

## LISTA 2: PROPULSIÓN DE COHETES

1. Halla la expresión que relaciona el cambio de velocidad experimentado por un cohete propulsado mediante la quema de combustible, con la masa inicial del cohete  $m_i$ , la masa final  $m_f$  y la velocidad de escape de masa producto de la combustión  $v_e$ .
2. Un cohete de masa total 30000 kg expulsa gas al propulsarse a un ritmo de 30 kg/s. La velocidad de escape del gas es de 3100 m/s. Calcula el cambio de velocidad experimentado por el cohete, si éste ha quemado combustible durante 1 minuto. ¿Cuál es este cambio de velocidad si disminuimos el tiempo de reacción a 30s?
3. Una nave de 5000 kg de masa orbita la Tierra a una velocidad de 7790 m/s. La nave es propulsada para alcanzar la velocidad de escape ( $\sim 12000$ ) m/s. Debido a la propulsión, la nave expulsa gas a un ritmo de 10 kg/s a una velocidad de 3000 m/s. ¿Durante cuánto tiempo debe el motor quemar combustible para llegar a esta velocidad?
4. Una nave de 20000 kg de masa (incluyendo combustible) se encuentra en órbita circular a una altura de 350 km sobre la superficie de la Tierra. Se quiere transferir la nave desde esta posición a la órbita geoestacionaria, a una altura de 35770 km. Para ahorrar el mayor combustible posible, para llegar de una órbita a la otra se realiza una transición intermedia mediante una órbita semi-elíptica (órbita de transferencia de Hoffman, ver Figura 1).
  - (a) Calcula la velocidad que debe alcanzar el cohete mediante propulsión para llegar a la órbita geoestacionaria en el punto B. ¿Qué velocidad tendrá al llegar al punto B? Sabiendo que la expulsión de masa debida a la combustión se produce a un ritmo de 25 kg/s durante 1 minuto, eyectándose a una velocidad de 2000 m/s, ¿qué cantidad de combustible se ha quemado en este proceso?

- (b) Para poner en órbita la nave en la órbita geoestacionaria, es necesario un nuevo impulso para cambiar la velocidad de la nave. Calcula, teniendo en cuenta los datos del apartado anterior, qué cantidad de combustible se ha gastado en este proceso.
- (c) ¿Qué porcentaje de la masa total de la nave ha de ser destinado a combustible?

Datos: Masa de la Tierra,  $M_{\oplus} = 5.98 \times 10^{24}$  kg. Constante de la gravitación universal,  $G = 6.67 \times 10^{-11}$  Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>. Radio de la Tierra,  $R_{\oplus} = 6370$  km.