



Cuestión 7A del
Orden del Día:

Innovación

OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE DESVIACIONES SIGNIFICATIVAS DE ALTITUD (LHD) EN LA REGIÓN CAR/SAM CON SEPARACIÓN VERTICAL MÍNIMA REDUCIDA (RVSM)

Nota presentada por Colombia, “El País de la Belleza”

RESUMEN

La gestión de las Desviaciones Significativas de Altitud (LHD) en el espacio aéreo RVSM de la Región CAR/SAM es fundamental para la seguridad y eficiencia del tránsito aéreo. La automatización del reporte de LHD y la adopción de un modelo de evaluación de riesgos en cascada permitirán mejorar la identificación de patrones, priorización de acciones correctivas y optimización de la toma de decisiones.

La gestión efectiva de LHD requiere el fortalecimiento de los mecanismos de notificación, análisis y mitigación de riesgos. Actualmente, los reportes dependen de procesos manuales y herramientas que limitan la detección oportuna de incidentes. Para optimizar la seguridad operacional, se propone la automatización del reporte mediante el sistema FDS y la implementación de un modelo estructurado de evaluación de riesgos. Estas estrategias mejorarán la trazabilidad de los eventos, reducirán los tiempos de notificación y fortalecerán la toma de decisiones de los gestores del tránsito aéreo.

Se recomienda a los Estados implementar herramientas avanzadas y capacitar al personal para fortalecer la seguridad operacional en la región.

Referencias:

- Doc 9574 - Manual sobre la aplicación de la Separación Vertical Mínima Reducida (RVSM).
- Doc 9937 - Manual sobre la Seguridad del Tránsito Aéreo en el Espacio Aéreo RVSM.
- Informe GTE/CARSAMMA sobre desviaciones LHD.
- Guía SSA - Evaluación y Mitigación de Riesgos de Seguridad Operacional (MSER-4.0-15-048, versión 01, 25/07/2024).
- Metodología ARMS (Aviation Risk Management Solutions) para evaluación de riesgos en ATS.

Objetivos Estratégicos de la OACI:	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Cada vuelo es Seguro y Protegido</i> • <i>La Aviación es Ambientalmente Sostenible</i> • <i>Ningún País Se queda atrás</i> • <i>Desarrollo Económico</i>
---	--

1. Introducción

1.1 La gestión de las Desviaciones Significativas de Altitud (LHD) en el espacio aéreo RVSM de la Región CAR/SAM es fundamental para la seguridad y eficiencia del tránsito aéreo. La automatización del reporte de LHD y la adopción de un modelo de evaluación de riesgos en cascada permitirán mejorar la identificación de patrones, priorización de acciones correctivas y optimización de la toma de decisiones.

1.2 La gestión efectiva de LHD requiere el fortalecimiento de los mecanismos de notificación, análisis y mitigación de riesgos. Actualmente, los reportes dependen de procesos manuales y herramientas que limitan la detección oportuna de incidentes. Para optimizar la seguridad operacional, se propone la automatización del reporte mediante el sistema FDS y la implementación de un modelo estructurado de evaluación de riesgos. Estas estrategias mejorarán la trazabilidad de los eventos, reducirán los tiempos de notificación y fortalecerán la toma de decisiones de los gestores del tránsito aéreo.

1.3 Se recomienda a los Estados implementar herramientas avanzadas y capacitar al personal para fortalecer la seguridad operacional en la región.

2. Discusión

2.1 Situación actual de la gestión de LHD en la Región CAR/SAM

2.1.1 La gestión de desviaciones significativas de altitud (LHD) en la Región CAR/SAM enfrenta limitaciones operacionales y tecnológicas que afectan la eficacia del análisis y la implementación de medidas correctivas. Los ANSP deben reportar estos eventos a la CARSAMMA antes del día 15 del mes siguiente a su ocurrencia; sin embargo, la información suele ser insuficiente para realizar un análisis detallado de patrones y causas. La falta de datos precisos restringe la capacidad de aplicar estrategias de mitigación y dificulta la identificación de tendencias recurrentes, afectando la seguridad operacional en el espacio aéreo RVSM.

2.1.2 Las deficiencias en la coordinación ATS entre centros de control de área (ACC) generan inconsistencias en la transferencia de responsabilidad y asignación de niveles de vuelo. Estos problemas derivan de la ausencia de procedimientos estandarizados, diferencias en la capacitación del personal y limitaciones en la infraestructura de comunicación. Asimismo, los factores humanos, como fallas en la comunicación entre operadores ATS y tripulaciones, incrementan el riesgo de errores operacionales. La alta carga de trabajo de los controladores refuerza la necesidad de sistemas automatizados que optimicen la toma de decisiones en tiempo real.

2.1.3 En el ámbito tecnológico, muchos ANSP continúan operando con sistemas manuales de reporte y análisis de LHD, lo que dificulta la consolidación de información y retrasa la detección de tendencias. La falta de interoperabilidad entre plataformas impide una respuesta oportuna a incidentes críticos. Para mitigar estas deficiencias, la CARSAMMA ha promovido la adopción de formularios electrónicos para estandarizar la recopilación de datos; sin embargo, su implementación no ha sido uniforme en toda la región. La persistencia de procesos manuales genera inconsistencias en la base de datos y aumenta la probabilidad de errores en la transcripción, afectando la calidad del análisis de seguridad operacional.

2.1.4 La Oficina de Analítica de la Aeronáutica Civil desarrolló un dashboard geoespacial con datos de CARSAMMA (primer semestre 2024), identificando zonas críticas de LHD mediante un mapa de calor. La ubicación de eventos se determinó correlacionando callsign, fecha y hora, permitiendo su trazabilidad con datos ASTERIX Categoría 62.

(ver https://www.aerocivil.gov.co/analitica/Paginas/LHD_Carsamma.aspx)

2.2 Evaluación de riesgos en la gestión de LHD

2.2.1 El Modelo de Riesgo de Colisión (CRM) evalúa la severidad de las LHD mediante probabilidades de colisión, pero su enfoque estático limita la capacidad de anticipación de riesgos sistémicos. Para mejorar la prevención, se recomienda complementarlo con herramientas de análisis predictivo que permitan detectar patrones emergentes y generar alertas tempranas. En este contexto, la Metodología de Evaluación de Riesgo en Cascada ofrece un enfoque más dinámico, segmentando los eventos según su severidad, probabilidad y recurrencia, lo que facilita la asignación eficiente de recursos y la implementación de medidas correctivas más efectivas.

2.2.2 La gestión integral de LHD requiere una base de datos regional integrada que permita la correlación de datos multi-FIR, eliminando las limitaciones derivadas de la fragmentación de información entre distintos sistemas. La implementación de herramientas predictivas basadas en inteligencia artificial y big data fortalecerá la identificación temprana de tendencias, optimizando la respuesta operativa y permitiendo una toma de decisiones más informada y proactiva.

2.3 **Propuestas**

2.3.1 Implementación de un modelo automatizado de reporte de LHD

2.3.1.1 La optimización del reporte de eventos LHD requiere la integración del registro de incidentes en el campo FREE TEXT del sistema FDS, eliminando registros manuales y mejorando la trazabilidad. Esto reducirá los tiempos de respuesta y permitirá capturar información más detallada para el análisis de incidentes (ver Apéndices A y B). Adicionalmente, la automatización del procesamiento de datos mediante herramientas avanzadas permitirá extraer y analizar trazas radar ASTERIX Categoría 62, facilitando la correlación de eventos con condiciones operacionales específicas y mejorando la identificación de patrones de riesgo.

2.3.1.2 El uso de inteligencia artificial y big data permitirá desarrollar análisis predictivos de patrones de LHD, identificando tendencias emergentes y generando alertas automatizadas para mitigar riesgos de manera proactiva. Para garantizar una gestión integral, se fortalecerá la interoperabilidad entre sistemas ATC, permitiendo el intercambio fluido de información entre FIR adyacentes, lo que minimizará errores de coordinación y mejorará la supervisión continua del tráfico aéreo.

2.3.1.3 Asimismo, la implementación de alarmas y notificaciones automáticas permitirá a los controladores y operadores ATS recibir alertas en tiempo real sobre desviaciones significativas que superen los umbrales de seguridad establecidos. Esto facilitará una acción inmediata y la aplicación de medidas correctivas eficaces, contribuyendo a la seguridad operacional y a la reducción de riesgos en la región (ver Apéndice C – flujo proceso –).

2.3.2 Adopción de un modelo de evaluación de riesgos en cascada

2.3.2.1 La evaluación dinámica de riesgos basada en ARMS y ORA permite clasificar los LHD según su severidad y recurrencia, facilitando la priorización de eventos críticos y la adaptación de estrategias de mitigación en función de su impacto en la seguridad operacional (ver Apéndice D). Para

complementar este enfoque, se implementará un sistema de segmentación y clasificación de eventos, utilizando criterios operacionales y estadísticas de riesgo que permitan diferenciar los tipos de LHD y asignar los recursos adecuados para su resolución eficiente.

2.3.2.2 La integración de datos multi-FIR y la creación de una base de datos regional unificada fortalecerán la coordinación entre los ANSP, mejorando el análisis global de tendencias y la identificación de patrones recurrentes. A su vez, la incorporación de simulaciones y modelado predictivo permitirá evaluar escenarios hipotéticos y anticipar posibles desviaciones, optimizando la toma de decisiones y la implementación de estrategias preventivas.

2.3.2.3 Para garantizar la efectividad del modelo, se establecerá un sistema de monitoreo continuo y auditorías operacionales, asegurando la revisión periódica de las medidas implementadas y su alineación con los estándares de la OACI. Esto permitirá una mejora continua en la gestión de LHD, promoviendo un espacio aéreo más seguro, eficiente y resiliente ante riesgos operacionales.

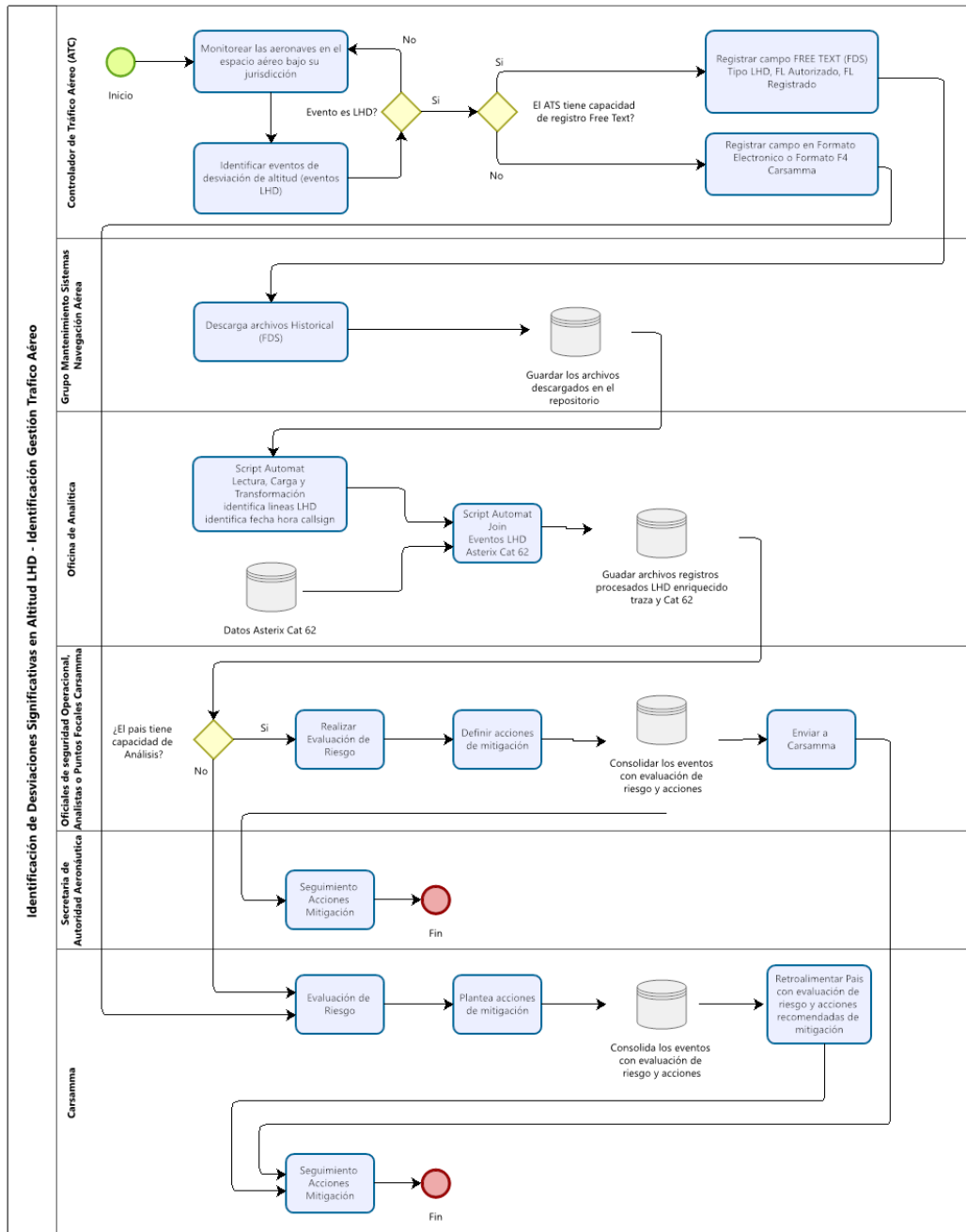
3. **Acción sugerida**

3.1 Se invita a la Reunión a tomar nota de la información proporcionada en esta nota de estudio, donde se resalta lo siguiente:

- a) Instar a la OACI a liderar la optimización de la gestión de desviaciones significativas de altitud (LHD) en la Región CAR/SAM, de conformidad con la orientación proporcionada en el Anexo 11, Doc 4444, Doc 9574 y Doc 9937, promoviendo la automatización del reporte de eventos mediante la integración con sistemas ATC.
- b) Instar a los Estados de la Región CAR/SAM a priorizar sus inversiones en la mejora de la supervisión y análisis de LHD, mediante la implementación de herramientas de inteligencia artificial y big data, así como la capacitación del personal de los servicios de tránsito aéreo en la identificación y mitigación de riesgos asociados a desviaciones significativas de altitud.
- c) Instar a los Estados de la Región CAR/SAM a adoptar modelos avanzados de evaluación de riesgos en cascada, incluyendo la integración de datos multi-FIR y la implementación de herramientas predictivas para mejorar la eficiencia y seguridad operacional en el espacio aéreo RVSM.
- d) Instar a la OACI y a los Estados a incluir estas iniciativas en el Plan Regional de Navegación Aérea de la Región CAR/SAM, como una contribución al fortalecimiento de la seguridad operacional y la optimización del uso del espacio aéreo.
- e) Instar a los Estados a desarrollar mecanismos de monitoreo continuo y auditorías operacionales para evaluar la efectividad de las medidas implementadas, garantizando la mejora continua en la gestión de LHD.

APENDICE A

PROPUESTA DE FLUJO PROCESO REGISTRO LHD EN FREE TEXT



Fuente: Aerocivil – Oficina de Analítica; elaboración propia

APENDICE B

ARCHIVO HISTORICAL, EJEMPLO CON DETALLE
REGISTRO LHD EN FREE TEXT

***** CMP352_MPTO_241222_1801_MDPC
 FPL CORRECTION/FDD2/22-12-24 15:24:02
 BQX3669 221521
 FF SKBQFDBA
 221521 MPTOCMPO
 (FPL-CMP352-IS
 -B737/M-SDE1E2E3GHRWIZ/HB1
 -MPTO1801
 -N0438F370 DCT EGETA DCT AGUJA/N0440F380 UM597 PALAS PALAS2B
 -MDPC0207 MDSD
 -PBN/B1C1D1S2T1 NAV/RNP2 SUR/260B DOF/241222 REG/HP1378
 EET/SKEC0030 TNCF0107 MDSC0131 SEL/CPBQ CODE/OC200C OPR/CMP PER/C
 RMK/TCAS)

CREATION/FDD2/22-12-24 15:24:02
 CMP352 IS B737/M SWDE1E2E3GHRIZ/HB1 MPTO 241222 1801 MDPC 2008
 N0438F370 ** EGETA/H1805 DCT AGUJA/H1823 N0440F380 ESKOR NESMO SIPOK
 OSUBO ERIKO OROSA IRBAR LIDOL PUTAR MASEN ++ A319 PALAS PALAS2B **
 HP1378 EQ MDSD
 PBN/B1C1D1S2T1 NAV/RNP2 SUR/260B SEL/CPBQ OPR/CMP PER/C RMK/TCA

SEGMENT (1) INITIAL

RECEIVED ABI/22-12-24 18:09:17
 BQX4757 221809
 FF SKBQFDBA
 221809 MPZLZQZX 2.001517-4.241222180915-5.3F78-
 (ABI-CMP352/A0133-MPTO-AGUJA/1833F370-MDPC-8/15-9/8737/M
 -10/SDE1E2E3GHIRWZ/B1H
 -15/N0438F370 EGETA DCT AGUJA/N0440F380 DCT PALAS PALAS2B
 -18/PBN/B1C1D1S2T1 NAV/RNP2 SUR/260B DOF/241222 REG/HP1378
 EET/SKEC0030 TNCF0107 MDSC0131 SEL/CPBQ CODE/OC200C OPR/CMP
 PER/C RMK/TCAS)
 (...)

STATUS_CHANGE/SFN/22-12-24 19:21:28
 CORR MODE S

STATUS_CHANGE/SFN/22-12-24 19:24:12
 LOST

STATUS_CHANGE/SFN/22-12-24 19:25:16
 CORR MODE S

STATUS_CHANGE/SFN/22-12-24 19:25:52
 LOST

STATUS_CHANGE/SFN/22-12-24 19:26:44
 CORR MODE S

CWP TEXT/CWP11/22-12-24 19:27:54
 TEXT : LHDE/380/340

STATUS_CHANGE/SFN/22-12-24 19:29:30
 LOST

CANCEL/EVENT/22-12-24 19:37:14
 FP TERMINATED

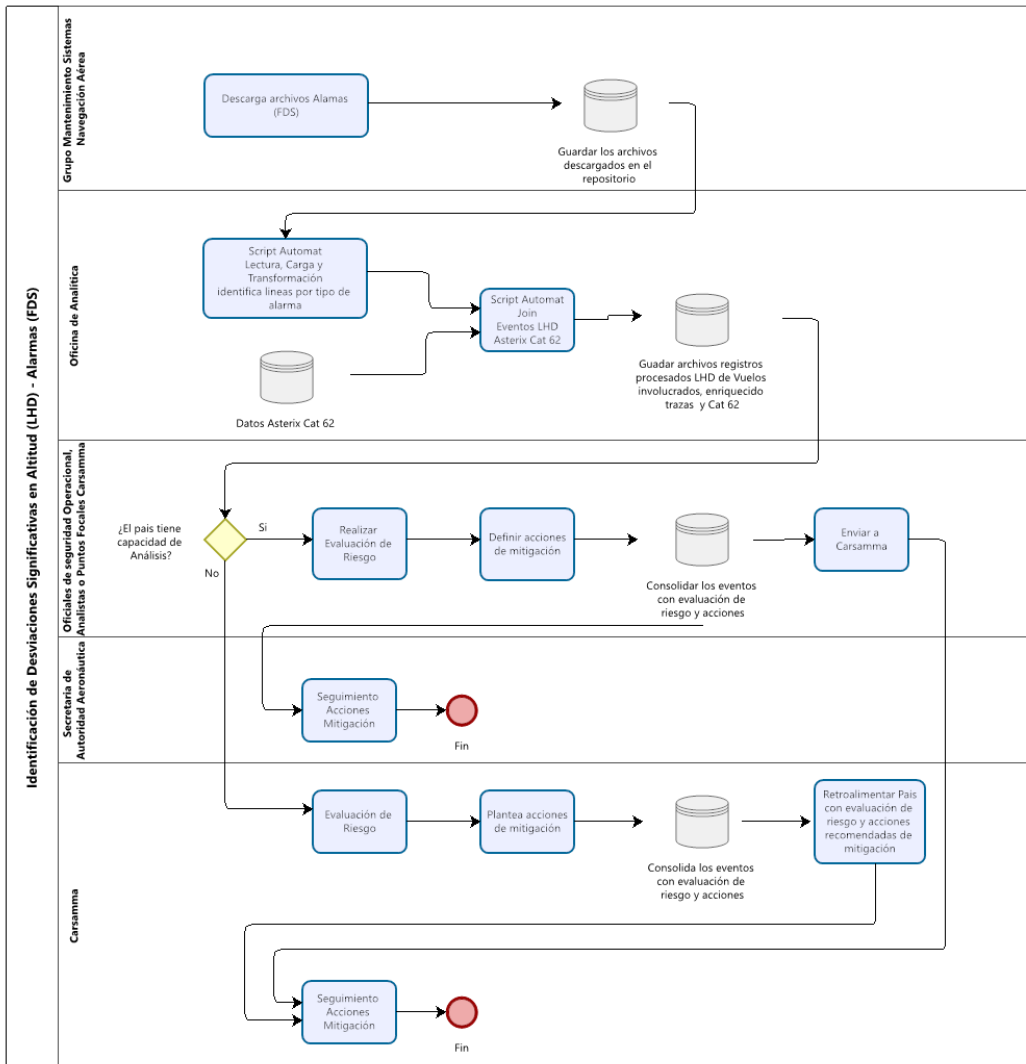
FP DELETED/22-12-24 19:40:15

- **LHDE** (LHD E) Errores de coordinación en la transferencia ATC-a-ATC de la responsabilidad del control como resultado de factores humanos
- **380** nivel de vuelo autorizado
- **340** nivel de vuelo registrado

Fuente: Aerocivil – Oficina de Analítica; elaboración propia

APENDICE C

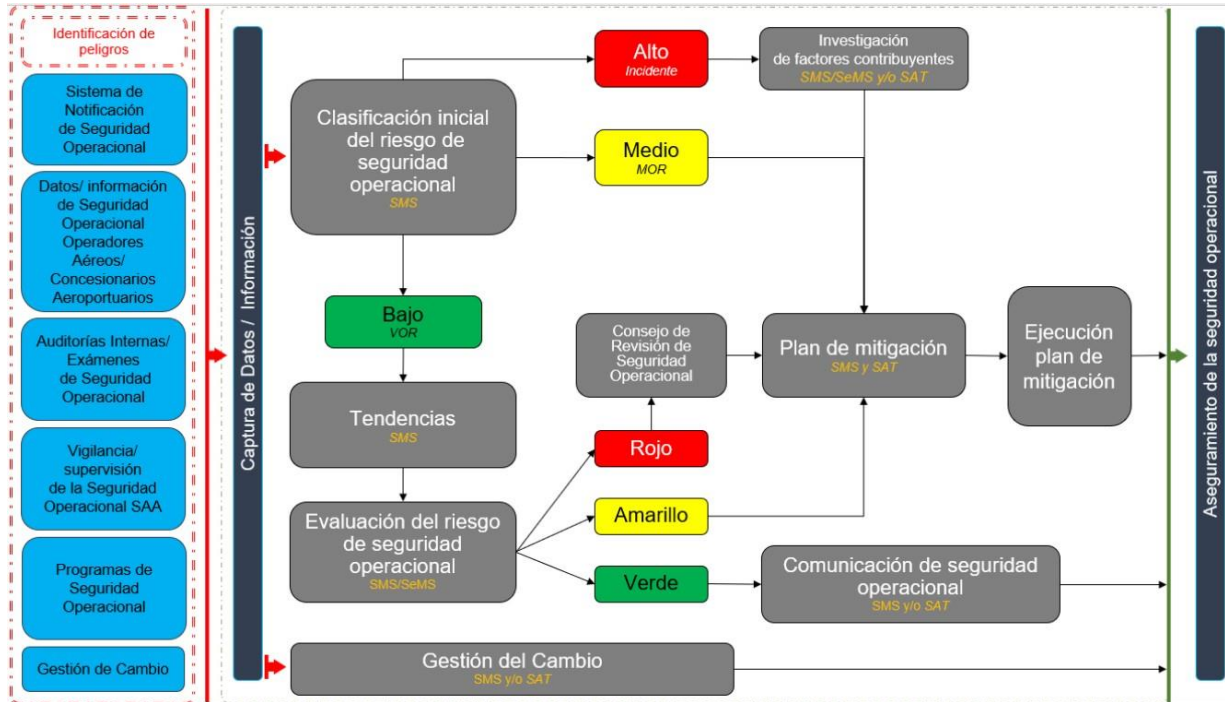
ARCHIVO ALARMAS, EJEMPLO CON DETALLE IDENTIFICACIÓN LHD



Fuente: Aerocivil – Oficina de Analítica; elaboración propia

APENDICE D

ESQUEMA GENERAL DE LA GRSO



Fuente: Modelo ARMS, adaptación Aerocivil - Grupo SMS/SeMS

más detalles del modelo en

https://isolucion.aerocivil.gov.co/Isolucion/BancoConocimiento4AERONAUTICAPro/c/caea92efd5ba47d8b82d48dd3c03e7c8/MSEr-4.0-15-048SSAGuaEMRSoVr.1_17-09-2024_RFC_17-09-2024.pdf