MÉTODOS MATEMÁTICOS Y NUMÉRICOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

TRABAJO PRÁCTICO
1er Cuatrimestre 2026

Trayectoria de la Cápsula Orion de la Misión Artemis II

Introducción

Artemis II fue una misión espacial de sobrevuelo lunar bajo el programa Artemis, liderada por la NASA. Fue el segundo vuelo del vehículo SLS (sistema de lanzamiento espacial) y la primera misión tripulada de la nave espacial Orión.

El lanzamiento de la nave fue realizado de manera exitosa el 1 de abril de 2026 a las 22:35:00 UTC (tiempo universal coordinado) en el Centro Espacial John F. Kennedy, específicamente en el complejo de lanzamiento 39B.

Fue la primera misión tripulada alrededor de la Luna, y más allá de la órbita terrestre baja, desde el Apolo 17, en 1972.

En el presente trabajo práctico se requiere hacer una simulación de la trayectoria de la nave Orion en su recorrido entre la tierra y la luna.

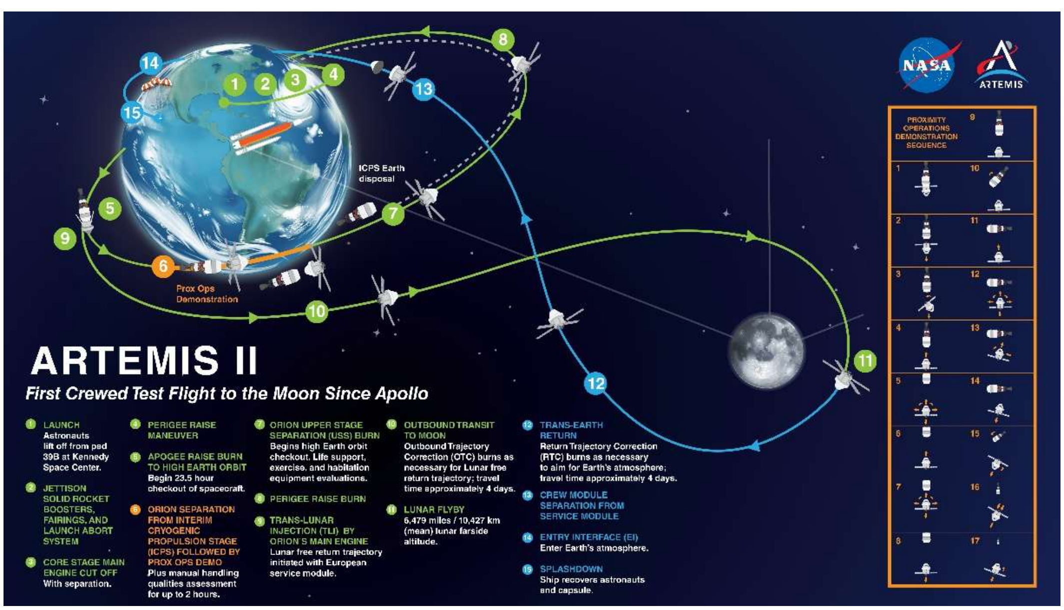


Fig 2.

Adjunto a este TP se encuentran los datos reales de la posición y velocidad de Orion (datos oficiales de la NASA).

Orbita Lunar

La trayectoria de la nave se ve fuertemente afectada por el campo gravitatorio de la Tierra y de la Luna. Para ello, se necesita saber la posición de la Luna en todo momento. Asumiendo posición inicial y velocidad, se puede calcular la trayectoria con la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{d^2\vec{x}}{dt^2} = \vec{a}$$

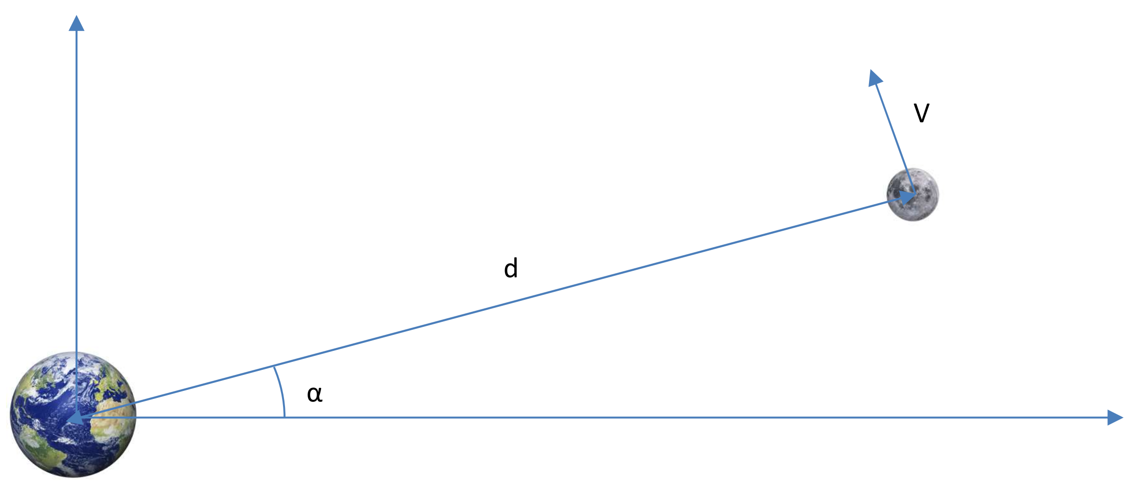
Donde $\vec{x}$ es la posición vectorial de la Luna y $\vec{a}$ la aceleración producida por el campo gravitatorio terrestre. Si escribimos la posición y la aceleración en dos dimensiones (x e y), y descomponemos la ecuación de segundo orden en dos ecuaciones de primer orden, nos queda:

$$\frac{dx}{dt} = v_x$$

$$\frac{dy}{dt} = v_y$$

$$\frac{dv_x}{dt} = G\frac{M_T}{d_T^2}\cos\alpha$$

$$\frac{dv_y}{dt} = G\frac{M_T}{d_T^2}\operatorname{sen}\alpha$$



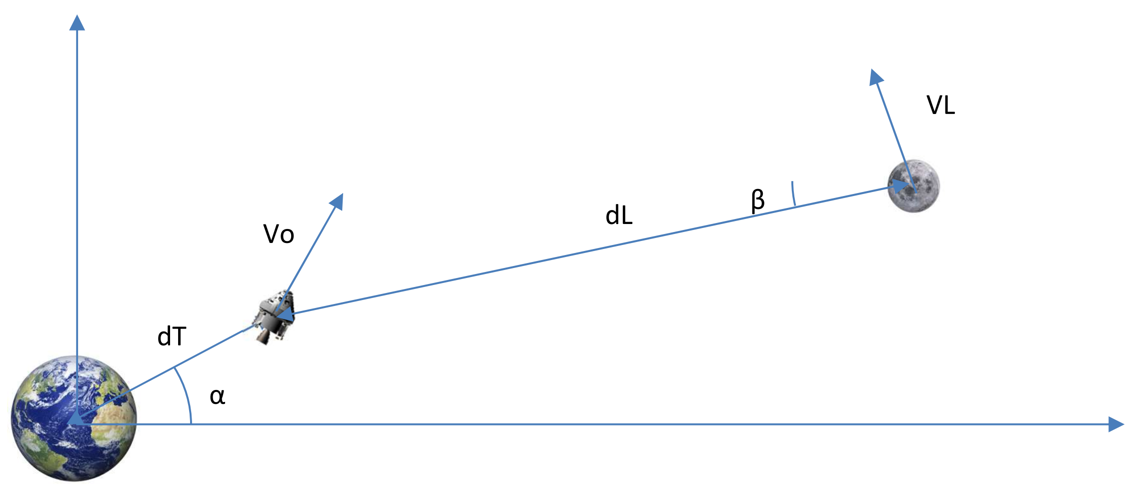
Donde x e y son las coordenadas de la Luna, vx y vy son los componentes de la velocidad.

G es la constante de gravitación universal, MT es la Masa terrestre y dT es la distancia entre la luna y la tierra.

Calibrar el modelo tomando los datos reales de la órbita lunar y validar que se cumpla la elipse que describe. Se debe cumplir la distancia de perigeo y apogeo correcta, junto con las velocidades máximas y mínimas de nuestro satélite.

Trayectoria de Orion

Con las mismas ecuaciones, y conociendo la posición de la Luna para todo tiempo t, calcular la posición de Orion desde la fase 10 de la figura 2 hasta la fase 13. Durante todo este tiempo, la nave está (casi) en una trayectoria libre, mayormente afectada por la gravedad de la tierra y la luna. Tomar una posición y velocidad inicial aproximada, sacándolo de los datos de la telemetría, entre las 4 y las 6 am (UTC) del 3 de abril.



$$\frac{dx}{dt} = v_x$$

$$\frac{dy}{dt} = v_y$$

$$\frac{dv_x}{dt} = G\frac{M_T}{d_T^2}\cos\alpha + G\frac{M_L}{d_L^2}\cos\beta$$

$$\frac{dv_y}{dt} = G\frac{M_T}{d_T^2}\operatorname{sen}\alpha + G\frac{M_L}{d_L^2}\operatorname{sen}\beta$$

Desarrollo del práctico

1) Calcular la órbita Lunar. Validar perigeo, apogeo, velocidad máxima y mínima.
2) Elegir un punto en el tiempo entre las 4 am y las 6 am del 3 de abril y tomar condiciones iniciales (distancia a la tierra y velocidad) consistentes con la data real de la telemetría.
3) Calcular la posición y velocidad de Orion hasta que vuelva a la atmosfera terrestre, ajustando el ángulo inicial del viaje, tal que se complete la órbita por detrás de la luna y su regreso.
4) Realizar los cálculos con Euler y RK2. Comparar resultados.
5) Analizar el comportamiento de la orbita lunar tanto con Euler y RK2 para grandes intervalos de tiempo (tomar varios meses de tiempo para simular que la luna complete muchas orbitas alrededor de la tierra). Explicar lo observado
6) Proponer un método alternativo de calculo que mejore lo observado en el punto 5.