



# Los satélites de FM vistos por un principiante

Charla y aplicación práctica

Mikel L. Forcada EA5IYL  
ACRACB, 25 de febrero de 2023

## Me presento

- Mikel Forcada, EA5IYL
- Novato: noviembre de 2019 (pero *con un pasado en CB, 1978–1986*)
- Loco por SOTA (*summits on the air*) → futura charla?
- Mejorando lentamente mi telegrafía (útil en SOTA)
- Me gusta la VHF baja (50 MHz, 70 MHz)
- Vivo a 300 m de ACRACB (y a 100 m de nuestro *presi* EA5FHK 😊).
- Profesor de la Universidad de Alicante (me gusta dar clase e investigar sobre tecnologías de la traducción).
- Fundador de una empresa de tecnologías de la lengua: [Prompsit.com](https://prompsit.com)

# Satélites de radioaficionado

## Los satélites de radioaficionado

- son satélites artificiales contruidos y utilizados por radioaficionados
- usan frecuencias asignadas internacionalmente a los radioaficionados
- muchos reciben una designación OSCAR (*orbital satellite carrying amateur radio*)
- normalmente llevan un *transpondedor* de banda cruzada que recibe en una banda y transmite en otra.

## Breve nota sobre frecuencias de satélite

Oigo a veces QSOs terrestres en frecuencias que el plan de bandas (IARU R1) asigna a las comunicaciones vía satélite. Esos QSOs no deberían estar ahí.

<b>Banda</b>	<b>Frecuencias</b>	<b>Uso</b>
2 m	145,806–146,000 MHz	Exclusivo para satélites
70 cm	435,000–436,000 MHz	Satélites
	436,000–438,000 MHz	Satélites y DATV

# Tipos de satélites

Hay satélites de radioaficionado de muchos tipos:

- Satélites digitales (*digipetidores* APRS, etc.).
- Satélites lineales que *copian* todo lo que les entra en la banda de subida a la banda de bajada (se usan para CW y SSB, y recientemente para FT8, etc.)
- Satélites de FM (el tema de esta charla).

# Satélites de FM

- Los satélites de FM llevan un *transpondedor* con un **único canal**.
  - A veces se compite duramente por acceder a él.
- Son como un **repetidor de banda cruzada** que pasa volando.
- Satélites V/u: subida en VHF (2 m) y bajada en UHF (70 cm).
- Satélites U/v: subida en UHF (70 cm) y bajada en VHF (2 m)

## ¿Por qué satélites de FM? (1/2)

Porque para empezar casi no necesitamos nada que no tengamos.

- los podemos usar con sencillos equipos portátiles bibanda (*walkies*)
- con su antena incorporada o con antenas direccionales improvisadas

# ¿Por qué satélites de FM? (2/2)

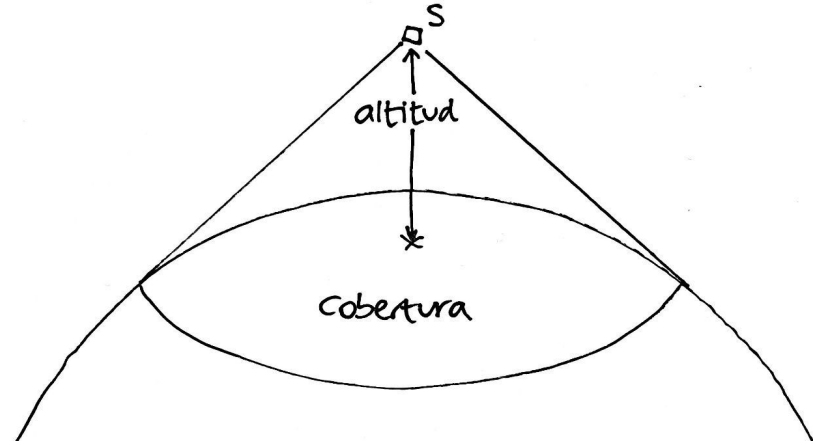
Asumiré

- que **no** tenemos un equipo *full duplex* que permita, por ejemplo, escuchar en UHF mientras transmitimos en VHF
  - pero tal vez sí otro equipo para escuchar con antena independiente o con un duplexor para usar la misma antena.
- que podemos guardar en las memorias del portátil una frecuencia de recepción y una frecuencia de transmisión independientes.

# Órbita (1/2)

La mayor parte de los satélites con transpondedores de FM U/v y V/u son satélites **LEO** (*low earth orbit*, órbita terrestre baja):

- vuelan a altitudes entre 200 y 2000 km,
- en órbitas más o menos circulares
- dan la vuelta a la Tierra en  $1\frac{1}{2}$  o 2 horas,
- van a unos 7 km/s
- cubren un *casquete* entre 1500 y 4500 km de radio

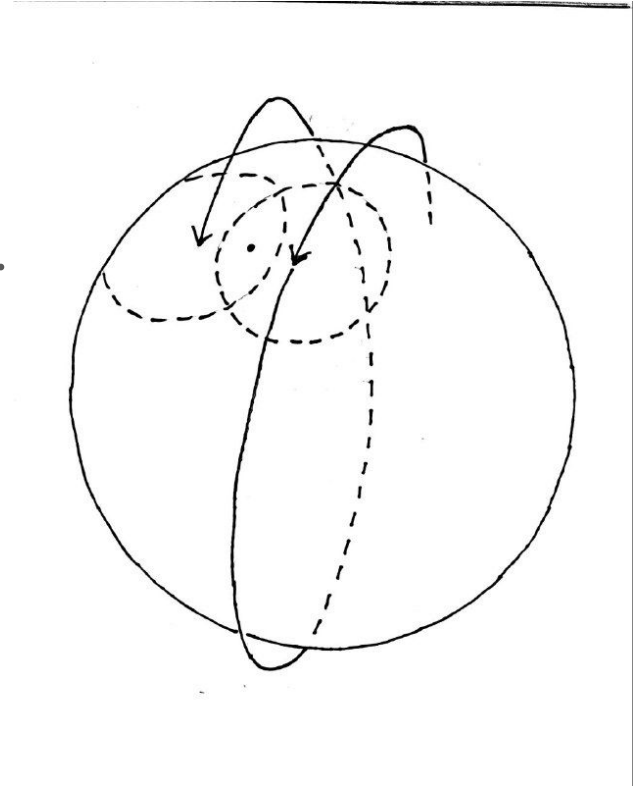


## Órbita (2/2)

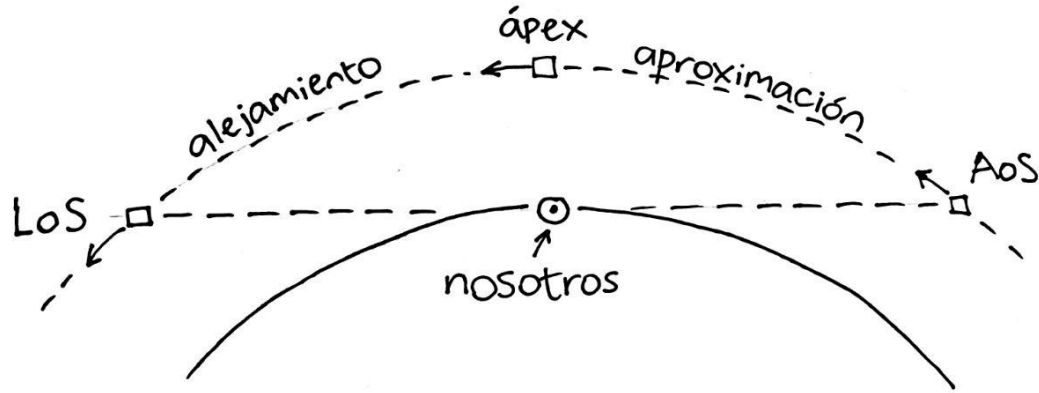
La Tierra gira sobre sí misma *por debajo* del satélite → a veces el satélite pasa “a la vista”, por encima del horizonte (la mayoría de las veces no).

¡A veces tenemos dos o tres pases seguidos!

Luego veremos cómo saber cuándo pasan.



# Fases de un pase



- **AoS:** adquisición de señal (*acquisition of signal*: en el horizonte)
- **aproximación**
- **ápex** o ápice (máxima elevación)
- **alejamiento**
- **LoS:** pérdida de señal (*loss of signal*: en el horizonte)

# El efecto Doppler (1/4)

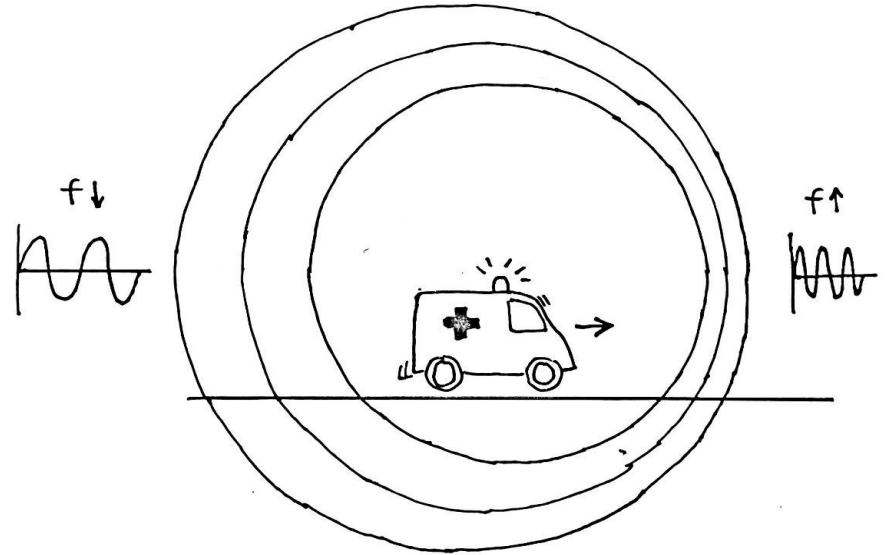
Es la variación de las frecuencias de recepción y transmisión debida al movimiento.

A 7 km/s (unos 25000 km/h), variación respecto de la frecuencia nominal:

- en 70 cm: entre -10 kHz y +10 kHz
- en 2 m: entre -3,5 kHz y +3,5 kHz

La frecuencia varía durante el paso

- como una ambulancia que pasa: más aguda cuando se acerca, más grave cuando se va.



## El efecto Doppler (2/4)

Si el satélite es  $V/u$  (como la ISS)

- Nuestra frecuencia de transmisión (subida, *uplink*) debería ir variando de  $F-3,5$  kHz a  $F+3,5$  kHz para que el satélite nos reciba en su frecuencia de subida  $F$ .
- Nuestra frecuencia de recepción (bajada, *downlink*) debería ir variando de  $f+10$  kHz a  $f-10$  kHz para recibir bien al satélite que emite en su frecuencia de bajada  $f$ .

# El efecto Doppler (3/4)

Si el satélite es U/v (como el AO-91)

- Nuestra frecuencia de transmisión (subida, *uplink*) debería ir variando de  $F-10$  kHz a  $F+10$  kHz para que el satélite nos reciba en su frecuencia de subida  $F$ .
- Nuestra frecuencia de recepción (bajada, *downlink*) debería ir variando de  $f+3,5$  kHz a  $f-3,5$  kHz para recibir bien al satélite que emite en su frecuencia de bajada  $f$ .

# El efecto Doppler (4/4)

Pero en FM todo es un poco más fácil:

- Podemos usar pasos de 5 kHz en prácticamente todos los equipos
- Esto nos permite guardar las frecuencias en 5 memorias
- Vamos pasando de una memoria a otra según pasa el satélite

# Programando canales para la ISS (V/u)

<b>Transpondedor de FM de la Estación Espacial Internacional (ISS) [tono CTCSS: 67 Hz]</b>			
<b>Fase</b>	<b>Memoria</b>	<b>Frecuencia de bajada (RX)</b>	<b>Frecuencia de subida (TX)</b>
AoS	ISS-2	↓ 437,810 MHz (+10 kHz)	↑ 145,985 MHz (-5 kHz)
aproximación	ISS-1	↓ 437,805 MHz (+5 kHz)	↑ 145,990 MHz
ápice	ISS	↓ 437,800 MHz	↑ 145,990 MHz
alejamiento	ISS+1	↓ 437,795 MHz (-5 kHz)	↑ 145,990 MHz
LoS	ISS+2	↓ 437,790 MHz (-10 kHz)	↑ 145,995 MHz (+5 kHz)

# Programando canales para el AO-91 (U/v)

Transpondedor de FM del satélite AO-91 [tono CTCSS: 67 Hz]			
Fase	Memoria	Frecuencia de bajada (RX)	Frecuencia de subida (TX)
AoS	AO91-2	↓ 145,965 MHz (+5 kHz)	↑ 435,240 MHz (-10 kHz)
aproximación	AO91-1	↓ 145,960 MHz	↑ 435,245 MHz (-5 kHz)
ápice	AO91	↓ 145,960 MHz	↑ 435,250 MHz
alejamiento	AO91+1	↓ 145,960 MHz	↑ 435,255 MHz (+5 kHz)
LoS	AO91+2	↓ 145,955 MHz (-5 kHz)	↑ 435,260 MHz (+10 kHz)

# Escuchar

Como en cualquier otra actividad de radio, conviene *escuchar antes de transmitir*.

Puede que lleguemos al satélite, pero no lo escuchemos, y *pisemos* los QSO de otros.

Idealmente, en otra radio, sintonizada en la frecuencia de bajada, o con un *walkie* de dúplex completo (*full duplex*),\* podemos escuchar el satélite y comprobar si llegamos a él.

\* ICOM IC-32, IC-25, IC-W2, IC-Z1, IC-W32; Kenwood TH-75, TH-78, TH-79, TH-D7, TH-D72; Yaesu FT-470, FT-530, FT-51R; Alinco DJ-560, DJ-580; Standard C500.

# Antenas (1/7)

Conviene también mejorar la antena del portátil (*walkie*).

Hay antenas direccionales específicas:

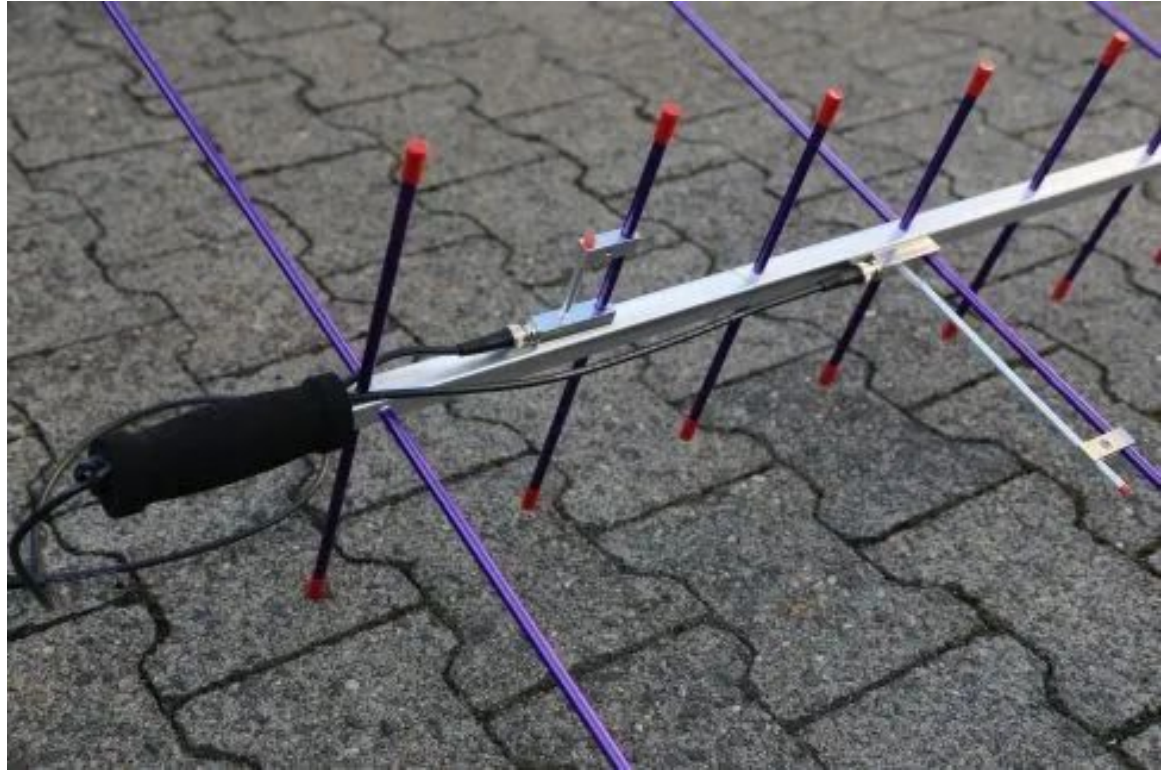
1. Arrow (“flecha”)
2. Antenas logarítmico–periódicas bibanda
3. Moxon–Yagi–Uda bibanda
4. Antenas de alambre para empezar
5. ¿Y en casa?

## Antenas: (2/7): Arrow

Arrow:

2 antenas Yagi-Uda  
perpendiculares

- Una para VHF
- La otra para UHF



## Antenas (3/7): logarítmico-periódicas (Elk, ANjo, etc.)



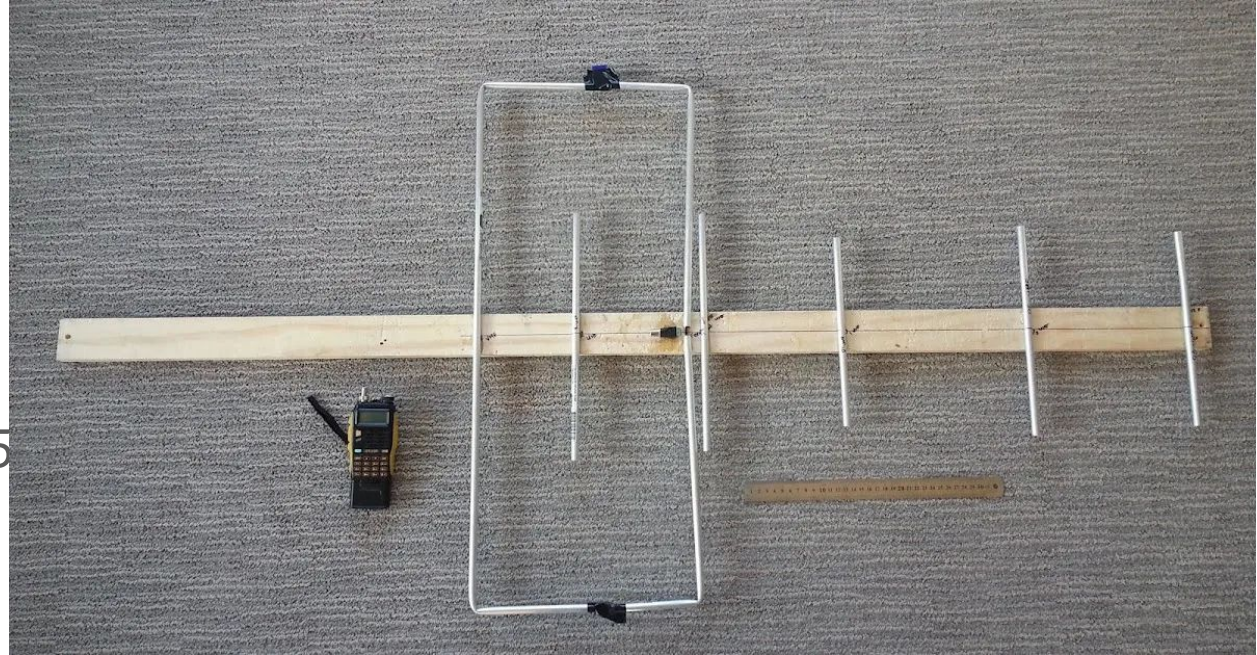
# Antenas (4/7)

Moxon-Yagi-Uda:

una antena Moxon ( $\approx$   
Yagi-Uda de 2  
elementos) para 2 m

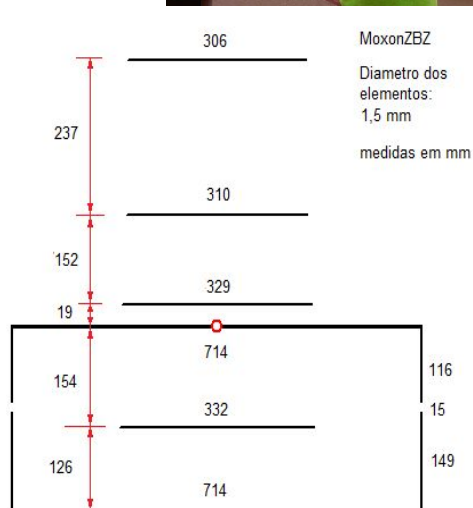
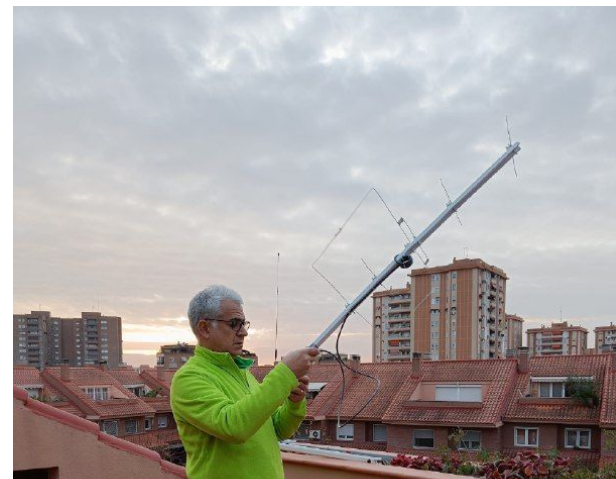
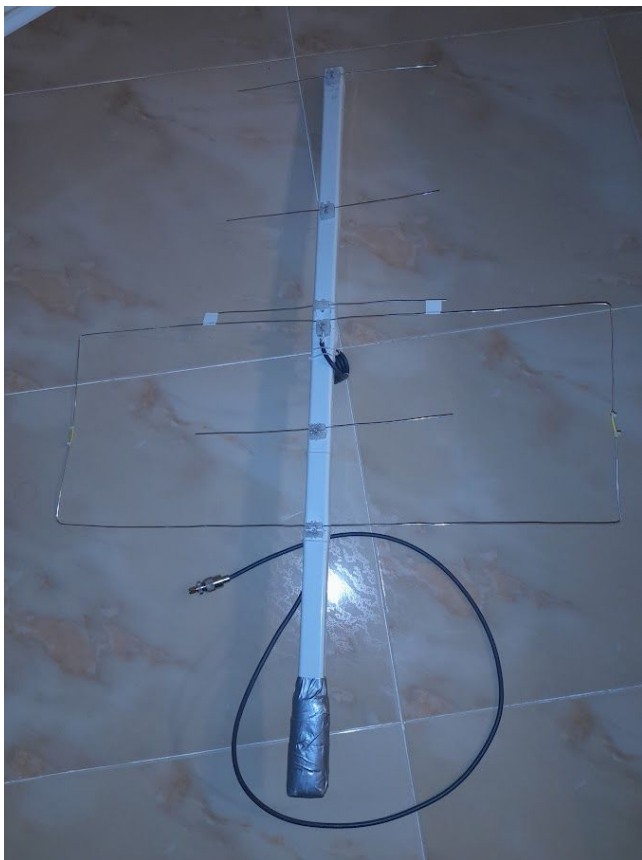
+

una antena Yagi de 4 o 5  
elementos para 70 cm  
(paralelas)



# Antenas (5/7): Moxon-Yagi-Uda

Si hay prisa, la Moxon-Yagi-Uda se puede hacer con alambre de 1,5 mm Ø, canaleta, y regletas eléctricas, e ingenio.



# Antenas (6/7)

¡Es que tengo prisa de verdad!



Con este **dipolo** he hecho muchos QSO:

Si podemos medir la ROE, empezamos con unos 50 cm de alambre rígido a cada lado y vamos recortando hasta que la ROE sea un buen compromiso en torno a los 146 MHz (dipolo de media onda) y los 436 MHz (dipolo de onda y media).

# Antenas (7/7) ¿Y con la vertical de casa?

Sí, se puede. La ISS, por ejemplo.

Contactos con la vertical (X-30, X-50, X-500, V-2000, etc.):

- La vertical radia sobre todo hacia el horizonte: mejor en pases de poca altura.
- Paradójicamente, cuanto más corta, mejor (patrón de radiación más abierto, que abarca más ángulo).
- El satélite da tumbos y cambia de polarización, pero nuestra antena está fija: tenemos que aguantar el *fading*

# La técnica

- En un lugar con un **horizonte libre** en la dirección del satélite.
- Bien **orientados** (saber dónde está el norte): brújula (o móvil)
- Particularmente en el caso de satélites menos potentes, es buena idea **alejarse de las áreas urbanas**.
- **Abriendo el *squelch*** (¡señales débiles!)
- **Moviendo** el portátil o la antena (orientándolo y girándolo)
- **Cambiando de frecuencia** para buscar el punto donde la señal del satélite es más clara.

Según atraviesa el cielo, el satélite gira sobre sí mismo, sus antenas también y la dirección de la polarización de la señal que emite puede cambiar.

# Pero, ¿cuándo pasa este satélite y por qué parte del cielo?

**Android:** W1ANT Satellite Tracker, Look4Sat, AmsatDroid, Heavens Above

**iOS:**\* Satellite Explorer Pro, SatelliteTracker, GoSatWatch, Satellite AR, etc.

**Webs** (se debe especificar la localización):

- [amsat.org/track](https://amsat.org/track)
- [heavens-above.com](https://heavens-above.com)

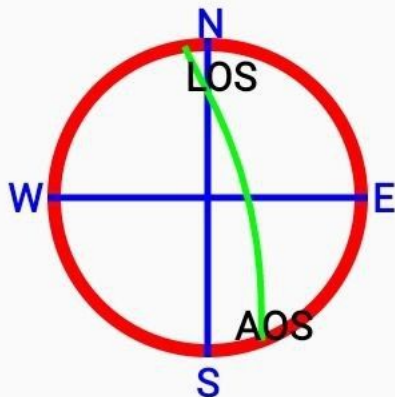
\*no soy usuario de iOS

# Overview for AO-91

AOS: 10:25, LOS: 10:39, max elevation:67°

[Web page](#)

[Status report](#)



FM

## FM transponder

Uplink: 435,250 MHz

Downlink: 145,960 MHz

CTCSS: 67,0 Hz



# No oigo nada...

Tal vez el satélite pasa con el transpondedor desconectado.

¿Cómo saberlo?

La web [amsat.org/status](https://amsat.org/status) recoge observaciones de otros radioaficionados antes de probar.

Algunos satélites tienen cuenta en Twitter (por ejemplo, el PO-101: @diwata2ph), y avisan de las activaciones.

# ¿Qué satélites? (1/3)

- La ISS
  - tiene un transmisor de 20 W y se oye muy bien
  - es muy popular y suele ir muy lleno, y es difícil hacer contactos a través de él
  - el transpondedor *da cola* como un repetidor
  - justo antes del amanecer o justo antes del atardecer se lo puede ver surcar los cielos (pero de madrugada puede ser que no haya nadie para un QSO).
- También se encuentran el AO-91, el PO-101, el Lilacsat-2, el reciente CAS-5A, etc. pero son menos potentes.
- Un buen resumen:

<https://www.amsat.org/fm-satellite-frequency-summary/>

## ¿Qué satélites? (2/3)

Este fichero: [t.ly/tHpK](https://t.ly/tHpK)

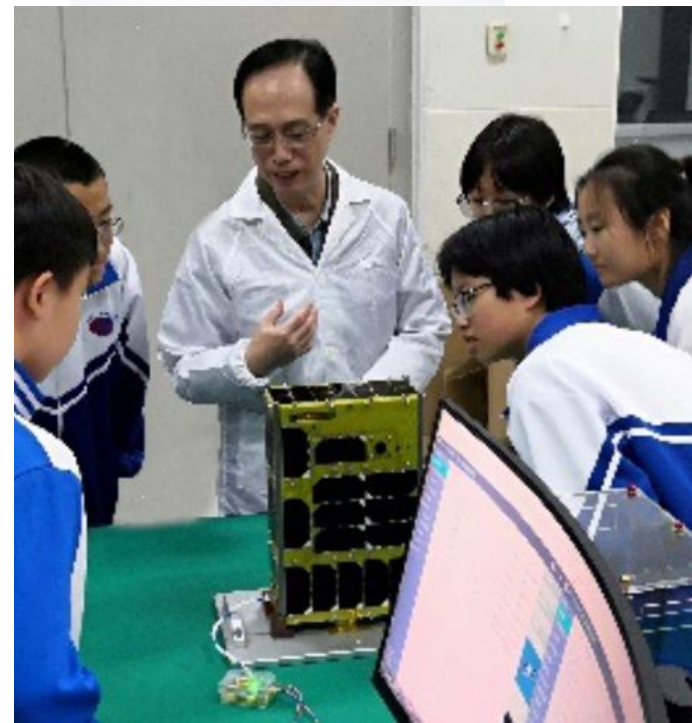
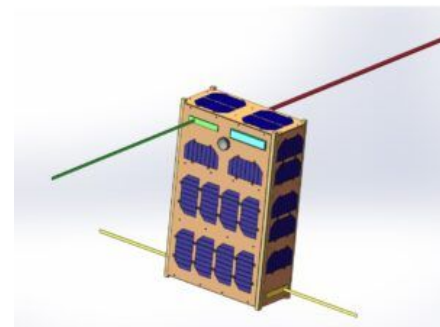
- Contiene las frecuencias de 11 satélites: AO-27, AO-91, AO-92, CAS-5A, Duchifat 3, ISS, LilacSat 2, PO-101, SO-50, Tevel 3 y UVSQ: 5 frecuencias por satélite, para seguirlos.
- Contiene también las frecuencias VHF para hablar con la tripulación de la ISS y el tono para activar el SO-50 si viene apagado.
- Se puede usar directamente con CHIRP para programar walkies y equipos o manualmente con un programa de hojas de cálculo.



## ¿Qué satélites? (3/3)

El último satélite de FM (lanzado el 9/12/2022):

- **CAS-5A** (*Chinese Amateur Satellite 5A*), designado FO-118 (*Fengtai OSCAR 118*) por AMSAT, indicativo BJ1SO
- Pesa 7 kg, mide  $366 \times 226 \times 100 \text{ mm}^3$  (8.2 l)
- Tiene 2 antenas  $\frac{1}{4}\lambda$  de UHF, una de  $\frac{1}{4}\lambda$  de VHF y un látigo para RX en HF
- Tres transpondedores: FM V/u, lineal V/u y un lineal H/u: 200 mW TX cada uno.



# Un QSO típico: empezamos nosotros

Un pase dura unos 10 minutos y todos queremos usar el satélite. No ocupamos demasiado tiempo.

Para llamar, decimos indicativo y rectángulo Maidenhead: «**EA5IYL IM98**»

Nos responde DL4SDR: «**EA5IYL DL4SDR JN49**» o «**EA5IYL DL4SDR 59 JN49**»

Confirmamos «**DL4SDR QSL 73**» o «**DL4SDR 59 73**»

Y tal vez nos confirma «**QSL, 73**»

Un QSO se considera completo si se han intercambiado los rectángulos (y los reportes).

## Un QSO típico: empieza el otro correspondiente (mejor)

Oímos llamar: «**DL4SDR JN49**»

Respondemos «**DL4SDR EA5IYL IM98**» o «**DL4SDR EA5IYL 59 IM98**»

Nos responderá «**EA5IYL DL4SDR 73**» o «**EA5IYL DL4SDR 59 73**»

Y le confirmamos «**QSL, 73**»

Para saber en qué *rectángulo* estamos, hay aplicaciones de móvil:  
QTHLocator, Grid Square Locator, etc.

## No, no y no. ❌

- No silbaremos, ni soplaremos, ni diremos “hola, hola”, ni meteremos portadora: si vamos a emitir, diremos nuestro indicativo y rectángulo («EA5IYL IM98»).
- Si nos oyen y nos contestan, ya hemos empezado el QSO.
- Delante de «EA5IYL IM98» no diremos «CQ» ni «CQ sat». ¿Para qué?
- No charlaremos si no estamos completamente seguros de que hay poca gente usando el satélite.
- No llamaremos «EA5IYL IM98» demasiadas veces si no nos responden. Probablemente no estamos llegando bien (o no quieren hablar con nosotros 😞).

# Mejorando la operación 👍

- Lo ideal es un *walkie* bibanda de dúplex completo (*full duplex*), pero son caros.
- Otra opción es conectar dos equipos a la antena con un *duplexor* (un poco incómodo con *walkies*).
- Escuchar con auriculares para evitar el *acople*.
- Es difícil apuntar al satélite y anotar los QSO al mismo tiempo: una grabadora de audio o un móvil viejo pueden ayudar.
- Podéis escuchar algunos pases grabados en [network.satnogs.org/observations](https://network.satnogs.org/observations).



# ¡A jugar!

- Con estas ideas ya podéis empezar.
- Hay gente que sabe mucho más que yo: informaos y preguntad.
- Uníos a [AMSAT-EA.org](https://amsat-ea.org). Es gratis y tienen un grupo de WhatsApp, una web, lista de correo...
- Salid al campo o al monte, a rectángulos Maidenhead *raros*. Hay colegas que los buscan.

A vuestra disposición: [mikel.forcada@gmail.com](mailto:mikel.forcada@gmail.com)

# Estas diapositivas son libres

© 2023 Mikel L. Forcada

Esta obra se puede distribuir libremente bajo los términos de cualquiera de estas dos licencias:

- la licencia Creative Commons Attribution–Share Alike:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.es>
- la licencia GNU GPL v. 3.0:  
<http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>

Me podéis pedir una copia: [mikel.forcada@gmail.com](mailto:mikel.forcada@gmail.com)