



## Galileo Search and Rescue (SAR)

### Análisis del sistema y simulación del balance de enlace

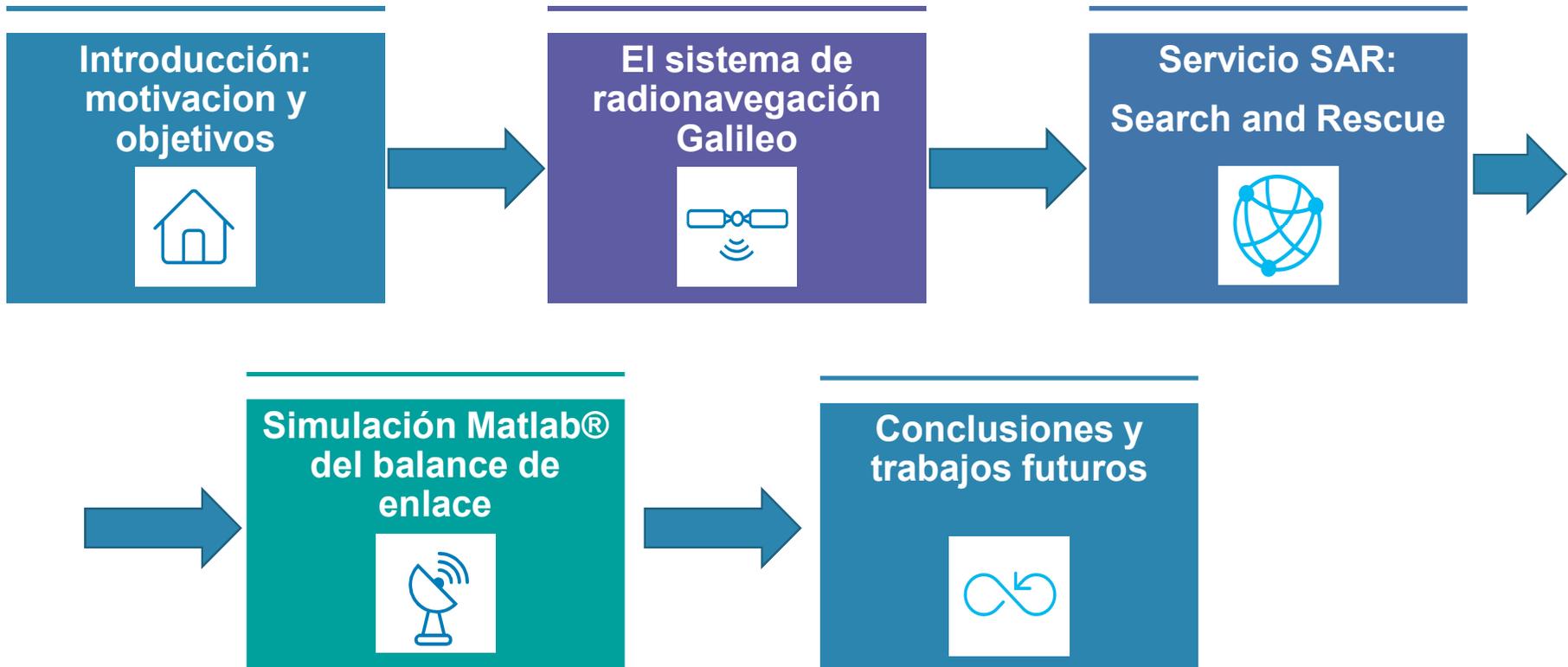
Máster Universitario de  
Ingeniería de Telecomunicación  
Departamento de Tecnologías de Radiocomunicación

Autor: **Jesús Méndez Sampedro**

Tutor: **Gonzalo Seco Granados**

26 de enero de 2023

# Índice de contenidos





# Introducción



# Introducción: contexto GNSS actual y motivaciones



Amplia difusión de los servicios GNSS en la sociedad. GNSS presente en ámbitos civiles y militares (agricultura, comercio, transporte, movilidad, seguridad, defensa)

Galileo como activo estratégico para el desarrollo tecnológico de la Unión Europea

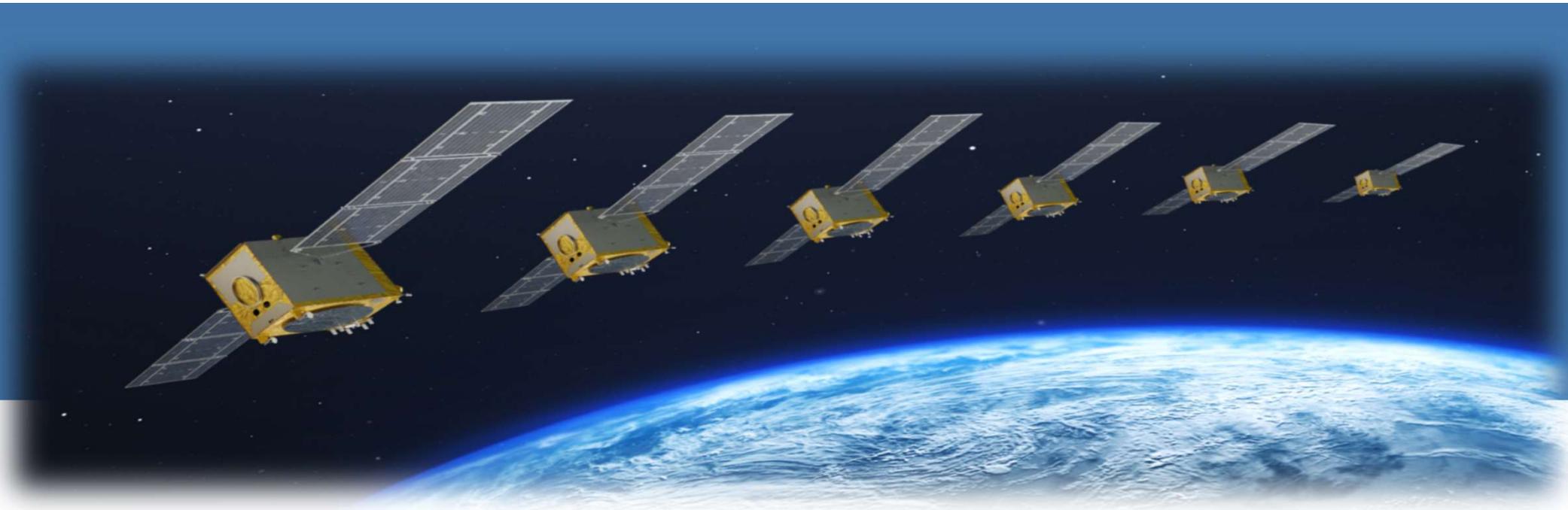
Sector aeroespacial en continuo desarrollo. Renovación de la visión del espacio y nuevas fronteras. Explosión de nuevas tecnologías satelitales y aeroespaciales, nuevas constelaciones.

Contexto de competitividad estratégica internacional, falta de visión en proyectos de cooperación internacional en el ámbito espacial. Desconocimiento del contexto SAR y COSPAS-SARSAT.

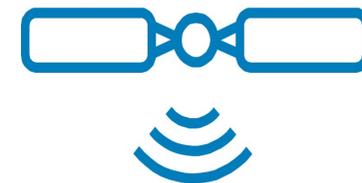
# Introducción: objetivos del TFM



- **Revisión de los aspectos generales de Galileo como constelación GNSS. Descripción de los principales aspectos de la constelación, satélites y servicios.**
- **Contextualización del servicio Galileo/SAR en el marco de trabajo internacional COSPAS-SARSAT y de su integración en la constelación de búsqueda y rescate internacional MEOSAR.**
- **Análisis del sistema *Search and Rescue* de Galileo: principios, componentes y arquitectura. Revisión de los aspectos relativos al enlace de comunicaciones: segmento espacial y segmento terreno SAR.**
- **Estudio del balance de enlace para el servicio Galileo SAR. Modelización Matlab® de la constelación Galileo/SAR y desarrollo de un escenario de simulación para el cálculo y análisis del enlace, usando el módulo *Satellite Communications Toolbox*.**



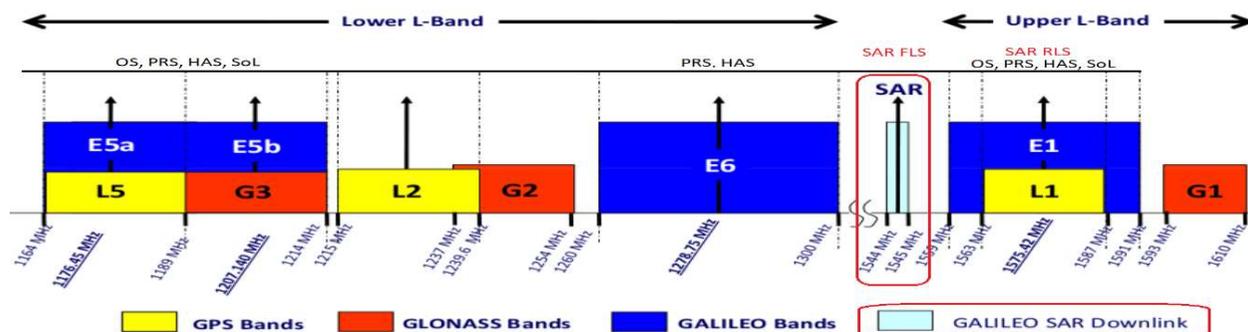
## El sistema de radionavegación Galileo



# Galileo: servicios

## Servicios Galileo

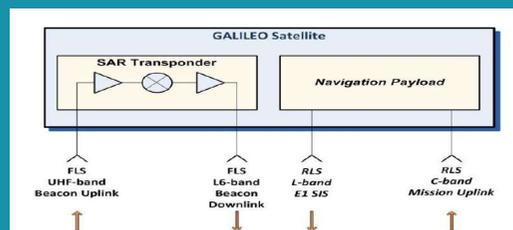
- **Open Service (OS):** Servicio abierto orientado al posicionamiento para aplicaciones no-críticas, con una precisión de unos 4 m y disponibilidad 99.5%.
- **Public Regulated Service (PRS):** Servicio restringido orientado a aplicaciones asociadas a entidades dependientes de los gobiernos de la Unión Europea. Encriptación, control de acceso y mecanismos anti-jamming.
- **High-Accuracy Service (HAS):** Servicio gratuito orientado a aplicaciones que necesitan de una mayor precisión. Precisión hasta 20 cm, con una disponibilidad del 99%.
- **Safety of Life Service (SoL):** Servicio basado en OS, con indicaciones de integridad, autenticación y disponibilidad garantizada, orientado a aplicaciones de las que dependan vidas humanas (aviación, navegación marítima). Su principal característica es su capacidad para detectar errores procedentes de la constelación, de la señal en el espacio o simplemente del receptor.
- **Search and Rescue (SAR):** Objetivo de nuestro estudio. Orientado a la detección, identificación y localización de señales de emergencia a 406 MHz con arquitectura independiente. Servicio global integrado en MEOSAR.

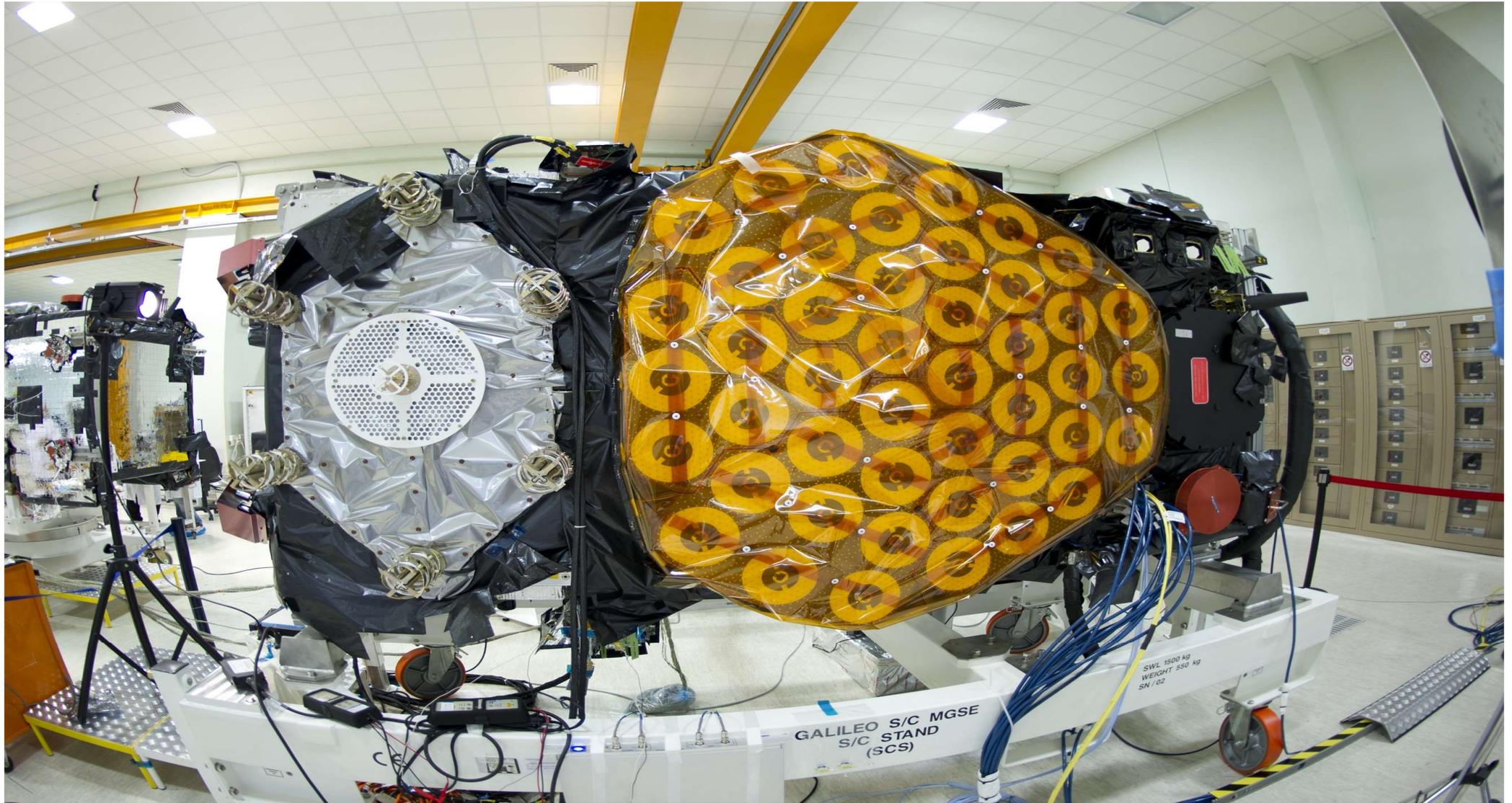


# Galileo: aspectos generales

## Aspectos generales de la constelación

- Órbita MEO, 23222 km, sobre 3 planos orbitales circulares separados 120°.
- 10 satélites por plano, 8 nominales y 2 auxiliares. Actualmente 24 satélites operativos.
- Vida útil 12 años, plataforma de 730 kg clase 1.9kW.
- Subsistema de comunicaciones, formado por:
  - ❖ 1 x antena en banda C (Rx: 5GHz), para la recepción de información de misión (corrección de relojes y mensajes de integridad de navegación) desde las estaciones de Uplink Galileo.
  - ❖ 2 x antena en banda S (Tx: 2.25GHz, Rx: 2.048GHz) para operaciones TCR (*Telemetry, Command and Ranging*).
  - ❖ Array de antenas en banda L (Tx: 1.2 – 1.6 GHz), para la transmisión de las señales de navegación E1, E5a/E5b y E6.
  - ❖ 1 x antena UHF (Rx: 406 MHz) y 1 x antena en banda L (Tx: 1544.1 MHz) dedicadas al servicio *Search and Rescue*, para dar soporte a las señales de emergencia MEOSAR de COSPAS-SARSAT.







# Servicio Galileo Search and Rescue (SAR)

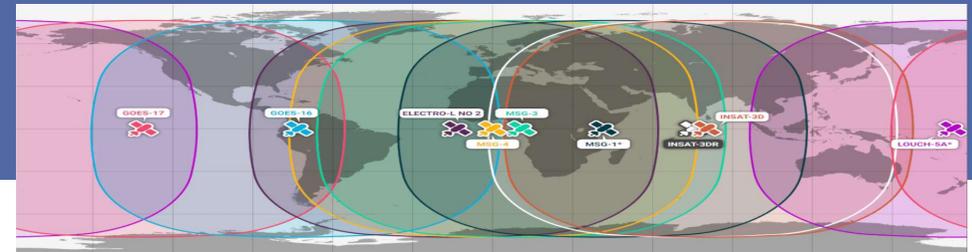
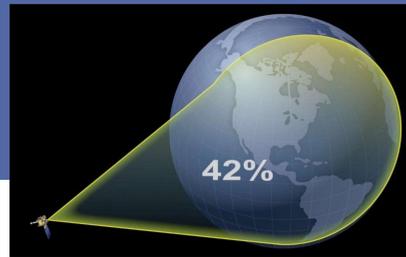
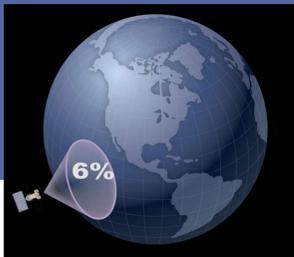


# Galileo SAR: marco COSPAS-SARSAT



- El servicio Galileo representa la contribución europea al consorcio internacional COSPAS-SARSAT, integrando la constelación MEOSAR.
- **COSPAS-SARSAT: *Search And Rescue Satellite-Aided Tracking***, consorcio internacional fundado por Francia, Canadá, USA y la URSS en 1979 para el establecimiento de un sistema global compatible con terminales de usuario y protocolos estandarizados. Soportado hoy en día por organizaciones internacionales como la ITU, la IMO y la ICAO, ha establecido el estándar de 406 MHz frente a los anteriores sistemas analógicos en 121.5 y 243 MHz.
- En operación desde 1985 con 3 arquitecturas interoperables: **LEOSAR, GEOSAR y MEOSAR.**

# COSPAS-SARSAT: Arquitectura LEOSAR / GEOSAR



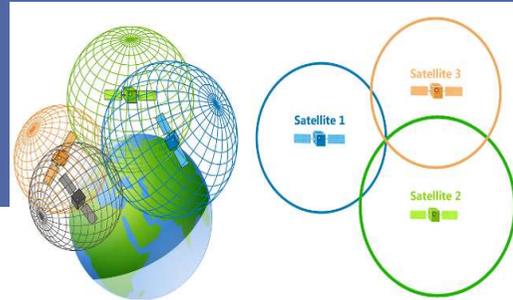
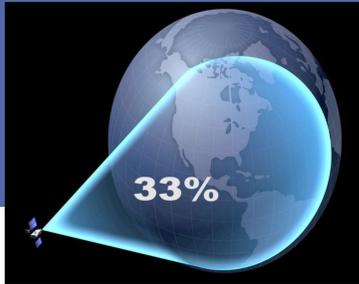
## LEOSAR: Low-Earth Orbit SAR

- 5 satélites de observación de la Tierra (3 x NOAA, 2x EUMETSAT MetOp), en órbita polar a una altura de 800-1000 km, con una **cobertura limitada (local)**.
- Inconveniente: retraso en la Tx de las señales de emergencia, debido a las limitaciones de cobertura: modo **SARR** (retransmisión directa) vs **SARP** (*Store-and-Forward*). Tiempo medio: 35-45min. Segmento terrestre complejo: 57 LEOLUT.
- Cálculo de posicionamiento basado en desplazamiento Doppler → ambigüedad por posición simétrica en TCA (Time of closest approach). Solución: 2 pasadas de satélite.
- Precisión 5km (85% de tiempo).

## GEOSAR: Geostationary Earth Orbit SAR

- 10 satélites GEO (NOAA, EUMETSAT, Roskosmos, INSAT), para identificación inmediata en base a la extensión de cobertura. 25 GEOLUT.
- Inconveniente: 1) **Posición GEO estática**, no permiten procesamiento Doppler al no haber movimiento relativo entre satélite y baliza. 2) **Bajo nivel de señal** (necesitan varias ráfagas para consolidar el mensaje de emergencia).
- Integración LEOSAR/GEOSAR para mejora en detección. Balizas de 2ª generación equipan receptores GNSS, se necesita tratamiento de conflicto en localización.
- Tiempo medio de identificación : 10min GEOSAR vs 45min LEOSAR.

# COSPAS-SARSAT: Arquitectura MEOSAR



## MEOSAR: Medium-Earth Orbit SAR

- 4 constelaciones GNSS para soporte SAR (GPS, GLONASS, Galileo y Beidou), aseguran la visibilidad de al menos 4 satélites en cualquier punto terrestre.
- Evolución y reemplazo para LEOSAR, con cobertura global, alerta en tiempo real, redundancia, disponibilidad y resistencia a interferencias.
- Estimación de localización basadas la distancia a los satélites, con técnicas combinadas FDOA (*Differential Doppler*) y TDOA, permiten la localización con una única ráfaga.
- Precisión en torno a 2 km, en el 98% del tiempo (estadísticas Galileo/SAR 2022).

## MEOSAR: Posicionamiento TDOA + FDOA

Cálculo de distancia y frecuencia Doppler entre baliza y el satélite *i*-ésimo con TDOA/FDOA:

$$\rho_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2}$$
$$f_{D,i} = \frac{\dot{x}_i(x_i - x) + \dot{y}_i(y_i - y) + \dot{z}_i(z_i - z)}{\rho_i}$$

donde  $\rho_i$  y  $f_{D,i}$  representan respectivamente el rango (distancia) y la frecuencia Doppler entre la baliza y el satélite *i*-ésimo, y  $(x_i, y_i, z_i)$  y  $(\dot{x}_i, \dot{y}_i, \dot{z}_i)$  son, respectivamente, la posición y velocidad del satélite, y  $(x, y, z)$  es la posición de la baliza en el sistema de coordenadas centrado en la Tierra.

Así, el TDOA y el FDOA entre el satélite *i*-ésimo y el satélite *j*-ésimo puede obtenerse como:

$$TDOA_{i,j} = \frac{1}{c}(\rho_i - \rho_j)$$
$$FDOA_{i,j} = \frac{f_c}{c}(f_{D,i} - f_{D,j})$$

# Galileo SAR: Servicios FLS y RLS

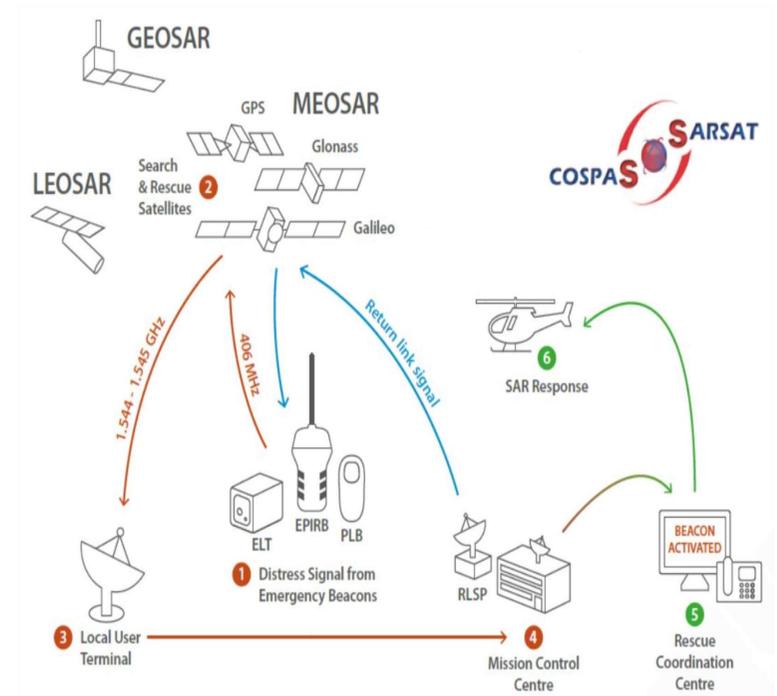


## Galileo SAR: Servicio FLS (*Forward Link Service*)

- Representa el servicio de base para la operación COSPAS-SARSAT. Recepción e identificación de señales de emergencia a 406 MHz, para su retransmisión en banda L a las estaciones MEOLUT para la determinación de la posición de la baliza transmisora.

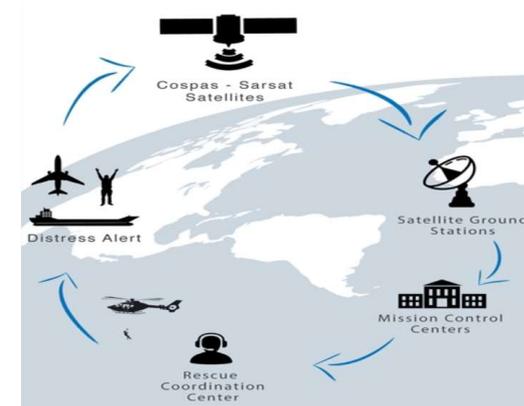
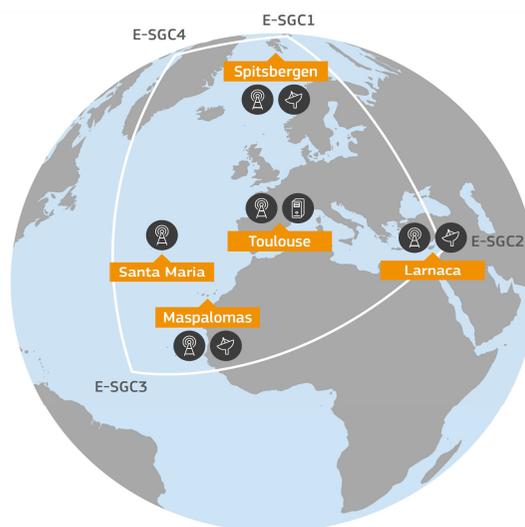
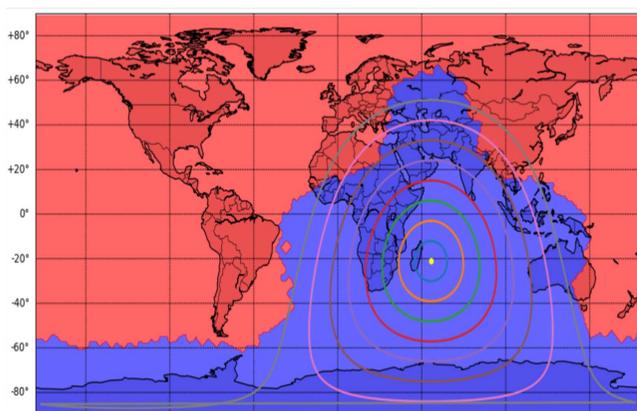
## Galileo SAR: Servicio RLS (*Return Link Service*)

- Servicio pionero presentado por Galileo SAR, para la transmisión de un mensaje de retorno (RLM) hacia la baliza desde el centro de control, para la confirmación de la localización y de la activación de los servicios de emergencia.
- La baliza deber soportar esta funcionalidad, ya que la activación del RLS se inicia con un flag en el mensaje de emergencia. Este mensaje RLM se transmite a la baliza en el mensaje general de navegación E1 en banda L.



# Galileo SAR: Cobertura y arquitectura

- Área operacional del segmento terreno limitada geográficamente, con más de 40M de km<sup>2</sup>.
- Responsabilidad operacional bien definida (cobertura COSPAS-SARSAT SAR/Galileo): segmento terrestre con responsabilidad operacional exclusiva.
- Área operacional extendida tras el despliegue de una nueva estación MEOLUT en La Reunion, Francia.
- Componentes de la arquitectura: balizas, satélites, MEOLUTs, MCCs.
- Arquitectura independiente de arquitectura general Galileo para los 2 servicios SAR: FLS + RLS



# Galileo SAR: componentes principales de la arquitectura



## BALIZAS:

- EPIRB (marítimo)
- ELT (aeronáutico)
- SSAS (anti-piracy)
- PLB (Personal)
  - 406 MHz

## SATÉLITES:

- Galileo SAR: SARR
- UHF 406 MHz a L-band 1544.1MHz
- FLS: baliza a MEOLUT
- RLS: Mensaje de retorno en señal E1 (L-band)



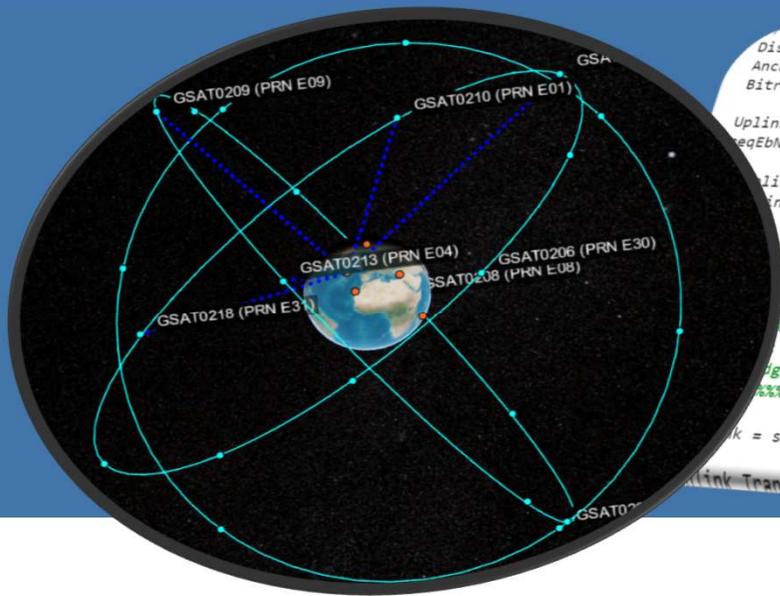
## MEOLUT:

- 4 estaciones MEOLUT
  - Larnaka, Chipre
  - Maspalomas, España
  - Spitsbergen, Noruega
  - La Reunión, Francia
- Tracking <-> MTCF
- Localización FDOA/TDOA

## CENTROS DE CONTROL:

- Locales (CY, SP, NO, FR)
- Central C/S: CNES, Toulouse
  - FMCC
  - MTCF
  - RLSP





```

% frecuenciaTx = 406.05/1e3; % Frecuencia de transmision en GHz
% DistanciaTx = range_LUT_t(j)/1e3; % Distancia entre Baliza y Satellite.
% AnchoBandaTx = 80/1e3; % Ancho de banda de transmision en MHz (=80kHz)
% BitrateTx = 400/1e6; % Bitrate de transmision en Mbps (=400bps)

UplinkImplLossEPRB=0.5;
reqEbNo = 8.8;

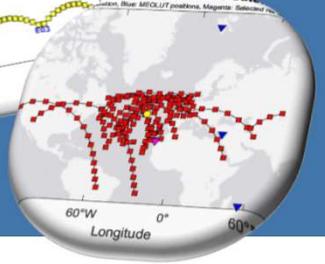
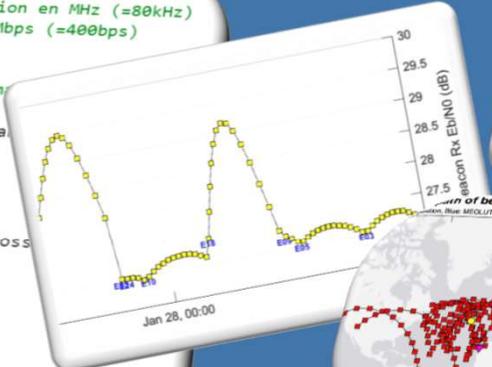
% Norma COSPAS-SARSAT define m
link = NewUplink(UplinkPerdidasTx,UplinkPotenciaTx,UplinkGana
link,infoUplink] = satelliteCNR(cfgUplink);

% sCNUpLink(i,j)=cnUplink;
% InfoUplink(i,j)=infoUplink;
% k(i,j) = infoUplink.ReceivedEbNo - reqEbNo - UplinkImplLoss

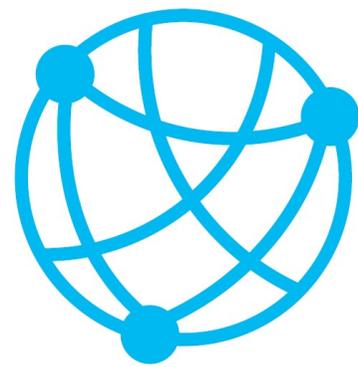
% Link budget enlace descendente SARR -> MEOLUT
% Link budget for end to end communication Txp SAR -> MEOLUT

% k = satelliteCNRConfig;
% Link TransmitterSystemLoss = DownlinkSatTxSystemLoss; % in dB (SAR

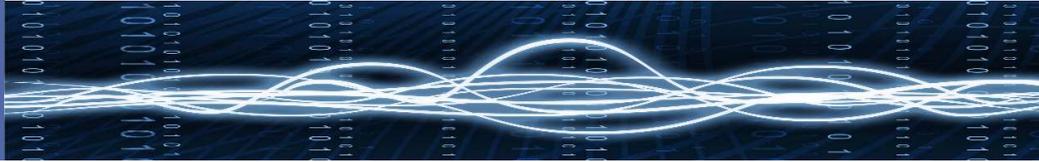
```



# Simulación Matlab® del balance de enlace



# Simulación del balance de enlace SAR/Galileo



- **Objetivo** : análisis del balance de enlace *Forward Link* (FLS)

- Enlace ascendente (uplink): baliza a SAR/Galileo (406 MHz)
- Enlace descendente (downlink): SAR/Galileo a MEOLUT (1544.1 MHz)

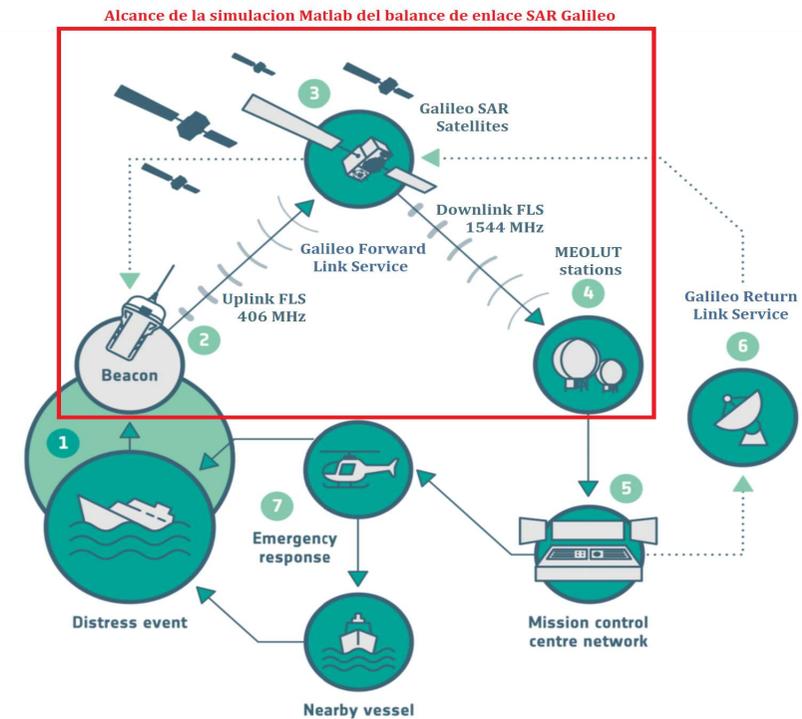
- **Referencia**: C/S T.019 “MEOLUT Performance Specification and Design Guidelines”

$$\text{BER} = 5 \cdot 10^{-5} \rightarrow \text{BPSK } E_b/N_0 = 8.8 \text{ dB}$$

- **Herramienta**: Matlab® *Satellite Communications Toolbox*

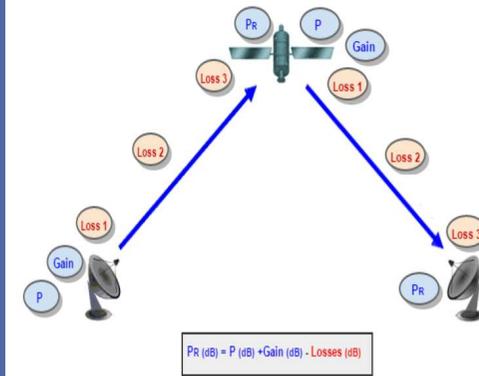
- **Proceso**:

- Modelización constelación Galileo SAR.
- Simulación tiempo real sobre constelación modelizada: satélites, baliza, MEOLUT.
- Cálculo del balance de enlace (link budget) para cada paso de simulación  $t$ .
- Representación en tiempo real de estado de enlace y niveles de  $E_b/N_0$  en recepción MEOLUT.
- Análisis de resultados.



# Fundamentos del cálculo de balance de enlace

- Objetivo: análisis de la potencia recibida desde el transmisor al receptor, teniendo en cuenta la degradación de la señal por los efectos de la propagación en el espacio libre.
- El balance de enlace dependerá de los parámetros de transmisión y recepción de la baliza, transpondedor SAR y MEOLUT.



## Cálculo de balance de enlace ascendente:

- EIRP de la baliza (Potencia Tx + Ganancia antena).
- Pérdidas en transmisor y receptor (HW y cableado, errores polarización, apuntado, feeder, etc.).
- Atenuación por propagación en espacio libre (FSPL).
- Ganancia de recepción (G/T) en el Txp SARR.
- Pérdidas en el receptor (HW y cableado, errores polarización, apuntado, feeder, etc.)

## Cálculo de balance de enlace descendente:

- Mismos conceptos, pero considerando ahora como Tx el SARR, y como Rx la estación MEOLUT.

$$\text{EIRP}_{baliza} = P_{Tx\_Sat} + G_{Tx\_Sat} - L_{baliza}$$

$$\text{FSPL} = 10 \cdot \log \left[ \left( \frac{4\pi df}{c} \right)^2 \right] = 20 \cdot \log(d) + 20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log \left( \frac{4\pi}{c} \right)$$

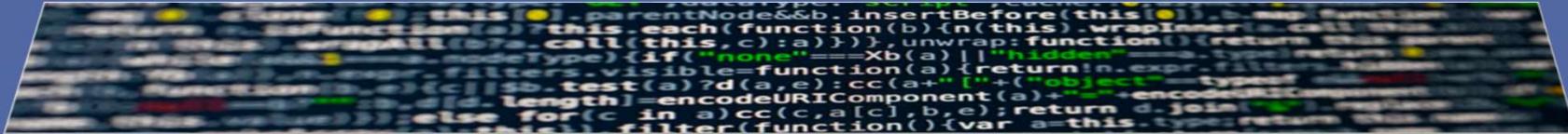
$$P_{Rx\_sat} = \text{EIRP}_{baliza} - \text{FSPL} - L_{Tx-baliza}$$

$$(C/N_0)_{UP} = P_{Rx-sat} + G/T_{sat} - 10 \cdot \log(k) - L_{sat-rx}$$

$$\left[ \left( \frac{C}{N_0} \right)^{-1} \right]_{TOTAL} = \left[ \left( \frac{C}{N_0} \right)^{-1} \right]_{UP} + \left[ \left( \frac{C}{N_0} \right)^{-1} \right]_{DOWN}$$

$$E_b/N_0(\text{dB}) = C/N_0(\text{dB}) - 10\log(B)$$

# Implementación Matlab®: Modelización orbital SAR



## Modelización de constelación usando Matlab® Satellite Communications Toolbox

➤ Implementación sencilla de un modelo orbital, usando funciones y objetos del Toolbox:

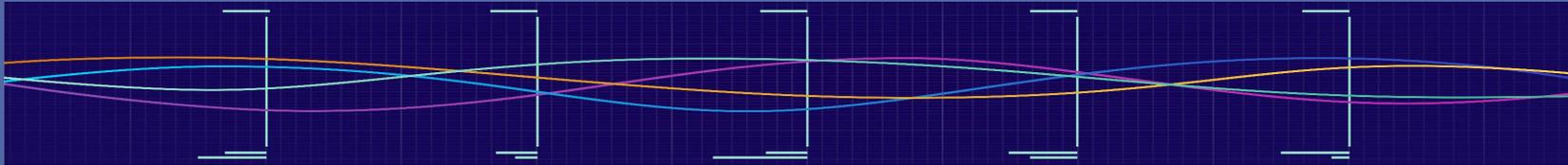
- ✓ Objeto **SatelliteScenario**: define un escenario de simulación 3D, al que se asocian diferentes componentes:
  - **satellite()**: elementos Keplerianos o importación TLE.
    - Se ha optado por la importación de datos de constelación NORAD via fichero TLE obtenido desde [cerestrak.org](http://cerestrak.org).
  - **groundStation()**: Latitud, Longitud y Elevación mínima.
- ✓ Función **satelliteScenarioViewer**: ejecuta la simulación orbital, permitiendo la interacción con los objetos *satellite* definidos teniendo en cuenta su posición en la órbita en un momento  $t$ .

# Resultados de la modelización SAR/GALILEO: Consideraciones para el análisis del cálculo de balance de enlace SAR



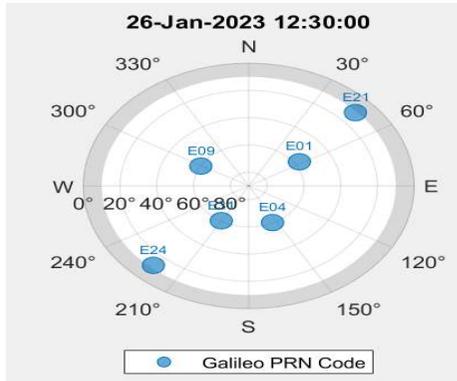
- Constelación Galileo SAR definida nominalmente en 3 planos orbitales circulares.
- 3 satélites descartados del fichero TLE:
  - IOV E11 y E12 : sin *payload* SAR.
  - FOC E22: desactivado por motivos de gestión de constelación.
- 2 satélites auxiliares en órbita elíptica: anomalía en lanzamiento de E14 y E18, y reposicionamiento para funciones SAR en órbita auxiliar. Mejores niveles de señal al situarse en órbita más baja (17.4k km vs 23.2k km, hasta 6dB en  $E_b/N_0$ ).

# Simulación de cálculo del balance de enlace



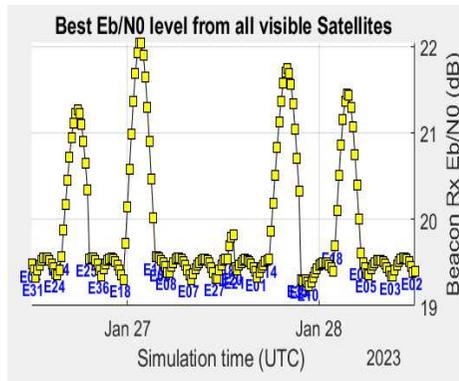
- Para cada instante  $t$  de la simulación ( $startDate + t * sampleTime$ ):
  1. Determinación de los satélites visibles de la baliza para cada *instante*  $t$  de la simulación.
  2. Para cada uno de los **satélites**  $k$  visibles por la baliza:
    - a) Cálculo del *ranging* del satélite. Cálculo del FSPL en el *uplink* considerando frecuencia  $f$ .
    - b) Con los parámetros de EIRP, FSPL y pérdidas de transmisión, calculamos la potencia en recepción y luego el  $C/N_0$  usando la función *SatelliteCNR* del *Satellite Communications Toolbox*.
    - c) Repetimos los cálculos para el enlace descendente, pero considerando como recepción la estación MEOLUT que proporcione un mejor valor de distancia para el satélite  $k$ .
    - d) Cálculo del  $C/N_0$  total considerando el  $C/N_0$  de uplink y el  $C/N_0$  de downlink.
    - e) Cálculo del  $E_b/N_0$  final del enlace y el margen de enlace total.

# Representación de resultados



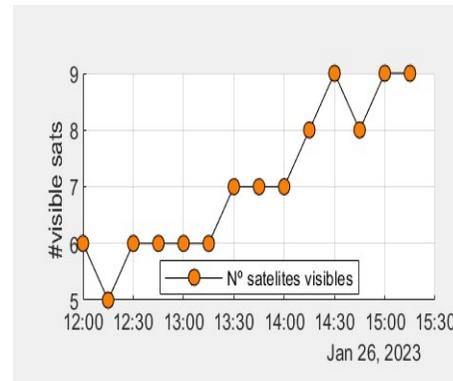
**Skyplot**

Representación 2D de los satélites visibles por la baliza dada la elevación mínima definida.



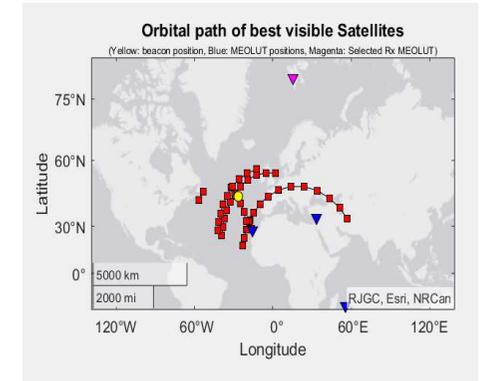
**Mejor valor  $E_b/N_0$**

Representación del mejor valor  $E_b/N_0$  en cada momento  $t$  e identificador de satélite asociado



**# de satélites visibles**

Representación del número de satélites visibles por la baliza en cada momento  $t$  de la simulación



**Traectoria del satélite y MEOLUT**

Representación de trayectoria del satélite que presenta mejor enlace y el MEOLUT asociado a dicho cálculo

Satellite	Latitud	Longitud	Elevacion	Distancia	Ref_MEOLUT	FSPL_Sat	FSPL_MEOLUT	SatRxPower	MEOLUTRxPower	CN0_Total	EbNo	Margen	BER	PER
E18	43.0053	-107.9542	20.9756	22827	Spitsbergen	171.7882	183.3308	-166.8376	-161.3801	45.7396	19.7190	10.9190	5.6690e-43	2.1559e-163
E30	32.5112	-72.4416	43.6559	24849	Maspalomas	172.5255	184.4742	-167.5749	-162.5236	45.0002	18.9796	10.1796	1.4567e-36	9.3981e-138
E09	26.8797	33.5397	28.4293	26027	Larnaka	172.9279	183.5675	-167.9772	-161.6168	44.6041	18.5835	9.7835	1.4985e-33	1.0525e-125
E02	-4.4585	-43.4753	26.6349	26188	Maspalomas	172.9814	184.2566	-168.0308	-162.3060	44.5477	18.5271	9.7271	3.8264e-33	4.4749e-124
E04	53.2866	83.3468	13.3994	27484	Spitsbergen	173.4009	184.0321	-168.4503	-162.0815	44.1311	18.1105	9.3105	2.7121e-30	1.1293e-112
E05	-9.8222	6.1159	15.3103	27261	Maspalomas	173.3303	184.2874	-168.3796	-162.3368	44.2004	18.1798	9.3798	9.5064e-31	1.7048e-114
E27	55.5381	-131.6781	17.1992	27108	Spitsbergen	173.2813	184.3511	-168.3307	-162.4005	44.2488	18.2282	9.4282	4.5190e-31	8.7054e-116
E36	52.2410	16.7815	53.9397	24221	Larnaka	172.3033	183.7424	-167.3527	-161.7917	45.2250	19.2044	10.4044	2.1270e-38	4.2722e-145
E15	16.9784	-95.8167	14.4233	27369	Maspalomas	173.3645	185.3144	-168.4139	-163.3638	44.1612	18.1406	9.3406	1.7231e-30	1.8401e-113
E34	49.6380	-58.0775	62.9141	23793	Spitsbergen	172.1484	184.1583	-167.1978	-162.2077	45.3769	19.3563	10.5563	1.0787e-39	2.8267e-150

Representación de los resultados del cálculo de enlace para cada momento  $t$  de la simulación.

# Análisis de resultados



- **Desfavorable:** Uplink ( $\downarrow$  EIRP,  $\uparrow$  pérdidas Tx,  $\downarrow$  G/T), Downlink ( $\uparrow$  ganancia\_tx,  $\uparrow$  pérdidas Rx).

PotenciaTx	GananciaTx	PerdidasTx	ErrorPolarizacionTx	PerdidasInterferenciaTx	PerdidasPointingTx	PerdidasSystemRx	GTSateliteRx
5	2	4	50	1	0.5	2	-15.3
SatTxPower	SatTxSystemLoss	SatAntennaGain	SatErrorPol	SatInterfLoss	SatAntPointLoss	RxSystemLoss	GTRatio
-153	4	175	50	1	0.5	2	3

$E_b/N_0 \sim 10.5 - 13.5$  dB  
Margen: 1.7 - 4.7 dB

- **Neutro:**

PotenciaTx	GananciaTx	PerdidasTx	ErrorPolarizacionTx	PerdidasInterferenciaTx	PerdidasPointingTx	PerdidasSystemRx	GTSateliteRx
7	3	3	30	0.5	0.3	1.5	-14.5
SatTxPower	SatTxSystemLoss	SatAntennaGain	SatErrorPol	SatInterfLoss	SatAntPointLoss	RxSystemLoss	GTRatio
-153	3	180	30	0.5	0.3	1.5	3

$E_b/N_0 \sim 19.5 - 22$  dB  
Margen: 10.7 - 13.2 dB

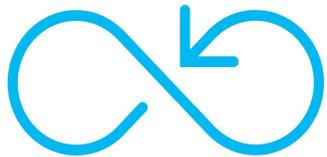
- **Favorable:** ( $\uparrow$  EIRP,  $\downarrow$  pérdidas Tx,  $\uparrow$  G/T), Downlink ( $\uparrow$  ganancia\_tx,  $\uparrow$  pérdidas Rx).

PotenciaTx	GananciaTx	PerdidasTx	ErrorPolarizacionTx	PerdidasInterferenciaTx	PerdidasPointingTx	PerdidasSystemRx	GTSateliteRx
10	4	2	10	0.5	0.1	1	-13.6
SatTxPower	SatTxSystemLoss	SatAntennaGain	SatErrorPol	SatInterfLoss	SatAntPointLoss	RxSystemLoss	GTRatio
-153	2	185	10	0.5	0.1	1	3

$E_b/N_0 \sim 27 - 30$  dB  
Margen: 18.2 - 21.2 dB



## Conclusiones y trabajos futuros



# Conclusiones

- ✓ Se ha analizado en profundidad el entorno del servicio Galileo SAR, su objetivos, marco de servicio y fundamentos operacionales.
- ✓ Se ha revisado la arquitectura del sistema SAR, y sus principales componentes tanto en el segmento espacial como en el segmento terreno.
- ✓ Se han analizado los fundamentos del cálculo del balance de enlace SAR y las variables asociadas al cálculo.
- ✓ Se ha analizado la herramienta de **Matlab® *Satellite Communications Toolbox*** y con ella se ha modelizado la constelación SAR y se ha desarrollado una herramienta para la simulación de los balances de enlace del Forward Link Service.
- ✓ Se han analizado los resultados para confirmar el buen dimensionamiento del sistema en base a las especificaciones de COSPAS-SARSAT.

## Trabajos futuros

- Análisis de los nuevos desarrollos SAR implementados para la nueva generación de satélites Galileo G2G.
- Análisis de los aspectos de posicionamiento MEOSAR, para simular los métodos FDOA/TDOA para la estimación de posición con la herramienta Matlab® *Satellite Communications Toolbox*.
- Extensión del alcance del trabajo para incluir el resto de componentes GNSS MEOSAR y su arquitectura del segmento terrestre, y para analizar también el rendimiento de enlace del servicio RLS.

# Demo de Simulación Matlab®



**UOC** Universitat Oberta de Catalunya

**Gracias**

 [mendeztrives@uoc.edu](mailto:mendeztrives@uoc.edu)

 <https://www.linkedin.com/in/jesumendezsampedro/>