

CIENCIA BÁSICA Y CULTURA

Boletín de Ciencias Básicas



Año 2026

Número 30

30 de abril



Entre caer y volar: la física que sostiene a los satélites

Dra. María del Pilar Aguilar del Valle

Profesora de Carrera de la Coordinación de Física y Química de la División de Ciencias Básicas

Cada que consultamos la hora en nuestro celular, seguimos las indicaciones de Google Maps para llegar a una dirección específica; también al consultar el clima, estamos utilizando objetos que se sostienen con leyes de la física. A cientos de kilómetros (km) sobre nuestras cabezas, los satélites artificiales se mueven en un rango de alturas que va desde los 160 kilómetros (km), donde la atmósfera aún ejerce su freno invisible, hasta casi 36,000 kilómetros (km) sobre la superficie terrestre. Para poner esta distancia en perspectiva, esa altura es casi tres veces el diámetro de la Tierra, lo que significa que algunos de estos "mensajeros del cielo" orbitan a una separación comparable a varias veces el tamaño completo de nuestro planeta [1].

Los satélites artificiales rodean la Tierra en un movimiento circular que parece desafiar nuestro sentido común: no caen, pero tampoco vuelan como un avión. Estos objetos se mantienen en equilibrio entre la atracción gravitacional de la Tierra y su velocidad, describiendo trayectorias que transforman la gravedad en un hilo invisible que los mantiene en el cielo.

Este artículo explora como la física clásica explica el estado intermedio entre caer y volar, se revelan los principios que permiten la existencia de la comunicación global, navegación satelital y observación del planeta.

Principio Físico: gravedad, movimiento y la forma de una órbita

El movimiento de un satélite artificial alrededor de la Tierra es el resultado de la gravitación universal y las leyes del movimiento de Newton.

En el caso de un satélite, la enorme masa de la Tierra ejerce una fuerza constante que lo jala hacia su centro.



Figura 1. Esquema ilustrativo de las principales regiones orbitales de la Tierra: LEO, MEO y HEO, mostrando la ubicación relativa de satélites según su altitud.

Matemáticamente, esta atracción se expresa mediante la ley de la gravitación universal:

$$F = \frac{G(Mm)}{r^2} \quad [1]$$

Donde F es la fuerza gravitacional en unidades de newton ($1N = 1 \frac{kgm}{s^2}$), G es la constante de gravitación universal ($6.674 \times 10^{-11} \frac{m^3}{kgs^2}$), M la masa de la Tierra ($5.97 \times 10^{24} kg$), m la masa del satélite y r la distancia entre el centro de la Tierra y el satélite artificial [3].

Es de vital importancia mencionar que el satélite no se encuentra en reposo. Al ser liberado desde un cohete, posee una gran velocidad horizontal que se mueve casi tangencial a la superficie terrestre. Si no existiera la aceleración gravitatoria, el satélite seguiría su camino en línea recta hacia el espacio. Como la Tierra atrae el satélite, su trayectoria se curva y da lugar al movimiento orbital.

Para que un satélite se mantenga en una órbita circular, la fuerza debe actuar como una fuerza centrípeta que lo obliga a seguir una trayectoria curva:

$$F = \frac{mv^2}{r} \quad [2]$$

En la ecuación [2], v es el módulo del vector velocidad orbital del satélite.

Si se igualan las ecuaciones [1] y [2]:

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{G(Mm)}{r^2}$$

Al cancelar los términos en común:

$$\frac{\cancel{m}v^2}{r} = \frac{GM(\cancel{m})}{r^2}$$

Se puede reescribir la igualdad omitiendo los términos en común:

$$\frac{v^2}{r} = \frac{GM}{r^2}$$

Obteniendo una relación que conecta la velocidad necesaria para orbitar con la distancia al centro de la Tierra r :

$$v^2 = \frac{GMr}{r^2} = \frac{GM\cancel{r}}{\cancel{r}(r)} = \frac{GM}{r} \rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

De la ecuación final, cuanto más lejos se encuentra un satélite de la Tierra, menor es la velocidad que necesita para mantenerse en órbita. Por ello, los satélites en órbitas bajas se desplazan a varios kilómetros por hora, mientras que los que se encuentran en órbitas altas, como los geostacionarios, avanzan más lentamente, aunque recorren trayectorias mucho más amplias.

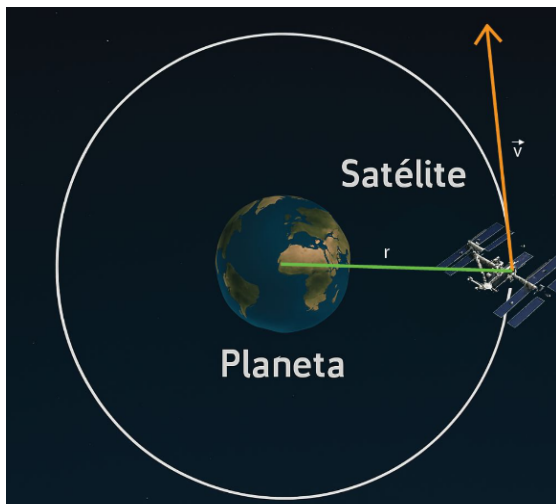


Figura 2. Representación de un satélite en órbita circular alrededor de la Tierra, mostrando la relación entre velocidad y distancia orbital.

La Estación Espacial Internacional (ISS) es un ejemplo de satélite que órbita bajo. Se mueve a unos 400 kilómetros (km) de altura y completa una vuelta alrededor de la Tierra en aproximadamente 90 minutos (min). La ISS obtiene imágenes detalladas del planeta que se usan para estudiar el clima y los efectos del cambio ambiental [2].

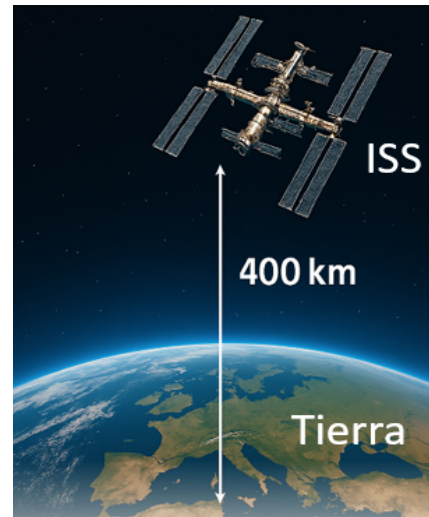


Figura 3. La velocidad del ISS es de $28,000 \frac{km}{h}$, esto significa que realiza 16 orbitas por día alrededor de la Tierra.

Mientras que los satélites que transmiten señales de televisión, internet y meteorología orbitan a unos 36,000 kilómetros (km) de altura y giran al mismo ritmo que la Tierra, por lo que parecen permanecer fijos sobre un mismo punto del ecuador [2]. Gracias a los satélites con órbita alta, es posible ver transmisiones en vivo desde otros continentes, recibir pronósticos del tiempo y mantener comunicaciones constantes.



Figura 4. Satélite en órbita geoestacionaria, utilizado para servicios de comunicación, internet y monitoreo meteorológico.

La frontera entre "caer", "orbitar" y "escapar" se describe en términos de la rapidez de escape V_e :

$$V_e = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$$

Si un objeto alcanza la rapidez de escape, su energía es suficiente para vencer la atracción gravitacional de la Tierra y alejarse indefinidamente hacia el espacio [3].

De este modo, la gravedad guía el ritmo y la velocidad traza el camino.

Aplicaciones tecnológicas: de la órbita al GPS, el clima y las telecomunicaciones

Los sistemas de navegación satelital, como el GPS, funcionan gracias a varios satélites que giran alrededor de la Tierra en órbitas medias que emiten señales de tiempo muy precisas.

Cuando tu celular o laptop recibe esas señales desde diferentes satélites, los dispositivos pueden calcular dónde estás al medir cuánto tiempo tardaron en llegar las señales; es decir, el GPS usa el tiempo y la distancia para saber tu ubicación. Aunque para ti solo es ver un punto en un mapa, en realidad detrás hay satélites moviéndose de forma muy ordenada alrededor de la Tierra.

En las telecomunicaciones, los satélites que están a unos 36,000 kilómetros (km) de altura y desde ahí reciben señales de un lugar de la Tierra y las mandan a otro. Gracias a ellos podemos ver la televisión en vivo, usar internet en lugares lejanos y comunicarnos durante emergencias con nuestra familia, después de un sismo. Aunque parecen estar quietos en el cielo, en realidad están dando vueltas alrededor de la Tierra al mismo ritmo que el planeta gira.

La observación del clima se realiza con satélites de órbita baja. Desde allí, sensores y cámaras registran la formación de huracanes, el avance de frentes fríos, deshielo de los polos y la evolución de distintos ecosistemas. Las imágenes obtenidas suelen aparecer en los noticieros y son la expresión de un sistema que combina las leyes físicas con la tecnología de vanguardia.

Extensión científica y cultural: la velocidad de escape y el horizonte de la exploración espacial

Existe un límite natural que marca la diferencia entre quedarse cerca de la Tierra o viajar hacia el espacio. Ese límite se conoce como velocidad de escape V_e .

En la superficie terrestre, la velocidad de escape es aproximadamente de 40,000 kilómetros por hora (km/h). Alcanzar esa velocidad es una muestra del enorme esfuerzo que implica salir al espacio. Cada lanzamiento de un cohete es una carrera contra la gravedad de la Tierra.

Lo que antes solo existía en novelas de ciencia ficción, en tiempos modernos son una realidad: las misiones a la Luna y otros planetas apoyados de las matemáticas por medio de las ecuaciones y la ciencia de los materiales e ingeniería para la construcción de motores desarrollados.

Así, la humanidad ha encontrado en la ciencia una forma de mirar más lejos y de extenderse más allá de la Tierra.



Figura 5. La frontera entre caer, orbitar y escapar. La gravedad de la Tierra y la velocidad inicial del objeto determinan si este regresa al planeta, permanece en una trayectoria orbital o se aleja hacia el espacio.

Referencias:

- [1] International Telecommunication Union. (2018). Satellite Monitoring: *Introduction on Satellite Monitoring* [presentación PDF]. ITU.
- [2] National Aeronautics and Space Administration. (s. f.). *International Space Station (ISS)*. <https://www.nasa.gov/reference/international-space-station/>
- [3] Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Physics for Scientists and Engineers* (9th ed.). Cengage Learning.
- [4] Microsoft. (2026). Microsoft Copilot: Image generation tool [Herramienta de inteligencia artificial]. <https://copilot.microsoft.com/>