



Reto científico CESAR

¿Cuánto es la Masa de Júpiter?

*Calcula la masa de un planeta a partir
del movimiento de sus lunas*

Guía de el/la Profesor/a

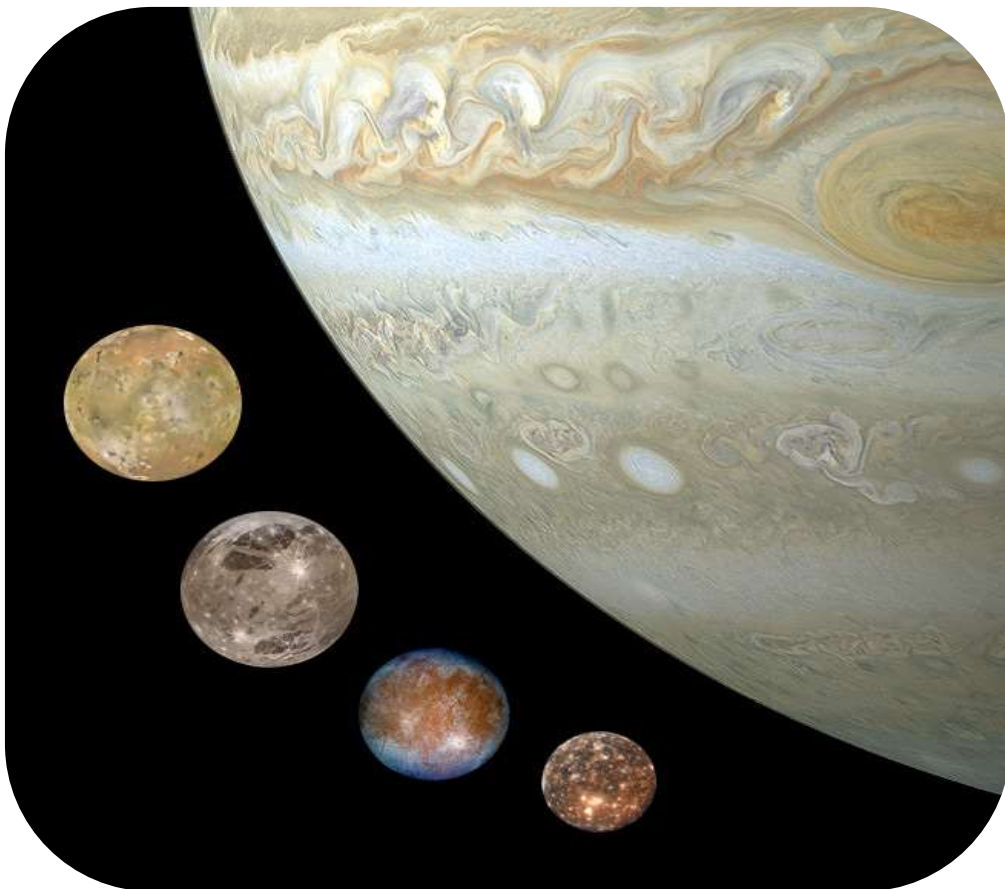




Tabla de Contenidos

Didáctica	3
Tu Reto Científico	15
Fase 0	17
Fase 1	19
Actividad 1: Refresca conceptos.....	20
Actividad 2: Compara Júpiter y la Tierra.....	24
Actividad 3: El Sistema Joviano.....	25
Actividad 4: La exploración espacial de Júpiter por la Agencia Espacial Europea.....	26
Actividad 5: Evalúa lo que has aprendido hasta ahora.....	27
Fase 2	28
Actividad 6: Pide una video llamada con el equipo de CESAR si es necesario.....	29
Fase 3	30
Actividad 7: Las lunas galileanas. Elige tu luna favorita.	31
Actividad 8: Calculad algunos parámetros orbitales de tu luna favorita.....	35
Actividad 8.1: Calculad el período de tu luna favorita.....	35
Actividad 8.2: Calculad el radio orbital de tu luna.....	42
Actividad 8.3: Estimad los errores relativos en tus medidas	47
Actividad 9: Calculad la masa de Júpiter.....	47
Actividad 10: Explorad un tránsito en los datos científicos de los archivos ESA	48
Actividad 10.1: Familiarizaos con ESASky. Accediendo a los datos de tu objeto favorito.	49
Actividad 10.2: Identificad un tránsito de Europa en los datos de Júpiter de ESASky	52
Actividad 10.3: Analizad los datos científicos de un tránsito como I@s científic@s.....	53
¿Qué diferencias y parecidos veis entre las cuatro imágenes de la Figura 30? ¿Qué representan los puntos/manchas negras sobre Júpiter?	54
Vemos una mancha gris que es la tormenta de Júpiter y un par de puntos más pequeños en gris y negro. Estos puntos son respectivamente la luna Europa y su sombra (en el tránsito de esta luna entre Júpiter y la luz del Sol).La cruz verde indica una misma posición en todas las imágenes, por lo que ya que la luna Europa se mueve en su órbita alrededor de Júpiter, no se encuentra en la misma posición en las imágenes consecutivas, aunque sí muy cerca por haberse tomado estas en un corto intervalo de tiempo.	54
Actividad 11: Predecid un tránsito consecutivo.....	55
Actividad 11.1: Predecid con Stellarium un tránsito consecutivo.....	55
Actividad 11.2: Otros métodos para predecir un tránsito	56
Fase 4	57
Actividad 12: Evaluación.....	58
Actividad 13: Presentad vuestros resultados	58
Enlaces	60
Créditos:	62



Didáctica

Objetivos didácticos:



Figura 1: Las 10 habilidades requeridas en el 2020 frente a las del 2015. (Créditos: World Economic Forum).

El Equipo CESAR genera actividades para que los estudiantes puedan desarrollar diez de las habilidades que se han considerado necesarias para realizar un trabajo eficaz en el siglo XXI, como por ejemplo la resolución de problemas con un pensamiento crítico y creativo.

Los retos científicos CESAR están diseñados para desarrollar las habilidades de pensamiento establecido por el **diagrama de la taxonomía de Bloom**, yendo desde un orden inferior de pensamiento (*recordar, comprender*) a un orden superior (*evaluar, crear*), desarrollando habilidades de órdenes intermedios (como *aplicar métodos y conceptos para analizar eventos*).

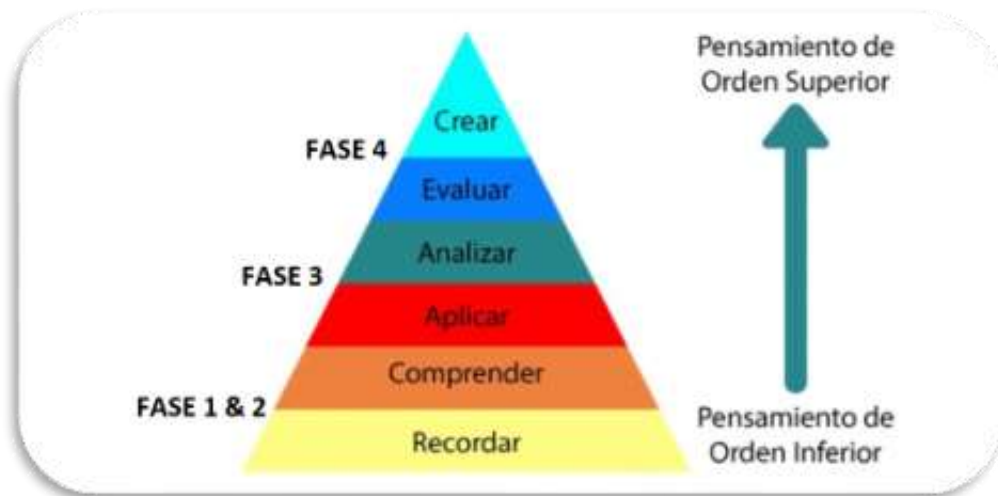


Figura II: Modificación del diagrama de Taxonomía de Bloom. (Créditos: Material educativo UNIR)

Metodología Educativa:

Con el fin de alcanzar los [Objetivos de Aprendizaje](#) mencionados anteriormente, el Equipo CESAR recomienda usar algunas técnicas de enseñanza activas como, **la clase invertida (flipped classroom)**, **la resolución de problemas de la vida diaria (o retos) empleando el método científico** así como **el trabajo colaborativo**.

En este Reto Científico, los estudiantes emplearán *la clase invertida* en las Fases 0 y 1 para prepararse para la *resolución de problemas* en la Fase 3. La Fase 2 es opcional y consiste en una video llamada con el Equipo CESAR. En la Fase 4 los alumnos evaluarán su experiencia compartiéndola con la Comunidad Científica (el resto de la clase/centro y nosotros, Equipo CESAR).

Recomendamos que todas estas fases se ejecuten como trabajo colaborativo (haciendo uso de **foros y blogs**). Aquí detallamos los contenidos generales de cada una de las Fases:

- **Tu Reto Científico:** Presentamos el Reto a los estudiantes y les pedimos su ayuda.
- **Fase 0: Poniendo las cosas en contexto**
 - El papel de la **Agencia Espacial Europea**, su centro de Astronomía Espacial en España (ESAC) y El Equipo CESAR (en videos).
 - **Modelos (roles) de profesiones científicas actualmente** para que los alumnos puedan elegir una de ellas y construir sus Equipos. Recomendamos que los Equipos estén formados por 4-6 personas, cada uno de ellos con unas tareas bien definidas. Cuando sea posible, intentad equipos equilibrados en género y capacidades.
- **Fase 1 y Fase 2: recordar y entender** por medio de diferentes tipos de fuentes:
 - **Fase 1:** material de cv escolar & nuevos conceptos (videos, documentos, juegos,...)
 - **Fase 2 (opcional):** aprende de un experto
 - Para los profesores: charlas dadas por expertos en la materia en previous cursos de profesores CESAR.
 - Para la clase: Una video llamada con el Equipo CESAR para resolver dudas que hayan surgido hasta el momento en lo aprendido. En esta etapa, los estudiantes se han convertido ya en “expertos” del tema del Reto.

- **Fase 3: *aplicando*** los conceptos recién aprendidos siguiendo una metodología (procedimientos) para el **análisis** y **la solución de problemas de nuestro día a día** (su Reto).
- **Fase 4:**
 - **evaluando** su proceso de aprendizaje durante el Reto Científico (co-evaluación)
 - **creando** un producto final que muestre a la Comunidad (clase/colegio/nosotros) el proceso de aprendizaje. Con ello participarán en el **concurso de Retos CESAR**.

Como muestra la Figura III, Los Retos Científicos CESAR deben ejecutar todas las Fases mencionadas. Fase 0 y 1, son las raíces para poder desarrollar los Retos Científicos, y se ejecutan siempre en clase/casa. La Fase 2 (que se ejecuta por video llamada desde clase) es opcional.

En función del tipo de Fase 3, tenemos varios Tipos de Experiencias CESAR:

- **Tipo I: Space Science Experience(s) @ESAC:** En ESAC, (como se han ejecutado hasta el 2020), completamente ejecutadas por el Equipo CESAR. Duración total 1.5 horas, con 45 minutos para la Actividad y otros 45 min para el tour por los modelos de las misiones ESA.
- **Tipo II : Space Science Experience(s) On-line:** En clase/casa (Tipo I pero guiado por el/la profe). Duración total de 1 hora (MIXTA cuando se combine con Tipo I/III)
- **Tipo III: Research Project On-line:** En la clase/casa, completamente guiado por el/la profe. Duración total de varios días (Tipo II con más o todas las Actividades de la Guía).

La Fase 4 siempre se ejecuta en clase para evaluar el proceso total de aprendizaje por Equipo .

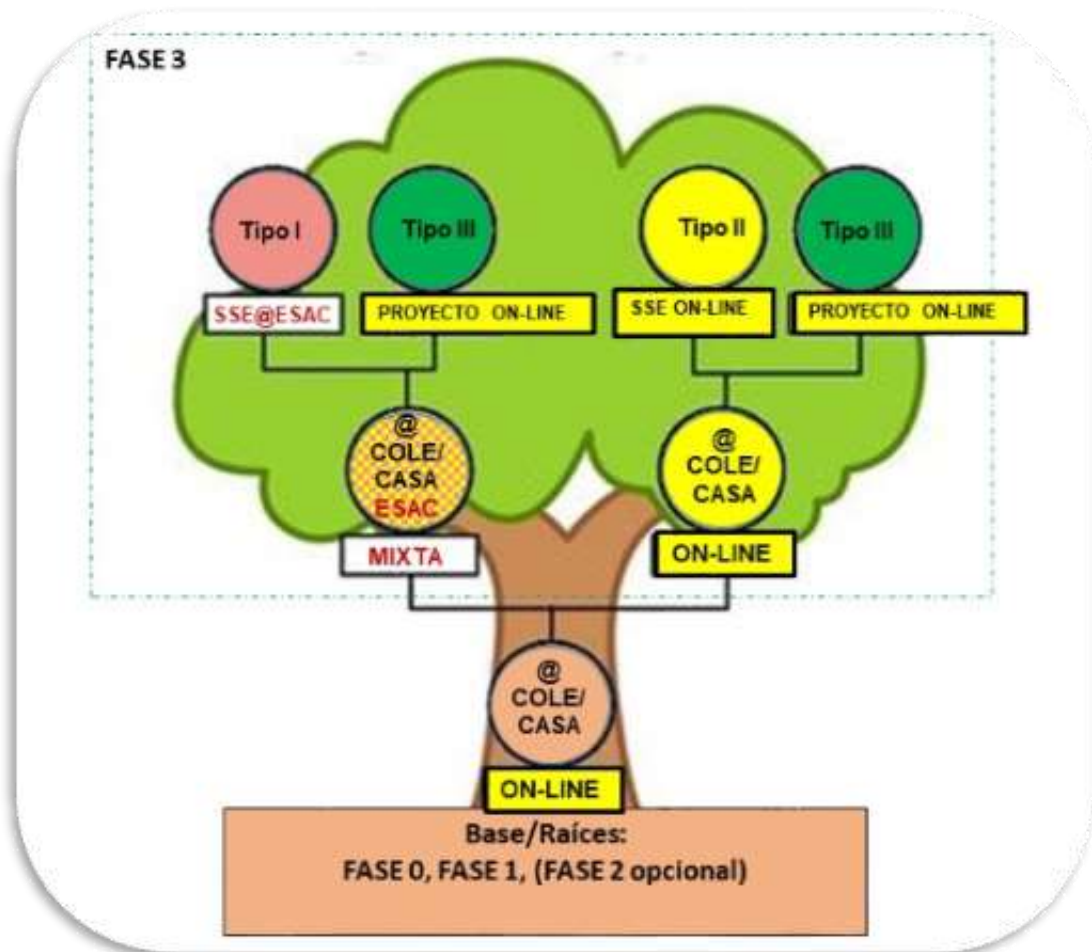




Figura III: *Árbol de los Tipos de Experiencias CESAR. Vemos que la diferencia principal entre estas está en la Fase (Tipo I @ESAC, Tipo II y III en el cole/cason-line). En amarillo indicamos las ramas que pueden ejecutarse completamente on-line. (Créditos: teacherspayteachers.com)*

Los profes son los que mejor pueden juzgar el Tipo de Experiencia (Reto) para su clase y curso escolar. **Por cada Tipo de Experiencia, te proponemos varias Aventura. El profesor decide si cada Equipo de su clase realiza una Aventura y la ponen en común una vez finalizada o todos los Equipos realizan la misma Aventura(s) al tiempo (ver Tablas I, II y III).** También puedes decidir realizar algunas de estas Actividades on-line, y cuando sea posible, solicitar las SSE en ESAC (Tipo I), ya bien conocidas, para el mismo Reto y diferente Aventura u otro Reto (mira la Figura III).

El Equipo CESAR recomienda seguir las fases en orden (para un proceso de aprendizaje más significativo) y no comenzar otra fase antes de completar la anterior. La Tabla de "[Resumen de Actividades](#)" mencionará si alguna de las Actividades previas es necesaria para realizar otra, **jéchale un vistazo!**

Os ofrecemos que nos contactéis, si lo veis necesario durante un Reto Científico en dos únicas ocasiones: en la fase 2 (con la clase) y en la fase 3 (sólo por el profe). Queremos prestaros apoyo a todos los centros así que la duración máxima es de 30 minutos

- Para ver el contenido educativo y edades/cursos recomendados para cada Reto Científico id a la sección de [Ficha Didáctica](#). Para ver de un vistazo los contenidos de cada Fase/Actividad id a la Tabla de "[Resumen de Actividades](#)". Cada Tipo de Experiencia contiene varias Aventuras, como se muestra en las Tablas I, II y III.

• **Tabla I: Experiencia Científica Espacial @ESAC (SSE @ESAC):**

FASES	0	1	2	3 (@ESAC)	3 (@school)	4	Duración mínima
ACTIVIDADES (Aventura 1)	3 videos	1, 3 y 4	6	7, 8.1, 8.2, y 5	9	12 y 13	3h
ACTIVIDADES (Aventura 2)	3 videos	1, 3, y 4	(6)	7, 8 y 9.	8.3 y 5	12 y 13	3h
ACTIVIDADES (Aventura 3)	3 videos	1, 3 y 4	(6)	7, 8.1 y 11	5 y 10	12 y 13	3h
ACTIVIDADES (Aventura 4)	3 videos	1, 3 y 4	(6)	7, 8.1 y 10	5 y 11	12 y 13	3h

• **Tabla II: Experiencia en Ciencia Espacial on-line (SSE on-line):**

FASES	0	1	2	3 (@school)	4	Duración mínima
ACTIVIDADES (Aventura 1)	3 videos	1, 3, 4 y 5	6	7, 8.1, 8.2, y 9	12 y 13	3h
ACTIVIDADES (Aventura 2)	3 videos	1, 3, 4 y 5	(6)	7, 8, 9, y 8.3	12 y 13	3h
ACTIVIDADES (Aventura 3)	3 videos	1, 3, 4 y 5	(6)	7, 8.1, 8.3 y 10	12 y 13	3h
ACTIVIDADES (Aventura 4)	3 videos	1, 3, 4 y 5	(6)	7, 8.1, 10 y 11	12 y 13	3h

• **Tabla III: Proyecto de investigación: Todas las actividades**

FASES	0	1	2	3 (@school)	4	Duración mínima



ACTIVIDADES	videos	1,2,3,4 y 5	(6)	7, 8, 9, 10 y 11	12 y 13	3h
-------------	------------------------	-----------------------------	---------------------	----------------------------------	-------------------------	----

REALMENTE IMPORTANTE:

- ✓ Como profe, **regístrate en la Comunidad CESAR [aquí](#)** (si nos descubres ahora, puede llevar un poco de tiempo – no es un proceso automático – pero no te arrepentirás :))
- ✓ **Una vez que eres parte de la Comunidad CESAR**, pide las Experiencias Científicas del CESAR para vivir con tu clase y **serás guiado en el proceso:**
 - Pincha [aquí](#) para solicitar una Experiencia on-line – Tipo II & III
 - Pincha [aquí](#) para solicitar una Experiencia combinada -Tipo I (Por ahora, sólo disponible en la provincia de Madrid)
- ✓ **Las Guías son muy extensas (con muchas herramientas)/flexibles para construir tu mejor Experiencia con tu clase.**
- ✓

¡Es tu momento! ¡Elige tu Aventura!

Ficha didáctica

Rango de edades recomendadas: (16-18) años.

Cursos académicos recomendados: (1-2) Bachillerato

Tipo: Práctica

Complejidad: Media

Tiempo de preparación del profesor: (1-2) horas

Tiempo lectivo requerido: (1 hora – varios días), en función de las actividades a realizar por el profesor

Localización: Interior

Incluye el uso de: Ordenadores, internet

Relación con el Currículo Escolar

Física y Química

- Estrategias necesarias en la actividad científica, uso de TIC y su reporte. Proyecto de investigación.
- La fuerza como interacción. Sistema de dos partículas. Dinámica del movimiento circular uniforme. Leyes de Kepler. Ley de la Gravitación Universal.
- Historia y composición del Universo.

Matemáticas

- Planificación del proceso de resolución de problemas. Elaboración y presentación oral o escrita de informes científicos. Realización de investigaciones matemáticas a partir de contextos de realidad.
- Funciones básicas. Razones trigonométricas. Cálculo de ángulos, distancias, áreas y volúmenes.

Cultura científica

- Herramientas TIC para la búsqueda de información. Investigación y exploración del Universo. Trabajo en grupo. Debates.

Material

- Ordenador con el software instalado. Acceso a internet.

Para saber más ...

- Cuadernillos CESAR : [Stellarium](#), [El Sistema Solar](#)

Resúmen

En estas Actividades compararán Júpiter con la Tierra. Aprenderán sobre Júpiter y sus lunas así como sobre la exploración espacial de este sistema. Los estudiantes elegirán una de las lunas galileanas y calcularán sus parámetros orbitales principales (radio y periodo orbital).

Considerando un sistema de dos cuerpos, girando el de menor masa (luna) en torno a otro fijo (planeta), con un movimiento circular y sin rozamiento (en equilibrio de fuerzas), los estudiantes derivarán la masa del planeta.

Los estudiantes accederán al archivo de Hubble a través de ESASky y explorarán las imágenes de un tránsito de Europa frente a Júpiter. A partir de los datos obtenidos anteriormente del periodo de rotación de Europa, podrán deducir el próximo tránsito. Empleando el software astronómico SalsaJ o SAODS9 inspeccionarán las imágenes descargadas de ESASky.

Los estudiantes ya deben saber...

- Mecánica orbital (velocidad y periodo)
- Las leyes de Kepler.
- Trigonometría básica.
- Conversión de unidades.

Los estudiantes aprenderán...

- Cómo aplicar los conocimientos teóricos a las situaciones astronómicas.
- Los fundamentos de software de astronomía.
- Cómo hacer mediciones científicas.
- Cómo predecir eventos astronómicos y comprobarlos con el simulador Stellarium.
- El sencillo acceso a los datos/archivos científicos de ESA por medio de ESA Sky.

Los estudiantes mejorarán...

- Su comprensión del pensamiento científico.
- Sus estrategias para trabajar científicamente.
- Sus habilidades de trabajo en equipo y de comunicación.
- Sus habilidades de evaluación.
- Su capacidad para aplicar los conocimientos teóricos a situaciones de la vida real.
- Sus habilidades en el uso de las TIC.

Resumen de las actividades:

Fase	Actividad	Material	Resultados	Requisitos	Tiempo
Fase 0	Poned las cosas en contexto	a) Esto es ESA b) ESAC: La ventana de la ESA al Universo c) Presentación a ESA/ESAC/CE SAR por Dr. Javier Ventura	Los estudiantes se familiarizarán con: <ul style="list-style-type: none"> • ESA • ESAC • El Equipo CESAR • La influencia de la astronomía en la cultura 	Ninguno	30 min
Fase 1	1. Refresca conceptos	a) Masa & peso b) Gravedad (ESAKids , NASAKids) c) periodo orbital d) Leyes de Kepler (explicación & simulador)	Los estudiantes refrescarán: <ul style="list-style-type: none"> • La diferencia entre la masa y peso • El concepto de gravedad • El concepto de período orbital • Las leyes de Kepler 	Ninguno	30 min
Fase 1	2. Comparar la Tierra y Júpiter	Tabla 1	Los estudiantes mejorarán sus habilidades para: <ul style="list-style-type: none"> • Trabajar científicamente y en Equipo. • La comunicación • La evaluación. Su conocimiento sobre Júpiter		15 min

Fase	Actividad	Material	Resultados	Requisitos	Tiempo
Fase 1	3. El sistema joviano	<p>Elige una opción, (en función del tiempo disponible)</p> <p>(PDFs):</p> <p>a) CESAR booklet: The Solar System (Jupiter)</p> <p>b) CESAR booklet: The Solar System</p> <p>VIDEOS:</p> <p>c) El sistema solar</p> <p>d) Mundos diversos: La Luna y Titán</p>	<p>Los estudiantes mejoran su conocimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sobre Júpiter y sus lunas y su papel en el Sistema Solar. Otras lunas exploradas del Sistema Solar (La Luna y Titán) <p>Los estudiantes compararán sus hipótesis (de la Actividad 2) con los datos de esta.</p>	Se recomienda haber ejecutado la Actividad 2.	30 min – 1 h
Fase 1	4. La exploración espacial de Júpiter por la Agencia Espacial Europea	<p>Elige una opción, (en función del tiempo disponible)</p> <p>VIDEOS:</p> <p>a) Desvelando los secretos de las lunas heladas de Júpiter</p> <p>b) JUICE: La odisea del viaje al sistema joviano</p> <p>WEB:</p> <p>c) El sistema de Júpiter (JUICE)</p> <p>d) Misiones a Júpiter (en inglés)</p> <p>MODELO 3D:</p> <p>e) La flota científica de ESA</p>	<p>Los estudiantes mejoran su conocimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sobre los descubrimientos de Júpiter y sus lunas realizados por misiones de las Agencias Espaciales (NASA y ESA). La flota científica de la Agencia Espacial Europea dedicadas a explorar Júpiter, en particular sobre la misión JUICE. 	Es necesario haber ejecutado las Actividad 3.	30 min - 2 h

Fase	Actividad	Material	Resultados	Requisitos	Tiempo
Fase 1	5. Evalúa lo que has aprendido hasta ahora	cuestionario	Los estudiantes mejorarán sus habilidades <ul style="list-style-type: none"> De evaluación Para trabajar científicamente En el uso de TIC 	Es necesario haber realizado las Actividades 1, 3 y 4. Se recomienda haber ejecutado la Actividad 2.	5 min
Fase 2	6. Pide una video-llamada con el equipo CESAR si es necesario	http://cesar.esa.int/index.php?Section=Scientific_Cases&id=17&ChangeLang=es	Para profesores: (a&b) Acceso a charlas relativas a la exploración de los planetas exteriores del sistema solar y parámetros orbitales, impartidas por expertos de la Agencia. Para el aula: <ul style="list-style-type: none"> Solicita una video llamada con el Equipo CESAR 	Necesario haber ejecutado las Actividades 1, 3, 4 y 5. Se recomienda haber ejecutado la Actividad 2.	30min -1h
Fase 3	7. Las lunas galileanas. Elige tu luna favorita.	a) Usando Cosmosgraphia b) Revisando la Fase 1	Los estudiantes mejorarán sus habilidades <ul style="list-style-type: none"> De evaluación En el trabajo científico En el uso de TIC 	Tener instalado Cosmosgraphia. Se recomienda haber ejecutado las Actividades 3 y 6. Conviene que (al menos un Equipo) elija la luna Europa	10 min
Fase 3	8. Calcula algunos parámetros orbitales de tu luna 8.1. Calcula el periodo orbital de tu luna 8.2. Calcula el radio orbital de tu luna 8.3. Estima los errores relativos en tus medidas	Stellarium instalado Cuadernillo CESAR sobre instalación básica de Stellarium <i>El Stellarium accessible en formato web no es capaz de realizar los cálculos necesarios en este Reto</i>	Los estudiantes mejorarán: <ul style="list-style-type: none"> Su conocimiento del trabajo científico y de cómo los astrónomos realizan sus cálculos. Sus habilidades en el uso de TIC Su entendimiento del uso de la trigonometría en resolución de problemas 	Necesario: <ul style="list-style-type: none"> Tener instalado Stellarium (guía básica de uso). Haber realizado la Actividad 7. Se recomienda haber ejecutado las Actividades 5 y 6.	45 min

Fase	Actividad	Material	Resultados	Requisitos	Tiempo
Fase 3	9. Calcula la masa de Júpiter	<p>Stellarium instalado</p> <p>Cuadernillo CESAR sobre instalación básica de Stellarium</p> <p><i>El Stellarium accessible en formato web no es capaz de realizar los cálculos necesarios en este Reto</i></p>	<p>Los estudiantes mejorarán sus habilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el trabajo científico • En la aplicación de sus conocimientos teóricos en la resolución de problemas. • Habilidades en TIC 	<p>Necesario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tener instalado el Stellarium • Haber completado las Actividades 7 y 8 	30 min
Fase 3	<p>10. Explora un tránsito en los datos científicos de los archivos</p> <p>10.1. Familiarizándose con ESA Sky. Accediendo a los datos de tu objeto favorito</p> <p>10.2. Identifica un tránsito de Europa en los datos de Júpiter de ESA Sky</p> <p>10.3. Analiza los datos científicos de un tránsito de Europa como científico@s</p>	<p>DATOS ASTRONÓMICOS:</p> <p>Necesario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datos: HSTdata.tar <p>Opcional:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Buscar y descargar datos en ESASky <p>SOFTWARE ASTRONÓMICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SalsaJ installed • SalsaJ tutorial • SAODS9 installed 	<p>Los estudiantes aprenderán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El fácil acceso a los archivos científicos de ESA a través de ESA Sky. • El manejo de datos astronómicos. • Los fundamentos del software astronómico para el análisis de datos (SAODS9 & SalsaJ). <p>Los estudiantes mejorarán sus habilidades para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajar científicamente. • El manejo de TIC. 		1 h
Fase 3	<p>11. Predice un tránsito consecutivo</p> <p>11.1. Predice un tránsito con Stellarium</p> <p>11.2. Otros métodos para predecir un tránsito</p>		<p>Los estudiantes mejorarán sus habilidades para:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajar científicamente • Hacer predicciones basadas en hallazgos anteriores. • El manejo de TIC 		30 min

Fase	Actividad	Material	Resultados	Requisitos	Tiempo
Fase 4	12. Evaluación	cuestionario	Los estudiantes comprobarán si han tenido un proceso de aprendizaje significativo.	Necesario haber completado las actividades 1, 3, 4, 5, 7, 8 y 9.	15 min
Fase 4	13. Presentad vuestros resultados	An A0 poster per working team (upload to the CESAR website a compressed file with all posters in PDF format)	<p>Los estudiantes mejorarán:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Su aplicación de los conceptos teóricos a situaciones de la vida real. • Su entendimiento del trabajo científico. • Sus habilidades de trabajo en equipo y de comunicación. <p>Sus conocimientos sobre el sistema de Júpiter y el sistema solar en general.</p>	<p>Dependiendo del trabajo identificado por el profesor para ser realizado por su clase.</p> <p>Necesario haber completado las Actividades 3,4,5, 7 y anteriores</p>	30 min – 2h



Tu Reto Científico

¿Cómo ponerte en contacto con tus vecinos desconocidos?

Júpiter es el planeta más grande de nuestro Sistema Solar y a partir del análisis de sus datos, los científicos consideran que se podría encontrar vida bajo el agua de algunas de sus lunas galileanas. Si la encontramos y cómo será es aún una pregunta abierta.



Figura 1: La película "Contact". (Créditos: Warner Bros)

La misión JUICE - JUpiter ICy Moons Explorer - está planificada para ser lanzada en 2022 y llegara Júpiter entorno al 2030. Su objetivo es estar tres años haciendo observaciones detalladas de Júpiter y Ganímedes, Calisto y Europa.



Figura 2 Tu desafío es saber cuánto es la masa de Júpiter. (Créditos: ESA)

Para diseñar la órbita de nuestro viaje al sistema joviano, debemos saber cuánto es la masa de Júpiter, **¿nos ayudarás a calcularla?**



Fase 0

Para ponerlos en contexto os recomendamos ver estos videos:

- [Esto es ESA](#) (10 min)
- [ESAC: Una ventana al Universo de ESA](#) (3 min)
- [Presentación de ESA/ESAC/CESAR by Dr. Javier Ventura](#) (15 min)
- Otros [videos](#) complementarios sobre el espacio.

Trabajareis en equipos de (4-6) personas, teniendo cada uno un papel específico. Rellena la Tabla 1 con el nombre del equipo y de los miembros del equipo asociados a varias profesiones Relacionadas con el Espacio.









Identificador del Reto				Número del Equipo (1-6):	
Nombre de Miembros del Equipo					
Profesiones	Matemátic@/ Ingenier@ de software	Astrofísic@	Ingenier@	Químic@/Físic@	
Roles	Lidera la correcta ejecución de los cálculos	Lidera el uso del telescopio y el entendimiento de misiones espaciales.	Encargada de encontrar la mejora estrategia acordada entre los miembros del Equipo y de su correcta ejecución.	Encargada de liderar investigaciones más detalladas sobre los procesos energéticos y composición de los objetos celestes.	
Referencia (femenina)	Katherine Johnson 	Vera Rubin 	Samantha Cristoforetti 	Marie Curie 	
(masculina)	Steve Wozniak 	Matt Taylor 	Pedro Duque 	Albert Einstein 	

Tabla 0: Equipo de trabajo para resolver este Reto

Nota: La documentación hace uso del [Sistema Internacional de Unidades de Medida](#).



Fase 1



Actividad 1: Refresca conceptos

Podéis refrescar conceptos necesarios para el Reto Científico pinchando en los links de la Tabla 1. Estos corresponden a contenidos del currículum escolar.

<u>Masa y peso</u>	<u>La Gravedad</u>	<u>periodo orbital</u>
------------------------------------	------------------------------------	--

Tabla 1: Conceptos que deben ser refrescados antes de enfrentar este desafío científico.

Las leyes de Kepler

Las Leyes de Kepler, publicadas entre 1609 y 1619, condujeron a una gran revolución en el siglo XVII. Estas fueron el resultado de aplicar las matemáticas a las observaciones astronómicas realizadas por Tycho Brahe (1546-1601).

Con ellas los científicos pudieron hacer predicciones muy precisas del movimiento de los planetas, cambiando drásticamente el **modelo geocéntrico de Ptolomeo** (que afirmaba que la Tierra era el centro del Universo) y el **modelo heliocéntrico de Copérnico** (donde el Sol era el centro y las órbitas de los planetas eran perfectamente circulares).

Estas leyes también pueden explicar el movimiento de otros cuerpos del Sistema Solar, como lunas, cometas y asteroides.

Las leyes de Kepler pueden ser resumidas y probadas con el [simulador de las leyes de Kepler](#) de la siguiente manera:

Leyes de Kepler	Simulador para probar la Ley de Kepler																		
<p><u>Primera Ley:</u> La órbita de cada planeta es una elipse, con el Sol en uno de los dos focos.</p>																			
<p><u>Segunda Ley:</u> La línea que une un planeta y el Sol barre áreas iguales en intervalos de tiempo iguales</p>																			
<p><u>Tercera Ley:</u> El cuadrado del período orbital de un planeta, T, es directamente proporcional al cubo del semieje mayor de su órbita, R:</p> $T^2 \propto R^3$	<table border="1"> <caption>Data points from the graph of Kepler's Third Law</caption> <thead> <tr> <th>semimajor axis (AU)</th> <th>period (yr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0.2</td> <td>0.08</td> </tr> <tr> <td>0.4</td> <td>0.32</td> </tr> <tr> <td>0.6</td> <td>0.72</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>1.28</td> </tr> <tr> <td>1.0</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>1.73</td> </tr> <tr> <td>1.4</td> <td>2.65</td> </tr> </tbody> </table>	semimajor axis (AU)	period (yr)	0	0	0.2	0.08	0.4	0.32	0.6	0.72	0.8	1.28	1.0	1.00	1.2	1.73	1.4	2.65
semimajor axis (AU)	period (yr)																		
0	0																		
0.2	0.08																		
0.4	0.32																		
0.6	0.72																		
0.8	1.28																		
1.0	1.00																		
1.2	1.73																		
1.4	2.65																		

Tabla 2: Introducción a las Leyes de Kepler y el simulador donde comprenderlas.

¿Cómo se calcula la masa de Júpiter?

A continuación vamos a explicar la ecuación que aplicamos para calcular la masa del planeta Júpiter a partir del movimiento de una de sus lunas, girando en torno a él.

Recordamos **la Ley de la Gravitación Universal**, postulada por Isaac Newton en 1687, que dice:

“ la fuerza ejercida entre dos cuerpos de masas (m) y (M), separados una distancia (r) es igual al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, es decir:

$$F_g = \frac{GMm}{r^2}$$

Donde G es la constante de Gravitación Universal, con un valor de $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

Vamos a fijarnos en la Figura 4, en la que un cuerpo como la Tierra de masa (m), gira entorno a otro cuerpo de mayor masa (M), como es el Sol, a una distancia (r).

Por simplificación, asumimos que este **movimiento es circular y sin rozamiento**, moviéndose a una velocidad de giro constante. La Tierra se encontraría por tanto **en un equilibrio de fuerzas** entre la fuerza gravitacional (F_g), generada por el Sol, y la fuerza centrífuga (F_c), causada por estar rotando entorno al Sol (o centrípeta).

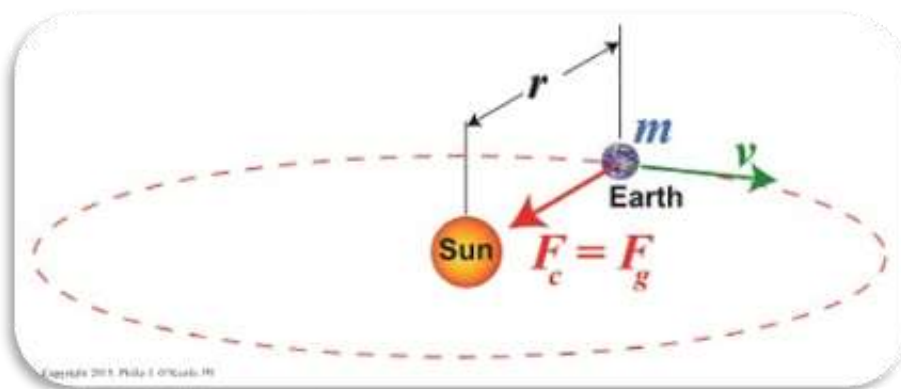


Figura 4: Segunda Ley de Newton (Créditos: <https://www.toppr.com>)

$$F_g = F_c$$



$$F_g = \frac{GMm}{r^2} \quad \text{y} \quad F_c = m a_c$$

$$\text{como } F_g = F_c \quad \rightarrow \quad \frac{GMm}{r^2} = m a_c$$

$$\text{como } a_c = \frac{v^2}{r} \quad \rightarrow \quad \frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{y como } v = \omega \cdot r = \frac{2\pi}{T} r \quad \rightarrow \quad \frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r \quad \rightarrow \quad \frac{GM}{4\pi^2} = \frac{r^3}{T^2}$$

En la ecuación de movimiento de la luna, v , es la velocidad lineal (en metros por segundo), r , es el radio de su órbita (en metros), ω , es la velocidad angular (expresada en radianes por segundo), T , es el período orbital (en segundos) y, G , es la constante de Gravitación Universal, con un valor de $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$

El mismo caso puede aplicarse si el objeto masivo (M), es Júpiter (u otro planeta) y el menos masivo (m), girando a su alrededor, una de sus lunas.

Podemos deducir la Tercera Ley de Kepler, para una masa constante, M , (o M_J , en el caso de la masa de Júpiter en nuestro sistema Júpiter-luna) y decir que **“el cuadrado del período orbital de un planeta, T^2 , es directamente proporcional al cubo del semieje mayor de su órbita, r^3 ”**:

$$\text{cte} = \frac{GM}{4\pi^2} = \frac{r^3}{T^2} \quad \rightarrow \quad \boxed{T^2 \propto r^3}$$

A partir de la

misma ecuación, podemos

derivar M , o M_J , la masa de Júpiter como:

$$\frac{GM}{4\pi^2} = \frac{r^3}{T^2} \quad \rightarrow \quad (\text{Ec. 1}) \quad \boxed{M_J = \frac{4\pi^2 r^3}{G T^2}}$$

La Ecuación 1 será la empleada en este Reto Científico para calcular la masa de Júpiter. Vamos a calcular el período (T) y el radio orbital de una luna (r) e introduciremos estos valores en dicha Ecuación 1.

Estas mediciones las realizareis en este Reto Científico con la ayuda del software astronómico *Stellarium* (<http://stellarium.pdf>)



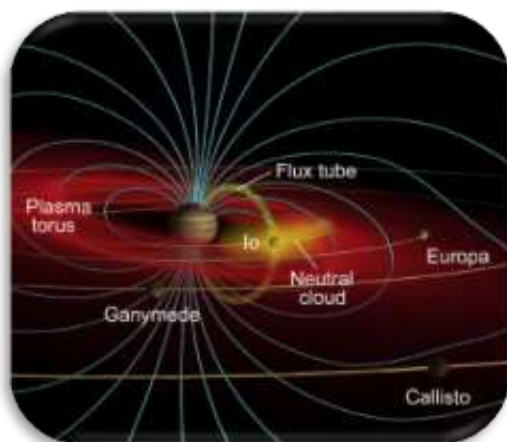
Figura 5: logo de Stellarium. (Créditos: Stellarium)

Actividad 2: Compara Júpiter y la Tierra

Propiedades	Tierra	Júpiter
Radio	6 371 km	69 911 km (11 veces el radio de la Tierra)
Densidad	5.5 g/cm ³	1.3 g/cm ³
Temperatura Media	20° C	-145° C
Distancia al sol	1 AU	~ 5 AU
Lunas	1	79
Tipo de planeta	Rocoso	Gigante gaseoso
Composición	<ul style="list-style-type: none"> Manto de silicatos, núcleo y corteza metálica Atmósfera: nitrógeno, oxígeno, argón 	<ul style="list-style-type: none"> Principalmente Hidrógeno y helio Atmósfera: metano, vapor de agua y amoníaco.
Campos magnéticos	si	si

Tabla 3: Compara Júpiter y la Tierra

El Sistema joviano



Sistema Sol-Tierra-Luna

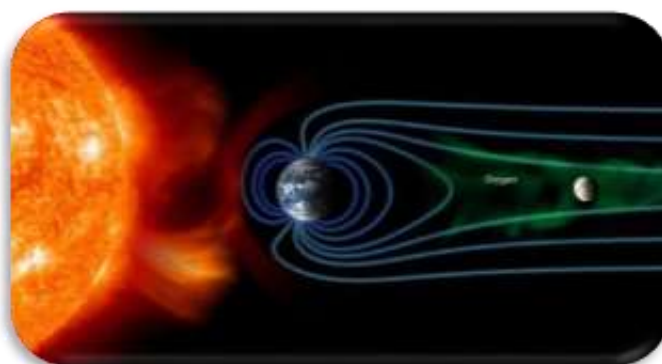


Figura 6: Los campos magnéticos de Júpiter (Créditos: http://www.esa.int/Observing_Jupiter)

Actividad 3: El Sistema Joviano

El gigante gaseoso Júpiter es el planeta más grande de nuestro Sistema Solar. No tiene una superficie adecuada y está compuesto por nubes arremolinadas de gas y líquidos que son principalmente hidrógeno y helio. Júpiter es tan grande que unas 11 Tierras podrían caber en él. Su masa es más del doble de la masa de todos los demás planetas del Sistema Solar combinados.

Júpiter tiene [79 lunas](#) (detectadas a fecha del 2021) – el cuerpo con mayor número de lunas en el Sistema Solar. Este número incluye las **cuatro lunas Galileanas: Ío, Europa, Ganímedes y Calisto**, que son las lunas más grandes de Júpiter y las primeras en ser descubiertas más allá de la Tierra, por el astrónomo Galileo Galilei, en 1610. Las lunas galileanas son mundos distintivos propios y de gran interés científico. En la Tabla 4 se presenta una visión general de su apariencia y características más relevantes.

			
			
			
<p>El objeto más activo volcánicamente en todo el Sistema Solar debido a la atracción gravitatoria hacia adentro de Júpiter y hacia afuera de otras lunas galileanas.</p>	<p>Un mundo frío que podría tener un océano de agua líquida bajo una gruesa capa de hielo superficial. Los científicos creen que es la más probable que sea habitable.</p>	<p>La mayor luna conocida del Sistema Solar. Hay pruebas de que oculta un océano de agua líquida bajo su cáscara helada; potencialmente un entorno adecuado para la vida.</p>	<p>Tiene una superficie antigua con muchos cráteres, por lo que nos permite explorar la formación temprana de las lunas. Se piensa que tiene un océano bajo la superficie.</p>

Tabla 4: Imágenes de las lunas galileanas tomadas por la misión Galileo. (Créditos: NASA/JPL/DLR)

En ocasiones podemos ver el tránsito¹ de las lunas frente a Júpiter, como muestra la Figura 7.



Figura 7: Imagen de Ío y Europa transitando Júpiter (Créditos: Stellarium & CESAR)

Por completitud, recomendamos algún otro de los contenidos previstos para esta actividad en el cuadro "[Resumen de actividades](#)", como por ejemplo: [El cuadernillo CESAR sobre el Sistema Solar](#).

Actividad 4: La exploración espacial de Júpiter por la Agencia Espacial Europea

Júpiter siempre ha sido un objeto astronómico muy interesante para estudiar. Desde las primeras observaciones hechas por Galileo Galieli, usando una versión temprana del telescopio, se han logrado grandes avances en su exploración gracias a la nueva tecnología.

Varias misiones espaciales NASA, como **Pioneer 10**, **Pioneer 11**, **Voyager 1**, **Voyager 2** y **Cassini-Huygens** han volado cerca de Júpiter. Sin embargo no fue hasta 1995, con la misión **Galileo**, y posteriormente en el 2016, con la misión **JUNO**, cuando NASA exploró en detalle el sistema joviano.

¹ **Un tránsito** se dice de un cuerpo celeste que se mueve a través de la cara de uno más grande

La Agencia Espacial Europea (ESA) está trabajando actualmente en la misión **JUICE**, cuyo lanzamiento está programado para el 2022 con llegada al sistema joviano en el 2029.

Sus **targets de observación** son Júpiter y las lunas que pueden albergar agua (¿y tal vez con ello vida?), Ganimedes, Calisto y Europa. Los [objetivos científicos de JUICE](#) consisten en caracterizar las condiciones que pueden haber llevado al surgimiento de ambientes habitables entre los satélites helados jovianos.

Os recomendamos, que si disponéis del tiempo, veáis estos videos sobre las lunas del sistema solar y la increíble misión JUICE: [El sistema solar, Mundos diversos: La Luna y Titán](#)

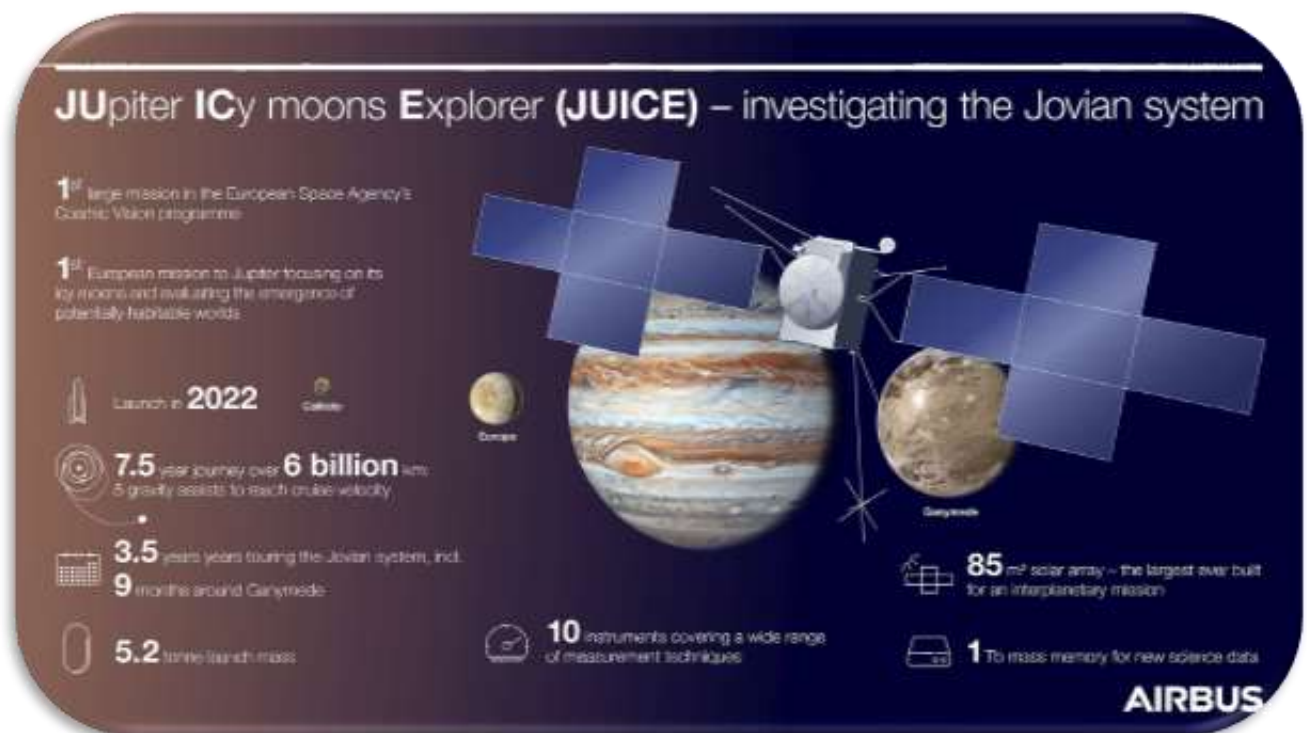


Figura 8: Infografía sobre la misión JUICE (Créditos: AIRBUS)

Actividad 5: Evalúa lo que has aprendido hasta ahora


Comprueba lo que has aprendido hasta ahora con este [cuestionario](#)



Fase 2

La forma de proceder en esta fase depende de los resultados obtenidos en la última actividad de la Fase 1 (questionario).

- **Caso 1:** Sus estudiantes respondieron bastante bien el cuestionario
 → **Pasan a la FASE 3**
- **Caso 2:** Sus estudiantes no respondieron muy bien al cuestionario o tienen muchas preguntas relacionadas con el tema del Desafío Científico
 → **Revisad la FASE 1** (ver abajo) **con el material complementario** siguiente
 → **Pasa a la FASE 3**

http://cesar.esa.int/index.php?Section=Scientific_Cases&Id=17&ChangeLang=es	
<ul style="list-style-type: none"> • Charlas de expertos dadas en los talleres de CESAR (pdf y/o videos) • Vídeos dedicados de la ESA • Monografías del CESAR (folletos) • Simuladores/sitios web 	

- **Caso 3:** No puedes hacerlo solo y necesitas interactuar con el equipo de CESAR o Por cada desafío científico tienes la oportunidad de pedir una video llamada

Actividad 6: Pide una video llamada con el equipo de CESAR si es necesario.

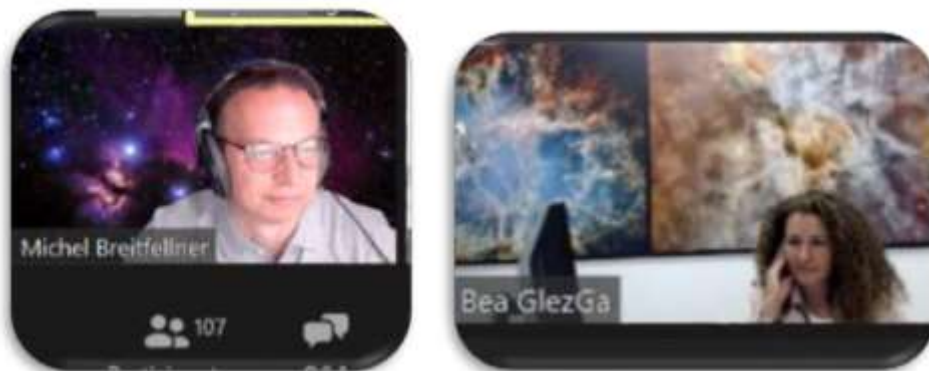


Imagen del Equipo CESAR haciendo video llamada. (Créditos: ESA)

Nota: Por Reto Científico podéis pedir dos video llamadas de 30 minutos

- Con la clase (en la FASE 2) para aclarar conceptos
- Sólo para profesores (en la FASE 3) en caso de que haya dificultades en el uso del software/respuestas



Fase 3

Actividad 7: Las lunas galileanas. Elige tu luna favorita.

En esta Actividad vais a conocer más sobre las lunas galileanas y así elegir vuestra luna favorita con la que realizaréis los cálculos de la masa de Júpiter. Podéis emplear uno de estos dos modos:

MODO 1: Usando Cosmographia

La instalación de Cosmographia se hace de manera gratuita desde esta web:

https://naif.jpl.nasa.gov/naif/cosmographia_components.html.

Si vuestra plataforma es:

- Mac OSX (64 bit)**, este es el link:
<http://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/cosmographia/packages/cosmo-installer-4.0-osx.dmg>
- Windows (64-bit)**, este es el link:
 - <http://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/cosmographia/packages/cosmo-installer-4.0-windows.exe>
- Linux (64-bit)**, este es el link:
 - <http://naif.jpl.nasa.gov/pub/naif/cosmographia/packages/cosmo-installer-4.0-linux>

Seguid este Procedimiento en *Cosmographia*:

- **Paso 1:** Lanzad la aplicación de “Cosmographia”, pinchando dos veces sobre su icono. Veréis en vuestra pantalla una imagen como la de la de la Figura 10.



Figura 10: Vista al iniciar Cosmographia. (Créditos: Cosmographia)

- **Paso 2:** Seleccionad en el menú superior izquierdo la primera opción (los círculos blancos). Veréis imágenes de varios cuerpos del Sistema Solar, como en la Figura 11.

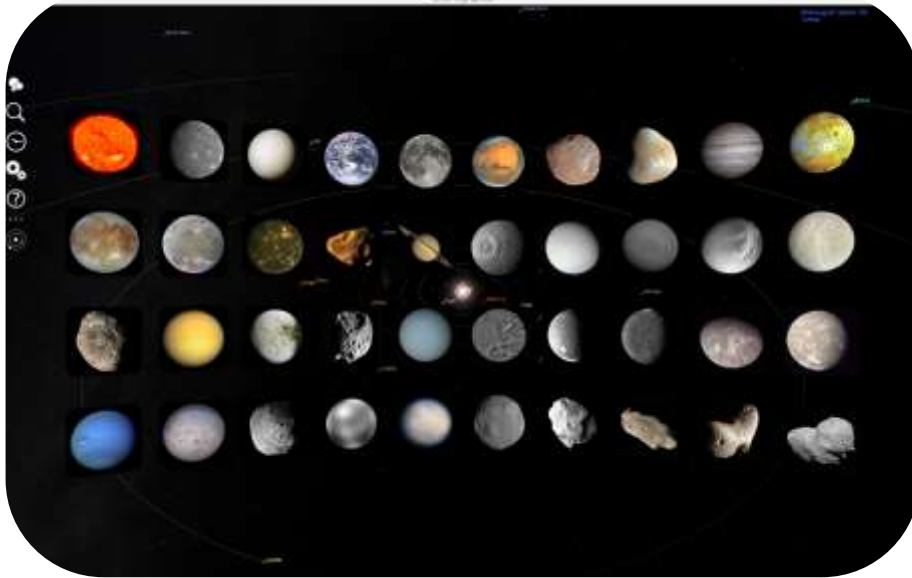


Figura 11: Cuerpos del Sistema Solar vistos con Cosmographia

- **Paso 3:** Buscad la imagen de Júpiter y pinchad sobre ésta. La aplicación os llevará a Júpiter.
- **Paso 4:** Ajustad el campo de visión (ampliando o reduciendolo) hasta que aparezcan en vuestra pantalla las cuatro lunas galileanas, como se muestra en la Figura 12.

Nota: Por defecto Cosmographia os muestra las posiciones de los objetos del Sistema Solar en vuestro momento presente por lo que podéis tener una vista diferente que la Figura 12.



Figura 12: Júpiter y las lunas galileanas vistas en Cosmographia

- **Paso 5:** Si queréis conocer más información de cada uno de los objetos que veis en vuestro monitor (por ejemplo, Júpiter y/o sus lunas)
 - Pinchad en el botón derecho del ratón sobre cada uno de estos objetos.
 - En el menú desplegable (ver Figura 13) elegid la opción “Mostrar propiedades” (que en inglés es “Show properties”).

- **Paso 6:** Si queréis ver la trayectoria del objeto seleccionado, en el mismo menú (ratón derecho) elegid la opción “Trayectoria” (en inglés “Trajectory”), que muestra la Figura 13.

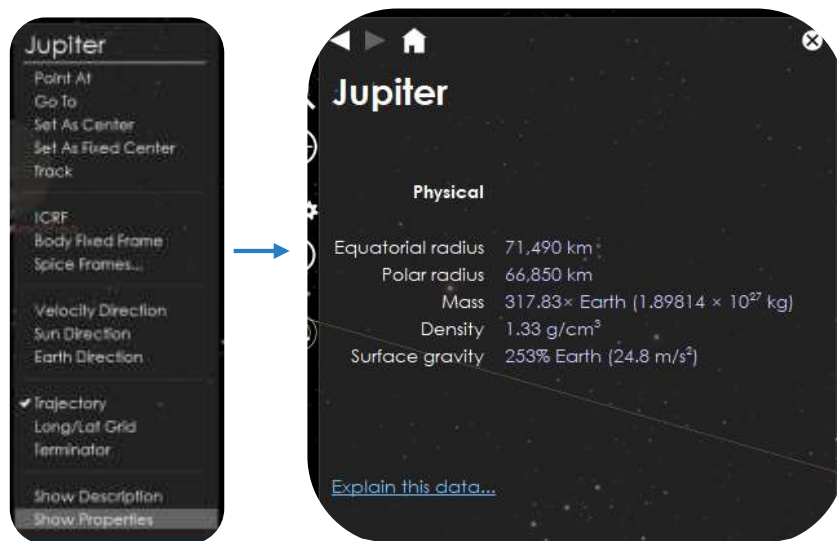


Figura 13: Menú de propiedades al pinchar con el ratón derecho en Júpiter.

- **Paso 7:** Emplead la información dada por *Cosmographia*, de las propiedades físicas de las cuatro lunas galileanas (Io, Europa, Ganímedes y Calisto), para completar la Tabla 5.

Objeto	Masa (kg)	Radio(km)	Densidad (g/cm ³)
Júpiter	$1.8982 \cdot 10^{27}$	69 911	1.326
Io	$8.9319 \cdot 10^{22}$	1 824	3.53
Europa	$4.8000 \cdot 10^{22}$	1 563	3.01
Ganímedes	$1.4819 \cdot 10^{23}$	2 632	1.94
Calisto	$1.07594 \cdot 10^{23}$	2 409	1.84

Tabla 5: Propiedades físicas de Júpiter y sus lunas galileanas

MODO 2: Repasa la Fase 1

Completa la Tabla 6 con la información que recuerdas de la Fase 1, Actividad 3, para elegir vuestra luna galileana favorita. (Nota: Todas las opciones son válidas).

			
El objeto más activo volcánicamente en todo el Sistema Solar debido a la atracción gravitatoria hacia adentro de Júpiter y hacia afuera de otras lunas galileanas.	Un mundo frío que podría tener un océano de agua líquida bajo una gruesa capa de hielo superficial. Los científicos creen que es la más probable que sea habitable.	La mayor luna conocida del Sistema Solar. Hay pruebas de que oculta un océano de agua líquida bajo su cáscara helada; potencialmente un entorno adecuado para la vida.	Tiene una superficie antigua con muchos cráteres, por lo que nos permite explorar la formación temprana de las lunas. Se piensa que tiene un océano bajo la superficie.

Tabla 6: Escribe lo que recuerdas de las lunas galileanas, visto en la Actividad

Con todo lo que ahora sabemos de las lunas galileanas, nuestra luna favorita es

IMPORTANTE:

- Si no queréis hacer cálculos para obtener el periodo orbital, introducid los valores de *Stellarium* en la siguiente tabla Excel (con fórmulas). Por favor, haced una copia de esta tabla y usadla si lo deseáis.
- Esta [hoja Excel](#) os servirá para realizar todos los cálculos de la Actividad 8 y 9.
- Si los alumnos no saben qué luna usar, Europa se usará para las Actividades 10 y 11.

Actividad 8: Calculad algunos parámetros orbitales de tu luna favorita.

Necesitarás *Stellarium* para calcular el período orbital y el radio orbital de tu luna galileana. ([Guía básica de Stellarium](#)).

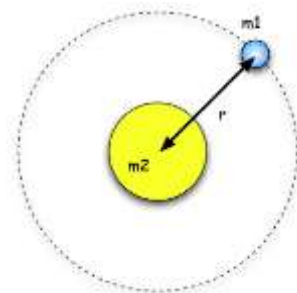


Figura 10: Representación del radio orbital, r . (Créditos: Wikipedia)

Actividad 8.1: Calculad el período de tu luna favorita

De Wikipedia:

"El período orbital es el tiempo que un objeto astronómico tarda en completar una órbita alrededor de otro objeto, y se aplica en la astronomía generalmente a los planetas o asteroides que orbitan el Sol o las lunas que orbitan los planetas".

Con *Stellarium* podréis calcular el período de tu luna, para ello seguid este Procedimiento:

Procedimiento:


- **Paso 1: Abrid Stellarium.** Verás un campo verde. En función de la ubicación que identifique tu ordenador, el programa entenderá si es de día o de noche y así mostrará la pantalla de inicio.



Figura 11: Pantalla de inicio de Stellarium (Créditos: Stellarium)

- **Paso 2: Id a Júpiter.** Para ello podemos emplear dos modos:

MODO 1: Usando un conjunto de instrucciones de programación (script)

1. **Abrid la consola de Stellarium pulsando F12** (en tu teclado)
2. **Copiad y pegad el guion de la Figura 12 en la consola** (comandos CTRL-C & CTRL-V).
3. **Pulsad en el botón de reproducción** ().
4. Comprobad que obtenéis una imagen como la Figura 13, en la que se ve Júpiter y sus lunas galeanas.

```
core.setObserverLocation("Madrid, Spain");
LandscapeMgr.setFlagLandscape(false);
LandscapeMgr.setFlagAtmosphere(false);
LandscapeMgr.setFlagFog(false);

core.selectObjectByName("Jupiter", true);
core.setMountMode("equatorial");
core.setTimeRate(3000);
StelMovementMgr.setFlagTracking(true);
StelMovementMgr.zoomTo(0.167, 5);
```

Figura 12: Guion para copiar en la consola de Stellarium e ir a Júpiter. (Créditos: Stellarium)



Figura 13: Vista de Stellarium, después de ejecutar el guion. (Créditos: Stellarium)

5. **Encontrad la luna elegida en la [Actividad 7](#) y observad cómo orbita alrededor de Júpiter.** Especialmente, nos interesa estudiar y asegurarnos que está siguiendo un movimiento periódico. (Nota: Al usar el script, el movimiento aplicado a la luna es 3000 veces más rápido que su movimiento real, pues así lo hemos configurado las instrucciones o script).

MODO 2: Mediante los botones de comando de Stellarium.

1. Pinchad en el icono de búsqueda escribe Júpiter, como muestra la Figura 14.



Figura 14: Icono de búsqueda en Stellarium (Créditos: Stellarium)

2. En los casos en que Júpiter no se encuentre por encima del horizonte en ese momento y/o sea de día, para poder observarlo mejor en Stellarium, deshabilitad el suelo (icono de los arbolitos) y el efecto de la atmósfera (icono de la nube), como indica la Figura 15a .

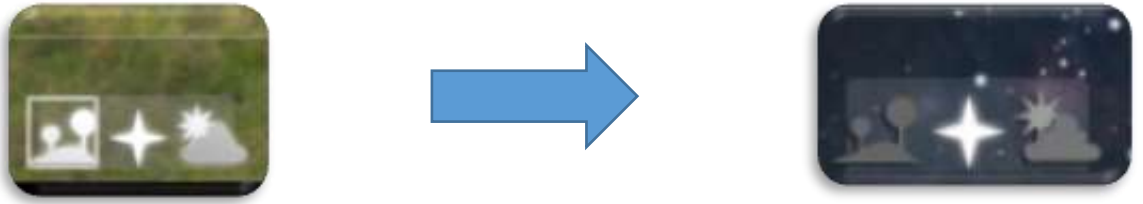



Figura 15a: Botones en Stellarium para habilitar (imagen izquierda) y deshabilitar (imagen derecha) el suelo y el efecto de la atmósfera (Créditos: Stellarium)

3. Con la rueda del ratón, acercaos a Júpiter y sus lunas galileanas hasta que se encuentren en tu centro de visión, como se ve en la Figura 13.
4. Para poder seguir el movimiento de las lunas galileanas más fácilmente, conviene que **cambiamos nuestro modo de observar Júpiter simulando que lo hacemos con un telescopio ecuatorial**, en la que uno de sus ejes está alineado con la estrella polar. Para ello habilita esta opción ().

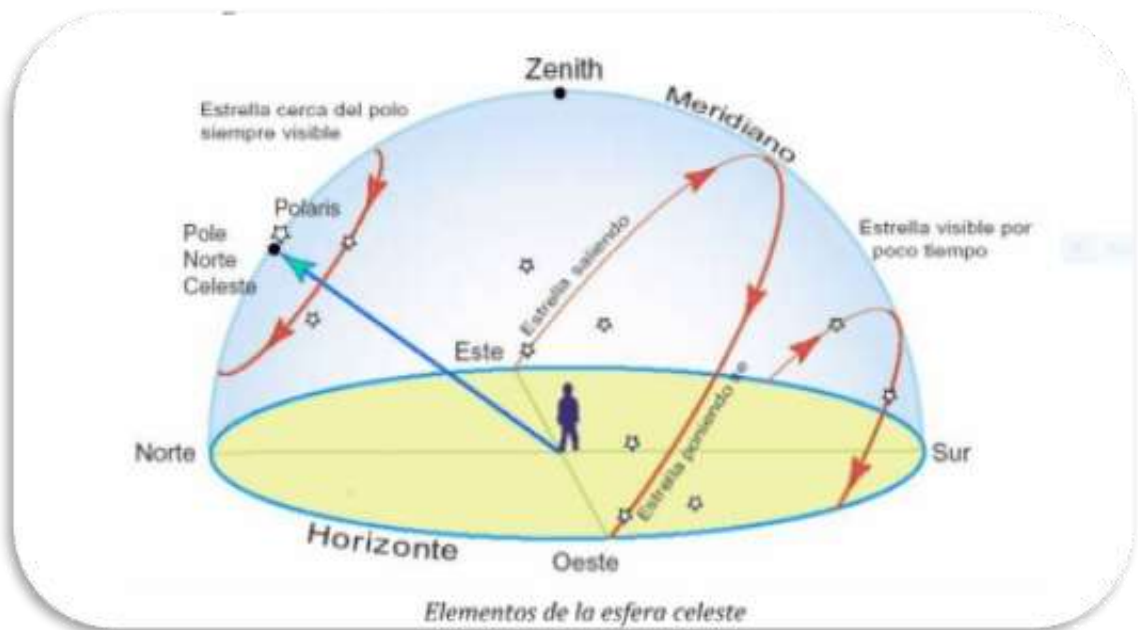


Figura 15 b.: Movimiento aparente de una estrella como la vería un observador que se encuentra en una posición determinada de la Tierra (Créditos: <https://www.uv.es/fabregaj/apuntes/AstronPos.pdf>)



Nota 1: En el siguiente [video](#) (y en la Figura 15b), vemos cómo el cielo, visto desde la Tierra, se mueve en la noche entorno a la estrella polar. Si salimos del sistema de referencia de la Tierra, las estrellas son puntos casi fijos.

La posición de las estrellas suele darse en el **sistema de coordenadas ecuatoriales**, que no depende del lugar del observador. Estas coordenadas son ascensión recta (RA) y declinación (DEC). Por ejemplo: la estrella Vega tiene como coordenadas (RA: 18 35 14.66578, DEC: +38 44 09.7806) – ver [Wikipedia](#) y la base de datos astronómicos [Simbad](#).

Los telescopios con montura ecuatoriales, que colocamos en Tierra, pueden moverse en ascensión recta y declinación. Uno de sus ejes está alineado con la estrella polar. A lo largo de una noche una estrella la veremos moverse – debido al giro de la Tierra - paralela al plano del ecuador.

Los telescopios alta azimutales, que colocamos en la Tierra, pueden moverse en el eje de altura y azimut. A lo largo de una noche una estrella la veremos moverse en altura y azimut.

Dependiendo de la latitud en la que se encuentre el observador tendrá uno u otro horizonte de visibilidad. **Un observador puede ver aquellas estrellas con declinación mayor a (90°-latitud)**. En el caso de Madrid, con latitud próxima a 40° sólo las estrellas con declinación superior a 50° serán visibles durante la noche para el observador.

Nota 2: Ideas básicas a tener en cuenta para elegir un telescopio propio

- **Paso 3: Calculad el periodo orbital de tu luna galileana**

Para estudiar el movimiento orbital de tu luna tienes que ver cuánto tarda en completar una órbita. Necesitaréis saber cómo utilizar la configuración básica del tiempo, que se encuentra en el cursor inferior de la pantalla:







Button	Shortcut key	Description
	J	Decrease the rate at which time passes
	K	Make time pass as normal
	L	Increase the rate at which time passes
	8	Return to the current time & date

Figura 16: Funcionalidades dedicadas para el tiempo en Stellarium. (Créditos: Stellarium)

Si el Paso 2 se ha ejecutado con el script (MODO 1) , pinchad en este icono dos veces para disminuir la velocidad del movimiento de las lunas.	
Si el Paso 2 se ha ejecutado con los botones (MODO 2), pinchad en este icono dos veces para iniciar y/o aumentar la velocidad del movimiento de las lunas.	

1. Prestad atención a los parámetros de "**fecha**" y "**hora**" en la parte inferior de la pantalla, como muestra la Figura 17.

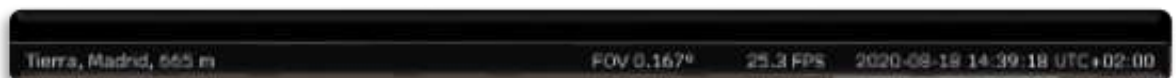


Figura 17: Parámetros fecha y hora en Stellarium. (Créditos: Stellarium)

2. **Seleccionad un momento inicial** (cuando la luna está más alejada del planeta) y **anota la fecha y la hora en la Tabla 6**. La fecha viene dada siguiendo el formato *YYYY-MM-DD hh:mm:ss*, donde *YYYY* representa el año, *MM* el mes, *DD* el día del mes, *hh* las horas, *mm* los minutos y *ss* los segundos.



3. **Observad a vuestra luna hacer una órbita completa** (es decir, llegar al mismo punto que elegiste de inicio) **y anotad la fecha y la hora** en que la luna vuelve a la misma posición. (Nota: Emplea el mismo formato de *YYYY-MM-DD hh:mm:ss*)

4. **Escribe en la Tabla 6 el periodo orbital de tu luna (en días y horas) que será la diferencia entre estas dos fechas. ¿Qué valor te sale?**

Aportamos un ejemplo de Europa

Fecha inicial (YYYY-MM-DD hh:mm:ss)	Fecha final (YYYY-MM-DD hh:mm:ss)
2018-09-01 03:05:00	2018-09-04 15:25:00
<p><i>Calcula la diferencia de tiempo aquí.</i></p> <p style="text-align: center;">Mismo año, mismo mes</p> <p style="text-align: center;">(4 – 1) día = 3 días; (15–3) h = 12 h ; (25-5) min = 20 min</p> <p style="text-align: center;">Y como 1h = 60 min → 20 min = 0.3 h</p> <p style="text-align: center;">Nota: Este resultado está sometido al error de la medida manual. Ver valor correcto en Tabla S.1</p>	

Tabla 6: Fecha inicial y final en la que se cuenta su período lunar galileo.

Periodo	3 días	12.3 horas
---------	--------	------------

Los resultados de los períodos de las lunas galileanas se pueden encontrar en la Tabla S.1:

Luna	Periodo orbital
Io	1 día 18.45 horas
Europa	3 días 13.23 horas
Ganymede	7 días 3.71 horas
Calisto	16 días 16.53 horas

Tabla S.1: Período de las lunas galileanas

Nota: En *Stellarium* vemos el sistema joviano tal y como se ve desde la Tierra. Sus lunas se mueven entorno a Júpiter en un movimiento circular, pero vemos su proyección 2D, como en la Figura 18.

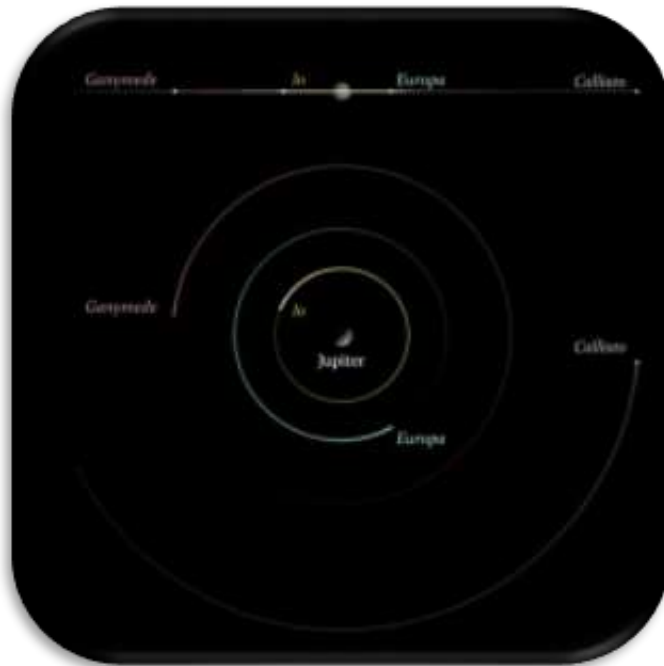



Figura 18: Visualización de las lunas de Júpiter (Créditos: CESAR)

Actividad 8.2: Calculad el radio orbital de tu luna

Podemos considerar que el **radio orbital** para tu luna galileana **es la distancia máxima entre Júpiter y la luna**, asumiendo que la órbita de su luna alrededor de Júpiter es circular.



Seguid los pasos indicados a continuación en el procedimiento.

Procedimiento:

- **Paso 1: Configurad la funcionalidad “Medida de Ángulos”.**
 1. **Abrid el menú de configuración** ( en el menú lateral o con F2 en tu teclado).
 2. **Comprobad que habéis seleccionado la funcionalidad de “Medida de Ángulos”;** en el apartado de Plug-ins
 - Si no es así,

- Pincha en la casilla junto a "Cargar al inicio"
- Reinicia *Stellarium*.

- **Paso 2: Identifica el radio orbital**

1. **Parad el movimiento de las lunas alrededor de Júpiter** pinchando en  en el menú de la parte inferior de la pantalla (o K en tu teclado)
 2. En el mismo menú, pinchad en  (o presionar en Ctrl + A) para activar el plugin de "Medida de Ángulos".
 3. **Medid la distancia entre Júpiter y tu luna:**
 - Pincha en el centro de Júpiter y luego, sin soltarlo, arrastra el cursor al centro de la luna elegida (como se muestra en la Figura 19).
 - Repite la medición tantas veces como necesites hasta que estés cómodo con la medida.
- Nota :** Las medidas son sólo validas si la medición se hace de centro a centro, en ambos objetos.
4. **Registrad en la Tabla 7 tu medida de la distancia angular luna-Júpiter**, usando las unidades de grados, minutos y segundos de arco, dadas por *Stellarium*,

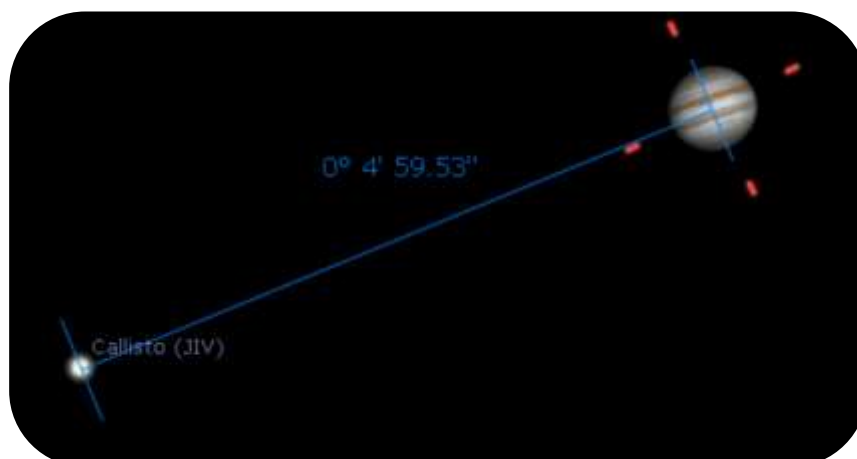


Figura 19: Usando el plugin de Medición de Ángulos. (Créditos: Stellarium)

distancia máxima de su luna a Júpiter (i.e. Luna = Europa)	$0^{\circ} \quad 2' \quad 40.31''$	0.0445°
--	------------------------------------	------------------

Escriba sus cálculos aquí $1' = 60'' \rightarrow 1^{\circ} = 3600''$	Recuerda: $1^{\circ} = 60'$ y
---	-------------------------------

Tabla 7: Calcula la distancia entre Júpiter y tu luna

5. **Registrad en la Tabla 8, la distancia de la Tierra a Júpiter, d_{JE}** , en Unidades Astronómicas y en kilómetros.

Convierte la distancia entre la Tierra y Júpiter de unidades astronómicas a kilómetros . Escriba sus cálculos aquí

$d_{JE} =$	5.72 UA	$8.55 \cdot 10^8 \text{ km}$
------------	-------------------	------------------------------

Tabla 8: Calcula la distancia entre Júpiter y tu luna

Nota 1: La distancia Tierra-Júpiter viene dada en *Stellarium* al pinchar sobre Júpiter. Esta información viene dada en unidades astronómicas (UA o AU, en inglés), como se solicita en este paso.

Nota 2: No confundir la distancia d_{JE} , con d , que representa la distancia Júpiter- Sol.

Nota 3: Como en la Tabla 8 también se nos pide dar la distancia en kilómetros, aplicaremos la conversión de unidades de UA a km. **Una unidad astronómica es la distancia media entre la Tierra y el Sol (~150 000 000 km 149 584 372 km)**

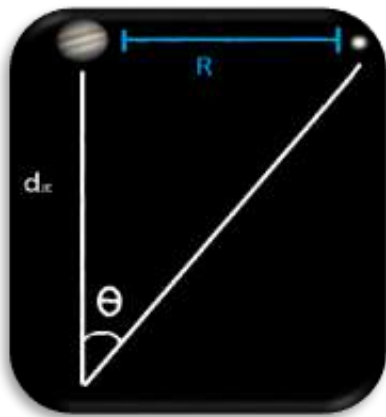
Nota 4: Como imaginarás, la distancia Tierra-Júpiter no es constante durante todo el año.

• **Paso 3: Aplicad tus conocimientos de trigonometría**

1. Utilizad el diagrama que se muestra en la Figura 20 como ayuda para tus cálculos, donde θ , es la **distancia angular entre Júpiter y la Luna**, d_{JE} , es la distancia entre Júpiter y la Tierra es y R es el radio orbital de la luna alrededor de Júpiter.

2. Vamos a calcular la tangente del ángulo θ .

- Recuerda la definición trigonométrica de la **tangente de un ángulo** (Ecuación 2)
- Para ángulo pequeños, $\theta \sim 0$, como es el caso de la distancia angular Júpiter-luna, podemos usar las aproximaciones de que el valor de la *tangente de un ángulo* es comparable al valor del *seno del ángulo* y al *propio ángulo*.



(Ecuación 2) $\tan \theta = \frac{R}{d_{JE}}$

$$R = d_{JE} \cdot \tan \theta$$

$$\tan \theta \approx \sin \theta \approx \theta$$

$$R = d_{JE} \cdot \theta$$

Figura 20: Boceto para calcular la distancia entre la luna y Júpiter

3. **Utilizad la Ecuación 2 para calcular el radio orbital, R (en kilómetros) y completad la Tabla 9 (con su valor en metros).**

- Emplead, los valores de Stellarium de:
 - θ : radio angular entre Júpiter y la luna (que lo pasamos de grados a radianes)
 - d_{JE} : distancia Tierra- Júpiter

$R = d_{JE} \theta$

$$R = 8.55 \cdot 10^8 \times 0.0445^\circ \times \left(\frac{2\pi \text{ radianes}}{360^\circ}\right) =$$

$$8.55 \cdot 10^8 \times 0.00077667151 = 664\ 054.15 \text{ km}$$

$R =$	$664\ 054.15 \text{ km}$	$6.64 \cdot 10^8 \text{ m}$
-------	--------------------------	-----------------------------

Tabla 9: Calcula el radio orbital de tu luna Europa

• **Paso 4: Calculad la velocidad lineal de tu luna**

1. A partir del **radio orbital**, calculad la velocidad lineal de la luna, con la Ecuación 3

$$v = \omega \cdot R = \frac{2\pi}{T} R \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde, v , es la velocidad lineal, ω es la velocidad angular, T , es el período de la luna (en segundos) y, R , es el radio orbital de su luna (en metros).

2. Completad la Tabla 10 con el valor de la velocidad lineal

(Nota: En este cálculo usamos el valor del periodo obtenido en el ejercicio que puede diferir del valor real, que se encuentra en la Tabla S.1)

$$T = 3 \text{ d } 12.3 \text{ h} = 3 \times 24 + 12.3 \text{ h} = 84.3 \text{ h} = 84.3 \text{ h} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 303\,480 \text{ s}$$

$$v = \frac{2\pi}{303480} 6.64 \cdot 10^8 = 13\,747.31 \text{ m/s} = 13\,747 \text{ m/s}$$

$v =$	$13\,747 \text{ m/s}$
-------	-----------------------

Tabla 10: Calcula la velocidad orbital de tu luna

Luna	Radio orbital (km) (Semi-eje mayor)	Velocidad orbital (m/s)
Io	421 700	17 334
Europa	670 900	13 740
Ganímedes	1 070 400	10 880
Calisto	1 882 700	8 204

Tabla S.2: Gráfico con el radio orbital y la velocidad para cada luna galileana

Nota: No aportamos una solución única del radio R , ya que su valor dependerá de la distancia Tierra-Júpiter, que no es contante.

Actividad 8.3: Estimad los errores relativos en tus medidas

1. Para estimar errores relativos en vuestras medidas (para el periodo y radio orbital), comparad los valores obtenidos en este Reto con los valores encontrados por internet o dados por el/la profesor/a.
2. Para calcular el error relativo de cualquier medición, emplead la Ecuación 4 y completa la Tabla 11

$$E_R = \frac{| \text{Measured Value} - \text{Real Value} |}{\text{Real Value}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\rightarrow E_R = \frac{| 664\,054 - 670\,000 |}{670\,000} \times 100 = \frac{5\,946}{670\,000} \times 100 = 0.887\%$$

Tabla 11: Estimación del error relativo para el radio orbital de Europa

Nota: Un valor negativo del error relativo significará probablemente que no se ha aplicado el valor absoluto de la ecuación.

Nota: Un error de menos de un 5% es aceptable.

Actividad 9: Calculad la masa de Júpiter

Como se explicó en la Fase 1, la masa de Júpiter la podemos derivar a partir de la Ecuación 1

$$M_J = \frac{4\pi^2 R^3}{G T^2} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Haced uso del siguiente recuadro para calcular la masa de Júpiter y completa la Tabla 12.

$$M_J = \frac{4\pi^2 R^3}{G T^2} = \frac{4\pi^2}{6.674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}} \cdot \frac{(6.64 \cdot 10^8 \text{ m})^3}{(303460 \text{ s})^2} = 1.8805066 \cdot 10^{27} \text{ kg}$$

Tabla 12: Calculad la masa de Júpiter derivada del movimiento de la luna alrededor de Júpiter

Actividad 10: Explorad un tránsito en los datos científicos de los archivos ESA

Hipótesis



Figura 21: (duplicado de la Figura 7). Ío y Europa transitando Júpiter (Créditos: Stellarium & CESAR)

1. ¿Qué veis en la Figura 21?

En la figura 15 podemos ver la sombra de las lunas galileanas proyectada en la superficie de Júpiter. El observador, en un planeta diferente, tiene que estar detrás del planeta en tránsito para poder verlo pasar. Es decir, no se puede ver ningún cuerpo celeste detrás del del observador.

2. ¿Creéis que se puede decir que vemos tránsitos de las lunas galileanas frente a Júpiter?

Sí

3. ¿Podemos predecir cuándo ocurrirán? ¿Cómo?

Conociendo el periodo orbital de una de sus lunas y la fecha en la que tuvo lugar un tránsito anterior (viendo en los datos reales de telescopios o usando un simulador como Stellarium)

Experimento

- Video tutorial: https://youtu.be/MSM_vU3sFpw

Actividad 10.1: Familiarizaos con ESASky. Accediendo a los datos de tu objeto favorito.

- Haced clic en ESASky (<https://sky.esa.int>) y seleccionad el modo “Científico”



Figura 22: Página de bienvenida a ESASky (Créditos: ESA)

- Buscad “Júpiter” en ESASky.
 - Escribid “Jupiter” en la ventana de búsqueda de ESASky (arriba a la derecha)
 - Dadle al “Intro”.

Nota: Para que ESASky encuentre los objetos, estos deben ser escritos en inglés, siguiendo las nomenclatura de los catálogos. (ESASky proporciona posibles opciones a tu búsqueda)

1. **Acceded a las observaciones de “Júpiter” en los archivos de imágenes científicas de la Agencia Espacial Europea.**
 - Pinchad en el segundo botón de arriba a la izquierda en ESASky (icono de una galaxia). Esto desplegará un menú como el de la Figura 23, con cuadrados de varios colores (verde, violeta, ..) que representan:

3. Inspeccionad imágenes de Júpiter tomadas por HST:

- Elegid una de las filas de la tabla (Figura 25)
- Pinchad en la lupa, indicada con un recuadro rojo en dicha Figura
- Haciendo doble clic en la imagen de Júpiter podréis ampliarla (o empleando los comandos CTRL+ / CTRL) , como se muestra en la Figura 26.

Observation ID	Target Name	Instrument	Filter	Start Time	Name	RA Start (J2000)	Dec Start (J2000)	RA End (J2000)	Dec End (J2000)	Data Pct. (Pct)	N (Pct)	Date
cas01001	JUPITER-66PS	WFC3/AS	F438M	2016-02-18 00:00	Jupiter	172.56000	4.74000	172.56000	4.74000		2.41	4.56.23
cas01002	JUPITER-66PS	WFC3/AS	F438M	2016-02-18 00:00	Jupiter	172.56000	4.74000	172.56000	4.74000		2.41	4.56.23
cas01003	JUPITER-66PS	WFC3/AS	F438M	2016-02-18 00:00	Jupiter	172.56000	4.74000	172.56000	4.74000		2.41	4.56.23
cas01004	JUPITER-66PS	WFC3/AS	F438M	2016-02-18 00:00	Jupiter	172.56000	4.74000	172.56000	4.74000		2.41	4.56.23
cas01005	JUPITER-66PS	WFC3/AS	F438M	2016-02-18 00:00	Jupiter	172.56000	4.74000	172.56000	4.74000		2.41	4.56.23

Figura 25: Listado de las observaciones de Júpiter observadas por HST (Créditos: ESA)



Figura 26: Imagen de Júpiter observada por HST , aumentada respecto a la Figura 25 (Créditos: ESA)

Actividad 10.2: Identificad un tránsito de Europa en los datos de Júpiter de ESASky

1. Tras ejecutar la [Actividad 10.1](#), vais a buscar, entre las observaciones de Júpiter tomadas por HST, aquellas en las que el tránsito de la luna Europa frente a Júpiter es visible.
2. Buscad, por ejemplo, la imagen de HST tomada en la fecha 2013-12-29, es decir, el 29 de Diciembre del 2013.
3. Ordena la tabla por tiempo. Para ello podéis pinchar en la columna "**hora de inicio**", que en inglés aparece como "**Start Time**", como muestra la Figura 27, que representa el momento en los datos de la observación seleccionada comenzaron a ser tomados.



Figura 27: Imágenes de Júpiter recogidas por el HST, ordenadas por fecha (Créditos: ESA)

4. Una vez identificada tu observación, por fecha, pincha en la lupa de la imagen e inspecciónala. El resultado será la Figura 28.



Figura 28: Imagen de tránsito de lunas galileanas frente a Júpiter, tomadas por HST. (Créditos: ESA)

No podemos saber a priori de qué lunas de Júpiter se trata.

¿Cómo podemos saber que es el tránsito ha sido causada por una luna Galileana u otra?

La respuesta más básica es que estas son las lunas más grandes de Júpiter por lo que lo más probable es que se trate de alguna de estas. La respuesta más elaborada (pero que los estudiantes no tienen por qué saber) es que cada observación tiene un nombre en su catálogo, en este caso el de HST, que puede (no siempre porque los científicos pueden ser muy celosos de sus descubrimientos). En este caso, el objeto que ha sido identificado en esta observación dice "EUROPA".

Actividad 10.3: Analizad los datos científicos de un tránsito como I@s científic@s

Actividad 10.3.1: Inspeccionad los datos científicos de archivo ESA con SalsaJ

1. Descargad el conjunto de imágenes ([HST data-set of images](#)) de un tránsito de la luna Europa frente a Júpiter, recogidas por [Hubble Space Telescope](#).
2. Descargad [SalsaJ software package](#) e instálalo.
3. Abrid los datos en Salsa J ([SalsaJ tutorial](#)) usando este menú:

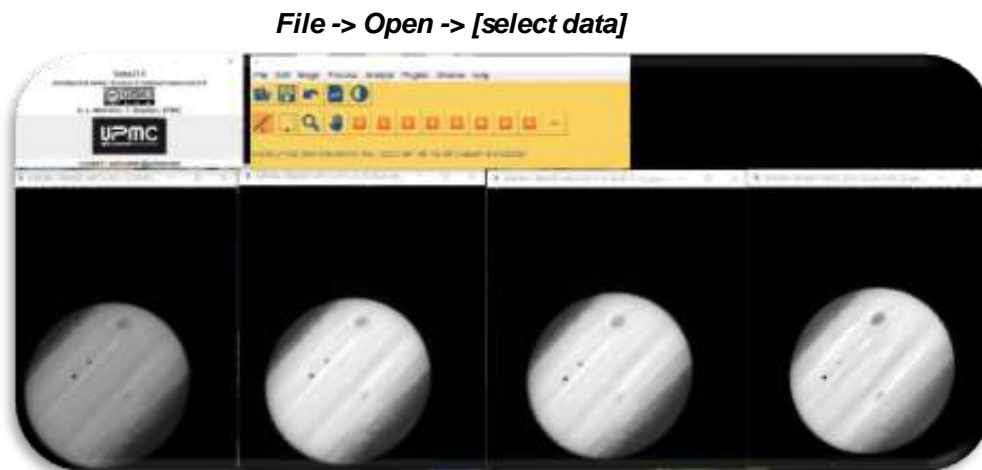


Figura 29: Inspección en SalsaJ de datos científicos del tránsito de Europa (Créditos: ESA & SalsaJ).

Actividad 10.3.2: Inspeccionad los datos científicos de archivos ESA con SAODS9

Vamos a inspeccionar los datos del HST del tránsito de Europa frente a Júpiter durante un periodo de tiempo determinado.

1. Descargad el conjunto de imágenes de un tránsito de Europa frente a Júpiter ([datos](#))
2. Instalad el paquete de software [SAODS9](#)
3. Mirad el [video 3](#) y analizad las imágenes científicas como indica la Figura 30

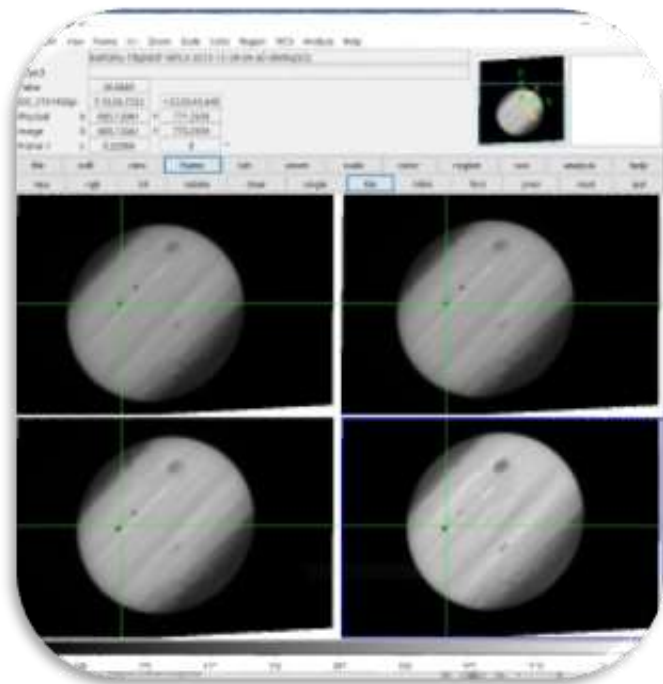


Figura 30: Inspección en el software SAODS9 del conjunto de datos del tránsito de Europa frente a Júpiter de esta actividad (Créditos: ESA & SAODS9)

¿Qué diferencias y parecidos veis entre las cuatro imágenes de la Figura 30? ¿Qué representan los puntos/manchas negras sobre Júpiter?

Pista: La cruz verde indica una misma posición en todas las imágenes consecutivas.

Vemos una mancha gris que es la tormenta de Júpiter y un par de puntos más pequeños en gris y negro. Estos puntos son respectivamente la luna Europa y su sombra (en el tránsito de esta luna entre Júpiter y la luz del Sol). La cruz verde indica una misma posición en todas las imágenes, por lo que ya que la luna Europa se mueve en su órbita alrededor de Júpiter, no se encuentra en la misma posición en las imágenes consecutivas, aunque sí muy cerca por haberse tomado estas en un corto intervalo de tiempo.



Actividad 11: Predecid un tránsito consecutivo.

Actividad 11.1: Predecid con Stellarium un tránsito consecutivo.

Pre-requisito: Lo primero, necesitamos conocer el período orbital de la luna Europa.

- Si habéis calculado el período orbital de Europa (en la [Actividad 8.1](#)), ejecutad el Procedimiento.
- Si no, regresad a la [Actividad 8.1](#) y calculad el período orbital de Europa. Después ejecutad el Procedimiento.

Procedimiento:

1. Abrid Stellarium

2. Id a Júpiter:

- Buscad *Júpiter*, en el menú lateral de Stellarium (en el icono de la lupa).
- Ampliad la imagen de Júpiter (con la rueda del ratón) hasta que la imagen de Júpiter y sus lunas galileanas sean visibles en *Stellarium*.

3. Viajad en el tiempo:

- Buscad la fecha 2013-12-29T09:40 (en el menú inferior de *Stellarium*)

4. ¿Veis el planeta Júpiter y la sombra de sus lunas?

- Si la respuesta es SÍ, pasad al siguiente paso.
- Si la respuesta es negativa, moved el tiempo hasta que veáis la sombra.

5. Predecid el siguiente tránsito (consecutivo) como se muestra en este [video](#)

Nota: Cada vez que pulsáis en el "icono de avance" en *Stellarium*, la velocidad se multiplica por 10, por lo que con sólo tocar este botón dos o tres veces el movimiento será adecuado para esta Actividad.

Actividad 11.2: Otros métodos para predecir un tránsito

1. Accedid a la web https://skyandtelescope.org/wp-content/plugins/observing-tools/jupiter_moons/jupiter.html

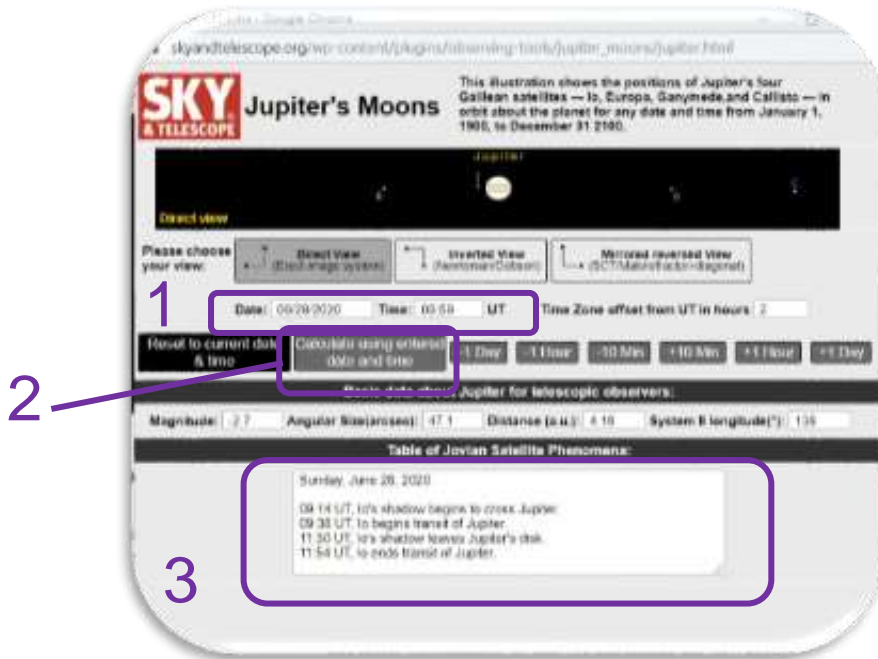


Figura 31: El Telescopio Celeste de Júpiter predice los tránsitos

2. ¿Cómo usamos esta página?
 - Introducid la **fecha y el tiempo del tránsito**, en la zona 1 de la Figura 31.
 - Pinchad en **“Calcular usando la fecha y hora introducidas”**, en la zona 2.
 - El resultado se mostrará en la zona 3, de dicha Figura.

Conclusiones

¿En qué fecha tuvieron lugar los siguientes tránsitos de la luna Europa frente a Júpiter, tras el observado por HST en 2013-12-29T09:40 ?



Fase 4



¡ Enhorabuena!

¡ Habéis completado vuestro Reto Científico!

¡ Contadnos vuestra Aventura!

En Equipos repasad mentalmente la Experiencia con tu Equipo y profes y completad las siguientes Actividades.

Actividad 12: Evaluación

- **En Equipos:** Rellenad este [cuestionario](#) para que comprobéis lo aprendido en el Reto.
- **Con vuestro @profe:** Dadnos vuestro feedback

NOTAS IMPORTANTES

- Los profesores se asegurarán que cada Equipo realiza las evaluaciones (quizz)

Actividad 13: Presentad vuestros resultados

Los estudiantes deberán crear un producto final (un poster A0 en formato pdf, usando power point, por ejemplo) mostrando lo que han aprendido en las distintas fases del Reto Científico.

Este poster es el billete para participar en el concurso internacional de Aventuras CESAR.

NOTAS IMPORTANTES:

- Sería muy interesante que se lo presentaran a los compañeros de su colegio en una fecha determinada, simulando un congreso de científicos.
- Cualquier documento que implique fotos de vuestros alumnos puede ser publicados en la web o redes sociales de CESAR. Por ello rogamos sólo adjuntar aquellas imágenes para las que tengáis permiso explícito de publicación, propiedad intelectual e imagen. El Equipo CESAR queda exento de la responsabilidad de su propiedad intelectual y de imagen.



¡Enhorabuena profe!

Gracias a tu dedicación tu clase recibirá un
Super Diploma del Equipo CESAR

¿Preparad@ para más Aventuras con nosotr@s?



Enlaces



Fase 0

- <https://www.youtube.com/watch?v=9wdbNU7Pu8U&feature=youtu.be>
- http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2015/01/ESAC_ESA_s_Window_on_the_Universe
- <http://cesar.esa.int/index.php?Section=Multimedia&Id=63>
- <https://ingemecanica.com/tutoriales/unidadesdemedida.html>.

Fase 1

- <https://www.youtube.com/watch?v=Y8-T8RouhPA>
- Gravedad (ESAKids, <https://spaceplace.nasa.gov/what-is-gravity/en/>)
- <https://www.pinterest.es/pin/293226625732878538/>
- <http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/kepler.html>
- http://cesar.esa.int/upload/201905/jupiter_moons_booklet_pdf.pdf (Jupiter)
- http://cesar.esa.int/upload/201905/jupiter_moons_booklet_pdf.pdf
- <http://astro.unl.edu/classaction/animations/renaissance/kepler.html>
- <http://stellarium.pdf>
- [http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2013/07/Science_ESA_Episode_7_Exploring_our_backyard_the_Solar_System/\(lang\)/es](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2013/07/Science_ESA_Episode_7_Exploring_our_backyard_the_Solar_System/(lang)/es)
- [https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2013/07/Science_ESA_Episode_10_Diverse_worlds_The_Moon_and_Titan/\(lang\)/es](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2013/07/Science_ESA_Episode_10_Diverse_worlds_The_Moon_and_Titan/(lang)/es)
- El _____ sistema _____ solar.
[https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2013/07/Science_ESA_Episode_10_Diverse_worlds_The_Moon_and_Titan/\(lang\)/es](https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2013/07/Science_ESA_Episode_10_Diverse_worlds_The_Moon_and_Titan/(lang)/es)
- <https://www.youtube.com/watch?v=gDWftjNUKqk>
- https://youtu.be/tjOn-N_cu0
- <https://sci.esa.int/web/juice/-/50068-science-objectives>
- <https://sci.esa.int/web/juice/-/59908-juice-s-secondary-target-the-jupiter-system> (JUICE)
- [https://sci.esa.int/web/juice/-/59334-exploring-jupiter\(en inglés\)](https://sci.esa.int/web/juice/-/59334-exploring-jupiter(en%20ingl%C3%A9s))
- <http://scifleet.esa.int/#/>
- <http://cesar.esa.int/form.php?Id=4&k=&ChangeLang=es>

Fase 2

Fase 3

- <https://drive.google.com/file/d/17yJ25ne0kONn4tje12o3OT-sz3iP7dAa/view?usp=sharing>
- [ESASky](#)
- [SalsaJ installed](#)
- [SalsaJ tutorial](#)
- [SAODS9 installed](#)

Fase 4

- <http://cesar.esa.int/form.php?Id=4&k=&ChangeLang=es>
- http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_Contest&ChangeLang=es



Créditos:

Material basado en el elaborado por [Asociación Planeta Ciencias](#) bajo la iniciativa y coordinación de la [Agencia Espacial Europea](#) y el programa [CESAR](#)

[Versión inicial de Planeta Ciencias:](#)

http://cesar.esa.int/index.php?Section=SSE_The_Mass_of_Jupiter

El equipo del CESAR ha contado para el desarrollo de este Reto con el apoyo del Programa [Young Graduate Trainee \(YGT\) Programme](#).