

SATÉLITES DE COMUNICACIÓN Y GPS

Luis Pardillo Vela <https://fisicayquimicaluis.wixsite.com/esoybach>

7/10/2025

El físico y matemático Arthur Clarke, fue un científico visionario del futuro, autor de numerosas divulgaciones científicas, libros de ciencia ficción y autor del guion, junto a Stanley Kubrick, de la película "2001: una odisea del espacio".

En octubre de 1945, publicó en la revista británica *Wireless World*, un artículo técnico en el que describía, con cálculos, gráficos y esquemas, la idea de poner satélites en órbitas geoestacionarias para las comunicaciones globales. Dedujo que con un sistema formado por **tres satélites geoestacionarios con 120° de diferencia**, se podía cubrir prácticamente la comunicación entre toda la Tierra.

Esa publicación la hizo **12 años antes** del primer lanzamiento al espacio de un satélite artificial, el Sputnik 1, puesto en órbita por la Unión Soviética el 4 de octubre de 1957, y **19 años antes** del primer satélite geoestacionario, el Syncom 3, lanzado en agosto de 1964 por Estados Unidos.

En su honor las orbitas geoestacionarias se conocen como Orbitas Clarke, y el conjunto de satélites artificiales en esa órbita se conoce como Cinturón Clarke.

Antes del uso de los satélites, las transmisiones de radio estaban limitadas por la curvatura de la Tierra, ya que muchas de las ondas de radio solo podían propagarse en línea recta, dentro del alcance visual de antena a antena. **Las ondas de baja frecuencia, como las de AM, podían reflejarse en la ionosfera** y alcanzar entre 2.000 y 4.000 km, dependiendo de las condiciones ambientales. En cambio, las ondas de radio FM y las señales de TV no se reflejan en la ionosfera, por lo que requieren transmisión en línea directa. Por ello, las antenas de TV deben orientarse hacia repetidores cercanos, hoy en gran parte sustituidos por el cable o vía satélite.

La propuesta de **Clarke**, para las comunicaciones por radio y televisión, podían cubrir toda la Tierra con los tres satélites geoestacionarios, situados a intervalos de 120° sobre el ecuador, en una órbita a 35.786 km sobre el nivel de mar, ya que a esa altura el período de rotación de un satélite es de 24 horas, por lo que giraría en sincronía con la Tierra. Y si el plano de su órbita coincide con el del ecuador terrestre, el satélite permanecerá, en apariencia, inmóvil respecto a un punto fijo del planeta, **siendo esto precisamente la definición de órbita geoestacionaria**.

Clarke dedujo que en dichos satélites podría instalarse una estación equipada con sistemas de recepción y transmisión, funcionando como repetidor de señales entre dos puntos abarcando prácticamente toda la Tierra con solo tres satélites distribuidos equidistantemente.

Pero vamos ya con la historia real de los satélites hasta llegar a la culminación de los pronósticos de Arthur Clarke.

1957 - 4 de octubre: Sputnik 1 (URSS). Fue el **primer satélite artificial** de la historia. Una esfera de 58 cm de diámetro y 83 kg que emitía una señal de "bip-bip" audible por radioaficionados de todo el mundo. Su lanzamiento sorprendió a EEUU y marcó

el inicio de la Carrera Espacial. Su misión principal era estudiar las capas altas de la atmósfera y la propagación de las señales de radio.

1957 - 3 de noviembre: Sputnik 2 (URSS). 508 kg, un cono de 4 m de alto y 2 m de base. Famoso por llevar a la **perra Laika**, el primer ser vivo en órbita. Su misión fue estudiar la capacidad de supervivencia de un organismo vivo en el espacio, aunque en esa época no se había desarrollado aún la tecnología para traerla de vuelta a la Tierra. Murió por sobrecalentamiento de la cápsula.

1958 - 31 de enero: Explorer 1 (EEUU): 14 kg. Cilindro de 2 m de alto y 16 cm de base. **Primer satélite exitoso de Estados Unidos.** Equipado con instrumentos científicos, confirmó la existencia de los **cinturones de radiación de Van Allen** alrededor de la Tierra, un descubrimiento fundamental para la física espacial y la necesidad de una protección especial de los satélites que circulen por esa zona.

1958 - 17 de marzo. Vanguard 1 (EEUU). Esfera de 16,5 cm de diámetro y 1,5 kg. Demostró la viabilidad de la energía solar en el espacio. Aunque sus transmisores alimentados por batería se apagaron a los tres meses, un pequeño transmisor alimentado por energía solar estuvo funcionando 6 años, sentando las bases para la autonomía energética de los satélites modernos. Sigue en órbita, pero sin utilidad.

1958 - 18 de diciembre: Project SCORE (EEUU). Primer satélite de comunicaciones de la historia. Era un satélite "pasivo" en el sentido de que primero grababa y luego retransmitía, no procesaba la señal en tiempo real. Transmitió un mensaje navideño al mundo grabado por presidente de EE. UU Eisenhower

1960 - 1 de abril: TIROS-1 (EEUU.). Primer **satélite meteorológico** con éxito.

Envío las primeras imágenes de la Tierra desde el espacio, revolucionando la predicción del tiempo y el estudio de los patrones climáticos.

1962 - 10 de julio: Telstar 1 (EEUU): Fue el **primer satélite de comunicaciones "activo"**, es decir, transmitía televisión en vivo, llamadas telefónicas y faxes a través del Atlántico, marcando un hito en las telecomunicaciones globales. Demostró la viabilidad de los satélites *activos*, aunque su vida útil fue corta, 6 meses, como la de otros satélites que fueron afectados por la radiación provocada el 9 de julio por una bomba atómica detonado por EEUU a 400 km de altura en una prueba experimental.

1964 - 19 de agosto: Syncom 3 (EEUU): **El primer satélite geoestacionario funcional.** Este satélite permitió la primera transmisión en vivo de televisión transpacífica, las Olimpiadas de Tokio de 1964 a EEUU, consolidando **la órbita geoestacionaria como la ideal para las telecomunicaciones.**

Fue la culminación de la predicción de Clarke para la comunicación vía satélite, completada en 1967 con la tríada de satélites, los Intelsat. El I cubría el Atlántico, el II el Pacífico y el III Asia y el Índico, quedando solo los polos fuera de cobertura.

En los años siguientes, el número de satélites en órbita creció de forma extraordinaria hasta llegar a la situación actual, y no solo en el ámbito de las **telecomunicaciones**. Progresivamente se desarrollaron satélites **meteorológicos**,

observación de la Tierra, no solo con aplicaciones de estudio geográfico, sino con aplicaciones muy diversas: **rastreo de contenedores y carga por parte de empresas navieras**, **monitoreo de la fauna salvaje** mediante collares con transmisores satelitales para el estudio de las migraciones, **seguimiento de barcos y aeronaves en regiones sin cobertura de radar terrestre**, **vigilancia de volcanes y terremotos desde el espacio**, **gestión de catástrofes y emergencias naturales**, o **información meteorológica** no solo para la predicción del tiempo, sino también para el **seguimiento en tiempo real de fenómenos extremos como huracanes, tormentas severas, olas de calor, incendios forestales o inundaciones**, **el internet global**, y **navegación por GPS**.

Gracias a estos satélites, es posible tomar decisiones rápidas y coordinadas ante situaciones de riesgo mejorando la seguridad global en múltiples niveles.

¡Ah! También están los satélites espías, la mayoría camuflados con doble uso.

A fecha de octubre de 2025, y desde el **Sputnik 1**, **se han puesto en órbita unos 14.400 satélites**, de los cuales aproximadamente unos **11.450 están activos**.

Al terminar su vida útil, los satélites disponen de una **reserva de combustible** para evitar que se conviertan en basura espacial peligrosa. **Los satélites en órbita baja suelen utilizar ese combustible para frenar y caer a la atmósfera**. Los más pequeños se desintegran por completo durante la reentrada, mientras que los más grandes requieren un reingreso controlado, de modo que los fragmentos que sobrevivan al reingreso en la atmósfera caigan en lugares deshabitados, normalmente al **Sur del Océano Pacífico**. **En cambio, los satélites situados en órbitas muy altas, como la geoestacionaria (GEO), no pueden ser dirigidos hacia la Tierra porque el combustible necesario es mucho mayor**. En estos casos se trasladan a lo que se llama **órbita cementerio**, una órbita unos 300 km de la órbita geoestacionaria, donde quedan fuera del espacio de trabajo de los satélites activos y sin riesgo de colisión.

Hay que señalar que un satélite, una vez que alcanza su órbita deseada, ya no necesita combustible para "flotar" o mantenerse en su órbita. Permanece en ella debido al **equilibrio entre la atracción gravitacional y su velocidad orbital, que es constante ya que prácticamente no hay rozamiento**.

Sin embargo, para **mantener una órbita precisa y estable** a lo largo del tiempo, todos los satélites necesitan realizar **correcciones esporádicas**, por deriva debido a diferentes factores, y estas correcciones sí requieren combustible, siendo éste el **factor principal que determina su vida útil operativa**, **cuando acaba el combustible disponible**, **excepto** el correspondiente a la **"reserva de combustible"** que se ha de utilizar para la operación final de regreso o envío a la órbita cementerio.

Starlink, el servicio de internet satelital creado por SpaceX (empresa de Elon Musk), opera más de 7.800 satélites, lo que representa casi el 70 de todos los satélites activos del mundo. El crecimiento ha sido tan explosivo que en 7 años pasó de 800 satélites activos globalmente en 2018, a más de 7.800 en 2025.

Pero también tenemos mucha **basura espacial**, hay infinidad de fragmentos de satélites, estando catalogados más de **34.000 objetos** mayores de 10 cm, y se cree cerca de **un millón** de piezas de 1-10 cm y más de **130 millones** menores de 1 cm.

La NASA afirma que "quizá algún día en el futuro, habrá enviar camiones de basura espaciales" para limpiar la zona.

¿Y cómo funciona el GPS? Su funcionamiento consta de tres partes principales:

1- Una constelación de al menos 24 satélites que orbitan la Tierra. Cada uno lleva relojes atómicos muy precisos y emite continuamente señales de radio que incluyen su posición y la hora exacta en que se envió la señal.

2- Una red global de estaciones en tierra supervisa el estado de los satélites, corrige cualquier desviación en sus órbitas o relojes y actualiza la información que estos transmiten.

3- Tu móvil o navegador GPS recibe simultáneamente las señales de varios satélites. Al medir el tiempo que tarda en llegar cada señal y conocer la posición del satélite que la emitió, el dispositivo calcula la distancia a cada uno.

Con la distancia de al menos **cuatro satélites**, determina tu posición exacta (latitud, longitud y altitud) mediante un proceso llamado **trilateración** (este modelo solo usa distancias, mientras que la triangulación usa distancia y ángulos).

El GPS del móvil o del navegador es un receptor pasivo: "escucha" las señales de los satélites para calcular su posición y mostrártela en un mapa. **El GPS no transmite tu localización a nadie por sí mismo.** Solo las aplicaciones a las que das permiso de ubicación pueden acceder a esa posición y, en algunos casos, enviarla por internet a servidores remotos, como ocurre con Google Maps, WhatsApp o las redes sociales.

En caso de emergencia o investigación policial, la localización suele determinarse principalmente mediante las torres de telefonía móvil (a través de las cuales el móvil se conecta a la red), las redes Wi-Fi cercanas, si están disponibles, y las aplicaciones de internet, si el móvil tiene datos activos y se han dado permisos de ubicación.

En resumen, el GPS del móvil o del navegador es un **receptor pasivo**: solo "escucha" las señales de los satélites, son las aplicaciones que usas y has dado permiso de ubicación las que si pueden conocer tu ubicación.

Y termino con una noticia sobre satélites de septiembre de 2025: El Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) con el apoyo del Cabildo de Tenerife y un presupuesto de 21,3 millones de euros, pondrá en órbita una constelación de 8 satélites, de entre 20 y 30 kg, en órbitas de baja altura (LEO) entre 450 y 700 km, con una vida útil para cada uno de unas 20.000 vueltas alrededor del Tierra. La constelación estará en pleno funcionamiento en 2028 y permitirá actuar con anticipación ante incendios, vertidos o cualquier emergencia natural o antropogénica, mejorar la planificación agrícola, el uso del agua, el control de zonas forestales y urbanas entre otras.

El proyecto, fabricación y puesta en órbita, es con tecnología desarrollada por el IAC, y cubrirá en su primera fase las islas de Tenerife, La Palma, La Gomera y El Hierro.