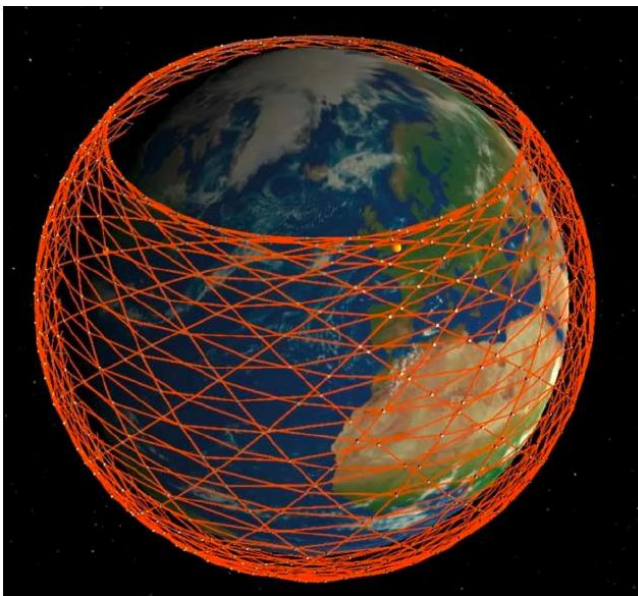




## Telefonía móvil e Internet vía satélite – La parrilla de radiación desde arriba

Elon Musk no solo es el jefe del conocido fabricante de coches eléctricos Tesla, sino también un exitoso "multiempresario" y, entre otras cosas, fundador de la empresa espacial "SpaceX". SpaceX se ha establecido ahora como la principal empresa comercial de lanzamiento de cohetes, especialmente para el transporte de satélites en órbita. ¿Qué podría ser más obvio que instalar una red de satélites para comunicaciones móviles globales en órbita, llamada "Starlink"?



Como todo lo que Elon Musk aborda, Starlink también se comercializa de manera muy eficaz al público y siempre es bueno para los titulares sensacionales. Starlink cubrirá inicialmente el globo con 12.000 a 14.000 satélites LEO (Low Earth Orbit). Esto hace que Starlink sea ya el mayor operador de satélites comerciales. Además, se prevé la solicitud de otros 30.000 satélites.

Con cada lanzamiento de un cohete SpaceX Falcon 9, se pondrán en órbita 60 satélites Starlink. La nave estelar, la mayor sucesora del cohete Falcon 9, llevará 400 satélites Starlink en órbita en cada vuelo.

Fig. 1: Animación por ordenador de la red Starlink, [1].

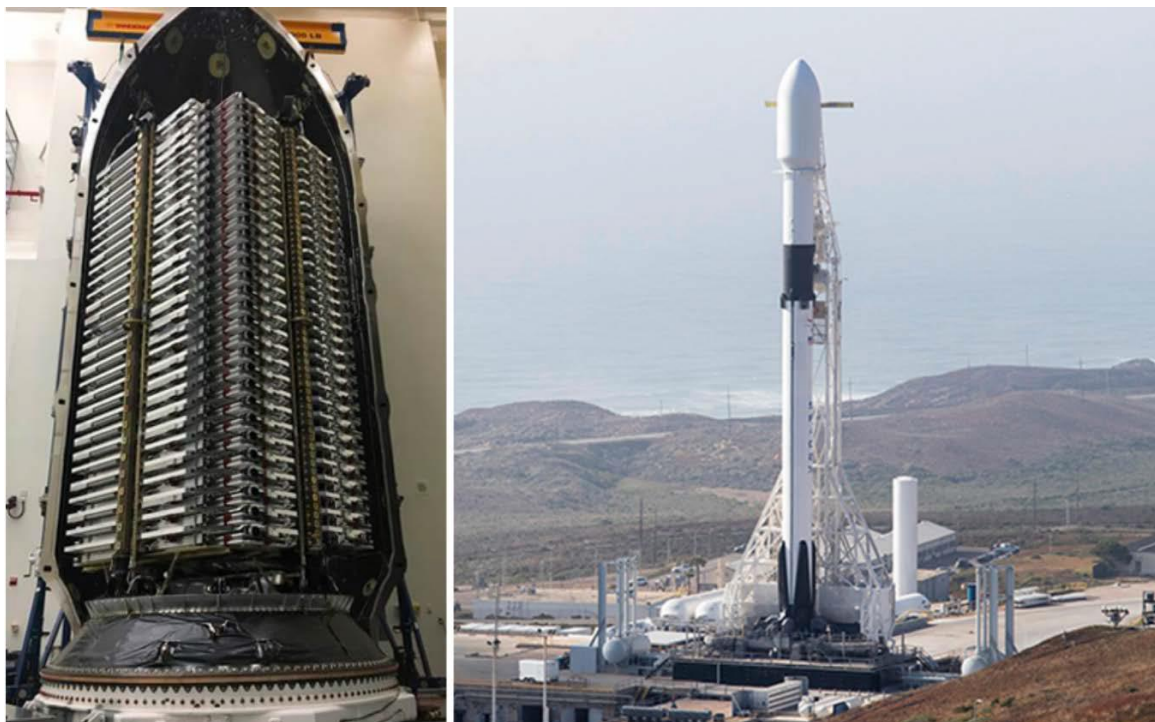
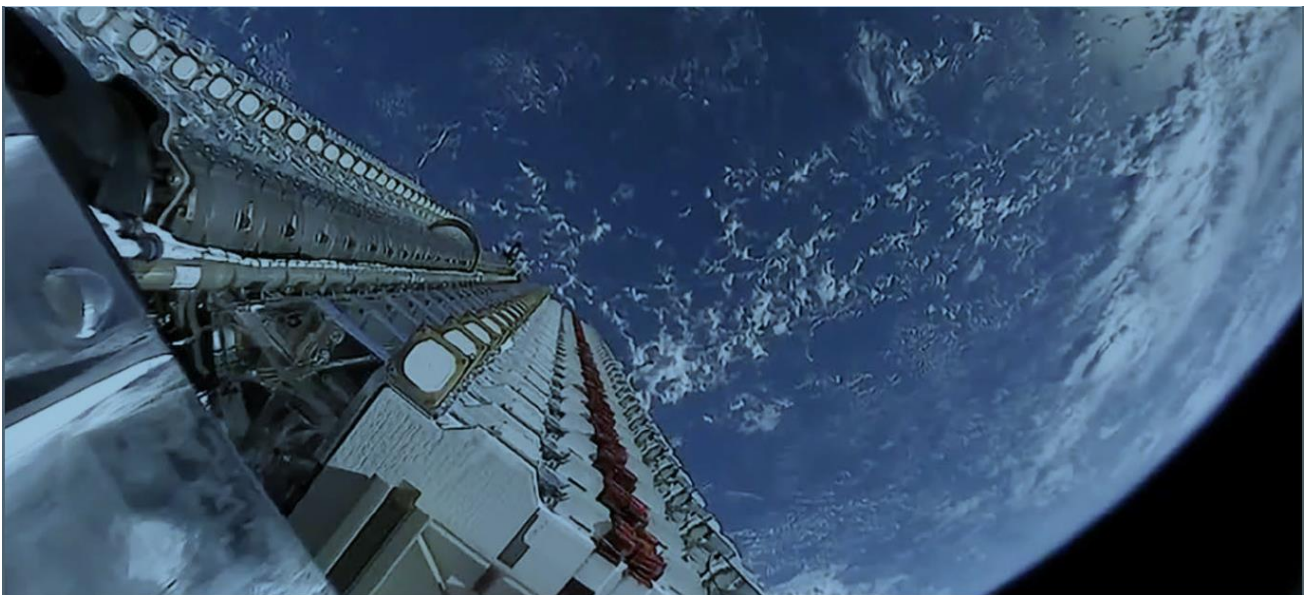


Image credit: SpaceX/Elon Musk

Fig. 2: El cohete SpaceX Falcon 9 con dos baterías de 30 satélites Starlink cada una [2]



**Fig. 3:** Lanzamiento de satélites Starlink (Imagen: SpaceX, citado en [3])



**Fig. 4:** Las dos baterías de satélites Starlink, listas para ser lanzadas en órbita (Imagen: SpaceX, citado [4])



**Fig. 5:** Satélites Starlink en órbita [5]. Su silueta recuerda fuertemente al monolito de la legendaria película de ciencia ficción de Stanley Kubrick "2001: Odisea del Espacio" de 1968.



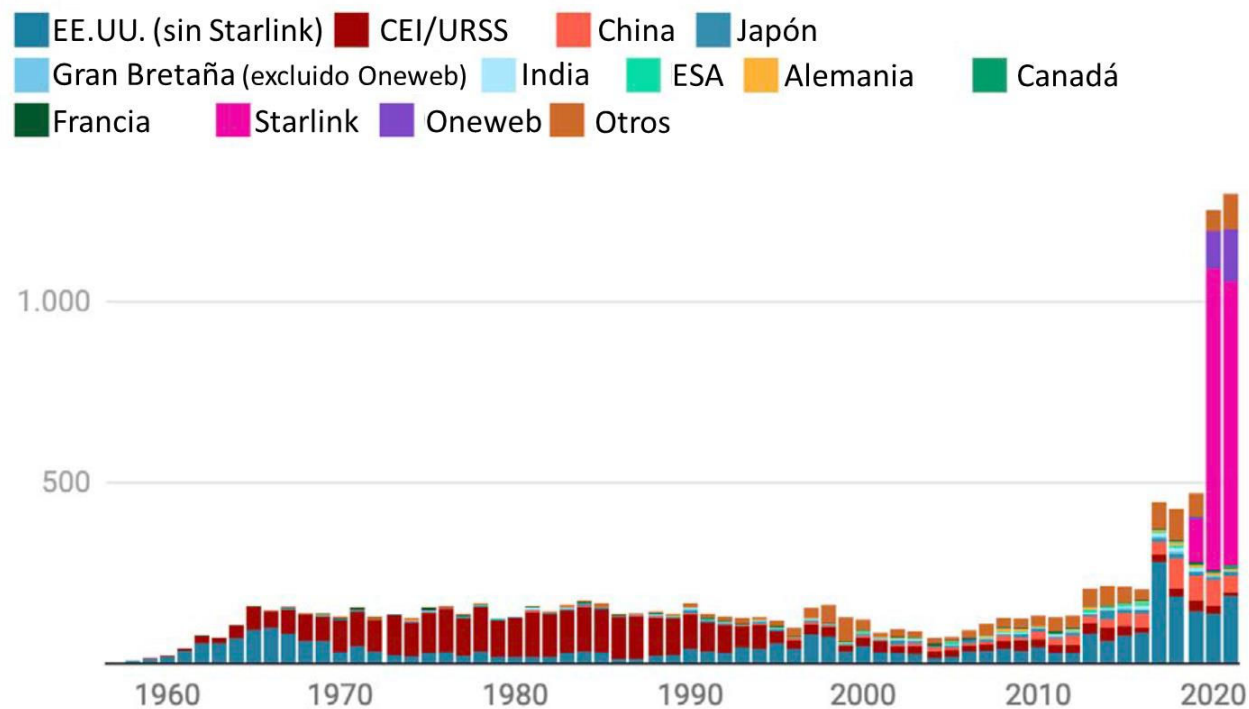
Debido a su órbita en la órbita terrestre más baja (LEO), los satélites se mueven a una velocidad relativamente alta, por lo que el "período de visibilidad" de un solo satélite en la superficie terrestre es muy corto. Por lo tanto, es necesario un traspaso a un satélite de seguimiento aproximadamente cada 15 minutos. Esto significa un considerable esfuerzo de control y administración del sistema de satélites.

Un video con animaciones ilustrativas de Starlink se puede encontrar en [1], más detalles en [6], [7] y [8].

El rápido crecimiento de los lanzamientos de satélites a través de Starlink puede observarse en el gráfico de la Fig. 6.

## Satélites artificiales lanzados

(sin piezas de cohetes ni basura espacial)



Gráficos: Martin Holland/heise online • Fuente: [CelesTrak](#) • [Daten herunterladen](#) • Creado con [Datawrapper](#)

Fig. 6: Satélites artificiales lanzados desde 1960 hasta 2020 [9] y [10].

### Crítica general a Starlink

El enorme número de satélites LEO en órbitas relativamente bajas, como los utilizados en proyectos como Starlink, ha suscitado una serie de críticas y preocupaciones.

#### Luces de hadas en el cielo nocturno

Aunque relativamente pequeños, los satélites Starlink pueden observarse a menudo desde la superficie terrestre a simple vista (Fig. 7, [4] y vídeo explicativo de fácil comprensión [11]). Se teme que, con el enorme número de satélites LEO previsto, el cielo estrellado quede eclipsado ([12], [13]). Por ello, los futuros satélites Starlink dispondrán de una superficie oscura ("Darksat", [14]).

#### Preocupación por las interferencias con la radioastronomía y la astronomía óptica

*En vista de las constelaciones previstas de miles de satélites, los/as radioastrónomos/as también están preocupados por sus investigaciones. Sin embargo, existe un remedio posible.*



Fig. 7: Cadena de luces de los satélites Starlink visibles a simple vista sobre una ciudad alemana [11].

*Starlink & Co. ya no solo causan inquietud en la astronomía óptica y entre los observadores de estrellas, los/as radioastrónomos/as también temen restricciones. Un estudio elaborado para el proyectado radiotelescopio gigante SKA concluye ahora que la red de SpaceX por sí sola podría tener un impacto significativo en los trabajos de investigación previstos. Constelaciones significativamente mayores podrían hacer completamente imposibles ciertas observaciones, prosiguen. Según el informe, se ve afectado un rango de una banda de frecuencias que está explícitamente protegido en tierra, pero no en el espacio.*

*SpaceX comenzó a construir una red de satélites en la primavera de 2019 que pretende proporcionar a regiones remotas de la Tierra acceso a Internet a bajo coste. Starlink pretende replicar una estructura de red completa en el espacio, y otras empresas quieren seguir su ejemplo, como Amazon con el Proyecto Kuiper. Cuentan con miles de satélites cada una, solo SpaceX tiene permisos (de EE.UU.) para casi 12.000 satélites. Sin embargo, los/as astrónomos/as dieron la voz de alarma cuando las huellas de los primeros satélites ya habían inutilizado las imágenes astronómicas. SpaceX respondió a las críticas e hizo los satélites menos reflectantes. ("Darksat" [14])*

*Con los operadores del proyectado telescopio gigante SKA (Square Kilometre Array), los/as radioastrónomos/as advierten ahora también de que su trabajo podría verse afectado por las redes de satélites. Sin embargo, también formulan medidas que podrían reducir drásticamente estos efectos. La llamada banda de frecuencias 5b, entre 8,3 y 15,4 GHz, en la que no solo escuchan las antenas de radio, sino que también los satélites transmiten datos a la Tierra, se ve afectada. Si los operadores no la modifican, "probablemente" toda la banda se vería afectada: con unos 6.400 satélites previstos inicialmente, las observaciones aquí tendrían que durar un 70 % más, dicen. Con 100.000 satélites, la banda de frecuencias dejaría de ser rastreable.*

#### Enormes telescopios en varios continentes

*El Square Kilometre Array es una red de telescopios que algún día se convertirá en la mayor instalación científica del mundo. Según los planes, cientos de espejos parabólicos y miles de antenas individuales se erigirán e interconectarán a lo largo de cientos de kilómetros en Australia y Sudáfrica. Con una resolución significativamente mejor, el objetivo es buscar señales que se originaron en los albores del universo. Además, se investigarán cuestiones fundamentales de la astrofísica, como la teoría de la relatividad, la materia oscura, la energía oscura y la posible vida extraterrestre. En Sudáfrica, el área del telescopio previsto es una Zona de Calidad Radioeléctrica (RQZ), en la que normas estrictas protegen el espectro radioeléctrico de interferencias.*

*Según explican ahora los operadores, la banda de frecuencias afectada contiene, entre otras cosas, las líneas espectrales de "moléculas prebióticas complejas". En la búsqueda de vida extraterrestre, se buscarían exactamente estas, entre otras cosas. Sin embargo, con varios miles de satélites, habría que observar cada vez más tiempo para compensar las interferencias. En algún momento, sin embargo, eso ya no sería posible.*

*Pero eso en sí mismo dificultaría la investigación, porque habría menos tiempo para otros objetivos de observación.*

*Sin embargo, operadores como SpaceX podrían reducir el problema ordenando a los satélites que no radien zonas como las que rodean al SKA. De todos modos, no hay ningún incentivo para hacerlo, ya que la normativa no permite allí ninguna infraestructura terrestre, afirman los operadores. En total, las restricciones podrían así reducirse en un factor de 10, por lo que inicialmente las observaciones solo tendrían que ampliarse en torno a un 7 % cada vez.*

*Los operadores del SKA son optimistas y creen que encontrarán soluciones dialogando con SpaceX & Co. Al mismo tiempo, apuntan a nuevos análisis que actualmente se dedican a otros posibles problemas, por ejemplo, las reflexiones de señales terrestres en los satélites, ya que también son motivo de preocupación en la astronomía óptica. [15], para más información véase también [16].*

#### Basura espacial al "final de la vida" de los satélites

Dado que los satélites LEO Starlink, en comparación con los "grandes" satélites geoestacionarios (GEO) en la órbita más alta, diseñados para una larga vida útil, tienen una vida útil significativamente más corta, la cuestión de la "eliminación" y los "desechos espaciales" también desempeña un papel importante [17].

Los satélites GEO, por ejemplo, no se bajan al final de su "vida útil" en la "órbita cementerio" especialmente creada sobre la órbita geoestacionaria, sino que se "elevan" y esperan allí el final de los tiempos, para esta última maniobra hay que mantener en depósito las reservas de combustible adecuadas. Para los satélites LEO Starlink, en cambio, sólo existe el "camino hacia abajo"; esperan ser incinerados en el crematorio de la atmósfera terrestre.

Para garantizar que los satélites Starlink desciendan realmente de nuevo a la Tierra tras su "fin de vida" y no permanezcan en órbita como "cadáveres" durante mucho tiempo, las órbitas se redujeron drásticamente a unos 570 km en lugar de la altitud originalmente prevista de más de 1.100 km [18].

#### Cuasi colisiones con satélites

*Cuando dos satélites se acercan más de un kilómetro en órbita, se considera que han estado a punto de colisionar. Su número se ha duplicado desde que se construyó Starlink.*

*Los satélites Starlink de SpaceX ya están implicados en alrededor del 50 % de los encuentros cercanos en órbita terrestre. Así lo informa la revista estadounidense Space, citando a un experto de la Universidad de Southampton. A partir de datos públicos sobre las órbitas de los satélites, Hugh Lewis ha calculado que ya se producen más de 3.000 encuentros de este tipo a la semana. Estos se definen como pasos de satélites a una distancia inferior a un kilómetro entre sí. El jefe del Grupo de Búsqueda de Astronáutica de la universidad británica ha calculado que un satélite de SpaceX está implicado en aproximadamente la mitad de ellos. E inevitablemente habrá más. Dado que la evitación de colisiones sigue requiriendo mucho trabajo manual, el peligro aumenta enormemente.*

*Lewis se refiere a una base de datos del catálogo estadounidense CelesTrak sobre esas órbitas cercanas potencialmente peligrosas de dos satélites que pasan uno junto al otro. Aunque una distancia de un kilómetro no parece necesariamente una colisión inminente, las imprecisiones en las órbitas de los satélites son enormes: las órbitas reales pueden desviarse hasta 100 metros, afirman. Según Lewis, el número de estos cuasi accidentes ha aumentado significativamente desde que Starlink comenzó a construirse, y sin el proyecto el crecimiento sería marginal. En total, espera que los satélites de SpaceX estén implicados en el 90 % de esas cuasi colisiones una vez concluida la fase inicial de construcción de Starlink.*

*Es probable que las cifras de Lewis aviven aún más las críticas a las megaconstelaciones. Después de todo, SpaceX no es la única empresa que planea lanzar miles de satélites al espacio para conectarse a Internet. En total se han anunciado decenas de miles de satélites. Hace sólo unas semanas, la Agencia Espacial Europea calificó de intolerable el desarrollo de la órbita terrestre y advirtió de los peligros. Incluso una sola colisión podría tener consecuencias dramáticas, ya que podría crear una gran cantidad de escombros y desencadenar una reacción en cadena imparable. Lewis añade que SpaceX sólo lleva dos años operando satélites y ya es el mayor del mundo, por lo que existe "cierta inexperiencia". Sólo en primavera hubo fuertes críticas por la forma en que la empresa estadounidense gestionó una cuasi colisión." [3]*

Este tema también se trata en el vídeo de Youtube "The Space Debris Problem" [19].

## Radiación de alta frecuencia de los satélites de comunicaciones

Un aspecto central de preocupación, sin embargo, suelen ser las inmisiones de las ondas electromagnéticas de alta frecuencia emitidas por los satélites. En Internet se pueden escuchar o leer temores como: "Nos están asando desde arriba con la radiación de los satélites, ¡especialmente con Starlink!"

### Esto existe desde hace mucho tiempo: teléfono e Internet vía satélite

Durante varios años o incluso décadas ha habido más de 30 proveedores de servicios de telecomunicaciones por satélite (véase [20]). Los sistemas establecidos son, por ejemplo

- Inmarsat: 2 satélites GEO, desde 1983 [21],
- Iridium: 66 satélites LEO a 780 km de altitud. Tras el inicio de las operaciones en septiembre de 1998, Iridium dejó de estar disponible comercialmente en marzo de 2000; en marzo de 2001, se continuó la operación comercial [22],
- Thuraya GEO (*Thuraya Satellite Telecommunications Company*): 3 satélites geoestacionarios. "La antena tiene un diámetro de 12 metros. Debido al tamaño de la antena y a una fuerte potencia de transmisión, así como a una alta sensibilidad de recepción, los teléfonos móviles pueden ser relativamente pequeños. Una antena direccional con un pequeño ángulo de apertura como en la red Inmarsat no es necesaria. Basta con orientar la antena en la dirección del satélite". [15]
- skyDSL desde 1999 [24],
- STARDSL [25].

Mientras que Inmarsat, Iridium y Thuraya están (casi) disponibles a nivel mundial, skyDSL y STARDSL son una alternativa limitada para el suministro de Internet en Alemania, si no se dispone de una infraestructura DSL terrestre satisfactoria a través de VDSL/IP, fibra óptica o telefonía móvil. En Austria y en más de 60 países, el SOSAT dsDSL está disponible en varias variantes para diferentes grupos de usuarios/as [26].

Otros múltiples sistemas de satélites se encuentran en la fase de planificación o de prueba, he aquí algunos ejemplos:

# O3B

O3B Networks  
(SES):

Destinado a acceso a Internet y servicios de telecomunicaciones a 3.000 millones de personas en zonas menos conectadas del mundo cerca del ecuador. Se trata de satélites MEO (Órbita Terrestre Media) a una altitud de 7.825 km. Los primeros cuatro satélites fueron lanzados en 2013, seguidos de otros cuatro lanzamientos con cuatro satélites cada uno en el período 2014 - 2019.

La segunda generación de satélites "O3b mPower" será "lanzada" en grupos de 7 a partir de 2021.

# TELESAT

Telesat LEO

Un primer satélite de prueba fue lanzado en 2018, orbitando a una altitud de aproximadamente 1.000 km. Se prevé un total de 292 satélites LEO en la fase final de desarrollo, posiblemente 512.

# BOEING

Constelación de banda V: Se han planificado entre 1.396 y 2.956 satélites LEO.

# OneWeb

Constelación de satélites OneWeb: Originalmente se planificaron 882 satélites, pero su número se redujo a 600 por razones financieras. Los primeros 6 satélites de prueba fueron lanzados en 2019, otros 68 a principios de 2020 (orbitan a una altitud de 1.200 km).

*A finales de marzo de 2020, sin embargo, la empresa se declaró se declaró insolvente y solicitó la protección por quiebra en virtud del capítulo 11 de la ley de insolvencia de los Estados Unidos. No estaba claro hasta qué punto los planes anteriores podían seguir realizándose. El 2 de octubre de 2020, el Tribunal de Quiebras estadounidense confirmó el plan de reorganización de OneWeb y en diciembre de 2020, la empresa sucesora lanzó 36 satélites más. [27]*

Aunque los sistemas de satélite mencionados también se dirigen a usuarios/as particulares de radiocomunicaciones móviles en zonas ya bien servidas como clientes, están pensados principalmente para servir a la cobertura en tierra de regiones remotas y aisladas con escasa o nula cobertura de radiocomunicaciones móviles, así como a la cobertura de radio para barcos y aeronaves. Las empresas y las autoridades públicas, en particular, también se mencionan como grupos destinatarios.

Los sistemas de satélites suelen servir como "backhaul" o "columna vertebral", es decir, conectan partes de redes más amplias entre sí y no se comunican directamente con los/as abonados/as individuales. Un escenario típico en áreas remotas sin acceso a Internet a través de cable de cobre, fibra óptica o enlaces de radio terrestres es la conexión de estaciones base de telefonía, que de otra manera estarían aisladas, a la red superior. Esto también se aplica a la integración en los futuros sistemas 5G.

Las explicaciones de los capítulos siguientes se basan en la contribución "Mobilfunk per Satelit: Wunsch und Wirklichkeit" (Telecomunicación por satélite: deseo y realidad) de la Dra. Marta Martínez-Vázquez en las actas de la 10ª Conferencia EMV 2019 de la Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V. (Asociación profesional de especialistas en bioconstrucción en Alemania). [28]. Para un examen a fondo se recomienda esta contribución como bibliografía base.

### 5G NR: El primer sistema de telefonía con interfaz integrada para telefonía por satélite

Como ya se ha mencionado, desde hace algún tiempo existe toda una gama de sistemas de telefonía basados en satélites. Sin embargo, son independientes de los sistemas de telefonía terrestre 2G a 4G.

5G NR es ahora el primer sistema de telefonía que proporciona el uso de los satélites de comunicación como una parte integral.

Para las comunicaciones por satélite en el ámbito de la 5G NR, las principales aplicaciones se enumeran en la Fig. 8.



Fig. 8: Principales aplicaciones del 5G vía satélite [28] (Presentación PowerPoint)

### Equipos terminales para la comunicación por satélite

Para la utilización de los sistemas de satélites se requieren teléfonos o terminales especiales desarrollados para el sistema respectivo. Originalmente, esto requería terminales con antenas bastante grandes. Sin embargo, muchos teléfonos por satélite son ahora apenas más grandes o aparatosos que los teléfonos inteligentes terrestres habituales para las comunicaciones móviles 2G - 5G, pero a menudo tienen antenas ligeramente más grandes y más llamativas (ver Figuras 9 y 10). Se les aplican las mismas tasas de absorción específicas (SAR), que deben observarse como en el caso de los teléfonos móviles terrestres inteligentes. Debido a la gran distancia y a la alta atenuación del trayecto atmosférico en las frecuencias superiores a 10 GHz, la intensidad del campo de recepción en la superficie terrestre es muy baja. En consecuencia, el funcionamiento solo es posible en el exterior y no en el interior de los edificios sin una antena exterior (similar a la recepción de los satélites de televisión).





**Fig. 9:**

Dispositivo de comunicación por satélite para la comunicación de datos y voz con una antena más grande y remota que debe estar alineada con el satélite (Inmarsat). [29]



**Fig.10:**

Teléfonos por satélites, de izquierda a derecha:

- IsatPhone Pro/Inmarsat  
170 mm x 54 mm x 39 mm, 279 g, valor SAR: 1,6 W/kg en la cabeza [28], [29];
- Iridium 9555 [29];
- Thuraya XT [29];
- Thuraya X-5 Touch Android  
145 mm x 78 mm x 24 mm, 262g, valor de SAR: 1.865 W/kg en la cabeza (fuente: Thuraya, citado en [28])

### **Las tres órbitas de los satélites: LEO, MEO, GEO/GSO**

Los satélites están situados en órbitas definidas en ciertos rangos de altitud alrededor de la Tierra (ver Fig. 11 y Tabla 1).

Las órbitas más importantes para las aplicaciones de los satélites son la órbita geosincrónica (GSO = Geosynchronous Orbit), su forma especial, la órbita geoestacionaria sobre el ecuador (GEO = Geostationary Earth Orbit), la órbita terrestre media (MEO = Medium Earth Orbit) y la baja (LEO = Low Earth Orbit).

Los satélites GEO a una altitud de 39.500 km sobre el ecuador se mueven exactamente con la rotación de la Tierra y, por lo tanto, parecen estacionarios en relación con la superficie terrestre; la alineación entre la estación terrestre y el satélite es, por lo tanto, fija y no necesita ser reajustada. Un solo satélite GEO puede cubrir hasta el 34 % de la superficie terrestre, por lo que se puede lograr una cobertura casi global con solo tres satélites.



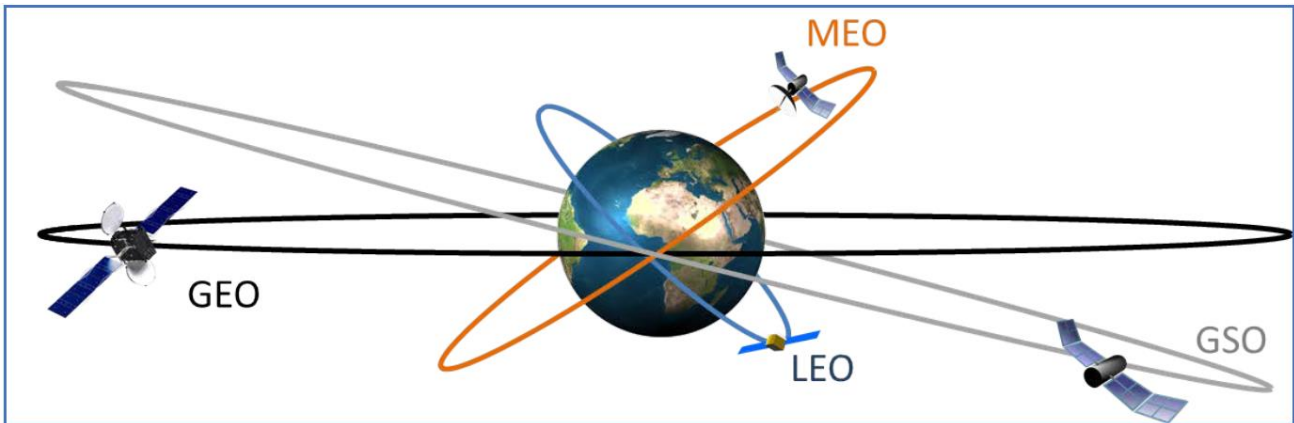


Fig. 11: Órbitas LEO, MEO, GEO/GSO [20]

Las alturas entre 1.200 y 3.000 km no se utilizan en la medida de lo posible debido a los altos niveles de radiación en el Cinturón interior de Van Allen<sup>1</sup>, para mantener bajo el riesgo de daños a la electrónica de los satélites.

Tipo	LEO	MEO	GEO/GSO
<b>Altitud</b>	500 - 1.600 km	5.000 - 15.000 km	36.000 km
<b>Visibilidad aprox.</b>	10 - 40 minutos	2 - 4 horas	24 horas
<b>Vida útil</b>	2 - 7 años	10 - 15 años	10 - 15 años
<b>Tiempo de espera</b>	Corto	Medio	Largo
<b>Pérdida de trayectoria</b>	Baja	Media	Alta
<b>Complejidad de la red</b>	Alta	Media	Baja
<b>Entrega</b>	Frecuente	Raramente	Nunca
<b>Sistemas de ejemplo</b>	Iridium Next, Starlink, OneWeb, Telesat, LeoVantage	Viasat, SES (O3b)	Inmarsat GEO, Inmarsat Global-Xpress

Tabla 1: Comparación de las propiedades esenciales de los satélites GSO/GEO, MEO y LEO [20].

### Bandas de frecuencia para las comunicaciones por satélite

Para las comunicaciones por satélite, se prefieren las bandas de frecuencia indicadas en la tabla 2.

Banda	Frecuencia	Características
<b>L</b>	1 - 2 GHz	Aplicaciones móviles, comunicaciones marítimas y aeronáuticas, equipos terrestres diversos
<b>C</b>	4 - 8 GHz	Menor potencia de transmisión, mayores unidades terrestres
<b>X / Ku</b>	10 - 15 GHz	Mayor potencia de transmisión, unidades terrestres más pequeñas
<b>K / Ka</b>	18 - 40 GHz	Alta potencia de transmisión, reducido equipo terrestres

Tab. 2: Bandas de frecuencia para las comunicaciones por satélite [20].

<sup>1</sup> El cinturón de Van Allen es el cinturón de radiación de la Tierra. Se trata de un anillo de partículas energéticas cargadas en el espacio alrededor de la Tierra que son atrapadas por el campo magnético terrestre. El cinturón interior de Van Allen está formado principalmente por protones de alta energía. (Fuente: Wikipedia)

## ¿La "parrilla de radiación" desde arriba? - Inmisiones en la superficie terrestre

Ahora, ¿qué hay de la justificación de temores como: "Nos asan desde arriba por la radiación de los satélites?", ¡especialmente por Starlink de SpaceX con sus decenas de miles de satélites!

En la tabla 3 que figura a continuación se muestran, a título de ejemplo, los valores de orientación de las intensidades de campo de recepción y las densidades de potencia de diferentes sistemas de satélites basados únicamente en la distancia, sobre la base de los valores de orientación de la RPE de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), sin incluir la atenuación adicional, no insignificante, del trayecto atmosférico.

Tipo	Altura	EIRP [dBW]	Densidad de potencia en la superficie terrestre [ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ]*)	Intensidad del campo eléctrico en la superficie terrestre [mV/m].
GEO/GSO	35.900 km	65	$0,2 \times 10^{-3}$	0,27
		55	$0,02 \times 10^{-3}$	0,09
MEO	8.000 km (O3b)	50	$0,12 \times 10^{-3}$	0,22
LEO	780 km (Iridium Next)	< 45	< $4,2 \times 10^{-3}$	< 1,25

Tab. 3: Ejemplos de intensidades de campo y densidades de potencia (densidades de radiación) de diferentes órbitas en la superficie terrestre [28].

\*)  $10^{-3} \mu\text{W}/\text{m}^2 = 0,001 \mu\text{W}/\text{m}^2 = 1 \text{ nW}/\text{m}^2$

65 dBW EIRP corresponden a una potencia isotrópica radiada equivalente de  $10^{6,5} \text{ W} = 3.162 \text{ kW}$ , 55 dBW corresponden a 316 kW, 50 dBW corresponden a 100 kW y 45 dBW corresponden a 31,6 kW.

Como se muestra en la tabla anterior, las densidades de radiación en la superficie terrestre causadas por los satélites de comunicaciones son inferiores a 0,2 milésimas de microvatio por metro cuadrado [ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ] (=0,0002  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) en el haz principal en las órbitas GEO/GSO y MEO e inferiores a 5 milésimas de microvatio por metro cuadrado [ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ] (= 0,005  $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ) en la órbita LEO.

Estos valores están muy por debajo de lo que ocasionan los servicios de radio terrestre habituales y deben considerarse absolutamente no significativos incluso según las normas más estrictas de la bioconstrucción y la medicina medioambiental.

## 5G en cinco capítulos

El autor ha tratado el extenso y polifacético tema del "5G New Radio" en un total de cinco artículos que fueron publicados conjuntamente bajo el título general de "5G en cinco capítulos" en "baubiologie magazin" del Instituto de Bioconstrucción y Sostenibilidad IBN (Rosenheim) [22].

Este artículo trata del tema especial de la comunicación por satélite.

Otros temas de profundización son:

- 5G Ojos que no ven, corazón que no siente: el mobiliario urbano como escondite para Small Cells
- 5G Mediciones de inmisión con dispositivos de medición de banda ancha de la técnica de medición en bioconstrucción
- 5G NR Aspectos técnicos y metrológicos (proyecto de la nueva directriz de la VDB "5G NR")

El artículo

- Aceleración total con 5G - Campos de aplicación, objetivos y características del sistema de telefonía móvil del 5 Generation, sirve de introducción general al tema.

## Bibliografía y enlaces de Internet

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=3479tkagiNo>
- [2] Parsonson, Andrew: SpaceX CEO Tweets Picture of Falcon 9 Fairing Packed with 60 Starlink Satellites; in: Rocket Rundown, May 13, 2019; <https://rocketrundown.com/spacex-ceo-tweets-picture-of-falcon-9-fairing-packed-with-60-starlink-satellites/>
- [3] Holland, Martin: Satelliten: Bereits drastisch mehr „Beinahe-Kollisionen“ wegen Starlink; heise online » News » 08/2021, 21.08.2021; [https://www.heise.de/news/Satelliten-Bereits-drastisch-mehr-Beinahe-Kollisionen-wegen-Starlink-6171314.html?utm\\_source=pocket-newtab-global-de-DE](https://www.heise.de/news/Satelliten-Bereits-drastisch-mehr-Beinahe-Kollisionen-wegen-Starlink-6171314.html?utm_source=pocket-newtab-global-de-DE)
- [4] Wikipedia: <https://de.wikipedia.org/wiki/Starlink>
- [5] <https://www.starlink.com/>
- [6] Using ground relays with Starlink; [https://www.reddit.com/r/spacex/comments/edkmtw/using\\_ground\\_relays\\_with\\_starlink/](https://www.reddit.com/r/spacex/comments/edkmtw/using_ground_relays_with_starlink/)
- [7] Why SpaceX is Making Starlink; <https://www.youtube.com/watch?v=giQ8xEWjnBs>
- [8] Starlink explained – why SpaceX needs 42,000 satellites; <https://www.youtube.com/watch?v=tuFS0zOwyBq>
- [8] Banner, Tanja: "Starlink"-Satelliten von SpaceX: Das steckt hinter dem Projekt von Elon Musk; <https://www.fr.de/wissen/starlink-satelliten-spacex-elon-musk-projekt-internet-weltall-falcon-9-13699873.html>
- [9] Holland, Martin: SpaceX widerspricht OneWeb: Keine Beinahe-Kollision von Satelliten; heise online » News » 04/2021, 21.04.2021; <https://www.heise.de/news/SpaceX-widerspricht-OneWeb-Keine-Beinahe-Kollision-von-Satelliten-6022806.html>
- [10] Datawrapper: [https://www.datawrapper.de/\\_ng3he/](https://www.datawrapper.de/_ng3he/)
- [11] Rienow, Jürgen: Starlink-Satelliten: Lichterketten am Nachthimmel; Youtube-Video der Stiftung Planetarium Berlin; <https://www.youtube.com/watch?v=RKrrHbFHTCw>
- [12] Banner, Tanja: "Starlink"-Satelliten von SpaceX: Das steckt hinter dem Projekt von Elon Musk; <https://www.fr.de/wissen/starlink-satelliten-spacex-elon-musk-projekt-internet-weltall-falcon-9-13699873.html>
- [13] Görmann, Marcel: Starlink-Projekt: Tesla-Chef Musk verändert den Nachthimmel - Astronomen sind alarmiert; <https://www.merkur.de/welt/weltall-lichterkette-tesla-universum-elon-musk-spacex-nacht-himmel-astronomen-starlink-phaenomen-show-zr-13445770.html>
- [14] Evannex: SpaceX Innovates Starlink Project With 'Darksat' To Save The Night Sky; <https://insideevs.com/news/423861/spaces-starlink-project-darksat/>
- [15] Holland, Martin: Starlink & Co.: Auch Radioastronomen schlagen nun Alarm; heise online » News » 10/2020, 12.10.2020 [https://www.heise.de/news/Starlink-Co-Auch-Radioastronomen-schlagen-nun-Alarm-4926355.html?utm\\_source=pocket-newtab-global-de-](https://www.heise.de/news/Starlink-Co-Auch-Radioastronomen-schlagen-nun-Alarm-4926355.html?utm_source=pocket-newtab-global-de-)
- [16] Holland, Martin: Experten: Folgen von Starlink & Co. für Astronomie „unerheblich“ bis „extrem“; heise online » News » 08/2020, 26.08.2020; <https://www.heise.de/news/Experten-Folgen-von-Starlink-Co-fuer-Astronomie-unerheblichbis-extrem-4879555.html>
- [17] Leidinger, Saskia: Wie Elon Musk den Weltraum vermüllt; [https://www.t-online.de/digital/id\\_87356328/experte-zu-starlink-fuer-uns-ist-das-zukuenfti-ger-weltraumschrott-.html](https://www.t-online.de/digital/id_87356328/experte-zu-starlink-fuer-uns-ist-das-zukuenfti-ger-weltraumschrott-.html)
- [18] Holland, Martin: Sieg für SpaceX: FCC erlaubt niedrigeren Orbit für Starlink-Satelliten; heise online » News » 04/2021, 28.04.2021 <https://www.heise.de/news/Sieg-fuer-SpaceX-FCC-erlaubt-niedrigeren-Orbit-fuer-Starlink-Satelliten-6030182.html>



- [19] Paleja, Ameya: SpaceX's Satellites Cause 1,600 Near-Collisions Each Week – And things are only going to get worse; in: Interesting Engineering à Science, 20.08.2020; [https://interestingengineering.com/spacexs-satellites-cause-nearly-1600-near-collisions-eachweek?\\_source=newsletter&\\_campaign=YqX4R9DJgzvkA&\\_uid=INbWnYqXay&\\_h=3b67e7458b125af9b8b9b0afb723d4afc90bf2d](https://interestingengineering.com/spacexs-satellites-cause-nearly-1600-near-collisions-eachweek?_source=newsletter&_campaign=YqX4R9DJgzvkA&_uid=INbWnYqXay&_h=3b67e7458b125af9b8b9b0afb723d4afc90bf2d)
- [20] [https://de.wikipedia.org/wiki/Internetzugang\\_über\\_Satellit](https://de.wikipedia.org/wiki/Internetzugang_über_Satellit)
- [21] <https://www.inmarsat.com/>
- [22] [https://de.wikipedia.org/wiki/Iridium\\_\(Kommunikationssystem\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Iridium_(Kommunikationssystem))
- [23] <https://de.wikipedia.org/wiki/Thuraya>
- [24] skyDSL: Highspeed Internet über All; <https://www.skydsl.eu/de-DE/Privatkunden/Satelliten-Internet/info/howitworks/spotbeam>
- [25] STARDSL: Internet via Satellit; <https://www.stardsl.net/>
- [26] SOSAT Internet via Satellit; <http://www.sosat.com/>
- [27] <https://de.wikipedia.org/wiki/OneWeb>
- [28] Martínez-Vázquez, Marta (IMST): Mobilfunk per Satellit: Wunsch und Wirklichkeit; in: Tagungsband der 10. EMV-Tagung „Energieversorgung und Mobilfunk“ des Berufsverbandes Deutscher Baubiologen VDB e.V. am 17. Mai 2019 in Bergisch Gladbach; S. 51-68; auf CD-ROM; ISBN 978- 3-948407-01-8; <https://baubiologie.net/publikationen/emv/>
- [29] <https://de.wikipedia.org/wiki/Satellitentelefon>
- [30] Virnich, Martin: 5G in fünf Kapiteln; baubiologie magazin des IBN – Institut für Baubiologie und Nachhaltigkeit, Rosenheim; Juli 2020; <https://baubiologie-magazin.de/5G-in-fuenf-Kapiteln>