



**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA
NACIONAL**

Educadora de educadores

**CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN DE LA
DINÁMICA PLANETARIA PARA LA ENSEÑANZA DEL SISTEMA SOLAR.**

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ, D.C ., 2016



**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL**

Educadora de educadores

**CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN DE LA
DINÁMICA PLANETARIA PARA LA ENSEÑANZA DEL SISTEMA SOLAR.**

YESSICA CATHERINE RODRÍGUEZ ORJUELA
YENNIFER ALEXANDRA GARCÍA MESA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ, D.C ., 2016



**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA
NACIONAL**

Educadora de educadores

**CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN DE LA
DINÁMICA PLANETARIA PARA LA ENSEÑANZA DEL SISTEMA SOLAR.**

YESSICA CATHERINE RODRÍGUEZ ORJUELA
YENNIFER ALEXANDRA GARCÍA MESA

Trabajo de grado para optar al Título de Licenciada en Física

Director:
IGNACIO ALBERTO MONROY

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
BOGOTÁ, D.C ., 2016

DEDICATORIA

*A nuestras familias por ser nuestra motivación constante durante este proceso; A los maestros por su incesante y valiosa labor; A los amigos que siempre nos apoyaron y
A todos aquellos que hicieron posible que este proyecto fuera una realidad.*

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que con su Colaboración permitieron que este proyecto se realizara. En general a todos los maestros que día tras día compartieron sus conocimientos para que hoy exista este proyecto Especial mente al licenciado Ignacio Alberto Monroy por su acompañamiento y orientación como asesor de la construcción de este trabajo. Y a la licenciada Yeimi García por sus oportunas sugerencias y observaciones.

También queremos extender nuestros agradecimientos a compañeros de estudio que ayudaron a aclarar el camino cuando fue necesario. A nuestros amigos Ingrid Guasca, Wilson Patiño y Gustavo Cortes por sus aportes al desarrollo de este trabajo, por la compañía y colaboración.

...a nuestros padres Julio García, Inés Mesa, Ricardo Rodriguez, Marta Orjuela y hermanos Yeimi, Brandon, Alexandra y Angélica porque las mejores lecciones de vida queremos aprenderlas, compartirlas y seguirlas viviendo a su lado...

Por último, gracias a todas las personas que han sabido de verdad todo lo que significaron estos años de trabajo y el verdadero valor y sentido de todo esto.

Resumen Analítico Educativo

(RAE)

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	CONSTRUCCIÓN DE UNA HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN DE LA DINÁMICA PLANETARIA PARA LA ENSEÑANZA DEL SISTEMA SOLAR.
Autor(es)	García Mesa, Yennifer Alexandra; Rodríguez Orjuela, Yessica Catherine
Director	Monroy Cañón Ignacio Alberto
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 67p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional De Colombia
Palabras Claves	SISTEMA SOLAR, LEYES DE KEPLER, LEY GRAVITACIONAL DE NEWTON, HERRAMIENTA DE VISUALIZACIÓN EN VPython, SOFTWARE EDUCATIVO.

2. Descripción
En la presente monografía se desarrolló un módulo de enseñanza con un conjunto de actividades basados en el uso de herramientas computacionales para la enseñanza del Sistema Solar, en busca de mejorar el impacto de la aplicabilidad de las leyes de Kepler en el grado 11, se propone una herramienta de visualización computacional de la dinámica planetaria utilizando las leyes de movimiento, ya que podría ayudar a mejorar la apropiación de estos conceptos.

3. Fuentes
Bonnin, A., Fariñas, B., Rodríguez, A., & Llovera, J. (2013). Simulaciones virtuales como complemento de las clases y los laboratorios de Física. Ejemplos en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. <i>Latin-American Journal of Physics Education</i> , 7(4), 669-673.
Consorti de Serveis Universitaris de Catalunya Y Biblioteca de Catalunya. (s.f.). <i>Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas</i> . Obtenido de Revistes Catalanes amb Accés Obert: http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza
Esquembre, F. (2005). <i>Creación de simulaciones interactivas en Java: aplicación a la enseñanza de la física</i> . Madrid: Pearson Educación, Prentice Hall.
Fonseca, M., Hurtado, A., Lombana, C., & Ocaña, O. (2006). La simulación y el experimento

como opciones didácticas integradas para la conceptualización en física. *Revista colombiana de física (Bogotá)*, 707-710.

Hernández, R. Fernández, C, Baptista, Pilar (2010). *Metodología de la investigación (5ta ed.)*: Mc Graw Hill.

Marion, Jerry b (2010). *Dinámica clásica de las partículas y sistemas (spanish edition)*.

Ministerio de Educación Estándares Básicos de Competencias Ciencias Naturales (2016). http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf

Portilla, (2001). *Elementos de astronomía de posición*.

Proyecto sloan digital sky survey (2016). <http://skyserver.sdss.org/dr5/sp/>

Santos, G., Otero, M., & Fanaro, M. (Abril de 2000). *¿Como usar Software de simulacion en clases de fisica? Facultad de diencias Exactas. Universidad Nacional del Centro., 17(1), 50-66.*

Sherwood, B., (2013). *VPython3D Programming for Ordinary Mortals*. Obtenido de <http://vpython.org/>.

WP+Thematic, L. . (2009). *Historia y eficacia de la simulación*. Obtenido de Laboratorio de simuladores en administración y gerencia:
<http://www.gerentevirtual.com/es/index.php/simuladores-de-negocios/historia-y-eficacia-de-la-simulacion/>

4. Contenidos

Este trabajo de grado consta de tres capítulos organizados de la siguiente manera:

- Introducción
- Capítulo 1: MARCO TEÓRICO: RECUENTO HISTORICO.
En este capítulo realizamos un breve barrido histórico de los diferentes modelos del Sistema Solar; hablamos a cerca de los personajes que aportaron a la mecánica celeste, las leyes de Kepler y la ley gravitacional de Newton.
- Capítulo 2: SISTEMA SOLAR ACTUAL.
En esta sección realizamos una introducción a las características del Sistema

Solar, características esenciales del software educativo. Realizamos una breve explicación a cerca de la simulación en el código Python.

- Capítulo 3: DISEÑO DEL MÓDULO, IMPLEMENTACION Y RESULTADOS.
En este capítulo realizamos el diseño del módulo, implementación del software educativo en VPython realizando las actividades de la primera, segunda y tercera ley de Kepler aplicando a cada uno de ellos sus respectivas sesiones (actividades).
- Conclusiones del trabajo.

5. Metodología

El presente trabajo presenta una metodología cualitativa y cuantitativa, porque resulta de la revisión de los estándares educativos realizada y de la perspectiva del estudio asociando a la dinámica planetaria en relación con las leyes de Kepler y la teoría gravitacional de Newton.

La finalidad es conocer la dinámica planetaria y la relación con conceptos físicos y matemáticos, implementando un conjunto de actividades donde se propone una herramienta de visualización de la dinámica planetaria (leyes de Kepler) por medio de un lenguaje computacional (VPython).

6. Conclusiones

Se diseñó un módulo para la enseñanza de la dinámica planetaria del Sistema Solar a partir de una herramienta computacional de VPython enfocadas en el marco teórico de las leyes de Kepler y la teoría de gravitación Newtoniana. Dentro del módulo se diseñó una simulación para cada una de las tres leyes de Kepler con un conjunto de actividades guías del docente para ser implementadas en un espacio de educación media.

Se implementó el módulo para 27 estudiantes de grado once del Colegio el Cortijo Vianey. Se realizó una actividad para recoger las ideas previas acerca de la temática del Sistema Solar y así poder identificar las falencias conceptuales que podían tener los estudiantes con respecto a los conceptos involucrados de la temática

Se realizaron las actividades del módulo utilizando la herramienta computación en VPython en donde los estudiantes hicieron una retroalimentación de forma cualitativa como cuantitativa respecto a las leyes de Kepler.

Se les plantearon a los estudiantes situaciones hipotéticas de las diferentes condiciones iniciales de los parámetros de algunos planetas que se podían visualizar en la herramienta computacional. Esto generó procesos en los análisis físicos de las condiciones iniciales que tienen los planteas.

Se evidenció que el uso de las herramientas computacionales es un mecanismo útil es una parte importante de la física para la enseñanza y el aprendizaje en caso particular en el Sistema Solar.

Elaborado por:

García Mesa Yennifer Alexandra
Rodriguez Orjuela Yessica Catherine

Revisado por:	Monroy Cañón Ignacio Alberto
----------------------	------------------------------

Fecha de elaboración del Resumen:	26	08	2016
--	----	----	------

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
PROBLEMÁTICA	12
OBJETIVOS	13
OBJETIVO GENERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
ANTECEDENTES	14
MARCO TEÓRICO	16
1. RECUENTO HISTÓRICO	16
1.1 KEPLER Y SUS LEYES.	17
1.1.1 Primera ley de Kepler:	17
1.1.2 Segunda ley de Kepler	19
1.1.3 Tercera ley de Kepler	20
1.2. MECÁNICA CELESTE DE NEWTON	21
2. SISTEMA SOLAR ACTUAL	24
2.1. PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR	24
2.1.1 Características del Sistema Solar	25
2.2. MARCO PEDAGÓGICO	27
2.2.1 Software Educativo	28
2.2.2 Características esenciales del software educativo.	28
2.2.4 Simulación	29
2.2.5. Python	29
2.2.6 Diseño De La Simulación	30
3. DISEÑO DEL MÓDULO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS.	36
3.1 DISEÑO DEL MÓDULO	36
3.1.1 Sesión 1	36
3.1.2 Sesión 2:	36
3.1.3 sesión 3	37
3.2. Resultados de la Implementación	38
3.3 Implementación del software educativo “VPython”	42
3.4 Actividad de la primera ley de Kepler	43
3.5 Actividad de segunda ley de Kepler.....	44
3.6 Actividad de la tercera ley de Kepler	45
3.7 Ultimo cuestionario.	45
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	47
	48
BIBLIOGRAFÍA	66

INTRODUCCIÓN

La astronomía es la ciencia que estudia la dinámica de los cuerpos celestes del universo. Para ello, ha construido herramientas observacionales que han permitido describir desde los parámetros orbitales de la Luna alrededor de la Tierra, hasta las orbitas de planetas extrasolares que orbitan en estrellas diferentes al Sol.

Estudios del Sistema Solar, han jugado un papel importante en nuestra comprensión de la física y las matemáticas de un gran número de diversos fenómenos en el universo. Un ejemplo es el estudio del movimiento de los planetas, que sentaron las bases de la mecánica celeste. [Tomado de la fuente página sobre el sistema solar y sus fenómenos]

Por medio de las primeras observaciones del cielo hechas en la antigua Grecia, se mejoró la agricultura tomando como referencia los cambios lunares, esto llevó a crear un calendario que les permitió una organización en sus procesos de comercio y siembra, mejorando su economía. Algunos de estos aportes científicos dieron el comienzo a una nueva perspectiva con respecto al cielo, con esta evolución en el comprensión del funcionamiento de la bóveda celeste se estableció con el tiempo que el Sistema Solar sigue un modelo heliocéntrico. El interés de estudiar los cuerpos celestes del Sistema Solar motivó el desarrollo de los trabajos de Kepler y Newton, los cuales describen el movimiento de los planetas alrededor del Sol teniendo en cuenta la gravitación universal.

Este trabajo de grado presenta el desarrollo de un módulo de enseñanza con un conjunto de actividades basados en el uso de herramientas computacionales para la enseñanza del Sistema Solar, en este escrito se desarrolla dicho modulo, haciendo una introducción sobre la teoría gravitacional de Newton y las leyes de Kepler, las cuales, van incorporadas en los capítulos siguientes y en los anexos sobre las actividades realizadas en los cursos donde se implementó esta herramienta.

PROBLEMATICA

En los estándares educativos [ministerio de educación, 2016] que propone la secretaria de educación para la formación de los estudiantes de la educación media básica, no se encuentra estipulados las clases de astronomía como una asignatura formal. El Sistema Solar es uno de esos conocimientos propios de las ciencias naturales que un estudiante de primaria debe manejar en relación a la astronomía, y que se encuentran en estos contenidos, pero son presentados en una forma básica desconectados de las teorías físicas, es decir, las leyes de Kepler y la teoría gravitacional de Newton.

Existen propuestas para la enseñanza del Sistema Solar en diferentes ámbitos académicos como son el planetario, Maloka, etc., estos establecimientos donde explican algunos conceptos sobre las temáticas en astronomía, no son suficientes para que los estudiantes tengan un conocimiento previo sobre el espacio, por el contrario, hacen que los mismos tengan más inquietudes sobre la temática tratada. Actualmente existen divulgaciones de software educativo, el uso de herramientas computacionales es una propuesta que ha tenido éxito en la enseñanza de La física, a partir de esto, se plantea el uso de la herramienta propuesta en este trabajo para la enseñanza de la astronomía básica, la cual se desarrolló en un colegio de Bogotá en curso undécimo de media básica, así que se plantea la siguiente problemática:

¿Cómo llevar a cabo una propuesta para la enseñanza del Sistema Solar en un espacio de educación media secundaria, con una herramienta computacional para los estudiantes y que articule el manejo de conceptos físicos y matemáticos en su descripción?

En busca de mejorar el impacto de la aplicabilidad de las leyes de Kepler en el grado 11, se propone una herramienta de visualización computacional de la dinámica planetaria utilizando las leyes de movimiento, ya que podría ayudar a mejorar la apropiación de estos conceptos.

Esta problemática se basó en desarrollar un módulo que contuviera un conjunto de actividades para la enseñanza del Sistema Solar, implementando un conjunto de herramientas llevadas a cabo por medio de un lenguaje computacional.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar un módulo basado en una herramienta computacional para la enseñanza y el aprendizaje de la dinámica planetaria (Sistema Solar) que genere una apropiación de las leyes de Kepler y la ley de gravitación universal de Newton a estudiantes de educación básica media (grado once).

Objetivos específicos

- Diseñar un programa en el código de VPython que realice la simulación del Sistema Solar.
- Diseñar un módulo basado en el programa VPython que contenga un conjunto de actividades guiadas para la enseñanza y la comprensión de la dinámica planetaria del Sistema Solar de los conceptos físicos y matemáticos.
- Implementar el modulo y programa en VPython en un espacio en educación media (grado 11).

ANTECEDENTES

A continuación se prestan algunos trabajos realizados en el departamento de la universidad pedagógica Nacional y en la Universidad Nacional:

- Trabajo realizado por “Cadena Latino., Janeth Milena. “TITULADO “MOVIMIENTO DE LOS PLANETAS A TRAVÉS DE UN SOFTWARE EDUCATIVO” en el año 2006. Este estaba dirigido a crear un software educativo implementado en el grado (9), el cual quiso realizar una enseñanza sobre los movimientos de los Planetas basándose en las leyes de Kepler, como algunos conceptos de la astronomía; ya que esto es algo complicado de observar y tomaría mucho tiempo.
- Trabajo realizado por “Solvay Mayerly Mora Rondón.” titulado “AMBIENTES VIRTUALES DE APRENDIZAJE CON TÉCNICAS COLABORATIVAS: el movimiento de los planetas desde la física clásica” en el año 2012. Está enfocado en que la población actual utilice métodos para la comunicación como lo son el pc y el internet, como otras herramientas en la tecnología de la información y la comunicación TIC’S, los cuales están generando un interés en la enseñanza y el aprendizaje es por esto que propone que se considere el uso de nuevas herramientas para la enseñanza y el aprendizaje.
- Trabajo realizado por “Wilfredy Bayona Navarro, titulado PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DE LAS LEYES DE KEPLER POR MEDIO DE APRENDIZAJE COLABORATIVO” en el año 2013. La física es una de las ciencias básicas que permite entender el mundo, y la Astronomía es un instrumento que se aproxima de una manera más apasionada al estudio de ella. Este trabajo se realizó en el Colegio Pablo VI del municipio de La Paz, Santander y busca proponer una estrategia para enseñar las leyes de Kepler utilizando el aprendizaje colaborativo como referencia. Para el desarrollo de esta propuesta didáctica se diseñaron tres talleres sobre las leyes Keplerianas, los cuales fueron aplicados en alumnos de grado décimo por integrantes del club de Astronomía que pretende consolidarse en el Colegio. Inicialmente en esta propuesta se presenta una revisión epistemológica de las leyes de Kepler y como estrategia didáctica se utiliza el aprendizaje colaborativo.
- Trabajo realizado por “Lida Yohana González López, titulado DISEÑAR E IMPLEMENTAR UNA UNIDAD DIDÁCTICA INTERACTIVA PARA LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE CON HERRAMIENTAS TIC DEL TEMA UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ESPACIAL EN ASTRONOMÍA PARA ESTUDIANTES DEL GRADO UNDÉCIMO” en el año 2012. Este trabajo da a

conocer la importancia que tienen las TIC en la educación y plantea una forma de enseñanza del tema Ubicación Geográfica y Espacial en Astronomía, haciendo uso de materiales multimedia e interactivos.

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO

1. RECUENTO HISTÓRICO

A lo largo de la historia se ha evidenciado un interés por la astronomía y la mecánica celeste; el deseo de conocer y comprobar cada una de las teorías dio lugar a comprender la dinámica planetaria. Una de las primeras teorías fue la geocéntrica la cual afirmaba que la Tierra era el centro del Sistema Solar, afirmando que el Sol y los planetas giraban alrededor de ella.

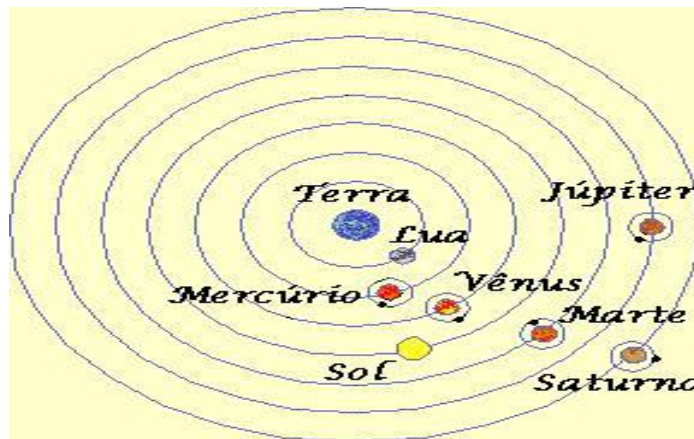


Figura 1.1: Esquema de la teoría Geocéntrica. Tomado de la página web [fresno.pntic.mec, 2015]

Otra de las teorías fue la heliocéntrica, que está basada en la hipótesis donde las estrellas y el Sol permanecían inmóviles, mientras que la Tierra giraba alrededor del Sol describiendo una circunferencia con él en el centro de la órbita.

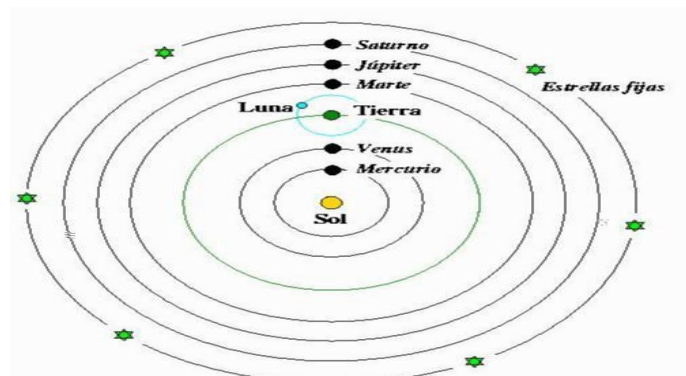


Figura 1.2: Sistema heliocéntrico de Copérnico [blogs.ua.es, 2011]

CAPÍTULO 1.

En la edad media con el apoderamiento de la iglesia frente a estos fenómenos, los avances en astronomía fueron nulos; ya que toda teoría que no fuese guiada hacia el modelo geocéntrico era rechazada y toda explicación o desarrollo tenía que ser aprobada por la iglesia.

A finales de la Edad Media, el reconocido astrónomo Nicolás Copérnico y su teoría heliocéntrica del Sistema Solar se retoma como una de las teorías más importantes en la historia de la ciencia con grandes aportes para la astronomía moderna.

Nicolás Copérnico creador del libro “sobre las revoluciones de los cuerpos celestes” ponía nuevamente la idea del heliocentrismo, la cual decía que todos los planetas giraban alrededor del Sol y formaban orbitas circulares. Después de la muerte del astrónomo Nicolás Copérnico y con la aparición del astrónomo Galileo Galilei, que fuese llamado por muchos el “padre la ciencia moderna”, se perfeccionó el telescopio con el cual se confirmó la teoría heliocéntrica de Copérnico, y dio un rechazo a las ideas de Aristóteles. Gracias al telescopio se pudo ver que la superficie de la Luna no era llana como lo afirmaban los aristotélicos, además se observó la vía láctea y se confirmó que era un grupo de estrellas, con este instrumentos se realizaron otros descubrimientos que no son necesarios nombrar en este trabajo.

Con lo anterior se demuestra que la teoría creíble era la de Copérnico y más adelante se vuelve el tema principal de la astronomía en los tiempos de Johannes Kepler.

Johannes Kepler es un astrónomo y matemático alemán que en el siglo XVII formula las leyes sobre el movimiento de los planetas en su órbita alrededor del Sol. Después de estudiar las teorías existentes, comenzando en Pitágoras hasta Copérnico, Kepler desarrolla sus propios principios físicos las cuales son las leyes modernas de las órbitas planetarias. [blogs.ua.es, 2011]

1.1 KEPLER Y SUS LEYES.

Kepler convencido de la teoría copernicana e interesado en encontrar una relación geométrica relacionada con las distancias de los planetas al sol; comenzó a buscar un modelo correcto del sistema solar con la colaboración de un astrónomo llamado Tycho Brahe, quien tenía datos observacionales de los planetas nunca antes vistos por otros astrónomos en su época. Tras la muerte de Kepler logró conseguir la información de dichas observaciones y es allí donde comienza a trabajar con Ahínco. Johannes Kepler se ve obligado a rechazar cada uno de los modelos, durante todo este proceso se dio a la tarea de construir relaciones matemáticas que cumplieran con la dinámica planetaria y es allí donde logro descubrir tres relaciones matemáticas que aparentemente cumplían con el movimiento planetario, estas llegaron a convertirse en las tres famosas leyes de Kepler las cuales son:

1.1.1 Primera ley de Kepler:

Los planetas se mueven alrededor del sol describiendo orbitas elípticas (no circulares). El sol ocupa uno de los focos de dicha elipse. [www.fisicalab.com,2014]

CAPÍTULO 1.

Genéricamente, el punto focal de un sistema de dos cuerpos se encuentra en el baricentro - el centro de masas de los dos cuerpos.

Para explicar este enunciado la ecuación de la elipse en coordenadas polares está dada por

$$r = \frac{e(1-a^2)}{1+e \cos \theta} \quad (1.1)$$

$$\rho = \frac{a}{1 + \cos \theta \cdot e} \quad (1.2)$$

Donde a es la distancia que hay del foco al planeta, es decir el punto más lejano (Afelio), $\cos \theta$ es el ángulo que forma el planeta con el foco (Sol) y e es la excentricidad de la órbita. La excentricidad de una elipse es mayor que cero y menor que uno ($0 < e < 1$).

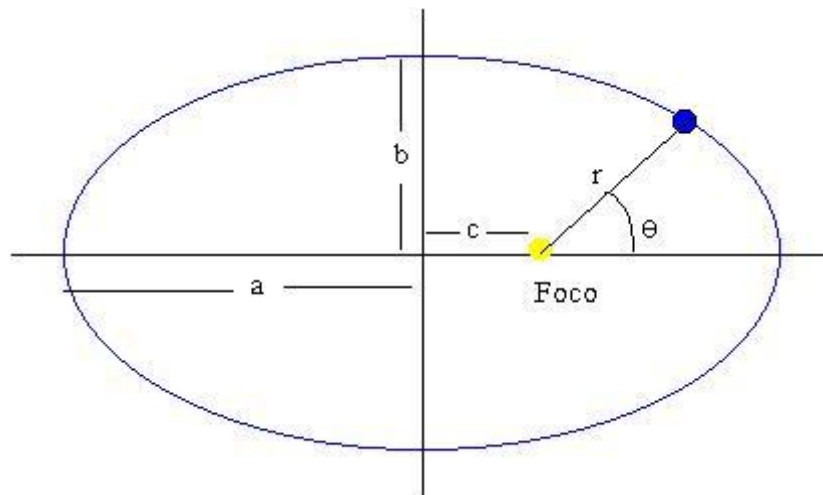


Figura 1.3: visualización de la primera ley de Kepler. Tomado de la página web [www.sc.ehu.es, 2015].

PARTES DE LA ELIPSE de la figura 1.3:

- C foco de la elipse
- los segmentos a y b son los ejes Mayor y Menor de la elipse
- el punto medio O es el centro de la elipse
- la recta que pasa por los focos se llama eje focal.

La ecuación de la elipse con centro en el origen y con el eje focal en el eje X y en coordenadas cartesianas está dada por:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (1.3)$$

a^2 Es el semieje mayor

b^2 Es el semieje menor

c^2 Es el foco

Para calcular la excentricidad de una elipse se hace mediante la siguiente expresión:

$$E = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} \quad (1.4)$$

1.1.2 Segunda ley de Kepler

El radio vector que une a un planeta y el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales.
[www.fisicalab.com,2014]

Como la órbita evoluciona, el área barrida por el radio vector (que apunta desde el centro de la orbitar al cuerpo) por unidad de tiempo es una constante:

$$dA/dt = \text{const} \quad (1.5)$$

La segunda ley de Kepler es una consecuencia de la conservación del momento angular. Considere un planeta ubicado en el Perihelio, es decir el punto más cercano que se encuentra el planeta al Sol, como se ilustra en la Figura 1.4. Su velocidad es mayor y aparentemente su área es menor, sucede lo contrario cuando el planeta está ubicado en el Afelio; es decir en el punto más lejano al Sol, su velocidad es menor mientras que su área es mayor.

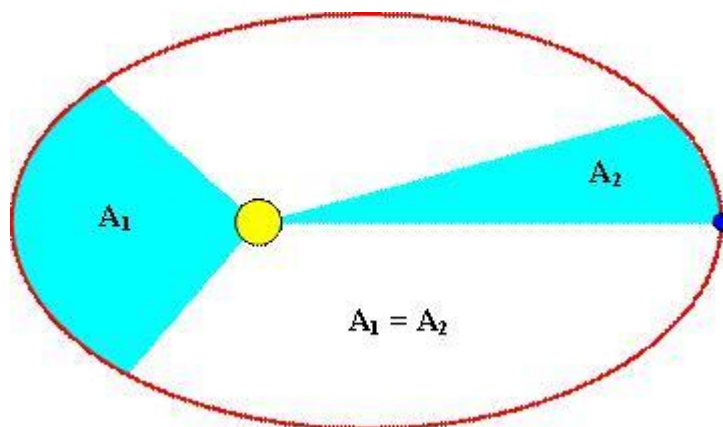


Figura 1.4: visualización de la segunda ley de Kepler. Tomado de la página web [concurso.cnice.mec.es, 2006].

CAPÍTULO 1.

Pero la afirmación anterior no es correcta, ya que en el perihelio tiene mayor velocidad su radio vector y es menor en magnitud comparado con el radio vector en el afelio. Así la proporción radio y velocidad se mantiene constante. La conservación del momentum angular en el perihelio y el afelio está dada por la ecuación (1.5)

$$mr_{afelio} v_{afelio} = mr_{perihelio} v_{perihelio} \quad (1.6)$$

De esta ecuación la masa se elimina, ya que no representa ninguna información de peso en el análisis de radios y velocidades en un punto de la elipse, quedando de la siguiente forma, ecuación (1.6)

$$r_{afelio} v_{afelio} = r_{perihelio} v_{perihelio} \quad (1.7)$$

Haciendo un análisis de unidades de la ec (1.6), las unidades son de área por unidad de tiempo, en concordancia con la ec (1.7).

1.1.3 Tercera ley de Kepler

Los cuadrados de los periodos de traslación (tiempo que le toma a un planeta en dar una vuelta completa alrededor del Sol) son proporcionales al cubo de las distancias medias existentes entre los planetas y el Sol. [www.fisicalab.com,2014]

El cuadrado del periodo orbital P es proporcional al cubo de la medida del semieje mayor de una órbita: $P^2 \propto a^3$. La relación exacta se puede escribir de muchas maneras útiles, pero en el caso del Sistema Solar la tercera ley se escribe como:

$$P^2 = k a^3, \quad (1.8)$$

Donde $k = 1$ si la distancia es dada en unidades astronómicas (1 U. A = 150) y el tiempo en años. Este valor es obtenido a partir de un ajuste de las distancias astronómicas y los periodos de revolución de los planetas. Esta ecuación es muy importante ya que establece la escala del Sistema Solar.

La Figura 1.5 ilustra cuantitativamente la tercera ley de Kepler, donde se establecen las razones de sus periodos y donde el semieje mayor es una constante, lo cual está dado por la siguiente ecuación:

$$\frac{P_1^2}{R_1^3} = \frac{P_2^2}{R_2^3} \quad (1.9)$$

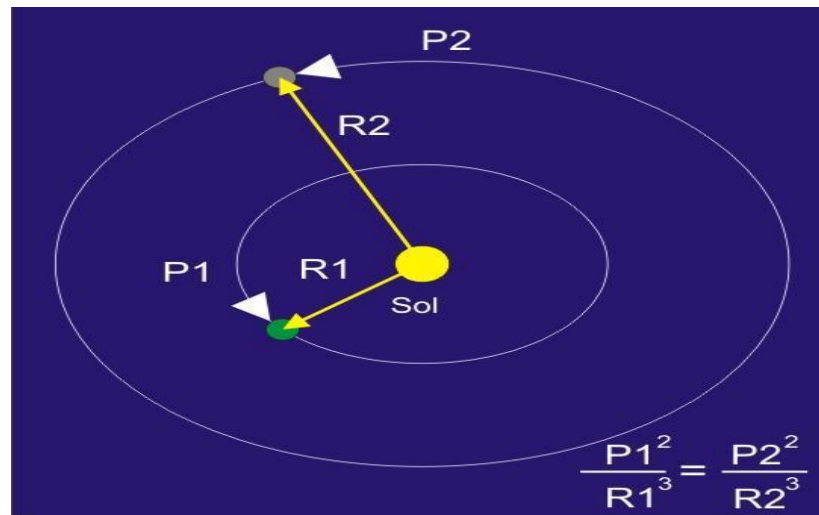


Figura 1.5: visualización de la tercera ley de Kepler. Tomado de la página web [www.infobservador.com, 2010].

Cabe recordar que Kepler enunció sus leyes de manera empírica, y no fue sino hasta que Isaac Newton inventó el Cálculo Diferencial e Integral, casi un siglo después, que él mismo pudo demostrar las leyes de Kepler. [Orbital Dynamics With maple].

1.2. MECÁNICA CELESTE DE NEWTON

Isaac Newton inventó el cálculo diferencial y el cálculo integral, los cuales le permitieron trabajar el movimiento de los planetas alrededor del Sol.

Con la aplicación de estos cálculos a las teorías de Kepler, Newton precisó que los planetas se mueven alrededor del Sol bajo una fuerza conocida como gravedad. Surgió así su famosa teoría: "entre dos cuerpos existe una fuerza gravitacional recíproca, que es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos" [bibliotecadigital.ilce.edu.mx, 2015]. Su expresión matemática es dada por:

$$\vec{F}_G = -G \frac{M_1 M_2}{R^2} \hat{R} . \quad (1.10)$$

Donde $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$ constante gravitacional, M_1 y M_2 las masas de los cuerpos y R la distancia entre los cuerpos.

La ley de Gravitación Universal y la formación de los nuevos métodos matemáticos, llevan a Newton a explicar los principios de Kepler, con esto, se entiende que los cuerpos materiales como los planetas poseen una fuerza gravitacional de atracción. Aquella fuerza servía para explicar otros fenómenos como la caída de los cuerpos, también que la órbita de un objeto alrededor del sol no sólo podía ser circular, también una elipse, una parábola o una hipérbola.

CAPÍTULO 1.

En el marco de la teoría de la gravitación, si las masas de dos cuerpos m_1 y m_2 , orbitan alrededor en un centro de gravedad entonces la tercera ley de Kepler es igual a la ecuación (1.11):

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{G(m_1+m_2)} a^3 \quad (1.11)$$

Con los trabajos de conservación de la energía mecánica, la teoría de la gravitación de Newton se fue consolidando a lo largo de la historia. Al aplicar la segunda ley de Newton a la fuerza gravitacional, se obtienen los siguientes cálculos:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1.12)$$

$$-G \frac{MM}{R} = m\vec{a} \quad (1.13)$$

La solución de la segunda ley de Newton igualada a la fuerza de gravedad da en primera instancia el movimiento de los planetas. En general se deberían incluir los efectos gravitacionales de los otros planetas, pero en una aproximación las orbitas de los planetas se pueden asimilar como definidas e independientes de los otros planetas. Esto no es del todo cierto, Lagrange demostró que la órbita de un planeta tiene pequeñas perturbaciones figura 1.6 por los efectos de los otros planetas [Portilla, 2001], pero esto no se tratara en este documento ya que como se ha dicho solo se explicaran sus orbitas elípticas de forma separada sin perturbaciones de los otros.

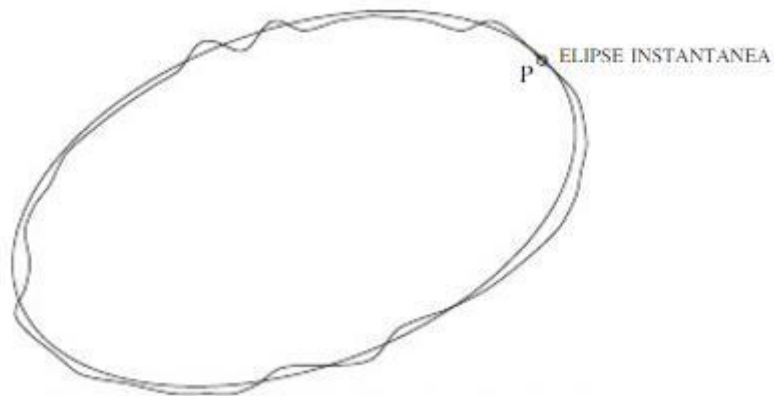


Figura 1.6: perturbación de las orbitas tomada del libro *Elementos de Astronomía de posición*, Portilla, 2001.

De la ecuación de la órbita, descrita a continuación,

$$r = \frac{e(1-a^2)}{1+e \cos \theta} \quad (1.14)$$

CAPÍTULO 1.

Se puede establecer que a partir de un análisis de conservación de energía mecánica, los posibles valores de la excentricidad de la órbita están definidos como, [Marion, 2010]

$$e = \sqrt{1 + \frac{2EL^2}{\mu K^2}} \quad (1.15)$$

E es la energía mecánica total, L es el momento angular, μ es la masa reducida de los dos cuerpos dada por:

$$\mu = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2} \quad (1.16)$$

Y

$$K = G M_1 M_2 \quad (1.17)$$

Estos nuevos métodos matemáticos le permitieron a Isaac Newton unificar la dinámica celeste y la terrestre. Es en este proceso donde se da cuenta que la órbita de un objeto celeste alrededor del sol es dependiente de la energía que contenga el objeto. Esto le permitió deducir que los objetos con mínima energía, como lo son los planetas, se mueven describiendo órbitas circulares o elípticas alrededor del Sol.

Capítulo 2

2. SISTEMA SOLAR ACTUAL

El Sistema Solar es un conjunto formado por el Sol y nueve planetas que orbitan alrededor de él; aunque hace pocos años se concluyó que Plutón no alcanzaba la definición de planeta, es así donde el Sistema Solar actual quedó conformado por ocho planetas (Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) y un planeta enano (Plutón), además de sus satélites y demás cuerpos celestes que lo conforman, Nuestro Sistema Solar está en las afueras de la vía láctea en uno de sus "brazos" llamado "El Brazo de Orión".

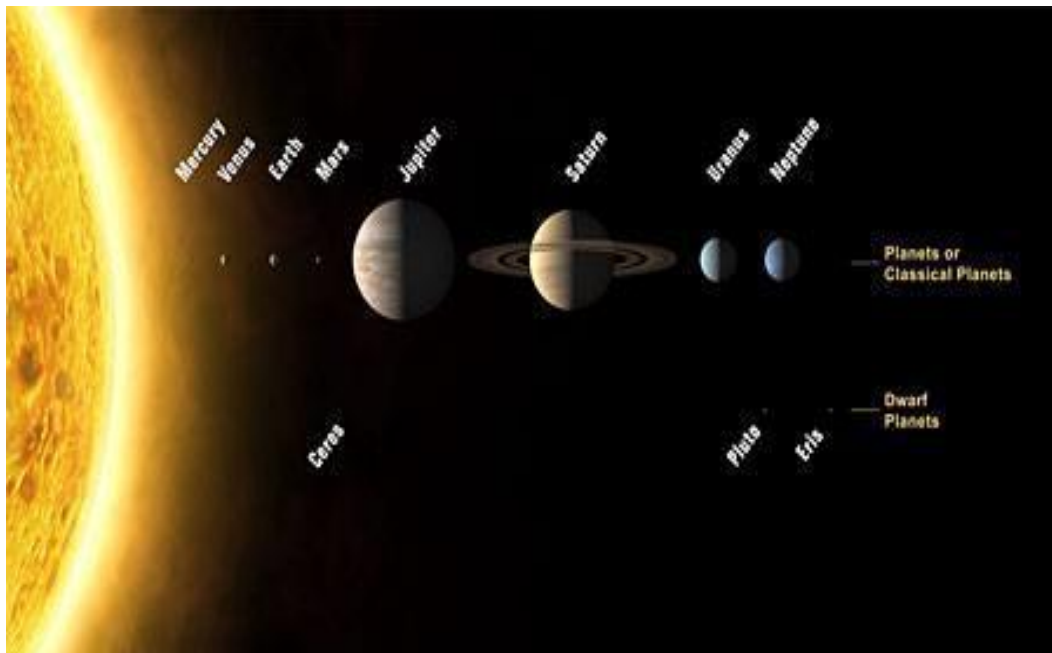


Figura 2.1: esquema del sistema solar. Tomado de la página web [international astronomical union]

2.1. PLANETAS DEL SISTEMA SOLAR

En la actualidad se dividen los planetas en dos grupos: el primero de ellos es conocido como planetas interiores o terrestres (Mercurio, Venus, Tierra, Marte); el segundo de ellos es conocido como planetas exteriores o Jovianos (Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno) a estos últimos planetas se les conocen como “gigantes gaseosos”; es conocido que los ocho planetas giran en un mismo plano y se denomina “plano de la eclíptica”, pero los planetas enanos giran en ángulos inclinados.

De los ocho planetas conocidos actualmente, seis poseen satélites naturales (Lunas) los cuales son: Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno; exceptuando Mercurio y Venus que no poseen satélites naturales. Con respecto a los planetas enanos se conoce que Plutón y Eris posee satélites naturales; esto le permitió a los astrónomos de la época clasificar los planetas y otros cuerpos celestes de nuestro Sistema Solar en tres categorías, basadas en la referencia [circuloastronomico.cl, 2016]:

Primera categoría: Un planeta es un cuerpo celeste que está en órbita alrededor del Sol, que tiene suficiente masa para tener gravedad propia para superar las fuerzas rígidas de un cuerpo de manera que, asuma una forma equilibrada hidrostática, es decir, redonda, y que ha despejado las inmediaciones de su órbita.

Segunda categoría: Un planeta enano es un cuerpo celeste que está en órbita alrededor del Sol, que tiene suficiente masa para tener gravedad propia para superar las fuerzas rígidas de un cuerpo de manera que, asuma una forma equilibrada hidrostática, es decir, redonda; que no ha despejado las inmediaciones de su órbita y que no es un satélite.

Según estas características, la diferencia entre los planetas y los planetas enanos es que estos últimos no han limpiado la vecindad de su órbita.

Tercera categoría: Todos los demás objetos que orbitan alrededor del Sol son considerados colectivamente como “cuerpos pequeños del Sistema Solar”. [circuloastronomico.cl, 2016].

2.1.1 Características del Sistema Solar

El Sistema Solar está formado por una estrella central, el Sol, los cuerpos que le acompañan y el espacio que queda entre ellos, los asteroides son rocas más pequeñas que también giran, la mayoría entre Marte y Júpiter. Además, están los cometas que se acercan y se alejan mucho del Sol.

A veces llega a la Tierra un fragmento de materia extraterrestre la mayoría se encienden y se desintegran cuando entran en la atmosfera, son los meteoritos. Los planetas, sus lunas y los asteroides giran alrededor del Sol en la misma dirección, en órbitas casi circulares. Casi todos los planetas orbitan alrededor del Sol en el mismo plano, llamado eclíptica. El eje de rotación de muchos de los planetas es casi perpendicular al eclíptico, exceptuando a Urano, el cual está inclinado hacia su lado. [Tomados de la fuente página de astronomía sobre el Sistema solar y sus movimientos].

La información de nuestro Sistema Solar esta sintetizada en la siguiente tabla tomada de la página web [es.wikipedia.org, 2014]:

CAPÍTULO 2.

Planetas	Distancia del sol (AU semieje mayor de la órbita)	Masa (kg)	Velocidad orbital (Km/s)	Excentricidad orbital	Inclinación de la órbita elíptica	Período orbital (Años)
Mercurio	0,38		47,8725	0.20563593	7.0 °	0,241
Venus	0,72		35,0214	0.00677672	3.39 °	0,615
Tierra	1		29,7859	0.01671123	0.00005 °	1
Marte	1,51		24,1309	0.0933941	1.85 °	1,88
Júpiter	5,18		13,0697	0.04838624	1.304 °	11,86
Saturno	9,51		9,6724	0.05386179	2.49 °	29,46
Uranio	19,13		6,8352	0.04725744	0.77 °	84,01
Neptuno	29,98		5,4778	0.00859048	1.77 °	164,79

Tabla 2.1 Tabla sobre los parámetros orbitales tomado de la página web [planeta.htm, 2016].

				Perihelio (AU)	Afelio (AU)
Mercurio				0,30	0,46
Venus				0,71	0,72
Tierra				0,98	1,016
Marte				1,38	1,66
Júpiter				4,95	5,45
Saturno				9,04	10,11
Uranio				18,37	20,08
Neptuno				29,76	30,44

Tabla 2.2. Tabla de distancias planetarias Tomada de la página web [planeta.htm, 2016]

Planetas enanos

Planetas Enanos	Distancia del sol (AU semieje mayor de la órbita)	Masa (kg)	Velocidad orbital (Km/s)	Excentricidad orbital	Inclinación de la órbita elíptica	Periodo orbital (Años)
Ceres	2.76596		17.882	0.07976	10,587°	4.599
Plutón	39.44		4.74	0.2482	17,14175°	247.7
Eris	67.6681		3.436	0.44177	44,187°	557
Makemake	45.791		4.419	0.159	28,96°	309.88
Haumea	43.335		4.484	0.18874	28,19°	285.4

Tabla 2.3. Parámetros orbitales de los planetas enanos. Tomado de la página web [es.wikipedia.org, 2016].

2.2. MARCO PEDAGÓGICO

En diferentes estudios se ha comprobado que el uso de las herramientas computacionales presenta para los estudiantes una mayor facilidad a la hora de comprender los conceptos relacionados con la física en comparación a desarrollar diferentes ámbitos de estudio en un salón de clase, donde su aprendizaje puede resultar complejo y muchas veces no se evidencia de manera clara el fenómeno que se quiere analizar. En caso de la astronomía hay situaciones físicas que por la dificultad de la observación, se llevan a cabo ilustraciones que ofrece bondades en la construcción del conocimiento [Finkelstein y otros, 2005]. Ejemplos de herramientas computacionales en la astronomía existen de diferentes maneras como animaciones, sitios de internet como el portal de astronomía de la universidad de Nebraska [Nebraska, 2016], sitios de investigación como la NASA, el proyecto SDSS [Sloan Digital Sky Survey, 2016] que tienen links en educación los cuales ofrecen una variedad de actividades como talleres, laboratorios virtuales, observatorios virtuales, etc. Por lo tanto, para la enseñanza de la astronomía las herramientas computacionales son en gran medida una solución para aumentar la motivación y el aprendizaje en los estudiantes de un colegio en grado undécimo y proveen la posibilidad de que con dicha motivación los estudiantes inmersos en este contexto lleguen a investigar

acerca de tópicos modernos de la astronomía que representan hoy día el progreso de la sociedad [Scherer, 2010].

En particular en este trabajo de grado se desarrollará un código que simule de una manera básica el Sistema Solar haciendo uso de VPython, que es un lenguaje de programación, que fue creado a principios de 1990 por Guio van Rossum en el Stichting Centrum Mathematisch en los Países Bajos, como sucesor a un lenguaje llamado ABC, bajo la idea de crear un tipo de lenguaje con una sintaxis limpia y que favorezca un código legible para todos los usuarios [Foundation, 2014].

2.2.1 Software Educativo

Los software educativos son empleados como una herramienta didáctica que le permite al docente aplicar diferentes actividades que facilitan el aprendizaje dependiendo de las necesidades del alumno, motivándolo a un aprendizaje fructífero tanto para el docente como para el alumno ya que permite que el estudiante maneje e interactúe con este tipo de instrumento físico.

El uso de este software en la enseñanza y en el aprendizaje puede proporcionar ventajas tanto al docente como al alumno ya que promueve la participación e interacción directamente con el fenómeno físico; en el docente proporciona ventajas ya que enriquece el campo de la pedagogía al incorporar la tecnología como herramienta didáctica para la formación del alumno.[lmi.ub.es,2015]

2.2.2 Características esenciales del software educativo.

La gran mayoría de software educativo se pueden trabajar en diferentes áreas de la enseñanza (física, matemáticas, idiomas, sociales,...), el software facilitan el diseño de un tipo de simulaciones con características específicas que se adaptan a la necesidad de los alumnos, dichas características son:

- Herramientas diseñadas con una finalidad didáctica.
- Utilizan el software como soporte, donde los estudiantes llevaran a cabo las actividades propuestas.
- Interactividad, ya que responden a las acciones de los estudiantes y permiten un diálogo e intercambio de información entre el software y los estudiantes.
- Facilidad de usar. Los conocimientos informáticos necesarios para utilizar la mayoría de estos programas son similares a los conocimientos de electrónica necesarios para usar un vídeo, es decir, son mínimos, aunque cada programa tiene unas reglas de funcionamiento que es necesario conocer.
- Este tipo de software es fácil de usar ya que el alumno se va a encargar de introducir datos o información y el programa hará la simulación recogida por él estudiante; la gran mayoría de software necesitan de un conocimiento previo en el área de programación.

La base de datos del software que se usó, contienen información específica que fue presentada a los estudiantes. La herramienta estaba constituida por un modelo de comportamiento; representando la dinámica de un sistema, en este caso la dinámica planetaria. (Modelo físico-matemáticos, que tienen unas leyes perfectamente determinadas por unas ecuaciones). [lmi.ub.es,2015]

2.2.4 Simulación

Las simulaciones presentan un modelo o entorno dinámico (generalmente a través de gráficos o animaciones interactivas), facilitan su exploración y modificación por parte de los alumnos mediante la observación y la manipulación de este tipo de herramientas. También se pueden considerar simulaciones a ciertos videojuegos que por lo general no soy muy positivos a nivel educativo pero si facilitan el desarrollo de los reflejos, la percepción visual y la coordinación psicomotriz, entre otras.

Una definición más formal formulada por r.e. shannon es: *"la simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias - dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos - para el funcionamiento del sistema"*. [Simulación y su definición, 2015]

2.2.5. Python

De acuerdo con Wikipedia Python fue creado a finales de los ochenta por Guido Van Rossum en el Centro para las Matemáticas y la Informática (CWI, Centrum Wiskunde & Informática), el nombre del lenguaje proviene de la afición de su creador por los humoristas británicos Monty Python.

Básicamente, Python es un lenguaje de programación de alto nivel, interpretado y multipropósito. En los últimos años su utilización ha ido constantemente creciendo y en la actualidad es uno de los lenguajes de programación más empleados para el desarrollo de software.

Con el lenguaje de Python podemos desarrollar programas para aplicaciones científicas, para comunicaciones de red, para aplicaciones de escritorio con interfaz gráfica de usuario (GUI), para crear juegos, para smartphones y por supuesto, para aplicaciones web. Entre las principales razones para elegir Python, son muchos los que argumentan que sus principales características lo convierten en un lenguaje muy productivo, Se trata de un lenguaje potente, flexible y conciso. Además, no requiere dedicar tiempo a su compilación debido a que es interpretado. [CODEJOBS, 2015]

Los usuarios que han podido conocer de Python que es un software relativamente reciente consideran a este un lenguaje limpio y elegante, además este viene con una librería de programas (ejemplos para aprender Python); posee un código abierto denominado PYTHON SOFTWARE FOUNDATION LICENSE es decir cualquier individuo puede acceder a este tipo de licencia.

Una versión de acceso gratis pero no tan robusta es VPython, la cual es una versión de python en un entorno orientado a objetos en 3D que permite ver la evolución en el tiempo

de las simulaciones físicas, a continuación se presenta un ejemplo de una situación hipotética del movimiento del péndulo doble el cual es posible encontrarlo en la librería de Python:

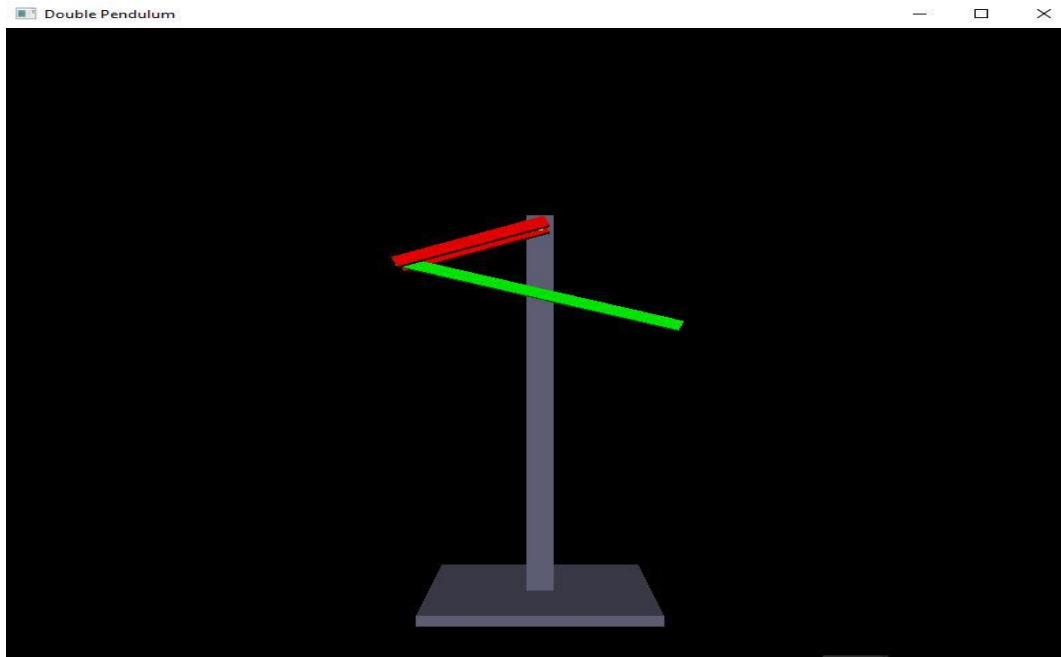


Figura 2.2: péndulo doble en VPython

2.2.6 Diseño De La Simulación

El diseño de la simulación se basa en el movimiento de los planetas alrededor del Sol tomando al Sol como marco de referencia. Solo se tiene en cuenta la interacción del Sol con el planeta, los efectos entre planetas gravitacionales fueron omitidos. Las posiciones iniciales se usaron donde todos los planteas estaban alineados, es decir no son datos o posiciones actuales de los planetas.

Se soluciona la segunda ley de Newton,

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (2.1)$$

Donde $\vec{F}$ es la fuerza gravitacional que experimenta el planeta, m es la masa del planeta y $\vec{a}$ es la aceleración. Se realiza una solución numérica de la segunda ley de Newton con el

método de salto de rana, lo cual es determinar el vector posición y el vector velocidad. En una forma sin mucho detalle se determinan estas dos ecuaciones vectoriales

$$\vec{r}(t + \delta t) = \vec{r}(t) + \vec{v}\left(t + \frac{\delta t}{2}\right) + o(\delta t^3) \quad (2.2)$$

$$\vec{v}\left(t + \frac{\delta t}{2}\right) = \vec{v}\left(t - \frac{\delta t}{2}\right) + \delta t \vec{a}(t) + o(\delta t^3) \quad (2.3)$$

δt

Donde δt es el paso numérico. Las anteriores ecuaciones (2.2) (2.3) muestra la formulación más sencilla del algoritmo. Lo más importante es primero calcular la velocidad y las posiciones iniciales. Las posiciones iniciales son las distancias promedio actuales de los planetas, colocadas en el eje x y con y=0. Las magnitudes de velocidades iniciales se obtienen a partir de la fuerza gravitacional,

$$F_G = \frac{GM_p M_{Sol}}{r^2} \quad (2.4)$$

Donde F_G es la fuerza gravitacional, G es la constante gravitacional dada en unidades astronómicas, M_p es la masa del planeta que se esté analizando, M_{Sol} es la masa del Sol y r^2 es la distancia entre el planeta y el Sol.

La fuerza centrípeta está dada por la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{M_p V^2}{r} \quad (2.5)$$

Donde F_c es la fuerza centrípeta del sistema, M_p es la masa del planeta que se esté analizando, V^2 es la velocidad y r es la distancia de las cuales se puede realizar un balance de fuerzas; es decir, igualando fuerzas

$$\frac{GM_p M_{Sol}}{r^2} = \frac{M_p V^2}{r} \quad (2.6)$$

Para finalmente obtener la siguiente expresión,

$$V = \sqrt{\frac{GM_{Sol}}{r}} \quad (2.7)$$

Donde r son las posiciones iniciales mencionadas anteriormente. Todas velocidades están en la dirección del eje Y como lo indica en la siguiente figura (2.3)

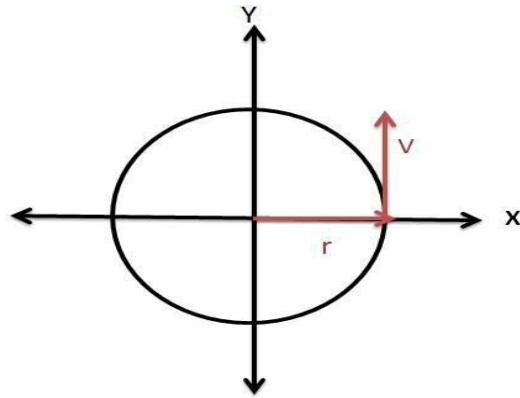


Figura 2.3: *momento angular.*

Se realizaron 5 simulaciones: En la primera simulación (anexo 6) se muestran los 4 primeros planetas orbitando alrededor del Sol y se ilustran las trayectorias en la figura (2.4)

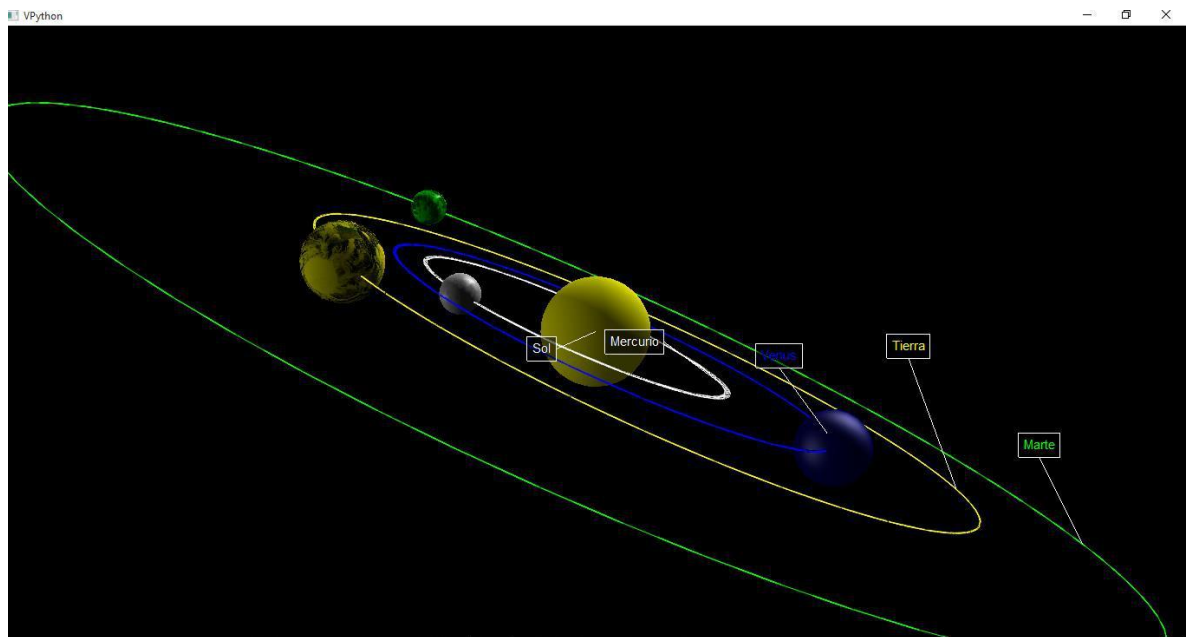


Figura 2.4: *ilustración de los cuatro primeros planetas orbitando alrededor de Sol en VPython.*

En la segunda simulación (anexo 7) se muestra los 8 planetas incluyendo a Plutón formando orbitas elípticas como se enuncia en la primera ley de Kepler, además se ilustra la inclinación de la órbita de Plutón con respecto a las orbitas de los 8 planetas. Para esta inclinación se requiere una posición inicial en el código numérico para z .

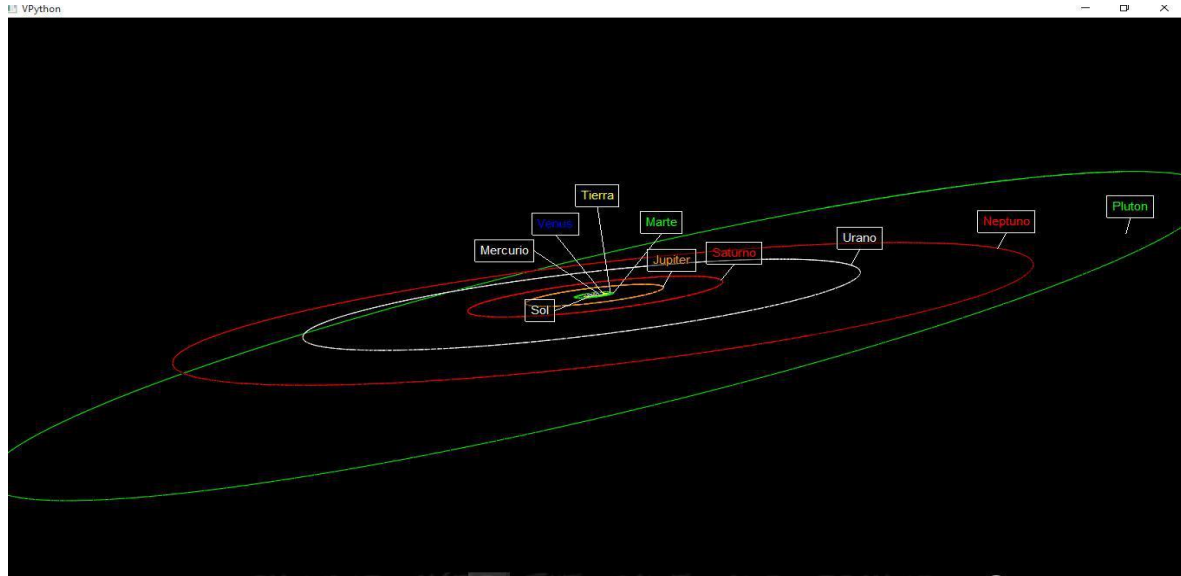


Figura2.5: ilustración de las orbitas de los 8 planetas incluyendo Plutón en VPython.

La tercera simulación (anexo 8) es para recrear la segunda ley de Kepler. En esta simulación se evidencia que un planeta se encuentra en el Perihelio y otro en el afelio. Los planetas se mueven y el programa realiza una pausa mostrando las áreas. El programa arroja las distancias r del perihelio y afelio y los ángulos de cada área. Las áreas se calculan con la siguiente expresión:

$$A = \frac{r^2 \theta}{2} \quad (2.8)$$

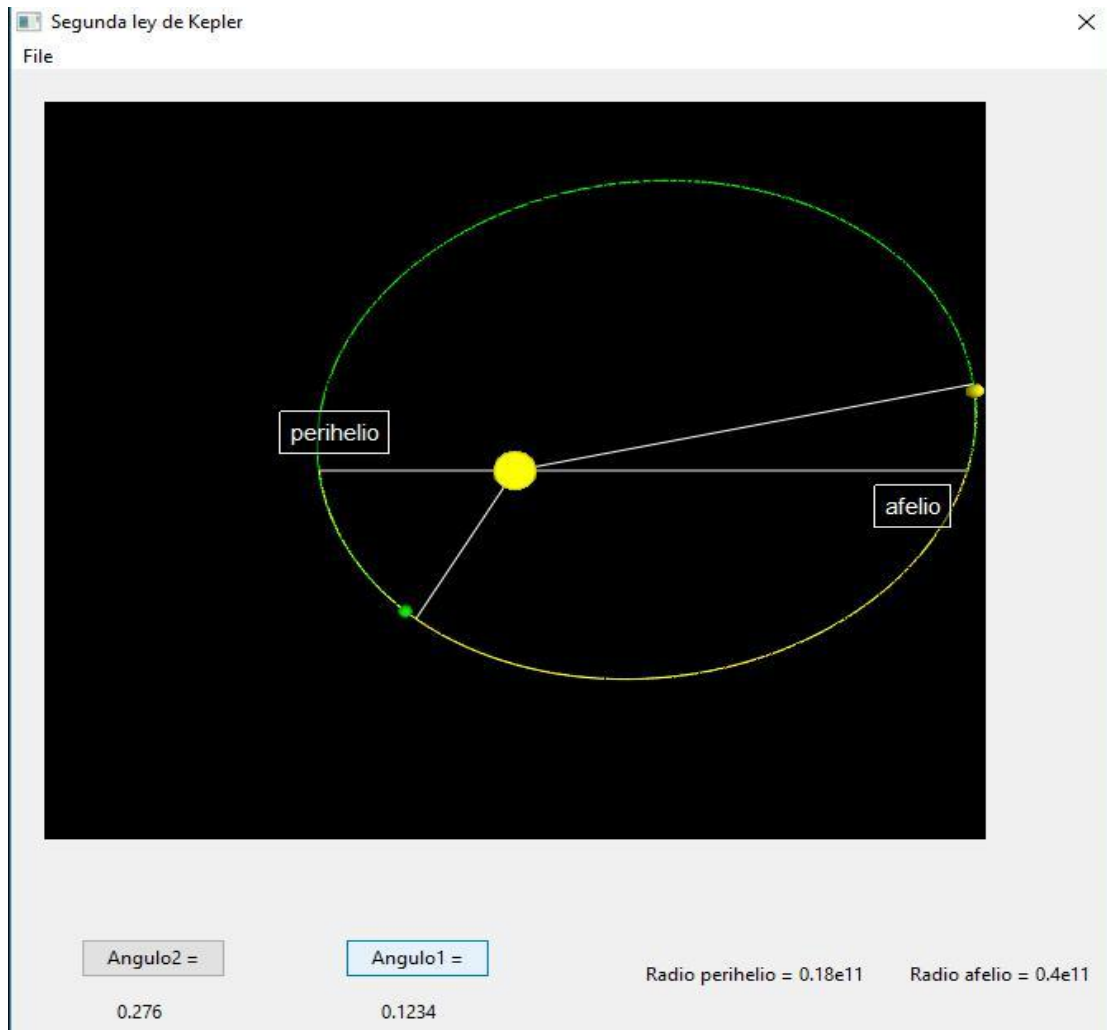


Figura 2.6: ilustra la segunda ley de Kepler en la cual se puede observar el área del Perihelio y el Afelio en VPython.

La simulación 4 (anexo 9) presenta la situación hipotética de dos cuerpos celestes que tiene diferentes orbitas. Los planetas se demoran el mismo tiempo en recorrerlas porque poseen el mismo semieje mayor pero diferentes excentricidades a pesar de que sus orbitas sean diferentes, la siguiente figura 2.4 ilustra la situación hipotética de la tercera ley de Kepler donde se establece la realicen de sus periodos y semiejes.

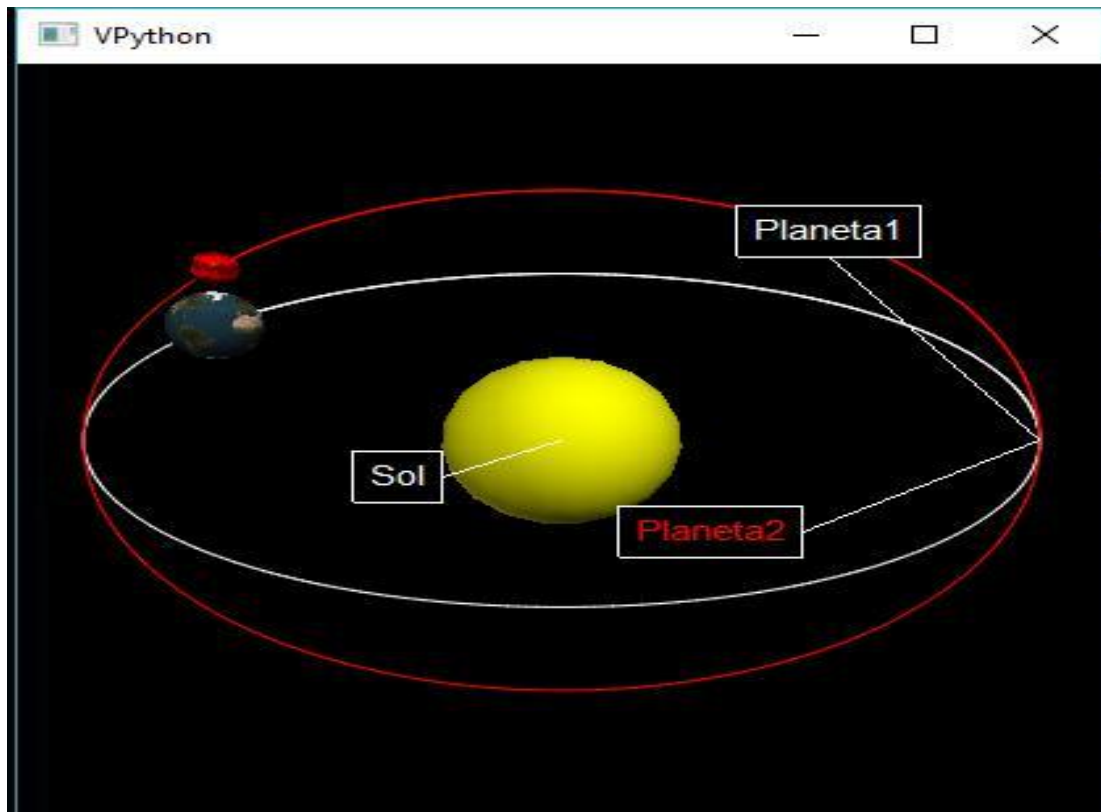


Figura 2.7: ilustración de la tercera ley de Kepler en VPython.

Al accionar cada una de las simulaciones se busca que el estudiante con el docente (guía) puedan evidenciar las tres leyes de Kepler y empezar asociar esos términos teóricos con algo más visual por ejemplo las orbitas elípticas, áreas, los periodos orbitales, entre otros conceptos que hay detrás de la dinámica planetaria y esa interacción que hay entre la simulación con los conceptos físicos y geométricos que se encuentran en la dinámica planetario.

Con la implementación de las simulaciones en VPython de las leyes de Kepler se pretende que sea una herramienta visual para la enseñanza y aprendizaje de las nociones básicas del Sistema Solar en astronomía en un espacio de aula.

3. DISEÑO DEL MÓDULO, IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS.

Este capítulo se basa en la elaboración e implementación del módulo que se realizó durante el periodo en el cual se realizó para enseñar la dinámica planetaria del Sistema Solar en el grado 11 del colegio el Cortijo Vianey, en una población de 27 estudiantes.

3.1 DISEÑO DEL MÓDULO

Se realizó un módulo con el título DINÁMICA PLANETARIA a continuación se describe la organización del módulo, el cual se encuentra en los anexos. El módulo está dividido en tres sesiones diferentes siendo el orden de estas de la siguiente manera:

3.1.1 Sesión 1

En esta sesión se realizó un cuestionario con el fin de identificar los conceptos previos de los estudiantes respecto a la temática de Sistema Solar, esto nos permite evidenciar las dificultades que pueden tener los estudiantes en el manejo de estas temáticas antes de iniciar las demás actividades relacionadas con el lenguaje en programación de VPython.

3.1.2 Sesión 2:

En esta sesión el módulo tiene una actividad con el fin de que los estudiantes realicen una breve revisión histórica de los modelos del Sistema Solar, desde el modelo geocéntrico hasta las leyes de Kepler y contrastar las diferencias entre cada modelo. Una vez terminado la revisión histórica se empieza con las actividades de las tres leyes de Kepler.

1. Para la primera ley de Kepler se llevó a cabo una actividad en donde se construye los aspectos geométricos de la elipse
2. Se utilizara la simulación de la segunda ley de Kepler que fue descrita en el capítulo anterior la cual pretende que el estudiante evidencia la relación que hay entre las áreas barridas en un intervalo de tiempo, la simulación arroja las distancias del perihelio y el afelio para Mercurio y los ángulos que barren en esas distancias, el propósito es verificar que las áreas son iguales los estudiantes tienen que calcular las áreas para cada distancias y verificar que las áreas barridas sean iguales.
3. Para la tercera ley de Kepler se les da una tabla de datos donde esta contiene las distancias es decir el semieje mayor y los periodos siderales de los planetas. En esta parte los

estudiantes llevaran a cabo unos cálculos matemáticos en el cual se hallan los cocientes de los periodos al cuadrado y el semieje mayor al cubo y verificar que el valor numérico de este cociente para todos los planetas sea el mismo. Se les presenta la simulación en Vpython donde los dos cuerpos tienen el mismo semieje pero con órbitas distintas pero sus periodos de revolución son iguales es decir se evidencia la dependencia del semieje mayor y no del semieje menor como lo muestra la imagen.

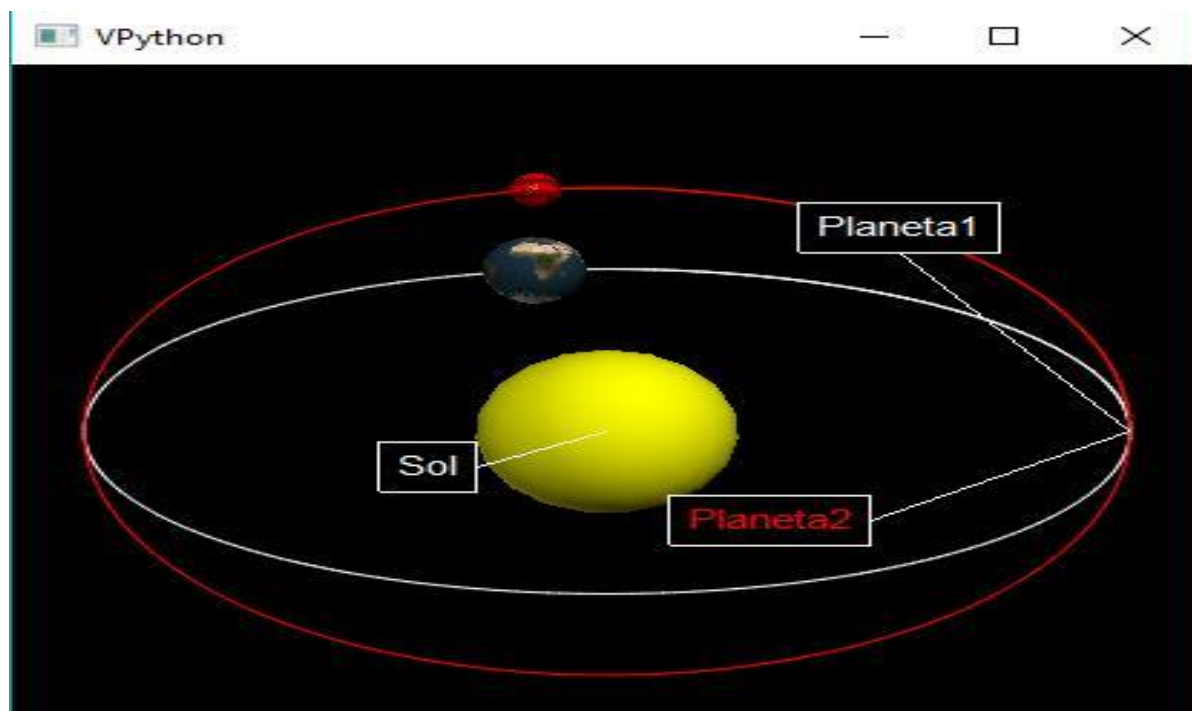


Figura 3.1: ilustra la tercera ley de Kepler en VPython.

3.1.3 sesión 3

En esta actividad se plantean unas situaciones hipotéticas donde se varían las condiciones físicas como las velocidades de los planetas sus distancias entre otras en el módulo aparece 5 situaciones hipotéticas con el fin de que los estudiantes retroalimenten las ordenes de magnitudes cinemáticas; que tienen los planteas y que sean conscientes del manejo de esas escalas, unidades y ordenes de magnitud al variar esas condiciones los estudiantes se llevan a confrontar situaciones hipotéticas que no hacen parte de la realidad pero esto les genera procesos mentales en su aprendizaje para afianzar estos conceptos. Los estudiantes verán los posibles resultados de estas situaciones con las simulaciones modificando sus condiciones cinemáticas.

Es necesario señalar que la implementación de las actividades se llevó a cabo en el grado once con 27 estudiantes del colegio el Cortijo Vianey ya que ellos poseen un conocimiento sobre la física, matemáticas y un conocimiento sobre el Sistema Solar con presencia del respectivo docente.

A continuación se puede evidenciar cada una de las actividades así como también los resultados que se obtuvieron al desarrollarlas con los estudiantes.

3.2. Resultados de la Implementación

Como primero se aplica el cuestionario (anexo 1) para poder tener el nivel de conocimiento que se encuentran los estudiantes acerca del Sistema Solar con una población de 27 estudiantes. El test contiene nueve preguntas de las cuales se encuentran preguntas abiertas; las preguntas están relacionadas con el movimiento de los planetas, la velocidad de ellos y la forma de las orbitas entre otras.

El test está compuesto para demostrar que tanto saben los estudiantes acerca del Sistema Solar y sus orbitas ver como ellos lo dibujan y si tienen teorías claras sobre la física y matemática que la compone para ello solo se entrega el test sin ninguna explicación anterior solo con lo que poseen de conocimiento otorgado en el colegio.

Es notable observar que más de 23 estudiantes respondieron erradamente a cada una de las preguntas expuestas, por lo cual se puede decir que el conocimiento que obtuvieron en el colegio es básico y no proporciona un conocimiento acertado.

En esta primera etapa los estudiantes individualmente respondieron el test con un tiempo de media hora.

Estos fueron los resultados que se obtuvieron en algunas preguntas del primer test.

1. ¿Qué cuerpos celestes hay en el Sistema Solar?

La idea de esta pregunta era indagar a los estudiantes los conceptos o nociones básicas con respecto a los cuerpos que hay en el Sistema Solar.

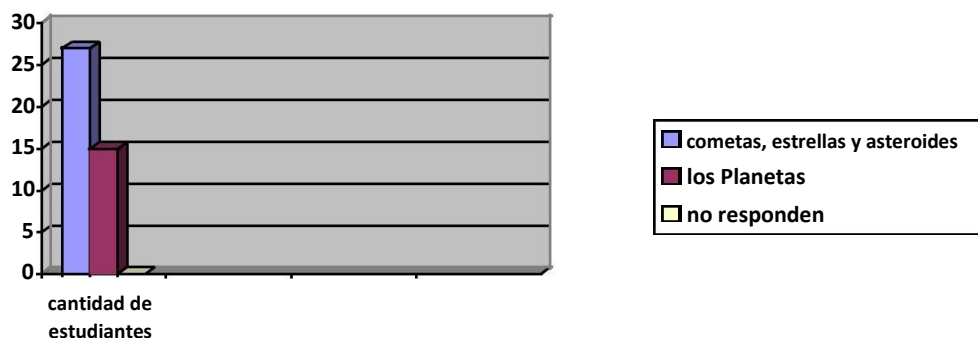


Grafico 3.1: Respuesta de 27 estudiantes, al primer cuestionario pregunta 1.

En el grafico 3.1 se puede evidenciar las respuestas con respecto a la pregunta anterior, donde 27 estudiantes consideran los planetas como cuerpos celestes y un mínimo porcentaje de estos incluyen los planetas complementando su respuesta con otro tipo de cuerpos celestes como cometas, estrellas y asteroides.

2. ¿Cuál es el orden de los planetas?

CAPÍTULO 3.

Con esta pregunta se pretende inferir si el estudiante conoce o identifica el orden que se le ha establecido a los planetas en el Sistema Solar.

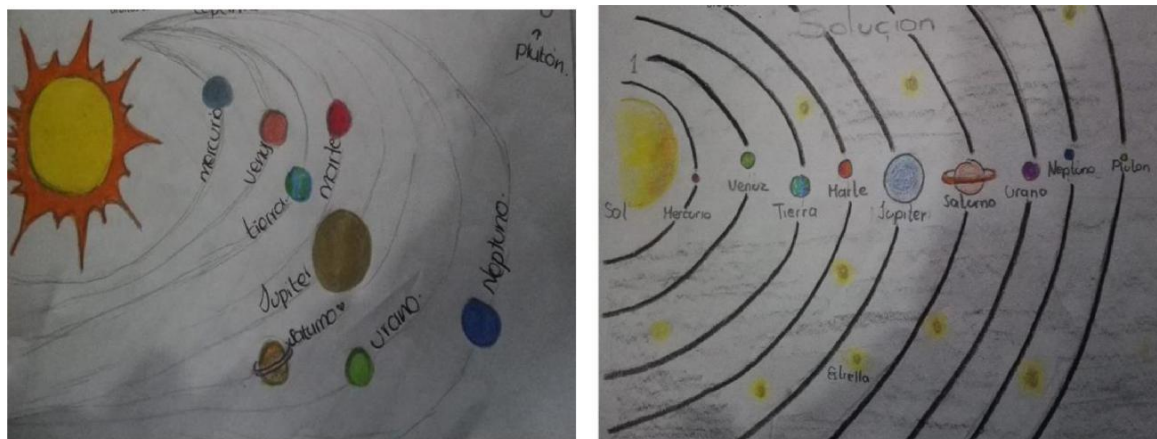


Imagen 3.1: dibujo del Sistema Solar por estudiantes de grado once.

Se pudo concluir que los 27 estudiantes tienen nociones básicas de cuál es el orden de los planetas (Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno), aunque aún los estudiantes consideran a Plutón como un planeta del Sistema Solar.

3. ¿porque se enuncian los planetas en ese orden?

La idea de esta pregunta tiene como fin indagar si los estudiantes manejan órdenes de magnitud y la relacionan con el orden de los planetas del Sistema Solar.

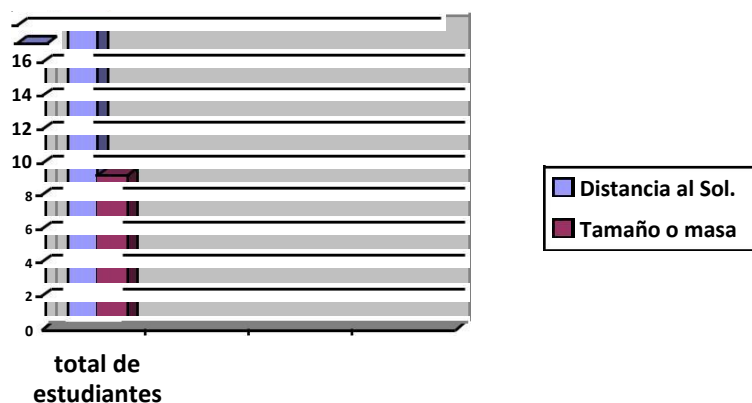


Grafico 3.2: Respuesta de 27 estudiantes, al primer cuestionario pregunta 3.

De acuerdo a las respuestas obtenidas en el grafico 3.2 se pudo concluir que 18 de los estudiantes tienen idea del por qué se enuncian o tienen ese orden los planetas en el Sistema Solar, cuándo ellos hacen la relación de distancia al Sol y orbitas; es decir el concepto físico es el mismo pero expresado por los estudiantes de otra forma. Teniendo en cuenta hay más variables para la descripción de su posición como tiempos siderales, velocidades de rotación y su atracción gravitacional que aun los estudiantes no manejan.

4. ¿Existe otro mecanismo o concepto para enunciar en otro orden los planetas?

La pregunta tiene como intención ampliar la pregunta anterior que no solamente el concepto de distancia sea manejado por los estudiantes sino que existen otras descripciones como lo son las velocidades de rotación y su atracción gravitacional entre otras.

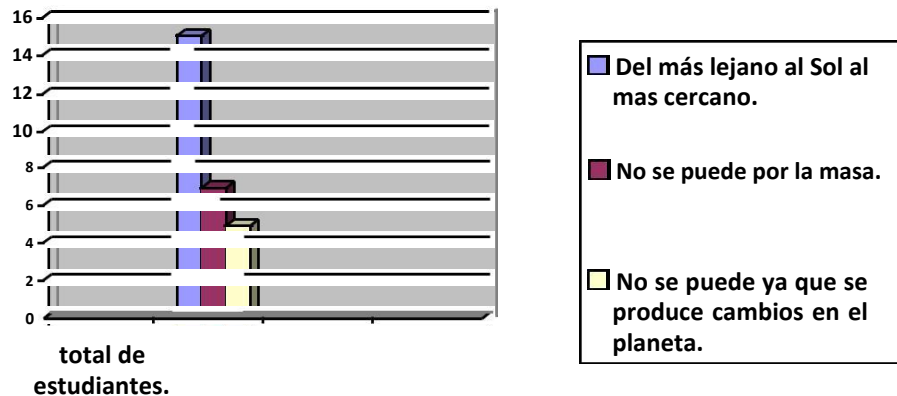


Grafico 3.3: Respuesta de 27 estudiantes, al primer cuestionario pregunta 4.

En la gráfica 3.3 se pudo evidenciar que 7 estudiantes infieren que los planetas están situados en esas órbitas dadas por sus masas, es decir, que entre más cercano esta al Sol menos será su masa que en parte es cierto pero no es aplicable a planetas exteriores a Saturno; 15 estudiante afirmaron que depende de la distancia que esté el planeta con respecto al Sol y el grupo restante es decir 5 estudiantes contestaron que no se pueden enunciar en otro orden porque produciría cambios climáticos.

5. ¿Qué tipo de órbitas tienen los planetas?

Con esta pregunta se pretende identificar qué tipo de orbitas manejan los estudiantes de grado once, teniendo en cuenta la evolución que ha tenido el Sistema Solar a lo largo de la historia.



Grafico 3.4: Respuesta de 27 estudiantes, al primer test pregunta 5.

CAPÍTULO 3.

Con esta pregunta se pudo observar que 18 de los estudiantes tienen nociones básicas de las órbita de los planetas, aunque 7 de los estudiantes consideran las orbitas circulares del Sistema Solar.

6. ¿Cuál es la velocidad promedio con la que órbita la Tierra alrededor del Sol?

Con la anterior pregunta se pretende indagar si el estudiante conoce sobre la velocidad promedio con la que órbita la Tierra y que unidades se utilizan para describir este tipo de velocidades.

Los estudiantes aún no saben cuál es la velocidad con la que orbita la Tierra, algunos no respondieron nada, otros colocaron valores pero con un mal manejo de unidades, por ejemplo 27 km/hora, cuando la velocidad real es alrededor de 27 km/seg.

7. ¿Porque algunos planetas orbitan más rápido alrededor del Sol?

Con esta pregunta se desea indagar si los estudiantes manejan órdenes de magnitud y la asocian con el movimiento alrededor del Sol.

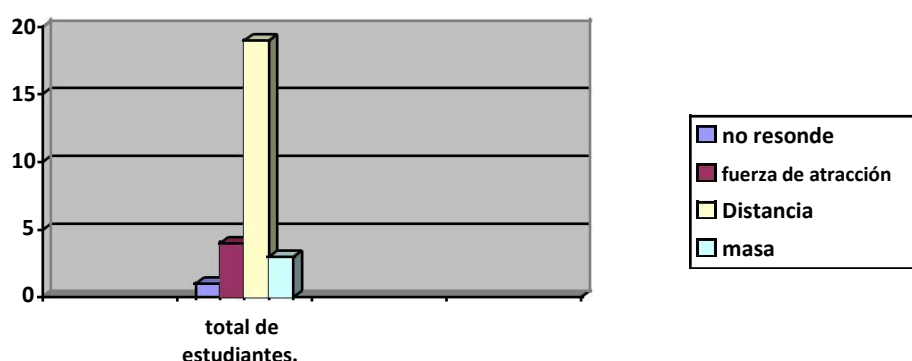


Grafico 3.5: Respuesta de 27 estudiantes, al primer cuestionario pregunta 7.

Se pudo concluir que 19 estudiantes asociaron la distancia del planeta con la velocidad orbital, es decir el movimiento alrededor del Sol y 4 estudiantes lo ve asociado a la fuerza de atracción que ejerce el Sol sobre los planetas, 3 encuentran la relación por medio de masa y solo 1 de los estudiantes no encuentra ninguna relación para responder la pregunta.

8. ¿Qué es un movimiento retrogrado?

Es una pregunta orientada a la observación, es decir tiene un nivel de complejidad donde los estudiantes se les dificulta asociar movimiento retrogrado con respecto a la dinámica planetaria; ya que aparentemente algunos planetas tiene este tipo de movimientos por la inclinación de su órbita.

Con respecto a lo anterior se puede concluir que los 27 estudiantes no dieron ningún tipo de solución a esta pregunta, es decir, no lo asocian con la dinámica planetaria.

9. ¿Qué personaje afirmo que los planetas se mueven alrededor del Sol describiendo Órbitas circulares?

La intención de esta pregunta es reconocer el contexto histórico que han tenido las diferentes teorías para la explicación del Sistema Solar, ya que es importante conocer los diferentes análisis físicos matemáticos que llevaron a los avances astronómicos que se tienen actualmente con respecto a la dinámica planetaria y está enfocada en comprobar que tanto saben los estudiantes de grado once sobre la historia de la astronomía y quienes fueron los primeros científicos que tuvieron que ver con ella.



Grafico 3.6: Respuesta de 27 estudiantes, al primer cuestionario pregunta 9.

3.3 Implementación del software educativo “VPython”

La actividad con la que se continuo y se motivó a los estudiantes fue el Software educativo “VPython” el cual fue una herramienta de visualización que proporciono a los estudiantes un conocimiento y manejo de conceptos de la física y matemáticas, pudieron observar más claro las tres leyes de Kepler entre otros, permitiendo que los estudiantes se hagan una idea más clara sobre la Dinámica Planetaria.

Al dar inicio la sección de la implementación en donde se llevó a cabo un proceso de retroalimentación, es decir un recuento histórico sobre las teorías de la dinámica planetaria el cual se amplía con definiciones para mejorar la enseñanza de Sistema Solar los cuales fueron:

- **Cuerpos celestes:** En la Vía Láctea hay una serie de cuerpos celestes que orbitan alrededor del Sol, entre ellos hay ocho grandes planetas (Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno) los cuales orbitan junto a sus satélites, planetas menores. Los asteroides, los cometas, polvo y gas interestelar también forma parte de este sistema.
- **Planetas enanos:** Los planetas enanos son aquellos cuerpos celestes del Sistema Solar que no han limpiado la vecindad de su órbita y tienen la masa suficiente para que su propia gravedad haya superado la fuerza de cuerpo rígido. No son satélites de otros planetas y orbitan alrededor del Sol como cualquier otro planeta.

- Planetas: Los Planetas son cuerpos opacos que giran alrededor de una estrella debido a la fuerza de gravedad con que ésta los atrae. Como los Planetas no poseen luz propia, en nuestro Sistema Solar podemos verlos en el cielo nocturno, pues ellos brillan al reflejar la luz del Sol.
- Asteroides: La palabra asteroide significa “pequeño planeta.” Los asteroides se ubican principalmente en una entre los planetas Marte y Júpiter. Son cuerpos rocosos y metálicos que flotan en el espacio siguiendo una órbita alrededor del Sol, muy pequeños para ser considerados planetas. Los asteroides más grandes son esféricos y pueden llegar a tener 1.000 Km. de diámetro. Los asteroides que tienen un diámetro menor a 160km son de formas alargadas e irregulares. Los más conocidos son Ceres y Eros. Los asteroides más pequeños son simples rocas flotando en el espacio.
- Cometas: Los cometas son cuerpos celestes de formas irregulares, frágiles y pequeños, compuestos por una mezcla de granos no volátiles y gases congelados (tienen un aspecto nebuloso). Tienen órbitas muy elípticas que los lleva muy cerca del Sol y los devuelve al espacio profundo, frecuentemente más allá de la órbita de Plutón.
- Rayos cósmicos: Nuestro planeta recibe constantemente una lluvia de partículas cargadas. Cada segundo 1000 partículas por metro cuadrado golpean las capas más exteriores de la atmósfera terrestre. Este flujo de partículas (llamado rayos cósmicos), proveniente en su mayoría de nuestra Galaxia, consisten en un 90% de protones, 9% partículas alfa y el resto son núcleos más pesados que el hidrógeno.
- La luna: La Luna es el satélite natural de la Tierra. El diámetro de la Luna es de unos 3.480 km (aproximadamente una cuarta parte del de la Tierra). La masa de la Tierra es 81 veces mayor que la de la Luna. Por tanto, la densidad media de la Luna es de sólo las tres quintas partes de la densidad de la Tierra, y la gravedad en la superficie lunar es un sexto de la de la Tierra.
- El Sol: el Sol es la estrella que, por el efecto gravitacional de su masa, domina el sistema planetario que incluye a la Tierra. Es el elemento más importante en nuestro Sistema Solar y el objeto más grande que contiene aproximadamente el 98% de la masa total del Sistema Solar.

Tipo espectral, Nuestro Sol es una estrella del tipo espectral G2V, denominada también enana amarilla.[astronomía.com, 2014].

3.4 Actividad de la primera ley de Kepler

La actividad de la primera ley de Kepler (anexo número 2), está enfocada a la explicación sobre orbitas elípticas observadas en la plataforma VPython realizado sobre la dinámica planetaria. Se pudo confirmar que los estudiantes analizaron por medio de datos orientados por el docente, a través de los parámetros ya establecidos como la excentricidad y su achatamiento de acuerdo a la distancia hasta sus focos.



Imagen 3.2: construcción de la elipse y visualización de la primera ley de Kepler en la plataforma VPython.

En la imagen 3.2 respectivamente, se muestra como los estudiantes de grado once del colegio Cortijo Vianey construyeron una órbita elíptica teniendo en cuenta la primera ley de Kepler. Se escogieron como marco de referencia los focos, con valores determinados de 3 y -3 en el eje de las x, y a partir de allí empezar a calcular distancias; es decir que la sumatoria de r_1 y r_2 sea igual a 10 cm. Finalmente se procede a calcular la excentricidad de una elipse por medio de la ecuación (1.4), la construcción de esta elipse fue diseñada en una hoja milimetrada permitiéndole al estudiante identificar un nuevo concepto de lo que es Perihelio y Afelio asociado a la dinámica planetaria; es decir la distancia que hay entre el Sol y un planeta.

3.5 Actividad de segunda ley de Kepler

Para la segunda ley de Kepler se llevó a cabo una actividad que permitió evidenciar la idea de que “los planetas barren áreas iguales en tiempo iguales”, es decir que la velocidad del planeta no es constante en su recorrido, al contrario, cuando el planeta está más cerca del Sol (perihelio) su velocidad orbital aumenta y cuando está más lejos del Sol (afelio) su velocidad es más lenta.

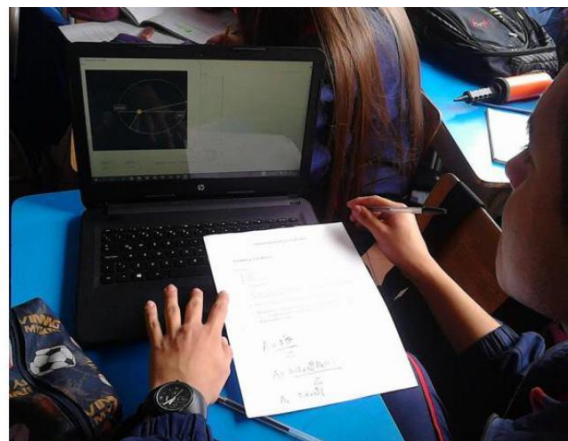
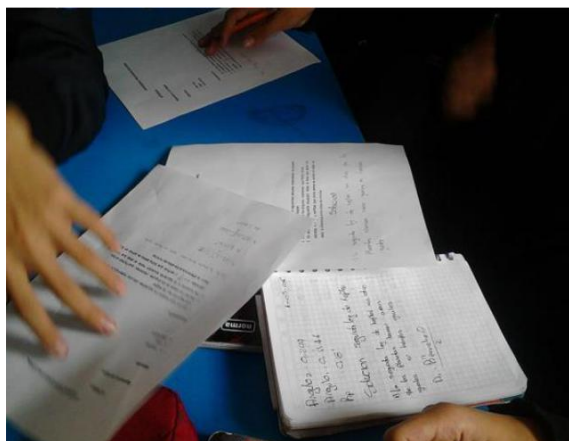


Imagen 3.3: cálculos matemáticos y visualización de la segunda ley de Kepler en plataforma VPython.

En la imagen 3.3 se evidencia el trabajo que se realizó con los estudiantes de grado once, acerca de la segunda ley de Kepler, la cual consistió en que los estudiantes reconocieran e identificaran en la plataforma VPython cuáles son las áreas que barren los planetas; y por medio de un proceso matemático (anexo número 3) calcularlas y verificar dicho enunciado. Se les presentaron a los estudiantes los márgenes de error mostrados por la herramienta computacional y se analizaron con el fin de demostrar que este cambio en su resultado es mínimo y las áreas son iguales.

3.6 Actividad de la tercera ley de Kepler

En la actividad realizada sobre la tercera ley de Kepler se observó un proceso en donde el estudiante evidencio por medio de la herramienta computacional la relación que existe entre el periodo y el semieje mayor de las orbitas de los planetas. Para ello se construyó una actividad (anexo número 4) en donde el estudiante realizo un proceso matemático, dando cuenta que los valores de cada uno de los planetas son muy similares; es decir que si elevamos al cuadrado sus periodos y lo dividimos por el cubo de la distancia el resultado será igual para todos.

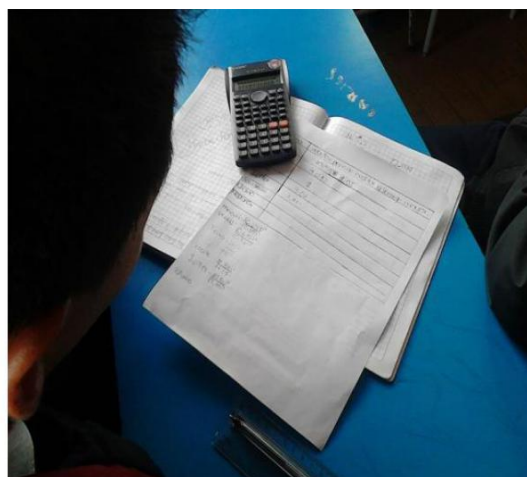
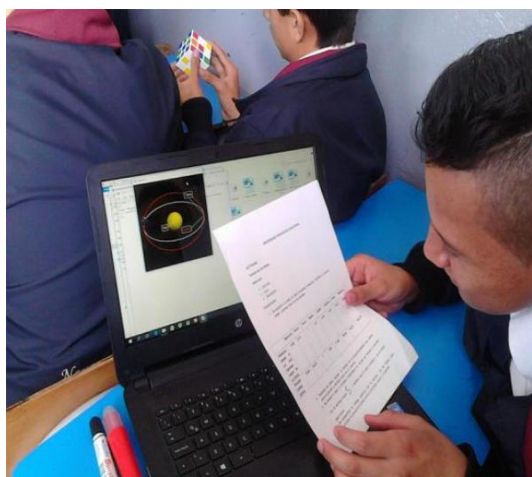


Imagen 3.4: cálculos matemáticos y visualización de la tercera ley de Kepler en plataforma VPython.

En la imagen 3.4, se observa la implementación del anexo 4 y la manipulación de la herramienta por parte de los estudiantes, identificando la no varianza del semieje menor y la dependencia del periodo con su semieje mayor respectivamente.

3.7 Ultimo cuestionario.

Finalizando la implementación y utilizando la plataforma Vpython se realizó un cuestionario con situaciones hipotéticas, donde le permitió al estudiante llevar a cabo un proceso que consintió en tener una idea abstracta y llevarlo a un aprendizaje enfocado a la observación; es decir, utilizar la herramienta de visualización de Vpython la cual permitió que los estudiantes se lleven una idea más clara acerca de la dinámica planetaria y como es el comportamiento de algunos cuerpos celestes.

Se presentaron 5 situaciones hipotéticas (anexo numero 5), las cuales se utilizaron para visualizar el comportamiento de algunos cuerpos celestes donde los estudiantes empezaron a manejar ordenes de magnitud (velocidad, aceleración, distancia, entre otras) asociadas al Sistema Solar, siempre teniendo como guía al docente para orientar estas prácticas; es decir, manipular o interactuar en la plataforma VPython con el fin de observar cada una de las situaciones planteadas para enriquecer el aprendizaje físico matemático teniendo como eje central la dinámica planetaria.

Las respuestas obtenidas por los estudiantes mostraron que el proceso obtenido durante la sesión 3 fue positivo, ya que se pudo comprobar visualmente cada una de las situación propuestas, cumpliendo con el objetivo de diseñar y plantear actividades que mejoren la enseñanza del Sistema Solar teniendo como fin abarcar algunos conceptos físicos y matemáticos; es decir, que reconozcan ordenes de magnitud y la construcción de funciones cónicas (elipse) por medio de la herramienta computacional trabajada a lo largo de este proyecto (VPython).

Capítulo 4

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

- Se diseñó un módulo para la enseñanza de la dinámica planetaria del Sistema Solar a partir de una herramienta computacional de VPython enfocadas en el marco teórico de las leyes de Kepler y la teoría de gravitación Newtoniana. Dentro del módulo se diseñó una simulación para cada una de las tres leyes de Kepler con un conjunto de actividades guías del docente para ser implementadas en un espacio de educación media.
- Se implementó el módulo para 27 estudiantes de grado once del Colegio el Cortijo Vianey. Se realizó una actividad para recoger las ideas previas acerca de la temática del Sistema Solar y así poder identificar las falencias conceptuales que podían tener los estudiantes con respecto a los conceptos involucrados de la temática
- Se realizaron las actividades del módulo utilizando la herramienta computación en VPython en donde los estudiantes hicieron una retroalimentación de forma cualitativa como cuantitativa respecto a las leyes de Kepler.
- Se le plantearon a los estudiantes situaciones hipotéticas de las diferentes condiciones iniciales de los parámetros de algunos planetas que se podían visualizar en la herramienta computacional. Esto generó procesos en los análisis físicos de las condiciones iniciales que tienen los planteas.
- Se evidenció que el uso de las herramientas computacionales es un mecanismo útil es una parte importante de la física para la enseñanza y el aprendizaje en caso particular en el Sistema Solar.

ANEXOS

ANEXO 1

Cuestionario (I)

Este cuestionario se realizara con la intención de conocer las ideas previas que poseen los estudiantes acerca de los movimientos del Sistema Solar y el cómo perciben ellos estos movimientos desde la misma.

1. ¿Qué cuerpos celestes hay en el Sistema Solar? Dibujar Sistema Solar.
2. ¿Cuál es el orden de los planetas?
3. ¿Por qué se enuncia los planetas en ese orden?
4. ¿Se puede enunciar en otro orden los planetas?
5. ¿Qué tipo de orbitas tienen los planetas?
6. ¿Cuál es la velocidad promedio con la que orbita la Tierra alrededor del Sol?
7. ¿Porque algunos planetas orbitan más rápido alrededor del Sol?
8. ¿Qué es un movimiento retrogrado?
9. ¿Qué personaje afirmo que los planetas se mueven alrededor del Sol describiendo orbitas circulares?

ANEXO 2

Actividad “Primera Ley de Kepler”

1. En la hoja milimetrada dibujar el plano cartesiano y trazar los ejes X y Y
2. Construir una tabla de datos en la cual estarán enunciadas las distancias (r_1, r_2), los ejes X y Y , con la suma de las distancias.

EJE X	EJE Y	DISTANCIA r_1	DISTANCIA r_2	$r_1 + r_2 = 10\text{cm}$

3. Ubique el origen en los punto (0,0).
4. Ubique los focos en el eje X en los puntos (3,-3).
5. Ubique un punto en el eje Y positivo tal que la suma de la distancia de sus dos focos sea 10 cm.
6. El estudiante después de todo el proceso de construcción unirá los respectivos puntos hasta formar la elipse.
7. El estudiante procederá de acuerdo a la construcción grafica hallar el semieje mayor y menor de la elipse.
8. Para finalizar la actividad el estudiante identificara dentro de la elipse construida el perihelio y afelio; con lo anterior podrá hallar la excentricidad de la órbita

ANEXO 3

Actividad “Segunda Ley de Kepler”

Materiales

- una hoja
- lápiz
- calculadora

Procedimiento.

1. En una hoja realizar los siguientes cálculos matemáticos de acuerdo a la segunda ley de Kepler.
2. Escribir los datos de los ángulos (radianes) que Python arroja.
3. De acuerdo a la siguiente ecuación hallar el área que barren los planetas, $A = \frac{r^2 \theta}{2}$ y verificar que dicha área es similar en todos, es decir, la diferencia entre ellos es mínima.

ANEXO 4

Actividad “Tercera Ley de Kepler”

Materiales.

- Una hoja
- Lápiz
- Calculadora.

Procedimiento.

1. De acuerdo a la tabla de datos propuestos enseguida, identificar el periodo orbital y semieje mayor de los planetas.

	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno	
Distancia desde el Sol (AU) (semieje mayor de la órbita)	0,38	0,72	1	1,51	5,18	9,51	19,13	29,98	a^3
Periodo orbital (años)	0,241	0,615	1	1,88	11,86	29,46	84,01	164,79	p^2

2. Teniendo los datos, realizar el análisis de la proporcionalidad que existe entre el periodo y semieje mayor de un planeta.
3. Se llevara a cabo un proceso matemático en donde se dividirá el periodo con el $\frac{p^2}{a^3}$ semieje mayor, $\frac{p^2}{a^3}$ y verificar que el valor numérico es el mismo para todos.
4. Se presentara el código (Python) con la tercera ley de Kepler, para demostrar la proporcionalidad entre el semieje mayor y el periodo.

ANEXO 5

Cuestionario (II)

Por otra parte plantear situaciones hipotéticas en el que el estudiante pueda contrastar con el programa en Python que podría ocurrir por ejemplo:

1. Si la Tierra que orbita con una velocidad 29,78 km/s. ¿Qué pasaría si la Tierra tuviera una velocidad 10 veces mayor?
2. ¿Si la Tierra estuviera en la misma órbita de Marte que pasaría?
3. Si la Tierra que orbita con una velocidad 29,78 km/s. ¿Qué pasaría si la Tierra tuviera una velocidad 10 veces menor?
4. Si se mantiene la velocidad constante de un planeta y aumentamos su periodo ¿qué sucedería?
5. ¿Qué pasaría con la aceleración de un planeta si aumentáramos 10 veces su masa?

ANEXO 6

Código “cuatro planetas”

```
from visual import *
```

```
G=39.47
```

```
Sol=sphere(pos=(0,0,0), radius=0.15, color=color.yellow,  
make_trail=True, interval=10)
```

```
Sol.mass=1
```

```
Sol.v=vector(0,0,0)
```

```
midp1 = label( text="Sol", xoffset=-45, yoffset=-20, pos=(0,0), opacity=0.5)
```

```
Mercurio=sphere(pos=(0.4,0,0), radius=0.05,  
color=color.white,material=materials.rough, make_trail=True, interval=10)
```

```
Mercurio.mass=1.66e-7
```

```
Mercurio.v=vector(0,10.47,0)
```

```
midp2 = label( text="Mercurio", xoffset=-75, yoffset=55, pos=(0.4,0), opacity=0.5)
```

```
Venus=sphere(pos=(0.7,0,0), radius=0.10, color=color.blue,material=materials.wood,  
make_trail=True, interval=10)
```

```
Venus.mass=2.4e-6
```

```
Venus.v=vector(0,7.152,0)
```

```
midp3 = label( text="Venus", xoffset=-55, yoffset=75,  
pos=(0.7,0), opacity=0.5,color=color.blue)
```

```
Tierra=sphere(pos=(1.1,0,0), radius=0.09,  
color=color.yellow,material=materials.BlueMarble, make_trail=True, interval=10)
```

```
Tierra.mass=3.00e-6
```

```
Tierra.v=vector(0,5.47,0)
```

```
midp4 = label( text="Tierra", xoffset=-15, yoffset=110, pos=(1.2,0),  
opacity=0.5,color=color.yellow)
```

```
Marte=sphere(pos=(1.5,0,0), radius=0.07,  
color=color.green,material=materials.marble, make_trail=True, interval=10)
```

```
Marte.mass=3.23e-7
```

```
Marte.v=vector(0,5.12,0)
```

```
midp5 = label( text="Marte", xoffset=55, yoffset=75,  
pos=(1.5,0), opacity=0.5,color=color.green)
```

```
dt=0.1e-3
```

```
while True:
```

```
    rate(1000)
```

```
    Mercurio.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
    Venus.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
    Tierra.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
    Marte.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
    for body in [Mercurio,Venus,Tierra,Marte,]:
```

```
        distance=body.pos-Sol.pos a1=-
```

```
        G*Sol.mass*distance/mag(distance)**3
```

```
body.pos += body.v*dt + 0.5*a1*dt*dt
```

```
distance=body.pos-Sol.pos
```

```
a2=-G*Sol.mass*distance/mag(distance)**3
```

```
body.v += 0.5*(a1+a2)*dt
```

ANEXO 7

Código “Sistema Solar – Primera ley de Kepler”

```
from visual import *
```

```
G=39.47
```

```
Sol=sphere(pos=(0,0,0), radius=0.15, color=color.yellow,  
make_trail=True, interval=10)
```

```
Sol.mass=1
```

```
Sol.v=vector(0,0,0)
```

```
midp1 = label( text="Sol", xoffset=-45, yoffset=-20, pos=(0,0), opacity=0.5)
```

```
Mercurio=sphere(pos=(0.4,0,0), radius=0.05,  
color=color.white,material=materials.rough, make_trail=True, interval=10)
```

```
Mercurio.mass=1.66e-7
```

```
Mercurio.v=vector(0,10.47,0)
```

```
midp2 = label( text="Mercurio", xoffset=-75, yoffset=55, pos=(0.4,0), opacity=0.5)
```

```
Venus=sphere(pos=(0.7,0,0), radius=0.10, color=color.blue,material=materials.wood,  
make_trail=True, interval=10)
```

```
Venus.mass=2.4e-6
```

```
Venus.v=vector(0,7.152,0)
```

```
midp3 = label( text="Venus", xoffset=-55, yoffset=75, pos=(0.7,0),  
opacity=0.5,color=color.blue)
```

```
Tierra=sphere(pos=(1.1,0,0), radius=0.09,  
color=color.yellow,material=materials.BlueMarble, make_trail=True, interval=10)
```

Tierra.mass=3.00e-6

Tierra.v=vector(0,5.47,0)

**midp4 = label(text="Tierra", xoffset=-15, yoffset=110, pos=(1.2,0),
opacity=0.5,color=color.yellow)**

**Marte=sphere(pos=(1.5,0,0), radius=0.07,
color=color.green,material=materials.marble, make_trail=True, interval=10)**

Marte.mass=3.23e-7

Marte.v=vector(0,5.12,0)

**midp5 = label(text="Marte", xoffset=55, yoffset=75,
pos=(1.5,0), opacity=0.5,color=color.green)**

**Jupiter=sphere(pos=(5.18,0,0), radius=0.07,
color=color.orange,material=materials.marble, make_trail=True, interval=10)**

Jupiter.mass=5.23e-7

Jupiter.v=vector(0,2.75,0)

**midp6 = label(text="Jupiter", xoffset=10, yoffset=20, pos=(5.18,0),
opacity=0.5,color=color.orange)**

**Saturno=sphere(pos=(9.51,0,0), radius=0.07,
color=color.red,material=materials.marble, make_trail=True, interval=10)**

Saturno.mass=5.23e-8

Saturno.v=vector(0,2.03,0)

**midp7 = label(text="Saturno", xoffset=15, yoffset=20, pos=(9.51,0),
opacity=0.5,color=color.red)**

**Urano=sphere(pos=(19.13,0,0), radius=0.07,
color=color.white,material=materials.marble, make_trail=True, interval=10)**

Urano.mass=5.23e-8

```
Urano.v=vector(0,1.47,0)
```

```
midp7 = label( text="Urano", xoffset=10, yoffset=20, pos=(19.13,0), opacity=0.5)
```

```
Neptuno=sphere(pos=(29.98,0,0), radius=0.07,  
color=color.red,material=materials.marble, make_trail=True, interval=10)
```

```
Neptuno.mass=5.23e-8
```

```
Neptuno.v=vector(0,1.14,0)
```

```
midp7 = label( text="Neptuno", xoffset=10, yoffset=20, pos=(29.98,0),  
opacity=0.5,color=color.red)
```

```
Pluton=sphere(pos=(39.42,0,5), radius=0.07,  
color=color.green,material=materials.marble, make_trail=True, interval=10)
```

```
Pluton.mass=5.23e-8
```

```
Pluton.v=vector(0,1.00,0)
```

```
midp7 = label( text="Pluton", xoffset=10, yoffset=20,  
pos=(39.42,0), opacity=0.5,color=color.green)
```

```
dt=0.1e-3
```

```
while True:
```

```
    rate(2000)
```

```
    Mercurio.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
    Venus.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
    Tierra.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
    Marte.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
    Jupiter.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

Saturno.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)

Urano.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)

Neptuno.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)

Pluton.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)

**for body in [Mercurio,Venus,Tierra,Marte,Jupiter, Saturno, Urano,
Neptuno,Pluton]:**

distance=body.pos-Sol.pos a1=-

G*Sol.mass*distance/mag(distance)3**

body.pos += body.v*dt + 0.5*a1*dt*dt

distance=body.pos-Sol.pos a2=-

G*Sol.mass*distance/mag(distance)3**

body.v += 0.5*(a1+a2)*dt

ANEXO 8

Código “Segunda ley de Kepler”

```
from visual import *

from visual.controls import *

from visual.graph import *

import wx

def setangulo1(event):

    button = event.GetEventObject()

    alfa1=round(arctan(planeta1.y/planeta1.x),4)

    w=alfa1

    label1.SetLabel(str(w))

def setangulo2(event):

    button = event.GetEventObject()

    alfa2=round(arctan(planeta.y/planeta.x),4)

    q=abs(alfa2)

    label3.SetLabel(str(q))

G = 6.7e-11

L = 320

Hgraph = 400
```

```

w = window(width=2*(L+window.dwidth),
height=L+window.dheight+window.menuheight+Hgraph,

            menus=True, title='Segunda ley de Kepler',style=wx.SYSTEM_MENU
| wx.CAPTION | wx.CLOSE_BOX)

d = 20

disp = display(window=w, x=d, y=d, width=570, height=490, forward=-vector(0,1,2))

gdisplay(window=w, y=disp.height+50,
width=2*(L+window.dwidth), height=Hgraph)

p = w.panel

angulo1 = wx.Button(p, label='Angulo1 =', pos=(0.6*L+10,1.8*L))

angulo1.Bind(wx.EVT_BUTTON,setangulo1)

label1=wx.StaticText(p, pos=(0.7*L,1.93*L), label='')

label2=wx.StaticText(p, pos=(1.70*L,1.85*L), label='Radio afelio = 0.4e11')

angulo2 = wx.Button(p, label='Angulo2 =', pos=(0.1*L+10,1.8*L))

angulo2.Bind(wx.EVT_BUTTON,setangulo2)

label3=wx.StaticText(p, pos=(0.2*L,1.93*L), label='')

label4=wx.StaticText(p, pos=(1.2*L,1.85*L), label='Radio perihelio = 0.18e11')

Sun = sphere(pos=(0,0,0), radius=2e9,
color=color.yellow,material=materials.emissive,

            make_trail=True)

Sun.mass = 2.0e30

Sun.v = vector( 0, 0,0)

```

```

planeta = sphere(pos=(0.4e11,0,0), radius=7e8,

                color=color.green, make_trail=True)

planeta.mass = 1e24

planeta.v = vector(0,4.5e4,0)

planeta1 = sphere(pos=(-17326205070.4,0,0), radius=7e8,

                color=color.yellow, make_trail=True, interval=10)

planeta1.mass = 1e24

p1vy=planeta.x*planeta.v.y/planeta1.x

planeta1.v = vector(0,p1vy,0)

dt = 0.5e2

linea=curve(pos=[(0,0),(planeta1.x,0)])

linea_1=curve(pos=[(0,0),(planeta.x,0)])

afelio = label( text="afelio", space=0.5, pos=(0.9*planeta.x,-4e9), opacity=0.5)

perihelio = label( text="perihelio", space=0.5, pos=(0.9*planeta1.x,4e9),

opacity=0.5) t=0.

tip1  =  label(text="planeta",space=0.2,height=10,font='sans',opacity=0.5)

tip2=   label(text="planeta1",space=0.2,height=10,font='sans',opacity=0.5)

while t<3.05e6:

    rate(1000)

    for body in [planeta, planeta1]:

```

```

tip1.pos=planeta.pos

tip2.pos=planeta1.pos

tip1.visible=False

tip2.visible=False

distancia = body.pos -Sun.pos

a1= -G * Sun.mass*distancia / mag(distancia)**3

body.pos += body.v*dt + 0.5*a1*dt*dt

distancia = body.pos - Sun.pos

a2 = -G*Sun.mass*distancia/mag(distancia)**3

body.v += 0.5*(a1 + a2)*dt

t=t+dt

if t==4e5:

    linea_a=curve(pos=[(0,0),(planeta1.x,planeta1.y)])

    linea_1a=curve(pos=[(0,0),(planeta.x,planeta.y)])

if t==3.05e6: break

```

ANEXO 9

Código “Tercera ley de Kepler”

```
from visual import *

import math

Sun = sphere(pos=(0,0,0), radius=0.5, color=color.yellow,

              make_trail=True, interval=10)

midp1 = label( text="Sol", xoffset=-45, yoffset=-20, pos=(0,0), opacity=0.5)

Earth = sphere(pos=(2,0,0), radius=0.2, color=color.white,material=materials.earth,

               make_trail=True, interval=10)

midp2 = label( text="Planeta1", xoffset=-80, yoffset=100, pos=(2.0,0), opacity=1.5)

Earth2 = sphere(pos=(2,0,0), radius=0.1, color=color.red,material=materials.marble,

                make_trail=True, interval=10)

midp3 = label( text="Planeta2", xoffset=-90, yoffset=-50 , pos=(2.0,0) ,
              opacity=1.5, color=color.red)

dt = 1e-3

thita1=0

Earth.p=vector(0,0,0)

Earth2.p=vector(0,0,0)

while True:

    Earth.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
Earth2.rotate(axis=(0.5,1,0), angle=pi/20)
```

```
rate(80)
```

```
thita1+=1*dt
```

```
Earth.x=2*cos(4*thita1)
```

```
Earth.y=sin(4*thita1)
```

```
Earth2.x=2*cos(4*thita1)
```

```
Earth2.y=1.5*sin(4*thita1)
```

Bibliografía

- página sobre el sistema solar y sus fenómenos;
http://books.google.com.co/books?id=vC2ugi74XigC&pg=PA12&lpg=PA12&dq=Orbital+and+physical+properties+of+planets+in+solar+system&source=bl&ots=NzBk_jMWko&sig=ZHG0eT3sV14l76DZEfa9GB6cqH0&hl=en&sa=X&ei=bD1ZU-Avhr6xBNy-guAI&ved=0CFgQ6AEwBzgK#v=onepage&q=Orbital%20and%20physical%20properties%20of%20planets%20in%20solar%20system&f=false
- Ministerio de Educación Estándares Básicos de Competencias Ciencias Naturales
http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Hernández, R. Fernández, C, Baptista, Pilar (2010). Metodología de la investigación (5ta ed.): Mc Graw Hill.
- libro Elementos de Astronomía de posición, Portilla, (2001)
- dinámica clásica de las partículas y sistemas (spanish edition) / Jerry b. Marion (edición 2010)
- international astronomical union; <http://www.iau.org/public/themes/pluto/>
- tabla referente a los parámetros orbitales de los planetas en el sistema solar:
<https://solarsystem.nasa.gov/planets/chart/chart.cfm>
- página de astronomía sobre el Sistema solar y sus movimientos
<http://www.astromia.com/solar/sistemasolar.htm>
- Orbital Dynamics With maple (SII---V1.0, February 2012);
http://arquimedes.matem.unam.mx/PUEMAC/PUEMAC_2008/kepler/html/index.html
- <http://bibliotecadeinvestigaciones.wordpress.com/fisica-2/las-leyes-de-newton/>
- página CODEJOBS aprende a programar
<http://www.codejobs.biz/es/blog/2013/03/02/que-es-python#sthash.1uv1ilOP.dpuf>
- página sobre simulación y su definición
<http://ingensistemascomputacionales.bligoo.com/definicion-de-simulacion#.U3G0TIF5PD8>
- Imagen1.<http://tema6fisica.wikispaces.com/5.Confrontaci%C3%B3n+de+los+modelos+geoc%C3%A9ntricos+y+helioc%C3%A9ntricos>
- Imagen2. <http://www.hablandodeciencia.com/articulos/2013/02/18/el-geocentrismo-en-el-siglo-xxi/>
- Imagen3. <http://anadcafeudea.galeon.com/aficiones279590.html>
- Imagen 4 <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/17223470/Las-tres-leyes-de-Kepler-Astronomia.html>
- Nebraska, astro.unl.edu (consultado 5 mayo 2016)
- <http://www.todoelsistemasolar.com.ar/planeta.htm>

- https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Datos_de_los_planetas_del_sistema_solar
- libro Elementos de Astronomía de posición, Portilla, 2001
- Sherwood, B., VPython3D Programming for Ordinary Mortals. Obtenido de <http://vpython.org/>, 2013.
- <http://astro.unl.edu/classaction/animations/intro/lookbacktimesim.html>
- <http://astro.unl.edu/classaction/animations/ancientastro/heliacalrisingsim.html>
- <http://astro.unl.edu/classaction/animations/coordsmotion/transitmovie.html>
- Proyecto sloan digital sky survey <http://skyserver.sdss.org/dr5/sp/>
- Sociedad española de astronomía (SEA), <http://www.sea-astronomia.es/drupal/content/art%C3%ADculos-de-divulgaci%C3%B3n-grandes-hitos>
- Bonnin, A., Fariñas, B., Rodríguez, A., & Llovera, J. (2013). Simulaciones virtuales como complemento de las clases y los laboratorios de Física. Ejemplos en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica. *Latin-American Journal of Physics Education*, 7(4), 669-673.
- Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya Y Biblioteca de Catalunya. (s.f.). *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*. Obtenido de Revistes Catalanes amb Accés Obert: <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza>
- Esquembre, F. (2005). *Creación de simulaciones interactivas en Java: aplicación a la enseñanza de la física*. Madrid: Pearson Educación, Prentice Hall.
- Fonseca, M., Hurtado, A., Lombana, C., & Ocaña, O. (2006). La simulación y el experimento como opciones didácticas integradas para la conceptualización en física. *Revista colombiana de física (Bogotá)*, 707-710.
- Santos, G., Otero, M., & Fanaro, M. (Abril de 2000). *¿Como usar Software de simulacion en clases de fisica? Facultad de diencias Exactas. Universidad Nacional del Centro.*, 17(1), 50-66.
- Sherwood, B., (2013). *VPython3D Programming for Ordinary Mortals*. Obtenido de <http://vpython.org/>.
- WP+Thematic, L. . (2009). *Historia y eficacia de la simulación*. Obtenido de Laboratorio de simuladores en administración y gerencia: <http://www.gerentevirtual.com/es/index.php/simuladores-de-negocios/historia-y-eficacia-de-la-simulacion/>