

Proyecto SAVAS

Dirección General de Aviación Civil



Dirección General de Aviación Civil

EL NUEVO
ECUADOR

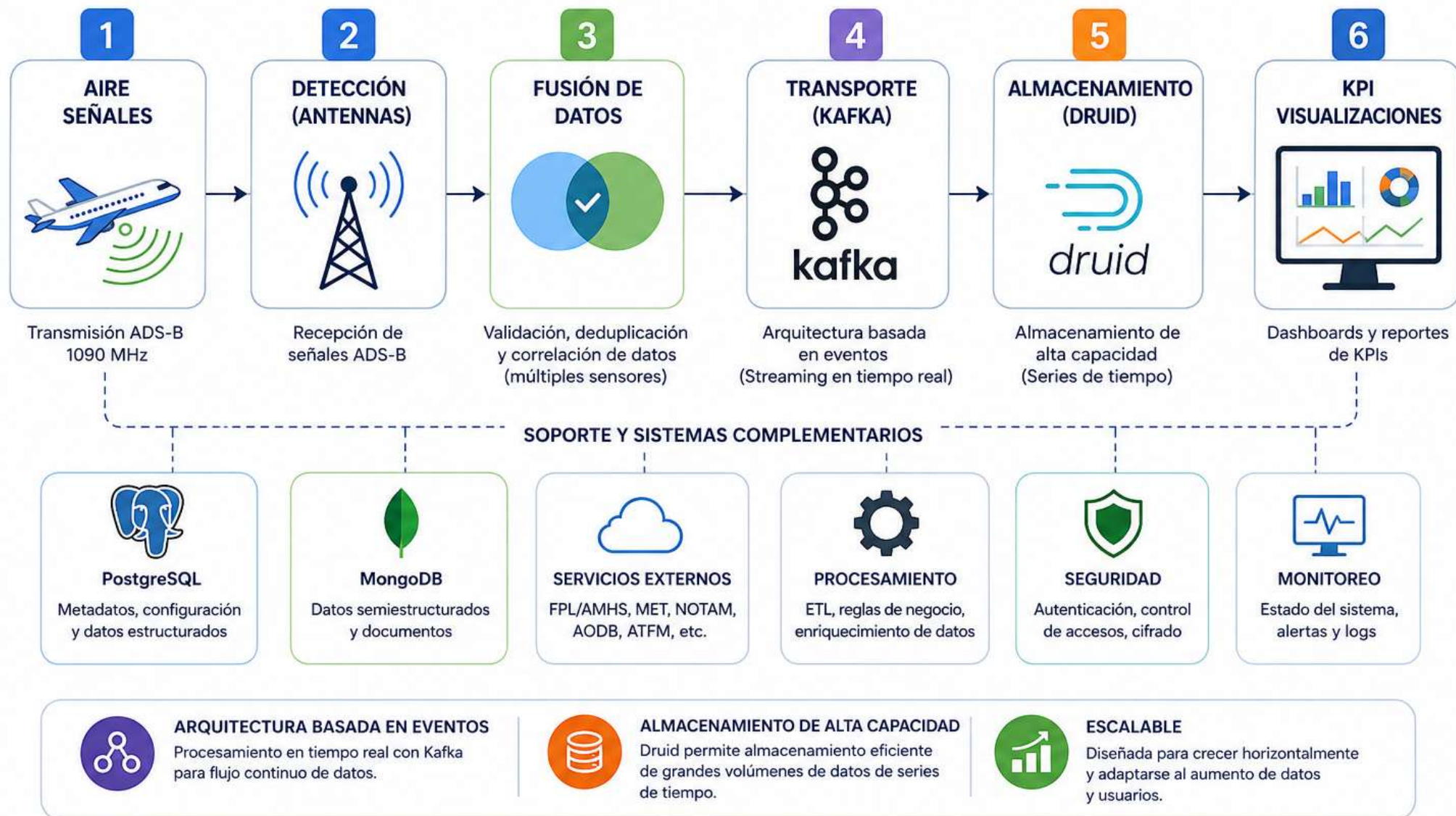
SAVAS

Sistema Analítico de Vigilancia
Aérea y Seguridad



ARQUITECTURA SAVAS

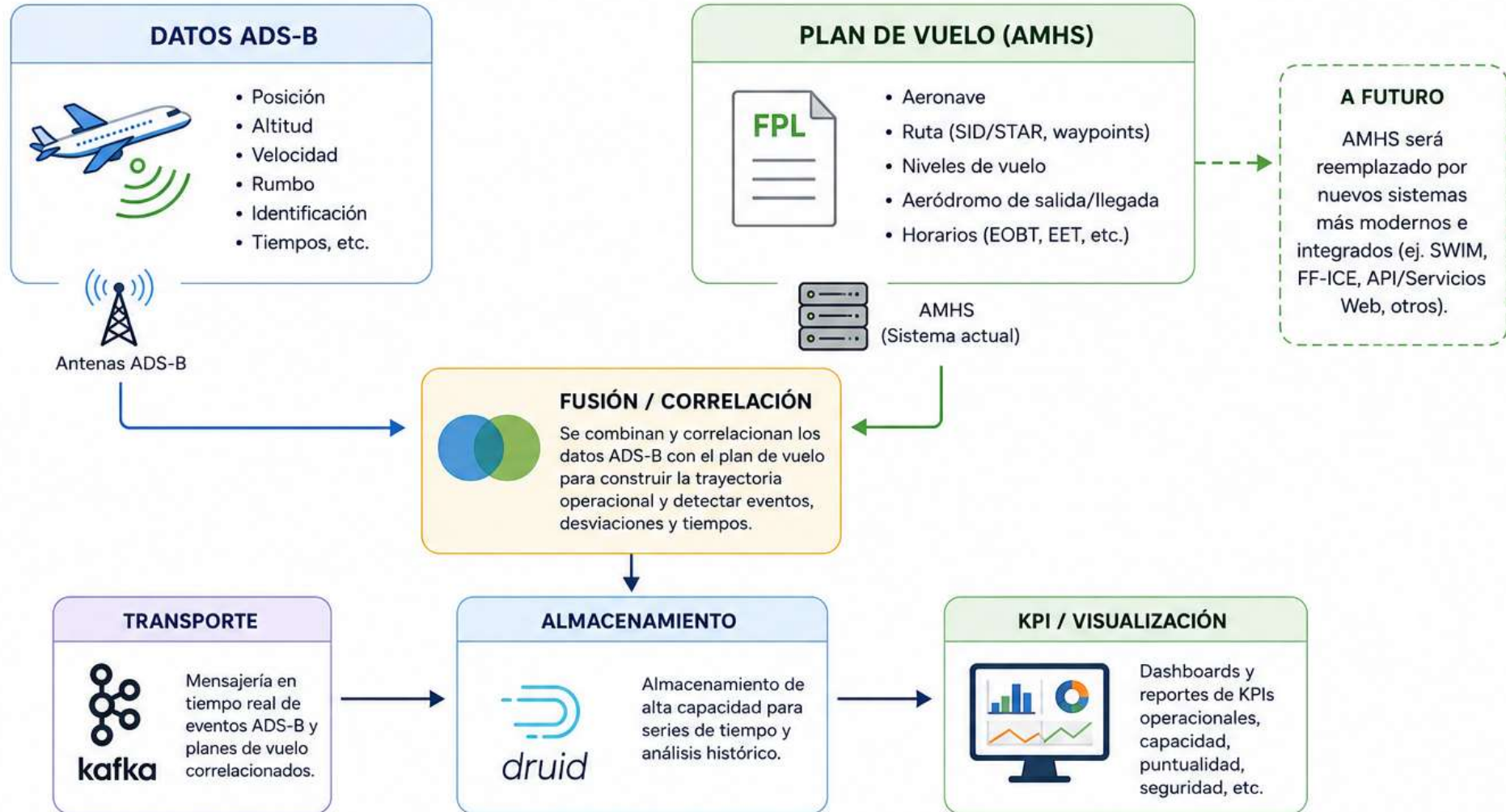
DE ADS-B A KPI



OBJETIVO FINAL: Generar KPIs de rendimiento, capacidad, seguridad y eficiencia operacional del sistema aeronáutico.

PARA QUE LA INFORMACIÓN TENGA SENTIDO: COMBINAR ADS-B CON PLAN DE VUELO

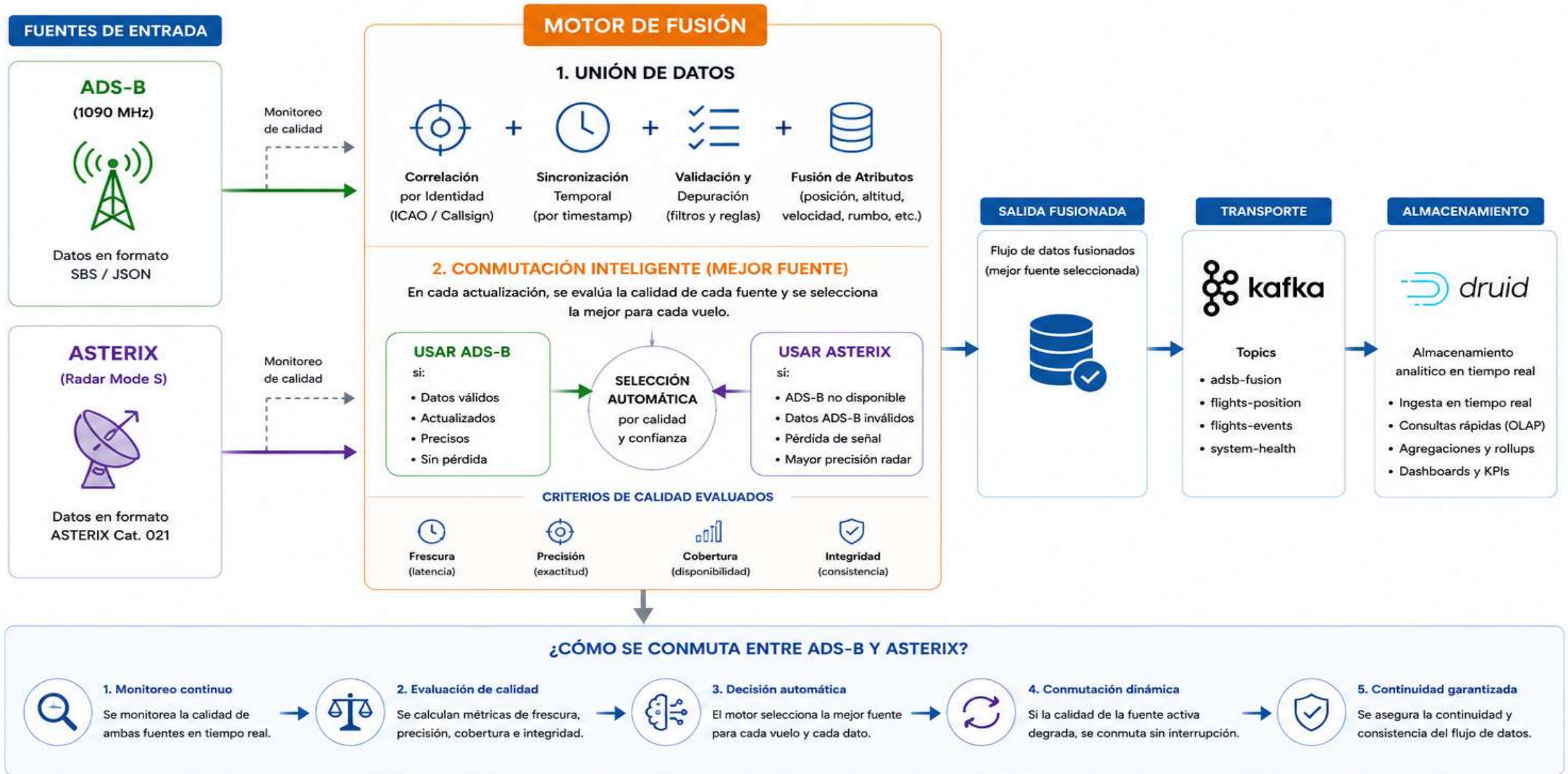
La correlación de los datos ADS-B con la información del plan de vuelo permite contextualizar y dar significado a la operación.



OBJETIVO: Transformar datos en información útil para la toma de decisiones y mejora continua.

FUSIÓN DE DATOS ADS-B

Unión inteligente de datos y conmutación automática a la mejor fuente (ADS-B o ASTERIX)



Resultado: Siempre se utiliza la mejor fuente disponible (ADS-B o ASTERIX) para garantizar datos más completos, precisos y confiables para KPIs y operaciones.

¿Qué representa este dato en Druid?



327,974,861
registros almacenados
(rows)



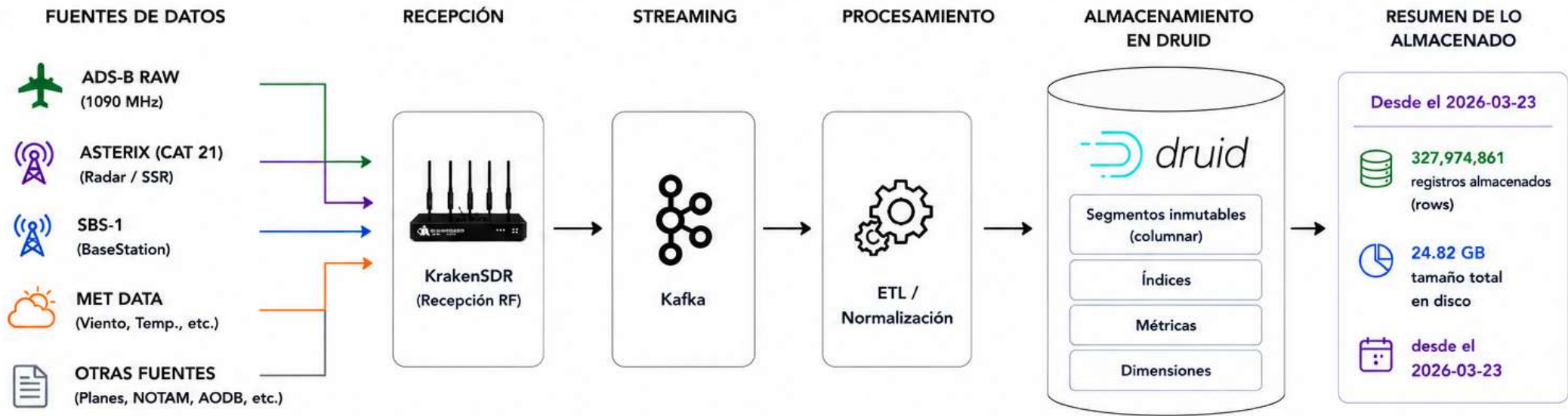
24.82 GB
tamaño total
en disco



desde el
2026-03-23



Son los registros (filas) almacenados en Druid desde el 23 de marzo de 2026.
Cada registro contiene una observación de datos (ej. un reporte de posición de aeronave, datos meteorológicos, etc.).



¿Qué es un registro en Druid?

Un registro es una fila de datos que representa una observación en un instante de tiempo.

Ejemplos: posición de aeronave, reporte meteorológico, estado de vuelo, mensaje radar, etc.

timestamp	callsign	lat	lon	altitude	speed	...
2026-03-23T10:15:00Z	LAN123	-0.1234	-78.4567	36000	450	...

Cada fila = 1 registro



Druid almacena los datos en forma de segmentos inmutables optimizados por columnas.
El número de registros indica cuántas filas de datos han sido almacenadas desde la fecha indicada.

FORMATOS NATIVOS DE DATOS EN VIGILANCIA AÉREA

SAVAS con KrakenSDR + Antenas + MLAT

1. ASTERIX (CAT 21) – NATIVO



Ejemplo trama ASTERIX Cat 21 (Hexadecimal)

```
3A 21 00 56 00 00 00 64 00 00 00 00
00 00 00 01 00 00 00 0A 00 00 03 E8
00 10 00 20 00 30 00 40 00 50 00 60
00 70 00 80 00 90 00 A0 00 B0 00 C0
00 D0 00 E0 00 F0 00 00 00 00 00 00
```



Estándar EUROCONTROL para radares y sensores.



Datos binarios en tramas.



Contiene: posición, velocidad, altitud, ID, calidad, etc.



Cat 21: Radar SSR / Mode S

COMPARATIVA RÁPIDA

Formato	Tipo	Contenido	Ventaja Principal
ASTERIX Cat 21	Binario	Radar SSR/Mode S posición, altitud, velocidad, ID	Estándar radar, robusto y optimizado
ADS-B RAW	Binario (hex)	Todo lo transmitido por el transpondedor (incluye MET/EHS y datos extendidos)	Máxima información para análisis MET y rendimiento
SBS-1	Texto (CSV)	Datos decodificados listos para visualización e integración	Fácil de usar e integrar con aplicaciones

2. ADS-B RAW (1090 MHz) – NATIVO



Ejemplo trama ADS-B RAW (Hexadecimal)

```
8D 4E 3C A7 9B 6F F0 88 9A 40 58 3B 2C 7A
90 00 1D A8 3B 6F 7C 12 34 56 78 9A BC DE
F1 8B 10 27 3A 55 66 77 88 99 AA BB CC DD
EE FF 10 20 30 40 50 60 70 80 90 A0 B0 C0
D0 E0 F0 00 11 22 33 44 55 66 77 88 99 AA
...
```

Datos adicionales disponibles en ADS-B RAW:



Viento (Dirección / Velocidad)
Reportes EHS / DF17 / DF20 / DF21



Temperatura (Aire Externo)
Reportes EHS (DF20 / DF21)



Turbulencia
Nivel de turbulencia (DF20)



Humedad Relativa
Reportes EHS (DF21)



Presión (QNH)
Altimetro / QNH reportado



Densidad / Altitud Barométrica
Datos derivados del altímetro y presión



Velocidad Vertical (V/S)
DF17, DF18



Velocidad respecto al suelo (GS)
DF17



Rumbo (Track / Heading)
DF17



Estado GPS
Posición, integridad, NIC/NACp



Categoría / Tipo de aeronave
A/B/C/D, ligera, pesada, rotor, etc.

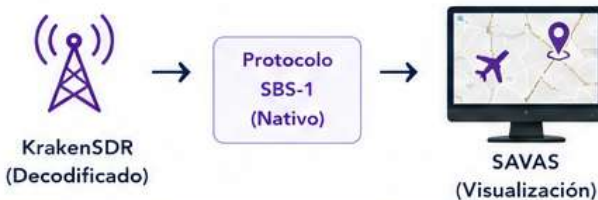


... y más
Altitud geométrica, número de avión, squawk, alertas, estado de emergencia, identificación NIC/NAC, etc.



ADS-B RAW permite extraer toda la información transmitida por el transpondedor antes de ser decodificada.

3. ADS-B SBS-1 (BASESTATION) – NATIVO



Ejemplo mensaje SBS-1 (Nativo / ASCII)

```
MSG,1,111,111111,8D4E3CA79B6F,F-PA123,2026/06/07,
12:45:30.000,52.4567,-1.2345,35000,465,125,64,1234*5A
MSG,2,111,111111,8D4E3CA79B6F,F-PA123,2026/06/07,
12:45:30.000,52.4567,-1.2345,35000,465,125,64,1234*5A
MSG,3,111,111111,8D4E3CA79B6F,2026/06/07,12:45:30.000,
35000,64*7C
...
```



Protocolo de texto estándar BaseStation.



Mensajes separados por comas (CSV).



Contiene: posición, altitud, velocidad, rumbo, callsign, etc.



Fácil de integrar con sistemas y visualizadores.

TIPOS DE MENSAJES SBS-1

MSG,1	Posición de aeronave (lat, lon, altitud, velocidad, rumbo, callsign)
MSG,2	Posición con velocidad vertical o superficie
MSG,3	Estado de aeronave en tierra / emergencia
MSG,4	Estado de sistema / hora
MSG,5	Identificación de estación / configuración
MSG,6	Mensaje libre / texto



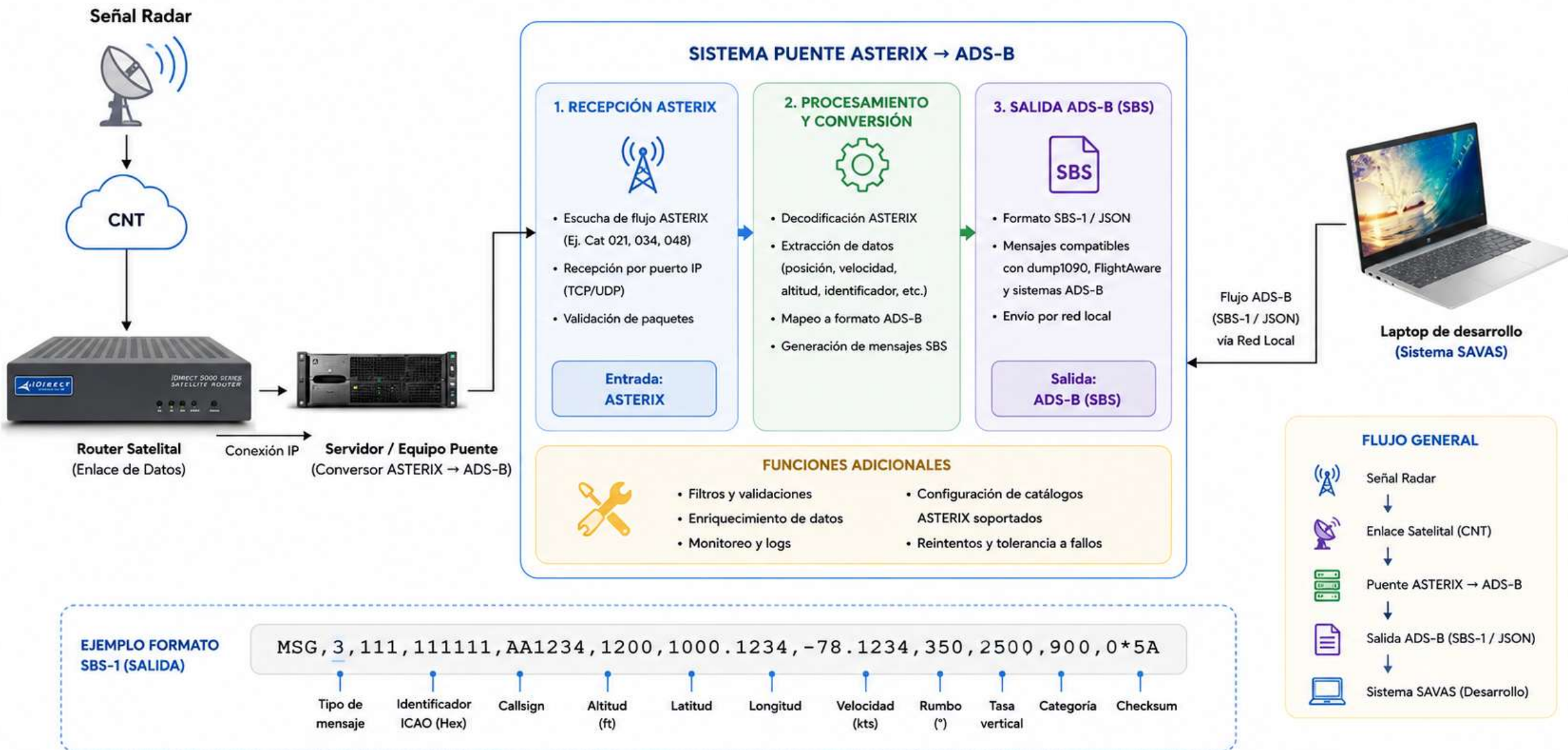
SAVAS utiliza los tres formatos nativos para máxima cobertura y análisis.

RAW permite análisis avanzado y extracción de datos MET y de rendimiento.

Todos los datos se correlacionan mediante MLAT para mejorar precisión y detección.

PUENTE ASTERIX → ADS-B (SBS)

Conversión de datos Radar ASTERIX a información ADS-B (SBS) para el sistema SAVAS

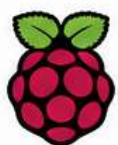




Características.

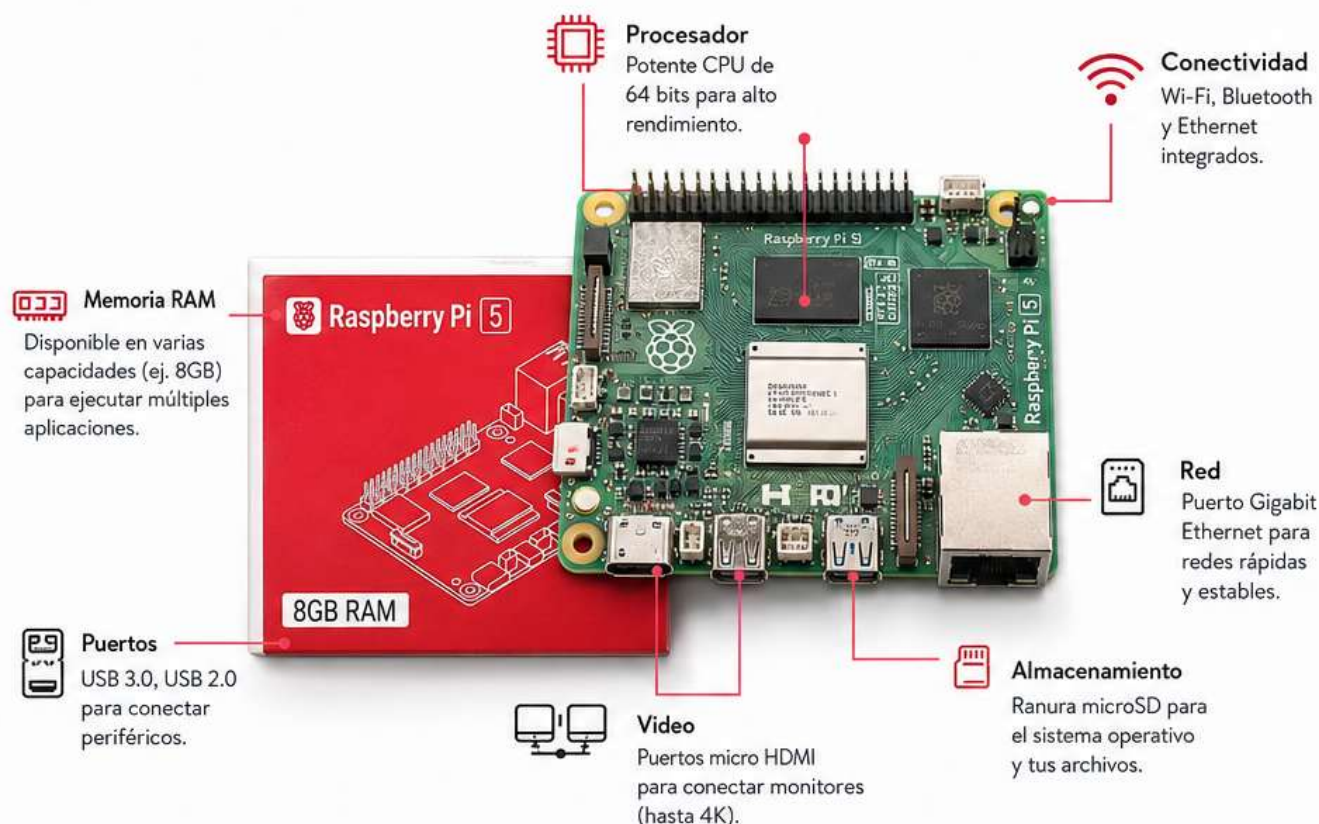
- Diseño personalizado de la parte electrónica
- Software y hardware resiliente a cortes de energía eléctrica.
- Bajo inventario, pocos componentes, fácil instalación.
- Bajo mantenimiento, no tiene partes mecánicas móviles.
- Bajo costo de implementación (Software Libre).
- Compatible con energía Solar e Internet satelital.
- Bajo consumo energético, le permite estar encendido durante varios días con UPS.
- Alta vida útil > 7 años (con mantenimiento).
- Alta velocidad de transferencia de datos ADSB (en ms a Kafka).
- No emite señales de radiofrecuencia.





¿QUÉ ES RASPBERRY PI?

Raspberry Pi es una computadora de placa única (SBC) de bajo costo y tamaño compacto, desarrollada por la **Raspberry Pi Foundation**.



¿PARA QUÉ SIRVE?



Proyectos de programación

Aprender, desarrollar y ejecutar código en diferentes lenguajes.



Servidores y servicios

Web, bases de datos, archivos, VPN, DNS, y más.



Internet de las Cosas (IoT)

Controlar sensores, automatizar dispositivos y recolectar datos.



Centro multimedia

Reproduce videos, música y contenido en alta calidad.



Robótica y electrónica

Ideal para proyectos de robots y sistemas embebidos.

¿POR QUÉ ES POPULAR?

- ✓ Económica y accesible.
- ✓ Pequeña, silenciosa y de bajo consumo.
- ✓ Gran comunidad y soporte.
- ✓ Muy versátil: múltiples aplicaciones en educación, industria y hogar.

ESPECIFICACIONES PRINCIPALES (RASPBERRY PI 5)



CPU
Quad-core Cortex-A76
2.4 GHz



RAM
4GB / 8GB LPDDR4X



GPU
VideoCore VII



PUERTOS
2x USB 3.0
2x USB 2.0



VIDEO
2x micro HDMI
(hasta 4Kp60)



CONECTIVIDAD
Wi-Fi 5, Bluetooth 5.0,
Ethernet Gigabit



ALMACENAMIENTO
microSD (no incluida)



Raspberry Pi transforma ideas en soluciones reales, desde proyectos simples hasta sistemas complejos.

DETECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE AMENAZAS EN EL ESPACIO AÉREO

SAVAS con **KrakenSDR** + Antenas + MLAT



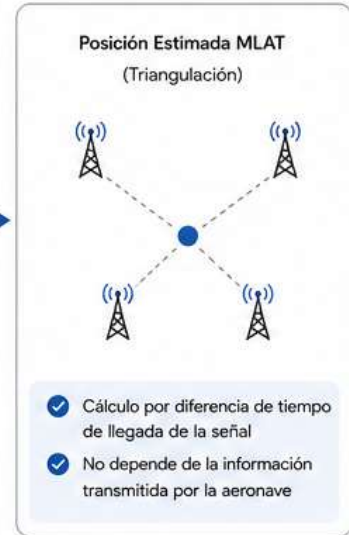
DETECCIÓN DE SUPLANTACIÓN ADS-B CON CONFIRMACIÓN MLAT

Validación de posición y cálculo de nivel de confiabilidad

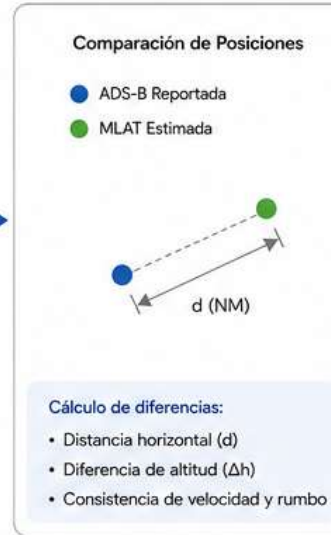
1 SEÑAL ADS-B RECIBIDA



2 ESTIMACIÓN MLAT (POSICIÓN INDEPENDIENTE)



3 COMPARACIÓN Y VALIDACIÓN



4 NIVEL DE CONFIABILIDAD



5 ACCIÓN DEL SISTEMA



¿CÓMO DETECTA SUPLANTACIÓN?



CÁLCULO DE CONFIABILIDAD (EJEMPLO)

$$\text{Confianza (\%)} = 100 \times \left(1 - \frac{d}{D_{\max}} \right) \times F_{\text{alt}} \times F_{\text{vel}}$$

Donde:

- d = distancia horizontal entre ADS-B y MLAT (NM)
- $D_{\max}$ = umbral máximo aceptable (ej. 5 NM)
- F_{alt} = factor por diferencia de altitud
- F_{vel} = factor por diferencia de velocidad/rumbo

El resultado se limita entre 0% y 100%

NIVELES DE CONFIABILIDAD

Nivel	Rango	Descripción	Acción
ALTO	> 80%	Posición consistente Muy poco probable suplantación	Datos aceptados normalmente
MEDIO	50% - 80%	Diferencias moderadas Requiere monitoreo	Datos aceptados con monitoreo
BAJO	< 50%	Diferencias grandes Posible suplantación	Alerta / Descartar o marcar



La combinación ADS-B + MLAT permite validar posiciones de forma independiente, detectar suplantaciones y asignar un nivel de confiabilidad para cada vuelo en tiempo real.

● ADS-B Reportada

● MLAT Estimada

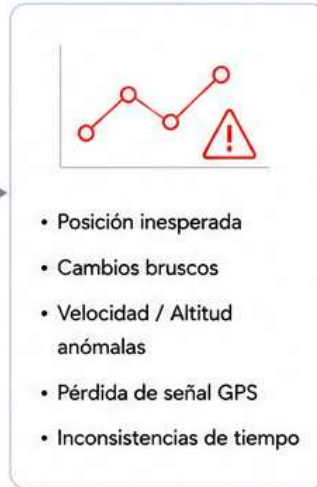
PREVENCIÓN DE GPS SPOOFING Y JAMMING

Detección multi-fuente + Confirmación MLAT + Nivel de confiabilidad

1. FUENTES DE DATOS



2. DETECCIÓN DE ANOMALÍAS



3. VALIDACIÓN Y CONFIRMACIÓN



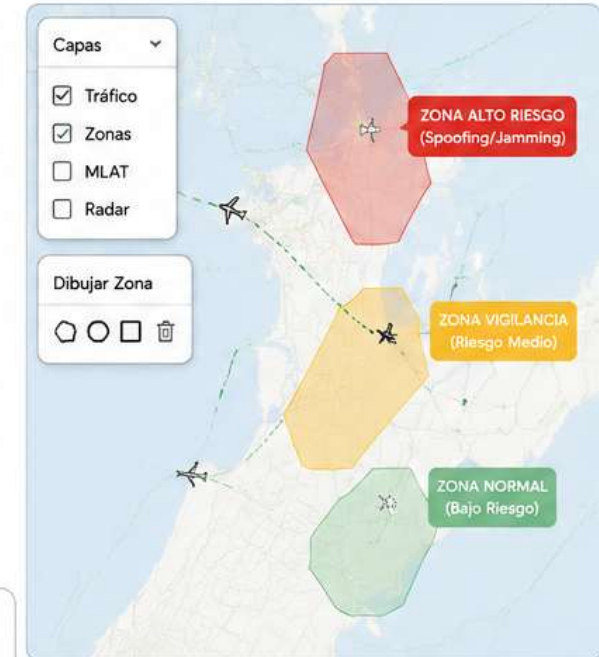
4. NIVEL DE CONFIABILIDAD



5. ACCIONES AUTOMÁTICAS

- Alertas en tiempo real
- Marcar / Descartar datos no confiables
- Usar mejor fuente disponible
- Generar eventos y reportes

5. VISUALIZACIÓN EN MAPA



Pintar áreas de riesgo para monitoreo y alertas

FLUJO GENERAL



Datos de múltiples fuentes



Detección de anomalías



Validación y confirmación con MLAT



Nivel de confiabilidad



Visualización en mapa + Acciones

NIVELES DE CONFIABILIDAD

- ALTA** (> 80%) Datos muy confiables
- MEDIA** (50% - 80%) Requiere monitoreo
- BAJA** (< 50%) Posible spoofing / jamming



IA CLI: CODEX Y ANTIGRAVITY

Asistentes de IA que trabajan desde la línea de comandos para crear código, automatizar tareas y acelerar soluciones en aviación.



¿QUÉ SON LAS IAS CLI?

Inteligencias artificiales que se usan desde la terminal (CLI) para entender instrucciones en lenguaje natural y ejecutar tareas relacionadas con desarrollo de software y análisis de datos.



CODEX

IA para generación de código

Escribe, explica y mejora código en múltiples lenguajes desde la terminal.



Genera código, scripts y APIs

A partir de instrucciones en lenguaje natural.



Corrige errores y refactoriza

Mejora calidad y rendimiento del código.



Documenta y prueba

Crea pruebas unitarias y documentación automáticamente.



Consulta y transforma datos

Genera consultas SQL y transforma información.



ANTIGRAVITY

Entorno de desarrollo potenciado por IA

IDE y plataforma inteligente que entiende el contexto del proyecto y automatiza tareas complejas.



Entiende el proyecto completo

Navega y comprende toda la base de código y documentación.



Automatiza tareas complejas

Genera, ejecuta y orquesta flujos de desarrollo.



Integra múltiples fuentes de datos

ADS-B, AMHS, MET, ATFM, Bases de datos, APIs, etc.



Crea dashboards y servicios

Visualizaciones, reportes y APIs listos para producción.

¿CÓMO APOYAN AL PROYECTO DE KPIS EN AVIACIÓN?



Mayor velocidad

Desarrollo y entrega más rápida.



Mayor precisión

Menos errores en código y cálculos de KPIs.



Menor costo

Automatización que reduce tiempo y esfuerzo.



Decisiones inteligentes

Información confiable en tiempo real y basada en datos.



Mejora continua

Iteración constante con IA para optimizar resultados.



CODEX Y ANTIGRAVITY SON ALIADOS ESTRATÉGICOS PARA CONSTRUIR UN ECOSISTEMA DE DATOS INTELIGENTE QUE IMPULSA LOS KPIS Y LA EXCELENCIA OPERACIONAL EN LA AVIACIÓN.

CONSIDERACIONES PARA INSTALACIÓN DE ANTENAS ADS-B

Una buena ubicación y el tipo adecuado de antena aseguran cobertura óptima y recepción confiable sin saturación.

1. DISTANCIA DE LÍNEA DE VISTA (LoS) – CRÍTICAS

ADS-B requiere línea de vista directa entre la aeronave y la antena.



- Obstáculos (montañas, edificios, terreno) bloquean la señal.
- Mayor altura de la antena = mayor cobertura.
- Regla práctica: altura de antena $\geq 1/3$ de la distancia hasta el horizonte deseado.

ALTURA ANTENA	ALCANCE APROX. (LoS)
10 m	12 – 15 km
30 m	20 – 25 km
50 m	30 – 35 km
100 m	45 – 50 km

* Valores aproximados en condiciones estándar (curvatura terrestre incluida).

2. SATURACIÓN DE LA ANTENA EN AEROPUERTOS

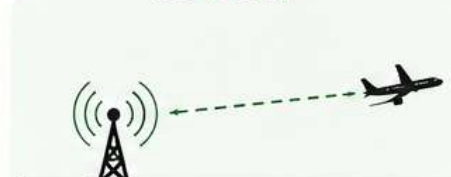
Cuando la aeronave está muy cerca de la antena, la señal puede saturar el receptor.

PROBLEMA



- Señal muy fuerte
- Pérdida de paquetes (drop)
- Datos incompletos o erráticos
- Pérdida de telemetría (velocidad, altitud, viento, etc.)

SOLUCIÓN



Usar antena con menor ganancia o implementar control de ganancia para evitar saturación.

3. SOLUCIONES RECOMENDADAS

A. ANTENA DE MENOR GANANCIA EN TIERRA

Instalar una antena con menor ganancia para operaciones en proximidad (aeropuerto, rodaje, despegue/aterrizaje).



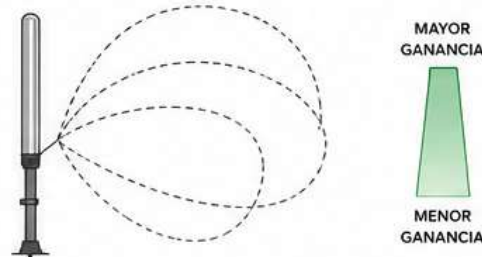
Ejemplo de ganancias típicas:

- Alta ganancia: 8 – 12 dBi
- Baja ganancia: 2 – 4 dBi
- Muy baja ganancia: 0 – 2 dBi

i Menor ganancia = menor rango, pero evita saturación y mejora calidad de datos cerca del aeropuerto.

B. ANTENA DE GANANCIA VARIABLE

Permite ajustar la ganancia según la situación operativa.



i Ajuste automático o manual de ganancia según distancia de la aeronave.

C. CONFIGURACIÓN CON MÚLTIPLES ANTENAS

Combinar antena de alta ganancia (cobertura) con antena de baja ganancia (proximidad).



i El receptor selecciona la mejor señal disponible según calidad (RSSI, SNR, errores, etc.).



RECOMENDACIONES
GENERALES



Instalar en el punto más alto posible y libre de obstáculos.



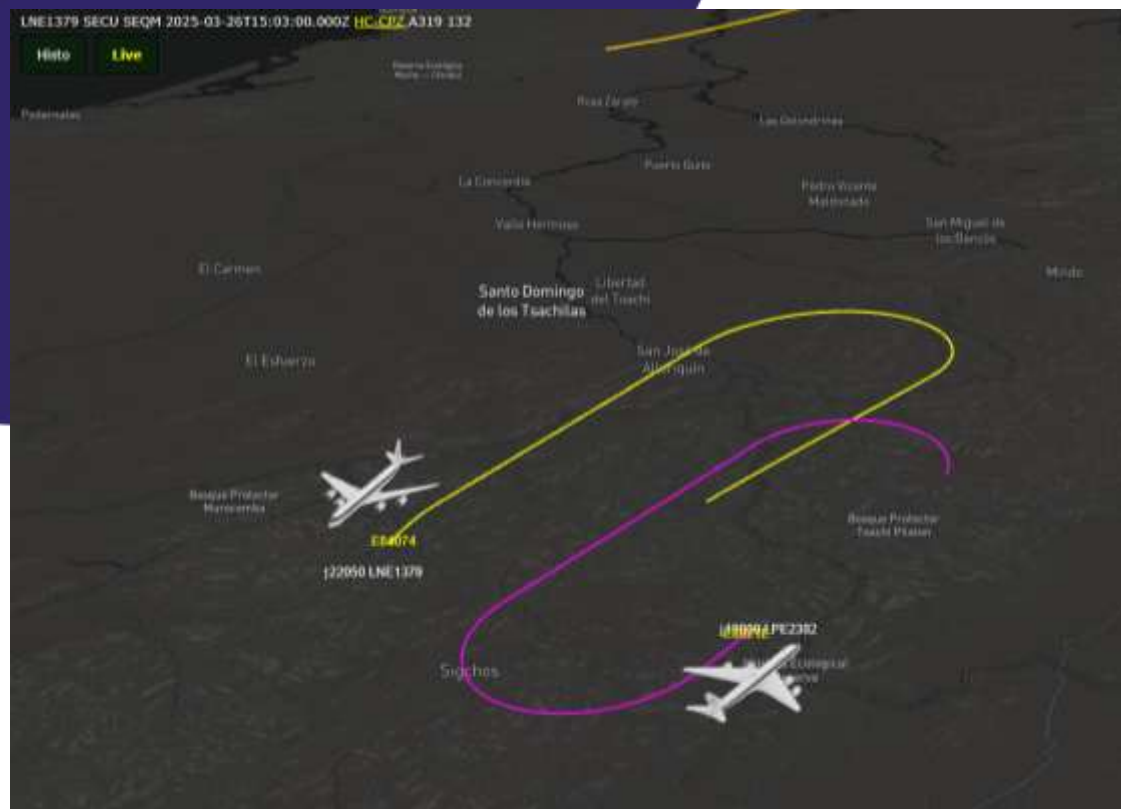
Usar equipos y cables adecuados para intemperie y protección contra rayos.



Monitorear calidad de señal (RSSI, SNR, messages/second, errores).



Realizar pruebas con aeronaves cercanas para verificar saturación y ajustar configuración.



EL NUEVO
ECUADOR

Dirección General de Aviación Civil