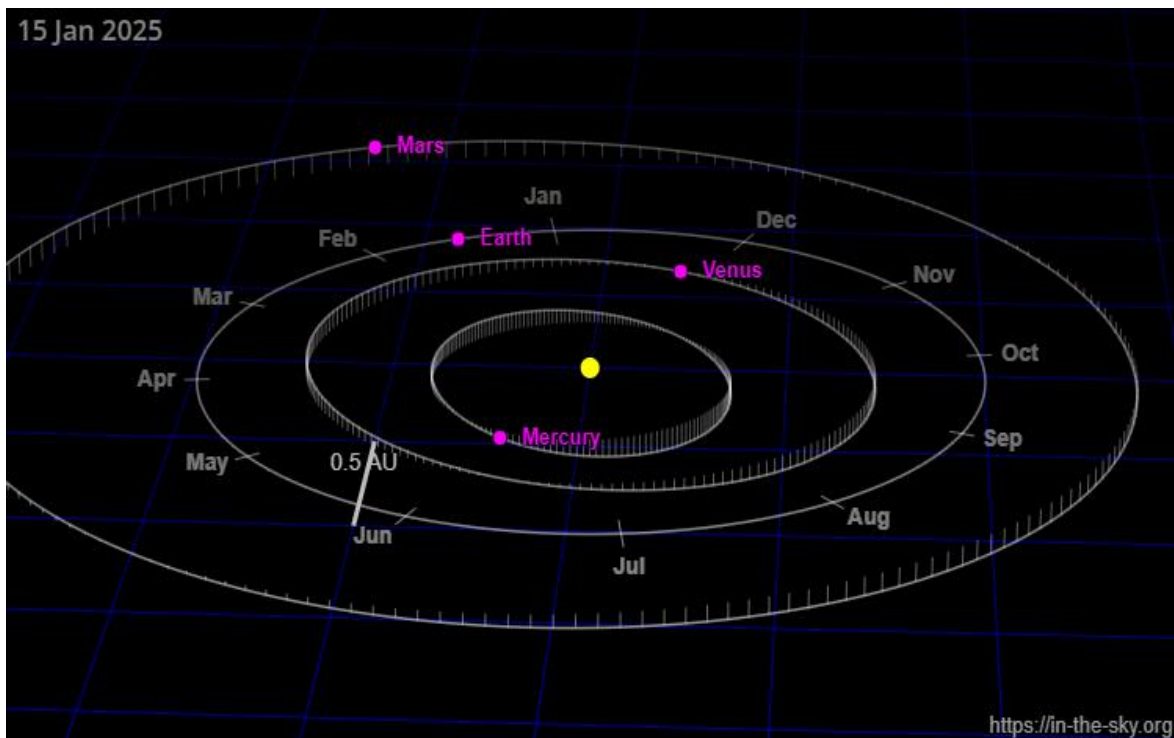


## Trayectoria a Marte

El diseño de la trayectoria empieza a partir de identificar qué es una ventana de lanzamiento a Marte, esto se refiere al período de tiempo durante el cual es más eficiente y factible enviar una misión espacial hacia el planeta Marte. Esto se debe a las posiciones relativas de la Tierra y Marte en sus órbitas alrededor del Sol.

1. ¿Cuál sería la fecha que elegirían para el despegue y por qué? Aclarar cómo estarían las posiciones de los planetas en esa fecha y si es posible acompañar con un gráfico.

La fecha de lanzamiento sería el 15 de enero del 2025, en esa fecha se encontraría Marte y la Tierra en oposición, es decir se encontrarán en el punto más cercano uno de otro lo que nos da una ventana de lanzamiento no mayor a 2 semanas, es posible considerar que el lanzamiento ocurra una semana previa a esa fecha o una semana posterior, lo ideal es que sea el día 15 de enero, pero todo esto dependerá de las condiciones climatológicas de la zona de lanzamiento.



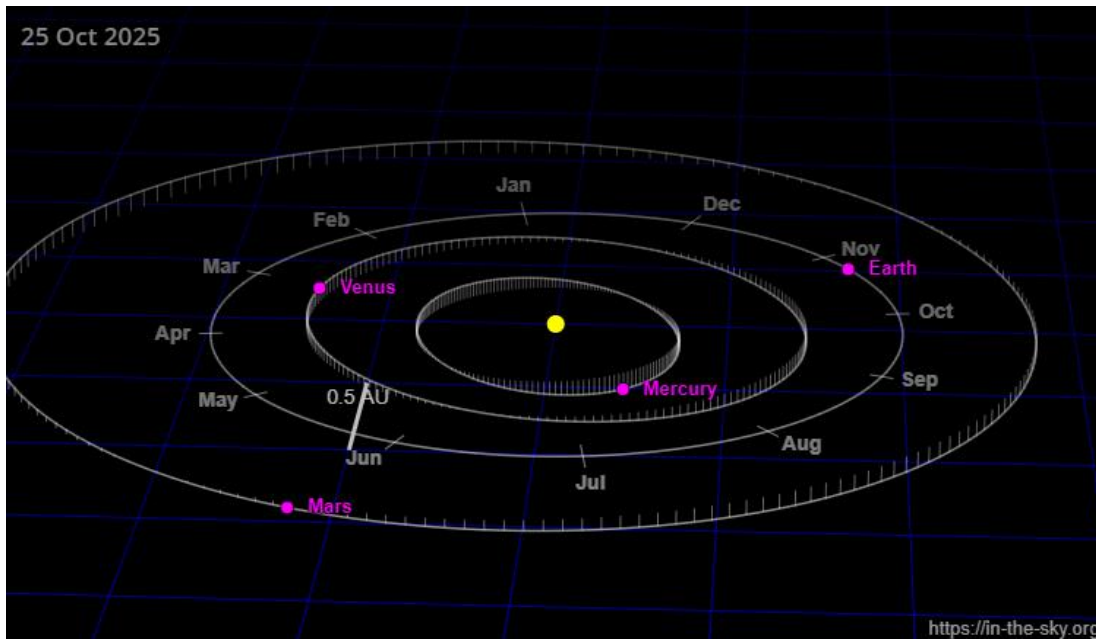
2. ¿Cuánto demoraría el viaje a Marte?

Según el cálculo de una transferencia de Hohman, la misión tripulada a Marte tendrá una duración de aproximadamente de 283 DÍAS, 9 HORAS, 9 MIN, 33 SEG

3. Una vez arribados a Marte, ¿cuánto tiempo más deberían esperar para poder volver a la Tierra y por qué?

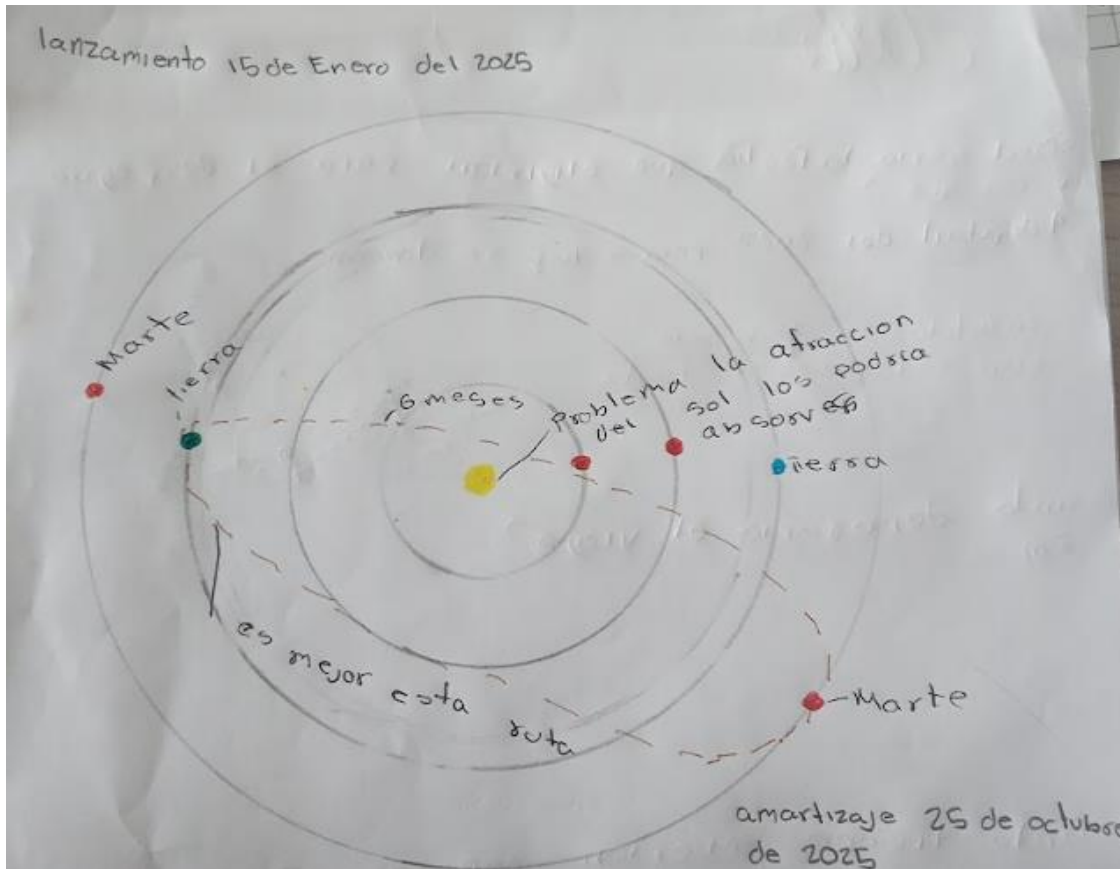
Se tendría que esperar la oposición del 17 febrero del 2027 para poder viajar a la Tierra es decir tendríamos que salir de Marte con aproximadamente 283 días de antelación, que sería aproximadamente un período de nueve meses, es decir, saldríamos de Marte en junio del 2026.

Se llegaría a Marte en el mes de octubre del 2025 y estaríamos ahí en un período de aproximadamente 8 meses.



4. Definir la órbita de transferencia, también de mínima energía, y calcular el tiempo total de duración de la misión, en lo posible incluyendo un cuadro con las fechas.

A continuación, se presentan los cálculos de la órbita de transferencia (*Cálculo De Una Transferencia De Hohmann, n.d.*).



Primero buscamos la distancia que hay del Sol a la Tierra y del Sol al Marte estos datos se obtuvieron a partir de la página de la NASA (*Overview | Our Solar System – NASA Solar System Exploration, n.d.*).

$$d_{Sol-Tierra} = 151\,776\,216 \text{ km}$$

$$d_{Sol-Marte} = 249\,196\,682 \text{ km}$$

El siguiente dato es el parámetro gravitacional estándar de la masa de nuestro Sol

$$GM = 1.327\,124\,400\,18 \times 10^{11} \frac{(km^3)}{s^2}$$

Posteriormente calculamos el período orbital de la Tierra y de Marte al multiplicar el tiempo de traslación el cual está en días por 86400, qué es lo que dura un día en segundos.



686.971 × 86 400 = 59 354 294.4

59354294.4

686.971 x 86400 = 59354294.4

365.256363004 x 86400 = 31558149.7635456

$$P_{\text{orbital de la Tierra}} = 365,256363004 \text{ días} \times 86400 = 31\,558\,149.7635456 \text{ seg}$$

$$P_{\text{orbital de Marte}} = 686,971 \text{ días} \times 86400 = 59\,354\,294.4 \text{ seg}$$

Posteriormente se calculó que el eje semi mayor de una elipse es la distancia desde su centro hacia su lado más lejano. En esta transferencia de Hohmann la elipse es el camino que llevará a la nave espacial de la Tierra a Marte. El eje semi mayor será denotado por la variable  $a(\text{transfer})$ .

$$a_{\text{Transfer}} = \frac{R1 + R2}{2}$$

$$\frac{(151\,776\,216 + 249\,196\,682)}{2} = 200\,486\,449$$

$$a_{\text{transfer}} = 200486449 \text{ km}$$

Después se calculó el período de la órbita se encuentra utilizando la tercera ley de Kepler, que se muestra en la imagen. Para el período de la órbita de transferencia, la variable de una voluntad de ser  $a(\text{transfer})$

$$P^2 = \frac{4\pi^2}{GM} a^3$$

$$p(\text{Transfer}) = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot a^3}{GM}}$$

$$\sqrt{\frac{(4 \times \pi^2) \times (200\,486\,449)^3}{(1.32712440018 \times 10^{11})}} = 48\,961\,147.39940028$$

$$p_{\text{transfer}} = 48\,961\,147.4 \text{ seg}$$

Ahora tenemos que encontrar la velocidad de la órbita de la Tierra, así que vamos a saber cuánto tenemos que alterar la velocidad de la nave para entrar en la órbita elíptica que se obtiene de la Tierra a Marte. La velocidad de la órbita de la Tierra será denotada por  $V_{Tierra}$ .

$$V_{Tierra} = \frac{2\pi * R1}{P1}$$

$$\frac{(2 \times \pi \times 151\,776\,216)}{31\,558\,149.7635456} = 30.2184411157117458$$

$$V_{Tierra} = 30.21844112 \frac{km}{s}$$

Ahora tenemos que encontrar la velocidad de la órbita de Marte,  $V_{Marte}$ . Esto se hace utilizando la misma fórmula, pero sustituyendo en su lugar en la distancia desde el Sol y el período de Marte.

$$V_{Marte} = \frac{2\pi * R2}{P2}$$

$$\frac{(2 \times \pi \times 249\,196\,682)}{(59\,354\,294.4)} = 26.3797075977084436$$

$$V_{Marte} = 26.3797076 \frac{km}{s}$$

Porque la órbita de transferencia elíptica está más cerca del Sol en el extremo con la órbita de la Tierra de lo que es el final con la órbita de la Mars, tendrá una velocidad más grande cerca de la Tierra que va cerca de tu Marte. El extremo de la elipse más cercano al Sol se llama perihelio. Tenemos que averiguar qué tan rápido la órbita está en el perihelio para lanzar nuestra nave espacial en la órbita elíptica de la órbita de la Tierra y asegurar que hace a nuestro destino.

$$V_{perihelion} = \left( \frac{2\pi * a_{(transfer)}}{P_{(transfer)}} \right) \times \sqrt{\left( \frac{2 * a_{(transfer)}}{R1} \right) - 1}$$

$$\left( \frac{(2 \times \pi \times 200\,486\,449)}{(48\,961\,147.4)} \times \sqrt{\frac{(2 \times 200\,486\,449)}{(151\,776\,216)} - 1} \right) = 32.9672386820780851$$

$$V_{perihelion} = 32.96723868 \frac{km}{s}$$

V1 es cuanto la velocidad de nuestra nave espacial necesita cambiar para cambiar de órbita de la Tierra a la órbita de la transferencia que llevará a nuestro planeta de destino.

Para empezar en la órbita de transferencia elíptica nuestra nave espacial tendrá que acelerar.

$$V1 = V_{perihelion} - V_{Tierra}$$

$$32.9672386820780851 - 30.2184411157117458 = 2.7487975663663393$$

$$V1 = 2.74879756 \text{ km/s}$$

Ahora tenemos que encontrar la velocidad de que la nave espacial va a viajar en el afelio de la órbita elíptica. Este es el final de la elipse más alejado del Sol, ergo, el extremo que se alinee con la órbita de Marte.

$$V_{aphelio} = \left( \frac{2\pi * a_{(transfer)}}{p_{(transfer)}} \right) \times \sqrt{\left( \frac{2 * a_{(transfer)}}{R2} \right) - 1}$$

$$\left( \frac{(2 \times \pi \times 200\,486\,449)}{(48\,961\,147.4)} \times \sqrt{\frac{(2 \times 200\,486\,449)}{(249\,196\,682)} - 1} \right) = 20.0790905359431669$$

$$V_{aphelio} = 20.07909054 \frac{km}{s}$$

Al igual como V1 era el cambio de velocidad necesario para enviar la nave espacial de la órbita de la Tierra en la órbita de transferencia elíptica, V2 es el cambio en la velocidad necesaria para enviar la nave espacial desde la órbita de transferencia elíptica en órbita de Marte. La explosión de la velocidad necesaria es igual a la diferencia entre la velocidad de la órbita de Marte y la velocidad de la órbita elíptica en su afelio.

$$V2 = V2 - V_{aphelion}$$

$$26.3797076 - 20.07909054 = 6.30061706$$

$$V2 = 6.30061706 \frac{km}{s}$$

El tiempo que tarda tu nave para llegar de la Tierra a Marte es igual a la mitad del período de la órbita de transferencia. Este valor se parece a grandes porque es en segundos.

$$TOF = 24480573.7 \text{ s}$$

$$TOF \text{ en días periodo completo} = 566.6799468 \text{ días.}$$

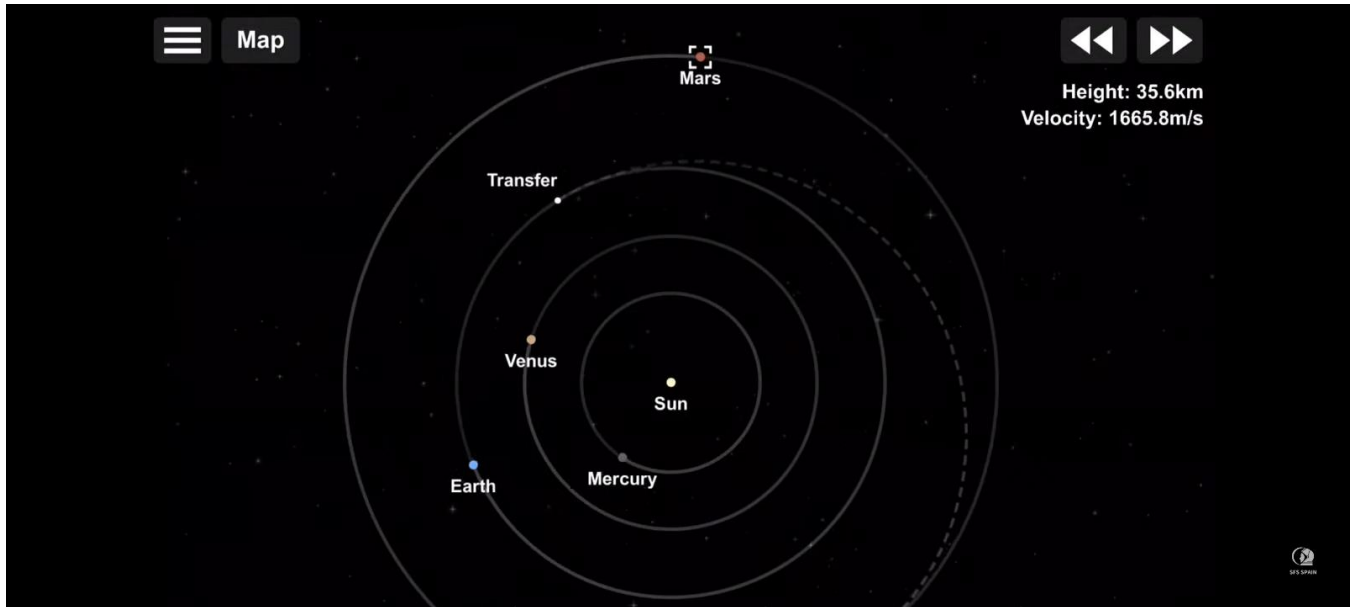
Al dividirlo en dos obtenemos nuestro tiempo de vuelo

### TOF ESPECÍFICO

**283 DÍAS, 9 HORAS, 9 MIN, 33 SEG**

Trayectoria	Fecha de lanzamiento	Fecha de aterrizaje	Tiempo de Vuelo	Tiempo en Marte	Tiempo de duración de la misión
Tierra a Marte	15 de enero de 2025 (oposición de Marte)	25-26 de octubre de 2025	283 días	131 días, aproximadamente 7 meses	767 días, aproximadamente 2.1 años
Marte a Tierra	11 de mayo de 2026	17 de febrero de 2027 (oposición de Marte)	283 días		





## Referencias

*Cálculo de una transferencia de Hohmann.* (n.d.). askix.com. Retrieved June 5, 2023, from <https://www.askix.com/calculo-de-una-transferencia-de-hohmann.html>

*Overview | Our Solar System – NASA Solar System Exploration.* (n.d.). NASA Solar System Exploration. Retrieved June 5, 2023, from <https://Solarsystem.nasa.gov/Solar-system/our-Solar-system/overview/>