetario desde la perspectiva kepleriana	15
¿Por qué las orbitas planetarias son elípticas?	16
¿Por qué el movimiento con velocidad variable?	18
Propósitos (general y específicos)	20
Propósito general.....	20
Propósitos específicos	20
Capítulo 3 Enfoque metodológico	20
Fases de la investigación	21
Categorización del contexto.....	22
Categorización de los casos:.....	22
Sistematización y análisis	23
Sistematización y análisis del instrumento dos parte uno.....	25
Sistematización y análisis del segundo instrumento parte dos.	27
Capítulo 5 Implicaciones didácticas	37
Secuencia didáctica	37
conclusiones.....	48
Bibliografía	50
Anexos	53

Introducción

El lector interesado en esta tesis encontrará en cada capítulo la siguiente información:

El capítulo uno aborda la caracterización de la investigación. Se examina cómo y por qué surge el problema y las finalidades de la investigación.

El capítulo dos está relacionado con la metodología. Se caracteriza el enfoque, las fases, la categorización del contexto, de los casos y los criterios de selección. Igualmente, se hace referencia a los instrumentos que posibilitaron la recolección de la información. Lo anterior sustentado desde la historia y la epistemología que se desarrolla en el capítulo siguiente.

Capítulo tres, en este se aborda el marco conceptual, en el cual se presentan las leyes del movimiento planetario en el contexto de la enseñanza, el uso de la historia y la epistemología y la recontextualización de las leyes de Kepler en las que se muestra por qué las órbitas deben de ser elípticas y no circulares, o por qué la velocidad debe de ser variable y no constante.

En el capítulo cuatro se abordan los hallazgos. Finalmente, en el capítulo cinco se consideran unas recomendaciones, las conclusiones y una unidad didáctica para ser aplicada en la enseñanza de estas leyes.

1 Contextualización de la investigación

1.1 Planteamiento del problema

En el análisis de investigaciones que permitieron contextualizar el problema se encontraron pocos estudios relacionados con la enseñanza de las leyes de Kepler; se consultaron artículos de carácter académico de los últimos 20 años que mencionan aspectos relacionados con la astronomía, con la enseñanza o con el aprendizaje de estas leyes.

Las pocas investigaciones disponibles señalan la necesidad y pertinencia de esta investigación. En las investigaciones analizadas se destaca la realizada por Vega y Marrero (2003) quienes resaltan la necesidad de diferenciar la elipse de la circunferencia y la implicación de esto en las dos primeras leyes, Torres (2006) ofrece un esbozo de la obra de Kepler, Liévano (2003) muestra un breve desarrollo histórico de la construcción de las leyes del movimiento planetario, y Coronado (1997) explica como a partir del estudio del movimiento del planeta Marte alrededor del Sol, Kepler logra formalizar la ley de las áreas.

Por otra parte, la forma en que las leyes de Kepler son presentadas a los estudiantes puede causar aparentes contradicciones entre ellas porque no se hace suficiente énfasis en la excentricidad de las órbitas y las consecuencias que esto tiene con respecto a la velocidad orbital del planeta.

En la primera ley de Kepler se afirma que las órbitas de los planetas alrededor del sol son elipses “de muy poca excentricidad con el sol en uno de sus focos” (Coronado, 1997, p.27) y en los libros de texto se suele presentar la gráfica de una elipse con mucha excentricidad con el ánimo de remarcar la diferencia con las órbitas circulares que consideraba el modelo de Copérnico. Esta situación se ilustra en las siguientes graficas:

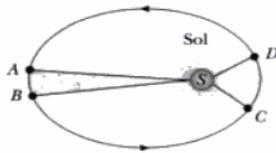


FIGURA 7.24 Las dos áreas recorridas por el planeta, en su órbita elíptica alrededor del Sol, son iguales si el intervalo de tiempo entre los puntos A y B es igual al intervalo de tiempo entre los puntos C y D.

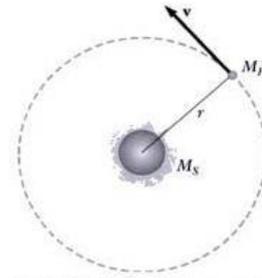


FIGURA 7.25 Un planeta de masa M_p que se mueve en una órbita circular alrededor del Sol. Las órbitas de todos los planetas, excepto Mercurio y Plutón, son casi circulares.

(Serway, 2008, p. 368)

Esto tiene serias consecuencias cuando se quieren analizar aspectos físicos como la velocidad. En la figura 7.24 (Serway, 2008, p. 368) se observa una órbita elíptica de la cual se deduce que la velocidad del planeta varía, esto para que la segunda ley se cumpla, mientras que en la figura 7.25 (Serway, 2008, p. 369) con una órbita circular se induce a pensar que la velocidad se mantiene constante.

Esto ofrece dificultades conceptuales a nivel geométrico con respecto a la diferenciación de la elipse con la circunferencia y de la elipse con las curvas ovals. A nivel físico, el problema se centra en términos de la velocidad: la diferenciación de la velocidad variable y la velocidad uniforme.

Cuando en los libros de texto, usando datos astronómicos, se propone la ilustración de la segunda ley, se dice que dada la poca excentricidad de las órbitas de los planetas se puede considerar una aproximación circular para simplificar los cálculos de las áreas (Serway, 2008). En la representación de la tercera ley de Kepler se procede de manera análoga para establecer la relación proporcional entre los cuadrados de los periodos orbitales y los cubos de los radios vectores que unen el sol con los planetas.

De ahí queda la impresión de que en la primera ley de Kepler las órbitas son elípticas mientras que en las leyes segunda y tercera las órbitas son circulares, lo que contradice la primera ley. Esta situación puede confundir a los estudiantes, quienes sin una contextualización histórica suficiente deben

afrontar el reto de comprender por qué se procede así y hallar entre las leyes de Kepler una coherencia interna que aparentemente no tienen.

Estas consideraciones motivan a plantear: ¿Cómo recontextualizar las leyes de Kepler en la enseñanza media a través del análisis histórico y epistemológico de la perspectiva de Kepler, de algunos libros de texto y los modelos explicativos de 4 casos?

Para orientar esta situación surgen las siguientes preguntas auxiliares:

¿Qué características se pueden inferir en la formalización planteada por Kepler sobre las leyes de los movimientos planetarios?

¿Cuáles son las concepciones sobre las leyes de Kepler que se evidencian en los textos escolares de física, que se usan en la IE Comercial de Envigado?

¿Cuáles son los modelos explicativos de las leyes de Kepler, que tienen 4 estudiantes de la IE Comercial de Envigado?

2 Marco Conceptual

2.1. Las leyes del movimiento planetario en el contexto de la enseñanza

“... sin una relación con la historia de las ciencias, una epistemología sería una repetición completamente superflua de la ciencia” (Canguilhem, 1966).

En los Lineamientos Curriculares, y acorde con sus fines, se definen los referentes teóricos (epistemológicos, sociológicos y psico-cognitivos) desde los cuales se deben adelantar los procesos pedagógicos del área. Igualmente, se exponen las implicaciones pedagógicas y didácticas de esos referentes. Además, se proponen los objetivos de la enseñanza de las Ciencias Naturales y la Educación Ambiental.

El Ministerio de Educación Nacional como autoridad competente concedió a las autoridades locales autonomía en diversos aspectos de carácter administrativo y educativo. En virtud de esto, el municipio de Envigado decidió que en sus

instituciones educativas los docentes usarán los libros que la biblioteca de cada institución ofrece a los estudiantes, para el desarrollo de los planes de aula en cada asignatura. Los docentes de física de la IE Comercial de Envigado cuentan con doce libros de cinco editoriales diferentes para usar en el aula de clase.

Al rastrear en esos textos el tema de las leyes de Kepler se ha encontrado que varios libros de física ni siquiera hacen mención de ellas, mientras otros se limitan a mencionarlas rápidamente como introducción para el tema de la gravitación y los pocos que hacen un tratamiento de estas leyes acuden a imágenes que no se corresponden con los trabajos de Kepler. Seguidamente se presentan dos ejemplos que ilustraran lo encontrado en el análisis de los textos escolares. En (Valero 2002, p. 108) se expresa:

10.7 Leyes de Kepler

Anteriormente admitimos los conceptos de la aceleración de la gravedad y del peso sin analizar el hecho de la gravitación.

Consideremos ahora este fenómeno.

De las innumerables observaciones astronómicas hechas durante siglos, Kepler dedujo tres leyes empíricas:

(a) Los planetas se desplazan sobre elipses cuyo foco es el Sol.

(b) La recta que une el planeta al Sol, barre áreas iguales en tiempos iguales.

(c) Los cuadrados de los períodos de los planetas son proporcionales a los cubos de las distancias medias al Sol.

De la primera y tercera leyes, Newton dedujo su famosa ley de la gravitación universal como veremos ahora. Recíprocamente, de la ley de la gravitación, en la sección 13.5 A, deduciremos la segunda ley de Kepler.

En este texto, como también ocurre en Villegas (1989), las leyes de Kepler se presentan en unas cuantas líneas, sin dar una contextualización histórica del trabajo de Kepler a quién apenas mencionan.

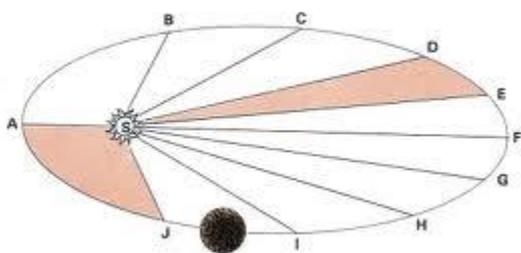
Este tipo de abordaje obedece a una introducción de algunos elementos que son necesarios conceptualmente para ilustrar con mayor claridad la ley de la gravitación universal de Newton. Este texto en particular es generoso al resaltar la reciprocidad conceptual que hay entre las leyes de Kepler y la gravitación. Sin embargo, esto podría enriquecerse si se tomarán en consideración las obras de Kepler como un corpus de teoría para la enseñanza de la física.

Lamberti (1996) cita la introducción que Kepler escribió para su *Astronomía Nova* en la que menciona la gravedad como fuerza que causa los movimientos planetarios alrededor del sol. Dice: *“La gravedad es la mutua tendencia corporal entre cuerpos de la misma naturaleza hacia la unidad o el contacto (la fuerza magnética es también de esta clase), de tal modo que la Tierra atrae a una piedra mucho más de lo que la piedra atrae a la Tierra”* (p.6).

Luego agrega:

“Si dos piedras se hallan situadas en un lugar cualquiera del espacio, la una cerca de la otra, y fuera del alcance de la fuerza de un tercer cuerpo de la misma naturaleza, entonces se unirán entre sí, a la manera de los cuerpos magnéticos, en un punto intermedio, cada una aproximándose a la otra en proporción a la masa de esta última. Como se observa, Kepler intuye que la acción de la gravedad es proporcional a la masa de los cuerpos. No obstante, al analizar el sistema solar, él ve a la fuerza que ejerce el Sol sobre los planetas como una escoba barredora más que como una fuerza de atracción” (Lamberti, 1996, p.7).

Otro tipo de abordaje de las leyes de Kepler es el que hacen autores como Bautista (1995) y Castañeda (1983) quienes en la presentación gráfica muestran algunas imágenes como las que se muestran en la figura.

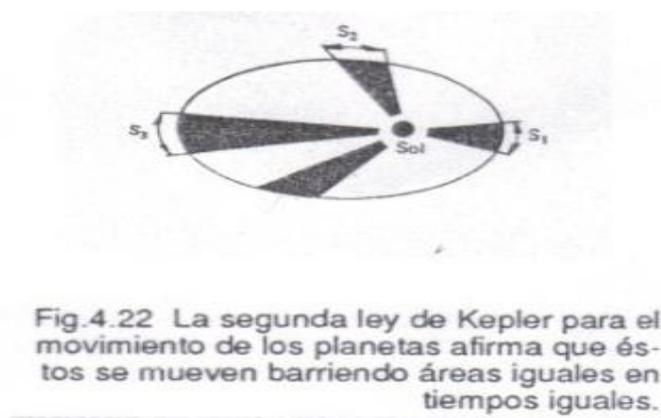


En las que las órbitas planetarias se ven como una elipse de gran excentricidad y caen de esta manera en lo que Vega y Marrero (2003, p.6) llaman “el hechizo de la elipse”. Al respecto estos autores afirman que *“estuvo acertado Koyré*

cuando dijo que gracias a Kepler se rompió el hechizo de la circularidad que desconcertaba a la astronomía desde la época griega. Pero después de él un nuevo corsé se ha adueñado de nuestras mentes: es lo que aquí hemos denominado el hechizo de la elipse. Es decir, el uso y abuso de imágenes

falsas y traidoras, que mienten y engañan al alumnado y burlan al profesorado” (Marrero, 2003, p.6).

Además, resaltan que algunos autores han señalado la desfavorable influencia que para la enseñanza tienen las ilustraciones de los libros de texto. Sin embargo, las incoherentes imágenes persisten, como se puede apreciar a continuación en un dibujo de un texto usado por los profesores en la Institución en donde se adelantó la investigación.



Tomada de (Castañeda, 1995, p.195).

Esta representación también se ve en los libros universitarios como lo son Sears (2004) y Serway (2011) en los cuales hacen una exageración de las órbitas y luego muestran las órbitas como circulares, esto puede causar en los estudiantes dificultades para distinguir la circularidad y la elipse. Lo que se traduce no solo en problemas geométricos sino también físicos.

Todas estas dificultades que se observaron anteriormente pueden ser abordadas con el uso de la historia y la epistemología. Las cuales pueden humanizar las clases de ciencias y acercarlas más a los intereses personales, éticos, culturales y políticos de los estudiantes; proporcionando un estímulo para la reflexión y aportando a una mayor comprensión de los contenidos científicos (Matthews, 1994). En este sentido, también es importante destacar que el lenguaje que utiliza el docente debe ser comprensible para los estudiantes de modo que éstos puedan interpretar la información que se les

brinda. Cuando el docente analiza y profundiza los conceptos científicos teniendo en cuenta el contexto en el cual surgieron se propicia un proceso de enseñanza en el cual los conceptos dejan de ser ininteligibles y extraños para constituirse en asertos comprensibles y adaptables a las necesidades educativas del contexto en el que se desarrolla la labor docente.

Bajo estas circunstancias, el uso de la historia y la epistemología en la enseñanza de las ciencias permite mostrar las dinámicas de construcción social de la ciencia, resaltando su dimensión humana y haciendo explícito cómo los contextos son determinantes en la legitimación del conocimiento y en la construcción de teorías. Tomando la historia de las ciencias como “un proceso de interacción entre el historiador y sus hechos, un diálogo sin fin entre el presente y el pasado” (Carr, 1991, p. 52) y no como una recolección de datos cronológicos; se permite comprender que la ciencia es mutable y cambiante y que, en consecuencia, el conocimiento científico es susceptible de ser transformado y modificado con el transcurrir del tiempo.

2.1 2.2 Uso de la historia y la epistemología en el contexto de la enseñanza.

“Quien conozca sólo un punto de vista o una forma de ver las cosas no cree que otro haya estado nunca en su lugar, ni que otro venga después, ni duda ni hace pruebas” (Mach, 1911).

Existen varias formas o maneras de significar la realidad pero aquí nos basaremos en dos, la realidad independiente de los sujetos y el hombre como construcción de la misma.

En la primera las personas pueden verse como un simple instrumento de esta, aquí todo ya está, es por eso que solo se descubre y las verdades son asumidas de manera absoluta. Por su parte, en la segunda manera de asumir la realidad, se asume que esta se va creando de acuerdo con una serie de

necesidades, se crean situaciones que suplen estas necesidades. En esta mirada no hay verdades absolutas.

De acuerdo con estas reflexiones, se aborda la cuestión de la naturaleza de la historia. ¿Qué es la historia? Es una pregunta aparentemente simple dada la sencillez de la formulación; sin embargo dar una respuesta satisfactoria a ella es una situación compleja que no se pretende agotar en estas líneas. Siguiendo a Carr (1991), se plantean algunas posiciones que responden a la forma de entender los hechos, desde las perspectivas mencionadas anteriormente.

En la introducción de la primera Cambridge Modern History, Acton postula la posibilidad de crear una historia definitiva, en la que la participación de diferentes autores no sea claramente diferenciable; la objetividad de la obra estará cimentada en los hechos mismos y el modo impersonal de narrarlos los conservará independientes de cualquier interpretación personal o ideológica del historiador.

Acton se identifica con la escuela filosófica británica que defiende el empirismo práctico desde John Locke hasta Bertrand Russell. En esta escuela de pensamiento se considera que la experiencia de la realidad es un acto pasivo de recepción de impresiones y que el sujeto está supeditado a los actos que se le imponen, en este sentido, el hecho se confunde con el hecho histórico sin distinción alguna, puesto que será el impacto de los hechos en la sociedad lo que los categorice como históricos y les otorgue su valor para la posteridad, sin importar quién sea el personaje que narre la historia.

De este modo, será posible reunir los datos disponibles sobre un hecho en particular y escribir la historia que diera cuenta de “lo que realmente aconteció”. Esta posición positivista (el sujeto independiente de los hechos) frente a la historia, puede interpretarse como ingenua en cuanto que no reconoce los límites reales con los que inevitablemente tropezará el historiador, es el caso de la selección de datos que se ha hecho con el correr del tiempo de los hechos contados por los historiadores del pasado. Los hechos, lo mismo que

las impresiones sensoriales, inciden en el observador desde el exterior y son independientes de su conciencia" (Carr, 1991, p. 47). De esta manera, los acontecimientos impactantes en lo idiosincrático, se constituyen en hechos. Desde esta perspectiva, no hay separación posible entre hecho y hecho histórico puesto que los hechos se imponen per se a la voluntad de los hombres, quienes necesariamente lo registrarán para la posteridad.

Por otra parte, Sir George Clark, sesenta años después que Acton, escribió en la segunda edición de la misma obra un comentario sobre esta postura. En esta se presenta una separación de esa fe en la realidad objetiva, en la que la aseveración de los hechos históricos son una clase especial de hechos que los historiadores han postulado y aceptado como tales, en virtud del consenso de opiniones sobre el acontecimiento narrado.

Clark impone la diferenciación entre el hecho como acontecimiento vivido o construido por la colección de datos disponibles y el hecho histórico como construcción social, a través de los juicios admitidos sobre un acontecimiento del pasado. En esta posición, la subjetividad del historiador hace parte importante del proceso de construcción del hecho histórico, pues, es el sujeto quien escoge los datos que serán narrados y esa selección estará marcada por su manera de ver el mundo e interpretar los acontecimientos de los que tiene noticia.

Así, hay en el acontecer diario de la vida humana muchos hechos pero no todos llegan a ser hechos históricos, pues el proceso de selección, postulación, y admisión por parte de los historiadores como hecho digno de contarse a la posteridad no solo puede ser arduo sino también largo en el tiempo. No obstante es oportuno resaltar que, en esta postura existe el peligro de pensar que dado que la historia está atravesada por la subjetividad humana, entonces existirán tantas historias como historiadores haya, pero eso sería tan ingenuo como la perspectiva positivista de la realidad puesto que se estaría olvidando el consenso que es necesario para admitir que un hecho es histórico.

No es posible separar el hecho del sujeto, según los planteamientos de Carr (1991), como tampoco se puede pretender que un hecho es histórico bajo un argumento de autoridad de una persona importante en el medio que se desarrollan los acontecimientos; es necesario que haya una confluencia de intereses en el hecho postulado para que llegue a ser histórico.

2.1.1 2.3. El hecho científico

Coherente con la línea de pensamiento anterior, la ciencia puede ser significada como construcción social. En este sentido, el hecho científico adquiere un carácter tanto sociológico como epistemológico. Es sociológico en cuanto que debe ser atestiguado por estos y epistemológico en cuanto son los mismos los que le dan una validez.

La actividad científica puede verse como un proceso que pasa por tres momentos: la materialización, comunicación y uso.

La materialización es la creación, para esta tecnología se debe de pensar y saber cuál es el proyecto que se va hacer, aparte de esto también en los costos que estos producen pues una de las principales razones de las sociedades en los años mil seiscientos fue el alto costo de los nuevos experimentos (Shapin, 1991).

Se aplicaban también experimentos mentales que pretendían que la autoridad también pudieran ver que todo este trabajo se había hecho para llegar a esto así la ciencia pudiera ser atestiguada por los otros científicos, y como la fiabilidad de los hechos depende de la multiplicidad, esto es que deben haber muchos historiadores del hecho pero que sus historias tengan de cierta forma

algo en común y estos múltiples testimonios crean el fenómeno, no es simplemente una descripción, pues debe de ser tan detallada que a los otros científicos les quede todo el objeto bien claro como si hubiesen estado ahí. Y para poder lograr esa gran multiplicidad de testimonios los experimentos deben hacerse en un lugar común en este caso el laboratorio. Para que así sea algo que pueda ser visto por muchos, pero no puede olvidarse de que deben de ser personas que entiendan de lo que se esté hablando, pues no es el caso que estén personas que no sepan nada y que se tenga que cambiar todo el vocabulario para que este experimento pueda ser entendido y además de esto el testigo debe de saber dar cuenta de lo que allí se hace de una manera muy detallada pues de lo contrario no serviría para dar su testimonio y por consiguiente para poder así construir un fenómeno.

La tecnología literaria del testimonio virtual o la comunicación, es la parte donde se desea comunicar lo que se ha hecho para esto se debe expresar tan bien lo que hizo o logre hacer un dibujo completo y detallado de tal manera que todo quede tan detallado que las personas que asistan a este, logren ser capaz de reproducirlo sin ninguna dificultad alguna. O de otra manera hacer un texto que se pueda leer todo tan fácilmente que no haya necesidad de nada más. Como dice Shapin en su texto: un hombre cuyos relatos podían ser acreditados como espejos de la realidad era un hombre modesto; sus informes debían hacer parecer esa modestia. (Shapin, 1991). Donde esa modestia de la que se habla en el texto puede manifestarse de diferentes maneras como lo son la escrita, la oral, el dibujo o la presencial.

Para lograr todo esto se requiere crear un buen discurso de los individuos y para eso se deben crear unas reglas en los discursos de estos para que ellos puedan crear y defender los hechos, y por medio de estos hechos poder así crear un conocimiento que pueda ayudar a la comunidad de los experimentalistas. Y con estas fronteras del lenguaje poder así separar lo que puede ser discutido de lo que no.

El lenguaje o las querellas como las menciona Boyle nombrado por Shapin las querellas es ese lenguaje para la comunicación entre los científicos los cuales deben de estar abiertos a todo clase de ideas y deben tener bien claro que se atacan argumentos y no personas, por tanto usted discute con los resultados de los experimentos y no con las personas, sin importar el tipo de creencia que los otros tengan o la posición cosmológica que este tenga. Y por tanto el que presenta debe de saber que cuando este se equivoque debe de presentar sus excusas o disculparse en público si sus hipótesis o planteamientos están erróneos, además tiene derecho a refutar las opiniones de los demás científicos sin afectar las relaciones que estos tengan por fuera.

La tecnología social es aquella de verificación y para esto es recomendable que se eviten discusiones personales todo debe de estar únicamente vinculado a lo que se está diciendo en ese momento.

Con lo anterior y teniendo en cuenta esas dificultades mencionados antes sobre la enseñanza de las leyes del movimiento se cree conveniente abordarlas desde Kepler ya que él es el creador de estas mismas y al hacerlo paso por muchos de los problemas que atraviesan los estudiantes.

2.2 2.4 Recontextualización de las leyes del movimiento planetario desde la perspectiva kepleriana

Es necesario iniciar diciendo que en esta investigación la recontextualización es entendida en los términos de Berstein (1993):

“Las reglas de recontextualización (el propio discurso pedagógico) son el medio por el cual un discurso instrucciones (de competencia,

habilidades) se inserta en un discurso regulativo (de orden social). Es decir, las reglas de recontextualización aseguran que la transmisión educativa no responde a las propias características internas de las competencias que desean transmitirse. La comunicación pedagógica se reordena y recoloca en base al discurso regulativo, dominante sobre el discurso instruccional. Este proceso supone una transformación del discurso original -descontextualización- previa a su recolocación como discurso instruccional –recontextualización-. Las reglas de recontextualización regulan la selección, el ritmo, las relaciones con otros conocimientos y la teoría de la instrucción de la cual se derivan las reglas de transmisión” (Citado por Fernández, Marcet, Rovira, Sanz y Vela, p.8).

Con lo anterior se entiende que la recontextualización es poner un discurso en un contexto diferente, lo cual se intenta con las leyes de Kepler.

2.4.1 ¿Por qué las orbitas planetarias son elípticas?

El enfoque kepleriano, inicia caracterizándose por que este considera que cualquier organización teórica debía cumplir el principio de simpleza. En este sentido comparte con Copérnico el siguiente postulado “*los planetas giran alrededor del sol, con excepción de la luna, que es la única que tiene la tierra como su centro*” (Kepler, 1619, p.1015). Cuando pudo contar con los datos de las observaciones que Tycho Brahe sistematizó durante décadas en lo que encontró que la órbita circular no corresponde a las observaciones hechas de las posiciones del planeta Marte, comenzó una tarea ardua de construcción de leyes que gobernarán los movimientos de los astros y develarán en toda su majestuosidad el orden natural dado a las cosas por su creador.

En su libro “*Un resumen de la doctrina astronómica necesario para la especulación en las armonías celestes*”, desligándose primero de la astronomía

de Tolomeo, analiza los modelos de Copérnico y de Tycho Brahe. En este fragmento de su obra, Kepler realiza un cambio de paradigma; tanto Copérnico como Tycho Brahe se aferran al principio griego de la circularidad, como la forma de la perfección. Sin embargo, él encuentra en sus cálculos un desfase de ocho minutos de grado entre la circunferencia esperada y la curva trazada con los datos de las observaciones de Tycho Brahe. Tras grandes luchas internas y fatigosos esfuerzos por remediar tal disparidad decide abandonar para siempre esta creencia a la que incluso Galileo Galilei se aferró como principio de la astronomía. Todo este cambio le causó a Kepler un conflicto que tardó muchos años en resolverse.

Para mostrar que las orbitas de los planetas son elipses, Kepler se apoya en los trabajos hechos por Apolonio de Perge; siguiendo procedimientos geométricos antiguos va construyendo la elipse a partir de un círculo, pero dejando claro que las órbitas son excéntricas, formando una forma elipsoidal y no una circunferencia. Tal como se observa en el siguiente fragmento:

También es cierto que todos los planetas son excéntricos, es decir, ellos cambian sus distancias del sol, de tal manera que en una parte de su círculo se vuelven más lejanos del sol, y en la parte opuesta vienen más cercanos al sol. En el diagrama adjunto tres círculos cada uno se han elaborado para cada uno de los planetas: ninguno de ellos indican el recorrido excéntrico del planeta mismo, pero el círculo medio, como es el caso de Marte, es igual a la excentricidad de la órbita (Kepler, 1619, p. 1017).

Kepler asumió algunos postulados en los que fundamentó y sobre los cuales desarrolló toda su argumentación teórica, en sus afirmaciones fue categórico como se aprecia en la siguiente conclusión: *“Además, he demostrado al mismo tiempo que la órbita planetaria es elíptica y el sol, la fuente de movimiento, se encuentra en uno de los focos de la elipse.”* (Kepler, 1619, p. 1018)

Estos aportes fueron claves en la construcción de la teoría sobre el movimiento de los planetas. Tal como lo afirma Lamberti (1996).

...desde una perspectiva histórica es importante señalar que la Segunda Ley, o Ley de las áreas, fue enunciada por Kepler con anterioridad a la Primera. Con la Segunda Ley tiraba por la borda el axioma del movimiento uniforme; con la Primera daba el mismo destino a un preconcepto aún más sagrado en los tiempos de Kepler: el del movimiento circular (p.5).

Cuando Kepler plantea la descripción de sus leyes lo hace de una manera muy amplia explicando en sí por qué cada cosa; por el contrario, en muchos libros de texto de física se presentan de manera muy resumida con una redacción poco precisa y dejando de lado la matematización que él hizo. Él dejó de un lado las teorías apriorísticas de los antiguos y antepuso a su razonamiento la fiabilidad de los datos obtenidos por Tycho Brahe, dando inicio, según Koestler (2005) a una postura empirista que terminaría imponiéndose en todo el proceder de las ciencias naturales.

2.4.2 ¿Por qué el movimiento con velocidad variable?

En el Epitome, Kepler nos muestra la justificación del por qué las velocidades de los planetas no pueden ser uniformes, diciendo:

Si las áreas iguales se asignan a los arcos desiguales igualmente distantes del sol, mientras que los tiempos o los retrasos de los arcos desiguales igualmente distantes del sol deben también ser desiguales por el axioma empleado anteriormente entonces, ¿Cómo medir áreas iguales en retrasos desiguales?(Kepler, 1571-1630, p.327)

Más adelante Kepler dice:

La igualdad de la suma de los ángulos, y desde el área de la elipse se distribuye en partes iguales entre los arcos que subtienden estos ángulos, es decir, dos áreas son siempre iguales a otras dos áreas: por lo tanto, con razón – hasta ahora y en la medida que se trata dos pares de arcos es el área establecido como medida de tiempo, porque los retrasos de tiempo, porque los retrasos de tiempo debe ser igual a no arcos iguales en si, sino a sus progresiones iguales alrededor del sol a la misma distancia(1570-1631 p. 326,).

Con esto Kepler intenta mostrar que los arcos recorridos por el planeta no deben ser iguales para que los tiempos puedan ser iguales, así como también los ángulos ser diferentes, lo que implica que la velocidad sea variable. Esto ha de ser así para que las áreas sean iguales, lo que se constituye en un postulado fundamental para Kepler.

Como dice Vega (2003) “mostrar que la variación de la velocidad de traslación de los planetas se relaciona con sus distancias con respecto al sol y que son innecesarios los epiciclos para explicar las trayectorias era dar un vuelco total al pensamiento astronómico. Porque para llegar a esa solución había que hacer una suposición extraordinariamente audaz e imaginativa” (p. 4).

En cuanto al estatus epistemológico de las afirmaciones de Kepler vale recordar a Cassirer (1979) quien afirma que *“una ley física es una relación simbólica cuya aplicación a la realidad concreta exige el conocimiento y la aceptación de validez de todo un conjunto de teorías”*. Entonces se puede hacer la pregunta, ¿En qué medida las leyes del movimiento planetario planteadas por Kepler se asemejan o se diferencian de otras leyes físicas como la ley de caída de los cuerpos (Galileo), la ley de gravitación (Newton)? Como una ley física economiza y generaliza y esto es lo que Kepler logró con sus leyes planetarias y además han sido aceptadas y poseen validez ante otras teorías, se puede afirmar que las leyes de Kepler son auténticas leyes físicas.

3. Propósitos (general y específicos)

2.3 Propósito general

Plantear un proceso de recontextualización de las leyes de Kepler en la enseñanza media a través del análisis histórico y epistemológico de la perspectiva de Kepler, de algunos libros de texto y de los modelos explicativos de 4 casos.

2.4 Propósitos específicos

- Caracterizar las concepciones que se evidencian, en los textos escolares de física que se usan en la IE Comercial de Envigado, sobre las leyes de Kepler.
- Identificar las características de la formalización planteada por Kepler, sobre las leyes de los movimientos planetarios, en dos de sus obras.
- Describir los modelos explicativos que tienen 4 estudiantes de grado once de la IE Comercial de Envigado acerca de las leyes de Kepler

Capítulo 3. Enfoque metodológico

3.1 Caracterización de la investigación

Lo propuesto en esta investigación está sujeto principalmente a las intenciones de sus investigadores, por esto para el análisis, la interpretación y las percepciones sobre las leyes de Kepler en la Institución Educativa Comercial de Envigado no se tomaron posturas propias, sino que se mostró lo que los casos exponen, por eso se consideró conveniente introducirse en el contexto de la investigación, para “observar los procesos sin irrumpir, alterar, o imponer un punto de vista externo, sino tal como son percibidos por los actores del sistema social”(Neumann citado por Hernández, 2010, p.34).

En consecuencia se consideró conveniente dar a la investigación un enfoque cualitativo, dando al contexto de la investigación la importancia que amerita y permitiendo que fueran los sujetos y sus discursos los protagonistas en la caracterización de cada situación. Además, las categorías de análisis que se implican en los propósitos de investigación no son controlables ni verificables por métodos cuantitativos y experimentales.

El desarrollo de las indagaciones tuvo en cuenta informaciones suministradas por los estudiantes de la Institución que sirvió como Centro de Práctica y que fueron registrados en instrumentos como el Diario Pedagógico, cuestionarios, grabaciones de audio y video que proporcionaron información que fue categorizada e interpretada desde la intencionalidad de los investigadores.

Esta recolección de información se ajustó estrictamente a los métodos de la observación y la entrevista que según autores como Hernández (2010) proporcionan, mediante la triangulación, un medio eficaz para la validación de la investigación. Respecto a esto, es oportuno mencionar que los análisis hechos fueron socializados con pares investigadores y expertos, quienes validaron las interpretaciones e inferencias extraídas de las obras de Kepler, de los textos escolares y de los 4 casos.

2.5 3.2 Fases de la investigación

Esta investigación se realizó en las siguientes fases:

Fase uno. En esta fase se realizó el planteamiento del problema, la revisión de alguna literatura disponible para establecer el estado de la discusión sobre la temática objeto de investigación y para argumentar y sustentar la justificación del problema. Igualmente se analizaron algunos textos y se logró precisar la intencionalidad de la investigación.

2.5.1 Fase dos. En esta fase se hizo el análisis del clásico, que en este caso fue Kepler, tomando dos de sus obras: *Harmonices mundi* (1619) y *Epitome copernicana Astronomiae* (1621), lo cual permitió construir categorías de análisis y los fundamentos teóricos para el diseño de instrumentos.

2.5.2 Fase tres. En esta se hizo la recolección, sistematización, y el análisis de la información, la formulación de asertos, la propuesta de recontextualización, y por último la socialización y reorganización del informe de la investigación.

2.6 3.3 Categorización del contexto

Para comprender las condiciones en las cuales se desarrolla la investigación, se tuvieron en cuenta las características del contexto, ya que se consideró que cada sujeto es permeado por este; sus pensamientos y acciones se ven condicionados por las interacciones del sujeto con su entorno social, económico, político, religioso, académico y cultural.

Tal como se ha mencionado, esta investigación se desarrolló en la Institución Educativa Comercial de Envigado, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Envigado sector la Mina, cuenta con Educación Básica y Media, en la modalidad académica y técnica (con énfasis en comercio y en sistemas), en sus instalaciones tiene desde el grado sexto hasta once. Los estudiantes habitan viviendas de estrato dos ubicadas alrededor de la Institución.

2.7 3.4 Categorización de los casos:

Para la investigación se seleccionaron 3 estudiantes de la Institución Educativa Comercial de Envigado que estaban cursando el grado 10 y sus edades oscilaban entre los 15 y 16 años.

Teniendo en cuenta las intenciones de los investigadores los criterios de selección fueron: que los estudiantes tuvieran motivación propia por el área, la disponibilidad horaria, puesto que el trabajo se realizó en jornadas extra clase

y, buen rendimiento académico que se considera un indicador adecuado para que los informantes den cuenta de la manera como comprenden las situaciones planteadas.

3.5 Recolección de la información

Para la obtención de la información se utilizaron dos métodos. El primero se centró en entrevistas semiestructuradas. Con estas se buscó que los informantes (casos) narraran sus experiencias y puntos de vista procurando no incidir en las maneras de pensar de los casos.

El segundo se desarrolló mediante la observación no participante, se hizo presencia en el desarrollo de algunas actividades propuestas por el maestro titular del curso sin intervenir en ellas.

En este proceso se utilizaron tres instrumentos. En el primero los casos debían realizar una representación del sistema solar, con la intención de analizar cómo ellos representaban las órbitas de este sistema. En el segundo se presentaron actividades experimentales que posibilitaron la construcción del sistema solar con agua, alcohol y aceite. En este mismo contexto se propició la construcción de elipses y círculos con hilos, tachuelas, regla y lápiz. El objetivo de todo esto era que pudieran describir las órbitas de los movimientos planetarios haciendo una distinción entre círculos y elipses.

En el tercero se buscó el establecimiento de la distinción entre la velocidad en un círculo y en una elipse, cuyo objetivo fue evidenciar la segunda y tercera leyes de Kepler.

3.6 Sistematización y análisis

Después de la aplicación de los instrumentos, la información obtenida se sistematizó en matrices de doble entrada que permitieron la comparación de las respuestas de cada caso. En consecuencia, se aplicó la triangulación como estrategia metodológica cualitativa que dio validez a la investigación y permitió

el proceso de fundamentación. Al respecto se puede afirmar que “la triangulación se ha convertido en la búsqueda de interpretaciones adicionales, antes que la confirmación de un significado único” (Flick, 1992. Citado por Stake, 2007, p.99) y es la puesta en práctica de dichas estrategias las que ayudan a obtener una conclusión consolidada de la investigación.

Además dentro de este enfoque es imprescindible la triangulación, estrategia de validación de la investigación que, según Stake (1998), permite aumentar el crédito de la interpretación y conseguir la confirmación necesaria. En este caso la metodología, con las características antes descritas, se ha basado en la determinación de categorías para el análisis de algunos aspectos presentes en los textos escolares y la contrastación con instrumentos de aplicación a estudiantes que permitieron vislumbrar cómo se lleva a cabo el aprendizaje a través de los mismos; tanto las categorías para el análisis de textos como los cuestionarios de aplicación con estudiantes se validaron con otros investigadores, estos últimos además, se validaron con aplicaciones previas (prueba piloto) para reafirmar, corregir o descartar algunos aspectos de los instrumentos.

Toda la información de los instrumentos y del diario de los investigadores se codificó de acuerdo con las categorías apriorísticas identificadas en el marco conceptual, las cuales se concretaron en los siguientes términos: las órbitas de los planetas son elípticas, las órbitas de los planetas son circulares, la velocidad de los planetas alrededor del sol es constante, la velocidad de los planetas alrededor del sol es variable.

De acuerdo con los modelos explicativos surgidos del análisis por palabras que se realiza en las matrices de doble entrada, se relacionan las categorías apriorísticas tomadas como referencia del marco conceptual a partir de Kepler; y surgen las categorías emergentes que son las salientes de dichas expresiones que arrojó la información de los casos.

Para realizar de una manera más específica la lectura de las matrices, se designan a los casos la siguiente terminología caso 1; C1, caso 2 C2, caso 3; C3, a las preguntas se le designaran la letra P y el número de preguntas que estas posea.

Capítulo 4. Hallazgos

Luego de aplicar los instrumentos se obtuvo una serie de información sobre la manera cómo los tres casos investigados planteaban las leyes de Kepler. Para alcanzar el propósito planteado, la información se sistematizó en matrices de doble entrada.

Matriz 2. Sistematización y análisis del instrumento dos parte uno

El primer instrumento se hace con el fin de evidenciar si los casos hacen una diferenciación entre la circularidad y la excentricidad.

	C 1	C2	C 3
P 1	<p><i>“Dos figuras en el plano cartesiano al parecer “circunferencias”</i></p>	<p><i>“Observo dos circunferencias la más pequeña toca en el plano cartesiano, la más grande no lo toca.”</i></p>	<p><i>“La primer figura forma un ovalo, y la segunda figura forma un circulo ya que al dibujarlo en el plano en todos los ejes pasa por el numero3”</i></p>
P2	<p><i>“La figura 2 es más grande que la figura uno</i></p> <p><i>La figura dos es una circunferencia más exacta que la figura uno”</i></p>	<p><i>“La relación es que los dos son circunferencias, Diferencias son que una es más grande que la otra, y la otra toca el plano cartesiano”</i></p>	<p><i>“Que una la ovalada y la otra es un circulo; y la primer figura en el eje x mide el doble que la segunda”</i></p>
P3	<p><i>“La figura uno pasa por el eje y negativo y positivo en el 4 por el</i></p>	<p><i>“Las características son que la circunferencia pequeña toca el eje x</i></p>	<p><i>“que la primer figura al hacerse con el hilo forma un ovalo perfecto</i></p>

	<p>eje x en el negativo en -5 y en el positivo más o menos en 4.9. La figura dos pasa por el eje x arriba en 9 y por el eje y en ambos se podría decir que es 8.8”</p>	<p>con el otro punto de x y encierra un círculo, la circunferencia más grande no toca el plano cartesiano y forma un círculo mas grande”</p>	<p>y las segunda al hacerse con el lápiz amarrado forma un círculo no muy perfecto”</p>
P4	<p>“Tanto en la rotación como en la translación se gira circularmente. Cada vez que los planetas dan una vuelta alrededor del sol forman una circunferencia”</p>	<p>“Si y se puede explicar con la figura dos.”</p>	<p>“ si”</p>
P5	<p>“Las dos podrían ilustrar la trayectoria la figura uno será el sol y las dos podrían ser la trayectoria de un planeta alrededor del sol o una órbita”</p>	<p>“La figura dos, porque la rotación de los planetas se guían por el sol, igual como la figura dos que se guía por el centro del plano cartesiano.</p>	<p>“yo pienso que la figura del centro es el sol y la del exterior es una órbita. Ya que el sol es en forma de círculo y las orbitas son más que todo en forma ovalada”</p>

ASERTOS	<p>El caso no hace una distinción entre circunferencia y elipse esto se evidencia cuando responde con frases como <i>“La figura dos es una circunferencia más exacta que la figura uno”</i> y <i>asume las dos figuras como las orbitas planetarias lo que se puede inferir de las respuestas de las preguntas 4 y5.</i></p>	<p>El caso no hace una distinción entre circulo y elipse, al igual que el caso uno esté las diferencia solo por el tamaño como se evidencia en la respuesta a la pregunta 2 donde dice <i>“La relación es que los dos son circunferencias, Diferencias son que una es más grande que la otra, y la otra toca el plano cartesiano”</i>, al igual que se infiere que estas dos figuras representan las orbitas planetarias como lo el muestra en la respuesta a la pregunta 4 donde dice: <i>“Si y se puede explicar con la figura dos.”</i></p>	<p>El caso hace una distinción entre circunferencia y ovalo pero al preguntarle como entendía el ovalo dice: <i>“como una circunferencia achatada no tan perfecta”</i> con lo anterior se evidencia que aunque hace una diferenciación continua viendo las dos figuras como circunferencias.</p>
----------------	--	--	--

Matriz 3. Sistematización y análisis del segundo instrumento parte dos.

Este instrumento se hace con el fin de que los casos observaran los modelos planetarios copernicano y kepleriano y pudieran establecer paralelos. Respondiendo así a las categoría orbitas planetarias y subcategorías órbitas circulares o órbitas elípticas.

	C 1	C2	C3
P1	<i>“como tres líquidos forman unos círculos sobre el agua, se parece un poco al sistema solar el círculo mayor se puede decir que es el sol y los demás los planetas”</i>	<i>“observe algo muy parecido al sistema solar, porque en la mitad hay un círculo muy parecido al sol y alrededor unos círculos parecidos a los planetas”</i>	<i>“al caer el aceite al alcohol, el aceite queda en el grosor de alcohol en un círculo cada gota se ve al mirarla de perfil”</i>
P2	<i>“algunas gotas se absorbieron entre sí formando gotas mas grandes mientras que las otras quedaron más cerca una de la otra”</i>	<i>“observo que en los círculos que en la primera grafica se ven más cerca y cuando inclino se ven más lejos y más pequeños”</i>	<i>“al inclinar el vaso queda con mas volumen el alcohol en un lado que en otro y en el lado con volumen no se ven casi los círculos como en el que no tienen tanto”</i>
P3	<i>“la primera ya que quedo el número correcto de planetas más o menos formando una distancia entre ellos al igual que las orbitas y con el círculo más grande en el centro entre los demás círculos”</i>	<i>“La grafica uno por que los planetas no giran como mas allá del sol sino que giran alrededor del sol por eso en la figura 1”</i>	<i>“No lo vi”</i>

ASERTOS	<p>El caso al observar el modelo copernicano siente que este representa mejor las orbitas del modelo planetario y esto se puede inferir en la respuesta a la pregunta tres donde dice que la figura circular es la que mejor representa el sistema solar.</p>	<p>Para el caso el modelo que mejor representa el modelo planetario es el circular y esto se infiere de la última pregunta donde él dice: <i>La grafica uno por que los planetas no giran como mas allá del sol sino que giran alrededor del sol por eso en la figura 1</i> donde la figura uno muestra el modelo circular.</p>	<p>El caso no representa el sistema solar de ninguna de las dos maneras según el experimento</p>
----------------	---	---	--

Matriz 4. Sistematización y análisis del instrumento 3

Este instrumento se hace con el fin de que los casos observen como son las velocidades en un modelo circular y en el modelo elíptico. Respondiendo así a la categoría velocidad de los planetas y subcategorías velocidad constante o velocidad variable.

	C1	C2	C3
P1	<p><i>“seria uniforme ya que las dos velocidades tendrían que recorrer la misma distancia en el mismo intervalo de tiempo”</i></p>	<p><i>“sería igual (uniforme), por que en la figura se observa que las mismas áreas y los tiempos son iguales, por esto para mí la velocidad de los</i></p>	<p><i>“La velocidad seria uniforme porque la distancia uno y la distancia dos también son iguales en un mismo tiempo”.</i></p>

		<i>planetas son iguales aunque se vea A1 mas grande que A2</i>	
P2	<i>“ las velocidades serian variables ya que a pesar de las áreas y los tiempos sean iguales el área A2 es mas angosta por lo tanto la línea exterior del A2 es más pequeña mientras que el A1 es más larga”</i>	<i>“no son iguales seria (variable) porque para mí si la $A1 = A2$ y $T1 = T2$ entonces la velocidad de los planetas no sería la misma porque el A1 está más pequeño, y el A2 está más grande por esto por esto la velocidad de los planetas no puede ser la misma.”</i>	<i>“La velocidad seria variable porque poseen diferentes distancias ambas y cada una con iguales tiempos”</i>
P3	<i>En parte la figura 2 ya que no hay momentos en que los planetas se alinean entonces se puede deducir que su velocidad es variable, porque si fuese uniforme estos irían en una misma velocidad que no permitirían que se alinearan aunque esta idea cambiaria ya que si en la figura 1 el movimiento es</i>	<i>La figura 1 porque es uniforme, porque las orbitas pueden ser redondas así el movimiento de los planetas es más lento y podemos vivir dentro de ellos, porque si fuera ovalado el planeta debería tardar más en girar alrededor del sol y todo fuera más rápido como la hora en cambio redonda los calendarios y las horas</i>	<i>“la representaría con la velocidad variable, me guio porque hay un tiempo en que los planetas se juntan en línea recta lo cal seria velocidad uniforme en ese instante pero aun así la mayoría del tiempo los planetas giran pero no alineados lo cual sería velocidad variable ya que se llevarían cierta distancia teniendo así</i>

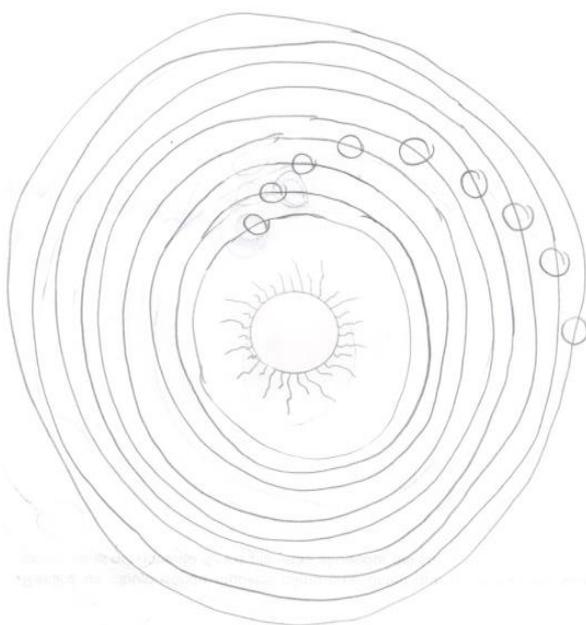
	<p>uniforme esto causaría una contradicción con lo que ya he dicho en la figura 2 ya que los planetas si se podrían alinear así vayan con una misma velocidad constante pero por los distintos tamaños de las orbitas en cada planeta esto permitiría que un planeta se adelante a otro o al contrario se atrase y formar el alineamiento. Pero mi pregunta es: ¿si el planeta es más grande más lenta es su velocidad?</p>	<p>son más lentos y coinciden con las de hoy en día yo pienso que la velocidad de los planetas, es de acuerdo a como sean las orbitas si son redondas la velocidad del planeta es más lento, pero si fuera ovalada todo sería más rápido, además todo depende de cómo sean las orbitas de grandes porque los más pequeños giran más rápido y los más grandes deben girar mas lento</p> <p>¿La velocidad de los planetas depende del grandor de sus orbitas o de los planetas?</p>	<p>para cada uno diferentes tiempos.</p> <p>Así que para mí las orbitas se representan con las dos figuras junta, pero si es una sola me guiaría mas por la del ovalo”</p>
--	---	---	--

ASERTOS	<p>El caso ve la diferencia de la velocidad en una circunferencia y en la elipse lo que se evidencia en las respuestas 1 y 2. Pero al relacionarlas con el sistema planetario se encuentra en contradicción pues dando respuesta a la pregunta tres primero dice que es velocidad variable y que por eso es la elipse (figura 2) y luego dice que la velocidad de los planetas también puede ser uniforme y que por eso también puede ser una circunferencia (figura 1)</p>	<p>El caso hace una distinción entre la velocidad en una circunferencia y en una elipse esto se puede evidenciar en las respuestas que hace a las preguntas uno y dos, al asignarle una figura a las orbitas planetarias se guía mas por la circunferencia lo que se evidencia en la respuesta que da en la pregunta tres.</p>	<p>El caso hace una distinción éntrela velocidad uniforme de la circunferencia y la velocidad variable de la elipse, lo que se observa en las respuestas que da a la preguntas uno y do. pero al igual que el caso uno al asignar una figura a las orbitas planetarias entra en una contradicción pues al responder a la pregunta tres (con cuál de las dos figuras representarías tu las órbitas y la velocidad de los planetas en su movimiento alrededor del sol) el caso dice que la velocidad variable pero las orbitas con las dos.</p>
----------------	---	--	---

Análisis por caso

Caso 1

Al iniciar el proceso en el caso uno se pudo notar una fijación por las orbitas planetarias circulares, esto se vio cuando se le pide que haga una representación grafica la cual se observa a continuación:



Luego se le pregunta que quería expresar en este y el contesta que “los planetas como yo creía que eran las órbitas redondas”.¹

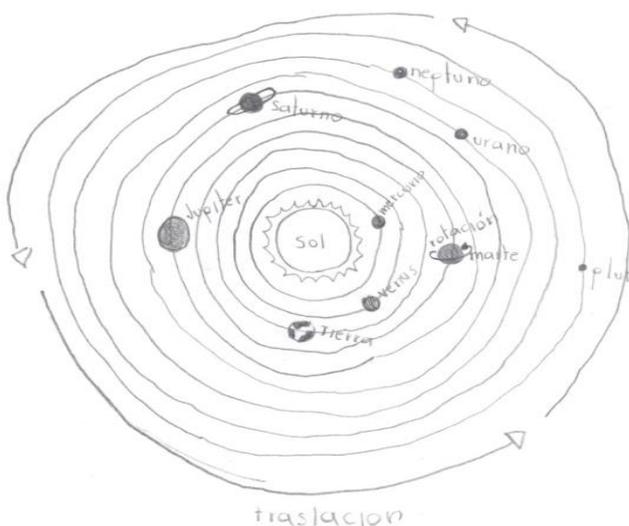
Pero luego en el instrumento dos se nota que el caso no logra hacer una distinción entre lo que una circunferencia y una elipse y que simplemente suma la segunda figura, como si fuera otra forma de representar la primera.

Al llegar al tercer instrumento el caso uno asume que la velocidad del instrumento como constante, la cual físicamente se le asocia al movimiento circular, sino que la asume variable pero en un sistema circular, este caso está llegando a las mismas contradicciones que llego Kepler en algún momento y las cuales le sirvieron para desarrollar sus leyes pero siendo puntules en el problema, en la obra Arminisis mundi el dice que todos los planetas son excéntricos esto quiere decir que ellos cambian la distancia al sol y menciona también que los arcos de las orbitas son distintos (Kepler, 1619) con esto se hace evidente que aunque la excentricidad es muy poca las orbitas ya no son circulares, y tomando los apuntes de Apolonio busca darle el nombre de elipse a esa figura y su primera ley dice que todas las orbitas planetarias son elípticas.

¹ Tomado de la entrevista aclaratoria realizada al finalizar la implementación de los instrumentos

Caso 2

El C2 al inicio de la investigación se noto su fijación por asociar al sistema solar las orbitas circulares, esto se observa cuando se le pide que haga una representación del sistema solar y



hace la siguiente figura:

Cuando C2 esta dibujando el sistema solar hace comentarios como “no me quedaron bien circulares”², luego cuando se le pregunta que queria mostrar en su dibujo el C2 dice: “las flechas indican el movimiento de rotación y traslación, los planetas con sus

órbitas circulares y el nombre de cada planeta”³. en el instrumento dos se observa que el caso no hace una distincion entre elipse y circunferencia. Pero en el instrumento 3 el caso dice que la velocidad debe ser variable y la justificacion que da es el “peso” pero sin mirar esta justificacion en este aspecto estaria en concordacia con Kepler.

Cuando Kepler expone su obra Arminis mundi el dice que todos los planetas son excéntricos esto quiere decir que ellos cambian la distancia al sol y menciona también que los arcos de las orbitas son distintos (Kepler, 1619) con esto se hace evidente que aunque la excentricidad es muy poca las orbitas ya no son circulares, y tomando los apuntes de Apolonio busca darle el nombre de elipse a esa figura y su primera ley dice que todas las orbitas planetarias son elípticas y por tanto la velocidad seria variable, esto lo piensa el caso uno en el ultimo instrumento en el cual se puede ver que ya observa las orbitas planetarias como elipses y con velocidades variables.

² Tomado del diario pedagógico realizado en la institución comercial de envigado en el periodo de realización de la práctica de integración didáctica 9

³ Tomado de la entrevista aclaratoria realizada al finalizar la implementación de los instrumentos

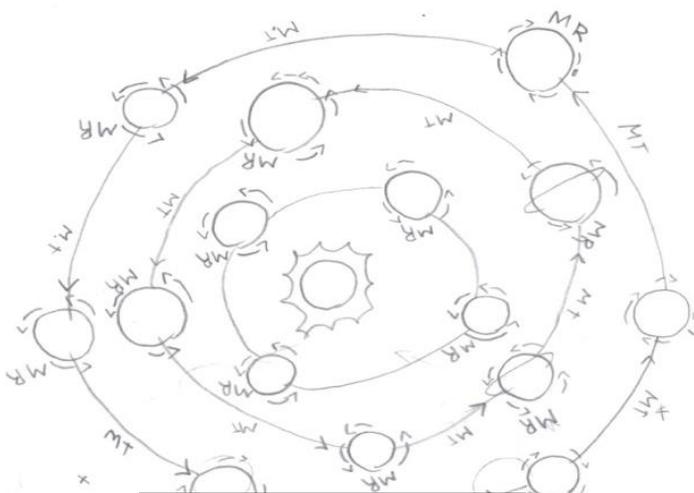
Si se mira un aserto en general de lo que dicen los casos ninguno hace una distinción entre circunferencia y elipse, esto se puede evidenciar cuando dicen que son iguales, que se diferencian en el tamaño o en que una es más perfecta que la otra. Para el caso de las orbitas los casos creen que ambas pueden ilustrar las orbitas que recorren los planetas alrededor del sol y se puede ver en las respuestas que dan para las preguntas 4 y 5. Lo que se podría tomar como que no diferencian bien la forma geométrica de estas

Los casos uno y dos representan mejor el sistema solar con el sistema copernicano, eso se puede evidenciar en las respuestas que dan a las preguntas tres y el caso tres no entendió el experimento.

Cuando Kepler plantea describe las orbitas muestra geoméricamente y por medio de segmentos cual es la diferencia entre una trayectoria circular y elíptica. Mostrando así que las orbitas son elípticas. Lo que evidencia que los casos establecen representaciones diferentes a las que hace Kepler.

Caso 3

Al igual que los casos anteriores este asocia las orbitas planetarias como circulares y esto se puede ver en la figura que hace cuando se le pide que represente el sistema planetario que es la que se encuentra a continuación:



C3 cuando empieza hacer el dibujo hace la exclamación “me hubieran dicho y hubiera traído el compás”⁴, y luego cuando se le pregunto qué quería expresar ahí su respuesta es: “movimiento de rotación y de

⁴ Tomado del diario pedagógico realizado en la institución comercial de envigado en el periodo de realización de la práctica de integración didáctica 9

traslación, los planetas con sus órbitas circulares”⁵

En el instrumento tres el caso dos no hace una distinción y instrumento siguiente la velocidad de los planetas lo asume como constante.

El caso la velocidad en una circunferencia y en una elipse esto se infiere de las respuestas que dan a las preguntas uno y dos pero a la hora de asignar una de las dos figuras geométricas a las orbitas planetarias llegan a una contradicción lo que se observa en la respuesta a la pregunta tres.

Kepler dice en su libro las armonias del mundo “He demostrado con las observaciones de Brahe que los planetas no se desplazan con la misma velocidad; pero que estos retrasos diferentes en partes iguales de la excéntrica, observa la relación de sus distancias al sol, que supone tiempos iguales”

(Kepler, 1619) según esto la velocidad de los planetas es variable y se asocia a las orbitas elíptica

El caso muestra contradicciones entre si, y en algunos casos hacen lo mismo con lo que dice Kepler.

⁵ Tomado de la entrevista aclaratoria realizada al finalizar la implementación de los instrumentos

Capítulo 5 Implicaciones didácticas

La enseñanza de las ciencias requiere de un espacio de conceptualización donde se vean todos los temas ya sean generales o específicos, los retos actuales demandan que la escuela necesite reflexiones profundas por parte del docente que permita hacer ver a los estudiantes la importancia de entender los conceptos o fenómenos abordados.

Es por eso la importancia de la historia y la epistemología en la enseñanza de las ciencias en las instituciones educativas ya que esta permite hacer una serie de contextualizaciones o recontextualizaciones frente a los temas que se ven en el aula. De este modo se ha pretendido observar como los alumnos entienden y representan las leyes del movimiento planetario, con la inclusión de la historia y la epistemología tomando como referente a Kepler en lo que los estudiantes puedan dar una nueva mirada a la física en especial a la astronomía y lograr así cambiar la concepción que ellos poseen acerca de la física.

5.1 Secuencia didáctica

El tema a trabajar en esta secuencia didáctica son las leyes del movimiento planetario, está dirigido a estudiantes de decimo grado. Con el fin de que los estudiantes reflexionen y analicen sobre dicho fenómeno, mediante diferentes actividades y procesos que ellos desempeñen en lo cotidiano.

En esta unidad se busca también transversalizar el proceso cognitivo, éticos y sociales para que los estudiantes puedan debatir argumenta, discutir, llegar a conclusiones o hacer hipótesis ya sean grupales o individuales las cuales le permitan un mayor avance en su formación.

El tiempo en que se empleara esta unidad será antes de comenzar el tema de la ley de gravitación universal, está planeada para unos 6 a 10 horas que son más o menos dos semanas de clase

La metodología que se implementara en esta secuencia didáctica, es constructivista, el cual pretende que las personas construyan su propio conocimiento a partir de guías y la conceptualización que el docente dará, además pretende ser consistente con las diversas formas en que cada persona crea su conocimiento; en esta unidad el acto de enseñar tiene un sentido, esta unidad proporciona una serie de actividades con las cuales se pretende desarrollar una recontextualización de las leyes del movimiento planetario con las cuales los estudiantes logren evidenciar el problema de las velocidades.

Teniendo en cuenta el proceso planteado por Sanmarti (1997) cuando nos habla de una transposición didáctica la cual plantea un proceso a través de fases que permitan al estudiante ayudar a profundizar mejor los conceptos y los pueda vincular con la realidad. Y la forma usada por Kepler en sus libros Armonicis Mundi y Epitome Astronomie Coperticana para plantear sus tres leyes Matemática y Geométrica. Se hace la siguiente propuesta:

FASE UNO

Distinción entre círculo y elipse: con esta actividad se pretende que los estudiantes logren diferenciar entre círculo y elipse para esto se les pedirá que construyan un círculo con un hilo y lápiz sobre un papel , al igual que la elipse,

al mismo tiempo que se evalúan los conceptos previos que tienen sobre las tres leyes del movimiento. Este taller tiene una duración de dos horas.

Taller N° 1. distincion entre circulo y elipse

En parejas (máximo dos personas) al final de la clase se presentaran la repuestas a las preguntas que se harán recuerden que para esto deben ser claros y que el tema a trabajar son las leyes del movimiento planetario.

Para la construcción de las figuras

1. En una hoja dibuja los ejes cartesianos
2. Coloca un punto en el eje $-x$ a una distancia del origen y luego coloca otro punto en el eje x a la misma distancia del origen. Los cuales llamaremos focos.
3. Sujeta una cuerda en cada uno de los focos de tal manera que la cuerda quede un poco más larga que la distancia que hay entre los dos puntos.
4. Tensa el hilo con un bolígrafo y comienza a dibujar
5. Dibuja la totalidad de la figura.
6. Ahora toma uno de los puntos que tomamos anteriormente y sujeta el hilo en el origen con la distancia que hay entre el foco y el origen, y dibuja la otra figura.

Describe que observas

¿Qué relación o diferencia podrías establecer entre las figuras obtenidas?

¿Qué características observas que tiene cada una?

¿Puedes establecer alguna relación entre estas figuras y las trayectorias descritas por los planetas?

Si puedes establecer una relación ¿Cuál de ellas ilustra mejor esta trayectoria?
¿Por qué?

FASE II

En esta fase se pretende conceptualizar a los estudiantes sobre el tema de los movimientos planetarios y que ellos puedan hacer una diferenciación de las órbitas y las implicaciones que tiene cada una de estas con la velocidad.

También se pretende hacer en esta fase una serie de actividades grupales y en pareja para que los estudiantes puedan evidenciar las tres leyes de Kepler además de ver su uso y su importancia para el mundo.

Tendrá una duración de cuatro horas de clase.

conceptualizacion

Introducción:

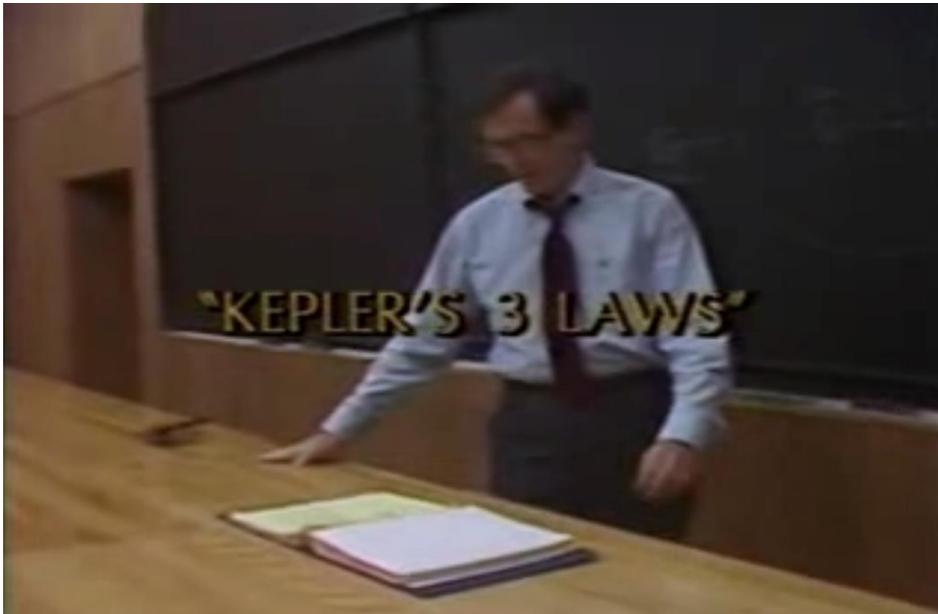
A menudo observamos fenómenos en la naturaleza que le prestamos mucha o poca importancia, como es el caso de que en nuestros días un año dure 360 días, o que un día dure 24 horas o algo de que nos damos cuenta pero nunca investigamos es el hecho de que en determinados meses unos días sean más largos que otro. ¿Pero te has preguntado esto por qué sucede?

Desde hace muchos años los sujetos se han preguntado por el mundo que los rodea y han buscado una explicación acerca de todo, con estos hechos comenzó Tolomeo y su modelo geocéntrico quien ponía la tierra en el centro y el sol, planetas y estrellas girando alrededor de él, era un modelo demasiado complicado pero el cual explica todo lo que pasa con estos cuerpos celestes; luego aparece Copérnico el cual plantea un modelo geocéntrico con todos los planetas girando alrededor del sol, era un poco más sencillo que el de Tolomeo pero tenía un retraso de 8 minutos y luego aparece Kepler quien con el modelo de Copérnico y las observaciones realizadas por Ticho Brake plantea un nuevo modelo planetario basado en tres leyes el cual explica el movimiento de los cuerpos celestes.

Las tres leyes de Kepler

1. Las trayectorias de los planetas alrededor del sol son elípticas
2. Áreas iguales se barren en tiempos iguales.
3. Para cualquier planeta, el cuadrado de su período orbital es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita elíptica.

Para entender esto los estudiantes verán el video <http://www.youtube.com/watch?v=k2fQR8nydwU> el cual muestra y explica las tres leyes de Kepler.

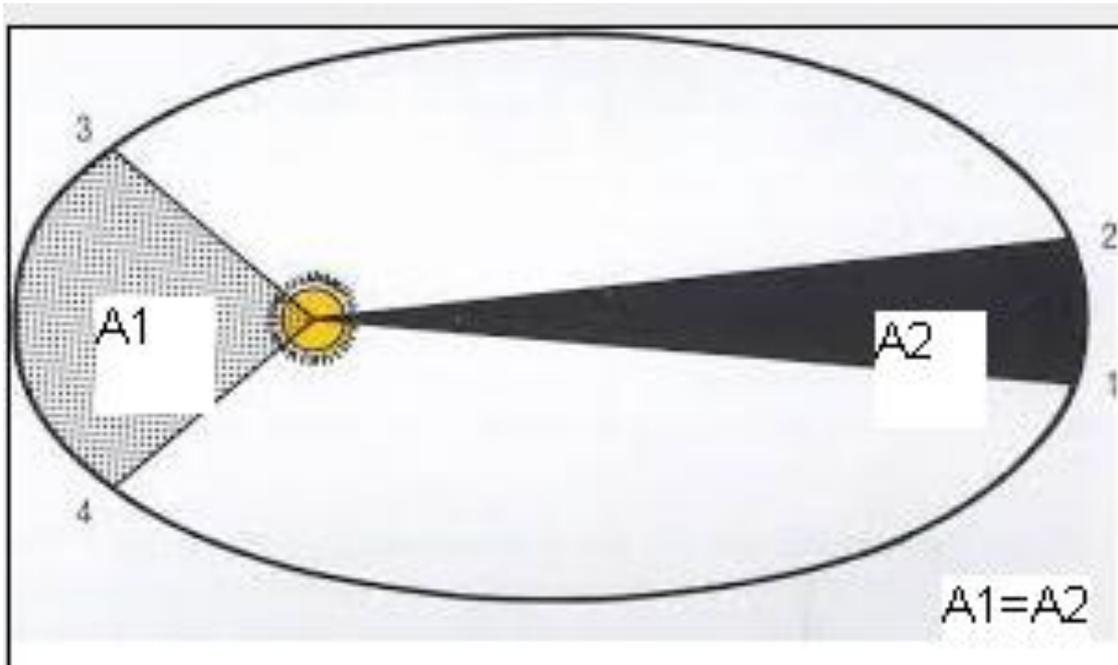


Con esto cada pareja de estudiantes luego deben de hacer un escrito sobre lo que vieron en el video y lo que ellos comprenden por las leyes del movimiento planetario.

Luego explicar a que con duce las tres leyes como que con las primera ley (las orbitas planetarias son orbitas elípticas) con ello permite responder al por qué hay un desfase de ocho minutos en la órbita que se proponía para Marte en el modelo Copernicano, el cual es un modelo circular. La segunda ley de este (áreas iguales en tiempos iguales) explica las diferentes velocidades de los planetas a lo largo de su órbita y la última ley sirve para explicar (Para cualquier planeta, el cuadrado de su período orbital es directamente proporcional al cubo de la longitud del semieje mayor de su órbita elíptica) con el cual se puede hallar el tiempo que se demora un planeta en darle la vuelta a el sol.

Taller 1 velocidad de los planetas

En grupo de tres personas y teniendo en cuenta lo que has aprendido en geometría responde.



¿Cómo es la velocidad de los planetas en esta figura?

¿Cuándo el planeta es más rápido cerca al sol o lejos de él?

¿Cómo crees que se evidencia esta ley en la vida cotidiana?

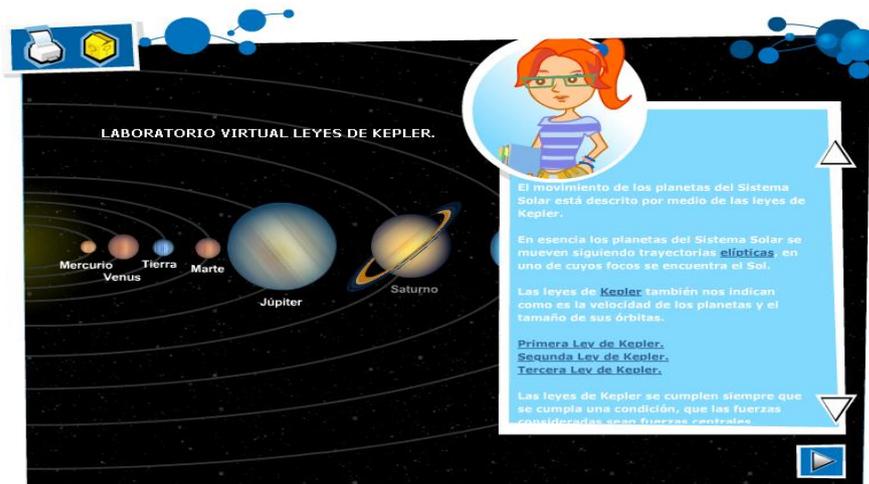
laboratorio virtual

Se trabajara en la sala de informática el laboratorio virtual que se encuentra en el siguiente link:

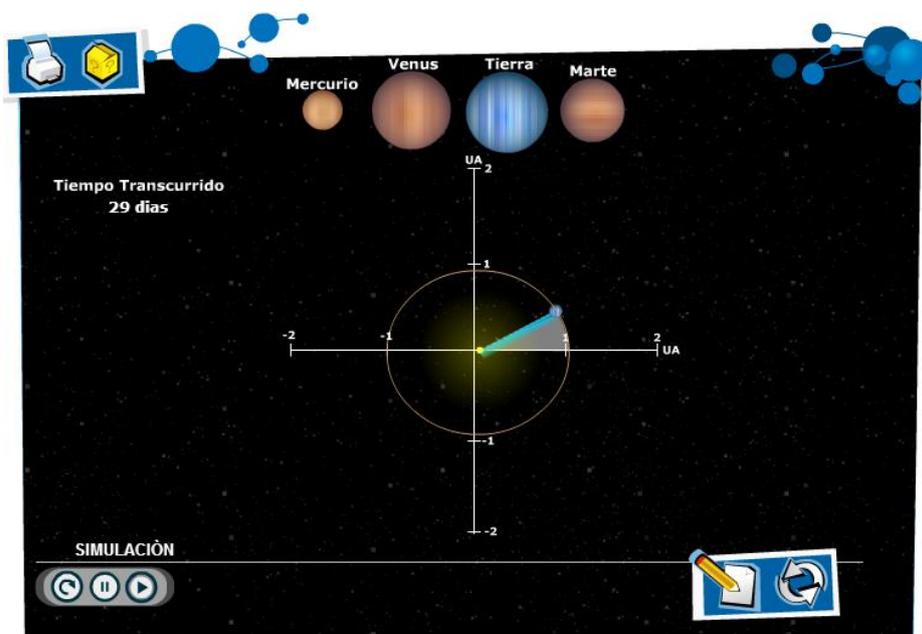
[file:///C:/DOCUME~1/Karen/CONFIG~1/Temp/Rar\\$EXa0.279/Leyes_de_Kepler/index.html](file:///C:/DOCUME~1/Karen/CONFIG~1/Temp/Rar$EXa0.279/Leyes_de_Kepler/index.html)),

para este laboratorio el trabajo será individual.

Al abrir el laboratorio virtual el estudiante observará la siguiente imagen



Luego de esto al darle play aparecerá esta imagen donde el estudiante puede seleccionar el planeta que quiere y ver la velocidad con que va al igual que los días en que se demora dándole la vuelta al sol



Actividad: Analiza y responde con base en el laboratorio virtual.

1. ¿Cuántos días demora cada uno de los planetas en darle la vuelta al sol?

2. ¿Cuál es el planeta que menos tiempo demora en darle la vuelta al sol?

3. ¿Por qué los planetas no demoran el mismo tiempo en darle la vuelta al sol?

4. ¿A qué crees que se deba que algunos días sean más largos que otros?

5. ¿Crees que el tamaño de tu sombra tiene algo que ver con las leyes de Kepler?

6. La luna orbita a la tierra a una distancia media de aproximadamente 386000km, con un periodo de 27/3 días. ¿cuál sería el periodo de un satélite artificial si fuera puesto en la órbita de la tierra a una distancia media de 193000km?

7. Suponga que tenemos un satélite de comunicación en órbita y deseamos aumentar cuatro veces su distancia al centro de la tierra ¿Cuántas veces aumenta su periodo?

FASE III

En esta fase los estudiantes verán el uso de las leyes, para la astronomía y nosotros. Esta fase durara alrededor de dos horas

actividad # 2

aplicaciones de las leyes de Kepler

EL COSMOS Y YO

Introducción:

Seguramente han sido muchas las ocasiones en que has mirado el cielo, ¿Te has preguntado que son todas esas cosas luminosas que ahí allí? ¿Cómo identificar las estrellas de los planetas al observar el cielo? ¿Qué instrumento puede ayudarnos a identificar las constelaciones si no se tiene un telescopio? Estas y otras preguntas nos surgen en algún momento, pues la curiosidad y la fascinación por el cosmos ha sido algo que ha prevalecido por siglos.

LAS ESTRELLAS

Las estrellas y demás objetos se encuentran repartidos en el cielo, los astrónomos durante miles de años han reunido a las estrellas en grupos llamados constelaciones, dándoles nombres mitológicos o de homenaje a utensilios y otras cosas de importancia para su vida cotidiana.



Para estudiar y reconocer las constelaciones, las estrellas que hacen parte de ellas y los diferentes objetos que se encuentran dispersos en el espacio debemos tener una carta celeste. Una carta celeste es un mapa del cielo, su uso es muy sencillo y es indispensable para la observación astronómica.

Algunas claves para el uso de la carta celeste son:

✓ Posición inicial:

Se determina el tiempo sidereal y se tapa la mitad del cielo.

✓ Regla de dirección:

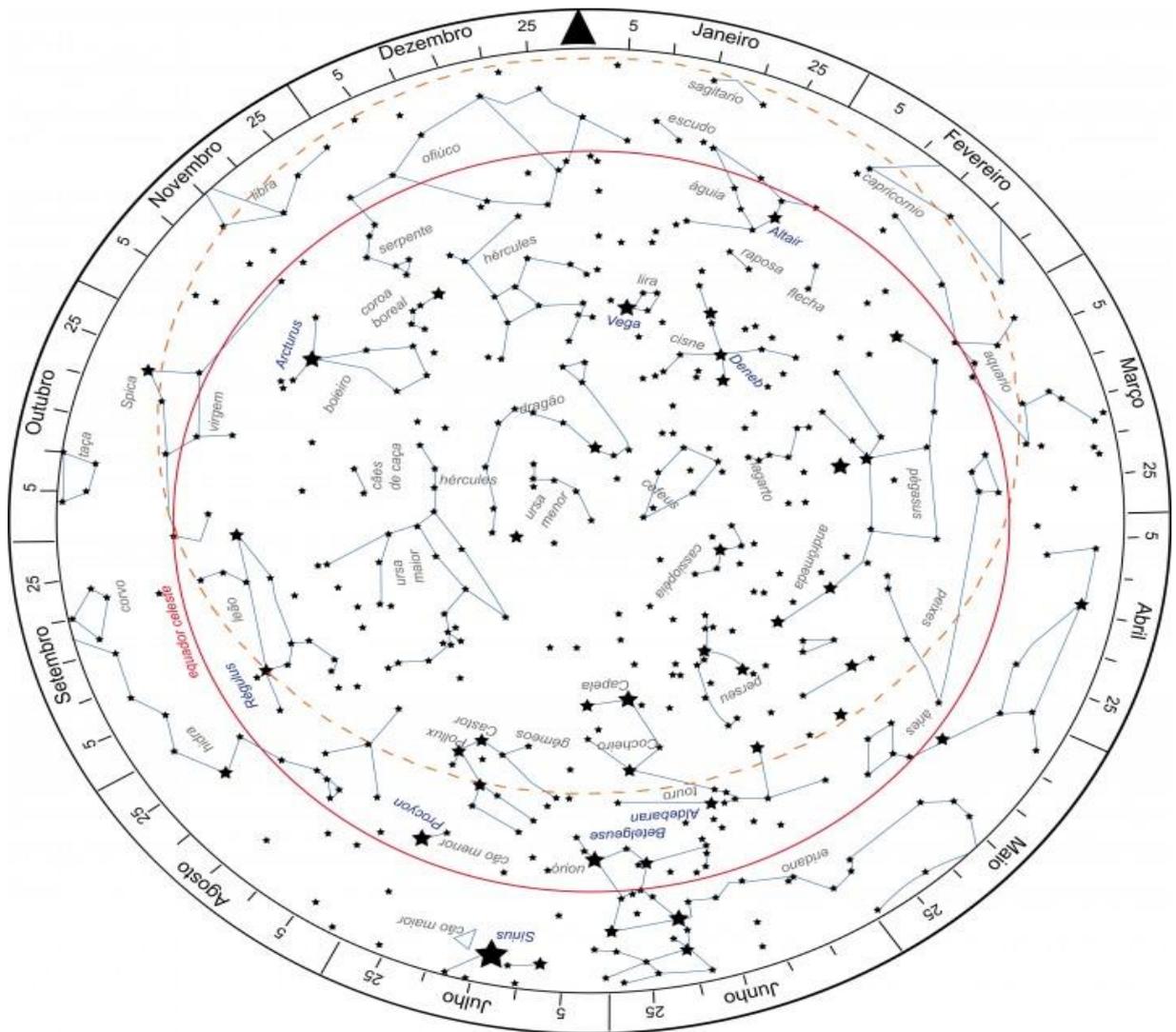
Norte: a la derecha oriente.

Sur: a la derecha occidente.

✓ Observación:

Se orienta carta hacia el polo respectivo.

CARTA CELESTE



Actividad: observa y responde

1. ¿Por qué crees que es importante explorar el universo con la ayuda de la carta celeste?

2. ¿Por qué no es posible observar todas las constelaciones desde nuestra ciudad?

-
-
3. Localiza el mayor número de constelaciones posibles que se pueden observar desde nuestra ciudad.

-
-
4. Luego de usar la carta celeste, escribe las coordenadas e cinco constelaciones que escojas:

-
-
-
5. Con base en las coordenadas que el docente te diga localiza las constelaciones que corresponde:
-
-
-

2.7.1 conclusiones

Se evidenciaron las formas que tienen los libros de texto de la I.E Comercial de Envigado, para mostrar las leyes de Kepler. Donde se encontró que algunos libros de texto no mencionan las leyes y otros no las muestran de manera correcto. Aunque los estudiantes ven que la elipse y la circunferencia no son iguales y que al representar la velocidad en cada una de estas en la primera es variable mientras que en la segunda es constante, y asumen que la velocidad de los planetas cambia, siguen asumiendo que las orbitas planetarias son circulares.

Se conceptualizo en Kepler desde dos de sus obras (Armonicis Mundi y Epitome Copernicano Astronomia) sobre las leyes del movimiento planetario. **Los casos asumen la velocidad de los planetas al peso que tienen y no a las orbitas, es por eso que planetas como Júpiter puede ser mas velos o menos velos que la tierra y con esto justifican el porqué las orbitas son el circulares. Además de cambiar la forma de expresar estas leyes en los libros de texto, el docente debe hacer una buena reflexión de estas, para que los estudiantes logren entender cada una de las leyes.**

Se miraron cuales eran los modelos explicativos de los tres estudiantes de la I.E Comercial de Envigado y su forma de ver las orbitas planetarias y de representarlas, al igual que como asumían la velocidad de los planetas ya sea variable o constante. La forma en que las leyes del movimiento planetario son mostradas a los estudiantes en los libros de texto pueden causar el problema de no distinción entre circulo y circunferencia, es por eso que el papel del docente es explicarle a los estudiantes porque algunos de los libros de texto hacen esta no distinción.

3 Bibliografía

BARAHONA, A. y MICHÁN, L. (2002): "La Historia de la ciencia". Facultad de ciencias UNAM. Extraído el 9 de Noviembre de 2012 desde <http://201.116.18.153/laciencia/historia/historia.htm#3>

BERSTEIN, B. (1993). La estructura del discurso pedagógico. Madrid. Morata

CARR, E. H. (1991). "¿Qué es la Historia?" Editorial Ariel S.A, Barcelona. 49-76

CASSIRER, E. (1976). El problema del conocimiento. Fondo de la cultura económica, México. Fin y método de la física teórica (pp.102-145)

HERNÁNDEZ, R. (2010) Metodología de la investigación (5 ed.). México: McGrawHill Interamericana.

JIMÉNEZ, A. (1998) "Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias". En: Revista Enseñanza de las ciencias 16(2).

KEPLER, J. (1952). Harmonies of the word. En: Encyclopedia Britannica. USA. University of Chicago. (texto original, 1619)

KEPLER, J. (1952). Epitome copernicano Astronomie Harmonies of the word. En: Encyclopedia Britannica. USA. University of Chicago. (texto original, 1615)

LAMBERTI (1996). Astronáutica kepleriana. En: Enseñanza de la Física, 13(2) p154-164.

MATTHEWS R. Michael (1991): "Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias". En: Revista Comunicación, Lenguaje y Educación. Núm. 11-12.

MATTHEWS, M. R. (1994), "historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual". En: Revista Enseñanza de las ciencias, Vol. 12, (2)

MELLADO, V y CARRACEDO, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. En :enseñanza de las ciencias, 11(3), 331- 339

MEN (1998). Lineamientos curriculares: Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Cooperativa editorial magisterio, Santa fe de Bogotá.

POZO (1998) Aprender y enseñar ciencia. Madrid: Ediciones Morata.

SANMARTI, N (1997). ¿Qué ciencia enseñar?: objetivos y contenidos en la educación Secundaria

SEARS (2011) Física universitaria. 12 ed. México: Pearson education.

SERWAY, R.A. & JEWETT, J.W. (2008) Física para ciencias e ingeniería (V. Campos). 7 ed. México: McGraw-Hill Interamericana.

SHAPIN, S. (1991). Science Telle se fait Michel Callon y Bruno Latour, Paris. La bomba circunstancial

STAKE, R. E. (1998). Investigación con estudio de casos (4 ed.). Madrid: Ediciones Morata.

TORO, L. (2008) “La historia y la epistemología de las ciencias como orientadores de procesos de aprendizaje del concepto selección natural”. Monografía para optar al título de Licenciada en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Facultad de educación. Universidad de Antioquia.

TORRES (2006) Algunas notas sobre la obra de Kepler. Nueva época,9 (1), 45-52.

URREGO W. O. (2001) El computador en la enseñanza de la física: leyes de Kepler por medio de simulaciones. En: revista colombiana de física, 33(2)

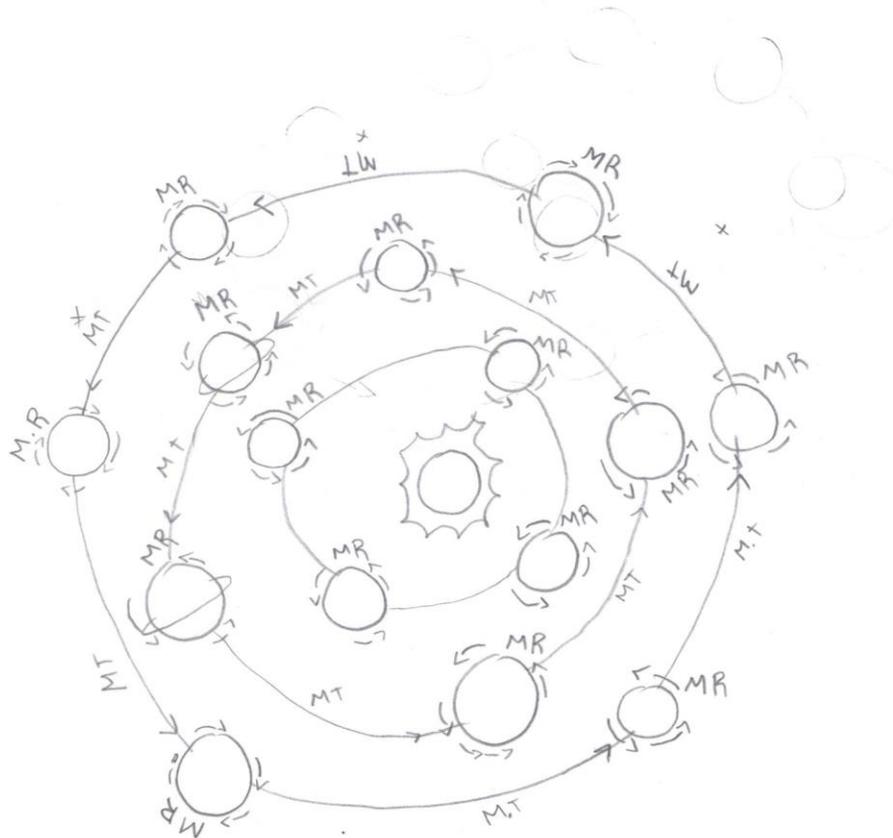
VEGA A. (2003) El hechizo de la elipse. Universidad de la Laguna. España. Consultado el 26 de agosto de 2012 en Google académico.

Anexos

Actividad 1: ¿Cómo se mueven los planetas?

Desde la ciencia se explica el movimiento de los planetas, estos efectúan dos movimientos uno de rotación que es el que hacen sobre sí mismos y el otro de traslación que lo hacen al desplazarse alrededor del sol en orbitas particulares.

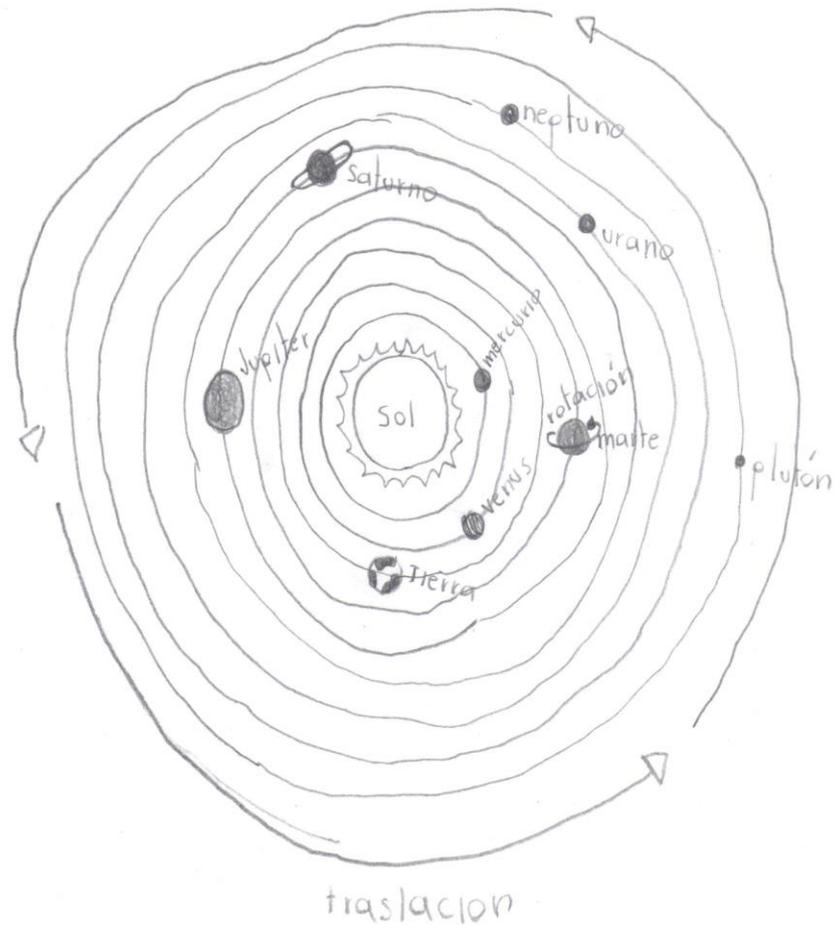
Realice un dibujo donde muestre cómo cree usted que es el sistema solar y como es el movimiento de los planetas alrededor del sol.

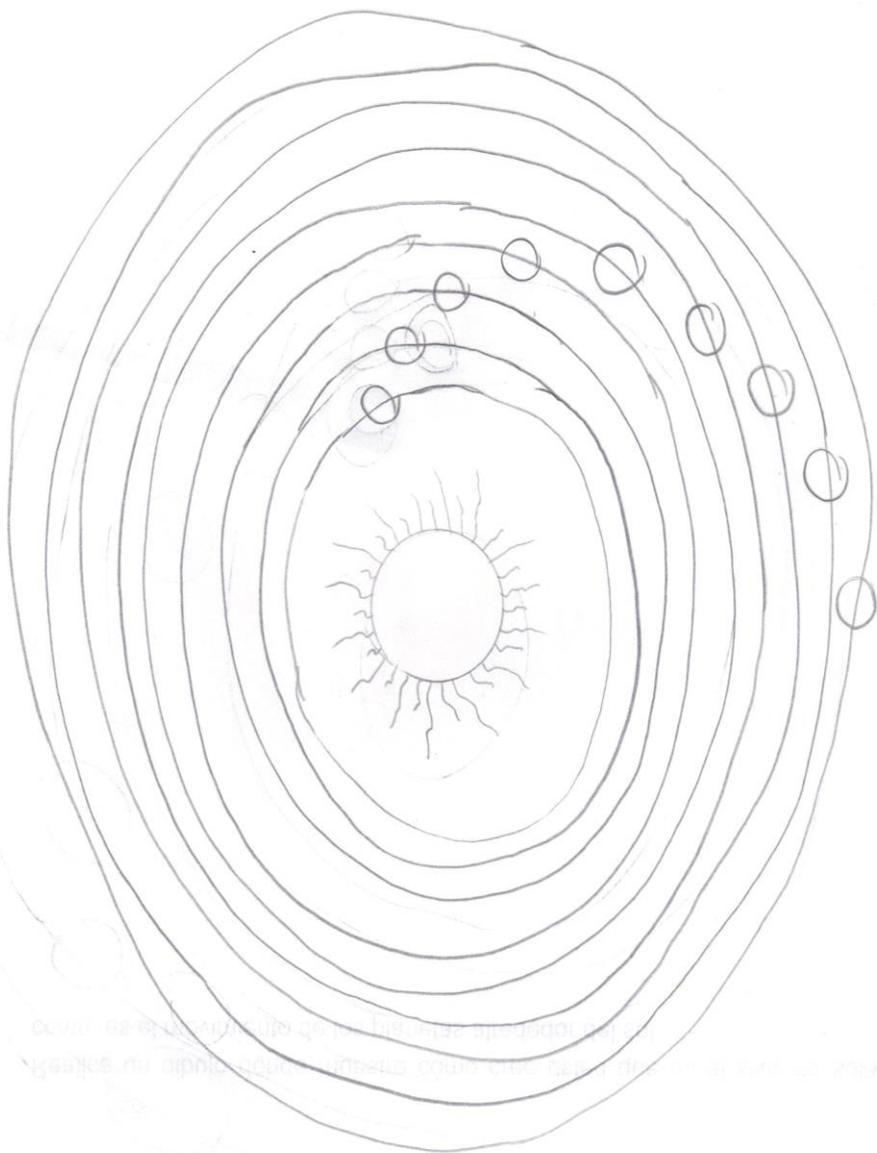


Actividad 1: ¿Cómo se mueven los planetas?

Desde la ciencia se explica el movimiento de los planetas, estos efectúan dos movimientos uno de rotación que es el que hacen sobre sí mismos y el otro de traslación que lo hacen al desplazarse alrededor del sol en orbitas particulares.

Realice un dibujo donde muestre cómo cree usted que es el sistema solar y como es el movimiento de los planetas alrededor del sol.





INSTRUMENTO 2: DIFERENCIA ENTRE CIRCULARIDAD Y EXCENTRICIDAD

La circularidad es una medida de compacidad de una forma. Donde la compacidad puede definir como una figura es compacta o la parte que puede ser utilizada. Mientras que la excentricidad, es un parámetro que determina el grado de desviación de una sección cónica con respecto a una circunferencia.

Primera parte

Para la construcción de las figuras

1. En una hoja dibuja los ejes cartesianos
2. Coloca un punto en el eje $-x$ a una distancia del origen y luego coloca otro punto en el eje x a la misma distancia del origen. Los cuales llamaremos focos.
3. Sujeta una cuerda en cada uno de los focos de tal manera que la cuerda quede un poco más larga que la distancia que hay entre los dos puntos.
4. Tensa el hilo con un bolígrafo y comienza a dibujar
5. Dibuja la totalidad de la figura.
6. Ahora toma uno de los puntos que tomamos anteriormente y sujeta el hilo en el origen con la distancia que hay entre el foco y el origen, y dibuja la otra figura.

Describe que observas

observo 2 circunferencias la mas pequeña que toca el plano cartesiano, la mas grande no lo toca...

¿Qué relación o diferencia podrías establecer entre las figuras obtenidas?

La relación es que los dos son circunferencias, las diferencias son que una es mas grande que la otra, y la otra toca el plano cartesiano...

¿Qué características observas que tiene cada una?

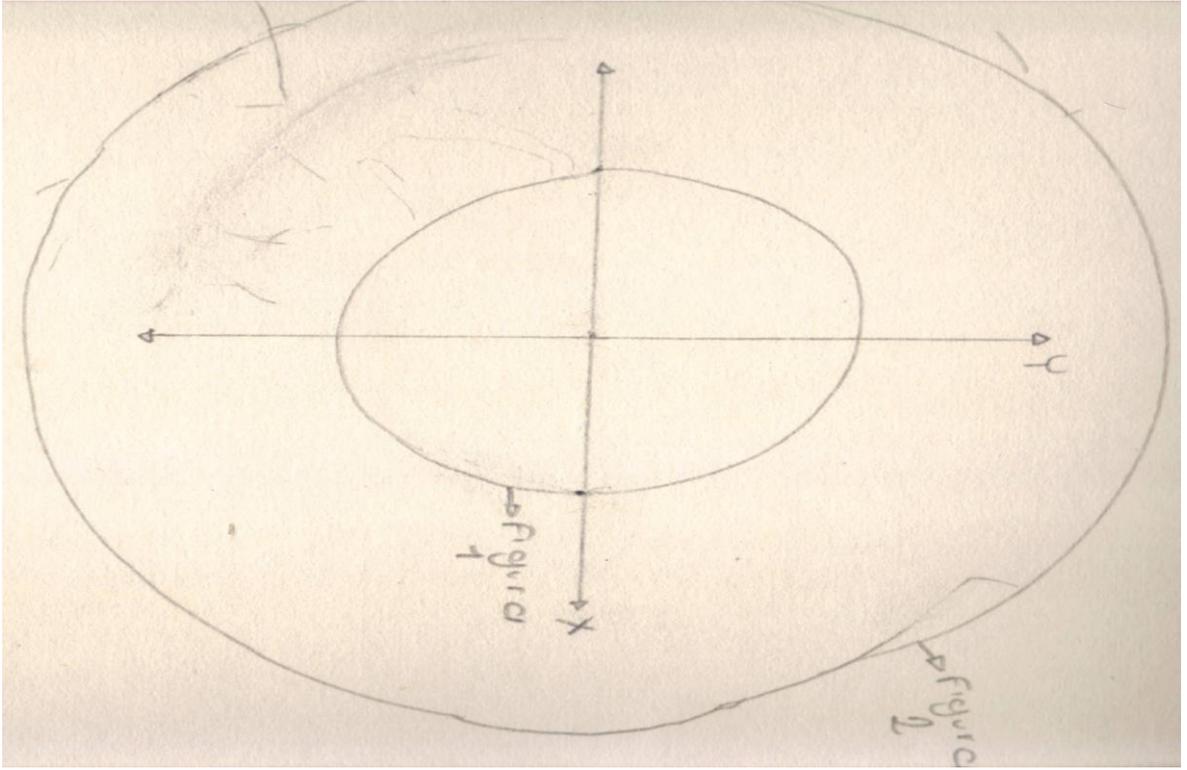
Las características son que la circunferencia pequeña toca el eje x con el otro punto x y enbiere un círculo, la circunferencia más grande no toca el plano cartesiano y forma un círculo más grande...

¿Puedes establecer una alguna relación entre estas figuras y las trayectorias descritas por los planetas?

Si y se puede explicar con la figura 2

Si puedes establecer una relación ¿Cuál de ellas ilustra mejor esta trayectoria?
¿Por qué?

La figura 2, porque la rotación de los planetas se guía por el sol, igual como la figura 2 que se guía por el centro del plano cartesiano.



INSTRUMENTO 2: DIFERENCIA ENTRE CIRCULARIDAD Y EXCENTRICIDAD

La circularidad es una medida de compacidad de una forma. Donde la compacidad puede definir como una figura es compacta o la parte que puede ser utilizada. Mientras que la excentricidad, es un parámetro que determina el grado de desviación de una sección cónica con respecto a una circunferencia.

Primera parte

Para la construcción de las figuras

1. En una hoja dibuja los ejes cartesianos
2. Coloca un punto en el eje $-x$ a una distancia del origen y luego coloca otro punto en el eje x a la misma distancia del origen. Los cuales llamaremos focos.
3. Sujeta una cuerda en cada uno de los focos de tal manera que la cuerda quede un poco más larga que la distancia que hay entre los dos puntos.
4. Tensa el hilo con un bolígrafo y comienza a dibujar
5. Dibuja la totalidad de la figura.
6. Ahora toma uno de los puntos que tomamos anteriormente y sujeta el hilo en el origen con la distancia que hay entre el foco y el origen, y dibuja la otra figura.

Describe que observas

2 figuras en el plano cartesiano al parecer "circunferencias"

¿Qué relación o diferencia podrías establecer entre las figuras obtenidas?

La fig 2 es más grande que la fig 1
La fig 2 es una circunferencia más exacta que la fig 1

¿Qué características observas que tiene cada una?

La fig 1 pasa por el eje y negativo y positivo en el 4 y por el eje x en el negativo en -5 y en el positivo mas o menos en 4.9.

La fig 2 pasa por el eje x ambos en 9 y por el eje y en ambos se podria decir que en 8.8

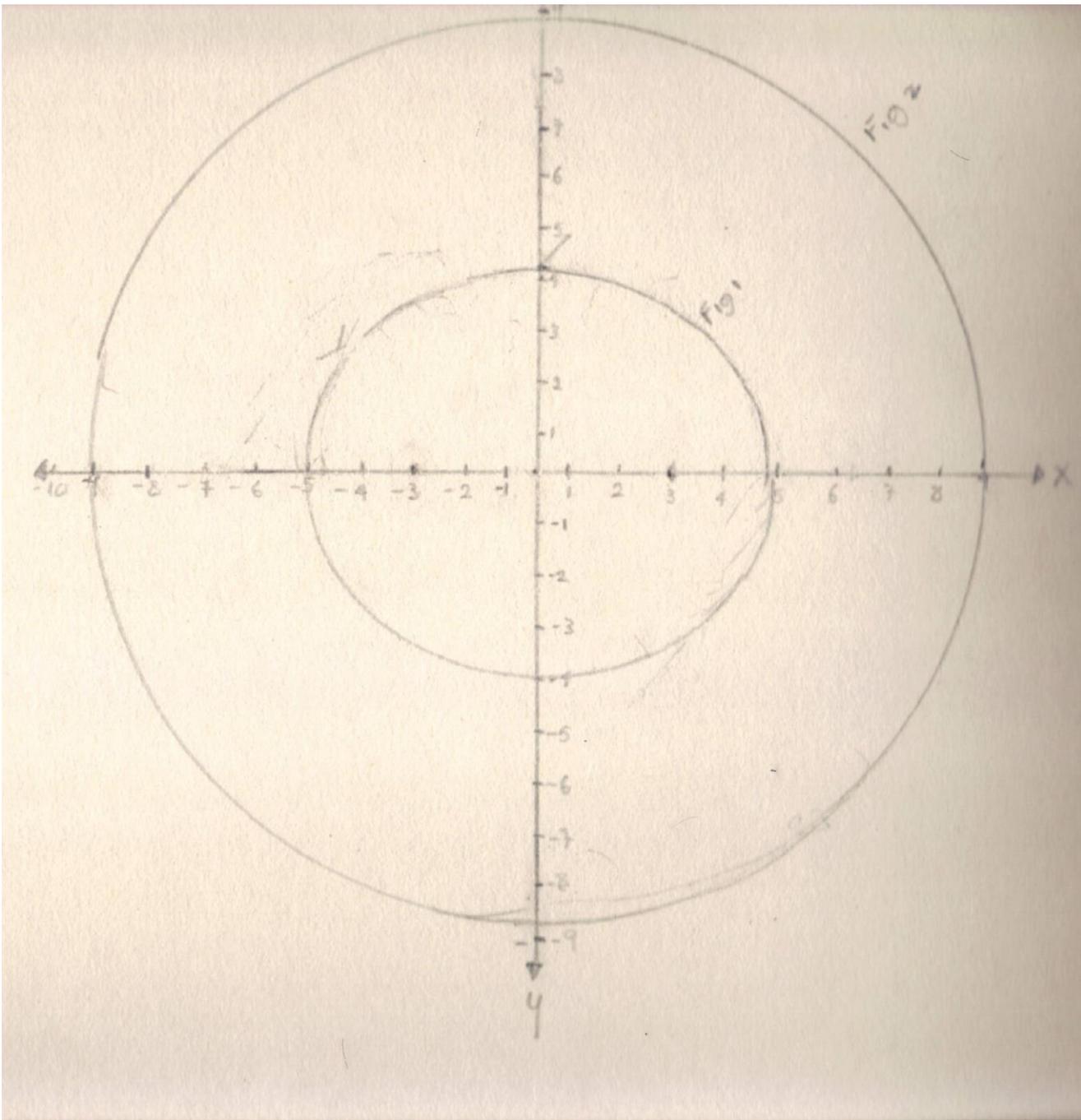
¿Puedes establecer una alguna relación entre estas figuras y las trayectorias descritas por los planetas?

Tanto en la rotación como en la traslación se gira circularmente. Cada vez que los planetas dan una vuelta alrededor del sol forman una circunferencia.

Si puedes establecer una relación ¿Cuál de ellas ilustra mejor esta trayectoria?

¿Por qué?

Las dos podrian ilustrar la trayectoria la figura 1 seria el sol y la dos podrian ser la trayectoria de un planeta alrededor del sol o una orbita.



INSTRUMENTO 2: DIFERENCIA ENTRE CIRCULARIDAD Y EXCENTRICIDAD

La circularidad es una medida de compacidad de una forma. Donde la compacidad puede definir como una figura es compacta o la parte que puede ser utilizada. Mientras que la excentricidad, es un parámetro que determina el grado de desviación de una sección cónica con respecto a una circunferencia.

Primera parte

Para la construcción de las figuras

1. En una hoja dibuja los ejes cartesianos
2. Coloca un punto en el eje $-x$ a una distancia del origen y luego coloca otro punto en el eje x a la misma distancia del origen. Los cuales llamaremos focos.
3. Sujeta una cuerda en cada uno de los focos de tal manera que la cuerda quede un poco más larga que la distancia que hay entre los dos puntos.
4. Tensa el hilo con un bolígrafo y comienza a dibujar
5. Dibuja la totalidad de la figura.
6. Ahora toma uno de los puntos que tomamos anteriormente y sujeta el hilo en el origen con la distancia que hay entre el foco y el origen, y dibuja la otra figura.

Describe que observas

La primer figura forma un ovalo y la segunda figura al forma un circulo ya que al dibujarlo en el plano en todos los ejes pasa por el #3.

¿Qué relación o diferencia podrías estableces entre las figuras obtenidas?

Que una el ovalada y la otra es un circulo; y la 1^{er} figura en el eje x mide el doble que la 2^{da}

¿Qué características observas que tiene cada una?

Que la 1^{er} figura al hacerse con el hilo forma un ovalo perfecto y la 2^{da} al hacerse con el tapiz amarrado