

Estudio de caso científico

Recepción Out-of-Footprint de la portadora de SNRT (Marruecos) desde el haz MENA del satélite Es'hail 1 at 25,5°E en 11 180 MHz, pol. V, en Europa Central (Lučenec, República Eslovaca), con análisis tecnológico del estándar Multistream DVB-S2/8PSK y del código PLS Gold 253312

Autor de la investigación: Roman Dávid — www.dxsatcs.com

Sesión de monitoreo: julio de 2026 · Estudio de caso elaborado: agosto de 2026

Resumen

Este estudio documenta y analiza científicamente el logro de una recepción Out-of-Footprint (OOF) estable de la frecuencia portadora del radiodifusor marroquí SNRT en $f = 11\,180\text{ MHz}$, polarización vertical, distribuida a través del haz MENA (Middle East and North Africa) del satélite Es'hail 1 at 25,5°E, desde un emplazamiento de recepción en la ciudad de Lučenec, en la parte meridional de Eslovaquia central. La medición se llevó a cabo durante la unidad de duración $t \geq 72$ horas que, según la metodología del autor Roman Dávid ("Visualized Proof", 2020), constituye la unidad mínima aceptable para una observación OOF científicamente relevante, con un total de 259 200 muestras de señal registradas. Los resultados demuestran un Lock ininterrumpido y una Quality del 100 % durante todo el período de medición, sin una sola pixelación de imagen, con un valor máximo de $MER = 13,4\text{ dB}$ y una relación señal/ruido en el rango de $SNR = 12,4\text{--}12,6\text{ dB}$, a pesar del sombreado parcial de la trayectoria del satélite provocado por un manzano situado en las inmediaciones del emplazamiento de recepción. Se presta especial atención al estándar tecnológico Multistream dentro de DVB-S2/8PSK, con el código de identificación PLS Gold 253312 utilizado, en el contexto de la migración de la distribución de señal de SNRT desde el satélite original Eutelsat 21B at 21,5°E (Western Ku) a la nueva posición Es'hail 1 at 25,5°E.

1. Introducción y objetivo de la investigación

El objeto de este estudio de caso es la documentación e interpretación científica de los resultados de un monitoreo de señal de larga duración realizado por el autor, Roman Dávid, en el marco de su centro de investigación independiente dxsatcs.com. El objetivo es demostrar y analizar las condiciones físicas bajo las cuales, en la zona situada fuera de la cobertura primaria (Out-of-Footprint, OOF) del haz MENA del satélite Es'hail 1 at 25,5°E, es posible lograr una recepción estable a largo plazo, científicamente verificable, con parámetros comparables o cercanos a los de la recepción estándar dentro de la zona de cobertura declarada.

La zona de Lučenec (Eslovaquia central) se encuentra geográficamente fuera del área de cobertura primaria del haz MENA, orientado hacia Oriente Medio y el norte de África. Demostrar una recepción estable en este emplazamiento constituye, por tanto, desde el punto de vista de la teoría clásica de los diagramas de cobertura, un fenómeno excepcional que exige una metodología de medición definida con precisión para que los resultados puedan considerarse científicamente incuestionables.

Este estudio se enmarca además en la continuidad de los estudios de caso previos del autor (Express AM7 at 40°E, haces Rascom QAF-1R Sur y Norte), elaborados con la misma metodología "Visualized Proof", y amplía la serie de documentación OOF con un aspecto

tecnológicamente distinto: el análisis de la transmisión Multistream dentro del estándar DVB-S2.

2. Parámetros geográficos y geométricos del emplazamiento de recepción

El emplazamiento de recepción se encuentra en la ciudad de Lučenec, República Eslovaca, en las coordenadas $\varphi = 48,3331^\circ$ de latitud Norte, $\lambda = 19,6664^\circ$ de longitud Este (valores verificados mediante la herramienta independiente DishPointer.com antes de su inclusión en este estudio, conforme al procedimiento estándar del autor para la validación de datos geométricos).

Para la posición satelital 25,5°E ES'HAIL 1 se calcularon, para este emplazamiento de recepción, los siguientes valores de apuntamiento de la antena: azimut (verdadero/geográfico) = 172,2°, azimut (magnético) = 166,2°, ángulo de elevación = 34,2° y desviación del LNB (skew) = -5,2°. Estos valores constituyen un parámetro de entrada clave para el correcto apuntamiento del reflector y deben verificarse de forma independiente antes de cada sesión de señal, ya que incluso una desviación mínima respecto al azimut o la elevación calculados puede tener, en una zona OOF donde la señal recibida suele estar significativamente atenuada, un impacto crítico en la relación portadora/ruido resultante.

El ángulo de elevación de 34,2° para un satélite en órbita geoestacionaria en 25,5°E, visto desde Eslovaquia central ($\varphi \approx 48,3^\circ$ N), resulta suficientemente favorable, en términos de inclinación orbital, para que un reflector de $D = 450$ cm de diámetro pueda concentrar incluso el lóbulo secundario energéticamente débil del haz MENA en una ganancia suficiente para un Lock estable del receptor, condición clave demostrada más adelante en este estudio.

3. Fundamento físico de la recepción Out-of-Footprint desde el haz MENA

El diagrama de radiación (footprint) de una antena satelital no representa un límite geométrico estrictamente delimitado, sino una función continuamente decreciente de la potencia isotrópica radiada equivalente (EIRP) desde el centro del haz hacia sus bordes. Los límites trazados en los mapas de cobertura publicados representan generalmente contornos iso-EIRP (por ejemplo, -3 dB, -6 dB respecto al máximo), no el cero físico de la señal. Precisamente más allá de este contorno declarado, donde el EIRP cae varias decenas de decibelios adicionales, se encuentra la zona de recepción OOF, cuyo aprovechamiento exitoso depende del producto de tres factores: el EIRP residual en dirección al emplazamiento geográfico en cuestión, la ganancia de la antena receptora (en este caso determinada por el área de apertura del reflector de $D = 450$ cm) y la figura de ruido de la cadena de recepción (LNB + sintonizador TBS 5927).

En el caso de Lučenec como emplazamiento OOF, el lóbulo secundario del haz MENA en dirección a Europa central está atenuado, pero no hasta el punto de impedir la demodulación. El valor de SNR medido, en el rango de 12,4-12,6 dB, y el MER = 13,4 dB demuestran que, incluso bajo esta atenuación, la potencia recibida permanece por encima del umbral requerido para el esquema de modulación 8PSK con FEC 3/4, cuyo umbral teórico QEF (Quasi-Error-Free) se sitúa en la práctica en torno a 6-7 dB de E_s/N_0 . El margen medido de aproximadamente 5-7 dB por encima de este umbral teórico representa

un margen de enlace real, que explica la estabilidad de Lock del cien por cien observada durante toda la unidad de 72 horas sin un solo corte.

Un elemento particular de este estudio es el hecho de que la trayectoria de la señal entre el satélite y el reflector estuvo parcialmente sombreada, en el emplazamiento de recepción, por la copa de un manzano que crece en las inmediaciones. En términos de propagación de ondas electromagnéticas a una frecuencia de 11,18 GHz (longitud de onda $\lambda \approx 2,68$ cm), un obstáculo vegetal constituye un mecanismo de atenuación que combina la absorción por el agua contenida en las hojas y los tallos con la dispersión por difracción en los bordes de las hojas y las ramas. El hecho de que, a pesar de este obstáculo adicional, no se produjera ni un solo corte de Lock ni una sola pixelación a lo largo de los 259 200 puntos medidos indica que el margen de enlace real de la señal recibida, en los momentos sin sombreado directo del follaje, probablemente fue superior al que sugiere el valor promedio medido, y que el sombreado causó solo una interrupción parcial, no total, de la visibilidad directa (línea de vista) hacia el satélite.

4. Migración de la distribución de señal de SNRT desde Eutelsat 21B hacia Es'hail 1

El radiodifusor marroquí SNRT (Société Nationale de Radiodiffusion et de Télévision), en el marco de su estrategia de distribución, finalizó la emisión de esta portadora a través de la banda Ku occidental del satélite Eutelsat 21B at 21,5°E y trasladó la distribución a la nueva posición Es'hail 1 at 25,5°E. Desde el punto de vista de la investigación OOF en Europa central, este cambio de posición orbital de aproximadamente 4° hacia el este representa una situación geométrica cualitativamente distinta: no solo cambian el azimut y la elevación necesarios para el apuntamiento del reflector, sino que, sobre todo, cambia también la posición del emplazamiento de recepción respecto al haz MENA, dado que se trata de un satélite diferente con su propia configuración de sistema de antenas y su propia forma de haz.

Por esta razón, los parámetros y los datos de azimut-elevación válidos para la posición anterior de Eutelsat 21B no pueden trasladarse mecánicamente a la nueva posición Es'hail 1: cada cambio de posición orbital de un satélite exige un recálculo completo y una verificación independiente de los datos de apuntamiento, lo cual se cumplió de manera consistente en este estudio mediante la validación a través de DishPointer.com.

El cambio de plataforma portadora ofrece asimismo la oportunidad única de comparar el comportamiento de un mismo radiodifusor y de un mismo tipo de transmisión (Multistream, PLS Gold) en dos posiciones satelitales diferentes y dos configuraciones distintas del haz MENA, lo que convierte este estudio de caso en parte del marco de investigación más amplio del autor, centrado en el análisis comparativo de la recepción OOF a través de múltiples plataformas satelitales.

5. Análisis tecnológico del estándar Multistream (DVB-S2) y del código PLS Gold 253312

El estándar DVB-S2 (ETSI EN 302 307) define una extensión opcional Multi-Stream (MIS — Multiple Input Stream) que permite multiplexar, dentro de una única portadora física de transpondedor, múltiples flujos de transporte independientes (por ejemplo, distintos radiodifusores o variantes regionales de programación) en una trama de capa física común (PLFRAME). Los distintos flujos se distinguen entre sí mediante el campo ISI (Input

Stream Identifier) transportado en la cabecera BBFRAME, lo que permite al receptor demultiplexar selectivamente solo el flujo deseado, sin necesidad de demodular y decodificar todo el flujo de datos agregado.

Un elemento clave de la capa física para la sincronización e identificación es el campo PLS (Physical Layer Signalling), modulado mediante las denominadas secuencias de Gold: secuencias binarias pseudoaleatorias con propiedades de autocorrelación y correlación cruzada definidas, que permiten al receptor lograr una sincronización rápida y fiable con el inicio de la trama física incluso a relaciones señal/ruido bajas, típicas de la recepción OOF. En la sesión analizada se identificó el código PLS Gold específico con índice raíz (root) 253312, que identifica de manera unívoca la configuración de señal dada y permite al receptor TBS 5927, junto con la plataforma EBS Pro, encontrar y engancharse de manera determinista al flujo de datos correcto dentro de la portadora Multistream agregada (en la sesión medida, el flujo de entrada específico seleccionado fue designado MIS = 16).

Desde el punto de vista de la investigación OOF, el uso de códigos de Gold en el campo PLS tiene también una importancia práctica más allá del contexto operativo habitual: debido a sus robustas propiedades de correlación, la sincronización con el campo PLS es posible incluso a valores de E_s/N_0 inferiores a los necesarios para la demodulación efectiva de los datos útiles según el MODCOD elegido, lo que significa que el receptor puede identificar de forma fiable la presencia de la portadora y su configuración Multistream incluso antes de estar en condiciones de comenzar a decodificar el propio contenido sin errores; esta propiedad explica en parte la excepcional estabilidad de Lock observada en este estudio, incluso en los momentos de sombreado temporal de la trayectoria de la señal.

Los parámetros medidos del transpondedor —velocidad de símbolo de 27 497,381 kS/s, modulación 8PSK, FEC 3/4— confirman, en combinación con Multistream y PLS Gold 253312, que se trata de una configuración de transmisión moderna y eficiente, optimizada para el máximo aprovechamiento del ancho de banda disponible del transpondedor (ancho de portadora medido de 32,996 MHz), manteniendo al mismo tiempo una inmunidad al ruido suficiente para una recepción fiable incluso en las zonas periféricas del footprint.

6. Metodología de monitoreo de señal — "Visualized Proof"

La medición se realizó de acuerdo con la metodología "Visualized Proof", publicada por el autor Roman Dávid en 2020, que define la unidad de duración de monitoreo continuo $t \geq 72$ horas como la unidad temporal mínima necesaria para que los resultados de recepción OOF puedan considerarse estadística y científicamente relevantes, y no un fenómeno aleatorio o de corta duración condicionado por circunstancias atmosféricas favorables.

La cadena de señal estaba compuesta por un reflector Prodelin de $D = 450$ cm de diámetro en configuración de foco primario, un sintonizador USB TBS 5927 compatible con DVB-S2/S2X y la plataforma de software EBS Pro, único software de monitoreo utilizado por el autor para el registro continuo de los parámetros Level, Quality, SNR y BER a intervalos regulares.

Durante el período monitoreado se registraron un total de 259 200 muestras individuales de señal, lo que, para una unidad de duración de 72 horas, corresponde a un período de muestreo de 1 segundo ($72 \times 3600 = 259\,200$). Esta densidad de muestreo garantiza que incluso fenómenos transitorios de corta duración, del orden de unos pocos segundos (por ejemplo, un sombreado temporal por el follaje debido al viento), habrían quedado

registrados, lo que refuerza el peso científico de la conclusión relativa a la ausencia total de cortes de Lock durante toda la unidad de medición.

7. Resultados de la medición y su análisis

La curva de Quality (azul) se mantuvo constante en el 100 % durante toda la unidad de medición de 72 horas, sin un solo descenso, lo que constituye una evidencia tanto gráfica como numérica de un Lock ininterrumpido. Al mismo tiempo, los valores de preBER y BER se mantuvieron durante todo el período por debajo del umbral de $1,0 \times 10^{-7}$, lo que corresponde al criterio de una recepción prácticamente libre de errores (Quasi-Error-Free) a nivel del flujo de transporte, es decir, sin pixelación visible ni corte de imagen a la salida del decodificador.

La curva de SNR (magenta) se movió durante la medición en una banda estrecha, con un valor máximo (mejor valor) medido de 12,4 dB a 12,6 dB, registrándose el valor individual más alto en el registro como "Best signal: 12,4 dB", alcanzado en las primeras horas de la madrugada de la sesión de monitoreo. El valor de MER (Modulation Error Ratio) alcanzó un nivel máximo de 13,4 dB durante la sesión, lo que constituye una confirmación independiente de la calidad de la constelación 8PSK demodulada y es coherente con el valor de SNR medido y con la estabilidad del cien por cien observada.

La curva de Level (verde, nivel de señal) mostró durante la sesión una variabilidad moderada dentro de una banda de aproximadamente 55-65 %, con descensos de corta duración, lo que constituye una manifestación típica de las influencias atmosféricas y locales (por ejemplo, la humedad del aire, el sombreado parcial del follaje) sobre el nivel de portadora recibido; sin embargo, estas fluctuaciones del nivel de señal no se tradujeron en ningún momento en una caída de la Quality por debajo del 100 % ni en un aumento de la tasa de error por encima del umbral, lo que confirma la conclusión expuesta en la sección 3 sobre el margen de enlace suficiente de la señal recibida.

Los parámetros de rendimiento de transmisión medidos (tasa de bits de 25,269 Mbit/s, flujo de datos de entrada de ~23,73 Mbps, ancho de portadora de 32,996 MHz, nivel de RF de -43 dBm) confirman que se trata de un flujo de datos Multistream plenamente válido, demultiplexado y decodificado de manera estable, y no de una recepción marginal o intermitente al límite de la detectabilidad de la portadora.

Conclusiones axiomáticas

1. La recepción Out-of-Footprint desde el lóbulo secundario del haz MENA del satélite Es'hail 1 at 25,5°E es científicamente demostrable como alcanzable, en el emplazamiento de Lučenec, Eslovaquia central, utilizando un reflector de $D = 450$ cm, a un nivel de estabilidad de Lock del cien por cien durante una unidad de $t \geq 72$ horas.
2. Los valores medidos de $SNR = 12,4\text{--}12,6$ dB y $MER = 13,4$ dB representan un margen de enlace suficiente por encima del umbral teórico QEF de la modulación 8PSK con FEC 3/4 para que eventos de atenuación de corta duración (sombreado vegetal parcial) no interrumpan la recepción.
3. La migración de la distribución de señal desde el satélite Eutelsat 21B at 21,5°E hacia Es'hail 1 at 25,5°E representa una situación geométrica y técnica cualitativamente nueva que exige el recálculo independiente y la verificación de todos los parámetros de apuntamiento (AZ/EL/Skew).
4. La robustez de las secuencias de Gold utilizadas en el campo PLS (código PLS Gold 253312) permite una sincronización fiable del receptor con la capa física de una portadora Multistream incluso en condiciones de baja relación señal/ruido, típicas de la recepción OOF.
5. La densidad de muestreo de 259 200 mediciones por unidad de 72 horas (1 muestra/s) es suficiente para excluir de manera estadísticamente fiable cortes de Lock de corta duración no registrados, por lo que los resultados de este estudio cumplen los criterios de la metodología "Visualized Proof".

Tabla de parámetros técnicos

Emplazamiento de recepción	Lučenec, República Eslovaca ($\varphi = 48,3331^\circ$ N, $\lambda = 19,6664^\circ$ E)
Satélite	Es'hail 1 at 25,5°E (ex-Eutelsat 25B) — haz MENA
Posición de distribución anterior	Eutelsat 21B at 21,5°E (Western Ku)
Antena receptora	Prodelin, reflector parabólico de foco primario, $D = 450$ cm
Receptor (sintonizador)	Sintonizador USB DVB-S2 TBS 5927
Plataforma de monitoreo	EBS Pro (único software utilizado por el autor)
Frecuencia / polarización	11 180 MHz (medido 11 179,999 MHz) / V (vertical)
Velocidad de símbolo	27 497,381 kS/s
Estándar / modulación	DVB-S2, Multistream / 8PSK
FEC	3/4
Código PLS	Gold, raíz 253312
Flujo de entrada seleccionado (MIS)	16
Azimut (verdadero / magnético)	172,2° / 166,2°
Elevación	34,2°

Desviación LNB (Skew)	-5,2°
Duración de la unidad de monitoreo	t ≥ 72 horas (uptime registrado 72:27:16)
Número de muestras de señal	259 200
Estabilidad del Lock	100 %, sin cortes
Quality	100 %, sin descensos
preBER / BER	< 1,0 × 10 ⁻⁷
SNR (rango / máximo)	12,4-12,6 dB / mejor valor 12,4 dB
MER (máximo)	13,4 dB
Nivel RF	-43 dBm
Tasa de bits / flujo de entrada	25,269 Mbit/s / ~23,73 Mbps
Ancho de portadora	32,996 MHz
Obstáculo en la trayectoria	sombreado parcial por la copa de un manzano cercano al emplazamiento

Conclusión

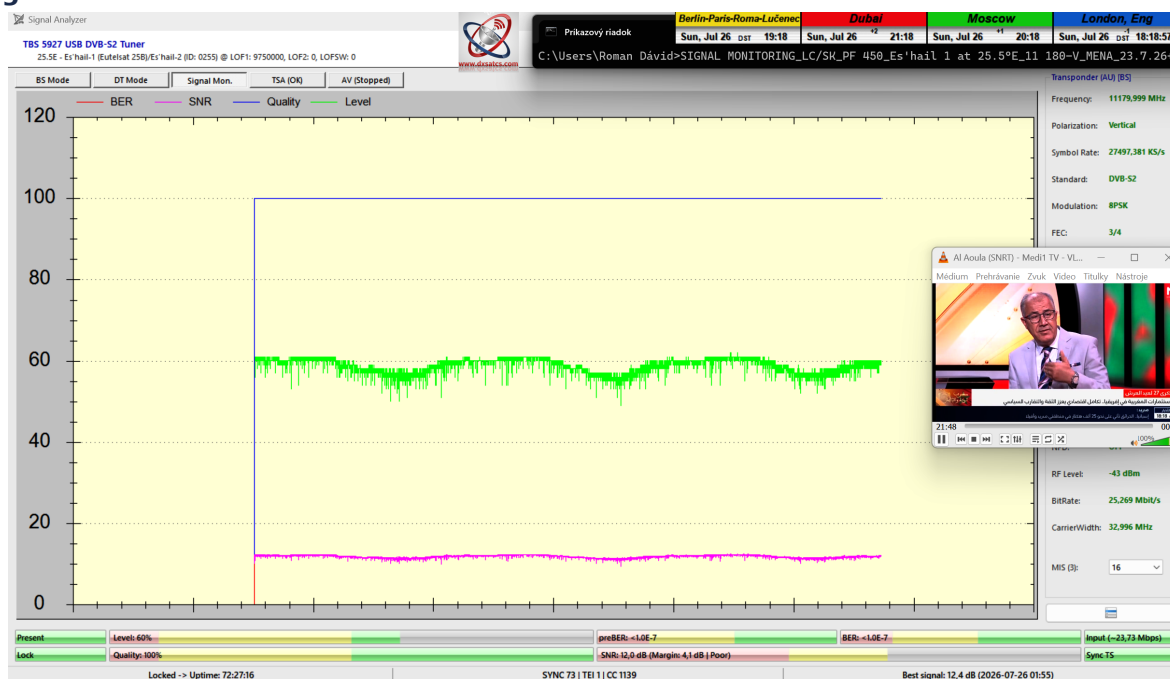
Este estudio de caso documenta y confirma científicamente que la recepción Out-of-Footprint de la frecuencia portadora del radiodifusor marroquí SNRT en 11 180 MHz pol. V, distribuida a través del haz MENA del satélite Es'hail 1 at 25,5°E, es alcanzable desde el emplazamiento de Lučenec (Eslovaquia central) con un nivel de estabilidad de Lock completa y calidad de imagen libre de errores durante toda la unidad de monitoreo de 72 horas, incluso a pesar de un obstáculo vegetal parcial en la trayectoria de la señal. El análisis de la tecnología Multistream y del código PLS Gold 253312 confirma que la generación actual de la capa de señalización DVB-S2 ofrece una robustez suficiente para una identificación y demultiplexación fiables de la portadora incluso en condiciones típicas de la recepción OOF. Los resultados se obtuvieron de acuerdo con la metodología "Visualized Proof" del autor y amplían su serie existente de estudios de caso OOF con una nueva posición satelital y un nuevo aspecto tecnológico de la distribución de señal.

Referencias y bibliografía

- [1] ETSI EN 302 307-1/-2 — Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2 / DVB-S2X).
- [2] Dávid, R. (2020): Visualized Proof — metodología de monitoreo de señal para zonas Out-of-Footprint, dxsatcs.com.
- [3] Dávid, R.: Estudio de caso Express AM7 at 40°E — haz Indian, monitoreo de 73 h 20 min, dxsatcs.com.
- [4] Dávid, R.: Estudio de caso Rascom QAF-1R — haces North Africa y South, dxsatcs.com.
- [5] DishPointer.com — herramienta para el cálculo y verificación del azimut, la elevación y el skew del LNB para un emplazamiento de recepción y una posición satelital determinados.
- [6] EBS Pro — plataforma de software para el monitoreo de señal de receptores DVB-S/S2, utilizada como herramienta de monitoreo exclusiva del autor.

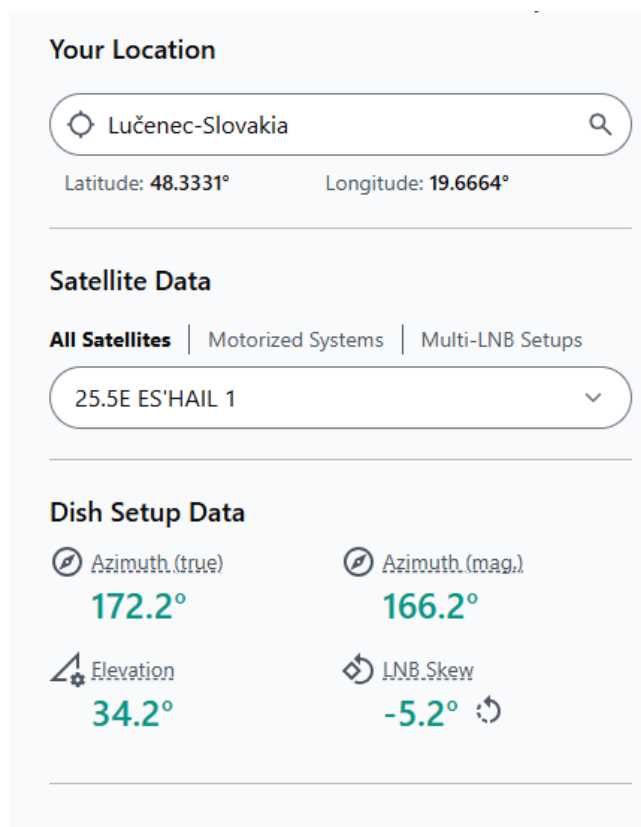
Anexo de imágenes

Fig. 1



Captura de pantalla del analizador de señal EBS Pro (sintonizador TBS 5927) que muestra las curvas de Quality, SNR, BER y Level durante la sesión de monitoreo en el transpondedor de 11 180 MHz V, Es'hail 1 at 25,5°E, junto con la tabla de parámetros del transpondedor y el valor de uptime 72:27:16, que documenta un Lock ininterrumpido.

Fig. 2



Salida de la herramienta independiente DishPointer.com para el emplazamiento de recepción Lučenec-Slovakia y la posición satelital 25,5°E ES'HAIL 1, con los valores calculados de azimut

(verdadero/magnético), elevación y skew del LNB utilizados para verificar los datos de apuntamiento en este estudio.