

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R S.1527
(06/2001)

**Procedimiento para la identificación
de satélites no geoestacionarios que
producen interferencia en una estación
terrena geoestacionaria en explotación**

Serie S
Servicio fijo por satélite



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radioastronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2012

© UIT 2012

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1527*

Procedimiento para la identificación de satélites no geoestacionarios que producen interferencia en una estación terrena geoestacionaria en explotación

(Cuestión UIT-R 231/4)

(2001)

Cometido

En la presente Recomendación se describe una metodología para calcular el tiempo en el que un satélite no OSG estará cerca o dentro del haz principal de una antena de estación terrena del SFS OSG, que permite identificar, con la ayuda de los datos de efemérides, la constelación no OSG que causa interferencia.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (Estambul, 2000) (CMR-2000) adoptó una combinación de límites de la densidad de flujo de potencia equivalente del enlace descendente ($dfpe_{\downarrow}$) de validación, operacionales y, para algunos tamaños de antena, operacionales adicionales para una sola fuente de interferencia incluidos en el Artículo 22 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), junto con los límites combinados de la Resolución 76 (CMR-2000), que se aplican a los sistemas del servicio fijo por satélite (SFS) no geoestacionario (no OSG) para proteger a las redes OSG en partes de la gama de frecuencias 10,7-30 GHz;
- b) que se precisa un procedimiento para identificar un satélite del SFS no OSG cerca o dentro del haz principal de una estación terrena OSG en explotación donde puede generar interferencia,

observando

- a) que se precisan datos de efemérides actualizados para constelaciones no OSG con el fin de llevar a cabo un procedimiento preciso de identificación;
- b) que normalmente se puede disponer públicamente de datos de efemérides;
- c) que se está elaborando una Recomendación separada que permita la medición de los niveles de cresta de $dfpe_{\downarrow}$ generados por el satélite no OSG identificado en una estación terrena OSG en explotación,

recomienda

- 1** que se podría utilizar la metodología del Anexo 1 para calcular el tiempo durante el cual un satélite no OSG estaría cerca de o dentro del haz principal de una antena de estación terrena del SFS OSG y que, por lo tanto, con la ayuda de los datos de efemérides, se podría utilizar para identificar la constelación no OSG que produce la interferencia;
- 2** que el operador del sistema de satélites no OSG proporcione asistencia al operador de la red del SFS OSG para obtener los datos de efemérides más recientes, si fueran necesarios para identificar el origen de la interferencia.

* La Comisión de Estudio 4 de Radiocomunicaciones introdujo cambios de edición en esta Recomendación el mes de septiembre de 2011, de conformidad con la Resolución UIT-R 1.

Anexo 1

1 Introducción

Este Anexo proporciona un procedimiento que podría seguir un operador de estación terrena OSG para identificar sistemas no OSG que producen pérdidas de sincronismo o degradaciones importantes en enlaces descendentes OSG en explotación.

Este Anexo está dividido en tres partes. La primera parte pretende mostrar que simplemente observando una señal interferente mediante una estación terrena OSG, es posible establecer una lista de posibles constelaciones no OSG existentes que pueden ser las responsables de la interferencia. La segunda parte proporciona una descripción del banco de pruebas que se puede utilizar para identificar una constelación no OSG. Finalmente, la última parte proporciona un ejemplo de utilización de este procedimiento para la identificación de la constelación HIBLEO-4FL.

Este procedimiento constituye un paso fundamental hacia la medición de los niveles de la densidad de flujo de potencia (dfp) generados por una constelación no OSG en una estación terrena OSG en explotación.

2 Análisis previos a la medición

Esta parte pretende mostrar que simplemente observando una señal interferente mediante una estación terrena OSG, es posible establecer una lista de las posibles constelaciones no OSG existentes que pueden ser las responsables de la interferencia.

2.1 Observación de la interferencia

Cuando recibe una interferencia, un operador de la red del SFS OSG tiene que identificar en primer lugar la fuente de interferencia y, sobre todo, tiene que determinar si la interferencia que recibe es interna a su red o externa.

Se puede identificar un sistema interferente no OSG utilizando parte o la totalidad del conjunto siguiente de elementos:

- cualquier característica repetitiva de la interferencia y su periodo asociado;
- la duración temporal de la interferencia;
- la frecuencia de la interferencia;
- el conocimiento del nivel de interferencia (que produce la pérdida de sincronismo o la degradación considerable de la señal OSG recibida);
- la fecha y la hora exacta de aparición de la degradación de las prestaciones;
- las características de la señal interferente transmitida;
- gráficos del analizador de espectro de las condiciones nominal e interferente, si existen.

Conocidas estas características de la señal interferente, es posible establecer una lista de sistemas no OSG registrados en la UIT, cuyos rasgos puedan corresponder con los del sistema observado.

2.2 Hipótesis sobre el posible sistema interferente

Con el fin de identificar los sistemas no OSG que pueden ser responsables de la interferencia recibida por la estación terrena OSG, es necesario en primer lugar establecer una lista completa de los sistemas no OSG existentes que funcionan en la banda de interés para el operador OSG.

Este tipo de lista se puede establecer utilizando los datos de frecuencias radioeléctricas registrados en la UIT, que proporciona información sobre constelaciones no OSG de interés para la identificación del sistema no OSG, tales como:

- periodo de la constelación no OSG;
- gama de frecuencias utilizada por la constelación;
- datos de diseño de las emisiones de la constelación (es decir, anchura de banda y frecuencia de diseño);
- niveles de potencia esperados en tierra, etc.

Considerada esta información y el número limitado de sistemas no OSG en órbita que podrían finalmente coexistir, la lista de interferidores candidatos será relativamente corta.

La $df_{pe\downarrow}$ de cresta generada por un sistema no OSG se puede producir según dos configuraciones:

- cuando un satélite no OSG está alineado en la dirección de apuntamiento del sistema OSG y el satélite no OSG sigue transmitiendo por sus lóbulos laterales;
- cuando un satélite está a punto de desconectar todas sus transmisiones al acercarse al arco de la OSG.

En ambos casos, la $df_{pe\downarrow}$ de cresta corresponde a configuraciones geométricas claras.

Por lo tanto, el segundo elemento que ayudará a la identificación de un sistema no OSG es la coincidencia en el tiempo de un evento de interferencia con una determinada situación geométrica del satélite no OSG en relación con la red OSG.

Para determinar la ubicación de un satélite no OSG en relación con la estación terrena OSG en un determinado instante, se precisan datos de efemérides de referencia junto con información de soporte lógico de predicción de órbitas. Este tipo de paquetes de soporte lógico de predicción orbital está ampliamente disponible en Internet y proporciona información sobre:

- la elevación y el acimut de los satélites no OSG cuando pasan a través de un haz principal de una estación terrena OSG;
- si son visibles los satélites de una constelación no OSG desde la ubicación de una determinada estación terrena OSG;
- la posición de los satélites en el cielo vista desde la estación terrena OSG en el instante de una interferencia.

Si no se dispone de datos de efemérides de sistemas de satélite no OSG provenientes de otras fuentes, el operador del sistema de satélites no OSG proporcionará asistencia al operador de la red del SFS OSG para obtener los datos más recientes de efemérides.

Una dificultad para la identificación de un satélite no OSG en la dirección de la órbita de los satélites OSG es que la señal no OSG se mezcle con las señales del satélite OSG y que, por lo tanto, no sea inmediatamente identificable.

2.3 Calendario de pruebas

Este punto explica cómo determinar la dirección de apuntamiento hacia la cual la probabilidad de ver al satélite de sistemas no OSG es alta.

Si se dispone de datos de efemérides actualizados y del soporte lógico de predicción orbital asociado, es posible determinar todos los pases de los satélites dentro $\pm X^\circ$ de una antena en acimut y elevación, el nombre de los satélites y la hora y duración de cada pase. Esta información se puede utilizar para determinar una ventana (acimut \times elevación) de $\pm X^\circ$ de lado para la cual la

probabilidad de tener pases de satélites es máxima. Habrá de hacerse este ejercicio para cada sistema no OSG candidato que pueda producir la interferencia.

Durante el periodo planificado de la prueba, el operador OSG establecerá el Cuadro 1 para el acimut seleccionado.

CUADRO 1

Lista de actividades para el calendario de pruebas

Sistemas no OSG candidatos	Dirección de apuntamiento de la antena de prueba	Ventana de mayor probabilidad (acimut × elevación)	Pase del número de satélite	Día de pase (m:d:a) ⁽¹⁾	Hora de pase teórica ⁽²⁾
1			x y z	(m:d:a) _x (m:d:a) _y (m:d:a) _z	(h:m:s) _x (h:m:s) _y (h:m:s) _z
2					
3					

⁽¹⁾ (m:d:a): mes, día, año.

⁽²⁾ (h:m:s): hora, minuto, segundo, milésimas de segundo.

3 Presentación del banco de pruebas

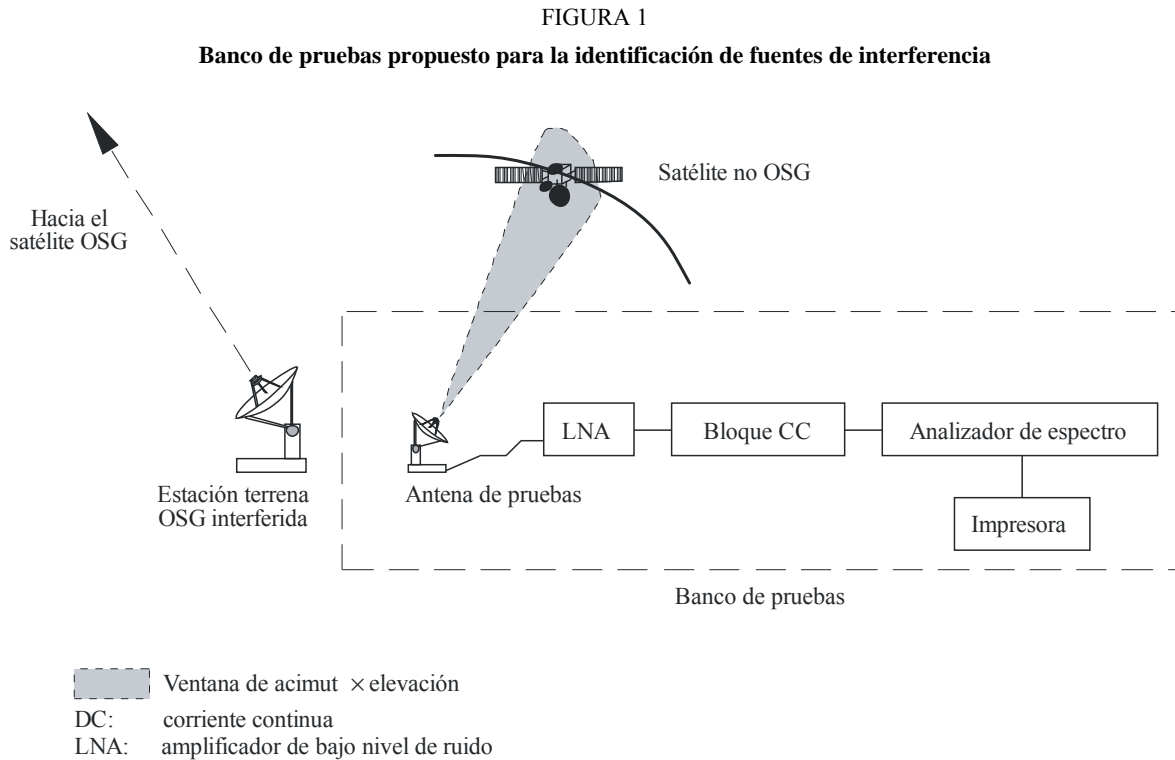
3.1 Equipamiento del banco de pruebas

El banco de pruebas propuesto observará el nivel de dfp recibido proveniente de los sistemas no OSG en la estación terrena OSG en su dirección de apuntamiento con la mayor probabilidad de aparición de satélites en la ubicación de la estación terrena OSG (véase el § 2.3).

La antena de pruebas que se utiliza está separada de la antena de la estación terrena OSG y puede tener un diámetro pequeño: 1,2 m o 3 m. De hecho, el objetivo del análisis no consiste en medir el nivel de interferencia generado en la estación terrena OSG en explotación, sino más bien en detectar y observar señales provenientes de un determinado satélite no OSG, en la frecuencia en la que se ha detectado una interferencia en una estación terrena OSG. La antena de pruebas se sitúa cerca de la estación terrena OSG.

También se puede observar la señal en las bandas de telemedida. De hecho, la mayoría de los sistemas del SFS no OSG no tienen planificado dar servicio a toda las zonas visibles desde el satélite lo que significa que el satélite observado puede no estar transmitiendo hacia el lugar de medición. Para realizar la primera observación de la señal es necesario por lo tanto validar los parámetros de la constelación observando las bandas de telemedida.

El banco de pruebas propuesto para la identificación de la fuente de interferencia no OSG es el siguiente:



S.1527-01

La información que se requiere sobre los elementos del banco de pruebas aparece en el Cuadro 2.

CUADRO 2

Descripción	Características requeridas	Nota
Antena de pruebas y alimentador	Tamaño Gama de frecuencias Diagrama de ganancia de antena	Proporcionado por el fabricante
LNA	Gama de frecuencias Ganancia y temperatura de ruido	Medida por el fabricante
Cables coaxiales	Cables de bajas pérdidas Pérdidas en función de la frecuencia	Medidas durante las pruebas de calibración (véase el § 3.2)
Bloque CC	Pérdidas	Medidas
Alimentación	Compatible con la tensión del LNA	
Analizador de espectro	Bajo nivel de ruido Margen de frecuencias compatible con las pruebas	
Impresora	Compatible con el analizador de espectro	

Con el fin de obtener resultados precisos es necesario calibrar la cadena de recepción de prueba como se describe en el § 3.2.

3.2 Calibración del banco de pruebas

La calibración del banco de pruebas consiste en medir la ganancia y las pérdidas de toda la cadena de recepción así como apuntar con precisión la antena de prueba hacia el acimut y la elevación preestablecidas del satélite no OSG. De hecho, al calibrar la cadena de recepción es importante que la relación portadora/ruido, (C/N), esperada para la señal característica no OSG sea suficientemente alta para ser detectada con el banco de pruebas utilizado. Unas medidas demasiado elevadas en la cadena de recepción harán imposible realizar este tipo de pruebas con éxito.

4 Ejemplo: Procedimiento de identificación aplicado al sistema HIBLEO-4FL

Para demostrar la viabilidad de esta técnica, se ha llevado a cabo una prueba práctica para detectar señales de sistemas no OSG desde dos ubicaciones separadas: una cerca de Washington DC, en los Estados Unidos de América y otra en la estación terrena de Goonhilly en el Reino Unido.

Se ha seleccionado el sistema HIBLEO-4FL (GlobalStar) porque:

- sus parámetros orbitales para una constelación de 48 satélites inclinados 52° con una altitud de 1 414 km son representativos de los sistemas no OSG propuestos;
- radia hacia la Tierra una señal de teledifusión de potencia constante (de 7 kHz de anchura de banda) que es función de la elevación;
- las transmisiones se encuentran cerca de 7 GHz, utilizan una antena con un único haz y polarización circular y se pueden detectar perfectamente con una antena con polarización lineal;
- el sistema HIBLEO-4FL es el único usuario de la banda de enlace descendente de 7 GHz por lo que no habrá confusión con señales provenientes de otros sistemas de satélites;
- los equipos de pruebas están disponibles comercialmente para 7 GHz.

Estas pruebas demuestran que es posible:

- determinar las características de una constelación no OSG sin implementar señales características normalizadas específicas;
- detectar satélites de un sistema no OSG en órbitas bajas con modulación de acceso múltiple por división de código, y
- predecir con una gran precisión, la ubicación de satélites no OSG en relación con una ubicación de estación terrena OSG.

Es importante destacar que el sistema HIBLEO-4FL es muy parecido a un sistema como el F-SAT MULTI 1B en lo que respecta a parámetros orbitales y a dfp en la superficie de la Tierra. El Cuadro 3 proporciona los datos más importantes de los parámetros orbitales de los niveles de la dfp .

CUADRO 3

	F-SAT MULTI 1B	HIBLEO-4FL
Altitud (km)	1 469	1 414
Tipo de órbita	Circular	Circular
Inclinación (grados)	53	52
Frecuencia (GHz)	10,7-12,75 para el enlace descendente	Cerca de 6,8 para la teledifusión
Niveles de dfp (dB(W/(m ² · 40 kHz)))	Alrededor de -145	$dfp_{mín} = -148$ $dfp_{máx} = -135,8$

Las pruebas llevadas a cabo en Estados Unidos de América y en el Reino Unido, de las que se proporciona una descripción detallada en el Apéndice 1, demuestran que el HIBLEO-4FL se puede detectar e identificar y que se puede predecir con una precisión de unos 3 s la hora de paso de un satélite por el haz principal de la antena de la estación terrena OSG, cualquiera que sea la dirección de apuntamiento.

5 Conclusión

Se ha demostrado en este Anexo, que se puede lograr la identificación de una constelación no OSG a bajo precio. Es posible predecir la hora de paso de un satélite no OSG cerca de o a través del haz principal de una estación terrena OSG, con una precisión de unos 3 s. Un procedimiento tan sencillo como el presentado aquí proporciona información que es fundamental para operadores OSG que intentan identificar el sistema no OSG responsable de la interferencia observada.

Apéndice 1

al Anexo 1

El ejemplo de las pruebas proporcionado en este Apéndice es el realizado en Estados Unidos de América.

1 Preparación de las pruebas

1.1 Búsqueda de información sobre el HIBLEO-4FL

La preparación de las pruebas precisa la recopilación de la mayor cantidad posible de información sobre la constelación HIBLEO-4FL a partir de los archivos de la UIT (con la referencia RES46/C/182). En este archivo se encuentra la información siguiente sobre este sistema no OSG:

Configuración de la constelación

HIBLEO-4FL es una constelación no OSG de 48 satélites combinados en ocho planos de seis satélites con una órbita circular a una altitud de 1 414 km y una inclinación de 52°. Los 48 satélites estaban en órbita en el momento de las pruebas.

Plan de frecuencias

Las frecuencias de las portadoras de teledifusión están entre 6 876 y 6 877,1 MHz, sin considerar el desplazamiento Doppler. Hay ocho bloques de 13 portadoras de conexión para los enlaces descendentes entre el satélite y la estación de cabecera. La anchura de banda de cada portadora es de 1,23 MHz. Cada bloque ocupa 15,99 MHz (\pm el desplazamiento Doppler en los enlaces ascendente/descendente) y transmite dos señales con polarizaciones cruzadas.

NOTA 1 – El desplazamiento Doppler es de ± 135 kHz para las portadoras de teledifusión y para las portadoras de conexión (sólo se ha tenido en cuenta el desplazamiento Doppler del enlace descendente).

Esta información ayudará a establecer la concordancia del espectro observado con el plan de frecuencias del HIBLEO-4FL.

Niveles de potencia

El Documento RES46/C/142 también proporciona la ganancia y la p.i.r.e. utilizadas por los satélites HIBLEO-4FL en función del ángulo de elevación desde el suelo.

A partir del Cuadro 4 es posible calcular el nivel de la *dfp* declarado a la UIT por el sistema HIBLEO-4FL en función del ángulo de elevación (dB(W/(m² · 40 kHz))) (véase la Fig. 2).

CUADRO 4

Elevación (grados)	Distancia ⁽¹⁾ (km)	Pérdida ⁽²⁾ (dBm ²)	Ganancia ⁽³⁾ (dBi)	p.i.r.e. (dB(W/7 kHz))	<i>dfp</i> ⁽⁴⁾ (dB(W/(m ² · 7 kHz)))
0	4 476,5	144	36,3	-11,6	-155,6
10	3 504,4	141,9	36,3	-11,6	-153,5
20	2 798,4	139,9	36,3	-10,6	-150,5
30	2 307,3	138,3	36,3	-8,6	-146,9
40	1 970,5	136,9	36,3	-7,6	-144,5
50	1 740,7	135,8	36,3	-7,6	-143,4
60	1 586,3	135	36,3	-8,6	-143,6
70	1 487,3	134,4	36,3	-10,6	-145
80	1 432	134,1	36,3	-12,6	-146,7
90	1 414 ⁽⁵⁾	134	36,3	-14,6	-148,6

- (1) La fórmula para el cálculo de la distancia entre la estación terrena OSG y el satélite no OSG la proporciona el archivo HIBLEO-4FL mediante la ecuación siguiente:

$$D \text{ (m)} = 7\,792\,000 \left(\frac{\cos(\theta) + \arcsen(0,8185 \cos(\theta))}{\cos(\theta)} \right)$$

donde θ es el ángulo de elevación del satélite no OSG en la antena receptora. Véase también la Nota 5.

- (2) Cálculo de las pérdidas por dispersión (dBm²):

$$L_{\text{pérdidas por dispersión}} \text{ (dB)} = 10 \log(4 \pi D^2)$$

donde D es la distancia entre el satélite no OSG y la estación terrena OSG (m).

- (3) Ganancia proporcionada por el fabricante.

- (4) El cálculo de la *dfp* a la entrada de la antena es el siguiente:

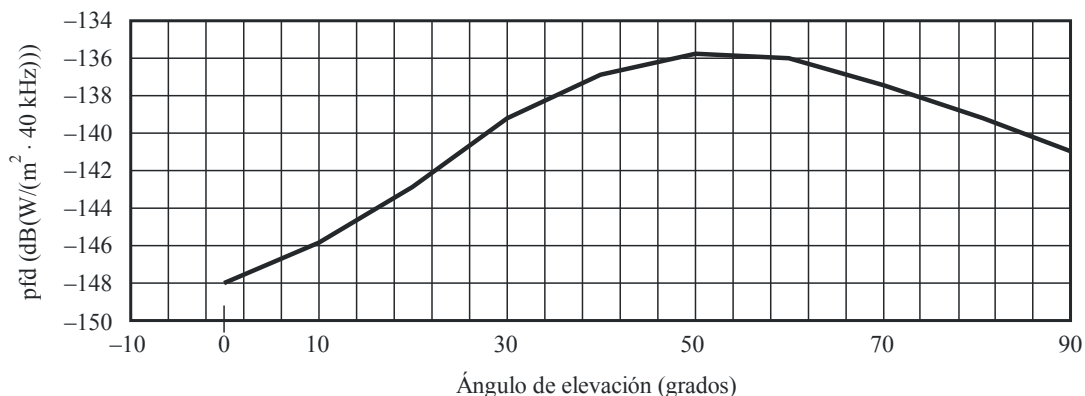
$$dfp \text{ (dB(W/(m}^2 \cdot 7 \text{ kHz)))} = p.i.r.e. \text{ (dB(W/7 kHz))} - \text{pérdidas por dispersión (dBm}^2)$$

- (5) Obsérvese que cuando el ángulo de elevación es de 90 grados, la distancia entre la estación terrena OSG y el satélite no OSG es igual a la altitud del satélite no OSG.

FIGURA 2

dfp de HIBLEO-4FL en la superficie de la Tierra

(6,8 GHz para la telemida, altitud de 1 414 km, anchura de banda = 7 kHz)



Polarización de las emisiones

El sistema HIBLEO-4FL transmite tanto en polarización circular levógira como en polarización circular dextrógira para los enlaces de telemetría. Como no es posible predecir qué polarización puede estar activa en cada pase, se decidió utilizar una antena de polarización lineal con el fin de ser capaz de detectar todas las transmisiones. Por lo tanto deberá añadirse una pérdida de 3 dB al recibir el balance de enlace.

1.2 Preparación del banco de pruebas

El banco de pruebas utilizado para la identificación del sistema HIBLEO-4FL es idéntico al propuesto en el § 3.1 con las características dadas en el Cuadro 5.

CUADRO 5

Descripción	Especificaciones clave	Origen	Número de parte	Notas
Antena y alimentador	1,2 m 6,9 GHz 36,3 dBi Diagrama de ganancia de antena	Andrew	PL-65D	
LNA	6,9 GHz 53,3 dB T = 58 K	Vertex	LFX-7060-02	
Cables coaxiales	50 Ω , bajas pérdidas	Pasterneck	PE-B3199 con N conectores	Similar a Belden 9913
Coaxial al analizador	50 Ω , Heliax, 50 m	Andrew	LDF4-50A con N conectores	
Bloque CC	15 V con bajas pérdidas a 6,9 GHz	Avcom	DCP-1	Pérdidas de dB a 6,9 GHz
Alimentación	CC 12 a 14 V 300 mA máximo	BK		Fijada a 15 V
Analizador de espectro	6,9 GHz	HP	E4408B	
Impresora	Compatible con el analizador de espectro	HP	Cualquiera	

La elección del tamaño de la antena de pruebas se determinó mediante dos criterios. El primero fue la conveniencia de tener una antena pequeña para realizar las pruebas y el segundo tener una antena suficientemente grande para detectar las señales. En el momento de las pruebas estaba disponible una antena de 1,2 m que ha sido capaz de detectar la señal de telemetría del sistema HIBLEO-4FL de forma que la campaña de pruebas se ha realizado utilizando una antena parabólica de 1,2 m.

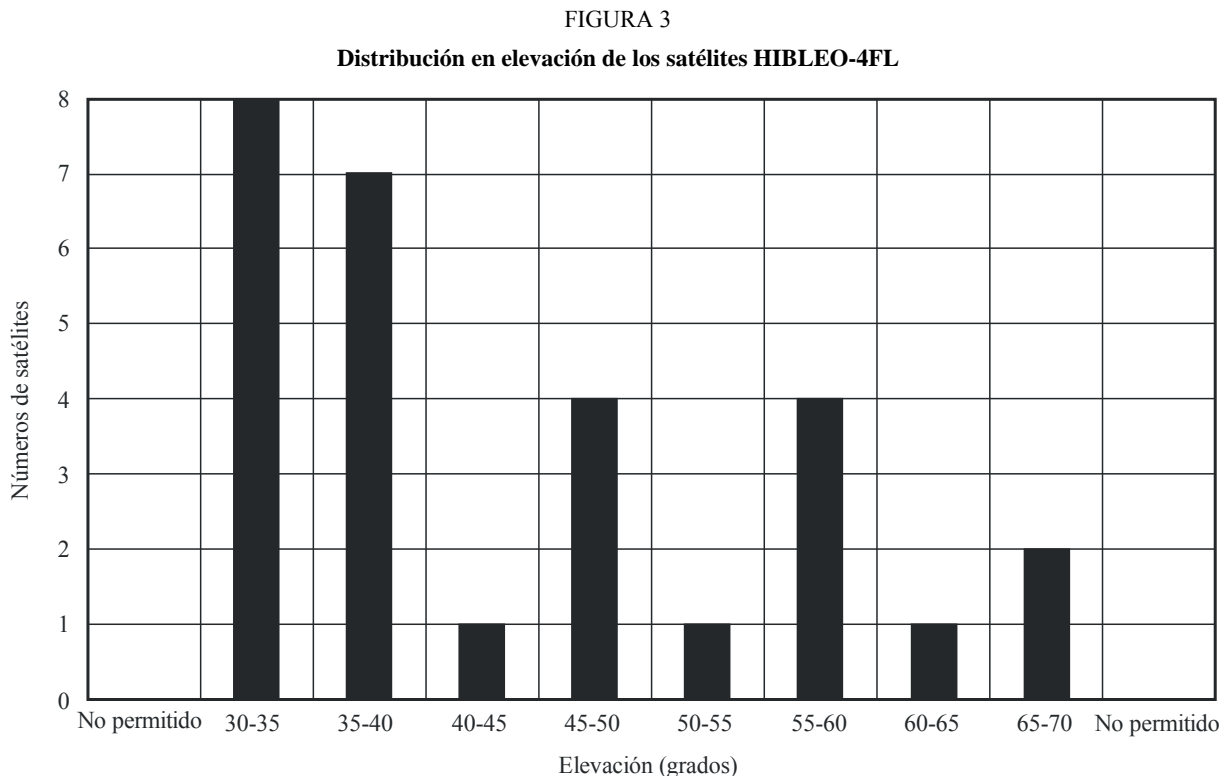
1.2.1 Planificación de las pruebas y dirección de apuntamiento de la antena

Sabiendo que la ubicación de la antena de pruebas era de 39,3° de latitud Norte y 77,3° de longitud Oeste y utilizando herramientas de orbitografía comerciales, ha sido posible determinar la ventana de mayor probabilidad de satélites HIBLEO-4FL como se ha explicado en el § 2.3.

El acimut seleccionado no debiera situarse en el arco de la OSG. Se eligió apuntar la antena de pruebas hacia la dirección más próxima al Norte posible, considerando el apantallamiento natural del entorno.

Antes de determinar la elevación de la dirección de apuntamiento de la antena de pruebas, se realizó un barrido de 360° en acimut alrededor de la ubicación de la antena de pruebas para estar seguros de que no se detectaban servicios terrenales. No se detectó ninguno. Podía haber algunos servicios móviles pero con un ángulo de elevación de la antena entre 30° y 43° un transmisor móvil debería estar muy cercano, lo que no era posible teniendo en cuenta el emplazamiento de las pruebas.

La Fig. 3 proporciona la distribución de los satélites HIBLEO-4FL para el 22 de noviembre de 1999, con una antena de pruebas ubicada a una latitud de $39,3^\circ$ Norte y a una longitud de $77,3^\circ$ Oeste y con un ángulo de acimut de $319,3^\circ$.



S.1527-03

Por las razones anteriores, se eligió apuntar de la antena de pruebas hacia ángulos de elevación que variaban entre 30° y 40° de elevación, con un acimut de $319,3^\circ$.

El Cuadro 8 proporciona la planificación que se eligió para el día de las pruebas.

1.3 Calibración de la instalación del banco de pruebas y del analizador de espectro

Se realizó cuidadosamente la calibración del banco de pruebas.

Después de seguir el procedimiento de calibración del fabricante, se fijó el analizador de espectro con las características del Cuadro 6.

CUADRO 6
Configuración del analizador de espectro

<i>Frecuencia:</i>	
Frecuencia central	6 877 MHz
Desplazamiento de frecuencia	0 Hz
<i>Lapso</i>	1,1 MHz
<i>Amplitudes:</i>	
Nivel de referencia (adaptado a los valores de la dfp esperados)	-70 dBm
Atenuación	0 dBm
Escala	2 divisiones logarítmicas por graduación
<i>Control:</i>	
Anchura de banda de resolución	1 kHz
Anchura de banda de vídeo	1 kHz
Tiempo de barrido	500 ms ⁽¹⁾
Disparador	Continuo
Traza	Escribir A, mantener máximo A

⁽¹⁾ Debería ser más pequeño si lo permitiera el analizador de espectro.

2 Mediciones y análisis de los resultados

2.1 Validación del plan de frecuencias del sistema no OSG

El primer paso de las medidas consiste en validar el plan de frecuencias del sistema HIBLEO-4FL.

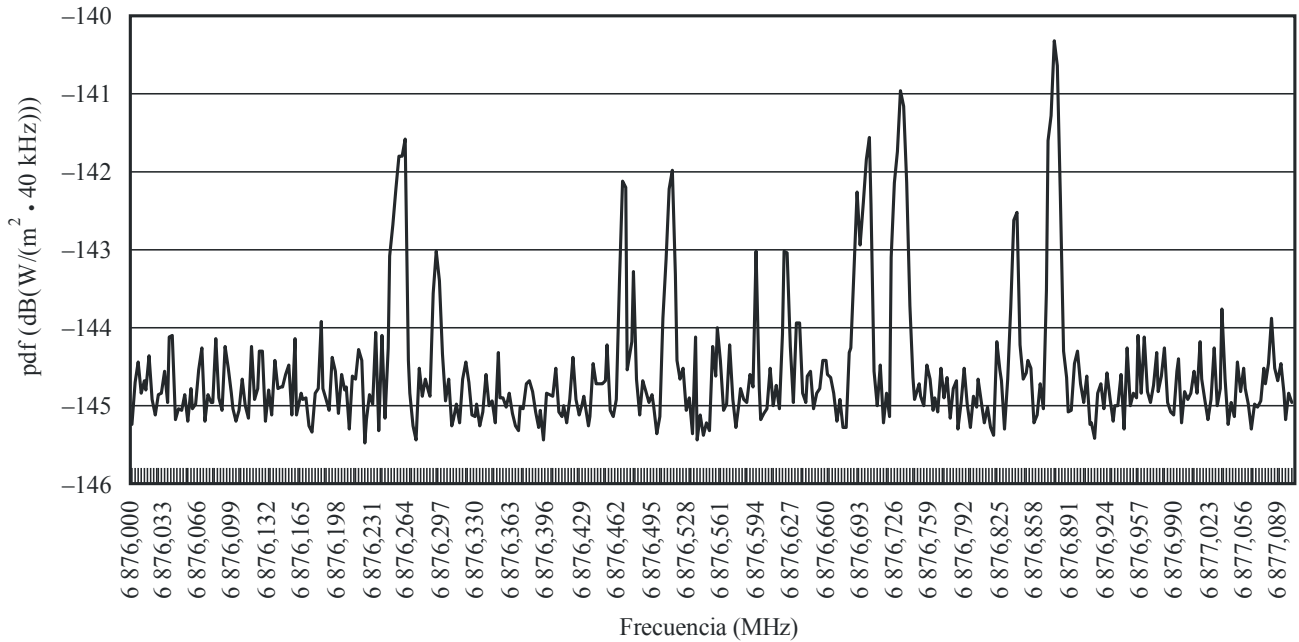
Con un número mínimo de pases de satélites por el haz principal de la antena de pruebas es posible observar las diferentes frecuencias de telemida utilizadas por los satélites no OSG.

La Fig. 4 proporciona las telemidas registradas durante un período de 24 h.

Como puede verse en la Fig. 4 aparecen 10 picos claramente por encima del umbral de ruido. Los 10 corresponden a una frecuencia de telemida utilizada por el sistema HIBLEO-4FL con un desplazamiento Doppler de ± 135 kHz.

FIGURA 4

Frecuencias de telemidia del sistema HIBLEO-4FL
durante un periodo de 24 h



S.1527-04

Si el tiempo de registro hubiera sido mayor, se habrían observado probablemente las cinco frecuencias de telemidia que faltan (si estuvieran en uso). El Cuadro 7 garantiza que el sistema observado es verdaderamente el HIBLEO-4FL.

CUADRO 7

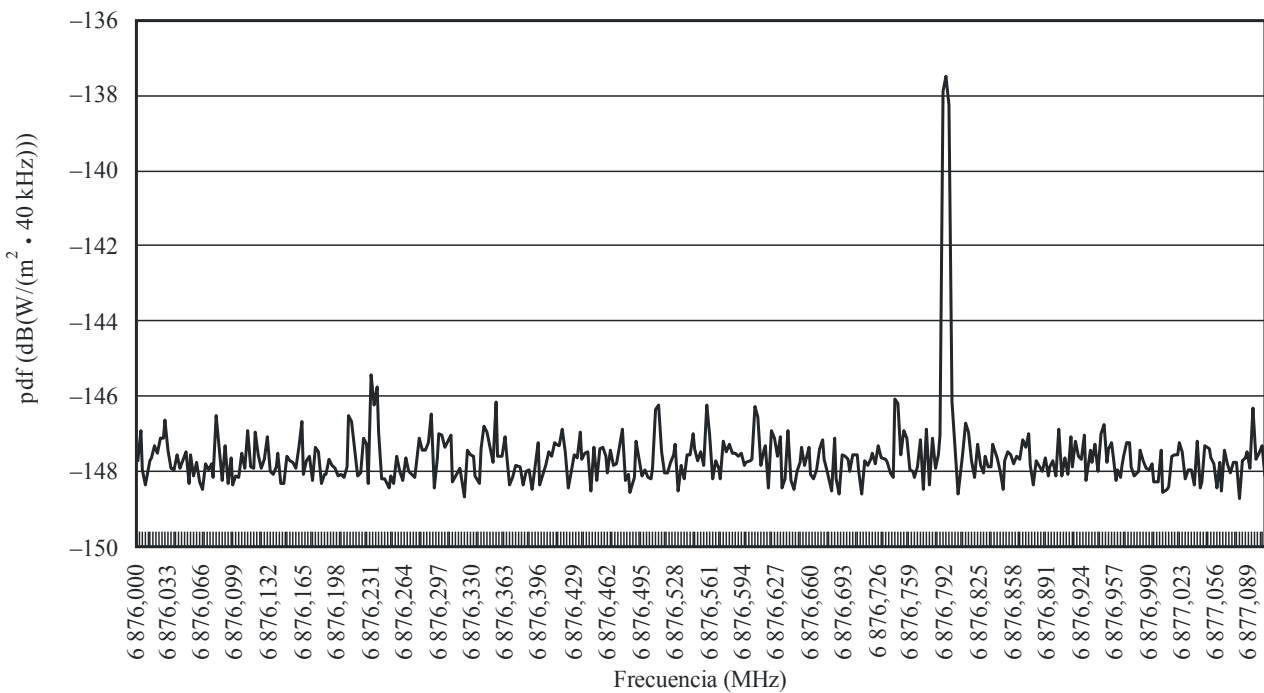
Número de telemidas	Frecuencia planificada proporcionada en el archivo (MHz)	Frecuencia medida (MHz)	Desplazamiento Doppler (kHz)
1	6876,2	6876,1525	-47,5
2	6876,2	6876,19375	-6,25
3	6876,4	6876,43375	33,75
4	6876,5	6876,4975	-2,5
5	6876,6	6876,60625	6,25
6	6876,6	6876,64375	43,75
7	6876,8	6876,7525	-47,5
8	6876,8	6876,79375	-6,5
9	6876,9	6876,94375	43,75
10	6877	6876,9925	-7,5

2.2 Coherencia de los niveles de dfp esperados y medidos

El segundo paso de la campaña de mediciones consiste en comparar los niveles de dfp recibidos en la antena de pruebas para las telemidas y la dfp que se esperaba a partir de la Fig. 2.

Los pases de satélites son los que se han explicado en el § 2.1. Se registran los niveles de señal un minuto antes de la hora de pase del satélite hasta un minuto después utilizando la función max hold del analizador de espectro. La Fig. 5 presenta un gráfico de los niveles de la señal de telemida de la antena de pruebas para un satélite que pasa a través del haz principal de la antena de pruebas con un ángulo de elevación de 40,2°.

FIGURA 5
 Nivel de la señal de telemida medido a un ángulo de elevación de 40,2°
 (Satélite 54)



S.1527-05

2.3 Precisión de los parámetros de la constelación

El último paso del procedimiento para identificar una constelación no OSG consiste en medir la precisión de la predicción horaria de un pase de satélite. Se ha utilizado la guía horario indicado en el Cuadro 8.

Para cada pase de satélite el operador registró la hora en la que se produjo el máximo nivel de dfp en la pantalla. Para todos ellos, la diferencia horaria entre el tiempo esperado del pase del satélite no OSG y la hora de la peor dfp era inferior a 1,5 s. Este retardo despreciable se debe a la ubicación aproximada de la instalación de la antena de pruebas y de la dirección de apuntamiento.

CUADRO 8

Dirección de puntería de la antena de pruebas (grados)	Ventana de precisión (acimut × elevación) (grados)	Pase del número de satélite	Día de pase	Hora de pase UTR ⁽¹⁾
Acimut: 319,3 Elevación: 32,7	$\pm 0,35 \times \pm 0,2$	24 23 3	19 de enero de 2000	14:19:51,90 17:16:22,06 20:13:18,72
Acimut: 319,3 Elevación: 40,2	$\pm 0,35 \times \pm 0,2$	54	19 de enero de 2000	17:57:15,15
Acimut: 319,3 Elevación: 26,3	$\pm 0,35 \times \pm 0,2$	55	19 de enero de 2000	15:08:22,14

⁽¹⁾ UTR: Hora de referencia universal (*Universal Time Reference*). Estas horas se derivan utilizando predicciones orbitales comerciales que utiliza datos de un conjunto de dos elementos lineales utilizados para objetos en órbita alrededor de la Tierra. Este tipo de información está disponible normalmente al público en algunas direcciones de Internet.

En cualquier caso, esta precisión de 1,5 s es suficientemente precisa para utilizarla en la correlación de un evento de interferencia en una antena de estación terrena OSG y la presencia real de un satélite no OSG en el lóbulo principal de la estación terrena OSG. Si un operador OSG detecta una interferencia en su antena, deberá registrar la hora de aparición de la degradación (en centésimas de segundo). Posteriormente, utilizando dispositivos disponibles ampliamente en Internet determinará qué satélite de una constelación no OSG se encontraba en su haz principal. Este paso de preparación de la medición de límites operacionales es necesario para el operador OSG que busca protección de sistemas no OSG.