

Spain



DETECCIÓN DE EXOPLANETAS  
Escondidos en la luz

DE-SB-02



# Elipses fabulosas

La velocidad y el tiempo  
de los cuerpos en órbita



**P**ara entender las órbitas de planetas, cometas y otros cuerpos celestes hay que analizar los principios que rigen la interacción entre la atracción gravitatoria y la velocidad de un objeto para dar lugar a una órbita. Entre el alumnado es común la idea errónea de que las órbitas planetarias son circulares. Esta actividad práctica ofrece una configuración espacial para representar gráficas de velocidad y tiempo. Muestra cómo cambia el módulo de la velocidad de los objetos que siguen trayectorias elípticas a medida que orbitan alrededor del Sol. Se incluye una actividad adicional para indagar en la geometría de las elipses y su relación con parámetros físicos dentro del Sistema Solar.

## SUMARIO

- 3** Datos básicos
- 4** Introducción
- 5** Resumen de las actividades
- 12** Actividad 1. Medición de la velocidad y la distancia sobre una maqueta elíptica
- 18** Fichas de trabajo para el alumnado
- 21** Anexos
- 34** Enlaces de interés

OT-SB-02

## Elipses fabulosas

La velocidad y el tiempo de los cuerpos en órbita

1ª Edición. Mayo 2020

Guía para el profesorado

**Ciclo**  
Secundaria y bachillerato

**Edita**  
ESERO Spain, 2020 ©  
Parque de las Ciencias. Granada

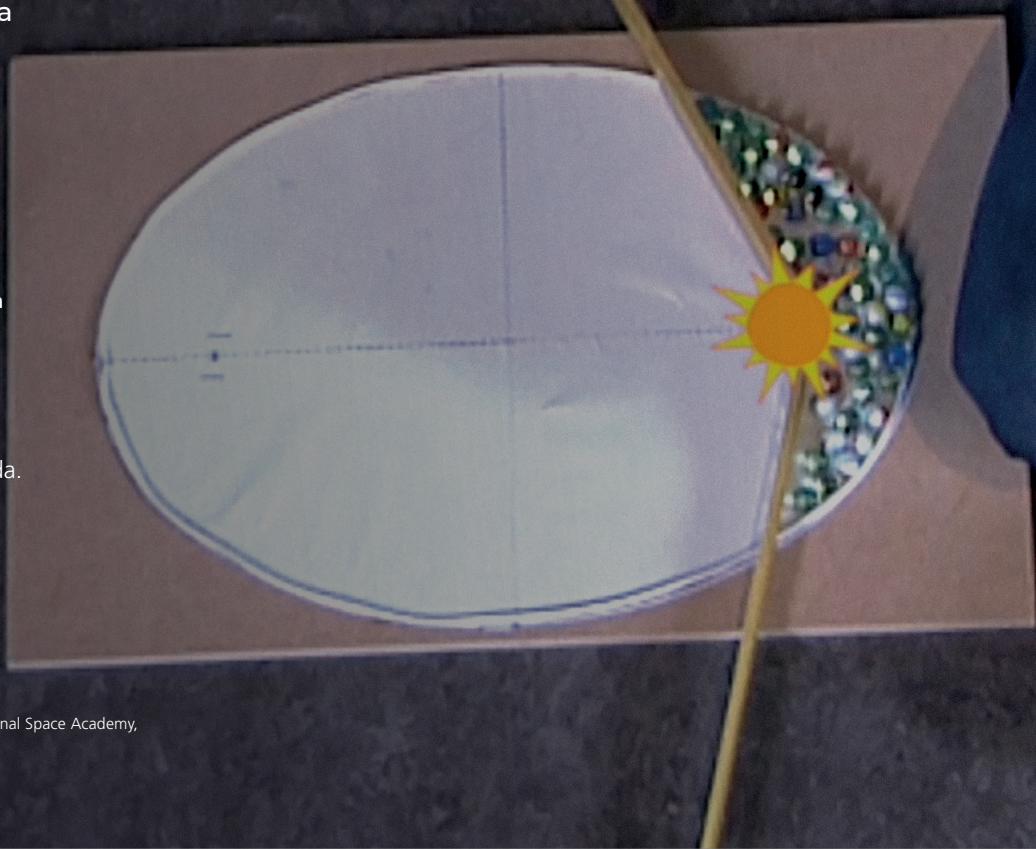
**Traducción**  
Dulcinea Otero Piñeiro

**Dirección**  
Parque de las Ciencias, Granada.

Créditos de la imagen de portada:  
Anu Ojha ESA

Créditos de la imagen de la colección:  
ESA/ NASA/ UCL (G. Tinetti)

Basado en la idea original:  
MARBLE-OUS ELLIPSES  
Speed and time of orbiting bodies  
Colección "Teach with space"ESA Education  
Concepto desarrollado para ESA por la National Space Academy,  
Ilustraciones de Kaleidoscope Design, NL





En esta actividad el alumnado usará una maqueta elíptica para medir la velocidad y distancia de un objeto que sigue una órbita elíptica. Los resultados se plasmarán después sobre una gráfica de módulo de la velocidad frente a tiempo para entender cómo la atracción gravitatoria altera (o cambia) la velocidad de un planeta o satélite en órbita elíptica.

Video demostrativo  
de la actividad  
***"Marble-ous ellipses"***



### Materias relacionadas

#### **FÍSICA**

- Órbitas
- Satélites
- Cometas
- Planetas
- Estrellas
- Gravitación (variación de la intensidad gravitatoria con la distancia)
- Leyes de Kepler

#### **MATEMÁTICAS**

- Gráficas del módulo de la velocidad frente al tiempo
- El área bajo la gráfica equivale a la distancia
- El gradiente en un punto equivale a la aceleración
- Trazar gráficas e interpretarlas
- Geometría: elipses, excentricidad, ejes mayor y menor

## Objetivos didácticos



- El alumnado debería ser capaz de crear una gráfica que plasme el módulo de la velocidad frente al tiempo y de relacionarlos con las nociones de aceleración y distancia para entender los principios de la mecánica orbital.
- El alumnado debería entender cómo varía la intensidad de la atracción gravitatoria con la distancia al planeta o la estrella.
- El alumnado debería relacionar todo esto con la aceleración y desaceleración que experimenta un planeta o satélite que siga una órbita elíptica.

### EL ALUMNADO DEBERÍA CONOCER:

- El concepto de energía cinética y de energía potencial gravitatoria.
- El concepto de vector velocidad.



**Entre 15 min. y 1 h. \***

#### Intervalo de edades

De 14 a 16 años

#### Tipo de actividad

Actividad para el alumnado

#### Dificultad

Media

#### Coste

Bajo (menos 10 euros)

#### Lugar para realizar la actividad

Interiores (cualquier aula)

#### Incluye el empleo de

Canicas, reglas, ningún material peligroso.

\* Tiempo de preparación: 1 hora.

# Elipses fabulosas

## Introducción



### BREVE HISTORIA DEL GEOCENTRISMO

Durante miles de años, filósofos y astrónomos debatieron sobre la estructura del Sistema Solar y todo lo que hay más allá. De este modo, surgieron dos modelos opuestos del Sistema Solar: el geocéntrico (o centrado en la Tierra) y el heliocéntrico (o centrado en el Sol).

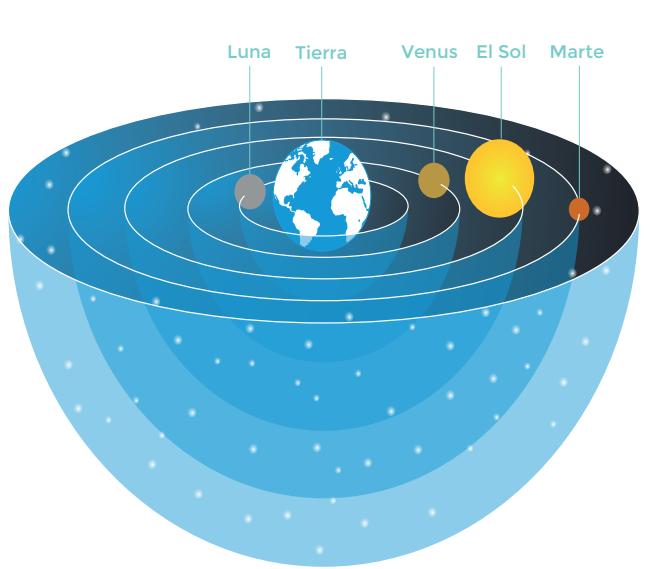
Unos 200 años a.C, el astrónomo de la antigüedad griega Aristóteles defendió el modelo geocéntrico (*imagen de abajo*). Proponía que los planetas (y el Sol) se mueven con velocidades uniformes siguiendo trayectorias circulares en torno a la Tierra, que es el centro del universo.

Pero este modelo planteaba problemas. En ciertos momentos al observar Marte daba la impresión de que se movía por el cielo de

una forma extraña (*ver imagen de la página siguiente*). En lugar de proseguir su camino, Marte retrocedía sobre sus propios pasos durante un breve espacio de tiempo antes de continuar avanzando por el firmamento. Este efecto no se podía explicar mediante un modelo geocéntrico puro.

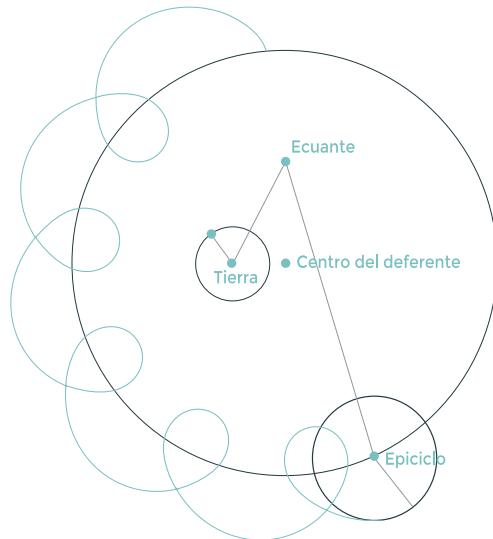
Casi 400 años después, Tolomeo propuso una solución para este problema. La Tierra seguía ocupando el centro del universo, pero los planetas se movían con órbitas secundarias denominadas epiciclos a lo largo de su recorrido orbital principal. Esto explicaba y predecía en parte el **movimiento retrógrado** \* observado.

Sin embargo, para que este sistema funcionara, Tolomeo tuvo que idear todo un conjunto complejo de epiciclos. En realidad se trataba más bien de un «apaño» para que lo observado encajara en un modelo geocéntrico.

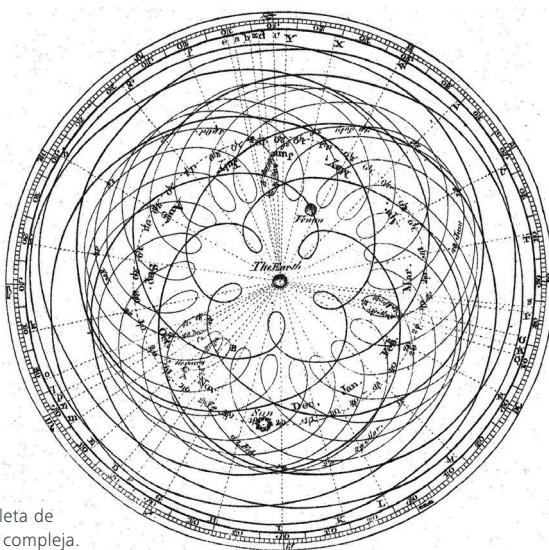


Modelo geocéntrico: la Tierra ocupa el centro del universo.

... Tolomeo tuvo que idear todo un conjunto complejo de epiciclos. En realidad se trataba más bien de un «apaño» para que lo observado encajara en un modelo geocéntrico



Los epicílicos se pueden usar para explicar el movimiento retrógrado. Para ver animaciones de los epicílicos, consultese el apartado titulado «Enlaces de interés».



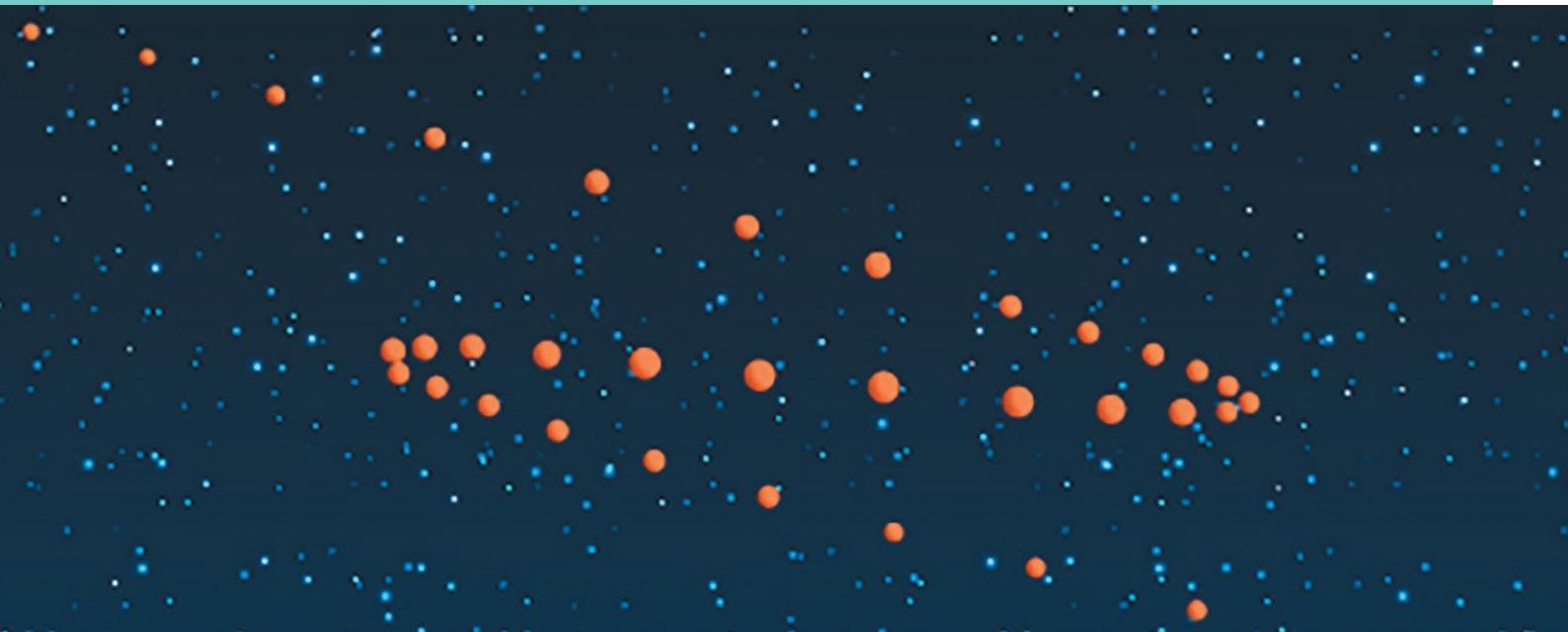
La solución completa de Tolomeo era muy compleja.

## BREVE HISTORIA DEL HELIOCENTRISMO

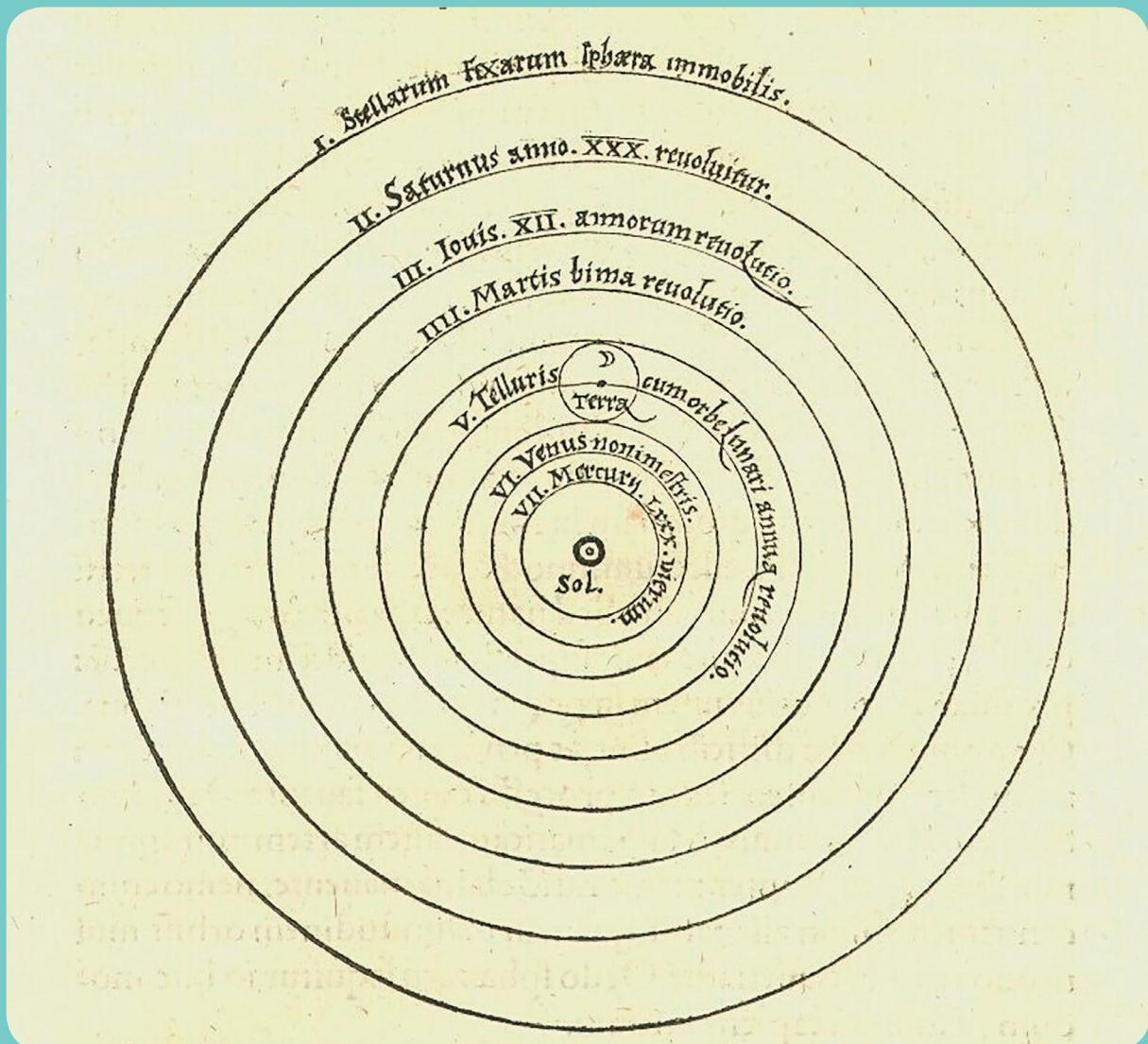
En 1543 Nicolás Copérnico publicó la obra titulada *De revolutionibus orbium coelestium* [Sobre las revoluciones de los orbes celestes], en la que defendía que el universo se corresponde en realidad con un modelo heliocéntrico. Esto inició la revolución copernicana. Los grandes pensadores empezaron a adoptar poco a poco este modelo revolucionario.

Sin embargo, seguía habiendo un problema. Aún se pensaba que todos los objetos en órbita siguen un movimiento circular, de modo que el modelo heliocéntrico tampoco podía explicar todas las observaciones de los movimientos planetarios. En particular, la órbita de Marte todavía no encajaba con las restricciones de una órbita circular.

**Abajo:** el desplazamiento aparente de Marte por el cielo durante su movimiento retrógrado. Para ver una animación que ilustra el movimiento de Marte en el firmamento nocturno, consultese el apartado titulado «Enlaces útiles».



- \* **Movimiento retrógrado de un planeta:** Movimiento aparente de un planeta en el cielo nocturno en la dirección opuesta a la que se suele observar (movimiento directo).



Modelo heliocéntrico del Sistema Solar que propuso Copérnico.

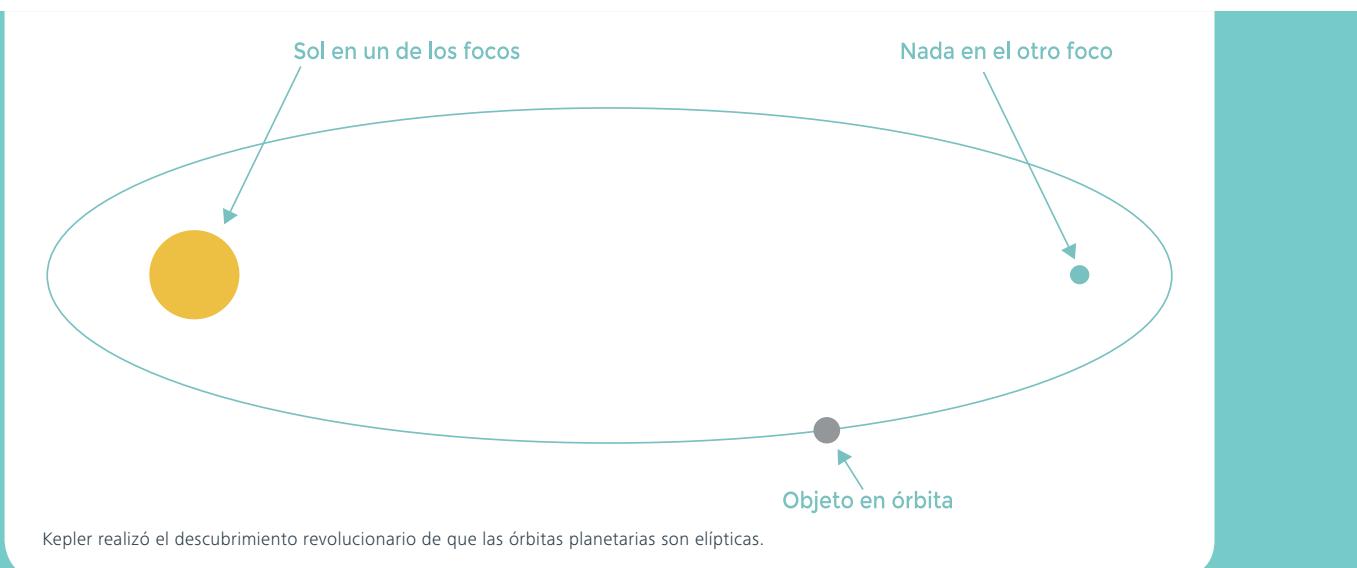
## KEPLER DESVELA LA NATURALEZA DE LAS ÓRBITAS

A comienzos del siglo XVII el astrónomo Johannes Kepler revolucionó nuestra concepción del Sistema Solar y de la naturaleza de las órbitas. Tras un análisis meticuloso de datos sobre el movimiento observado del

planeta Marte por el cielo nocturno, Kepler concluyó que las órbitas de los planetas tenían que ser elípticas en lugar de circulares. A partir de un estudio y unos cálculos más completos, Kepler logró inferir las tres leyes que siguen todos los objetos que están en órbita alrededor de otro.

Para más información véanse las animaciones sobre la primera, la segunda y la tercera

... Tras un análisis meticuloso de datos sobre el movimiento observado del planeta Marte por el cielo nocturno, Kepler concluyó que las órbitas de los planetas tenían que ser elípticas en lugar de circulares



## LEYES DE KEPLER DEL MOVIMIENTO PLANETARIO

### 1<sup>a</sup> Ley de Kepler

Un planeta en órbita alrededor del Sol sigue una trayectoria elíptica con el Sol situado en uno de sus focos.

### 2<sup>a</sup> Ley de Kepler

Una línea que une un planeta con el Sol barre áreas iguales a intervalos de tiempo iguales.

### 3<sup>a</sup> Ley de Kepler

El cuadrado del **periodo orbital** \* de un planeta es directamente proporcional al cubo del semieje mayor de su órbita.

leyes de Kepler, así como el vídeo didáctico titulado «Johannes Kepler» que figura en el apartado titulado «Enlaces de interés».

La relevancia de estas leyes para las órbitas planetarias y la exploración del Sistema Solar se comentan más adelante dentro de esta guía.

## PROPIEDADES DE LAS ÓRBITAS ELÍPTICAS

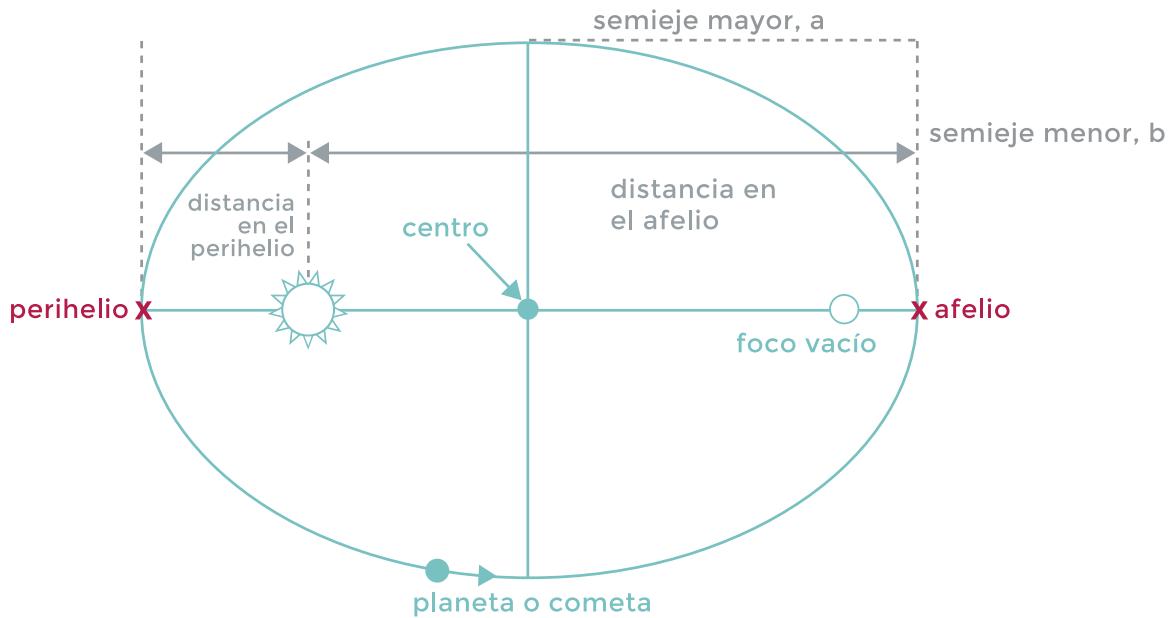
Para analizar con eficacia las propiedades de un objeto en órbita y aplicar las leyes de Kepler de un modo significativo conviene definir algunos términos clave:

### Ejes

Una elipse es una curva sobre un plano que rodea dos focos. La suma de la distancia desde cualquier punto de la elipse hasta los dos focos se mantiene siempre constante. Esto se puede demostrar con un trozo de cuerda (véase la primera imagen del apartado de actividades).

Para entender las órbitas es necesario definir dos propiedades: el eje mayor y el eje menor. El eje mayor es el diámetro más grande una elipse, el que pasa por los dos focos y por el centro. El eje menor es la línea que divide el eje mayor en dos partes iguales. Estas dos líneas y las posiciones correspondientes de un objeto orbital sobre la elipse son cruciales para calcular la velocidad y la energía del objeto orbital.

\* Periodo orbital: el tiempo que se tarda en completar una órbita.



Propiedades de una órbita elíptica, incluidos los semiejes mayor y menor, y las posiciones del perihelio y el afelio.

Otro término útil para calcular las propiedades de una órbita es el de semieje. El semieje mayor mide la mitad que el eje mayor, mientras que el semieje menor mide la mitad que el eje menor. En una circunferencia, estos dos ejes son iguales, y equivalen en realidad al radio.

### Excentricidad

La excentricidad es una medida de cuánto se aparta una elipse de ser una circunferencia perfecta (*imagen de la página siguiente*). En la imagen la excentricidad se indica mediante «e».

Una circunferencia es un tipo especial de elipse en la que ambos focos se superponen y forman uno solo. Las circunferencias perfectas tienen una excentricidad igual a 0.

A medida que la elipse se vuelve más excéntrica, el valor de «e» aumenta. El rango de la excentricidad para las elipses es:  $0 < e < 1$ . Una parábola tiene una excentricidad igual a 1. Cuando  $e > 1$ , la curva resultante es una hipérbola.

### Posiciones orbitales

Para analizar la energía y la velocidad de un objeto orbital hay que pensar en qué lugar tendrá ese objeto la máxima energía cinética (y, por tanto, la mínima energía potencial gravitatoria).

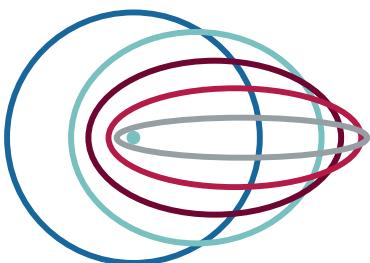
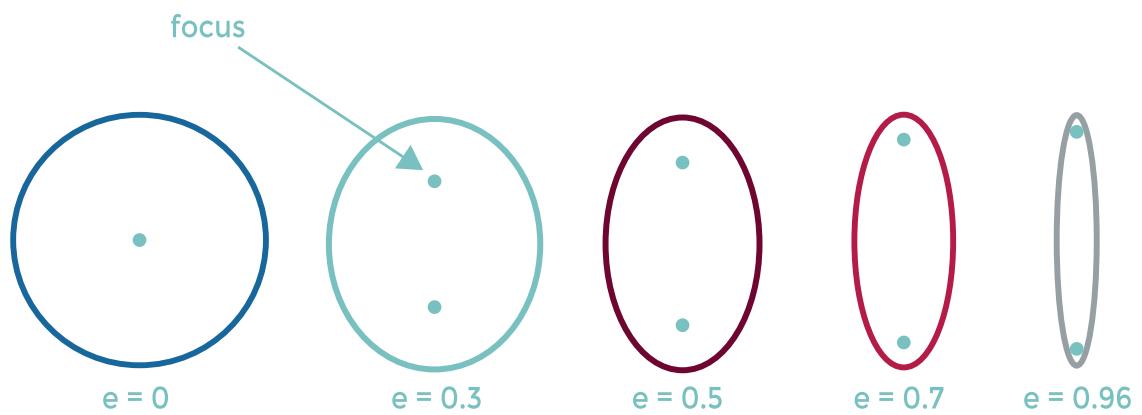
Esta cuestión se trata con más profundidad en el apartado titulado «Análisis ampliado».

El punto donde el eje mayor y la órbita se intersecan más cerca del Sol se denomina perihelio (*ver primera imagen de la página anterior*). El punto donde el eje mayor y la órbita se intersecan más lejos del Sol se conoce como afelio.

### Cometas

Un grupo de objetos que giran alrededor del Sol con órbitas muy elípticas (muy excéntricas) lo conforma el de los cometas. Estos pequeños mundos de hielo se forman sobre todo en dos regiones del Sistema Solar. Los cometas de periodo corto (con un periodo orbital inferior a 200 años) surgen del cinturón de Kuiper, una concentración en forma de disco de restos helados de la formación del Sistema Solar que reside justo después de la órbita de Neptuno.

Los cometas de periodo largo (con períodos orbitales de hasta decenas de miles de años) se cree que provienen de un halo esférico de materia helada situado casi en los confines del Sistema Solar y que se conoce como nube de Oort. Este halo, que llega hasta una distancia de muchos miles de **unidades astronómicas (au)** \*, está



Excentricidad de distintas elipses. A medida que aumenta la excentricidad, la elipse se vuelve más «aplastada».

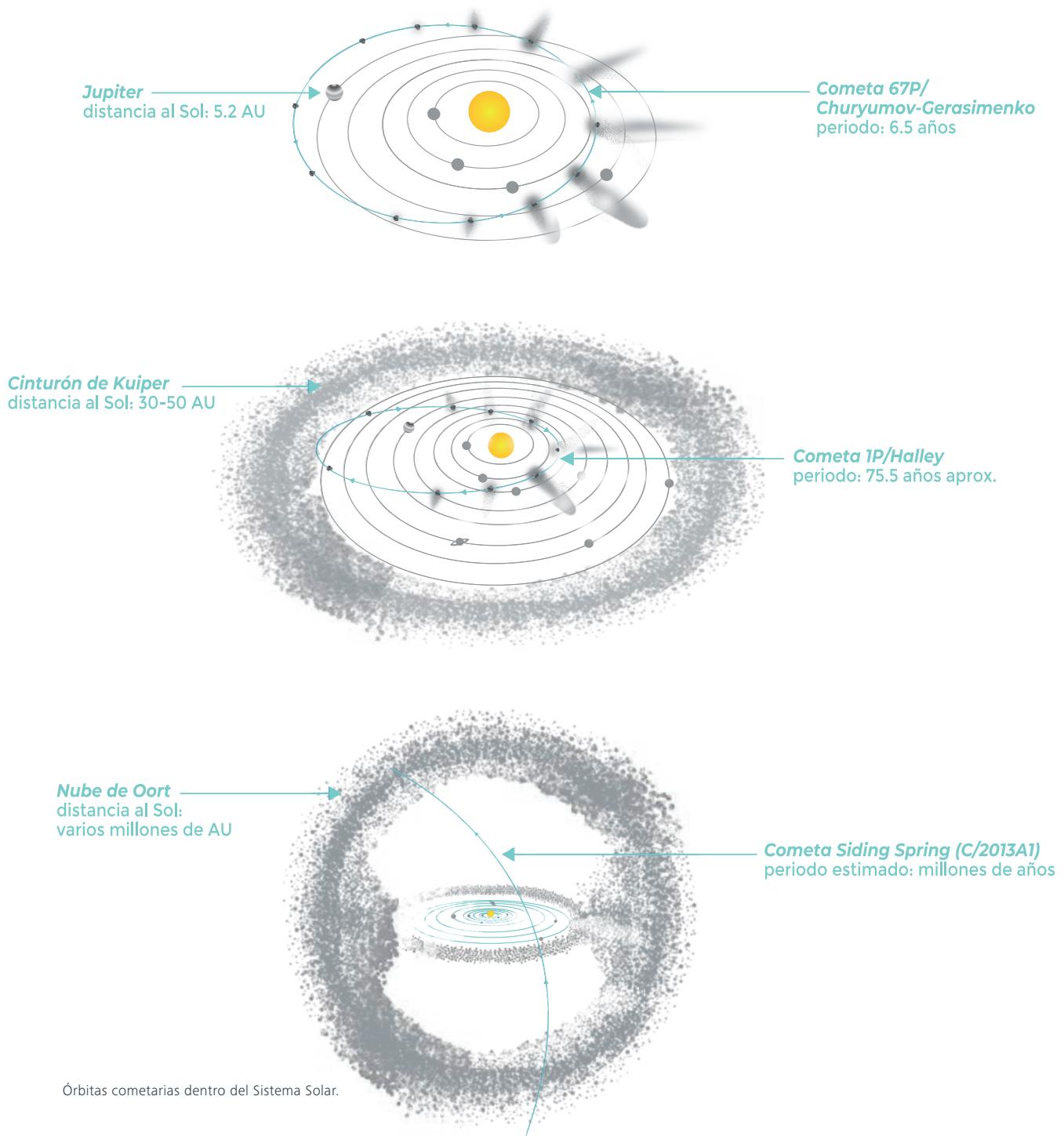
demasiado lejos para obtener imágenes directas del mismo. La alternativa consiste en trazar hacia atrás las órbitas de los cometas de periodo largo para conocer su origen (ver la *imagen de la página siguiente*).

La mayor parte del tiempo, los cometas giran alrededor del Sol siguiendo órbitas estables. Sin embargo, los objetos del cinturón de Kuiper pueden verse afectados por el campo gravitatorio de los planetas gigantes (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno), y los objetos de la nube de Oort pueden sufrir **perturbaciones gravitatorias** \* causadas por el movimiento de otras estrellas. Estas perturbaciones alteran en ocasiones las órbitas de estos pequeños mundos helados y los precipitan hacia el Sistema Solar interior.

A medida que estos objetos se aproximan al Sol empiezan a calentarse, y el hielo que contienen se **sublima** \*. La estructura original se denomina entonces núcleo. A medida que el núcleo se calienta, expulsa gases y polvo, los cuales forman una especie de atmósfera tenue, pero inmensa, que recibe el nombre de cabellera (ver *imagen superior*).



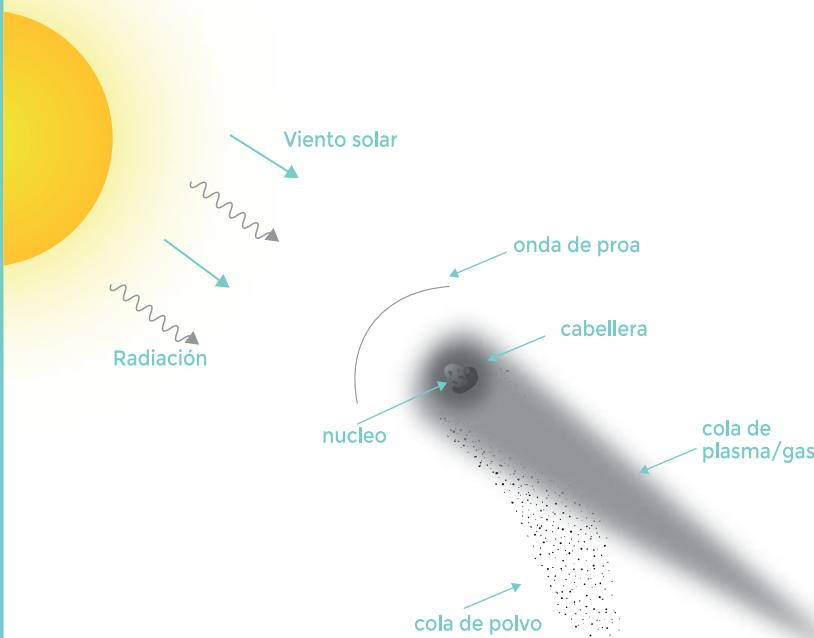
Fotografía del cometa Hale-Bopp tomada desde Croacia.



Cuando el cometa se sitúa más cerca aún del Sol, la interacción de la cabellera con el aumento de los niveles de radiación solar produce las espectaculares colas que solemos asociar con los cometas. En ocasiones muy contadas la cola alcanza tanto brillo que llega a verse desde la Tierra en pleno día.

Se dan más detalles sobre las órbitas cometarias en el apartado titulado «Sesión de análisis». •

[...] la interacción de la cabellera con el aumento de los niveles de radiación solar produce las espectaculares colas que solemos asociar con los cometas [...]



Anatomía de un cometa.

- \* **Viento solar:** corriente de partículas de alta energía (plasma) que emite la alta atmósfera del Sol en todas direcciones  
Consiste sobre todo en electrones y protones.
- Onda de proa (de un cometa):** superficie de interacción entre los iones de la cabecera del cometa con el viento solar. La onda de proa se forma porque la velocidad orbital relativa entre el cometa y el viento solar es supersónica. La onda de proa aparece frente al cometa, corriente arriba en la dirección del flujo del viento solar. En la onda de proa se forman grandes concentraciones de iones cometarios que cargan de plasma el campo magnético del Sol. El resultado es que las líneas de campo se curvan en torno al cometa, se entremezclan con los iones cometarios y dan lugar a la cola de gas/plasma/iones.

- \* **Unidad astronómica (au):** 1 au es la distancia media que hay entre la Tierra y el Sol, o el radio orbital de la Tierra, cuyo valor aproximado es de 150 millones de km.
- Perturbaciones gravitatorias:** alteraciones en la órbita de un objeto celeste (como un planeta o un cometa) debidas a interacciones con el campo gravitatorio de otros objetos celestes (como planetas gigantes u otras estrellas).
- Sublimar (sublimación):** Fenómeno físico que se produce cuando el calor hace que una sustancia pase directamente de estado sólido a estado gaseoso sin pasar por la fase líquida. Cuando el gas vuelve a enfriarse suele formar un depósito sólido.



## ACTIVIDADES

### 01

#### MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD Y LA DISTANCIA SOBRE UNA MAQUETA ELÍPTICA

##### Descripción

Los resultados se plasmarán en una gráfica que represente el módulo de la velocidad frente al tiempo para entender cómo la atracción gravitatoria repercuten (o causan cambios) en la velocidad de un satélite en órbita elíptica.

##### Necesitarás también...

Una maqueta elíptica para medir la velocidad y la distancia de un objeto situado en una órbita elíptica y el vídeo de elipses fabulosas. Véase el apartado de «Enlaces de interés».

##### Tiempo

15-60 minutos

## ACTIVIDAD 1



15-60 min.

## Ejercicios

1



# Medición de la velocidad y la distancia sobre una maqueta elíptica

En esta actividad el alumnado usará una maqueta elíptica para medir la velocidad y la distancia de un objeto situado en una órbita elíptica. Los resultados se plasmarán a continuación en una gráfica que represente el módulo de la velocidad frente al tiempo para entender cómo la atracción gravitatoria repercute (o causa cambios) en la velocidad de un satélite en órbita elíptica. Las fichas de actividades del alumnado y las instrucciones se dan más adelante.

## MATERIAL NECESARIO

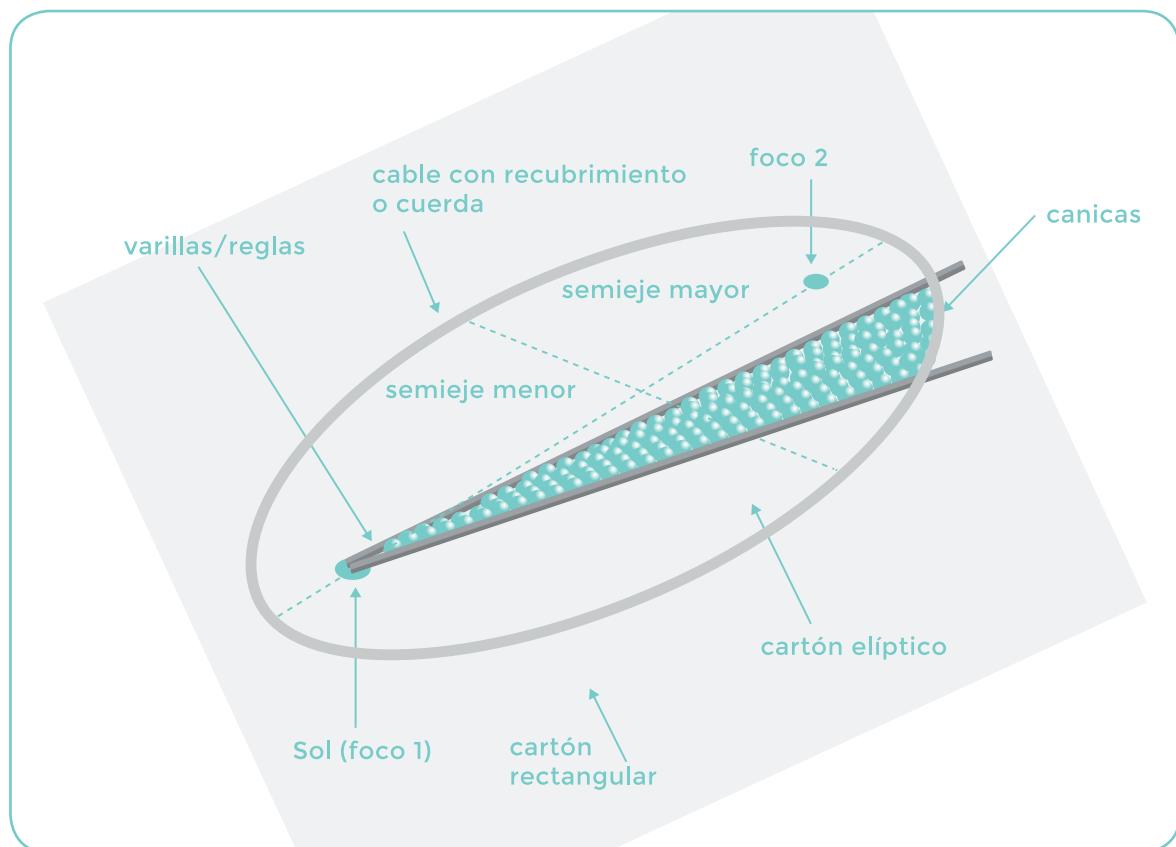
- Maqueta elíptica (preparada de antemano; véanse las instrucciones en el «Apéndice: Instrucciones para confeccionar una maqueta elíptica»)
- Unas 75 canicas pequeñas (conviene contar con unas pocas de un tamaño menor para llenar con ellas el hueco pequeño del centro)
- 2 reglas o varillas de un metro
- 50 cm de cuerda
- Rotulador borrable

## SEGURIDAD

Esta es una actividad de muy poco riesgo.  
No es necesario tomar precauciones especiales.

## NOTA

El cartón elíptico representa el recorrido que realiza un cometa que orbita alrededor del Sol.  
Por favor, consultese también el vídeo complementario:  
**ESA teach with space – marble-ous ellipses | VP02.**

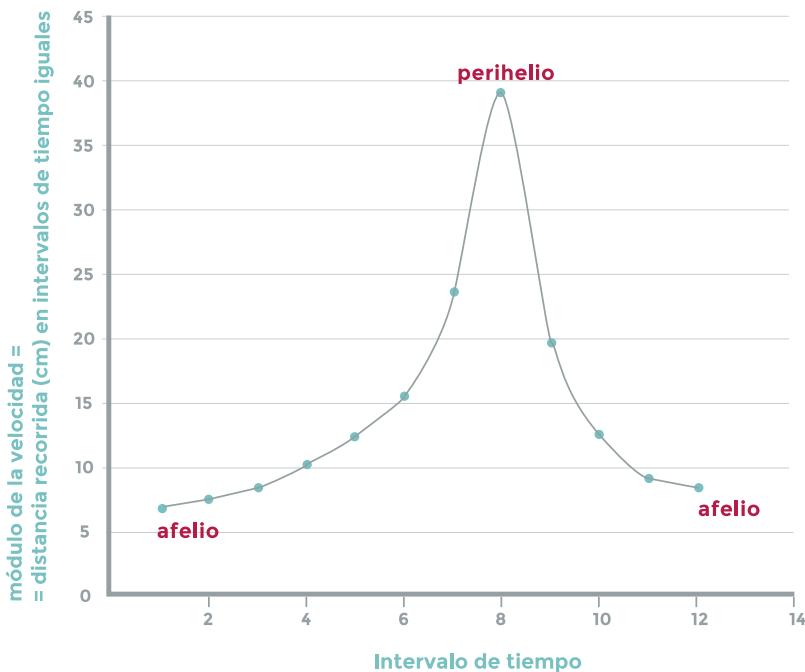


- 1 Con un rotulador borrable, señala sobre la elipse el punto más alejado del Sol (foco 1), que será el afelio. Coloca una regla o varilla de un metro de tal forma que pase por este punto y llegue hasta el Sol (foco 1). Esta varilla pivotará sobre el Sol (foco 1) durante todo el experimento. *Usa como referencia la imagen.*
- 2 Coloca una segunda regla o varilla al lado de la anterior, de forma que uno de sus extremos esté sobre el Sol (foco 1). Esta varilla también pivotará sobre el Sol (foco 1) durante todo el experimento. Coloca las canicas en el hueco que hay entre ambas reglas o varillas. Desplaza la segunda varilla lo necesario para que las canicas llenen por completo ese espacio libre entre ambas. Haz otra marca por dentro de la elipse en el lugar donde la cruza la segunda varilla o regla. Fíjate en que la cantidad de canicas utilizadas determinará la cantidad de mediciones que se efectuarán: con menos cantidad de canicas se obtendrán más puntos de medición.
- 3 Desplaza ambas varillas sobre la elipse hasta que la primera se sitúe donde antes estaba la segunda varilla (ahora la segunda varilla estará más adelantada sobre la elipse). A continuación, desplaza la segunda varilla hasta que las canicas llenen por completo el espacio libre que queda entre ambas varillas o reglas igual que hiciste en el paso 2 (*ver imagen*). Vuelve a marcar por dentro el punto de la elipse donde la cruza la segunda varilla.
- 4 Repite el paso 3 hasta recorrer toda la elipse.
- 5 Usa la cuerda para medir las distancias entre las marcas por el borde exterior de la elipse. Anota esos valores en una tabla junto con los intervalos temporales (numera el área medida, la primera será el intervalo 1, la segunda área será el intervalo 2, etc). Las distancias medidas se corresponden con el módulo de la velocidad, puesto que son la distancia recorrida en intervalos temporales iguales.

A1

## EJEMPLO DE TABLA Y GRÁFICO

NÚMERO DE ÁREA	DISTANCIA
Intervalo temporal	Velocidad
1	6.7
2	7.5
3	8.4
4	10.1
5	12.2
6	15.5
7	23.6
8	39.2
9	19.8
10	12.5
11	9.2
12	8.4



e1

- Dibuja una gráfica del módulo de la velocidad (las distancias medidas) frente al tiempo (número del intervalo para cada sección). La imagen superior ofrece una tabla y una gráfica de muestra. El gradiente de la curva/línea de la gráfica dependerá de la excentricidad de la elipse (cuanto más excéntrica se obtendrá un gradiente más pronunciado, mientras que las menos excéntricas darán como resultado un pico menos definido).
- Nótese que, cuanto más elíptica sea la maqueta, más empinado será el gradiente de la gráfica que representa el módulo de la velocidad frente al tiempo.

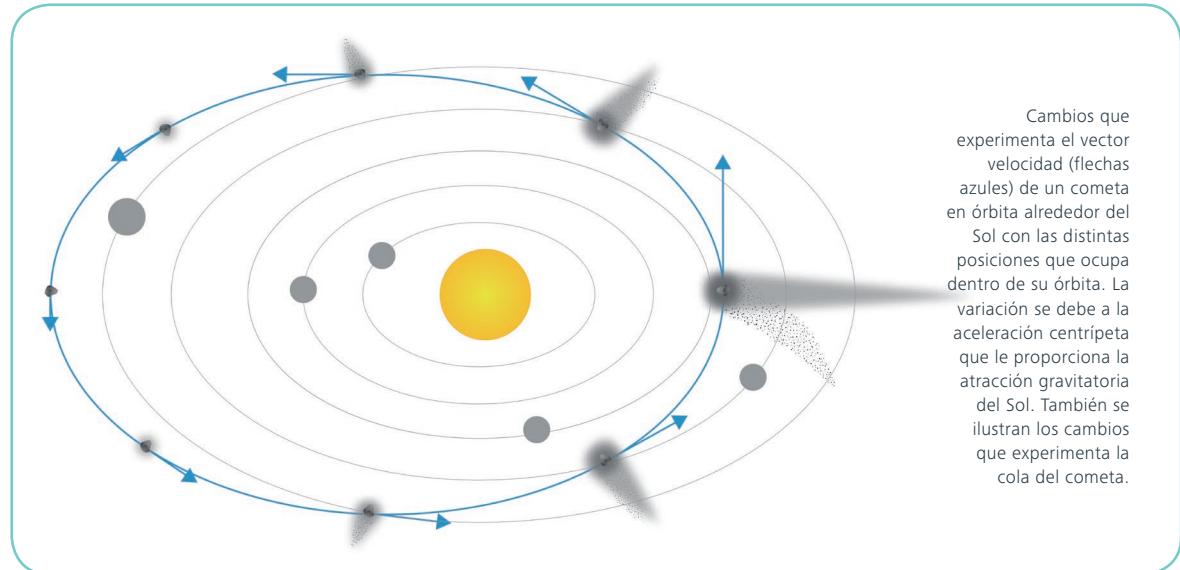
## SESIÓN DE ANÁLISIS

## Observación y explicaciones sobre cometas

Los cometas están sujetos a una fuerza de atracción debido a que la atracción gravitatoria tira de su masa hacia el Sol. La trayectoria que sigue un cometa depende de dos factores: el módulo de la velocidad y su dirección iniciales. Para que un objeto orbite alrededor de otro se necesita una fuerza centrípeta (una fuerza que actúe hacia el foco que es el Sol) que altere constantemente el rumbo del movimiento de tal manera que acelere y desacelere el objeto en órbita durante el proceso (ver *imagen de la página siguiente*).

Cuando se trata de una órbita estable, el tirón gravitatorio del Sol acelera el cometa, lo que incrementa el módulo de su velocidad, hasta que alcanza el perihelio. Una vez que pasa el perihelio, el tirón gravitatorio del Sol se opone al desplazamiento del cometa, lo que lo desacelera y reduce el módulo de su velocidad.

Si un cometa tuviera una órbita circular, la aceleración centrípeta siempre sería perpendicular ( $90^\circ$ ) a la velocidad del cometa. En una órbita elíptica, el ángulo entre la aceleración centrípeta y la velocidad varía. Es esta variación de la aceleración centrípeta lo que altera la velocidad de un objeto en una órbita elíptica.



## ¿Qué nos dice el gradiente de la línea en cualquiera de los puntos?

Como el gradiente de una gráfica de módulo de la velocidad frente a tiempo indica el ritmo al que cambia ese módulo, el gradiente de la línea es una medida de la aceleración del cometa en ese punto. La aceleración (gradiente) máxima se producirá cuando el cometa se acerque al perihelio, punto en el que el cometa cubrirá la órbita con módulo máximo para la velocidad. Tras pasar el perihelio, el cometa experimentará la deceleración máxima, y continuará frenándose hasta que llegue al afelio, punto de la órbita en el que viajará con velocidad mínima.

## ¿Qué nos dice el área que hay debajo de la gráfica?

El área que hay debajo de la gráfica revela la distancia recorrida por el cometa. Es fácil apreciar que cuando el cometa se acerca al perihelio, aumenta la distancia que cubre el cometa por sección de tiempo debido al incremento del módulo de la velocidad. De manera análoga, a medida que el objeto se acerca al afelio, viaja con una velocidad menor y cubre una distancia más corta por unidad de tiempo.

## ANÁLISIS AMPLIADO

La actividad se puede ampliar planteando qué parámetros afectarían a la órbita, como el módulo y la dirección iniciales de la velocidad del objeto en órbita y la masa del objeto en órbita y de la estrella central. Para más información véase el vídeo didáctico ATV-4 «Albert Einstein» (incluido en el apartado de «Enlaces de interés»). El alumnado podrá usar también la tercera ley de Kepler para analizar el efecto del semieje mayor (a) en el periodo orbital de un cometa.

### TERCERA LEY DE KEPLER

$$T^2 = \left( \frac{4\pi^2}{GM} \right) a^3$$

T = periodo de tiempo por cada revolución  
 a = radio medio de la órbita  
 G = constante de la gravitación universal  
 M = masa del Sol

Cuanto más grande es el semieje mayor, más largo es el periodo orbital. Esto también se observa en los planetas del Sistema Solar: cuanto más lejos del Sol se encuentra un planeta, más largo es su periodo orbital.

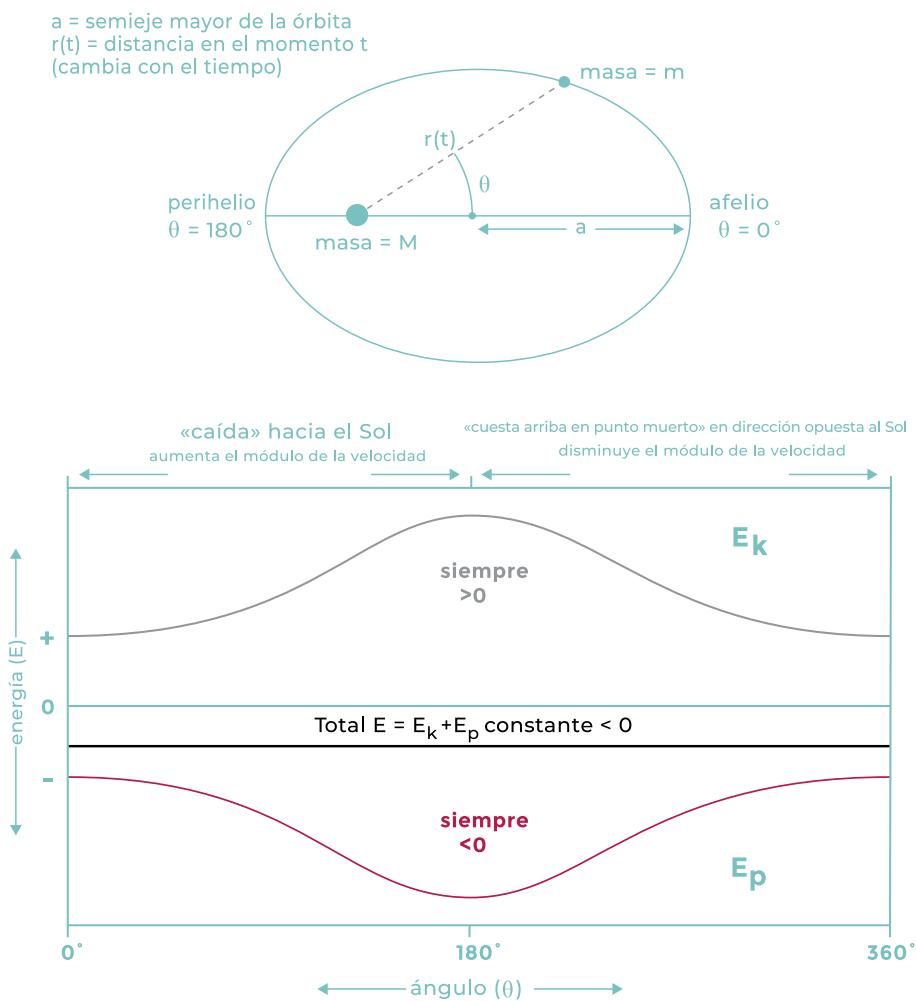
## CONSIDERACIONES SOBRE ENERGÍA Y SOBRE OBJETOS CERCANOS A LA TIERRA

A medida que un cometa cubre su recorrido elíptico experimenta un ciclo continuo de transformación de energía potencial gravitatoria en energía cinética (a medida que se acerca al sol) y a la inversa (a medida que se aleja del Sol). La figura inferior ilustra cómo varían la energía cinética y la energía potencial gravitatoria de un objeto en órbita a lo largo de su recorrido orbital.

Como la energía total que porta el cometa tiene que permanecer constante, esto significa que:

**energía cinética ( $E_k$ ) + energía potencial gravitatoria ( $E_p$ ) = constante**

A partir de esta información y de los conocimientos para calcular los parámetros orbitales a partir de las leyes de Kepler, los científicos del Centro de Coordinación de Objetos Cercanos a la Tierra de la ESA, próximo a Roma, Italia, calculan la energía cinética de un cometa o asteroide en cualquier punto de su órbita. Esto es importante porque, en ocasiones, la órbita elíptica de un cometa o asteroide acaba solapándose con la órbita de la Tierra, lo que puede provocar una colisión. La ampliación de las leyes de Kepler y el empleo de ecuaciones de la energía potencial gravitatoria y de la energía cinética permiten valorar la posible repercusión de un choque.



Cambios que experimentan la energía cinética y la energía potencial de un objeto en órbita con las distintas posiciones dentro de la órbita. La energía total siempre permanecerá constante.

# Conclusiones

## ELIPSSES FABULOSAS

Entender la naturaleza de las órbitas es crucial para explicar las observaciones de objetos celestes. La vinculación de las leyes de Kepler con las nociones de energía cinética y energía potencial gravitatoria no solo nos permite interpretar la órbita de los cometas y los posibles efectos de una colisión, sino también crear modelos con la compleja danza orbital que debe realizar una nave como Rosetta para mejorar nuestros conocimientos del espacio. Esta actividad también favorece que los docentes cualificados expliquen y enseñen conceptos prácticos, como la precisión y la exactitud en mediciones, la planificación de tablas, la composición de buenas gráficas, métodos de ajuste de curvas y el significado de los gradientes. ●

## ACTIVIDAD 1

# Medición de la velocidad y la distancia sobre una maqueta elíptica

e1

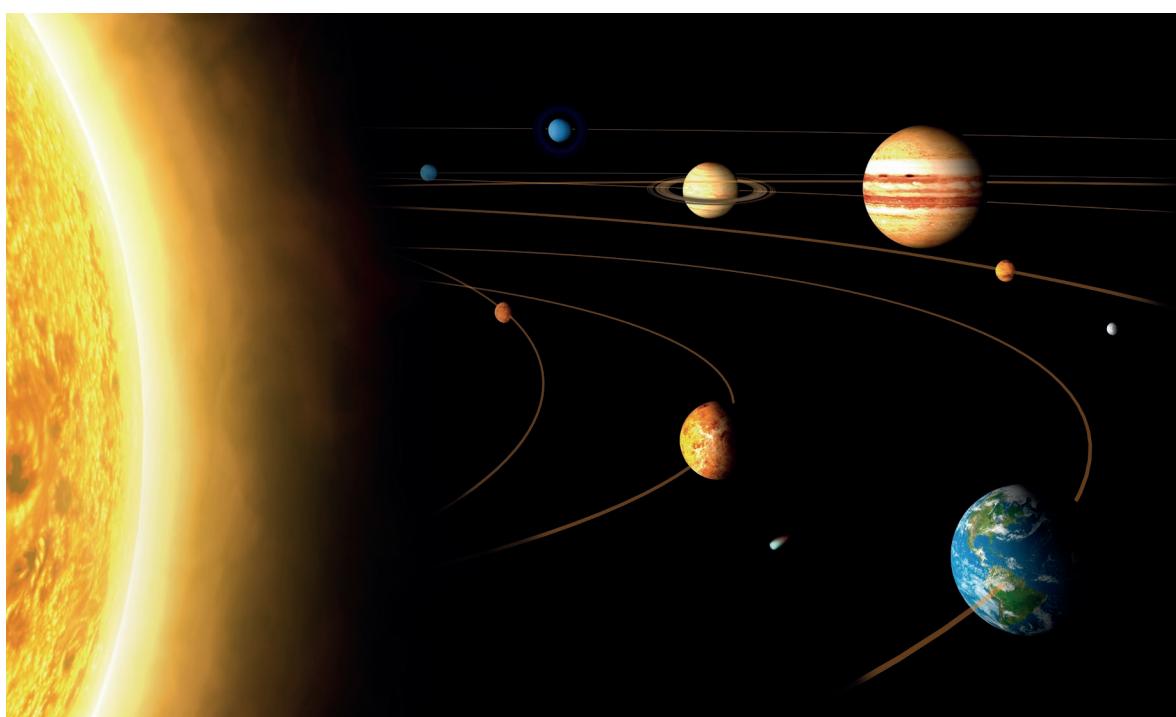
En esta actividad usarás una maqueta elíptica para tomar medidas de velocidad y distancia para un cometa en órbita elíptica.

***De acuerdo con la segunda ley de Kepler del movimiento planetario, una línea que une un planeta con el Sol barre áreas iguales en intervalos de tiempo iguales.***

El área cubierta se representará usando un montón de canicas.

Tendrás que registrar la distancia alrededor de la órbita para cada periodo de tiempo.

La distancia que medirás en realidad representa el módulo de la velocidad media de un cometa. Ten en cuenta que  $v = d/t$ , donde  $d$  es la distancia en metros (m),  $t$  es el tiempo en segundos (s), y  $v$  es la velocidad (su módulo) en  $m s^{-1}$ .



Anota tus resultados en esta tabla. Tendrás que elegir las unidades de medida dependiendo el tamaño real de la órbita. Por ejemplo, en este experimento proponemos que el periodo temporal se mida en segundos, y que el módulo de la velocidad media se dé en  $\text{cm s}^{-1}$ . El número de medidas tomadas puede variar dependiendo de la cantidad de canicas empleadas, así que intenta tomar unas diez medidas.

Traza una gráfica con el módulo de la velocidad (eje y) frente al tiempo (eje x); puedes hacerlo con papel de gráficas o usando una hoja de cálculo. Señala en ella el afelio y el perihelio.

Asegúrate de que la gráfica es lo bastante grande para abarcar todo el papel.

Dibuja una línea curva que proporcione el mejor ajuste a los datos, para representar el movimiento del cometa. Lee las siguientes preguntas y escribe una conclusión explicando la forma de la gráfica procurando responder la mayor cantidad de cuestiones que puedas.

A1  
e1

## PREGUNTAS

- 1 El gradiente de la línea es una medida de la aceleración del cometa. Una inclinación descendente indica desaceleración. ¿Cómo cambia el gradiente a lo largo de la órbita?

.....  
.....  
.....

- 2 El área situada bajo la gráfica representa la distancia que ha recorrido el cometa. ¿Cómo cambia esta distancia?

.....  
.....

- 3 ¿En qué lugar viaja más rápido el cometa? ¿En cuál viaja más despacio? ¿Por qué?

.....  
.....

- 4 La atracción gravitatoria es más intensa cerca del Sol y más débil lejos de él. ¿Cómo influye esta atracción en la velocidad del cometa?

.....  
.....  
.....

- 5 ¿Qué cambios de energía se producen durante una órbita?

.....  
.....  
.....

- 6 ¿Qué diferencia habría si el cometa tuviera una órbita más excéntrica?

.....  
.....

- 7 Los planetas también orbitan alrededor del Sol y tienen campos gravitatorios propios. ¿Cómo influirán en la trayectoria de un cometa?

.....  
.....

# Anexo 1

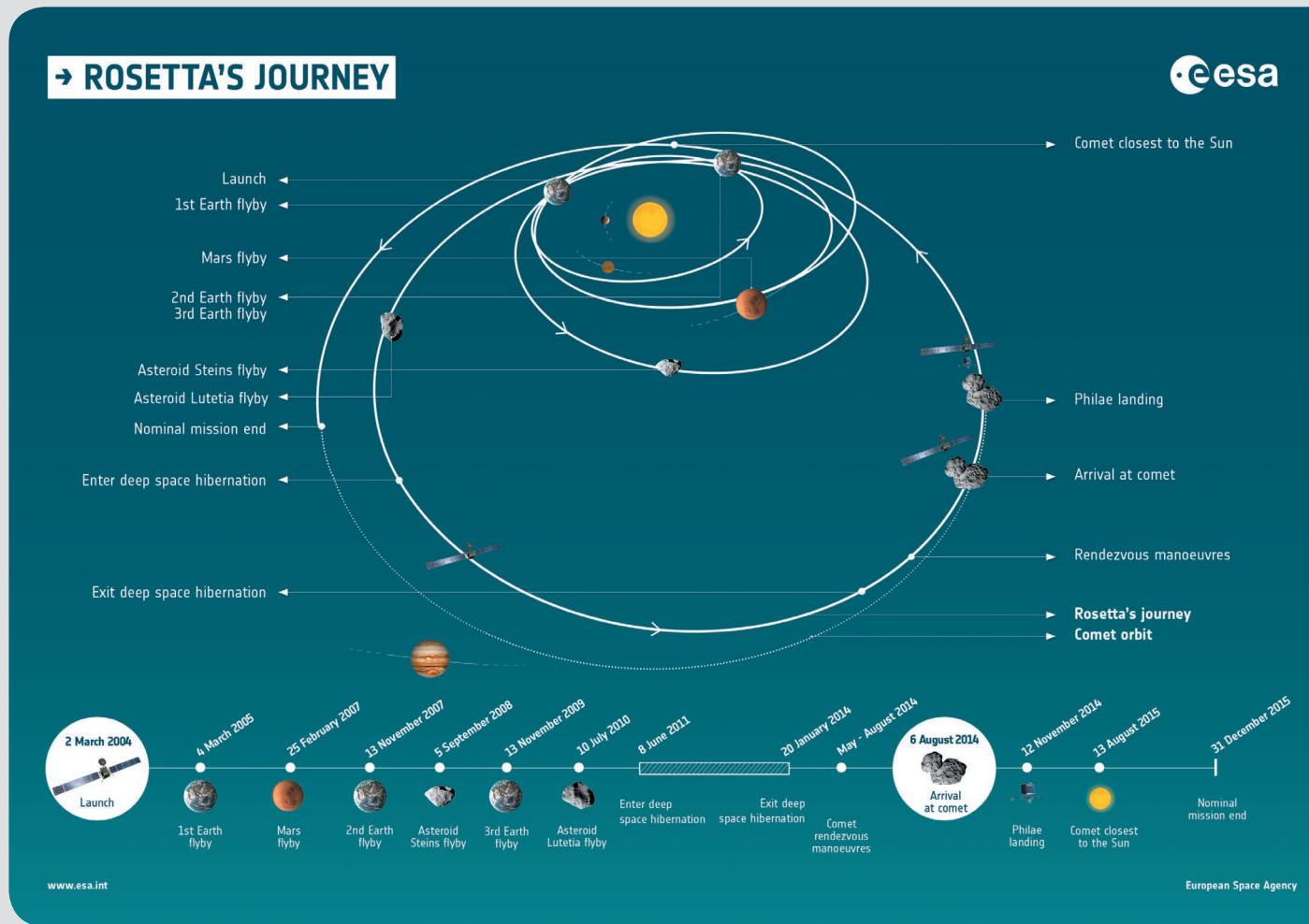
## CONTEXTO ESPACIAL @ ESA

### ROSETTA

La misión Rosetta de la ESA al cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko se lanzó en 2004 para realizar un viaje de 10 años de acercamiento y aterrizaje sobre el núcleo de un cometa.

El objetivo principal de Rosetta era contribuir a desentrañar el origen y la evolución del Sistema Solar. La composición de los cometas es un reflejo de la composición de la nebulosa presolar a partir de la cual se formaron el Sol y los planetas del Sistema Solar más de 4600 millones de años atrás. El análisis profundo del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko por parte de Rosetta y su módulo de aterrizaje ha brindado información esencial para saber cómo se formó el Sistema Solar.

Hay signos convincentes de que los cometas fueron cruciales para la evolución de los planetas, porque se sabe que los impactos cometarios fueron mucho más comunes en el Sistema Solar primigenio que en la actualidad. Así, por ejemplo, es posible que los cometas trajeran el agua a la Tierra. La química del agua del cometa 67P/ Churyumov-Gerasimenko se sigue analizando para compararla con la que compone nuestros océanos. Aparte de hielo y polvo, los cometas contienen muchas moléculas complejas, incluida materia orgánica que pudieron ser esenciales para que la vida evolucionara en la Tierra.



La nave Rosetta de la ESA utilizó una serie de maniobras planetarias de asistencia gravitatoria para llegar a su destino.

# Anexo 1

## CONTEXTO ESPACIAL @ ESA

Para llegar al cometa, Rosetta tuvo que realizar una serie maniobras de asistencia gravitatoria, donde se usa la atracción gravitatoria de un cuerpo celeste para ayudar a acelerar la nave (figura inferior derecha). Para adentrarse más en el espacio, Rosetta necesitó realizar cuatro maniobras de asistencia gravitatoria que incluyeron tres **sobrevuelos** \* de la Tierra y uno de Marte. Cada asistencia gravitatoria alteró la energía cinética de Rosetta y, por tanto, cambió la velocidad de la nave, lo que modificó las dimensiones de su órbita elíptica.

Con un viaje tan largo por delante, Rosetta entró en hibernación en junio de 2011 para limitar el consumo de energía y combustible, y para reducir al mínimo los costes de operación. Casi todos los sistemas eléctricos de Rosetta se apagaron con la salvedad del ordenador y diversos calefactores.

En enero de 2014 el reloj de alarma preprogramado de Rosetta despertó, diligente, la nave para que se preparara para el acercamiento al cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko. Tras despertar, se reactivaron los 11 instrumentos científicos del orbitador y los 10 instrumentos del módulo de aterrizaje y se prepararon para la ejecución de observaciones científicas. Después se efectuó una serie de maniobras críticas de corrección orbital para reducir la velocidad de la nave en relación con la del cometa y, por tanto, para adecuarse a su órbita elíptica.

Tras la llegada de Rosetta al cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko el 6 de agosto de 2014, la nave inició varias maniobras adicionales para colocarse en órbita alrededor del núcleo del cometa. Desde esa atalaya, el conjunto de instrumentos de Rosetta procedió al estudio científico detallado del cometa examinando y cartografiando la superficie con un detalle sin precedentes (imagen izquierda de la página anterior).

En noviembre de 2014, tras cartografiar y analizar el núcleo cometario durante varios meses, Rosetta liberó el módulo de aterrizaje Philae para intentar el primer aterrizaje de la historia sobre



Mosaico de cuatro imágenes NAVCAM del cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko, a partir de imágenes tomadas el 19 de septiembre de 2014, cuando Rosetta se encontraba a 28.6 km del cometa | ESA/Rosetta/NAVCAM



El módulo de aterrizaje Philae envió información sin precedentes sobre la superficie y la estructura interna de un cometa | Spacecraft: ESA-J. Huart, 2014; Comet image: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA/UPM/DASP/IDA

un núcleo cometario. Como el cometa tiene tan poca gravedad, Philae iba provisto de arpones y tornillos de fijación en el hielo para anclarse a la superficie. La imagen derecha muestra una representación artística de Philae descendiendo hasta el cometa.

El módulo de aterrizaje Philae llevaba a bordo 10 instrumentos, incluida una perforadora, para tomar muestras de la superficie, así como espectrómetros, para analizar directamente la estructura y composición del cometa.

Tras el aterrizaje, Rosetta siguió acompañando al cometa durante su recorrido elíptico. Rosetta volvió a acelerarse hacia el Sistema Solar interior junto con el cometa, y siguió estudiando y observando de cerca cómo se calienta el núcleo cometario helado a medida que se aproxima al Sol.

## LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL Y EL VEHÍCULO AUTOMÁTICO DE TRANSPORTE

En colaboración con Estados Unidos, Rusia, Japón y Canadá, Europa participa en el mayor proyecto internacional de todos los tiempos: la Estación Espacial Internacional. La Estación Espacial Internacional (o ISS, por su nombre en inglés International Space Station), de 360 toneladas de peso (imagen de la página siguiente), cuenta con más de 820 m<sup>3</sup> de espacio presurizado, suficiente para una tripulación de seis personas y una vasta red de experimentos científicos. La construcción de la estación comenzó en noviembre de 1998 con el lanzamiento del módulo Zaryá de Rusia. El último gran fragmento de la Estación Espacial que transportó un Transbordador Espacial fue el instrumento AMS-02 en mayo de 2011.

Una vez completado el montaje de la Estación Espacial y con una tripulación permanente de seis astronautas, se está dedicando más tiempo que nunca a la ejecución de experimentos que no pueden realizarse en la Tierra.

La principal contribución de Europa ha sido el módulo Columbus, la principal instalación de investigación para cargas útiles europeas a bordo de la ISS. Columbus proporciona un laboratorio genérico, así como instalaciones diseñadas específicamente para biología, investigación biomédica y física de fluidos.

Los campos de estudio científico son numerosos y diversos: desde física fundamental hasta fisiología humana, nuevas aleaciones o raíces de plantas. El programa incluye la participación de unos 1500 científicos en centenares de experimentos, así como un grupo nutrido y diverso de usuarios dedicados a investigación y desarrollo industrial. Por tanto, la ISS aporta el canal necesario para que los investigadores y la comunidad médica realicen estudios plurianuales en un entorno de microgravedad constante.

Desde su **inclinación \*** orbital específica, la ISS también ofrece una cobertura del 90% de la superficie poblada del planeta (el 75% de la superficie terrestre), lo que la convierte en un puesto avanzado de gran valor para efectuar un seguimiento de la Tierra y del clima. La actividad solar y la radiación cósmica también son objeto de investigación desde la ISS gracias a sus capacidades para la experimentación externa.

\* **Sobrevuelo:** paso cercano de una nave alrededor de un planeta o de otro cuerpo celeste. Si la nave usa el campo gravitatorio de un cuerpo celeste para incrementar la velocidad de la nave y cambiar su trayectoria, se denomina maniobra de asistencia gravitatoria.

**Inclinación:** ángulo que forma el plano de la órbita de la ISS con el ecuador de la Tierra.

# Anexo 1

## CONTEXTO ESPACIAL @ ESA

Aunque cada socio de la Estación Espacial persigue unos objetivos de estudio diferentes, marcados por su agencia espacial particular, todos comparten el objetivo común de ampliar los conocimientos en ciencia e ingeniería con la finalidad de mejorar la calidad de vida en la Tierra y fuera de ella.

La segunda gran aportación europea a la ISS después del módulo Columbus la encarna el Vehículo Automático de Transporte (o ATV, de acuerdo con su nombre en inglés Automated Transfer Vehicle), una nave de carga que se sitúa en órbita mediante un lanzador Ariane-5. El ATV admite hasta 7 toneladas de carga, incluidas provisiones, cargas útiles científicas y propelente. Una vez acoplado, la tripulación puede usar sus motores para empujar la estación hacia una órbita más alta y contrarrestar el leve rozamiento de la atmósfera de la Tierra. La primera de estas naves, ATV Jules Verne, se lanzó en 2008, y fue seguida por la ATV Johannes Kepler, que se lanzó en 2011. La tercera, ATV Edoardo Amaldi, se lanzó en 2012, mientras que la cuarta de la serie, ATV Albert Einstein, se lanzó en 2013. La quinta y última, ATV Georges Lemaître, se lanzó en julio de 2014.

La Estación Espacial Internacional orbita la Tierra desde una **altitud** \* establecida, con una inclinación concreta con respecto al ecuador terrestre, y con una **actitud** \* determinada. El ATV está capacitado para asistir a la ISS modificando su actitud y su altitud, y esta última es relevante para este recurso didáctico.

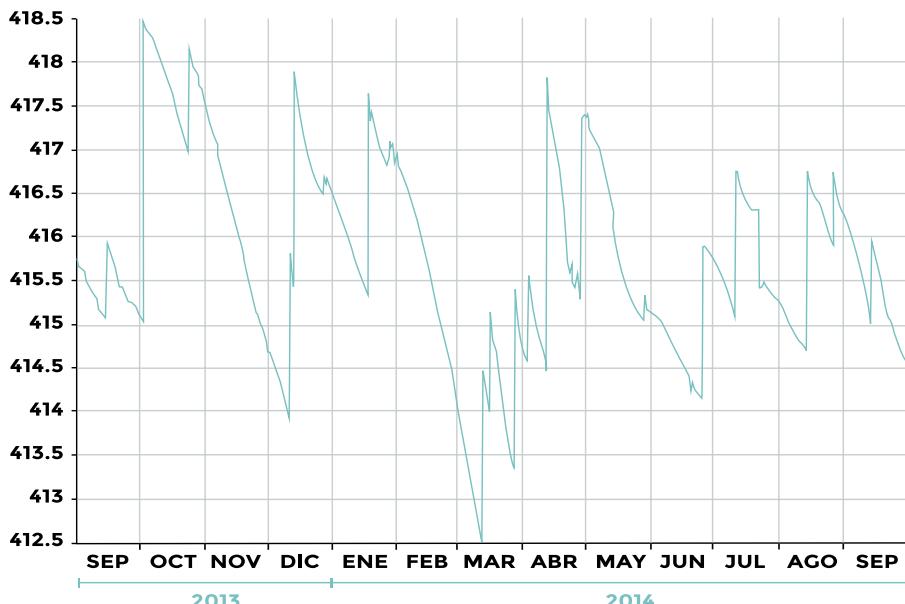
La altitud de la ISS se decide en primer lugar de acuerdo con consideraciones de seguridad y logística. Tiene que estar lo bastante baja como para optimizar los vuelos de transporte, pero también debe estar por encima de los 278 km (la denominada Altitud Mínima Recuperable) para evitar el riesgo de una reentrada atmosférica. El perfil de altitud de la ISS también se planifica para ahorrar propelente y para reducir al mínimo la exposición de la tripulación a la radiación.



Vehículo Automático de Transporte acoplado a la Estación Espacial Internacional.

altura media sobre el nivel del mar terrestre en kilómetros (km)

## variación de la altitud media de la ISS



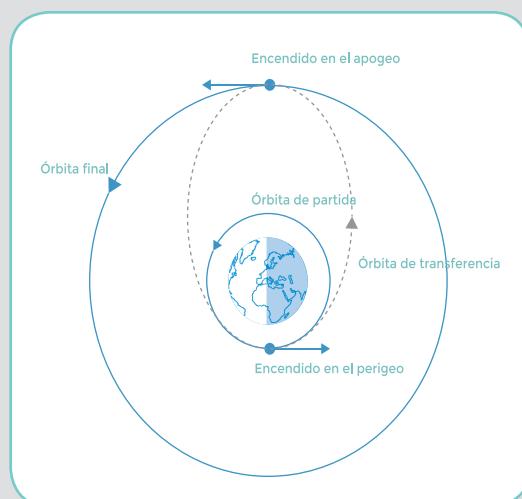
El rango de altitud de la ISS durante este periodo fue más alto de lo habitual debido a la capacidad mejorada del ATV para maniobras de elevación de órbita.

A la altitud aproximada de 400 km a la que viaja la ISS, el rozamiento atmosférico la hace descender entre 100 y 200 metros al día. La variación en el ritmo de caída se debe a los cambios de densidad en la atmósfera exterior, como consecuencia de la actividad solar.

Las naves visitantes, como ATV, Progress o Soyuz, se usan para recuperar la altitud y contrarrestar esta degradación o también, en ocasiones, para maniobrar con el fin de evitar basura espacial. El segmento ruso de la ISS también cuenta con impulsores que le permiten imprimir a la ISS ligeros cambios de altitud cuando no recibe naves visitantes. Las maniobras de elevación de órbita se efectúan a intervalos de entre 10 y 80 días. En la gráfica se muestra la variación de altitud de la ISS entre septiembre de 2013 y septiembre de 2014.

Cada maniobra de elevación orbital es un proceso de varios pasos, con 2 encendidos sucesivos diametralmente opuestos entre sí (véase la imagen de arriba).

El primer encendido incrementa la excentricidad de la órbita, mientras que el segundo la reduce, pero desde una altitud mayor, lo que da un resultado neto de un aumento de altitud y una reducción de la velocidad de acuerdo con la tercera ley de Kepler. Se aplican procedimientos similares para las maniobras para evitar colisiones; en estos casos los impulsos se ejecutan con mucha antelación para aumentar la altitud de la nave y distanciarla al máximo del objeto extraño.



La maniobra de elevación orbital es un proceso de varios pasos que incluye 2 encendidos diametralmente opuestos entre sí. La órbita transitoria se conoce como órbita de transferencia de Hohmann.

\* Altitud: altura de la ISS en relación con el nivel del mar terrestre.

Actitud: orientación de la ISS en relación con su recorrido orbital.

# Anexo 2

## INSTRUCCIONES 1. PARA CONFECCIONAR UNA MAQUETA ELÍPTICA

En este apartado se dan instrucciones para confeccionar la maqueta elíptica necesaria para realizar esta actividad.

### MATERIAL NECESARIO

- 1** Un cartón rígido o un tablero de madera
  - Si se usa la plantilla de la maqueta elíptica que se da aquí, el tablero o cartón deberá medir unos 75 cm por 60 cm
  - Si se traza la elipse siguiendo el método de la imagen de la página siguiente se puede utilizar cualquier tamaño de cartón o tablero
- 2** Papel normal o la plantilla de la órbita elíptica impresa o fotocopiada
- 3** Pegamento fuerte
- 4** Lápiz o bolígrafo
- 5** Cuerda (si se usa el método de la imagen de la página siguiente)
- 6** 2 chinches
- 7** Cordón o cable de electricidad revestido (de unos 8 mm de grosor irá bien)
  - De 2 metros de largo (si se usa la plantilla)

### INSTRUCCIONES 1

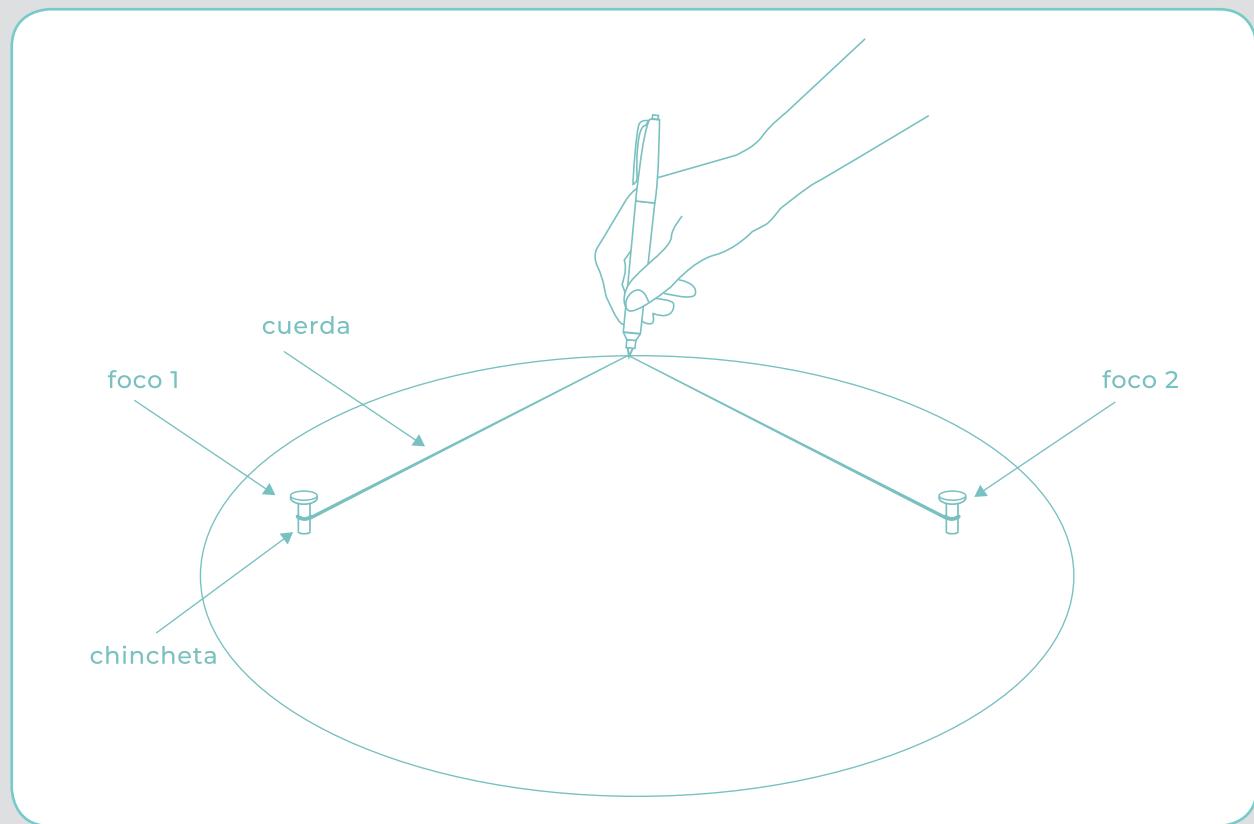
Este método utiliza la plantilla que se da aquí para crear la maqueta elíptica.

- 1** Imprime (o copia a la escala correcta) los anexos 4 a 7 en formato A3.
- 2** Pega cuidadosamente las piezas de papel para formar una elipse.
- 3** Pega el cordón o el cable revestido sobre la maqueta siguiendo el contorno de la elipse.

### INSTRUCCIONES 2

Este método usa una cuerda para trazar la elipse.

- 1** Cubre el tablero con papel blanco normal.
- 2** Toma un trozo de cuerda y fíjalo sobre dos puntos de la línea central de la maqueta usando las chinches (tal como se ve en la imagen de la página siguiente).
- 3** Sitúa un lápiz o bolígrafo aproximadamente en el punto central de la cuerda y estira con suavidad hasta que quede tensa.
- 4** Desplaza el lápiz o bolígrafo para trazar la elipse. La cuerda debe permanecer siempre tensa.
- 5** Pega el cordón o el cable revestido sobre el tablero siguiendo el contorno de la elipse.

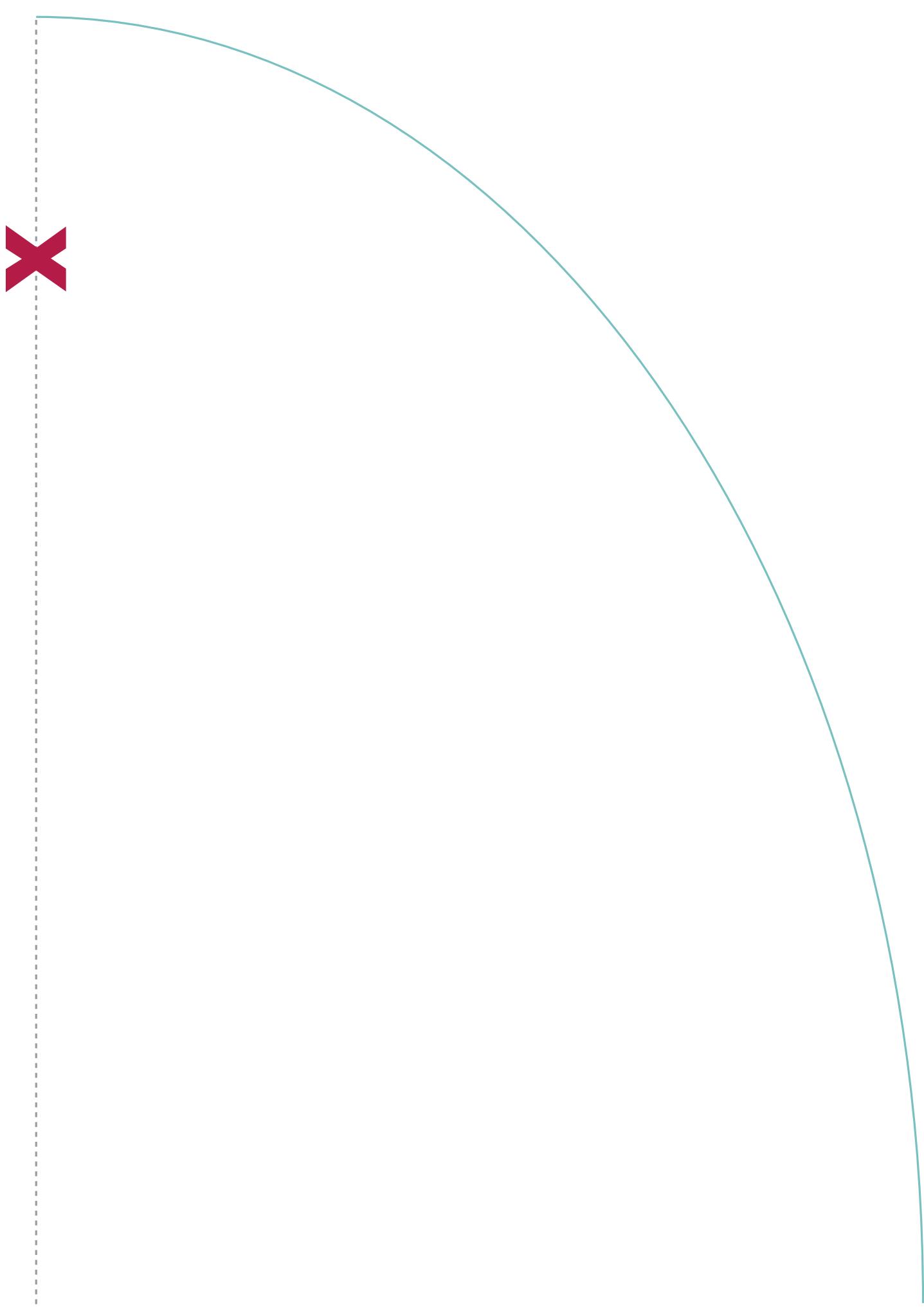


Cómo trazar una elipse.

# Anexo 2

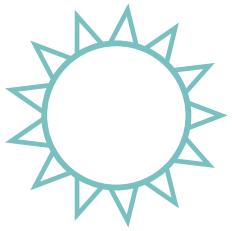
**INSTRUCCIONES 1.**  
PARA CONFECCIONAR  
UNA MAQUETA ELÍPTICA

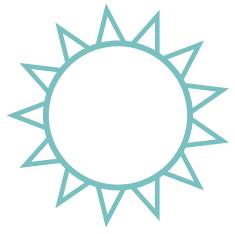




# Anexo 2

**INSTRUCCIONES 1.**  
PARA CONFECCIONAR  
UNA MAQUETA ELÍPTICA





# Anexo 3

## INSTRUCCIONES 2. CÓMO TRAZAR UNA ELÍPSE CON UNA CUERDA



Este método usa una cuerda para trazar la elipse.

- 1 Cubre el tablero con papel blanco normal.
- 2 Toma un trozo de cuerda y fíjalo sobre dos puntos de la línea central de la maqueta usando las chinchetas (tal como se ve en la imagen de la página siguiente).

- 3 Sitúa un lápiz o bolígrafo aproximadamente en el punto central de la cuerda y estira con suavidad hasta que quede tensa.
- 4 Desplaza el lápiz o bolígrafo para trazar la elipse. La cuerda debe permanecer siempre tensa.
- 5 Pega el cordón o el cable revestido sobre el tablero siguiendo el contorno de la elipse.



# Glosario

**ACTITUD:** orientación de la ISS en relación con su recorrido orbital.

**ALTITUD:** altura de la ISS en relación con el nivel del mar terrestre.

**ESPECTRÓMETRO:** instrumento que separa la luz en las longitudes de onda que la conforman, lo que permite medir las propiedades de la fuente de luz.

**INCLINACIÓN:** ángulo que forma el plano de la órbita de la ISS con el ecuador de la Tierra.

**MOVIMIENTO RETRÓGRADO DE UN PLANETA:** Movimiento aparente de un planeta en el cielo nocturno en la dirección opuesta a la que se suele observar (movimiento directo).

**ONDA DE PROA (DE UN COMETA):** superficie de interacción entre los iones de la cabecera del cometa con el viento solar. La onda de proa se forma porque la velocidad orbital relativa entre el cometa y el viento solar es supersónica. La onda de proa aparece frente al cometa, corriente arriba en la dirección del flujo del viento solar. En la onda de proa se forman grandes concentraciones de iones cometarios que cargan de plasma el campo magnético del Sol. El resultado es que las líneas de campo se curvan en torno al cometa, se entremezclan con los iones cometarios y dan lugar a la cola de gas/plasma/iones.

**PERÍODO ORBITAL:** el tiempo que se tarda en completar una órbita.

**PERTURBACIONES GRAVITATORIAS:** alteraciones en la órbita de un objeto celeste (como un planeta o un cometa) debidas a interacciones con el campo gravitatorio de otros objetos celestes (como planetas gigantes u otras estrellas).

**SOBREVUELO:** paso cercano de una nave alrededor de un planeta o de otro cuerpo celeste. Si la nave usa el campo gravitatorio de un cuerpo celeste para incrementar la velocidad de la nave y cambiar su trayectoria, se denomina maniobra de asistencia gravitatoria.

**SUBLIMAR (SUBLIMACIÓN):** Fenómeno físico que se produce cuando el calor hace que una sustancia pase directamente de estado sólido a estado gaseoso sin pasar por la fase líquida. Cuando el gas vuelve a enfriarse suele formar un depósito sólido.

**UNIDAD ASTRONÓMICA (AU):** 1 au es la distancia media que hay entre la Tierra y el Sol, o el radio orbital de la Tierra, cuyo valor aproximado es de 150 millones de km.

**VIENTO SOLAR:** corriente de partículas de alta energía (plasma) que emite la alta atmósfera del Sol en todas direcciones. Consiste sobre todo en electrones y protones.



# Enlaces de interés

## ROSETTA

[Página web de la misión Rosetta de la ESA](http://rosetta.esa.int/)

<http://rosetta.esa.int/>

[Blog de la misión Rosetta de la ESA](http://blogs.esa.int/rosetta/)

<http://blogs.esa.int/rosetta/>

[Vídeos y animaciones de la misión Rosetta](https://www.esa.int/spaceinvideos/Missions/Rosetta)

<https://www.esa.int/spaceinvideos/Missions/Rosetta>

[Imágenes de la misión Rosetta](https://www.esa.int/spaceinvideos/Missions/Rosetta)

<https://www.esa.int/spaceinvideos/Missions/Rosetta>

[Ficha técnica de Rosetta, incluido el calendario de la misión](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta/Rosetta_factsheet)

[www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/Rosetta/Rosetta\\_factsheet](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta/Rosetta_factsheet)

[Desarrollo de la misión hasta la fecha actual](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Rosetta_the_story_so_far)

[www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Rosetta\\_the\\_story\\_so\\_far](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Rosetta_the_story_so_far)

[A la caza de un cometa](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Chasing_a_comet)

[www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Chasing\\_a\\_comet](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Chasing_a_comet)

[Un viaje de 12 años por el espacio](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2013/10/Rosetta_s_twelve-year_journey_in_space)

[www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2013/10/Rosetta\\_s\\_twelve-year\\_journey\\_in\\_space](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2013/10/Rosetta_s_twelve-year_journey_in_space)

[Rosetta's orbit around a the comet](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Rosetta_s_orbit_around_the_comet)

[www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Rosetta\\_s\\_orbit\\_around\\_the\\_comet](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Rosetta_s_orbit_around_the_comet)

[Cómo orbitar un cometa](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/08/How_to_orbit_a_comet)

[www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/08/How\\_to\\_orbit\\_a\\_comet](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/08/How_to_orbit_a_comet)

## COMETAS

[Artículo ESA Kids sobre cometas](http://www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF_OurUniverse_0.html)

[www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF\\_OurUniverse\\_0.html](http://www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF_OurUniverse_0.html)

[Página web de la misión Rosetta de la ESA \(información técnica\)](http://www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF_OurUniverse_0.html)

[www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF\\_OurUniverse\\_0.html](http://www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF_OurUniverse_0.html)

[Página web de la misión Giotto de la ESA](http://www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF_OurUniverse_0.html)

[http://sci.esa.int/giotto/](http://www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF_OurUniverse_0.html)

[Artículo ESA Kids sobre el universo](http://www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF_OurUniverse_0.html)

[www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF\\_OurUniverse\\_0.html](http://www.esa.int/esaKIDS/SEMWK7THKHF_OurUniverse_0.html)



## ÓRBITAS

**Animación que ilustra el desplazamiento de Marte por el firmamento nocturno**

[http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/09/ESA\\_Studio\\_Retrograde\\_Motion\\_No\\_Dates](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/09/ESA_Studio_Retrograde_Motion_No_Dates)

**Animación sobre los epíclicos, de ESA Studio**

[www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2014/09/Studio\\_Epicicles](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2014/09/Studio_Epicicles)

**Animación sobre los epíclicos; explicación del movimiento retrógrado de ESA Studio**

[https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/09/ESA\\_Studio\\_Retrograde\\_Motion\\_Explanation](https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/09/ESA_Studio_Retrograde_Motion_Explanation)

**Órbita de Rosetta alrededor del cometa:**

[www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Rosetta\\_s\\_orbit\\_around\\_the\\_comet](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/01/Rosetta_s_orbit_around_the_comet)

**Cuestionario ESA Kids sobre órbitas**

[www.esa.int/esaKIDSen/SEMZPCMVGJE\\_q.html](http://www.esa.int/esaKIDSen/SEMZPCMVGJE_q.html)

**Primera ley de Kepler, de ESA Studio**

[http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/09/Law\\_1](http://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/09/Law_1)

**Segunda ley de Kepler, de ESA Studio**

[www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2014/09/Law\\_2](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2014/09/Law_2)

**Tercera ley de Kepler, de ESA Studio**

[www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2014/09/Law\\_3](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2014/09/Law_3)

**Juego simulador de un sistema planetario**

[phet.colorado.edu/sims/my-solar-system/my-solar-system\\_en.html](http://phet.colorado.edu/sims/my-solar-system/my-solar-system_en.html)

**Juego simulador de perturbaciones orbitales entre planetas, «Super Planet Crash»**

[www.stefanom.org/spc/](http://www.stefanom.org/spc/)

## LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL Y EL VEHÍCULO AUTOMÁTICO DE TRANSPORTE

**Vídeo didáctico «Johannes Kepler» ESA ATV-2**

[https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/ATV\\_Johannes\\_Kepler\\_-\\_Orbits\\_and\\_body\\_motion\\_in\\_space](https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/ATV_Johannes_Kepler_-_Orbits_and_body_motion_in_space)

**Vídeo didáctico «Albert Einstein» ESA ATV-4**

<https://www.dailymotion.com/video/x328qxn>

## SERIE «ENSEÑAR CON EL ESPACIO»

**ESA Enseñar con el espacio | VP04: Vídeo del recurso P04 titulado «Pozos gravitatorios»**

[https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Gravity\\_wells\\_-\\_classroom\\_demonstration\\_video\\_VP04](https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Gravity_wells_-_classroom_demonstration_video_VP04)

**ESA Enseñar con el espacio | VP06: Vídeo del recurso P06 titulado «Cocina un cometa»**

[https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/10/Cooking\\_a\\_comet\\_ingredients\\_for\\_life\\_-\\_classroom\\_demonstration\\_video\\_VP06](https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/10/Cooking_a_comet_ingredients_for_life_-_classroom_demonstration_video_VP06)

**ESA Enseñar con el espacio | VP02: Vídeo del recurso P02 titulado «Elipses fabulosas»**

[https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Marble-ous\\_ellipses\\_-\\_classroom\\_demonstration\\_video\\_VP02](https://www.esa.int/spaceinvideos/Videos/2014/07/Marble-ous_ellipses_-_classroom_demonstration_video_VP02)



Spain



EUROPEAN SPACE EDUCATION RESOURCE OFFICE  
A collaboration between ESA & national partners



**La Oficina Europea de Recursos para la Educación Espacial en España (ESERO Spain)**, con el lema «Del espacio al aula» y aprovechando la fascinación que el alumnado siente por el espacio, tiene como objetivo principal proporcionar recursos a docentes de primaria y secundaria para mejorar su alfabetización y competencias en materias CTIM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas).

Este proyecto educativo de la **Agencia Espacial Europea** está liderado en España por el **Parque de las Ciencias de Granada** y cuenta con la colaboración de instituciones educativas tanto nacionales como de ámbito regional en las distintas Comunidades Autónomas.

## Detección de exoplanetas

COLECCIÓN  
**ESCONDIDOS EN LA LUZ**

### Incluye, entre otros:

**En la zona Ricitos de Oro**  
**¿Hay alguien ahí fuera?**  
**Comunicación interplanetaria**  
**El Sistema Solar**  
**La magia de la luz**  
**Modelado de tránsitos de exoplanetas**  
**Elipses fabulosas**  
**Pelotas baricéntricas**  
**Osos espaciales**



OT-SB-02

**ELIPSES FABULOSAS**

**ESERO SPAIN**

Parque de las Ciencias  
Avda. de la Ciencia s/n.  
18006 Granada (España)  
T: 958 131 900

[info@esero.es](mailto:info@esero.es)  
[www.esero.es](http://www.esero.es)



**CUADERNO DEL PROFESORADO  
SECUNDARIA Y BACHILLERATO**