



INFORME FINAL ACCIDENTE

COL-23-39-DIACC

Desintegración estructural en vuelo

Cessna T210N

Matrícula HK5138G

19 de julio de 2023

San Luis de Gaceno, Boyacá, Colombia

ADVERTENCIA

El presente Informe Final refleja los resultados de la investigación técnica adelantada por la Autoridad AIG de Colombia – Dirección Técnica de Investigación de Accidentes, DIACC, en relación con el evento que se investiga, a fin de determinar las causas probables y los factores contribuyentes que lo produjeron. Así mismo, formula recomendaciones de seguridad operacional con el fin de prevenir la repetición de eventos similares y mejorar, en general, la seguridad operacional.

De conformidad con lo establecido en la Parte 114 de los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia, RAC 114, y en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional, OACI, *“El único objetivo de las investigaciones de accidentes o incidentes será la prevención de futuros accidentes o incidentes. El propósito de esta actividad no es determinar culpa o responsabilidad”*.

Por lo tanto, ningún contenido de este Informe Final, y en particular las conclusiones, las causas probables, los factores contribuyentes y las recomendaciones de seguridad operacional tienen el propósito de señalar culpa o responsabilidad.

Consecuentemente, el uso que se haga de este Informe Final para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes e incidentes aéreos, y especialmente para fines legales o jurídicos, es contrario a los propósitos de la seguridad operacional y puede constituir un riesgo para la seguridad de las operaciones.

CONTENIDO

CONTENIDO	3
SIGLAS	6
SINOPSIS	7
Resumen	7
1. INFORMACIÓN FACTUAL	8
1.1 Reseña del vuelo	8
1.2 Lesiones personales	10
1.3 Daños sufridos por la aeronave	10
1.4 Otros daños	10
1.5 Información personal.....	10
1.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento.....	12
1.6.1 Aeronave	12
1.6.1 Características generales de la aeronave Cessna T210N	12
1.6.2 Información sobre la aeronave HK5138G	13
1.6.2.1 Peso y Balance	13
1.6.3 Motor.....	14
1.6.4 Hélice	14
1.7 Información Meteorológica.....	15
1.7.1 Situación Sinóptica	15
1.7.2 Sondeo Atmosférico.....	16
1.7.3 Imagen Satelital	18
1.8 Ayudas para la Navegación	21
1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo	21
1.9.1 Plan de vuelo	21
1.10 Información del Aeródromo.....	22
1.11 Registradores de Vuelo.....	22
1.12 Videos de radar.....	22
1.13 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	26
1.14 Información médica y patológica.....	29
1.15 Incendio	29
1.15.1 Cantidad y tipo de combustible a bordo.....	29
1.15.2 Extinción del incendio	29

1.15.3	Fuente y tipo de incendio	29
1.16	Aspectos de supervivencia	32
1.17	Ensayos e investigaciones.....	32
1.17.1	Inspección de la planta motriz.....	32
1.17.2	Reconstrucción de los restos de la aeronave	33
1.18	Información Orgánica y de Dirección	34
1.19	Información adicional	34
1.19.1	Requisitos para el vuelo bajo reglas de vuelo visual.....	34
1.19.2	Otras ocurrencias estudiadas	35
1.19.2.1	Accidente avión Cessna T210N N5431C, 2007	35
1.19.2.2	Accidente avión Cessna 210N, VH-TFT.....	35
1.20	Técnicas útiles o eficaces de investigación.....	35
2.	ANÁLISIS.....	36
2.1	Factores Operacionales	36
2.1.1	Piloto al mando	36
2.1.2	Planeamiento del vuelo.....	36
2.1.3	Condiciones meteorológicas.....	37
2.1.3.1	Defensas contra condiciones meteorológicas cambiantes.....	37
2.1.3.2	Consecuencias de un ingreso no planeado en condiciones IMC ..	37
2.1.3.3	Condiciones atmosféricas en la ruta del vuelo	38
2.1.3.4	Actuaciones del Piloto frente a las condiciones meteorológicas ..	38
2.1.4	Secuencia de la desintegración de la aeronave.....	39
2.1.5	Otros factores operacionales	39
2.2	Factores de material	40
2.2.1	Límites estructurales de una aeronave	40
2.2.2	Excedencia de límites estructurales del HK5138G	41
2.2.3	Descripción de rotura estructural típica del avión Cessna 210	41
2.3	Secuencia de rotura estructural de la aeronave HK5138G	41
2.4	Factores que afectaron la supervivencia - Modelo CREEP	44
3.	CONCLUSIÓN.....	47
3.1	Conclusiones	47
	Generales	47
	Piloto.....	48

Aeronave	49
3.2 Causas probables	49
3.3 Factores Contribuyentes	49
3.4 Taxonomía OACI	49
4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL.....	50
A LA SECRETARIA DE AUTORIDAD AERONÁUTICA DE AEROCIVIL DE COLOMBIA.....	50
REC. 01–202339-1	50
REC. 02–202339-1	50
ANEXO 1	51
Transcripción comunicaciones Villavicencio Aproximación frecuencia 119.30 MHz.....	51
ANEXO 2	53
Fotografías de restos de la aeronave.....	53

SIGLAS

AGL	Por encima del nivel del suelo
AIM	Gestión de Información Aeronáutica
APP	Aproximación
ASL	Por encima del nivel del mar
ATC	Control de Tránsito Aéreo
CAS	Velocidad Calibrada.
CRM	Manejo Recursos de Cabina
DIACC	Dirección Técnica de Investigación de Accidentes
ELT	Localizador transmisor de emergencia
ft	Pies
GDAS	Sistema de Asimilación Global de Datos
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
h	Horas
HL	Hora Local
IVA	Instructor de Vuelo de Avión
IMC	Condiciones Meteorológicas Instrumentales
IR	Infrarrojo
m	Metros
MDR	Región principal de desarrollo
NM	Millas náuticas
NOTAM	Notice to Airmen
NTSB	National Transportation Safety Board – Estados Unidos
OT	Onda Tropical
PCA	Piloto Comercial de Avión
PPA	Piloto Privado de Avión
RAC	Reglamento Aeronáutico de Colombia
UTC	Tiempo Coordinado Universal
VFR	Reglas de Vuelo Visual
SKGY	Aeródromo Guaymaral, Cundinamarca.
SKVV	Aeródromo de Villavicencio, Meta
TAS	Velocidad verdadera
TSB	Transportation Safety Board – Canadá
TSN	Tiempo desde nuevo
TSO	Tiempo desde reparación general
VM-EPAC	Vaguada monzónica del Pacífico oriental
VOR	VHF Omnidirectional Range
VVC	Villavicencio
V_{NE}	Velocidad de nunca exceder
V_{NO}	Velocidad máxima estructural
V_A	Velocidad máxima de maniobra
ZCIT	Zona de Confluencia Intertropical

SINOPSIS

Aeronave:	Cessna T210N, HK5138G
Fecha y hora del Accidente:	19 julio de 2023, 08:18 HL (13:08 UTC)
Lugar del Accidente:	Finca La Esmeralda, Vereda Caño Tigre, San Luis de Gaceno, Boyacá - Colombia
Coordenadas:	N04°40'37.60" – W073°06'41.00"
Tipo de Operación:	Aviación General - Privada
Número de ocupantes:	Seis (6) Un (1) Piloto. (5) viajeros.

Resumen

Durante la ejecución de un vuelo privado entre el aeródromo Vanguardia (SKVV) de Villavicencio y el aeródromo Guaymaral (SKGY), la aeronave Cessna T210N presentó rotura estructural mientras sobrevolaba a 13,800 pies en las inmediaciones del municipio de San Luis de Gaceno, Boyacá.

Como consecuencia de la rotura estructural la aeronave resultó destruida y sus seis (6) ocupantes sufrieron lesiones mortales. El accidente ocurrió a las 08:18HL, con luz de día y condiciones meteorológicas IMC.

El proceso investigativo determinó como causas probables del accidente:

- Vuelo de la aeronave en una zona atmosférica de fuerte inestabilidad convectiva debida a la evolución de una tormenta eléctrica que se desarrolló rápidamente en ruta, lo que probablemente provocó el ingreso de la aeronave en condiciones IMC, una combinación de cambios en las aceleraciones verticales en la aeronave y la pérdida de visibilidad.
- Probable desorientación espacial y / o vértigo del Piloto por la pérdida de referencias visuales.
- La combinación de los cambios en las aceleraciones verticales, sumada a una velocidad aerodinámica superior a la velocidad de maniobra de la aeronave y los comandos inducidos por el piloto para mantener el control, que provocaron una carga estructural excesiva seguida por la rotura estructural de las superficies en vuelo.

Los siguientes factores fueron identificados como contribuyentes al accidente:

- Deficiente gestión de riesgos e incorrecto planeamiento del vuelo por parte del operador privado y de la tripulación, y equivocada decisión de continuar el vuelo ante condiciones meteorológicas adversas en ruta.
- Premura para completar el vuelo ante el compromiso adquirido con los viajeros del avión privado, y la limitación de operación en el aeródromo de destino por un cierre programado.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1 Reseña del vuelo

El 19 de julio de 2023 la aeronave Cessna T210N, con matrícula HK-5138G, de Aviación General Privada, fue programada por su propietario para realizar un vuelo entre el aeropuerto Vanguardia (SKVV), de la ciudad de Villavicencio, hasta el aeródromo Flaminio Suarez Camacho (SKGY) de Guaymaral.

El Plan de Vuelo VFR propuso el despegue a las 07:20 HL, para una altitud de crucero de 12.500 pies, por la ruta NVR (Norte del VOR VVC) – Medina – Guateque - Guate 1A – Guaymaral. El plan de vuelo se presentó a las 05:41 HL y fue aceptado a las 06:17 por la oficina AIM de Villavicencio.

La aeronave fue abordada por 01 Piloto y 05 ocupantes más. Tanto el aeropuerto Vanguardia (SKVV) como el de Guaymaral (SKGY) operaban en condiciones visuales, VMC.

La aeronave despegó por la pista 05 de Vanguardia, a las 07:42 HL, y a las 07:44 HL hizo contacto con Aproximación Villavicencio, APP VVC, en la frecuencia 126.2 Mhz, confirmando su ruta “Villavo – Guaymaral”. La aeronave voló con rumbo 070°, por instrucciones de Aproximación Villavicencio, para espaciamento de tránsito.

Posteriormente, a las 07:46 HL, Aproximación Villavicencio instruyó a la aeronave para que volara directamente a Medina, que era el segundo punto de navegación de su ruta visual; y, a las 07:53 HL, el Piloto solicitó al ATC, efectuar el ascenso al Eco esa población. La aeronave continuó su desvío al Eco de la ruta propuesta, hacia el área de Barranca de Upía, aparentemente tratando de obtener condiciones visuales y altitud suficiente para proceder a cruzar la parte más alta de la ruta.

En Barranca de Upía y en sus alrededores se presentaban a esa hora, condiciones meteorológicas de lluvia fuerte y escasa visibilidad, tal como se observó en la imagen satelital canal IR correspondientes al periodo del vuelo.

Aproximadamente a las 08:02 HL, la aeronave procedió desde el área de Barranca de Upía, hacia el Norma Whisky, para retomar la ruta propuesta hacia Guateque, con una altitud superior a 13.000 pies ASL.

Según los videos de radar, la altitud de la aeronave osciló entre 13.400 y 14.200 pies. Cuando la aeronave se acercaba a la población de San Luis de Gaceno, a las 08:08:15 HL, se registró un descenso súbito y pronunciado de la aeronave desde 13.500 pies hasta 11.700 pies. Esta altitud, 11.700 pies, quedó registrada en el video hasta las 08:08:53 HL (38 segundos), cuando la señal de la aeronave desapareció de la pantalla radar.

El Piloto no informó sobre falla alguna de la aeronave u otra condición anormal del vuelo.

El ATC, Aproximación Villavicencio, efectuó varios llamados a la aeronave sin obtener respuesta. El Control siguió entonces los protocolos para declarar a la aeronave en emergencia.

Hacia las 10:00 HL, los dueños de la finca La Esmeralda, cercana a San Luis de Gaceno, Boyacá, dieron aviso a la Policía Nacional sobre el accidente de la aeronave. La Policía

Judicial y cinco unidades de Bomberos llegaron a la finca a las 11:20 HL. Se confirmó entonces el suceso.

La aeronave se encontró destruida en una zona rural, sobre un potrero de superficie irregular, y de relativamente fácil acceso, ubicado a 14,1 km al Eco del casco urbano de San Luis de Gaceno, departamento de Boyacá, en coordenadas N 04°40'37.60" W 073°06'41.00", a 1.050 ft AGL (350 m) ASL.

El Piloto y los otros cinco (5) ocupantes, sufrieron lesiones mortales; dos (2) ocupantes fueron encontrados por fuera del sitio de ubicación de la aeronave, a 135 y 310 m, aproximadamente. Aparentemente, las muertes se produjeron de manera súbita y como consecuencia del accidente. El suceso ocurrió con luz del día y en condiciones meteorológicas adversas.



Imagen No. 1 – Ruta propuesta en el Plan de Vuelo y trayectoria seguida hasta el accidente, HK-5138G.

La Autoridad de Investigación de Accidentes de Colombia (Dirección Técnica de Investigación de Accidentes – DIACC) fue informada de la desaparición de la aeronave, cuando se perdió el contacto radar. Una vez se tuvo confirmación del accidente, se organizó el desplazamiento de un equipo de investigación al lugar de la ocurrencia, por vía terrestre.

Siguiendo los protocolos del Anexo 13 de OACI y del RAC 114, el evento fue notificado a la National Transportation Safety Board (NTSB), de los Estados Unidos, como Estado de Diseño y Fabricación de Cessna T210N; y a la Transportation Safety Board (TSB) de Canadá como Estado que suministró asistencia para la lectura del dispositivo GPS.

1.2 Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Otros ocupantes	Total	Otros
Fatales	1	5	6	-
Graves	-	-	-	-
Leves	-	-	-	-
Ilesos	-	-	-	-
TOTAL	1	5	6	-

1.3 Daños sufridos por la aeronave

DESTRUIDA. La aeronave sufrió daños estructurales, con desprendimiento de superficies de vuelo primarias y secundarias.

Después del impacto contra el terreno se produjo un incendio de la aeronave que se limitó en la cabina de pasajeros.

1.4 Otros daños

Afectaciones menores a vegetación circundante.

1.5 Información personal

Piloto

Edad:	53 años.
Licencias:	Piloto Comercial de Avión – PCA Piloto Privado de Avión - PPA.
Certificado médico:	Vigente, 23 febrero del 2024.
Último chequeo en el equipo:	13 julio 2023 (<i>rechazado según sistema SIGA</i>).
Equipos Volados:	PA34, C182, PA25, C206, C210, BN12
Total horas de vuelo:	5,041:04 h (<i>Información Bitácora</i>).
Total horas en el equipo:	452:13 h (<i>Información Bitácora</i>)
Últimos 90 días:	Desconocido.
Últimos 30 días:	Desconocido.
Últimos 03 días:	Desconocido.

El Piloto era poseedor de una licencia de Piloto Privado de Avión – PPA obtenida el 17 de diciembre de 1996 y una licencia de Piloto Comercial de Avión – PCA, expedida el 10 noviembre de 1997, con habilitación en Instrumentos y Aviación Agrícola.

Según su hoja de vida, se formó como Piloto Privado de Avión (PPA) en el año 1996 y culminó su formación como Piloto Comercial de Avión (PCA), en el año 1997. Obtuvo la adición como Piloto Agrícola en el año 2003 y la adición a aeronaves bimotor en el año 2004. Contaba con amplia experiencia en compañías de transporte comercial no regular y de aspersión agrícola.

El 23 de octubre de 2015 realizó el Curso de Tierra inicial en el equipo Cessna T210. El 26 de octubre de 2015 efectuó vuelo de chequeo en el equipo, con licencia PPA con resultados satisfactorios.

El 27 de octubre de 2016 realizó el Curso de Tierra recurrente en el equipo Cessna T210. El 31 de octubre de 2016 efectuó vuelo de chequeo en el equipo con licencia PPA, con resultados satisfactorios.

El 30 de noviembre de 2017 realizó el Curso de Tierra recurrente en el equipo Cessna T210. El 14 de enero de 2018 efectuó vuelo de chequeo en el equipo con licencia PPA, con resultados satisfactorios.

Para el 31 de enero de 2023 la Autoridad Aeronáutica le certificó un total de 5,041:04 h de vuelo de las cuales 26:20 h correspondían a vuelo por Instrumentos. El día del accidente, el Piloto trabajaba en una empresa de Transporte no Regular, con sede en el aeródromo Vanguardia (SKVV).

Se encontró una certificación expedida por una empresa de Transporte no Regular según la cual, entre el 31 de octubre de 2016 y el 21 de febrero de 2018, acumuló un total de 451:25 h en el equipo Cessna 210. En la misma empresa no Regular, registró, entre el 23 de marzo de 2018 y el 24 de junio de 2019, un entrenamiento de 02:00 h y 293:18 h como Piloto autónomo en el equipo Cessna 210, acumulando un total de 295:18 h.

En otra empresa de Transporte no Regular, acumuló un total de 112:35 h como Piloto en el equipo Cessna 210, entre el 29 de marzo de 2018 y el 30 de septiembre de 2019.

En otra certificación aportada, se encontró que el Piloto, voló un total de 2 horas de entrenamiento y 42:20 h, para un total de 44:20 h en el equipo Cessna 210, entre el 03 de enero de 2021 y el 13 de mayo de 2021.

En total, siguiendo la verificación de la bitácora y los registros de la Autoridad Aeronáutica, se determinó que el Piloto había acumulado aproximadamente 452:13 h en el equipo Cessna 210.

En el sistema SIGA de registro de la Autoridad Aeronáutica, se encontró que el Piloto presentó chequeo de vuelo en el equipo Cessna 210, el 13 de julio de 2023 con sus licencias PPA y PCA; sin embargo, el trámite fue rechazado, por lo cual no se aprobó el chequeo en el equipo.

La Autoridad Aeronáutica confirmó que el chequeo que había sido rechazado, le había sido realizado por Instructor de vuelo, pero no se efectuó ante Inspector de la Autoridad Aeronáutica ni ante un Examinador Designado aprobado por el Coordinador del Grupo de Licencias.

El Piloto al mando aprobó el chequeo de acuerdo a lo establecido en el RAC 2.2.1.1.4.3, numeral aplicable para Pilotos Comerciales en clase monomotor; y el Piloto había presentado el chequeo anterior en equipo bimotor.

De otra parte, el Piloto registraba haber efectuado Curso de Tierra en equipo PA34, el 19 de noviembre de 2022. Y haber presentado Chequeo de vuelo con licencia PPA en dicho equipo, con vigencia hasta el 27 de enero de 2025.

Según registro de sistema de Autoridad Aeronáutica, el Piloto contaba con chequeo vigente en equipo PA34 para su licencia PPA.

Por último, el Piloto contaba con curso de mercancías peligrosas efectuado el 19 agosto 2021 y curso en gestión de recursos de cabina (CRM) realizado el 06 agosto 2022.

1.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento

1.6.1 Aeronave

Marca:	Cessna.
Modelo:	T210.
Serie:	C21062962.
Año de fabricación:	1979.
Matrícula:	HK5138G.
Certificado aeronavegabilidad:	0004971.
Certificado de matrícula:	R0006404.
Fecha último servicio:	03 de junio de 2023 (50 h)
Total horas de vuelo:	5,527:42 h.

1.6.1 Características generales de la aeronave Cessna T210N

La aeronave Cessna T210N es una aeronave de plano alto, cantiléver, monomotor con tren de aterrizaje triciclo retráctil. La aeronave tiene una certificación en categoría normal, aplicable a vuelo no acrobático.

Estaba propulsada por un motor Teledyne Continental TSIO-520-R de 6 cilindros que accionaba una hélice McCauley de 3 palas de paso variable.

La construcción del plano comprende un larguero delantero, un larguero principal, costillas de chapa de metal conformadas de manera convencional y revestimiento de aluminio. La sección interior de cada plano, delante del larguero principal, está sellada para formar un tanque de combustible integral. Los tanques de combustible de la aeronave tienen una capacidad total combinada de 90 gal, de los cuales 89 gal son utilizables. Ambos planos están unidos a la estructura de soporte del larguero del plano central, que es el elemento de diseño estructural principal para soportar cargas de vuelo laterales y de flexión.

De acuerdo al Manual de Vuelo de la aeronave, las velocidades máximas correspondían a:

V_{NE} Velocidad de nunca exceder 198 KCAS (203 KIAS)

V _{NO}	Velocidad máxima estructural	165 KCAS (168 KIAS)
V _A	Velocidad máxima de maniobra	129 KCAS (130 KIAS) (4,000 lb) 118 KCAS (119 KIAS) (3,350 lb) 105 KCAS (106 KIAS) (2,700 lb)

El factor de carga con flaps retraídos corresponde a +2.0g. Los factores de carga diseñados están 150% por encima del límite y en todos los casos la estructura cumple o supera las cargas de diseño.

La aeronave no está certificada para volar en condiciones de hielo.

1.6.2 Información sobre la aeronave HK5138G

El avión HK5138G tenía autorización para operación privada. Para el día del accidente contaba con su documentación al día y se encontraba aeronavegable.

La última inspección anual le fue realizada el 25 de marzo de 2023. El último servicio efectuado (50 h) a la aeronave se efectuó el 03 de junio de 2023.

El último Peso y Balance le fue realizado el 14 de diciembre de 2019, certificándose un peso vacío de 2,435.57 lb (768.5kg).

El propietario tenía un contrato de mantenimiento con un taller aeronáutico de reparación aprobado por la Autoridad Aeronáutica, ubicado en el aeródromo Vanguardia.

Los registros de mantenimiento evidenciaron el cumplimiento de Directivas de Aeronavegabilidad y Boletines de Servicio aplicables a la aeronave Cessna 210.

Para el 03 de junio de 2023 la aeronave acumulaba un tiempo total de vuelo de TSN: 5,521:37 h y TSO: 151:48 h. Según registros del taller aeronáutico la aeronave acumulaba al momento del accidente un total de 5,527:42 h.

Los últimos servicios efectuados a la aeronave, motor y hélice fueron:

Servicio 50 h	21 de marzo de 2023
Servicio 100 h	19 de marzo de 2022
Servicio 50 h	03 de junio de 2021
Servicio 200 h	05 de abril de 2021

En el servicio efectuado el 03 de junio de 2023, no se encontraron reportes o discrepancias significativas de importancia en el mantenimiento.

1.6.2.1 Peso y Balance

La investigación contó con el certificado de Peso y Balance No. 1977, correspondiente al vuelo del accidente. Los cálculos efectuados fueron corroborados y evaluados en la investigación encontrando los siguientes datos:

Peso de cada ocupante: 163.1lb o 74 kg (asumido por el Piloto para el plan de vuelo)

Peso vacío: 2,361.15 lb (según Peso y Balance No. 1977)

Combustible:	405.65 lb (184 kg) (66 gal AVGAS)
Piloto:	187.3 lb (84.9 kg) (Piloto)
Ocupantes 1 fila:	163.1 lb (74 kg) (1 ocupante)
Ocupantes 2 fila:	326 lb (148 kg) (2 ocupantes)
Ocupantes 3 fila:	326 lb (148 kg) (2 ocupantes)
Equipajes:	22.05 lb (10 kg)
Total peso en rampa:	3,791.25 lb (1,719 kg)

De acuerdo con los cálculos verificados, la aeronave operaba dentro de la envolvente operacional establecida por el fabricante para el vuelo, pues según el POH, el peso máximo certificado en rampa es de 4,016 lb (1,821.6 kg) y de 4,000 lb (1,814.37 kg) en el despegue.

1.6.3 Motor

Marca:	Continental.
Modelo:	TSIO-520-R.
Serie:	293718-R.
Total horas de vuelo:	3,028:07 h
Total horas D.U.R.G.:	627:38 h
Fecha último servicio:	03 de junio de 2023 (50 h)

La aeronave se encontraba potenciada con un motor recíproco de inyección opuesto Continental TSIO-520, de seis cilindros, de 310 hp. Contabilizaba un TBO de 1,600h.

El motor fue instalado en la aeronave el 19 de marzo de 2022 después de una reparación general que terminó el 16 de marzo de 2018, cuando contaba con TSN: 2,399:36 horas y TSO: 00:00 horas.

Para el 03 de junio de 2023 el motor tenía un total de TSN: 3,022:02 h y TSN: 621:32 h. Según registros del taller aeronáutico el motor acumulaba al momento del accidente un TSN: de 3,028:07 h y TSO: 627:38 h.

1.6.4 Hélice

Marca:	McCauley.
Modelo:	D3A34C-402.
Serie:	790533.
Total horas de vuelo:	5,900:37 h
Total horas D.U.R.G.:	1,156:43 h
Fecha último servicio:	03 de junio de 2023 (50 h)

La hélice fue instalada en el motor el 19 de marzo de 2022. Para el 03 de junio de 2023 la hélice acumulaba un total de TSN: 5,894:32 h y TSN: 1,150:38 h. Según registros del taller

aeronáutico la hélice acumulaba al momento del accidente un TSN: de 5,900:37 h y TSO: 1,156:43 h.

1.7 Información Meteorológica

1.7.1 Situación Sinóptica

Las condiciones sinópticas en Colombia fueron obtenidas mediante el análisis meteorológico sinóptico generado por la NOAA¹. La situación meteorológica previsible para el 19 de julio de 2023 a las 12:00 Z, muestra en la región principal de desarrollo - MDR (recuadro rojo) una Onda Tropical OT24, desplazándose hacia el W por Guyana. La Vaguada Monzónica del Pacífico Oriental – VM - EPAC, está presente al sur de Centroamérica, y la presencia de la Baja Colombiana se encuentra focalizada al NW del país.

El extremo W de la ZCIT Atlántica se encuentra localizada y activa al NE de Guyana. Una vaguada (por convergencia de fuertes alisios) se encuentra localizada al N de Venezuela en el atlántico.

El ingreso de la Onda Tropical OT24 y la abundante humedad que la acompaña, en interacción con la ZCIT-NET, favorecerían en el transcurso del día la formación de tormentas.

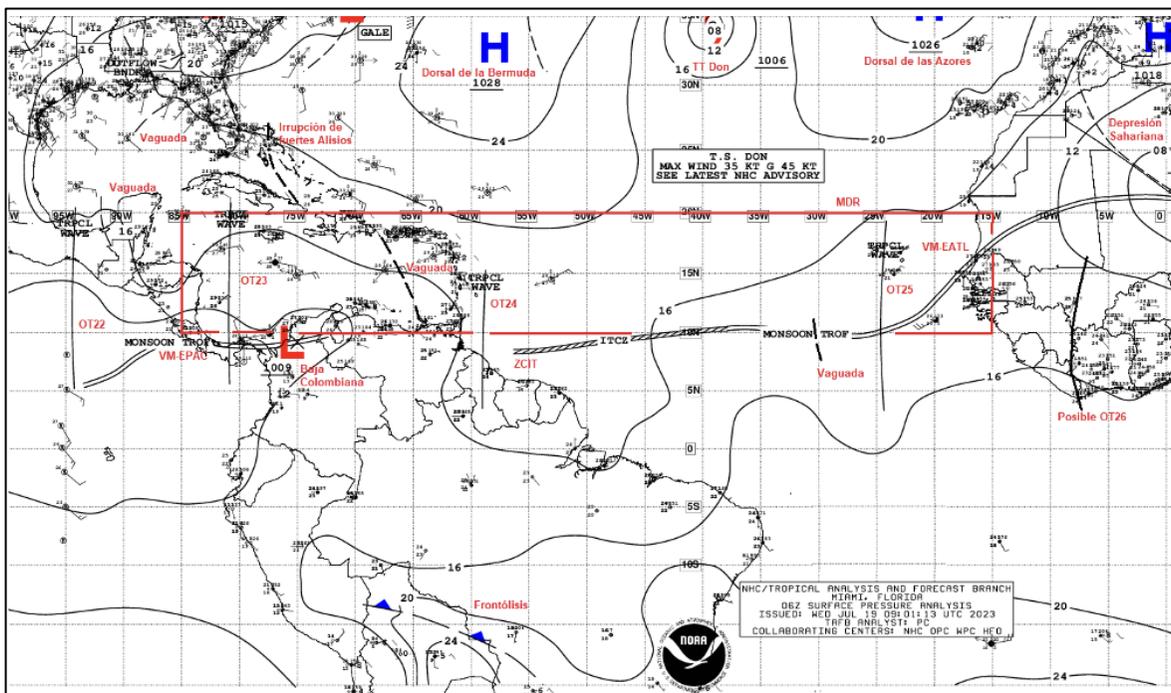


Imagen No. 2 – Carta de sinóptica de análisis y pronóstico tropical 19 julio de 2023, 12:00 Z.

De otra parte, la carta de pronóstico de análisis tropical emitida el 18 de julio (víspera del accidente) para el 19 de julio, muestra en la zona de Orinoquía colombiana la intrusión de

¹ NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration.

avance la Onda Tropical OT24 que traía consigo abundante humedad ocasionando inestabilidad atmosférica y formación de tormentas a lo largo del día.

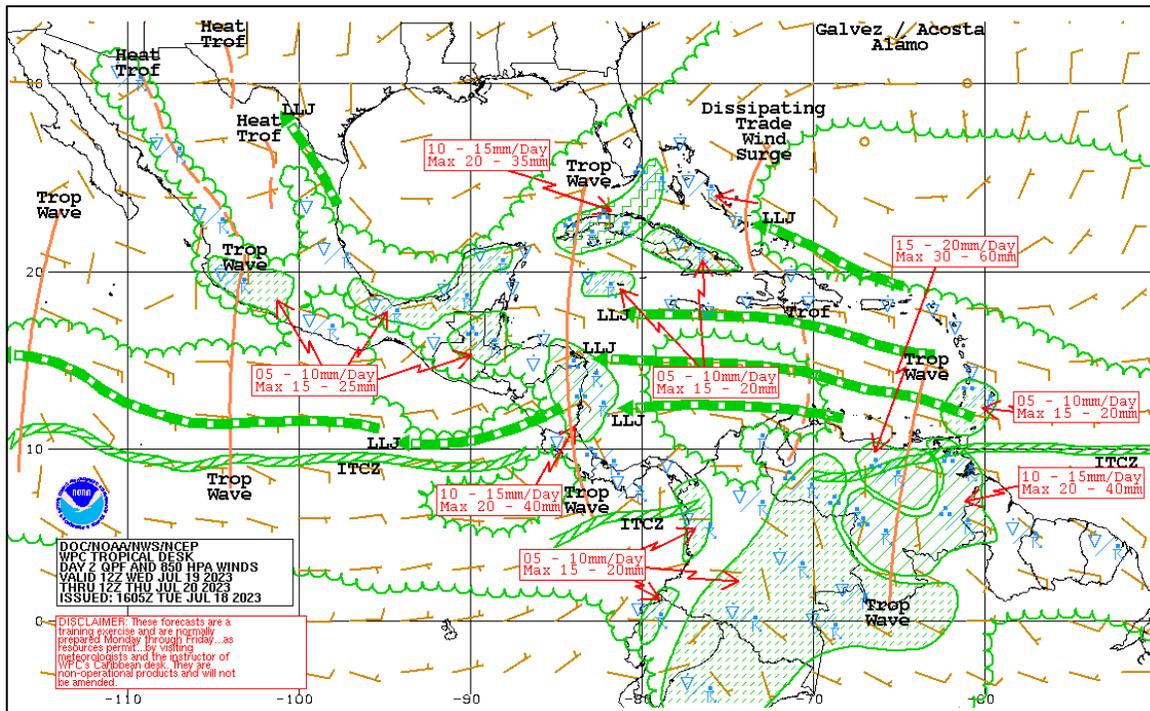


Imagen No. 3 – Situación meteorológica tropical y viento a los 850 hPa, 19 julio de 2023, 12Z.

1.7.2 Sondeo Atmosférico

Se efectuó un modelamiento de la atmósfera a través de modelamiento numérico de precisión.

El análisis basado en el Sistema de Asimilación Global de Datos (GDAS)² es un sistema utilizado por el modelo del Sistema de Pronóstico Global (GFS) para inicializar pronósticos meteorológicos en puntos geográficos a través de observaciones de superficie, datos de radio sondeos, datos de perfil del viento, informes de aeronaves, observaciones de boyas, observaciones de radar y observaciones de satélite.

De esta manera, se realizó una aproximación de las condiciones atmosféricas en el sitio del accidente (N04°40'37.60" – W073°06'41.00"), utilizando el archivo de modelos de datos del Laboratorio de Recursos del Aire (ARL) de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA), y un modelo numérico del sistema global de asimilación de datos (GDAS), con el fin de realizar una evaluación de esas condiciones atmosféricas.

² El Sistema Global de Asimilación de Datos (GDAS) es un sistema utilizado por el Modelo del Sistema Nacional de Pronósticos Ambientales del Centro Nacional para la Predicción del Medio Ambiente (NCEP - USA) para inicializar pronósticos meteorológicos a través de observación datos. El GDAS añade los siguientes tipos de observaciones en un espacio tridimensional: observaciones de superficie, datos de globos meteorológicos, datos de perfil de viento por radio sondeo, informes de aeronaves, observaciones de boyas, observaciones de radar y observaciones por satélite.

El modelo GDAS provee una resolución de 0.5° cada 3 horas. Los diagramas GDAS fueron graficados en un diagrama termodinámico Skew-T log P para las 12:00 UTC y 15:00 UTC del 19 de julio de 2023.

El sondeo GDAS de las 12:00 UTC se basó sobre una elevación de 3,281 pies, indicando una temperatura superficial de 18°C y un punto de rocío de 17°C, con humedad relativa del 95% y contenido de agua precipitable de 1.54 pulgadas.

El nivel de condensación LCL³ se encontraba a 340 pies AGL, con un nivel de convección libre a los 7,078 pies AGL, un nivel de condensación convectiva CCL⁴ a 4,826 pies AGL y un nivel de engelamiento a 15,182 pies AGL.

Se identifica una capa de nubes fragmentada a 7.000 pies AGL (10.000 pies MSL) con topes cercanos a los 21.000 pies, con nubes fragmentadas más altas en la parte superior. La atmósfera se caracterizaba condicionalmente inestable con un *Lift Index* (LI) de 1,7, un índice K de 35,6 y una energía potencial convectiva disponible (CAPE) de 20 julios/kg.

La velocidad vertical máxima (MVV) de las corrientes ascendentes era de 6 m/s. El viento a 14.000 pies MSL se identificó de 115° con 20 nudos, con viento medio de 110° a 16 nudos.

El perfil del viento no indicó áreas potenciales fuertes de fuertes cizalladuras o turbulencias fuera de las nubes convectivas.

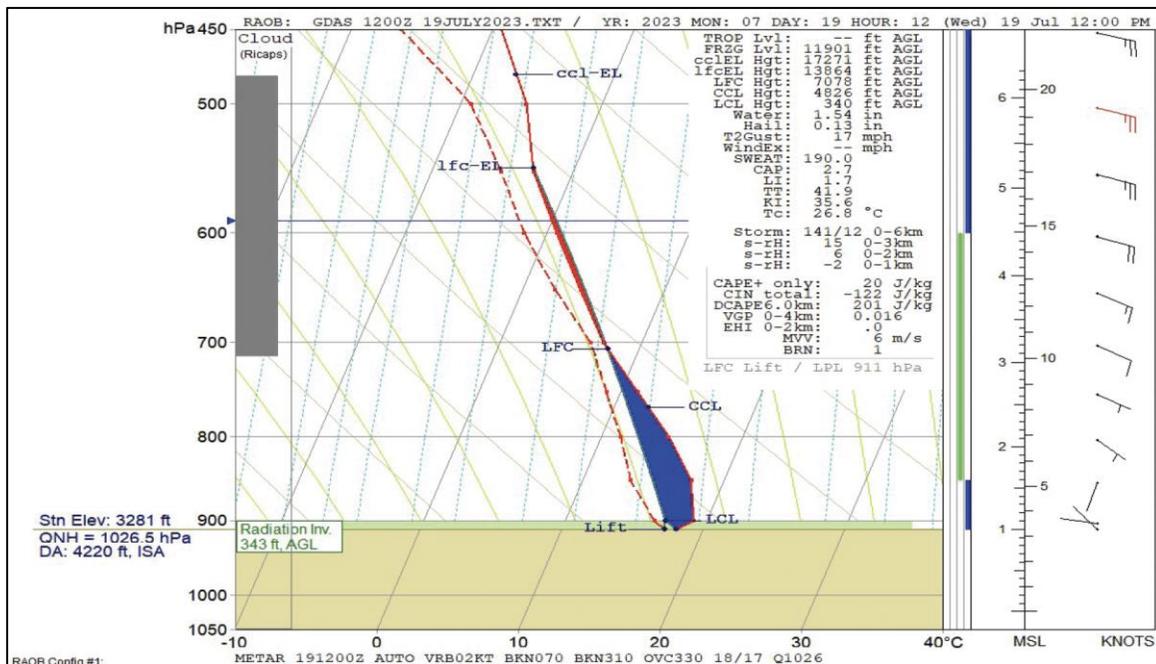


Imagen No. 4 – Sondeo atmosférico GDAS del punto del accidente, 19 julio de 2023, 12Z.

³ LCL = Nivel de la atmósfera donde una parcela de aire elevada alcanza su punto de saturación y, como resultado, el vapor de agua que contiene se condensa formando gotitas de agua (techo nuboso).

⁴ CCL = Es la altura a la cual una parcela de aire, si es calentada lo suficiente desde abajo, se eleva adiabáticamente hasta saturarse. (techo nuboso de nubes convectivas).

El sondeo GDAS de las 15:00 UTC se basó sobre una elevación de 3,281 pies, indicando una temperatura superficial de 22.3°C y un punto de rocío de 19.7°C, con humedad relativa del 85% con una altitud por densidad de 4,702 pies y contenido de agua precipitable de 1.67 pulgadas.

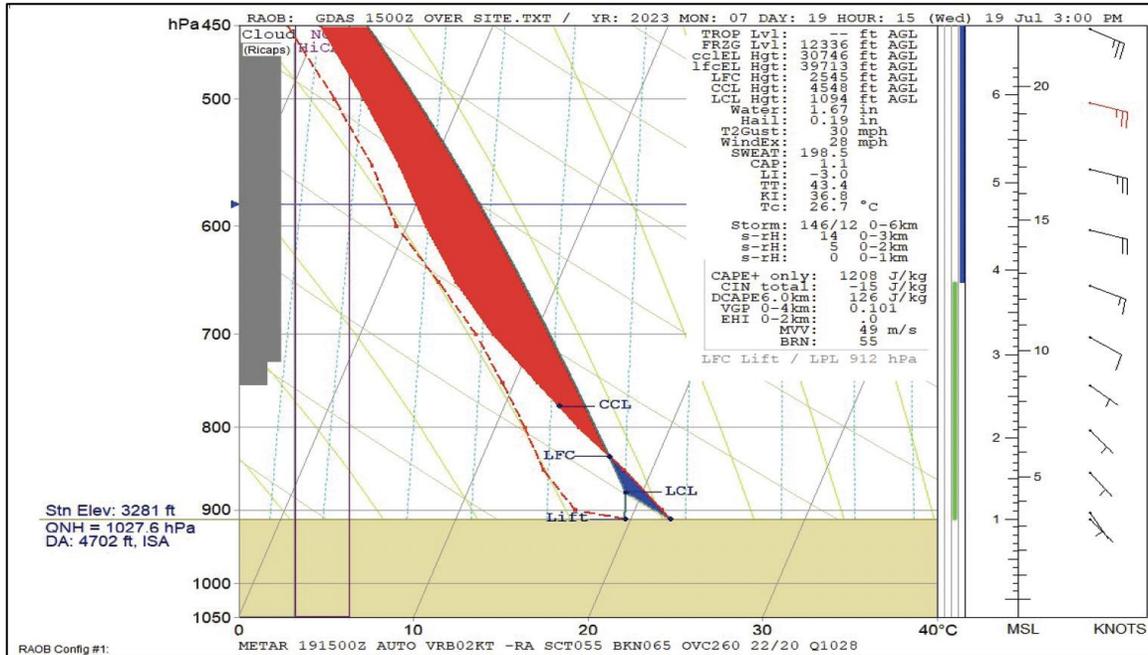


Imagen No. 5 – Sondeo atmosférico GDAS del punto del accidente, 19 julio de 2023, 15Z.

El nivel de condensación LCL se encontraba a 1,090 pies AGL, con un nivel de convección libre a los 2,550 pies AGL y un nivel de condensación convectiva CC a 4,550 pies AGL. El nivel de equilibrio se identificó a 43,000 pies.

Se identifican cúmulos dispersos a 5,500 pies, y un techo fragmentado de nubes a 6,500 pies AGL, con cielo cubierto a un nivel superior a 26,000 pies. El sondeo evidencia una atmósfera inestable con un *Lift index* (LI) de -3,0, un índice K de 36,8 y energía potencial disponible convectiva (CAPE) de 1208 J/kg. La velocidad vertical máxima (MVV) de las corrientes ascendentes convectivas fue de 49 m/s.

1.7.3 Imagen Satelital

La investigación obtuvo las imágenes satelitales provistas por el satélite GOES 16 con el fin de revisar las condiciones atmosféricas en el sitio y en la zona del accidente. Se obtuvieron imágenes satelitales en canal infrarrojo IR, en aumento 4X, en intervalos de 10 minutos para el 19 de julio de 2023, desde las 11:20 UTC a las 13:40 UTC.

Las imágenes mostraron un área prominente de cumulonimbos desarrollándose y moviéndose sobre el área al momento del accidente. Fueron obtenidas así mismo, imágenes en canal visible VIS con aumento 2X evidenciando la evolución y crecimiento de cumulonimbos en la zona del accidente.

El sistema atmosférico de baja presión descrito, estaba asociado a un sistema convectivo de baja presión, asociado a nubes cumuliforme, que generaba condiciones adversas, por la presencia de fuertes tormentas en las proximidades que ingresaban desde el oriente

hacia el occidente alcanzando una altitud aproximada de 32.000 pies, y una extensión aproximada de 120 kilómetros en el plano horizontal. Estos hallazgos se obtuvieron de la lectura de imágenes satelitales de los canales Visual, Infra rojo y Vapor de Agua.

Se efectuó la superposición de la ruta efectuada por el HK5138G según etiquetas RADAR e imagen meteorológica satelital en canal visible a las 13:10 UTC.

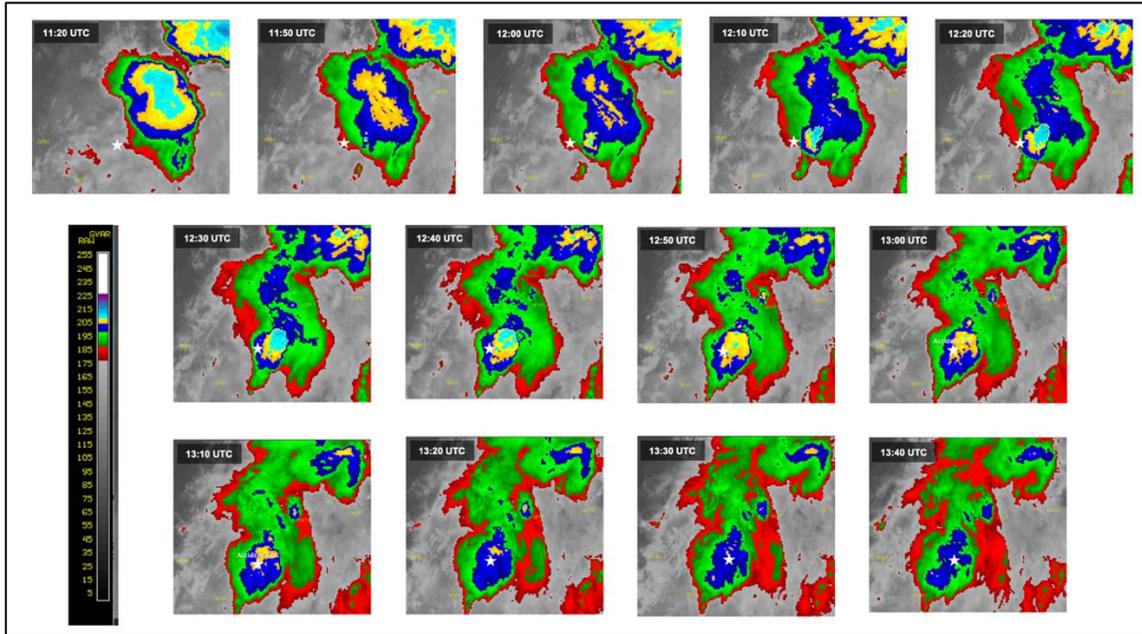


Imagen No. 6 – Imágenes satelitales GOES 16 canal 13 IR, 19 julio de 2023

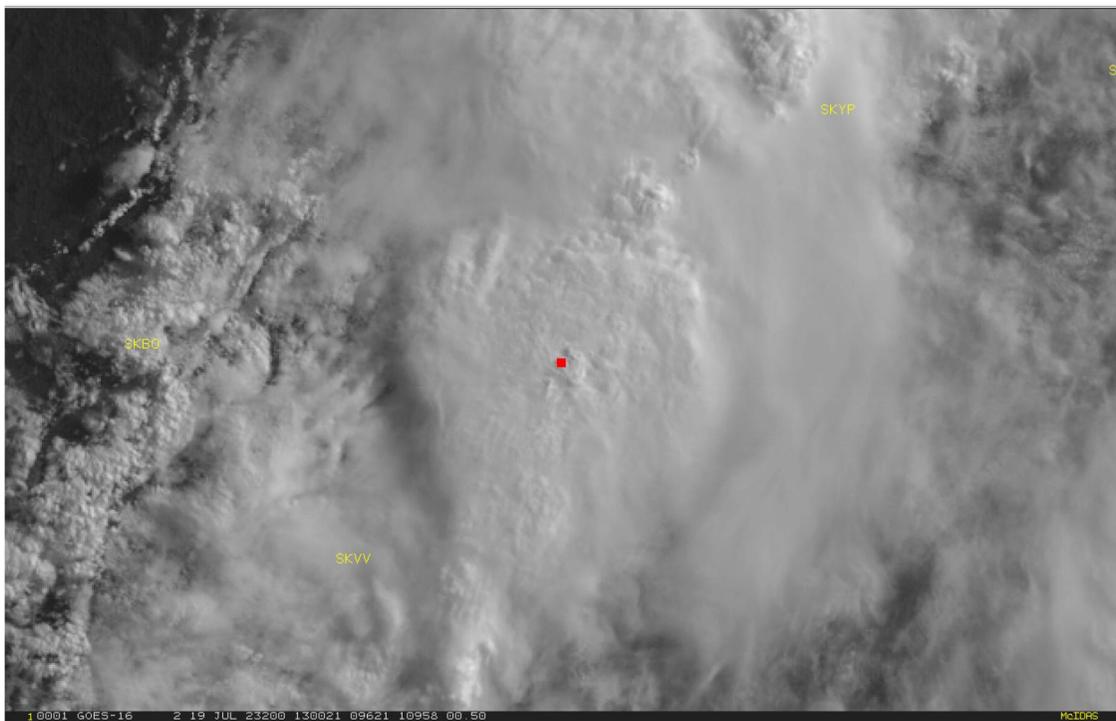
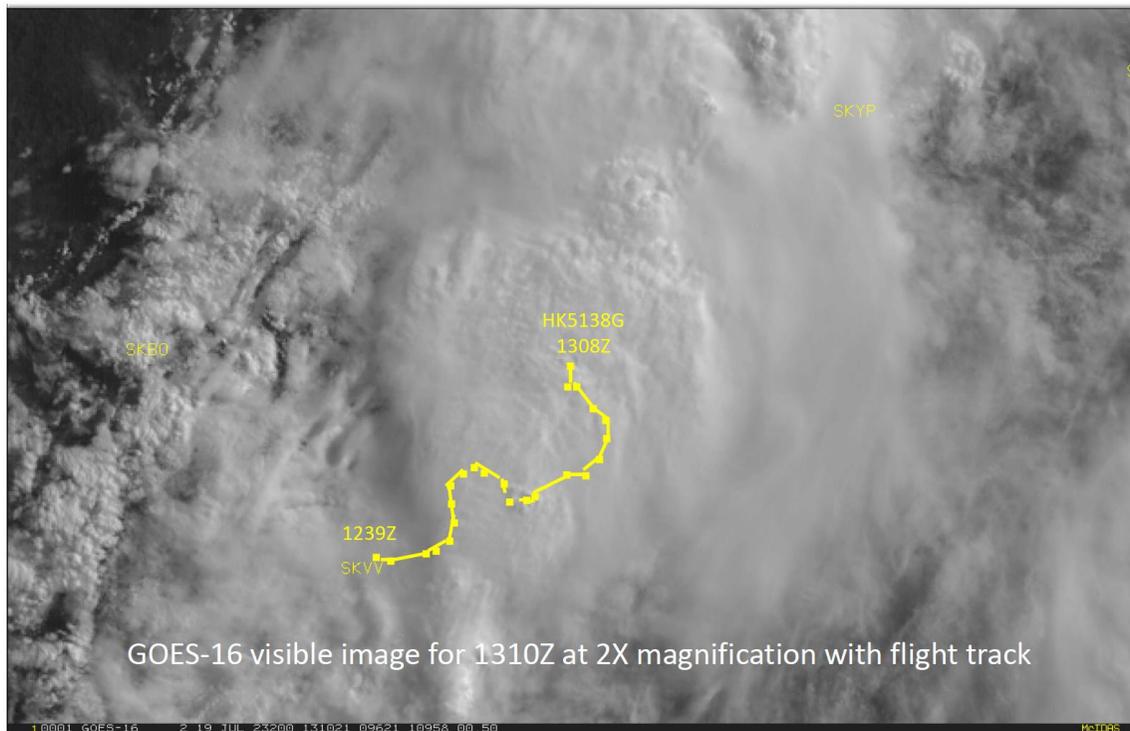


Imagen No. 7 – Imagen satelital GOES 16 canal 2 VIS, 19 julio de 2023, 13:00 UTC



GOES-16 visible image for 1310Z at 2X magnification with flight track

Imagen No. 8 – Imagen satelital GOES 16 canal 2 VIS, 19 julio de 2023, 13:10 UTC con superposición de etiquetas RADAR HK5138G

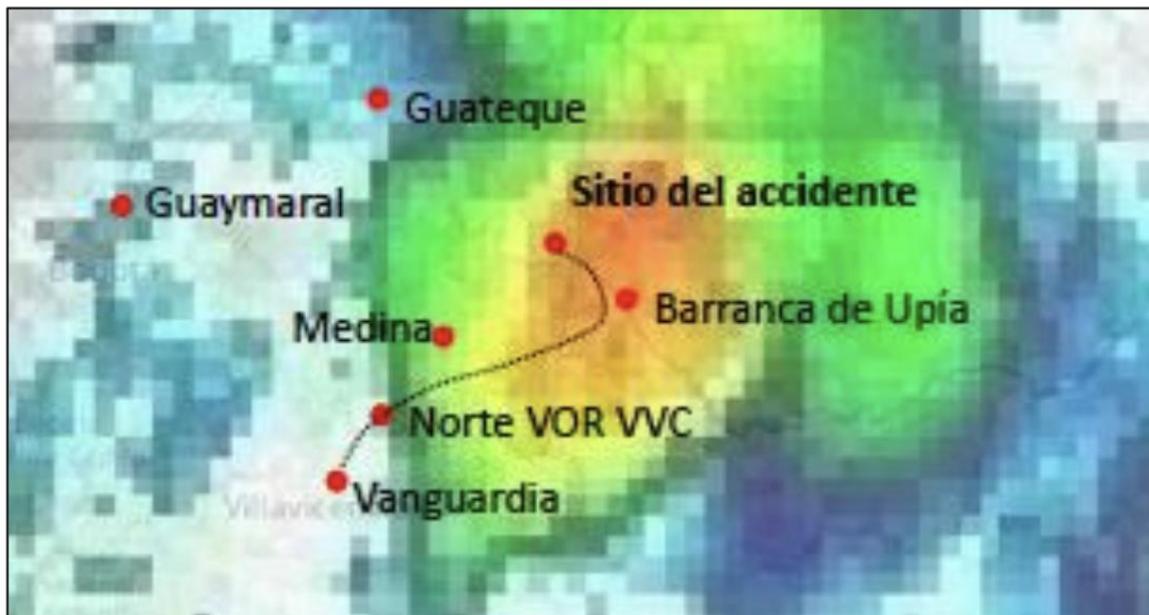


Imagen No. 9: Condiciones meteorológicas generales del área del vuelo y sitio del accidente - Imagen satelital en canal IR, 19 de julio de 2023, 13:10 UTC. (Fuente: sigma.cptec.inpe.br)

1.8 Ayudas para la Navegación

No aplicable. El vuelo se desarrollaba bajo reglas de vuelo visuales (VFR). La aeronave voló principalmente apoyada en el VOR DME VVC, frecuencia 116,7Mhz.

1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo

El Piloto al mando mantenía comunicaciones con la dependencia de Villavicencio Aproximación en frecuencia 119.30 MHz aplicable dentro del espacio aéreo clase D en la que volaba. Las comunicaciones se desarrollaron normalmente siguiendo la normatividad de radiofonía aeronáutica. No hubo problemas de recepción ni de transmisión de las comunicaciones.

La investigación efectuó custodia de los registros de audio de las comunicaciones efectuadas entre el ATC y el Piloto de la aeronave HK5138G. La revisión de las comunicaciones no reveló reportes de algún problema o malfuncionamiento de la aeronave por parte del Piloto HK5138G.

Después de desaparecer la traza Radar en la pantalla del ATC se efectuaron varios llamados por la frecuencia sin tener respuesta.

Dentro de las comunicaciones efectuadas, el Piloto solicitó al ATC que se le autorizara un desvío para ganar altura y continuar en condiciones VFR hacia el sector de Guateque. Otros Pilotos que volaban la zona el día del accidente comunicaron en la frecuencia ATC al Piloto de la aeronave HK5138G, que prevalecía mal tiempo en la zona, con precipitación.

En el Anexo No. 1 de este Informe se proporciona la transcripción de las principales comunicaciones efectuadas entre el ATC, otras aeronaves precedentes y el Piloto del HK5138G en los momentos previos al el accidente.

1.9.1 Plan de vuelo

La investigación determinó que el Piloto accidentado no correspondía al mismo Piloto que había presentado el Plan de Vuelo ante la oficina de Gestión Información Aeronáutica (AIM). Este último contaba con chequeo y habilitación para volar el equipo Cessna 210 de acuerdo a lo comprobado en la investigación.

El Plan de Vuelo fue enviado por correo electrónico con hora propuesta de despegue a las 07:20 HL. El documento fue procesado a las 05:41 HL del día 19 de julio de 2023. Para las 06:17HL, el Plan de Vuelo fue aceptado por la oficina AIM de Villavicencio.

La aeronave despegó posteriormente a las a las 07:42 HL.

Después del accidente, el Piloto que presentó el Plan de Vuelo informó a la investigación que, después de presentar el Plan de Vuelo, fue notificado que se cancelaría el vuelo, y por esta razón, se retiró del aeródromo sin efectuar notificación alguna al AIM.

Personal del AIM manifestó a la investigación que, al presentarse un Plan de Vuelo por correo electrónico, no se tiene forma de verificar si la persona que presenta el Plan de Vuelo es quien realmente efectuará el vuelo.

Aun cuando se identificaron discrepancias en la presentación y ejecución del vuelo por otro Piloto, la gestión del Plan de Vuelo no tuvo relación causal con las causas del accidente.

1.10 Información del Aeródromo

El suceso no ocurrió en un aeródromo o en área cercana. Para el aeródromo de destino de la aeronave, Guaymaral (SKGY), se había emitido el NOTAM C2372/23 vigente desde el 19 de julio de 2023 a las 15:00 UTC (10:00 HL) hasta el 20 de julio de 2023 a las 18:00 UTC (13:00 HL).

El NOTAM informaba que, en lapso establecido, las operaciones de dicho aeródromo se limitarían a atender únicamente a vuelos de aeronaves de Estado, hospital, evacuación aeroméfica, SAR, entre otros, para lo cual se requería efectuar coordinación con el Comando de la Fuerza Aérea Colombiana.

La investigación comprobó que para la hora en la que se desarrollaría el vuelo, la aeronave se encontraba dentro de la ventana de operación permitida para ingresar a SKGY.

1.11 Registradores de Vuelo

La aeronave HK5138G no contaba con registradores de vuelo. Según la reglamentación aeronáutica vigente, no se exigía llevarlos a bordo.

El Piloto portaba un GPS Garmin Aera 795, S/N: 2CZ001619 el cual fue recuperado en los restos de la aeronave. La investigación solicitó a la Transportation Safety Board de Canadá, su apoyo técnico para intentar recuperar la información contenida en este dispositivo. No obstante, solo se encontraron registros hasta septiembre de 2020.



Fotografía No. 1: Condiciones del GPS a bordo HK5138G

1.12 Videos de radar

Fueron obtenidas 24 etiquetas Radar del vuelo de la aeronave HK5138G, con las cuales se efectuó una georreferenciación y la obtención de información relacionada con hora, altitud, y velocidad (TAS) del vuelo.

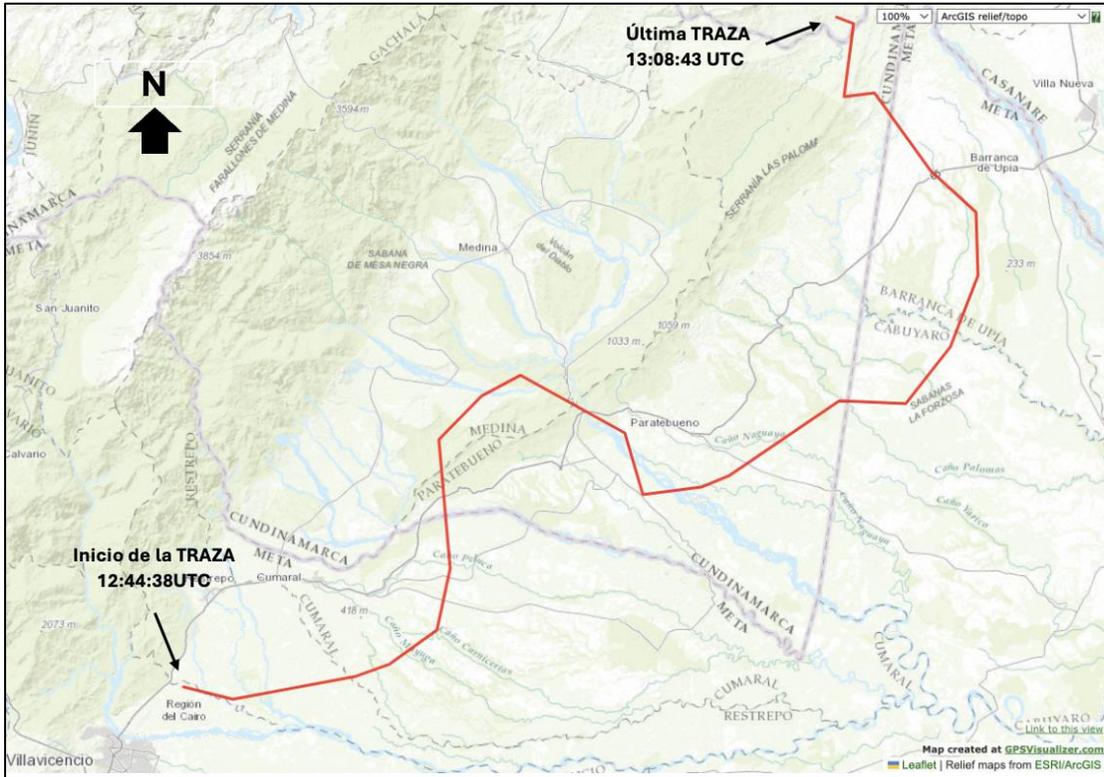


Imagen No. 10 - Trayectoria de etiquetas RADAR evidenciadas en el vuelo de aeronave HK5138G el 19 de julio de 2023.

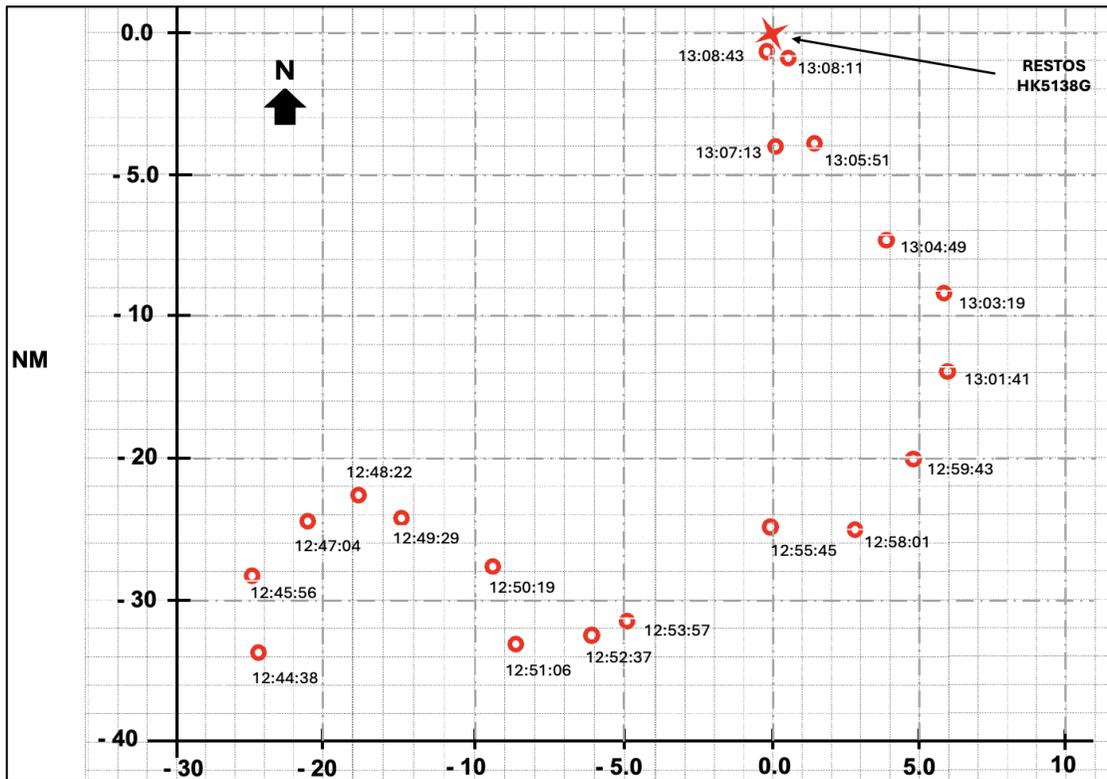


Imagen No. 11 – Etiquetas, hora y posición aeronave HK5138G hasta el punto del accidente.

Los registros Radar mostraron los siguientes datos de altitud hasta la última traza.

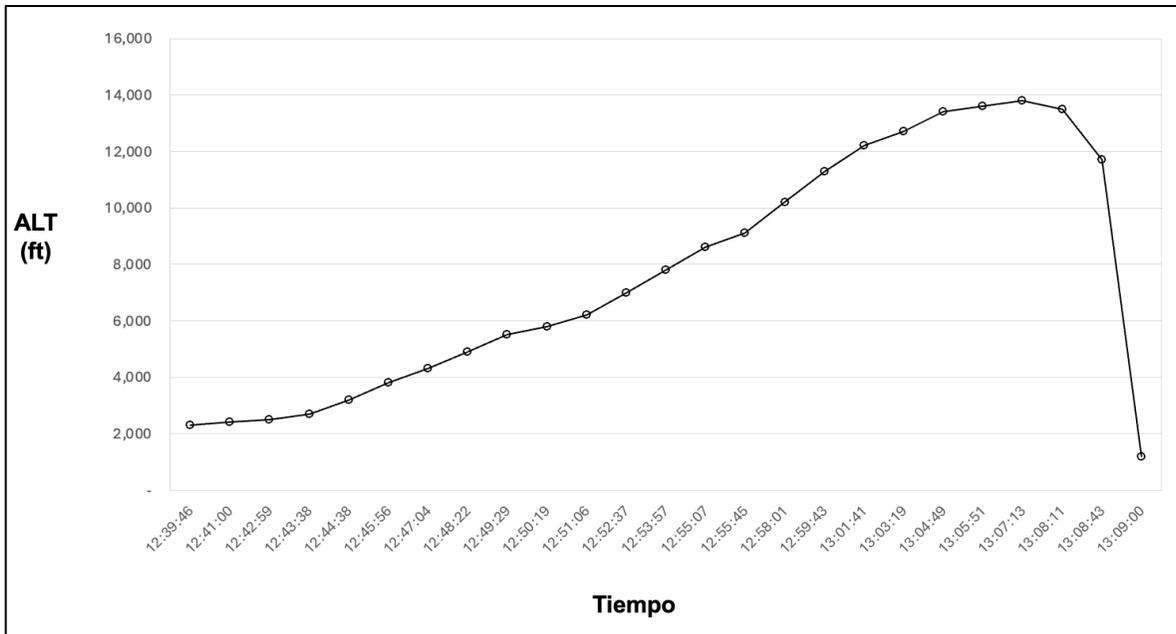


Imagen No. 12 – Altitud registrada en etiquetas RADAR aeronave HK5138G

La investigación efectuó el cálculo de velocidades calibradas (CAS) de la aeronave, con base en lo observado en los registros de velocidad Radar.

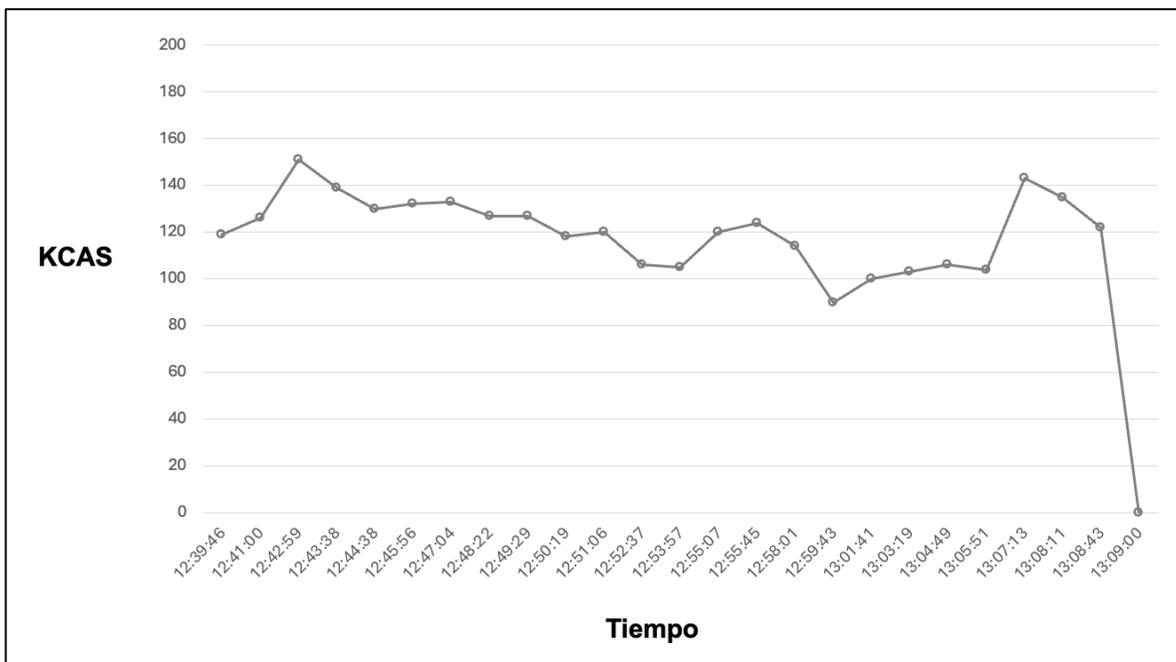


Imagen No. 13 – Velocidad Calibrada (CAS) registrada en etiquetas RADAR aeronave HK5138G

De la misma forma, se efectuó una georreferenciación de las etiquetas RADAR evidenciando las características de trayectoria aproximada de caída de la aeronave al terreno.

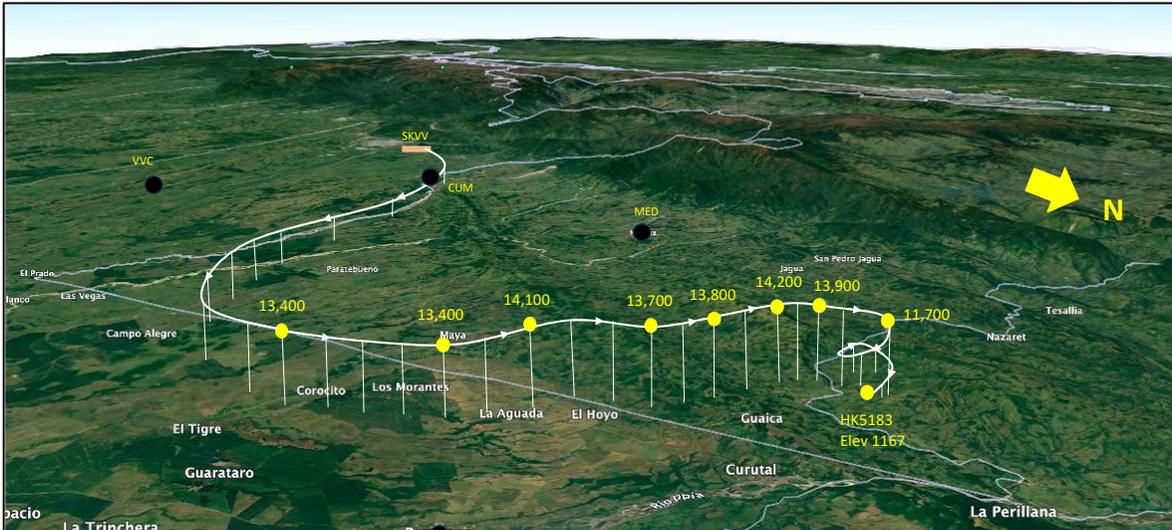


Imagen No. 14 – Georreferenciación según etiquetas RADAR aeronave HK5138G

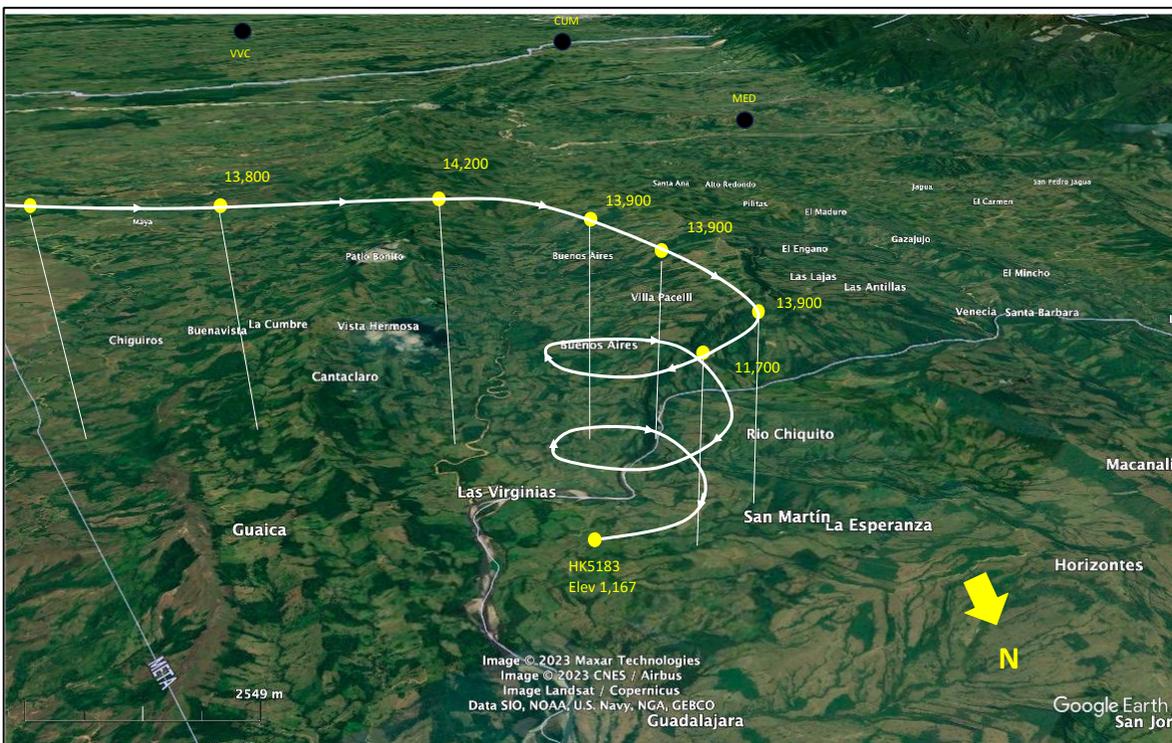


Imagen No. 15 – Georreferenciación aproximada según etiquetas RADAR durante la caída aeronave HK5138G

1.13 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

El sitio del accidente correspondía a un terreno de superficie irregular, ubicado en una zona rural de la finca la Esmeralda, vereda Caño Tigre, del municipio de San Luis de Gaceno, Boyacá.

Es un área de relativamente fácil acceso, ubicada a 14,1 km al Eco del casco urbano de San Luis de Gaceno, en coordenadas N 04°40'37.60" W 073°06'41.00", con una elevación de 1.050 ft AGL (350 m).

En la inspección de campo se hizo evidente que las partes desprendidas de la aeronave estaban ubicadas en un patrón circular, centradas en el sitio en donde impactó finalmente la aeronave. La dispersión de los restos según la teoría de investigación, sugiere que evidentemente existió una condición de ruptura estructural de la aeronave en vuelo.

En esta escena principal se encontraron: el fuselaje, la planta motriz, el estabilizador derecho y el estabilizador vertical.

El plano izquierdo quedó ubicado a 150 metros del fuselaje; la estructura se encontró completa con parte del techo de la cabina adherida a él.

El plano derecho fue encontrado a 300 metros del fuselaje; solo se encontraron $\frac{3}{4}$ partes de este componente. La punta del plano derecho se halló a 362 metros del fuselaje, completa.

El elevador y el estabilizador horizontal izquierdo fueron encontrados a 800 metros del fuselaje; estas superficies estaban separadas; sin embargo, este hallazgo puede no ser exacto, teniendo en cuenta que las partes fueron removidas del perímetro del accidente por un morador de la zona que las guardó en su casa, cercana al sitio del accidente.

El elevador y estabilizador horizontal izquierdo quedaron ubicados a 520 metros del fuselaje, separadas.

El fuselaje terminó volcado hacia el lado izquierdo. El motor se encontró íntegro con todos sus componentes; sin embargo, al retirar el cobertor se encontraron los magnetos desprendidos de los soportes; no se identificaron escapes de aceite o de combustibles. Se identificaron los controles de cabina del motor; no obstante, no se pudo determinar la posición de la palanca de potencia, porque fue afectada por el impacto y por el fuego posterior.

En otras secciones de los restos se encontró:

- Separación de superficies de la aeronave en vuelo, antes del impacto final.
- Alto ángulo de impacto.
- Evidencia de producción de potencia de la planta motriz en el impacto.
- Incendio en tierra en la sección de cabina de pasajeros.
- Flaps en posición 0°.

Cuatro (4) ocupantes incluido el Piloto fueron encontrados en la sección de cabina de pasajeros. Dos (2) ocupantes fueron encontrados a 135 m y 310 m de la sección de cabina. La investigación determinó en la inspección de los restos que, probablemente, como efecto

de la dinámica de desintegración de la aeronave, los dos (2) ocupantes resultaron expulsados de la aeronave cuando esta caía hacia el terreno.



Fotografía No. 2: Estado final del fuselaje, HK5138G

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

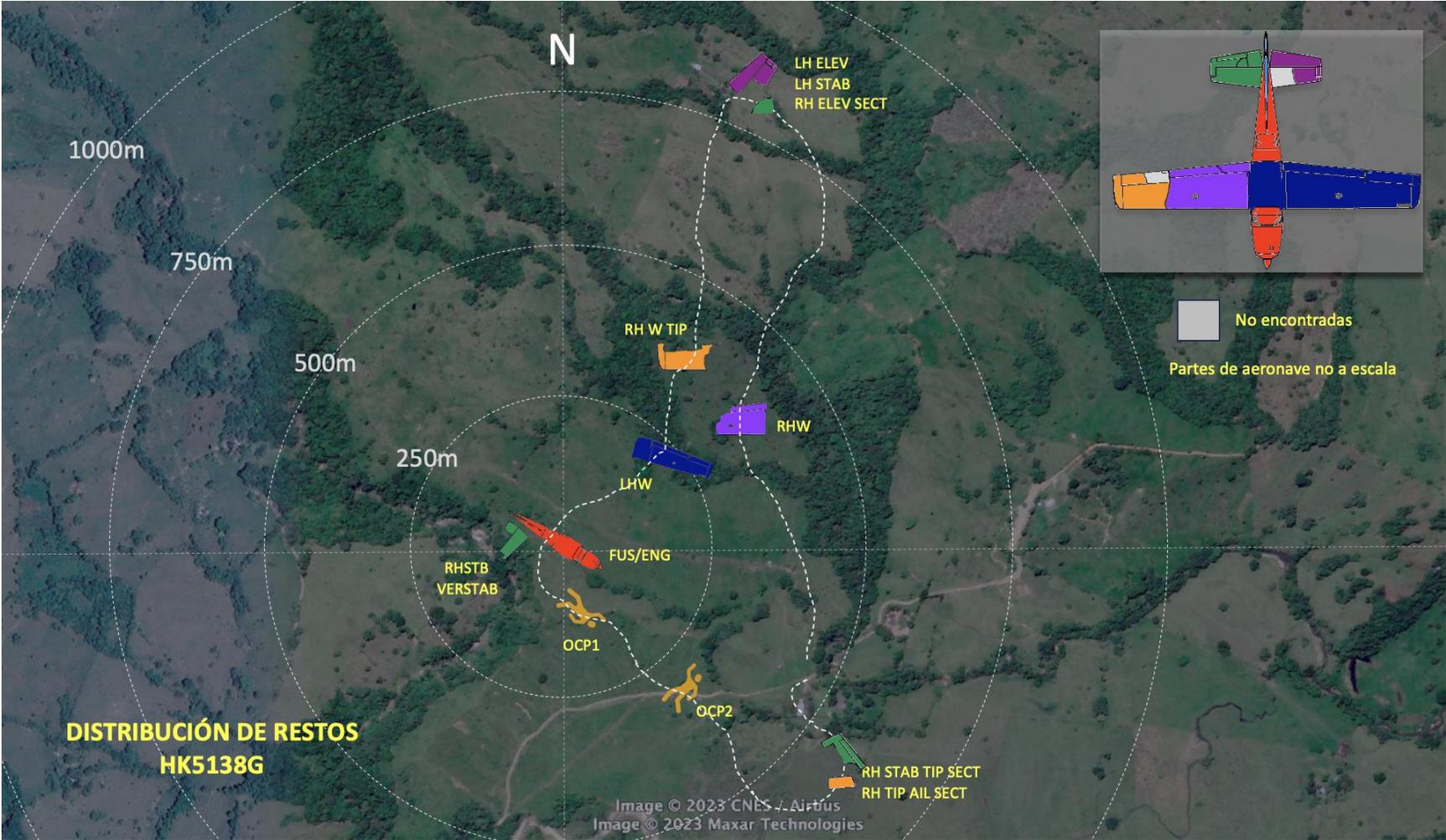


Imagen No. 16 – Ubicación de los restos de la aeronave HK5138G.

1.14 Información médica y patológica

El Piloto contaba con certificado médico vigente al momento del accidente. No registraba limitaciones en este último certificado; sin embargo, en los previos certificados médicos se incluía una limitación que disponía el uso de lentes correctores.

La documentación del Piloto, proporcionada por la Autoridad Aeronáutica, reveló que este contaba con todos los certificados médicos exigidos para el ejercicio de sus funciones.

Los seis (6) ocupantes presentaron politraumatismos múltiples severos producidos por la desaceleración en el impacto contra el terreno.

1.15 Incendio

Las evidencias de la inspección de campo efectuada por la DIACC revelaron muestras de hollín en los restos de la aeronave que confirmaron la presencia de fuego en la aeronave.

No se evidenció en los restos carga especial transportada por los ocupantes. Mayoritariamente la carga correspondía a maletas personales que no generaron fuente combustible. Estos objetos no resultaron afectados por el fuego.

1.15.1 Cantidad y tipo de combustible a bordo

De acuerdo con el POH, la aeronave requiere combustible AVGAS 100LL o 100/130 el cual mantiene puntos de ignición o iniciación de vapores a temperaturas muy bajas, siendo muy volátil si existe calor. Para su ignición propia (temperatura de ignición), el combustible maneja temperaturas por encima de los 440°C.

Adicionalmente, la aeronave estaba abastecida con de aceite de aviación y líquido hidráulico, para la operación de sus sistemas, fluidos que tienen una volatilidad menor, pero que con el incremento de la temperatura pueden contribuir a la inflamación e incendio.

La propia cojinería y revestimientos internos también fueron identificables como fuentes de combustible en la sinergia que originó el incendio.

1.15.2 Extinción del incendio

Según información provista en la fase inicial de la investigación, el incendio se extinguió naturalmente, por limitación de combustible y la lluvia que caía en el momento del accidente.

El sitio del accidente dificultaba el ingreso de máquinas de bomberos que estaban ubicadas aproximadamente a 50 min, en San Luis de Gaceno, Boyacá, población más cercana.

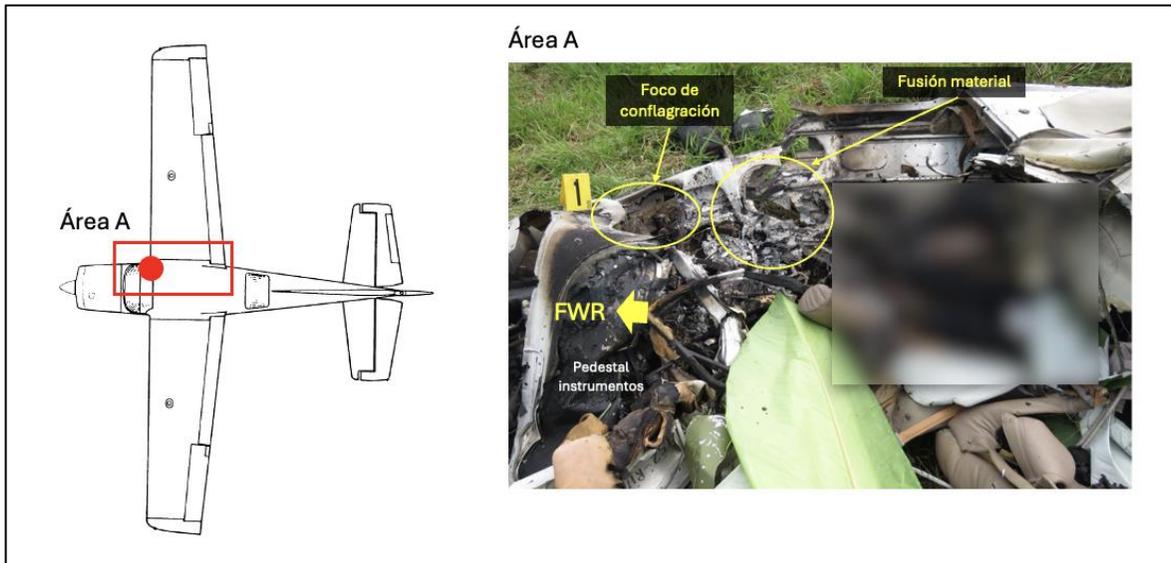
1.15.3 Fuente y tipo de incendio

De acuerdo con la inspección efectuada a los restos y la condición final de la aeronave, el foco más probable del incendio se identificó en la sección frontal derecha, en la pared de fuego y en el pedestal de instrumentos. Pues fue en este punto en donde se identificaron muestras claras de hollín y patrones de elevada temperatura con fusión de material.

Es probable ante estas evidencias que el fuego fueran el resultado de interacción entre el goteo de combustible proveniente de las líneas afectadas por el rompimiento estructural, y la fuente de calor provista por la sección caliente del motor, sus exhostos y el cárter de potencia.

Al iniciarse la deflagración, se produjo la diseminación del fuego por la sección de cabina en donde se intensificó por adición de material combustible de resinas e interiores. El incendio no se diseminó en otras secciones de la aeronave.

Según apreciaciones aplicables a la teoría del fuego, se calcula que la temperatura máxima del incendio alcanzó un valor aproximado entre los 1,300°C – 1,500°C; este cálculo se hizo con la correlación de las evidencias típicas de fusión de las aleaciones de aluminio encontradas en la sección frontal.



Fotografía No. 3: Identificación del foco de inicio del fuego y características de fusión en las aleaciones de aluminio en los restos de la aeronave

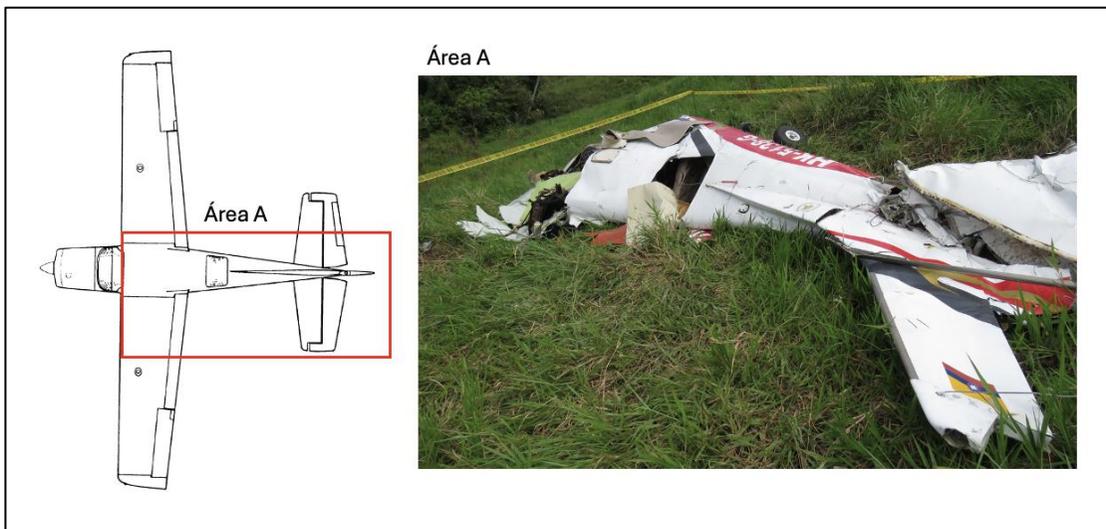
Para determinar el tipo de incendio, se analizó la dirección de decoloración por hollín en la estructura de la aeronave.

La revisión exhaustiva de los restos de la aeronave y sus partes fracturadas no evidenciaron muestras de hollín en sus bordes de ataque, ni en sotavento de los remaches, descartándose así que el incendio se hubiera producido en vuelo.

Las muestras de hollín identificadas en los restos de la cabina revelaron patrones de llama y afectación del material estructural en dirección vertical dando indicios de un incendio producido en tierra.

La inspección de los restos no encontró patrones de floración (patrón pétalo), o dispersión de restos por acción explosiva.

La afectación por fuego cubría al 20% de la estructura de la aeronave.



Fotografía No. 4: Apariencia final de estructura en empenaje sin evidencias de hollín



Fotografía No. 5: Evidencias de hollín y afectación por llama en dirección vertical

1.16 Aspectos de supervivencia

El accidente no permitió la supervivencia de los ocupantes. La desintegración estructural produjo deformaciones importantes en el habitáculo de cabina de pasajeros, y con la desaceleración producida tras la caída libre, se produjo el aplastamiento en la estructura que impidió la supervivencia de los ocupantes.

Bomberos de los municipios de Gachetá y de Medina lograron ubicar los restos posteriormente, y entonces confirmaron el deceso de todos los ocupantes.

La investigación encontró que dos (2) ocupantes ubicados en las posiciones 2 y 4 fueron encontrados por fuera de los restos principales, a 135 m y 310 m respectivamente. Los demás ocupantes (4) fueron encontrados en los restos principales del accidente.

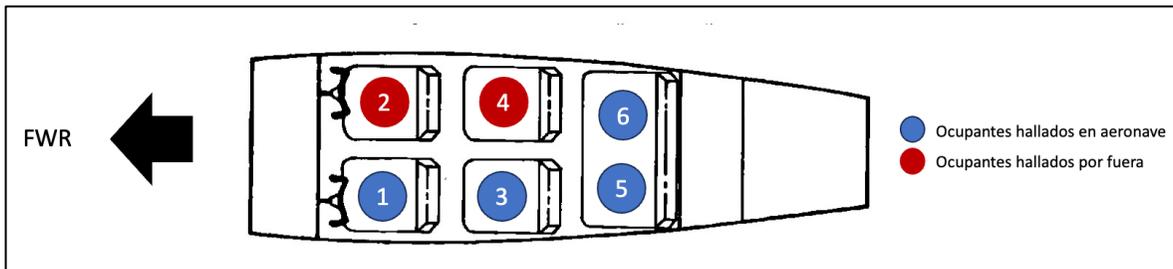


Imagen No. 17 – Ubicación e identificación de ocupantes por fuera de los restos

La investigación efectuó un análisis CREEP⁵ con el fin de comprender los aspectos más importantes en la supervivencia dada la rotura estructural en vuelo (ver numeral 2.3).

1.17 Ensayos e investigaciones

1.17.1 Inspección de la planta motriz

Con el fin de determinar el estado y la operatividad de la planta motriz, la DIACC efectuó una inspección a este componente, en un taller aeronáutico autorizado por la Autoridad Aeronáutica. Dicha inspección se llevó a cabo el día 09 de agosto del 2023.

Dentro de los hallazgos de la inspección se encontró lo siguiente:

- El cigüeñal no presentaba giro.
- Los magnetos S/N: K220615FR, S/N: K229514FR presentaron ruptura en el *adapter*.
- En el sistema de admisión, la Y, con P/N: 646687 se encontró fuera de servicio por ruptura.
- El cárter de aceite se encontró fuera de servicio por deformaciones.
- El soporte del alternador se encontró fuera de servicio por ruptura.
- El soporte motor se encontró fuera de servicio por ruptura.

⁵ Container, Restraint, Energy Absorption, Environmental Factors and Post-crash Factors.

- El cárter de potencia, el cigüeñal, el eje de levas y los cilindros no presentaban daños internos, ni indicaciones de operatividad anormal.
- El motor evidenció condiciones de operatividad al momento del accidente y no mostraba vestigios de malfuncionamiento en sus partes dinámicas u accesorios.
- Todas las roturas y deformaciones se ocasionaron como consecuencia del impacto del motor contra el terreno.

1.17.2 Reconstrucción de los restos de la aeronave

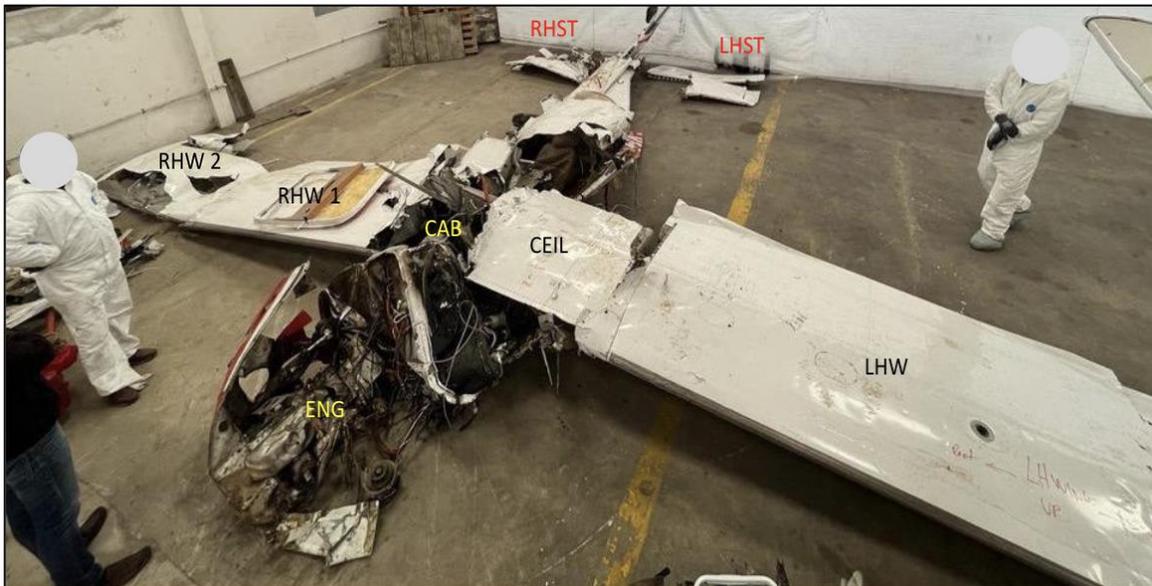
La investigación determinó la conveniencia de efectuar la reconstrucción bidimensional de los restos de la aeronave HK5138, como método complementario para identificar la secuencia y la dinámica de desprendimiento de los componentes de la aeronave en vuelo.

Las actividades de reconstrucción se cumplieron en el Aeropuerto de Guaymaral, el 24 de julio de 2023 y posteriormente se efectuaron varias visitas para efectuar identificación de partes y análisis adicionales.

Todas las secciones estructurales de la aeronave fueron identificadas en la reconstrucción de los restos. Las características de falla de las vigas y largueros de la aeronave en su anidamiento estructural evidenciaron características típicas relacionadas con fracturas por sobrecarga.

Un examen detallado de las superficies de fractura no reveló condiciones preexistentes de corrosión.

Las actividades de reconstrucción permitieron identificar la zona de mayor concentración de esfuerzos durante la secuencia de la desintegración y efectuar una aproximación hacia la dinámica de rotura estructural en el vuelo.



Fotografía No. 6: Reconstrucción de resto aeronave HK-5138G.

1.18 Información Orgánica y de Dirección

La aeronave estaba certificada ante la Autoridad Aeronáutica como aeronave de Aviación General de operación privada. La aeronave contaba con las autorizaciones técnicas y operativas para el desarrollo de vuelos privados en el país.

De acuerdo con los registros de vuelo, existía una operación activa y constante de vuelo en la aeronave HK5138G, que era operada por varios pilotos.

La aeronave contaba con un contrato de mantenimiento vigente el día del accidente.

Registros de la Autoridad Aeronáutica confirmaron un total de cuarenta (40) operaciones de la aeronave.

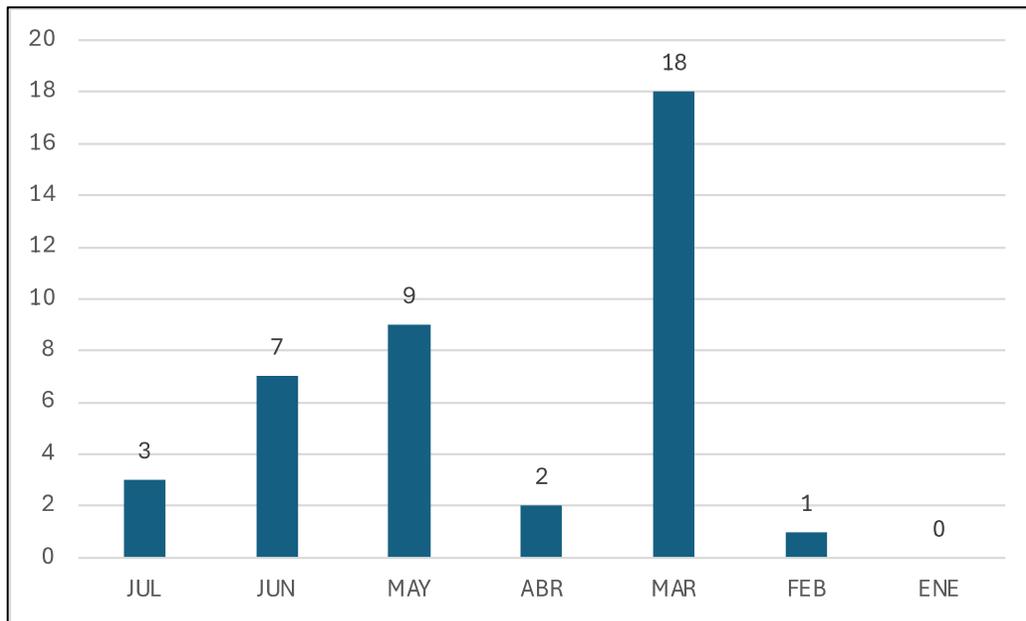


Imagen No. 18 – Número de operaciones aeronave HK5138G año 2023

1.19 Información adicional

1.19.1 Requisitos para el vuelo bajo reglas de vuelo visual

Las condiciones meteorológicas visuales, VMC son las condiciones mínimas en las que se permite un vuelo VFR. Estas condiciones garantizan que los pilotos tengan suficiente visibilidad para controlar la aeronave y mantener la separación visual del terreno y otras aeronaves.

Las reglas de vuelo visual exigen que los pilotos que operen por debajo de los 10.000 pies tengan una visibilidad de vuelo horizontal mínima de 5.000 m.

Los pilotos también deben mantener una separación horizontal de 1.500 m y vertical de 1.000 pies con respecto a las nubes cuando se encuentren por encima de los 3.000 pies AMSL o 1.000 pies AGL, lo que sea mayor, en un espacio aéreo no controlado. Cuando operen a una altitud de 3.000 pies AMSL o 1.000 pies AGL o por debajo de esta, el Piloto debe permanecer alejado de las nubes y debe tener a la vista la superficie del suelo o del agua.

1.19.2 Otras ocurrencias estudiadas

1.19.2.1 Accidente avión Cessna T210N N5431C, 2007

El 8 de diciembre de 2007 ocurrió el accidente de la aeronave Cessna T210N matrícula N5431C, en la ciudad de Bloomfield, KY – Estados Unidos. La investigación de la NTSB (MIA08FA027) encontró que la causa probable de este accidente fue:

“El piloto excedió los límites de estrés de diseño del avión, lo que provocó la rotura en pleno vuelo. La pérdida de control del piloto en pleno vuelo debido a la desorientación espacial contribuyó al accidente”.

1.19.2.2 Accidente avión Cessna 210N, VH-TFT

El 24 de diciembre de 2022 se presentó accidente de aeronave Cessna 210N matrícula VH-TFT en la ciudad de Bulman, NT – Australia.

Al llegar a la región de Bulman, la aeronave entró en un área de fuerte actividad convectiva debido a una tormenta eléctrica que se desarrollaba rápidamente, lo que expuso al piloto a una combinación de turbulencia severa y visibilidad reducida.

La investigación de la ATSB (AO-2022-067) encontró que las causas probables de este accidente fueron:

“Es probable que una combinación de turbulencia encontrada debido a la tormenta eléctrica, velocidad aerodinámica y entradas de control provocaran la carga estructural excesiva y la separación en vuelo del ala derecha del fuselaje antes de que la aeronave chocara con el terreno.

No se pudo determinar con certeza por qué el piloto voló tan cerca de la tormenta; sin embargo, es posible que estuviera en el proceso de desviarse o regresar cuando se produjo la ruptura y/o la gravedad de la tormenta no era evidente”.

1.20 Técnicas útiles o eficaces de investigación

Ninguna.

ESPACIO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

2. ANÁLISIS

2.1 Factores Operacionales

2.1.1 Piloto al mando

El Piloto al mando era poseedor de las licencias de Piloto Privado de Avión y Piloto Comercial de Avión; de acuerdo a sus registros en la Autoridad Aeronáutica acumulaba experiencia de vuelo en diferentes tipos de aeronaves mono motores y bimotores.

Sin embargo, tal como pudo evidenciarse dentro del proceso investigativo no contaba con chequeo vigente en el equipo al momento del accidente, puesto que el último chequeo que había presentado no cumplió con los requisitos exigidos por el Grupo de Licencias Aeronáuticas de la Autoridad Aeronáutica para que fuera válido.

A pesar de esto, los registros analizados evidenciaron que el Piloto contaba con experiencia de vuelo en el equipo C210, en el cual acumulaba un total de 452:13 h de vuelo, que en gran parte fueron voladas por él en la misma aeronave accidentada.

Este hallazgo permite confirmar que el Piloto al mando conocía la aeronave, conocía sus sistemas, y conocía la forma de operar adecuadamente la misma para la ejecución de los vuelos.

2.1.2 Planeamiento del vuelo

El tipo de vuelo de Aviación Privada como el que realizaba el HK5138G, requiere que el Piloto al mando efectúe la planeación minuciosa de la operación que se realizará, que incluye, entre otros aspectos, cumplir los procesos y diligenciar documentación de despacho, determinar la configuración de la aeronave y realizar los cálculos de Peso y Balance, diligenciar y presentar el Plan de Vuelo, obtener y analizar las condiciones meteorológicas en los aeródromos de origen, de destino, alternos y sobre la ruta, y alistamiento técnica y operacional de la aeronave.

Algo evidente dentro del proceso investigativo fue que el Piloto que presentó el Plan de Vuelo no fue el mismo que realizó el vuelo. Además, curiosamente, el Piloto que presentó el Plan de Vuelo, sí contaba con todos los chequeos vigentes para operar la aeronave.

El proceso investigativo consultó al Piloto que presentó el Plan de Vuelo quien informó que le fue comunicado que ya no se realizaría el vuelo, sin embargo, fueron desconocidas las razones por las cual el Piloto accidentado, efectivamente sí realizó el vuelo que, supuestamente se había cancelado.

Por lo tanto, no existió una defensa administrativa que permita verificar si el Piloto que presenta (o que figura en) el Plan de Vuelo es el mismo que realmente lo ejecuta. Esta verificación resulta más compleja cuando se trata de Aviación Privada.

Aunque la Autoridad Aeronáutica, en su función de vigilancia, ejerce controles de manera esporádica y aleatoria, debería establecer y fortalecer mecanismos de vigilancia y control más específicos para este tipo de Aviación General.

2.1.3 Condiciones meteorológicas

2.1.3.1 Defensas contra condiciones meteorológicas cambiantes

Una de las estrategias más efectivas de la aviación para mitigar cualquier riesgo relacionado con el mal tiempo meteorológico se enfoca en las actividades de preparación del vuelo, en las cuales la tripulación debe acudir a toda la información meteorológica disponible, y hacer un análisis exhaustivo de las condiciones y pronósticos en el aeródromo de origen, de destino, alternos, sobre la ruta, y de la ruta misma.

Para ello la aviación cuenta con diferentes fuentes de información meteorológica de fácil acceso que arrojan información meteorológica de superficie, información meteorológica satelital, e información meteorológica proporcionada por el ATC.

La Autoridad Aeronáutica debería evaluar las estrategias de vigilancia y control en la aviación privada, en lo concerniente a la preparación y ejecución de los vuelos, cursos regulares en meteorología, toma de decisiones y limitaciones propias de las aeronaves. REC. 01-202339-1

Una vez que el tripulante cuenta con toda la información meteorológica disponible, debe entonces interpretarla y efectuar un análisis de riesgo con el fin de prever cualquier condición de evolución de mal tiempo, desplazamiento de masas conectivas, o posibles fenómenos que puedan llegar a afectar el vuelo; y, cuando se trata de vuelos visuales debe discernir sobre circunstancias que puedan reducir la visibilidad.

Ahora bien, aunque el análisis de riesgo se efectúe adecuadamente, las condiciones en ruta pueden cambiar desfavorablemente, de manera que no previó o no se pudo anticipar en el planeamiento.

Si este fuese el caso, la tripulación aún cuenta con defensas. Para el efecto, en caso de vuelos VFR, la tripulación debe ceñirse al cumplimiento de las normas establecidas para este tipo de vuelos, de las cuales las más básicas consisten en, mantenerse por fuera de las nubes y de otros fenómenos meteorológicos, mantener contacto visual con el terreno y visibilidad horizontal, y cuidar la separación con el terreno.

2.1.3.2 Consecuencias de un ingreso no planeado en condiciones IMC

Entre las consecuencias de ingresar inadvertidamente, intencionalmente o de manera no planeada en condiciones IMC cuando un vuelo se realiza bajo reglas VFR, se cuentan, por ejemplo⁶:

- La pérdida de referencias visuales que puede a su vez causar desorientación espacial y vértigo en la tripulación. Este efecto puede desencadenar en la pérdida de control de la aeronave.

⁶ Estas consecuencias pueden variar dependiendo de varias circunstancias, como, por ejemplo, el equipo e instrumentación de la aeronave, el entrenamiento y experiencia del piloto en vuelo por instrumentos y las características y severidad de las condiciones meteorológicas.

- La pérdida de referencias visuales puede llevar también a colisionar con el terreno; dependiendo del tipo de formación nubosa a la que se ingrese la aeronave se puede ver afectada por turbulencia, fuertes y cambiantes corrientes de aire (que a vez inducen aceleraciones), y formación de hielo, condiciones todas que pueden tener graves consecuencias en la seguridad del vuelo.
- Los cambios en las aceleraciones verticales producen diferentes cargas estructurales en la aeronave que varían de acuerdo con factores tales como el peso y la velocidad de la aeronave, y la evolución convectiva de la masa de aire en función de sus corrientes ascendentes y descendentes.

2.1.3.3 Condiciones atmosféricas en la ruta del vuelo

El sistema atmosférico de baja presión predominante en el área del accidente, alcanzaba una altitud aproximada de 32.000 pies, y una extensión aproximada de 120 kilómetros en el plano horizontal, que correspondía geográficamente al área limítrofe entre los departamentos de Casanare y Boyacá.

Esto quiere decir que las tormentas no estaban presentes en el momento del accidente, pero sus afectaciones si estaban presentes en el área adyacente, en donde justamente se desarrollaba el vuelo de la aeronave HK5138G.

Por lo tanto, las condiciones desfavorables eran visibles para el Piloto quien debió encontrar vientos fuertes, precipitaciones y nubes en todas las direcciones que afectaron afectar su visibilidad horizontal y vertical haciendo que ingresara muy probablemente en condiciones no deseables IMC.

2.1.3.4 Actuaciones del Piloto frente a las condiciones meteorológicas

En el evento ocurrido a la aeronave HK5138G, las condiciones meteorológicas VMC reportadas de los aeródromos de origen y de destino, y las capacidades de la aeronave, determinaron que el vuelo se iniciara bajo reglas de vuelo visual, VFR. Entre otras características, en esta clase de vuelo el Piloto es responsable de que el vuelo se mantenga en esas condiciones, de cuidar su separación con el terreno y evitar zonas en las cuales se pueda perder visibilidad. No obstante, en la ruta que debía seguir la aeronave HK5138G, las condiciones no eran favorables.

De hecho, según se comprobó en el registro de las comunicaciones sostenidas entre la aeronave y el control de tránsito aéreo, el Piloto fue consciente en todo momento de las condiciones meteorológicas adversas que se presentaban en la ruta propuesta en el Plan de Vuelo, por corredor Gachetá - Guateque, condiciones adversas que, además, fueron dadas a conocer por otros pilotos que habían sobrevolado poco antes la misma ruta.

En efecto, ante estas condiciones (reportadas y visibles para el Piloto del HK5138G) y que afectaban la visibilidad en el área de Gachetá, el Piloto solicitó desviarse y voló a la derecha de la ruta, bien al Eco de Medina, hacia el área de Barrancominas.

Evidentemente, su intención era bordear la zona de mal tiempo, ganar más altura y proceder luego a retomar la ruta por la población de Guateque. Esto fue lo que hizo y, desde el área de Barranca de Upía con una altitud de 13.000 ft, cambió su rumbo hacia el NNE (Norma-Norma-Wiski). Luego se inicia una serie de cambios en el rumbo de la aeronave,

los cuales la investigación interpreta como probables intentos del Piloto de mantener condiciones visuales, cuando se encontraba en medio de la tormenta.

2.1.4 Secuencia de la desintegración de la aeronave

Es así como del análisis efectuado con base en las evidencias atmosféricas recopiladas y de la trayectoria de vuelo de la aeronave observada en el radar, se deduce que posiblemente el Piloto perdió las condiciones visuales; al no estar la aeronave equipada para volar en condiciones de instrumentos, ni el Piloto proeficiente en dicha técnica, muy probablemente ocurrió una secuencia de varias situaciones:

- En primer lugar, al no tener referencias visuales (por estar entre nubes), el Piloto pudo experimentar desorientación espacial y/o vértigo, y perder el control de la aeronave.
- Al mismo tiempo, la aeronave debió ser afectada por fuertes aceleraciones verticales, por estar en medio de una tormenta, haciendo también que se perdiera el control de la misma.
- Estas dos consecuencias se explican por la súbita pérdida de 1.800 pies de altitud de la aeronave observada las 08:0815 h, seguida de su desaparición en el radar.
- Las situaciones referidas se agravaron, probablemente, y fueron imposible de recuperar por parte del Piloto, por las precarias condiciones de vuelo de la aeronave, a saber:
 - Su condición de avión monomotor, de combustión interna (motor recíproco), de potencia limitada.
 - La alta altitud (cercana a 14.000 ft ASL), que limitaba más aún la potencia disponible del único motor y que afectaba además el rendimiento y aerodinámico del avión.
 - El relativamente alto peso de la aeronave (aunque dentro de límites).
 - La afectación aerodinámica adicional resultante de las fuertes y cambiantes corrientes de viento presentes al interior de la tormenta.
- La aeronave probablemente cayó sin control desde 13.500 pies, en una posición anormal, con una velocidad que superaba la velocidad máxima de maniobra.
- El Piloto probablemente, trató de contrarrestar la crítica situación, agravándola, generando nuevas cargas a la estructura, que sobrepasaron los límites de resistencia, originando la desintegración paulatina de la aeronave.

2.1.5 Otros factores operacionales

Quizá sobre el Piloto se creó una presión auto impuesta, ante el compromiso de transportar a los viajeros, personas importantes que se trasladaban a Bogotá a un evento significativo. También pudo influir en sus decisiones, el hecho de que el aeródromo de destino, Guaymaral, se cerraría para la operación a las 10:00 HL, según el NOTAM vigente; aunque el vuelo llegaría con tiempo suficiente antes del cierre, si el vuelo se regresaba a Villavicencio, tardaría varias horas hasta que pudiera salir nuevamente.

Estas circunstancias quizá afectaron el proceso de toma de decisiones del Piloto, para que optara por continuar el vuelo y tratar de llegar a Guaymaral, pese a las anunciadas, evidentes y peligrosas condiciones meteorológicas presentes en la ruta; el Piloto era totalmente consciente de ellas, muy probablemente desde antes de iniciar el vuelo, y tenía la experiencia y conocimientos suficientes para discernir acerca de la situación.

Aparentemente, el Piloto tampoco evaluó de manera general ni metódicamente, otras circunstancias tales como las limitaciones propias de la aeronave (monomotor), el relativo alto peso de la aeronave (aunque en límites, con seis adultos a bordo) y la altura de la cordillera (Oriental) que debía cruzar.

2.2 Factores de material

2.2.1 Límites estructurales de una aeronave

Las cuatro (4) fuerzas que actúan sobre una aeronave en vuelo son la sustentación, el peso, el empuje y la resistencia. La relación entre la fuerza de sustentación y el peso de la aeronave es el *factor de carga*.

Los factores de carga se definen en términos de gravedades “g”, que es una medida de las fuerzas que actúan sobre la estructura de la aeronave para producir las aceleraciones involucradas en el cambio de velocidad y dirección en vuelo.

En vuelo recto y nivelado, la fuerza de sustentación y el peso de la aeronave están equilibrados, por lo que el factor de carga es 1 g.

Toda aeronave tiene limitaciones estructurales, que se basan en el peso de la aeronave y en el factor de carga, que pueden verse afectados por uno o más de los siguientes factores:

- Movimientos o alabeos que se realicen por encima de la V_A que pueden ocurrir durante una maniobra, como resultado de una desorientación o durante la recuperación de una actitud inusual.
- Cizalladura del viento, turbulencia o ráfagas. La turbulencia severa se define como variaciones en la aceleración vertical mayores a 1 g.

Los límites de factores de carga publicados se establecen con un 150% por encima del límite real, como un factor de seguridad, y en todos los casos la estructura cumple o supera las cargas de diseño.

Una aeronave debe operar dentro de su envolvente de vuelo para evitar daños estructurales o pérdida de sustentación aerodinámica. Exceder el límite de carga de vuelo por debajo de V_A da como resultado una pérdida de sustentación, mientras que exceder el límite de carga de vuelo a una velocidad superior a V_A puede producir daños estructurales.

En el caso del avión Cessna 210, por ejemplo, el factor de carga con los *flaps* retraídos corresponde a +2.0g.

Otra limitación relacionada es la velocidad de maniobra (V_A), consistente en la velocidad aerodinámica máxima a la que se puede aplicar un control total de vuelo sin exceder el factor de carga de diseño. El límite de velocidad máxima de maniobra disminuye con el peso de la aeronave.

2.2.2 Excedencia de límites estructurales del HK5138G

Es así como, considerando el peso de despegue del avión HK5138G, y su consumo de combustible (16 gal/h, 26 min de vuelo), la investigación calculó que la velocidad máxima de maniobra en el momento en que ocurrió su desintegración en vuelo era de aproximadamente 125 nudos KIAS.

Sin embargo, de otra parte y con base en los registros radar, se estimó que la aeronave alcanzó aproximadamente 143 nudos KCAS, antes de su desintegración, es decir, que tenía aproximadamente 18 nudos por encima de la velocidad máxima de maniobra.

Teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas descritas, y las evidencias proporcionadas por las etiquetas radar, la investigación deduce que la condición más probable que se presentó en el vuelo de la aeronave fue una rotura estructural de sus superficies cuando mantenía una altitud superior a 13,000 pies, cisura ocasionada posiblemente por fuerzas ascendentes y descendentes del sistema convectivo, y / o por aplicación del Piloto a los controles de vuelo cuando trataba de recuperar una posición anormal y / o para para buscar condiciones visuales.

2.2.3 Descripción de rotura estructural típica del avión Cessna 210

De acuerdo con el concepto suministrado por el fabricante de la aeronave, la rotura estructural en vuelo más común se relaciona con la operación de la aeronave por encima de la velocidad de maniobra publicada y, en algunos casos, con la operación realizada por encima de su velocidad aerodinámica máxima, momentos en los cuales el piloto mueve agresivamente los controles, para tratar de salir de una condición anormal de vuelo.

Cuando esto ocurre, es usual que una o ambos planos se doblen hacia arriba a la altura de la raíz del plano, mientras que los estabilizadores horizontales muy posiblemente se deformen hacia arriba o hacia abajo.

A medida que la condición de sobrecarga continúa más allá del límite de carga máxima de la aeronave, la parte exterior de un plano se separará hacia arriba y hacia atrás, o los estabilizadores horizontales se separarán hacia abajo y hacia atrás.

En algunos casos, cuando la parte exterior del plano se separa primero, el plano pasará por encima de la parte superior de la aeronave e impactará el empenaje, lo que provocará que este se separe total o parcialmente.

2.3 Secuencia de rotura estructural de la aeronave HK5138G

Con el fin de determinar una posible secuencia de la rotura estructural de la aeronave, la investigación efectuó un análisis detallado de su estructura durante la reconstrucción. Esta secuencia se dividió en cuatro partes teniendo en cuenta la teoría relacionada con las roturas estructurales y sus características.

De manera general, se determinó que la aeronave sufrió los primeros signos de rotura estructural en el estabilizador izquierdo. En efecto, esta superficie fue la que se encontró más lejos que las otras, aproximadamente a 900 m de la ubicación del fuselaje y escena central de los restos.

Seguido a ello se produjo un desbalance aerodinámico en las superficies que provocó el desprendimiento estructural del plano derecho, seguido del estabilizador horizontal

derecho, y, por último, la separación progresiva de total del plano izquierdo, en forma ascendente.

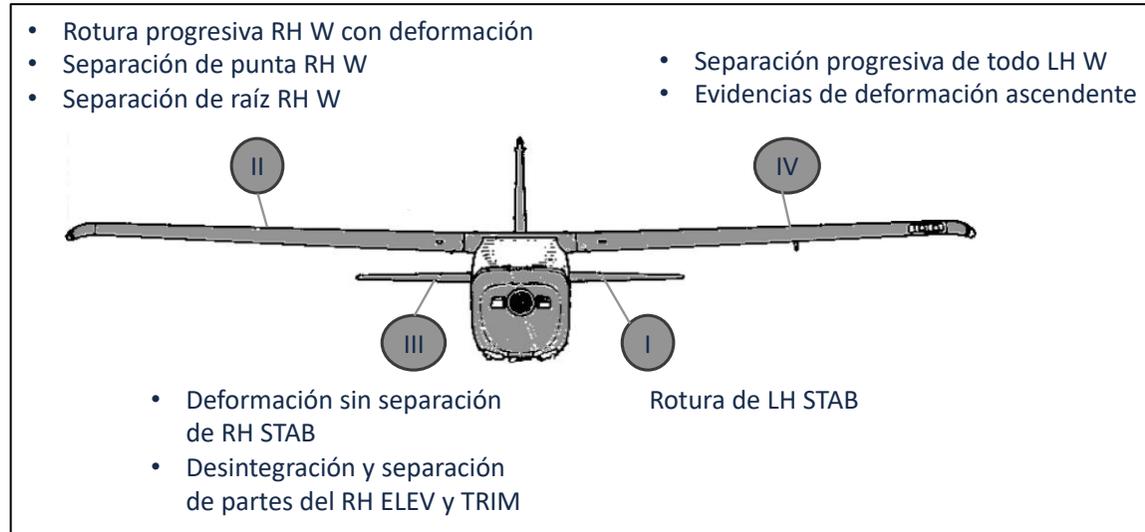


Imagen No. 17 – Secuencia de rotura estructural aeronave HK5138G

La separación del estabilizador de horizontal izquierdo mostró características de desgarro ascendente en la estructura del estabilizador vertical y del elevador.



Imagen No. 18 – Secuencia de rotura No.1 aeronave HK5138G

El desbalance aerodinámico que produjo la rotura estructural de esta superficie provocó excesivas cargas sobre los planos, en donde se encontró que el segundo momento de la rotura en vuelo se dio en el plano derecho, en donde se presentó la rotura de una sección de la punta del plano en forma ascendente, y de la misma forma, la deformación y rotura estructural de la sección del plano faltante hacia la raíz.

Estas secciones estructurales fueron encontradas aproximadamente a 400 m del punto de la ubicación final del fuselaje.

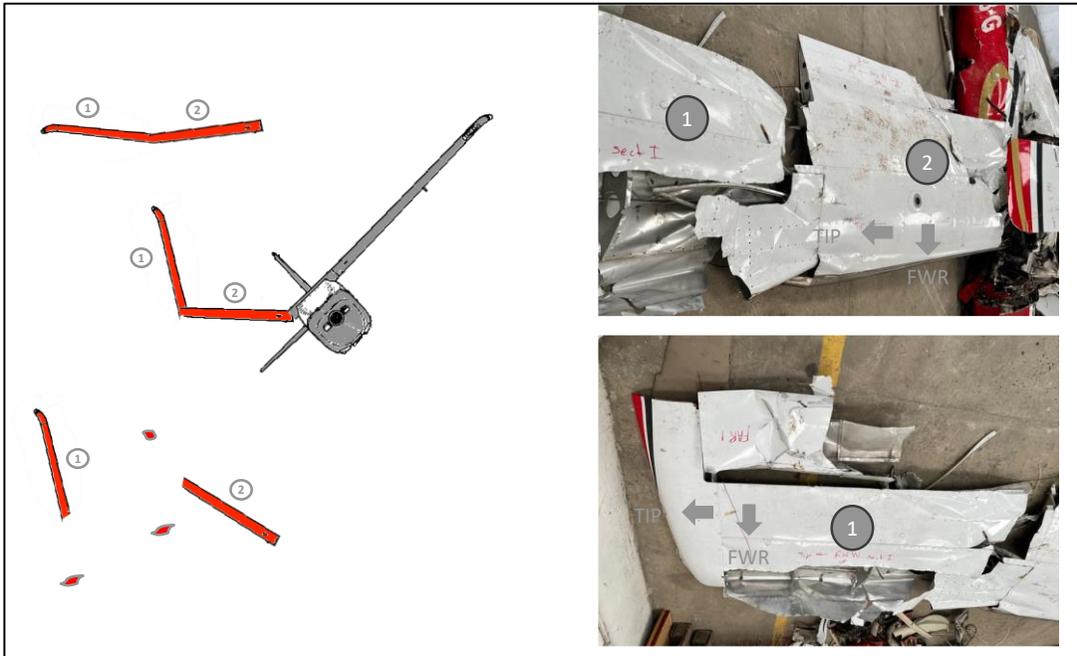


Imagen No. 19 – Secuencia de rotura No.2 aeronave HK5138G

Seguido a ello se generó el rompimiento parcial del estabilizador horizontal derecho el cual, de acuerdo con las cargas aerodinámicas y al impacto con el terreno, presentó una deformación ascendente sobre la estructura del estabilizador vertical.



Imagen No. 20 – Secuencia de rotura No.3 aeronave HK5138G

Por último, se registró el rompimiento estructural del plano izquierdo, que presentó una separación completa incluida la sección estructural superior frontal de la aeronave. El componente fue encontrado aproximadamente a 200 m del punto final del fuselaje. Esta separación estructural mantenía signos de falla ascendentes.

A la luz de la evidencia relacionada con el hallazgo de los dos ocupantes ubicados por fuera de la aeronave, y quienes ocupaban las posiciones dos y cuatro, resulta muy probable que durante la rotura estructural del plano izquierdo, se haya perdido el sistema de sujeción de estos dos ocupantes provocando su expulsión de la aeronave durante su caída.



Imagen No. 21 – Secuencia de rotura No.4 aeronave HK5138G

Posteriormente, la sección estructural del fuselaje de la aeronave se precipitó hacia el terreno, afectado por el peso del motor, de la hélice y de los ocupantes.

La dinámica probable de colisión presentada se basó principalmente en la ubicación final de las partes de la aeronave en el área del accidente.

2.4 Factores que afectaron la supervivencia - Modelo CREEP

Para el estudio de los factores que afectaron y no permitieron en este caso la supervivencia de los ocupantes al accidente, se aplicó el modelo CREEP (*Container, Restraint, Energy Absorption, Environmental Factors, Post-crash Factors*), consistente en un enfoque utilizado en Medicina Aeroespacial y en Ingeniería de Seguridad Aérea para analizar los factores que afectan la supervivencia en un accidente aéreo.

Container (Contenedor): Este aspecto del modelo se refiere a la integridad estructural de la aeronave y cómo afecta la supervivencia de los ocupantes. Esto incluye la resistencia de la cabina, la distribución de carga, y la protección contra impactos.

En este caso específico, se presentó una desintegración parcial de la aeronave durante el vuelo, que, se llevó consigo una parte del fuselaje superior, afectando la integridad del contenedor. Evidentemente esta separación abrupta afectó el sistema de sujeción de dos ocupantes que fueron expulsados de la aeronave cuando esta aún caía sin control

Seguidamente hubo un efecto adicional de daño estructural provocado por el impacto del fuselaje contra el terreno. Las fuerzas de compresión y cizallamiento generadas durante el impacto excedieron la capacidad de la estructura del fuselaje. La deformidad significativa del fuselaje en el momento del impacto resalta que, a pesar de su función de contención, el diseño y la resistencia del fuselaje no lograron mitigar adecuadamente las fuerzas extremas involucradas en el evento.

Restraint (Sistemas de Restricción): Analiza la efectividad de los cinturones de seguridad, arneses y otros dispositivos de sujeción para minimizar las lesiones durante un accidente.

En el análisis del reciente accidente aéreo que resultó en la desintegración de la aeronave, se ha evaluado la función de los cinturones de seguridad en relación con los patrones de lesión observados en los ocupantes. Todos los pasajeros presentes en la aeronave estaban utilizando los sistemas de restricción al momento en que se produce el evento inicial. Dos de los ocupantes, ubicados en los laterales de la aeronave, posiciones No. 2 y No. 4 fueron expulsados debido a la desintegración de la estructura.

La pérdida de los puntos de apoyo de los cinturones de seguridad por la rotura del plano izquierdo, y la alteración de la posición inicial de los asientos, fueron factores que contribuyeron a esta expulsión. Los cuatro ocupantes restantes se mantuvieron dentro de la aeronave, gracias a la función primaria de los cinturones de seguridad de mantener a los ocupantes sujetos a sus asientos.

Sin embargo, las fuerzas extremas generadas por la desintegración y el golpe posterior contra el terreno comprometieron la integridad de la estructura y de los sistemas de restricción, lo que sugiere que los cinturones, aunque cumplieron su función inicial, no fueron suficientes para garantizar la supervivencia de los ocupantes.

Energy absorption (Absorción de Energía): Se refiere a la capacidad de la aeronave y sus componentes para absorber energía durante el impacto, lo que puede reducir las fuerzas que experimentan los ocupantes.

Este proceso involucra múltiples etapas, cada una caracterizada por diferentes mecanismos de absorción de energía. En este caso particular, se identificaron dos pulsos de absorción de energía: el primero, asociado a la desintegración inicial en vuelo, y el segundo, al impacto contra el terreno.

El primer pulso de absorción de energía se produjo durante la desintegración inicial de la aeronave en vuelo. Este fenómeno ocurre cuando la aeronave experimenta fallos estructurales, resultando en la separación de componentes.

La energía cinética acumulada se convierte en energía potencial cuando se generan fuerzas de torsión y compresión sobre las estructuras. La desintegración provoca un cambio súbito en la dinámica del vuelo, donde las partes de la aeronave son sometidas a diferentes fuerzas

Este pulso inicial se caracterizó por una rápida liberación de energía, lo que causó lesiones a los ocupantes debido a la desaceleración repentina y a la falta de soporte estructural.

El segundo pulso de absorción de energía ocurrió en el momento del impacto contra el terreno, un evento de alta energía que resultó en la destrucción significativa de la aeronave. En este caso, la energía cinética del vuelo se transfirió bruscamente al terreno, generando fuerzas extremas que afectaron tanto a la estructura de la aeronave como a los ocupantes.

Environmental factors (Factores Ambientales): Incluye condiciones externas como clima, terreno y ubicación del accidente, que pueden afectar tanto la ocurrencia del accidente como las condiciones de supervivencia después del impacto, así como objetos propios de la aeronave o externos que pudieran ocasionar algún daño a los ocupantes.

Las condiciones meteorológicas se detallan en el apartado correspondiente de factores meteorológicos; sin embargo, se ha determinado que estas no fueron un factor contribuyente para la supervivencia de los ocupantes.

A pesar de la presencia de ciertos fenómenos atmosféricos, el análisis sugiere que las circunstancias del accidente, incluida la desintegración de la aeronave y las fuerzas experimentadas durante el impacto, tuvieron un impacto mucho más significativo en la seguridad de los pasajeros. Por lo tanto, aunque las condiciones meteorológicas fueron ser relevantes en otros contextos del accidente, en este caso particular no influyeron en los resultados de supervivencia.

Post-crash factors (Factores Post-accidente): Examina los eventos y condiciones que ocurren después del impacto inicial, como incendios, desplazamiento del avión, rescate y atención médica de emergencia.

Los eventos ocurridos después del accidente, no tuvieron relevancia para la supervivencia de los ocupantes. El análisis de las lesiones reveló que las heridas sufridas fueron de tal gravedad que resultaron en condiciones no sobre vivibles en el momento del contacto con el terreno. Por lo tanto, cualquier consideración sobre el estado posterior al accidente carece de impacto en la posibilidad de supervivencia de los pasajeros.

Entre los eventos post accidente, se registró la presencia de fuego en la cabina. Las quemaduras observadas en los ocupantes, identificadas como post mortem, refuerzan la conclusión de que las lesiones iniciales fueron fatales antes de que pudiera haber algún efecto significativo de los factores ambientales o de rescate.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

3. CONCLUSIÓN

3.1 Conclusiones

Las conclusiones, las causas probables y los factores contribuyentes establecidas en el presente informe, fueron determinadas de acuerdo con las evidencias factuales y al análisis contenido en el proceso investigativo.

Las conclusiones, causas probables y factores contribuyentes, no se deben interpretar con el ánimo de señalar culpabilidad o responsabilidad alguna de organizaciones ni de individuos. El orden en que están expuestas las conclusiones, las causas probables y los factores contribuyentes no representan jerarquía o nivel de importancia.

La presente investigación es de carácter netamente técnico con el único fin de prevenir futuros incidentes y accidentes.

Generales

La aeronave de aviación Privada se encontraba establecida en el aeródromo Villavicencio, SKVV, y fue programada por el propietario para efectuar el traslado de personal hacia el aeródromo Guaymaral, SKGY.

El Piloto asignado presentó su plan de vuelo VFR en la ruta NVR – Medina – Guateque - Guate 1A – SKGY con hora estimada de salida 07:20 HL.

El aeródromo de destino (SKGY), tenía el NOTAM C2372/23 que restringía operaciones el 19 de julio de 2023 desde las 10:00 HL hasta el 20 de julio de 2023 a las 13:00 HL.

Existió pobre planeación y evaluación de los riesgos para la operación, probablemente por la premura por la ejecución del vuelo para llegar dentro de la ventana de operación del aeródromo de destino.

La aeronave fue abordada por 01 Piloto y 05 ocupantes más.

La aeronave despegó por la pista 05 de Vanguardia a las 07:42 HL, y procedió de acuerdo con la ruta propuesta en el plan de vuelo.

En la ruta que volaría la aeronave había un sistema convectivo de baja presión, asociado a nubes cumuliforme, que generaba condiciones adversas, por la presencia de fuertes tormentas en las proximidades.

Otras aeronaves que volaron la zona más temprano, y que se encontraban más delante de la ubicación del HK5183G, reportaron condiciones meteorológicas deterioradas en ruta, sugiriendo al Piloto el sobrevuelo y desvío de algunos puntos de la ruta.

El Piloto al mando desestimó los peligros atmosféricos en ruta los cuales fueron conocidos durante el ascenso inicial.

El Piloto solicitó al ATC efectuar el ascenso al Eco de Medina, hacia el área de Barranca de Upía, aparentemente tratando de obtener condiciones visuales y altitud suficiente para proceder a cruzar la parte más alta de la ruta.

La aeronave procedió desde el área de Barranca de Upía, hacia el NNW, para retomar la ruta propuesta hacia Guateque, con una altitud superior a 13.000 pies.

La aeronave entró en condiciones IMC, en una zona atmosférica de fuerte inestabilidad convectiva con rumbos erráticos y altitudes que oscilaban entre 13.400 y 14.200 pies.

La aeronave experimentó una combinación de cambios en las aceleraciones verticales, que sumada a una velocidad aerodinámica superior a la velocidad de maniobra y comandos inducidos por el piloto provocaron una carga estructural excesiva seguida por la rotura estructural de las superficies de la aeronave en vuelo.

Cuando la aeronave se acercaba a la población de San Luis de Gaceno se registró un descenso súbito y pronunciado de la aeronave desde 13.500 pies hasta 11.700 pies, seguido de su desaparición del contacto radar.

El Piloto no informó sobre falla alguna de la aeronave u otra condición anormal del vuelo.

El ATC, efectuó varios llamados a la aeronave sin obtener respuesta. Siguió entonces los protocolos para declarar a la aeronave en emergencia.

Los dueños de la finca La Esmeralda, cercana a San Luis de Gaceno, Boyacá, dieron aviso a la Policía Nacional sobre el accidente de la aeronave.

El Piloto y los otros cinco (5) ocupantes, sufrieron lesiones mortales; dos (2) de ellos fueron encontrados por fuera del sitio de ubicación de la aeronave, a 135 y 310 m, aproximadamente.

Los restos de la aeronave se encontraron dispersos en un radio de 1 km aproximadamente.

No se presentó incendio en vuelo. Los vestigios de hollín revelaron que el fuego se presentó en tierra.

Fueron recuperadas etiquetas del video radar, que permitieron conocer la ubicación, altitud y velocidad de la aeronave hasta el accidente.

La reconstrucción de los restos de la aeronave permitió evidenciar que la rotura estructural comenzó en el estabilizador horizontal izquierdo.

Las características de falla de las vigas y largueros de la aeronave en su anidamiento estructural evidenciaron características típicas relacionadas con fracturas por sobrecarga.

Un examen detallado de las superficies de fractura no reveló condiciones preexistentes de corrosión.

Piloto

Mediante la verificación de la bitácora y los registros de la Autoridad Aeronáutica se determinó que el Piloto había acumulado aproximadamente 452:13 h en el equipo Cessna 210.

El Piloto presentó chequeo de vuelo en el equipo Cessna 210, el 13 de julio de 2023 con sus licencias PPA y PCA; sin embargo, el trámite fue rechazado, por lo cual no se aprobó el chequeo en el equipo, debido a que aquel debía realizarse ante Inspector o Examinador aprobado por el Coordinador del Grupo de Licencias.

El Plan de Vuelo fue presentado por otro Piloto que no estuvo involucrado en el evento. Este Piloto contaba con chequeo y habilitación para volar el equipo Cessna 210 de acuerdo con lo comprobado en la investigación.

El Piloto que presentó el Plan de Vuelo informó a la investigación que después de que presentó el documento fue notificado que el vuelo no se realizaría, por lo cual se retiró del aeródromo sin efectuar notificaciones al AIM.

Aeronave

De acuerdo los cálculos de peso verificados, la aeronave operaba dentro de la envolvente operacional establecida por el fabricante para el vuelo.

El avión HK5138G tenía autorización para operación privada. Para el día del accidente contaba con su documentación al día y estaba aeronavegable.

Los registros de mantenimiento evidenciaron el cumplimiento de Directivas de Aeronavegabilidad y Boletines de Servicio aplicables a la aeronave Cessna 210.

Se efectuó inspección de motor y hélice las cuales operaban adecuadamente al momento del accidente.

Fue recuperado un dispositivo GPS de los restos de la aeronave accidentada. Se intentó la recuperación de la información contenida sin encontrar datos relativos al accidente.

La aeronave contaba con un contrato de mantenimiento vigente el día del accidente.

3.2 Causas probables

Vuelo de la aeronave en una zona atmosférica de fuerte inestabilidad convectiva debida a la evolución de una tormenta eléctrica que se desarrolló rápidamente en ruta, lo que probablemente provocó el ingreso de la aeronave en condiciones IMC, una combinación de cambios en las aceleraciones verticales en la aeronave y la pérdida de visibilidad.

Probable desorientación espacial y / o vértigo del Piloto por la pérdida de referencias visuales.

La combinación de los cambios en las aceleraciones verticales, sumada a una velocidad aerodinámica superior a la velocidad de maniobra de la aeronave y los comandos inducidos por el piloto para mantener el control, que provocaron una carga estructural excesiva seguida por la rotura estructural de las superficies en vuelo.

3.3 Factores Contribuyentes

Deficiente gestión de riesgos e incorrecto planeamiento del vuelo por parte del operador privado y de la tripulación, y equivocada decisión de continuar el vuelo ante condiciones meteorológicas adversas en ruta.

Premura para completar el vuelo ante el compromiso adquirido con los viajeros del avión privado, y la limitación de operación en el aeródromo de destino por un cierre programado.

3.4 Taxonomía OACI

WSTRW: Cizalladura o Tormenta

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

A LA SECRETARIA DE AUTORIDAD AERONÁUTICA DE AEROCIVIL DE COLOMBIA

REC. 01–202339-1

Reforzar los procesos y procedimientos de vigilancia sobre los aeroclubes y la aviación privada, enfatizando, motivando y vigilando aspectos tales como los siguientes:

- Implementar dentro de los cursos regulares de tripulaciones, los conocimientos de Meteorología, la correcta interpretación de los informes meteorológicos y de las imágenes del radar meteorológico a bordo, para facilitar el proceso de toma de decisiones para un vuelo seguro.
- Efectuar una adecuada planeación y cuidadosa ejecución de las operaciones, en la que se verifiquen las características particulares de cada vuelo frente a las limitaciones propias de la aeronave y las condiciones meteorológicas.

REC. 02–202339-1

Dar a conocer el presente Informe de Investigación la aviación colombiana, independientemente del tipo de operación, para lo tengan en cuenta en el mejoramiento de los Sistemas de Gestión de Seguridad Operacional.

ANEXO 1

Transcripción comunicaciones Villavicencio Aproximación frecuencia 119.30 MHz

07:37:06 (5 min antes del despegue HK5138G)

Otra A/C: Sigue...

Otra A/C: Ma***, ¡está mejor por Gachetà!, por Guateque hay una pepa

Otra A/C: Vale copiado muy amable

07:44:36 (2 min después del despegue)

5138G: Aproximación Villavicencio el 5138G

ATC: 5138G Villavicencio prosiga

5138G: ???...Villavo Guaymaral próximos al *november* 2300 pies
ahora

ATC: 5138G suba para 12500 vuele inicialmente a rumbo 070 para
espaciamento de tránsito

5138G: ???.... Volando a rumbo 70 y.... tránsito y.... a 12500... 5138G

07:45:59 (3 min después del despegue)

ATC: 5138G vuele directo Medina

5138G: Volando directo a Medina el 5138

07:53:32

5138G: Aproximación Villavicencio el 5138G

ATC: 5138G prosiga

5138G: Solicitamos para efectuar el ascenso al Eco de Medina

ATC: Aprobado

07:57:44

ATC: Comandante confirme como está el ingreso para volar hacia Fόμεque hacia
Guaymaral?

HK5073: Por el momento mantenemos 11,800 hay lluvia y nubosidad, no hay
turbulencia.

ATC: Enterado.

08:00:49

HK1833: Villavicencio aproximación el 1833 solicitó volar directo Gachetá

ATC: Directo Gachetá aprobado 1833

Voy a volar directo Gacheta y llamará...

HK5073: 5073 próximo Fόμεque señor y con 11500, ya dejamos techo de nubes y la lluvia.

ATC: Enterado comuniqué Bogotá 126.9

08:08:21

Otra A/C: Se va a ir por Guateque o Gachetá

HK5138G: Guateque...

08:08:36

HK5138G: Vas para Guaymaral?

Otra A/C: Si señor, por Gachetá

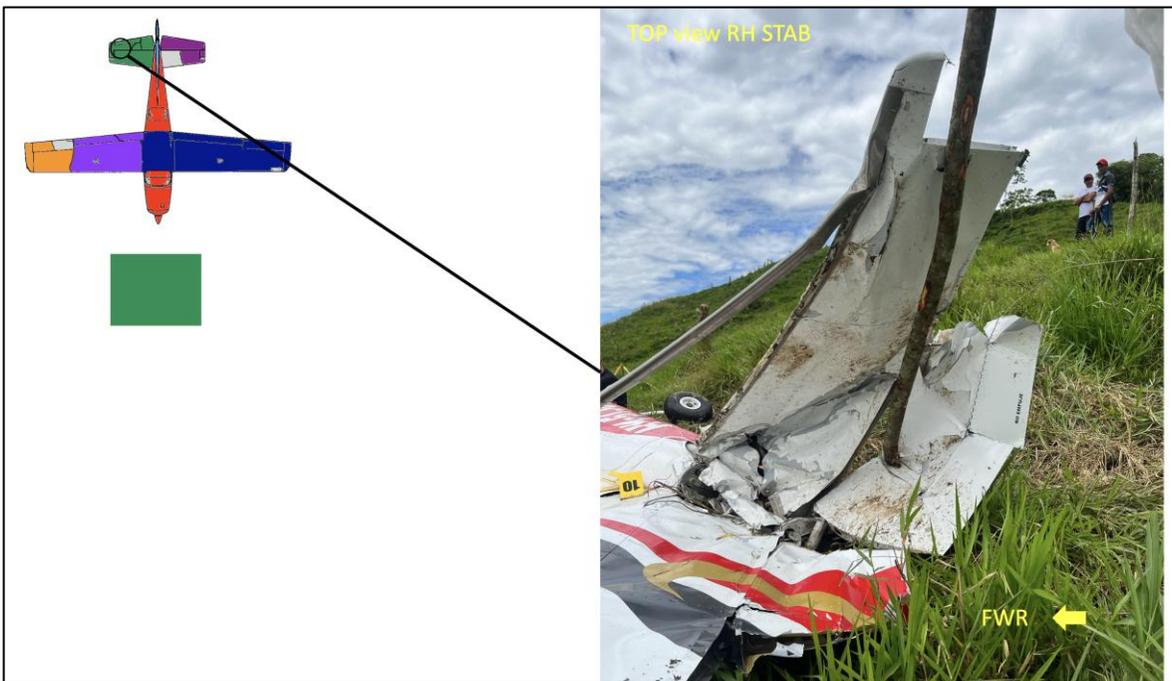
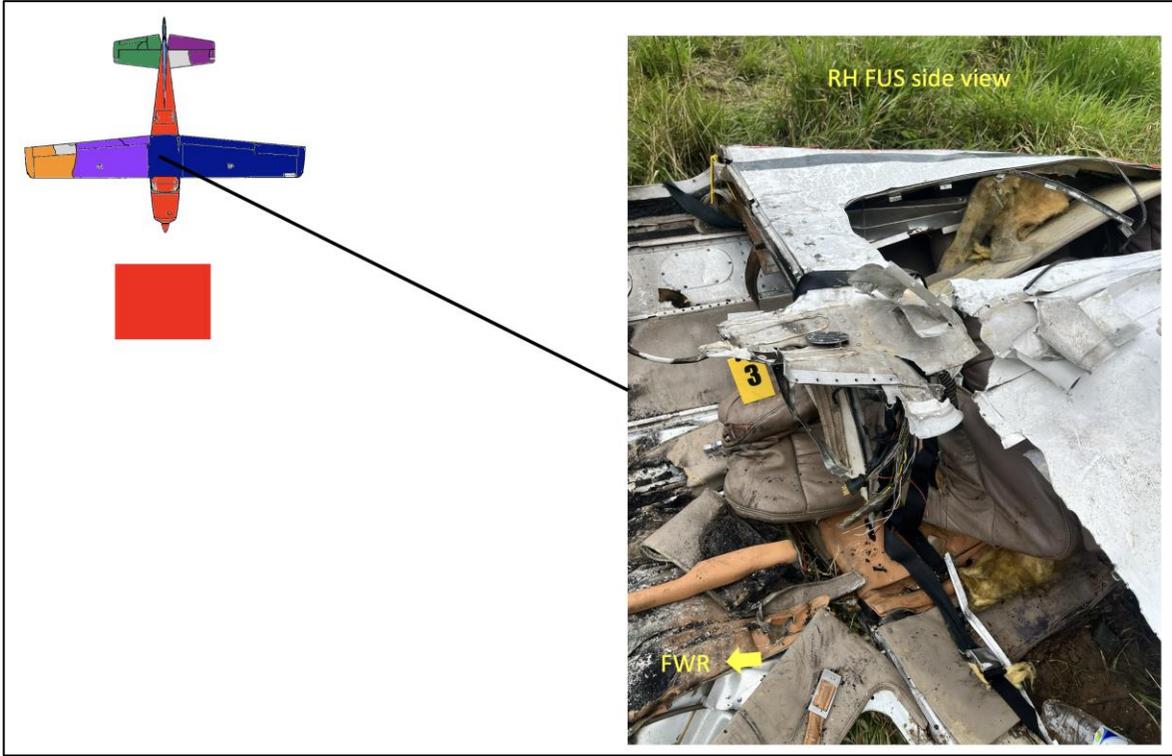
08:09:21

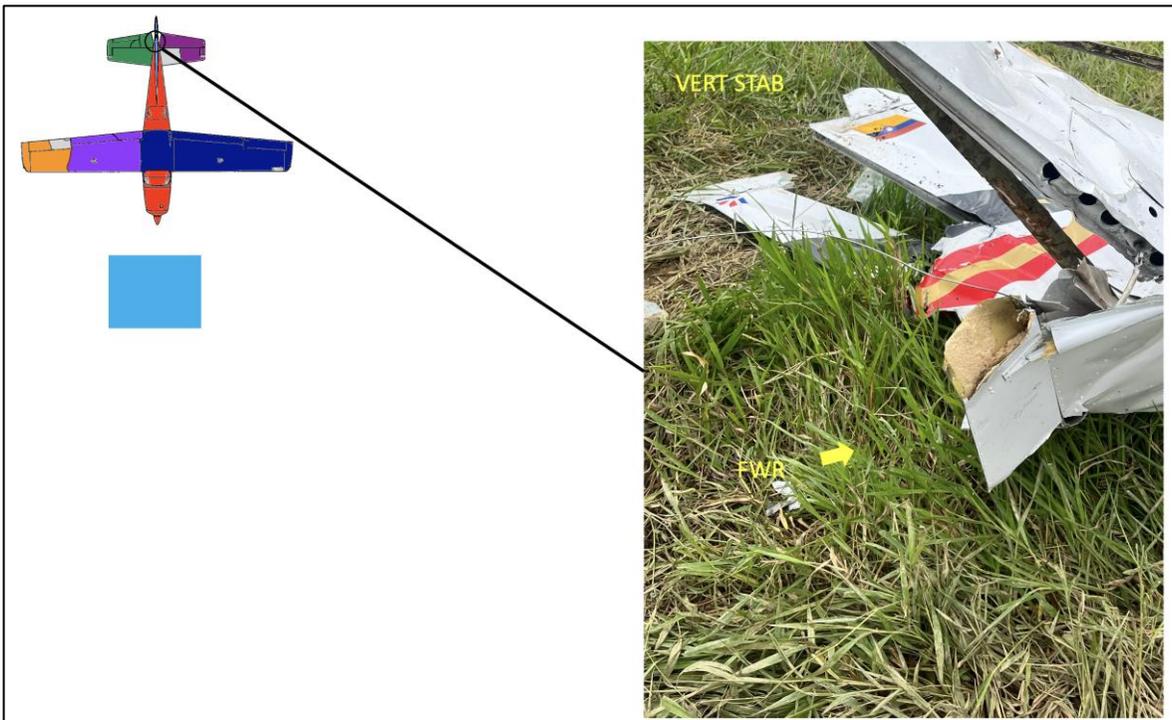
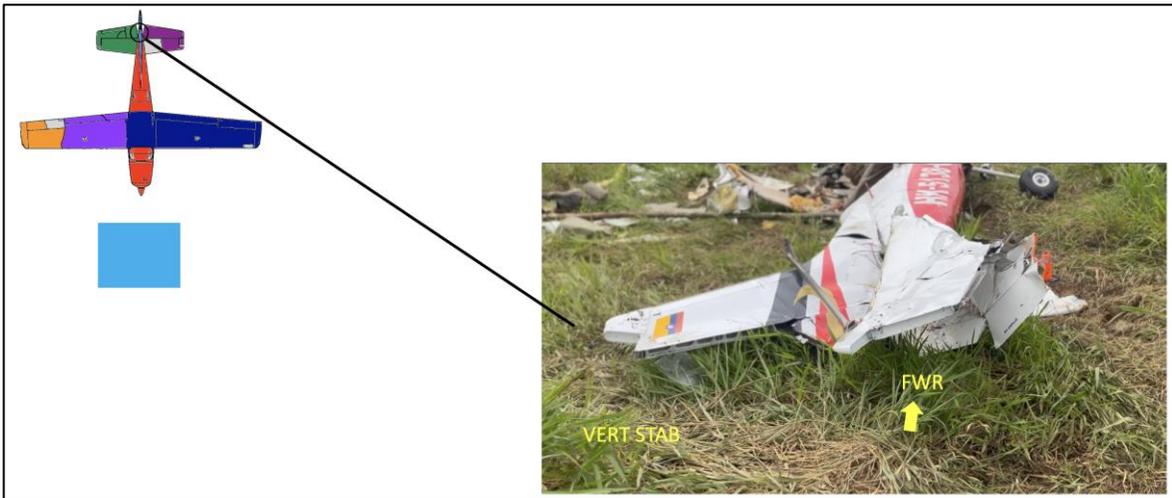
Otra A/C: Está lloviendo siempre...

ANEXO 2

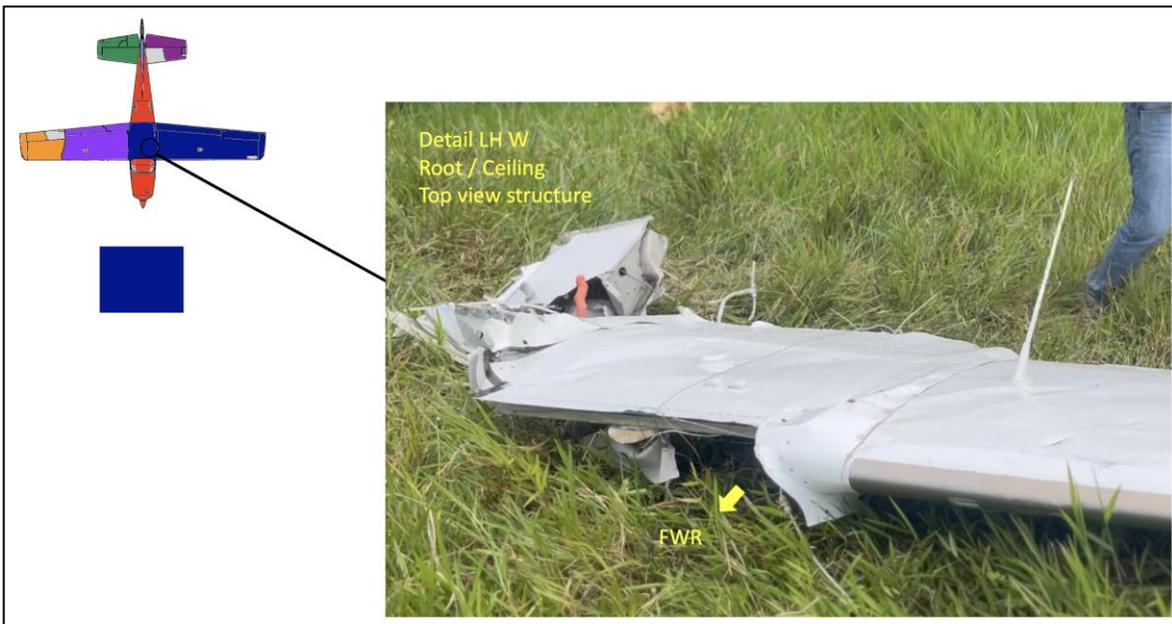
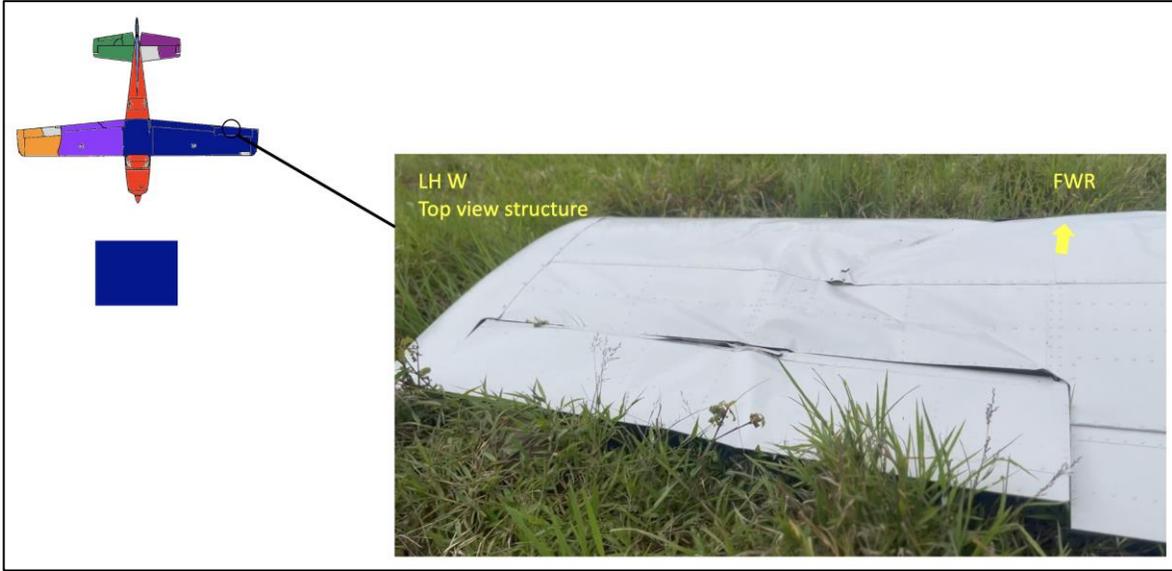
Fotografías de restos de la aeronave

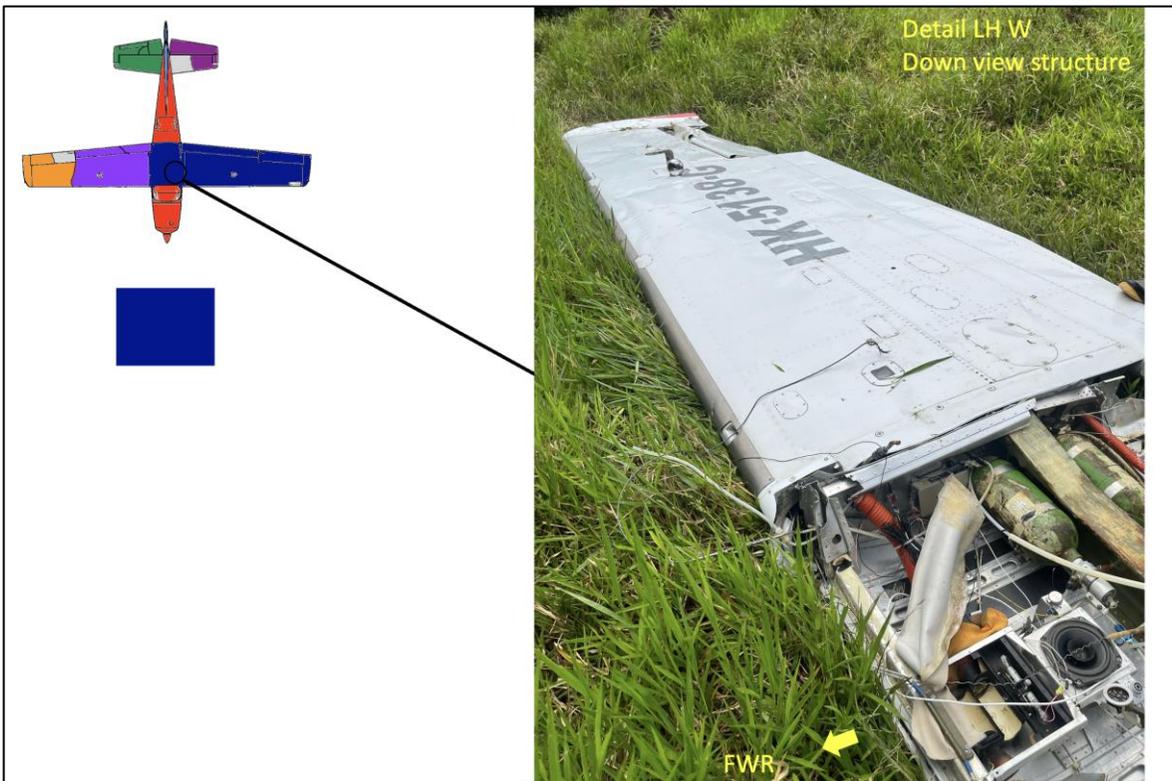
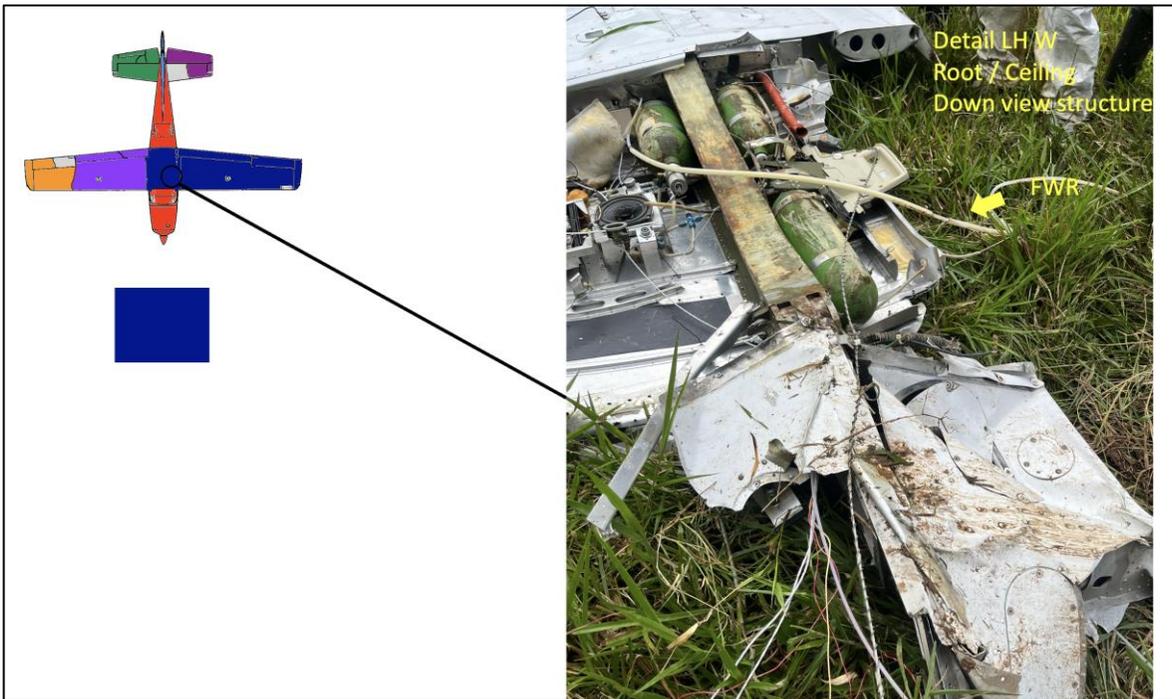


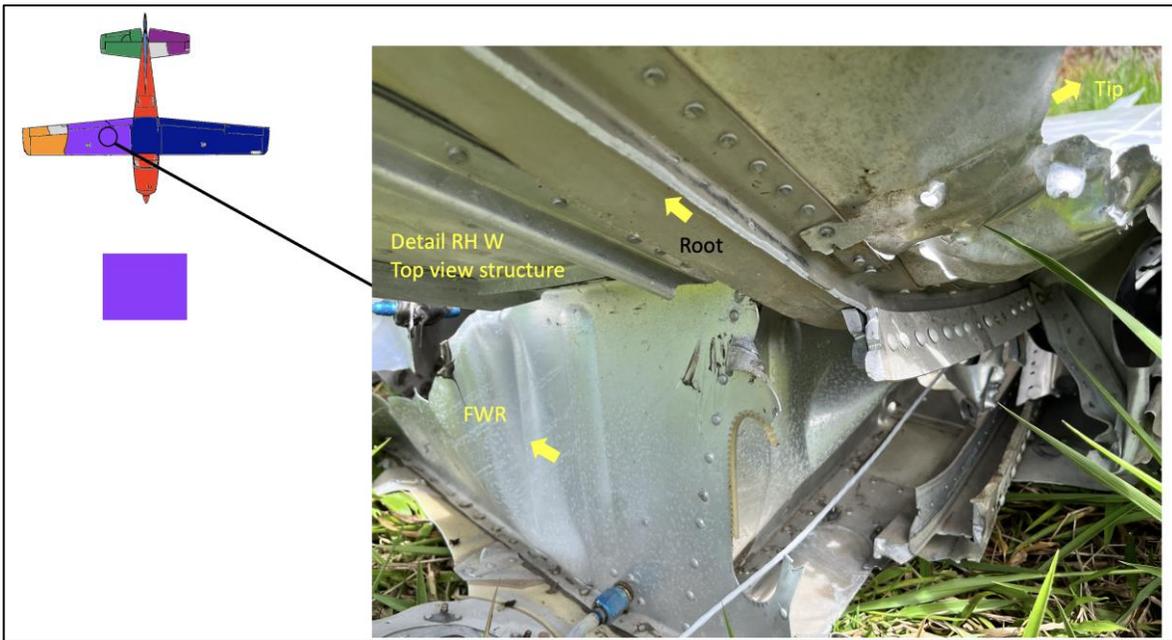
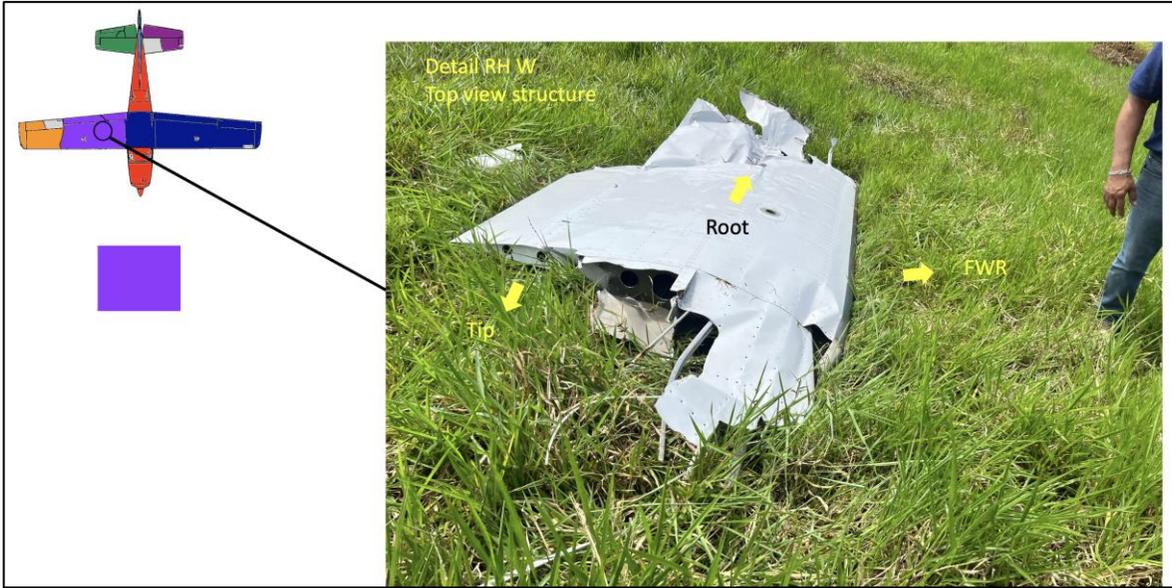
















DIRECCIÓN TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Av. Eldorado No. 103 – 15, Piso 5º.

investigacion.accide@aerocivil.gov.co

Tel. +(57) 601 2963186

Bogotá D.C. – Colombia