

# INFORME FINAL ACCIDENTE

**COL-17-49-GIA**

**Colisión contra el terreno**

**Piper 28-235, Matrícula HK1573G**

**30 de noviembre de 2017**

**Cogua, Cundinamarca – Colombia**



## ADVERTENCIA

**El presente informe es un documento que refleja los resultados de la investigación técnica adelantada por la Autoridad AIG de Colombia – Grupo de Investigación de Accidentes e Incidentes - GRIAA, en relación con las circunstancias en que se produjeron los eventos objeto de la misma, con probables causas, sus consecuencias y recomendaciones.**

**De conformidad con los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia RAC 114 y el Anexo 13 de 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”. Ni las probables causas, ni las recomendaciones de seguridad operacional tienen el propósito de generar presunción de 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 asociados a la causa establecida, puede derivar en conclusiones o interpretaciones erróneas.**

## SIGLAS

<b>AGL</b>	Sobre el nivel del suelo (Above Ground Level)
<b>ATC</b>	Control de Tránsito Aéreo
<b>CAS</b>	Velocidad Calibrada
<b>DURG</b>	Después de última reparación general
<b>GRIAA</b>	Grupo de Investigación de Accidentes – AIG Colombia
<b>HL</b>	Hora local
<b>IMC</b>	Condiciones meteorológicas de instrumentos
<b>kt</b>	Nudos (Knots)
<b>MSL</b>	Nivel medio del mar
<b>NM</b>	Millas Náuticas
<b>VMC</b>	Condiciones meteorológicas visuales
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>UTC</b>	Universal time coordinated (Tiempo coordinado universal)

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

## SINOPSIS

<b>Aeronave:</b>	Piper 28-235
<b>Fecha y hora del Accidente:</b>	30 de noviembre de 2017, 07:37 HL (12:37UTC)
<b>Lugar del Accidente:</b>	Vereda El Mortillo, municipio de Cogua - Cundinamarca
<b>Tipo de Operación:</b>	Instrucción de vuelo
<b>Propietario:</b>	AVR Ingeniería S.A.S
<b>Explotador:</b>	Escuela de Aviación de los Andes – AEROANDES S.A
<b>Personas a bordo:</b>	Dos (02): Piloto Instructor / Piloto Alumno

## Resumen

El 30 de noviembre del 2017, la aeronave PA 28-235 de matrícula HK-1573G fue programada para efectuar un vuelo de instrucción en la zona de entrenamiento SKE25 de Guaymaral, municipio de Chía (Cundinamarca).

La aeronave despegó a las 06:46, HL (11:46 UTC) desde la pista del aeródromo de Guaymaral SKGY y se dirigió a la zona designada, en donde efectuó el trabajo de instrumentos básicos de acuerdo con el programa de entrenamiento del Centro de Instrucción.

Después de 47 minutos de vuelo el Piloto Instructor solicitó al Control de Tráfico Aéreo, prioridad para aterrizar en el aeropuerto de Guaymaral, inmediatamente el ATC le preguntó a la aeronave si requería alguna asistencia, a lo cual el Instructor solicitó el apoyo de bomberos.

Durante el trayecto de regreso a Guaymaral, la aeronave perdió altura y velocidad, a tal punto que cuando la aeronave se encontraba en posición lateral al VOR de Zipaquirá, el Piloto Instructor solicitó regresar y aterrizar en la pista Las Acacias, el ATC acusó recibo y le instruyó para que reportara tan pronto fuera posible la llegada a esta pista.

La pista las Acacias (SKAI) está ubicada en la población de Nemocón Cundinamarca, en la zona de entrenamiento SKE25, y es contemplada como una pista de emergencia por las escuelas de aviación que operan desde Guaymaral.

Mientras la aeronave se acercaba a la Pista Las Acacias, ingresó en condiciones IMC, por la presencia de niebla baja, impactó con un árbol y se precipitó a tierra, sufriendo daños estructurales de gran magnitud.

El Piloto Instructor y el Piloto Alumno fallecieron de manera instantánea como consecuencia del impacto.

El Accidente ocurrió a las 07:37 HL (12:37 UTC), en condiciones meteorológicas de instrumentos IMC, por la presencia de una gran capa de niebla en la zona, condiciones restringidas para el tipo vuelo de instrucción que se realizaba.

La investigación determinó que el accidente se produjo por los siguientes factores causales:

Mal funcionamiento de la planta motriz, al no tener el suministro adecuado de combustible, que ocasionó un rango limitado de la potencia del motor (rpm).

Obstrucción del flujo de combustible al motor, como consecuencia de la acumulación de óxido que se formó en los filtros de la selectora de combustible.

Pérdida de condiciones visuales por parte de la tripulación, al ingresar en una capa de neblina baja, ante la pérdida de altura originada por la baja potencia del motor, circunstancia que produjo desorientación de la tripulación y el impacto contra un obstáculo desencadenando el accidente.

Deficiente análisis de riesgo durante la preparación del vuelo por parte de Despacho y de la Tripulación, en lo que se refiere a las condiciones meteorológicas del sector para este tipo de operación, las cuales se encontraban limitadas por presencia de nubosidad baja sobre el área.

Deficientes estándares del Centro de Instrucción relacionados con las condiciones mínimas de visibilidad vertical para la realización de vuelos en las áreas de entrenamiento, así como insuficiente seguimiento y control de los vuelos para brindar apoyo en la toma de decisiones a las tripulaciones.

Como factores contribuyentes, la investigación determinó:

Deficientes procesos de mantenimiento preventivo a la selectora de combustible, por cuanto no se le efectuó el servicio ordenado por el fabricante y no se le aplicó un programa adecuado de preservación y mantenimiento preventivo durante el tiempo que la aeronave no estuvo operando.

Condiciones meteorológicas relacionadas con la presencia de nubes bajas, en inmediaciones del área donde se efectuaba el entrenamiento.



*Fotografía No. 1: Posición final HK1573G*

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Historia del vuelo

El día 30 de noviembre de 2017, fue programada la aeronave de instrucción PA28 de matrícula HK 1573G desde el aeródromo de Guaymaral (SKGY), con el fin de realizar un vuelo de instrucción doble comando, correspondiente a la fase de Instrumentos, en la zona SKE25 de SKGY.

El Centro de Instrucción presentó el plan de vuelo a las 06:41 HL, para efectuar un vuelo local en la zona de entrenamiento SKE25, a una altitud de 10500 pies, con un estimado de 01:00hr en la zona, y considerando como alternos los aeródromos de Girardot (OACI: SKGI) e Ibagué (OACI: SKIB).

La aeronave fue abastecida con 27 galones de combustible en los tanques auxiliares, para un total de 57 galones de combustible total a bordo, de acuerdo con los recibos de combustible.

El día anterior la aeronave voló un total de 08:12 horas en entrenamiento y no se realizaron reportes de anomalías en el libro de vuelo.

De acuerdo con el formato de Peso y Balance presentado a la Oficina de Despacho a las 10:50 UTC, la aeronave salió a vuelo con un peso de 2.407 libras.

A las 06:33 HL, la aeronave inició su rodaje hacia la pista 11 y posteriormente, a las 06:46 HL, realizó el despegue. La aeronave se estableció en la zona de entrenamiento SKE25 a las 07:05. HL, con una altitud de 10.400 ft a 11.000 ft.

A las 07:33 HL solicitó abandonar el área y proceder hacia SKGY por problemas técnicos, y la tripulación solicitó prioridad para el aterrizaje, a lo cual el ATC le dio instrucciones de proceder por la pista 11.

El ATC comunicó a la tripulación si requería alguna asistencia adicional; la tripulación respondió que solicitaba bomberos, los cuales fueron activados inmediatamente.

A las 07:34 HL, la tripulación informó que iba a proceder a la pista “Las Acacias” (SKAI) y minutos después el ATC perdió contacto en el RADAR, posteriormente se efectuaron varios llamados a la aeronave, sin obtener respuesta.

Varias aeronaves que sobrevolaban el área intentaron comunicarse con la aeronave, sin resultados. Posteriormente la Policía Nacional del municipio de Zipaquirá informó que la aeronave se encontraba accidentada entre las poblaciones de Cogua y Nemocón.

La aeronave PNC0930 de la Policía Nacional, avistó la aeronave minutos después, en coordenadas N05 02 48.67 W073 56 38.48, en la Vereda El Mortillo, del municipio de Cogua, Cundinamarca. La aeronave se encontró totalmente destruida, y sus dos (02) ocupantes con lesiones mortales. Se determinó que el accidente había ocurrido a las 07:37 HL, con luz de día y en condiciones IMC. No se presentó incendio post impacto.

El Grupo de Investigación de Accidentes (GRIAA) fue alertado el mismo día del accidente por parte del grupo de Búsqueda y Salvamento (SAR) de la Autoridad Aeronáutica, inmediatamente dos (02) investigadores del GRIAA fueron dispuestos para adelantar la

inspección de campo y acudieron al sitio del suceso, arribando al lugar del accidente el mismo día a las 11:00 HL.

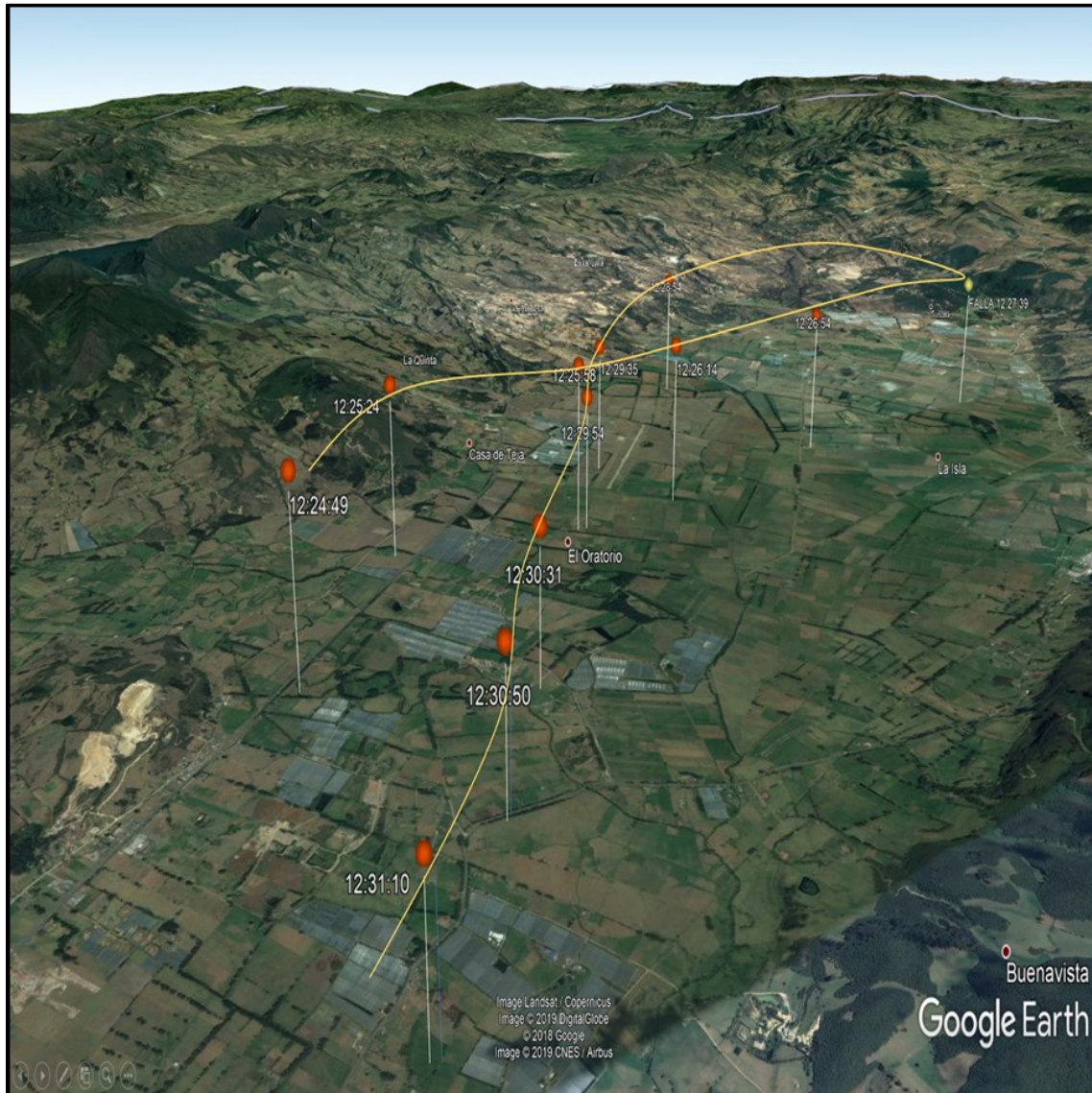
Siguiendo los lineamientos internacionales y nacionales de investigación de accidentes aéreos (Anexo 13 OACI - RAC 114), Colombia como Estado de Suceso, realizó la Notificación de la ocurrencia a la National Transportation Safety Board (NTSB) de los Estados Unidos de América, ente investigativo del Estado de fabricación de la aeronave, quien asignó un Representante Acreditado y Asesores técnicos de la casa fabricante de la aeronave y de las plantas motrices, los cuales participaron en la investigación.

### 1.1.1. Información de la traza radar y comunicaciones



*Imagen No. 1: Traza radar del HK 1573G antes del accidente*

Para el análisis del accidente se tuvo en cuenta la traza radar de la aeronave antes del suceso; en la Imagen No. 1 se destaca con puntos amarillos, la ubicación de la aeronave en el momento en que probablemente se inició la falla, el lugar en donde la tripulación solicitó al ATC prioridad para proceder al aeropuerto de Guaymaral, y el punto en donde el Piloto Instructor tomó la decisión de regresar a la pista Las Acacias.

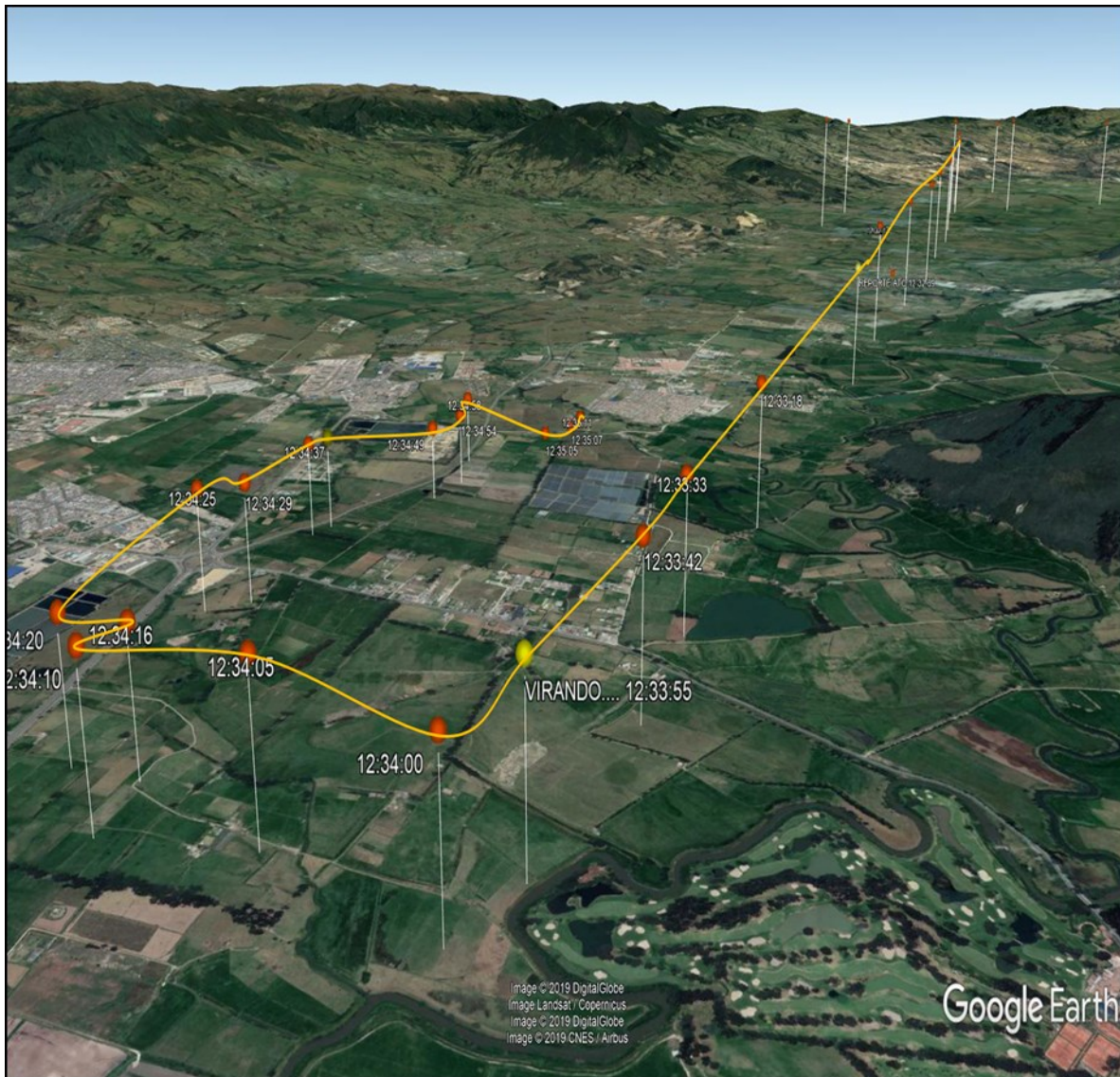


*Imagen No. 2: Tramo en donde inicia la falla de la aeronave*

En la Imagen No. 2, se aprecia el primer tramo desde el inicio de la falla, con una altura de 10.900 ft cuando se inicia un viraje por la izquierda; así mismo se observa una disminución de velocidad a 73 kt, con rumbo para salir de la zona de entrenamiento hacia el aeropuerto de Guaymaral. Durante este tramo la aeronave mantuvo actitud de descenso y no la altura establecida, como resultado muy probable, de las bajas rpm que le impedían mantener la altura con velocidad de crucero.

La velocidad a su vez disminuyó inicialmente a 80 kt; cuando la tripulación intentó mantener la altura la velocidad cayó a 70 kt; esto hace que la aeronave vuelva a actitud de descenso. Durante este trayecto la tripulación no comunicó al ATC la novedad presentada en la aeronave.





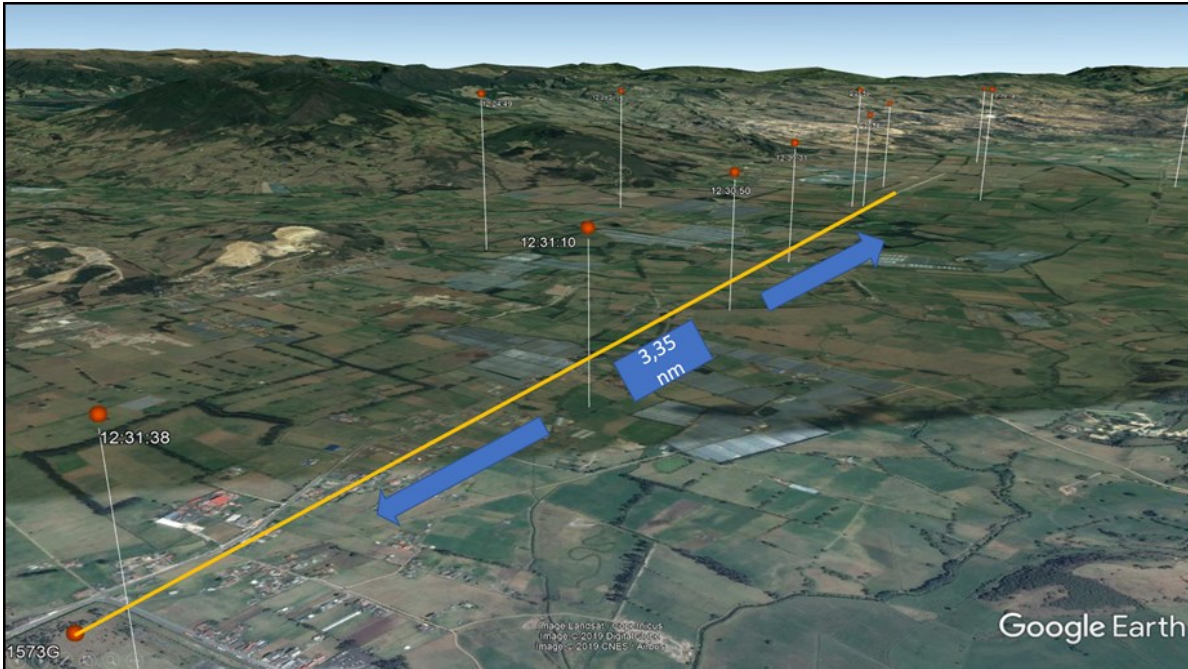
*Imagen No. 3: Tramo en donde la tripulación solicitó regresar a la pista Las Acacias*

En la Imagen No. 3, los puntos amarillos marcan el lugar y la distancia en donde la tripulación notificó al ATC, “El Aeroandes 1573 solicita prioridad para aterrizar”, y el sitio en donde reportó el regreso a la pista Las Acacias, “cancelo Guaymaral procedo Las Acacias”, iniciando viraje por la derecha; se observa a continuación, la secuencia del viraje y el descenso de la aeronave hasta el punto de impacto con el terreno. Durante este tramo la tripulación no reportó emergencia al ATC; solo informó: “Intentaré llegar a las Acacias...”.

Posteriormente a este viraje, muy probablemente la tripulación perdió condiciones visuales, ya que se observa que la aeronave realiza varios movimientos, como si la tripulación estuviera buscando algún lugar, pero continúa en descenso hasta que colisiona contra un árbol.



*Imagen No. 4: Distancia del VOR de Zipaquirá al punto de posición final de la aeronave*



*Imagen No. 5: Distancia de la posición final de la aeronave a la pista las Acacias*

## 1.2. Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total	Otros
Mortales	02	-	-	-
Graves	-	-	-	-
Leves	-	-	-	-
Ilesos	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	02	-	-	-

## 1.3. Daños sufridos por la aeronave

La Aeronave resultó destruida en su totalidad, como resultado del impacto contra el terreno.

## 1.4. Otros daños

Daños a la vegetación circundante.

## 1.5. Información personal

### Piloto

<b>Edad:</b>	53 años
<b>Licencia:</b>	Instructor de Vuelo Avión (IVA)
<b>Certificado médico:</b>	Primera clase, vigente
<b>Equipos volados como Piloto:</b>	Antonov/Curtiss
<b>Equipos volados como Instructor</b>	Cessna 152/172/182/ PA 28
<b>horas en el equipo</b>	2.534.12 h
<b>Total, horas voladas</b>	5.784 h
<b>90 días</b>	146:40 h
<b>30 días</b>	68:02 h
<b>3 días</b>	09:00 h

El Piloto Instructor era titular de una licencia de Instructor de Vuelo e Instructor de Tierra en la especialidad Navegación Aérea y Entrenador Estático, su certificado médico se encontraba vigente para el día del accidente. había ingresado al Centro de Instrucción como Instructor de Vuelo el día 01 de agosto del año 2012.

Tenía una experiencia de 5784 horas totales de vuelo en múltiples equipos monomotor, discriminados así: Piper PA28: 2534.12 horas, Cessna C152: 1097.48 horas, Cessna C172: 1705.42 horas y Cessna C182: 446.18 horas.

El Piloto Instructor tenía vigentes los cursos de CRM, RAC, LAR, MGO y Entrenador Estático. había presentado el chequeo anual como Instructor del equipo PA 28, con resultados insatisfactorios.

El Piloto Instructor había completado los siguientes entrenamientos recientes:

- Equipo Piper PA 28 07/04/2017
- Navegación 16/05/2017
- Aerodinámica 12/05/2017
- Programa entrenamiento estandarización 25/05/2017
- RAC-LAR 22/05/2017
- Operación y sistemas de aeronaves 18/05/2017
- MGO 23/05/2017

De acuerdo con la programación mensual del Centro de Instrucción, para el día del accidente, el Piloto Instructor estaría de descanso, sin embargo, fue reasignado el día anterior para cumplir con el vuelo del día del accidente.

### **Piloto Alumno**

<b>Edad</b>	19 Años
<b>Licencia</b>	Alumno Piloto de Avión (APA)
<b>Certificado médico</b>	Vigente
<b>Equipos volados</b>	Cessna 152/ PA 28.
<b>Total, horas voladas</b>	79:36 h
<b>90 días</b>	38:54 h
<b>30 días</b>	11:18 h
<b>3 días</b>	05:12 h

El Alumno Piloto había ingresado al Centro de Instrucción el día 18 de octubre 2016. Inició el entrenamiento pre solo el día 06/06/2017 y fase prechequeo en la hora 13:00, el día 22/06/2017 con resultados satisfactorios. Inició "vuelo solo" el día 28/06/2017 con un total de 16:30 horas. En el momento en el cual ocurrió el accidente se encontraba realizando la fase de Instrumentos con certificado médico vigente.

Durante los últimos 3 meses (septiembre, octubre y noviembre), previos al accidente, el Alumno Piloto había volado un total de 38:54 horas, discriminadas de la siguiente forma:

- Septiembre: 08:12 horas
- Octubre: 02:54 horas
- Noviembre 11:18 horas

## 1.6. Información sobre la aeronave

<b>Marca:</b>	Piper
<b>Modelo:</b>	28-235
<b>Serie:</b>	28-11200
<b>Matrícula:</b>	hK1573G
<b>Serie:</b>	O-540-B4B5
<b>Fecha último servicio:</b>	16 noviembre 2017 (100 h)
<b>Total, horas de vuelo:</b>	5.771:42 h

Según los registros de la aeronave, el 28 de diciembre del 2011, se le instalaron equipos de NAV/COM y GPS, y desde entonces quedó en tierra, inoperativa y pendiente del cumplimiento de procedimientos de mantenimiento.

El 31 de agosto de 2013, se le efectuó un servicio de 100 horas, y la aeronave continuó en tierra.

El 21 de abril del 2015, el propietario de la aeronave cambió de TAR, en el cual se le realizó un servicio de 100 horas. La aeronave continuó inoperativa.

No se pudo evidenciar que, desde entonces, se cumpliera con el programa de preservación ni a la aeronave ni a sus componentes, tal como lo establece la casa fabricante.

En abril del año 2017 se le efectuó a la aeronave la inspección para obtener el certificado de habilitación anual, por parte de la Autoridad Aeronáutica. Dentro de la revisión de los documentos de mantenimiento, se determinó que la aeronave cumplía con los servicios establecidos por el fabricante y no se evidenciaron reportes repetitivos o malfuncionamiento de sus sistemas.

La aeronave inició finalmente su operación con el Centro de Instrucción, el 03 de septiembre del 2017.

En los libros de la aeronave se encontraron los siguientes reportes, efectuados por el Piloto Instructor accidentado:

Reporte del 15 de noviembre de 2017 relacionado con: *“Coordinador de virajes no muestra inclinación. Tapa de tanque principal izquierdo suelta de la cadena. Caída de rpm’s 200”*.

Reporte del 22 de noviembre de 2017: *“Circuit breaker, máster, radios y navegación se saltaron en vuelo, solo se pudo reiniciar el de navegación, coordinador de virajes en barras de 90”*.

Reporte del 25 de noviembre de 2017 relacionado con: *“Temperatura de aceite e indicador, fluctúa y se queda pegado en el extremo derecho”*.

El último servicio de 100 h se le efectuó a la aeronave el día 16 de noviembre de 2017, cuando la aeronave cumplió 195:30 horas D.U.R.G. Al momento del accidente, la aeronave cumplía un total de 259:54 horas D.U.R.G. Sin embargo, no se evidenció que se le hubiera efectuado el último servicio de 50 horas. Es de anotar que el día anterior la aeronave voló 08:12 h.

## **Motor**

Marca:	Lycoming
Modelo:	0-540-B4B5
Serie:	L-12727-40
Total, horas de vuelo:	5.771:42 h
Total, horas D.U.R.G.:	259:54 h
Último servicio:	16 Nov 2017 (Serv. 100 h)

Este motor siempre estuvo instalado en la aeronave HK1573G. La última reparación general de la planta motriz había sido efectuada el 31 de marzo de 2017, en el TAR Aeroandes, bajo orden de trabajo OT. 0054. Para el momento del accidente, el motor completaba un total de 5511:47 h totales y 801:27 h horas DURG.

Se encontraron los siguientes registros importantes del motor:

El 03 de junio del 2016, el motor fue removido para efectuarle reparación general que duró nueve (9) meses.

El 08 de septiembre de 2017, (con 5540:12 h totales y 28:24 h DURG), se le realizó servicio de 25 h, en el cual se cambió el filtro de aceite.

El 13 de septiembre de 2017 (con 5555:42 h totales y 43:54 h DURG), se le realizó servicio de 50 h, aplicándole el AD 2017-16-11 y el MSB632B.

El 25 de septiembre de 2017 (con 5609:06 h totales y 97:18 h DURG), se le realizó cambio de filtros del sistema de vacío.

El 14 de octubre de 2017 (con 5652:00 h totales y 140:12 h DURG), se le realizó servicio de 50 h

El 17 de octubre de 2017 (con 5662:00 h totales y 150:12 h DURG), se le realizó cambio de alternador, por tiempo cumplido.

El 16 de noviembre de 2017 (con 5707:18 h totales y 195:30 h DURG), se le realizó servicio de 100 horas con cambio de filtros del sistema de vacío, compresión de cilindros.

## **1.7. Información Meteorológica**

### **1.7.1. Información de reportes METAR**

La información meteorológica más cercana al sitio del accidente fue provista por el aeródromo de Guaymaral (OACI: SKGY), el cual se encuentra ubicado a 15.77NM al SW del sitio donde ocurrió el accidente.

Las condiciones meteorológicas para el 30 de noviembre de 2017, aplicables a la hora del accidente (12:37UTC) correspondían al siguiente METAR:

SKGY 301200Z 06003KT 9000 VCFG BKN180 XX/XX A3035 =.

Aeródromo Guaymaral, día 30, a las 12:00UTC. El viento soplaba desde los 060 grados con una intensidad de 03 nudos. La visibilidad horizontal era de 9000 metros, con presencia de

niebla en las vecindades del aeródromo. Cobertura nubosa fragmentada ubicada a un techo de 18,000 pies, sin información de temperaturas y ajuste altimétrico QNH de 30,35In hg.

El METAR de las 13:00UTC, fue el siguiente:

SKGY 301300Z 05003KT 8000 VCFG FEW010 SCT180 XX/XX A3036 =.

Aeródromo Guaymaral, día 30, a las 13:00UTC. El viento soplaba desde los 050 grados con una intensidad de 03 nudos. La visibilidad horizontal era de 8000 metros, presencia de niebla en las vecindades del aeródromo. Cobertura nubosa con pocas nubes a un techo de 1,000 pies y nubosidad dispersa a 18,000 pies de techo, sin información de temperaturas y ajuste altimétrico QNH en 30,36In hg.

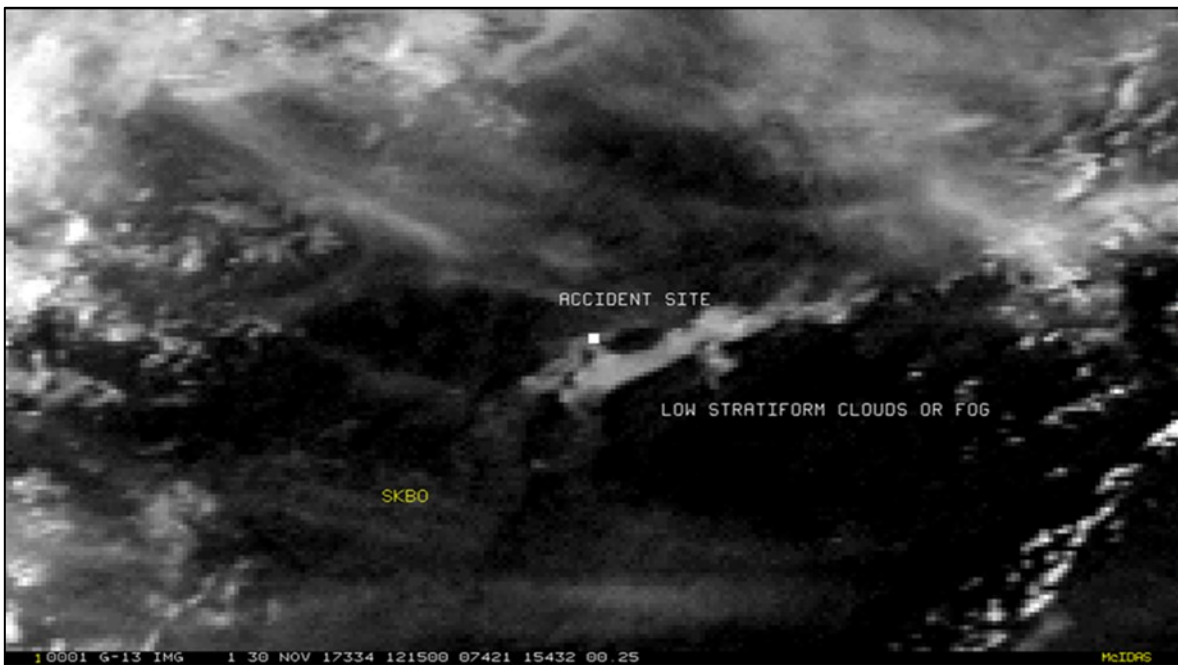
La información METAR indicó la presencia de niebla durante las horas matutinas.

### 1.7.2. Información de imágenes satelitales

A través de la National Transportation Safety Board (NTSB), se obtuvieron imágenes satelitales en canal visible del satélite GOES-13 para las 12:15UTC y 12:45UTC, con una ampliación de 4X, centrada en el lugar del accidente.

En la imagen satelital se aprecia un área de nubes bajas de tipo estratiforme, o niebla en las inmediaciones del lugar del accidente.

No se observó presencia de formación de sistemas o células convectivas de tormenta sobre este sitio.

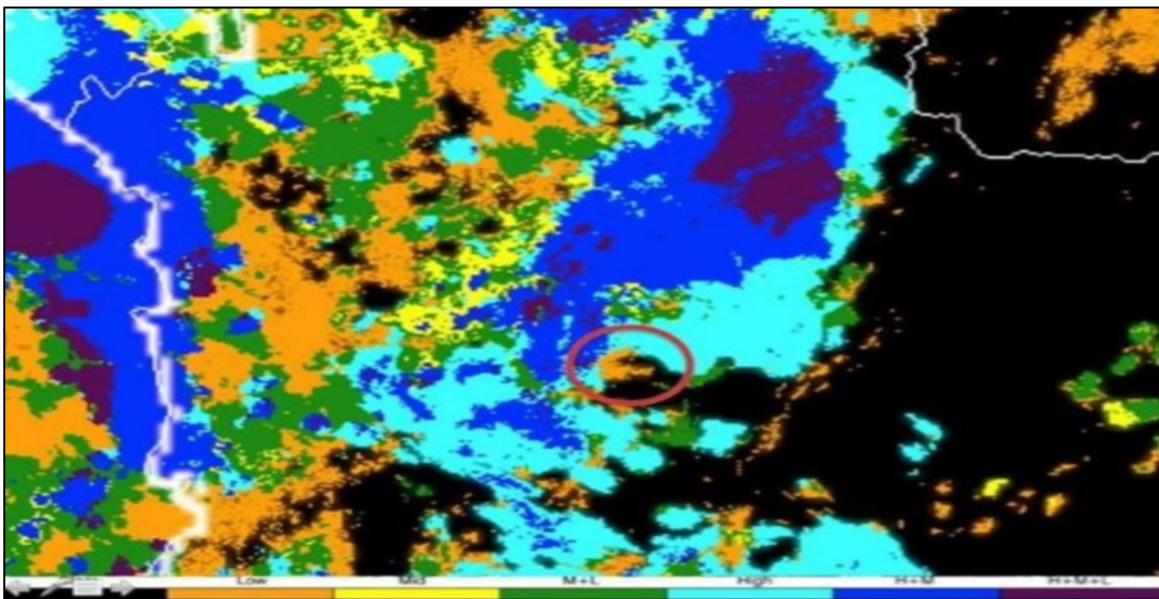


*Imagen No. 6: Imagen satelital en Canal Visible, 30 de noviembre 2019, 12:15:00 UTC*



*Imagen No. 7: Imagen satelital en Canal Visible, 30 de noviembre 2019, 12:45:00 UTC*

Así mismo, fue obtenida también una imagen satelital en canal Infrarrojo (IR), del satélite GOES-R correspondiente a las 12:30:38 UTC con análisis de tipos de nubes. En el área del accidente se aprecia, tal como en las imágenes de canal visible, la presencia de nubes bajas.



*Imagen No. 8: Imagen satelital en Canal Infrarrojo con realce de tipo de nubosidad, 30 de noviembre 2019, 12:30:38 UTC*



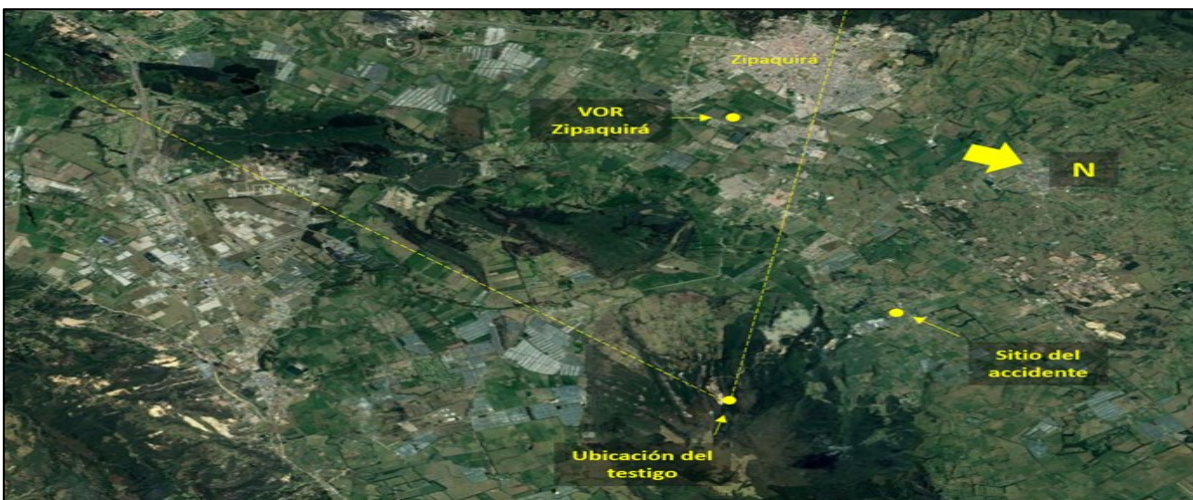
### 1.7.3. Información aportada por un testigo

De otra parte, un testigo que se encontraba en el área del accidente aportó una fotografía, en cuyas propiedades señala que aquella fue tomada el 30 de noviembre de 2017 a las 12:24UTC, (13 minutos antes de ocurrir el accidente). En la fotografía se aprecia abundante presencia de nubosidad baja o niebla.

El testigo se encontraba ubicado a 3.3 km al E del sitio del accidente, en coordenadas N05 01 39.92 W073 55 14.15, en un terreno montañoso, con una elevación de 10103 ft. La fotografía está dirigida hacia al SE.



*Fotografía No. 2: Fotografía del área del accidente, tomada por un testigo, el 30 de noviembre de 2017, que muestra las condiciones meteorológicas reinantes en la zona del accidente.*



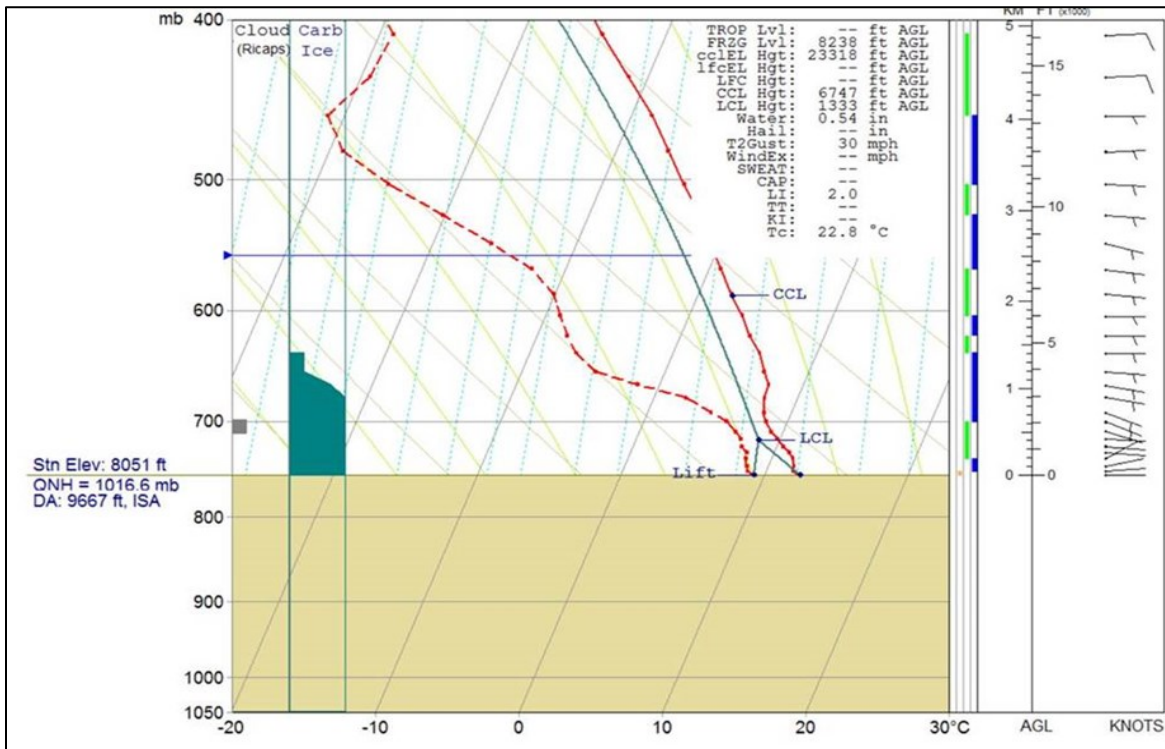
*Imagen No. 9: Rango visual aproximado de la fotografía aportada por el testigo y su relación con la posición del accidente.*

### 1.7.4. Sondeo atmosférico estimado en la zona del accidente

La investigación desarrolló un modelo de aproximación a las condiciones atmosféricas existentes en el sitio y hora del accidente, teniendo en cuenta las siguientes fuentes:

- Información proporcionada por la NTSB, del satélite GOES 13
- Registros del archivo de modelos de datos del Laboratorio de Recursos del Aire (ARL) de la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera (NOAA)
- Modelo numérico del sistema global de asimilación de datos (GDAS)<sup>1</sup>.

El modelo GDAS suministró una resolución para un área de 0.5 kilómetros cada 3 horas, realizado el 30 de noviembre de 2017 a las 12:00 UTC, sobre las coordenadas del sitio del accidente. El sondeo GDAS se graficó en un diagrama termodinámico Skew T log P desde la superficie hasta los 400 hPa o 24,000 pies.



Gráfica No. 1: Sondeo atmosférico GDAS elaborado para el sitio del accidente el 30 de noviembre 2017, 12:00 UTC

<sup>1</sup> 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 sondeo GDAS se basó en una elevación de 8,051 pies, con una temperatura ambiente de 12.5°C, un punto de rocío de 9.3°C, con humedad relativa del 81%, y una presión en superficie de 754 hPa o 22.27 In Hg.

Bajo estas condiciones, el nivel de condensación (LCL)<sup>2</sup> se encontraba a 1,333 pies AGL, y el nivel de condensación convectiva (CCL)<sup>3</sup> a 6,747 pies AGL. El sondeo mostró varias capas de nubes con algunas nubes escasas a 1.600 pies de altura, y nubes tipo alto estratos y cirro estratos a 25.000 y 26.000 pies. El contenido de agua precipitable era de 0,54 pulgadas. La atmósfera se caracterizó como estable y el nivel de congelación se ubicó aproximadamente a 16,300 pies.

El perfil vertical del viento indicaba vientos variables y ligeros en superficie; y vientos predominantes del Este con velocidades de 10 nudos, o menos, a través de los 24,000 pies. La media de viento de 0 a 6 km de altura era de 090 grados con 8 nudos. El viento máximo se identificó a 64,000 pies, de los 280 grados con 29 nudos. En el sondeo no se identificaron cortantes de viento verticales fuertes que dieran niveles significativos de turbulencia.

Adicionalmente se determinó, teniendo en cuenta la información obtenida del sondeo, que las condiciones atmosféricas eran propicias para la formación de engelamiento moderado o severo en el carburador desde la superficie hasta los 12,000 pies MSL o 3,000 pies AGL. Esta información se indica en el diagrama termodinámico al lado izquierdo con el color sombreado en verde.

Sin embargo, no se presentó esta condición en el sistema de combustible de la aeronave.

## **1.8. Ayudas para la Navegación**

La operación de la aeronave se realizaba en condiciones visuales (VFR), con ejercicios de interceptación de radiales apoyados en el VOR de Zipaquirá, según el programa de entrenamiento del Centro de Instrucción.

## **1.9. Comunicaciones**

En el proceso de investigación se analizaron las comunicaciones entre el ATC y la aeronave; sin embargo, no se encontró incidencia de este aspecto en el evento.

Desde el momento de la salida de la aeronave a vuelo, hasta la última comunicación, el Control de Tránsito Aéreo brindó información y apoyo a los requerimientos de la tripulación.

El ATC coordinó las acciones del Grupo SEI y la operación de búsqueda de la aeronave; las comunicaciones se efectuaron en la frecuencia 118.55, Control GYM.

---

<sup>2</sup> 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).

<sup>3</sup> CCL = Es la altura a la cual una parcela de aire, si es calentada lo suficiente desde abajo, se eleva adiabáticamente hasta saturarse.

### 1.10. Información del Aeródromo

No requerida. El accidente se presentó en campo abierto, fuera de instalaciones aeroportuarias.

La tripulación procedió a efectuar un aterrizaje de emergencia sin éxito, en la Pista Las Acacias, ubicada en la población de Cogua, Cundinamarca, al oriente del VOR de Zipaquirá, dentro de la zona de entrenamiento SKE25. Este campo es contemplado por los Centros de Instrucción como pista alterna en caso de que se presenten situaciones que no permitan el regreso al Aeródromo de Guaymaral.

### 1.11. Registradores de Vuelo

La aeronave no tenía instalados registradores de vuelo, los cuales, según la reglamentación vigente, no son requeridos en este tipo de aeronaves.

### 1.12. Información de los restos de la aeronave y el impacto

#### 1.12.1. Ubicación del accidente

El lugar del accidente correspondía a un terreno plano con mínimas ondulaciones, ubicado en los predios de la compañía Peldar, en la Vereda El Mortillo, del municipio de Cogua, Cundinamarca.

La aeronave quedó ubicada a 15.74 NM al N de SKGY, 3.66 NM al S de SKAI y 3.09 NM al N del VOR ZIP, en las coordenadas N05 02 48.67 W073 56 38.48, y a una elevación de 8479 ft.



*Imagen No. 10: Ubicación de la aeronave con respecto a VOR ZIP*

Durante la inspección de los restos, se encontraron residuos de pintura de la aeronave, en árboles que alcanzaban aproximadamente 50 m de altura, ubicados a 114 m al SW (N05

02 46.79 W073 56 41.55), del lugar de su posición final. No se logró identificar que hubiera existido un punto fijo de impacto contra el conglomerado de árboles en el sector.

### **1.12.2. Identificación y ubicación de los restos**

El primer impacto de la aeronave se produjo, con el plano derecho, contra un árbol de aproximadamente 50 metros de altura; este impacto hizo perder el control de la aeronave que impactó el terreno 107 m más adelante, en coordenadas N05 02 48,59 W073 56 38.72.

El análisis de la dinámica permitió determinar que la aeronave impactó el terreno en forma vertical; en este primer impacto se enterró la hélice, la cual se desprendió del spinner. Posteriormente se produjo la caída contra el terreno de toda la aeronave con evidente deformación de toda su estructura, por desaceleración.

La aeronave terminó posada a 4,43 m del punto de impacto inicial contra el terreno, con rumbo 069°, en posición normal; sin embargo, al momento de la caída contra el terreno, el motor se desprendió de su bancada y cayó sobre la cabina en un efecto escorpión ocasionando el aplastamiento de la misma.

El plano derecho no presentaba deformación importante como consecuencia del impacto contra el terreno. Sin embargo, la inspección de esta superficie reveló la presencia de un golpe en su borde de ataque, cerca de la punta. Allí se encontró una deformación circular de aproximadamente 40cms de diámetro, con evidente desprendimiento de la capa de pintura. La evidencia hace presumir un impacto contra un tronco de árbol.

El tren principal derecho se encontró íntegro y adherido a la estructura del plano derecho, sin signos de preimpacto. El plano izquierdo exhibía una mayor deformación en el borde de ataque. No hubo deformaciones circulares que indicaran golpes contra árboles. El tren principal izquierdo estaba sujeto a la estructura, íntegro y sin mayor afectación.

El empenaje de la aeronave yacía completo en posición normal, sin daños aparentes en la piel ni en la estructura de los estabilizadores. No se encontraron daños en sus puntas, ni en la parte inferior de las superficies, ni salpicaduras de aceite.

La sección del fuselaje principal se encontró altamente deformada por el impacto contra el terreno. Fue evidente una deformación positiva de toda la estructura desde la sección del motor hasta el empenaje. El motor yacía en posición invertida, sobre la sección del empenaje y sobre el habitáculo de la cabina.

En el momento del golpe inicial con el árbol, se rompió el tanque auxiliar derecho y esto hizo que el combustible contenido en ese tanque se derramara.

Cuando la aeronave impactó contra el terreno se presentó derrame de combustible de los otros tanques; al realizar la inspección de campo se drenó el combustible que quedaba en la aeronave encontrando cinco galones en el tanque principal derecho.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO



*Imagen No.11: Punto de colisión con el árbol y posición final de la aeronave.*



*Fotografía No. 3 - Trayectoria del impacto*



Fotografía No. 4: Posición final del HK1573G



Fotografía No. 5: Efecto escorpión; desprendimiento del motor de su bancada, generando aplastamiento en la cabina de mando.

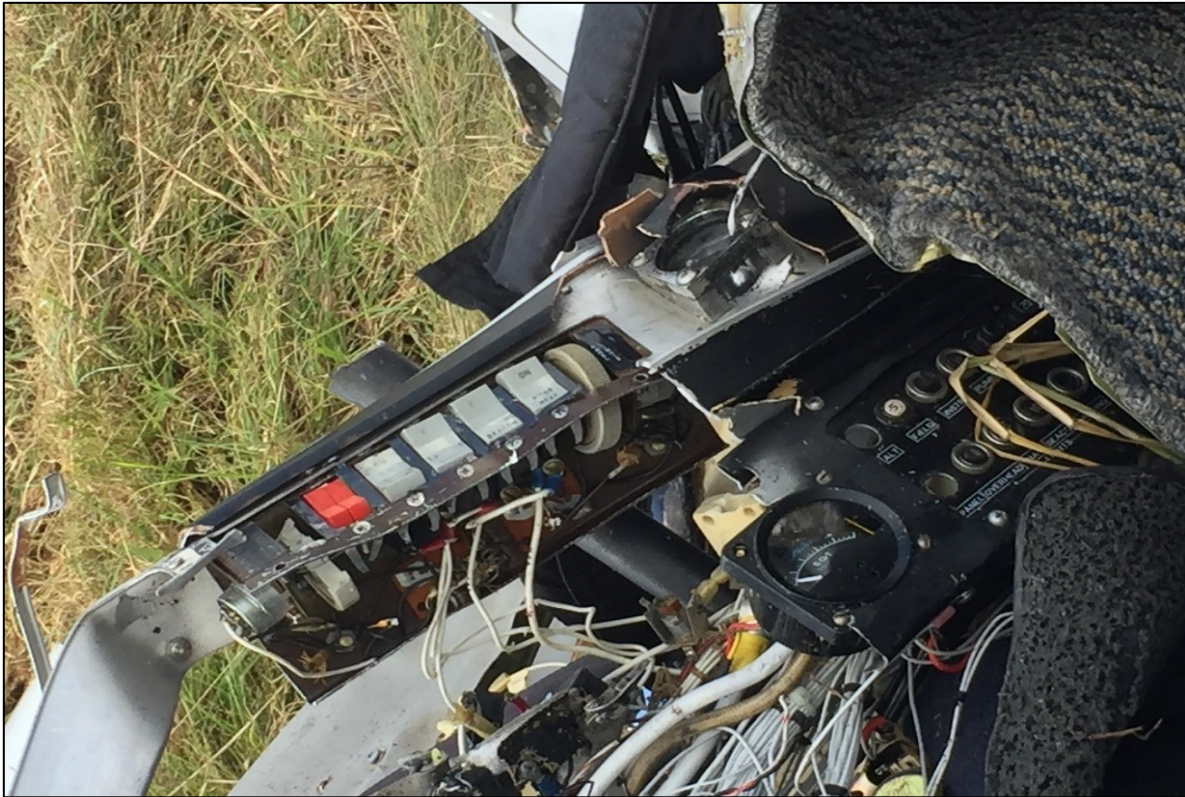


*Fotografía No. 6: Punto de impacto de la hélice*



*Fotografía No. 7: Posición del motor sobre la cabina posterior al impacto*





*Fotografía No. 8: Master switch y bomba eléctrica de combustible en posición ON*

Dentro de la inspección minuciosa de componentes y sistemas del avión, no se evidenció rompimiento de los cables de los controles de vuelo, el techo de la aeronave quedó completamente destruido.

En la cabina se determinaron las siguientes posiciones:

- Bomba de combustible ON
- Master Switch Start
- Ajuste ALT 30,35 In hg
- Reloj 07:37 HL
- Palanca de flaps 2 puntos
- Indicación de combustible
  - LH tip = 0
  - LH main = 0
  - RH tip = 0
  - RH main = 15 gl
- Selectora combustible LH main
- Compensador del elevador Neutro

### 1.12.3. Incendio

No se presentó incendio antes, durante ni posteriormente al accidente.

### 1.13. Información médica y patológica

El Piloto Instructor y Alumno Piloto poseían certificado médico vigente, no se encontraron evidencias de limitaciones médicas, factores fisiológicos o psicológicos que hubiesen influenciado la ocurrencia del accidente.

La muerte de los dos ocupantes se produjo de manera instantánea debido a múltiples politraumatismos sufridos como consecuencia del impacto.

### 1.14. Aspectos de supervivencia

El accidente no permitió la supervivencia, pues el espacio vital ocupado por el Piloto Instructor y por el Alumno Piloto sufrió daños estructurales como consecuencia de las fuerzas de desaceleración presentadas al impactar la aeronave contra el terreno.

La policía del municipio de Cagua hizo presencia en el lugar del accidente y procedió a acordonar el sitio; inmediatamente llegó al sitio el Grupo de Bomberos Aeronáuticos del aeropuerto de Guaymaral, quienes realizaron las acciones iniciales de seguridad de la escena y determinaron la condición de los ocupantes.

Se desplazó también al sitio, el Grupo de Búsqueda y Rescate del Aeropuerto El Dorado, con dos Investigadores que iniciaron las labores de campo.

### 1.15. Ensayos e investigaciones

En el transcurso de la investigación se efectuaron los siguientes ensayos e investigaciones específicas:

- Se realizaron inspecciones constantes durante los 5 días siguientes al suceso, en el área de trabajo del avión accidentado, con el fin de determinar las condiciones meteorológicas predominantes a la misma hora del evento, y otras circunstancias que pudieron afectar el vuelo.
- Se realizó una inspección al TAR que efectuó los trabajos de mantenimiento a la aeronave, al igual que la revisión de documentos de los servicios que se le realizaron.
- Se practicaron entrevistas a diferentes personas que participan en la operación de dichas aeronaves y estudiantes del Centro de Instrucción.
- Se reconstruyó el vuelo con la información de las comunicaciones y de las trazas de radar.
- Se practicaron pruebas toxicológicas a los ocupantes.
- Se realizaron los cálculos de combustible al igual que los cálculos de Peso y Balance.
- Se realizó una inspección a la selectora de combustible en un laboratorio autorizado por la Autoridad Aeronáutica.

### 1.15.1. Inspección de la planta motriz y sus accesorios

Con el fin de determinar posibles fallas en la planta motriz, carburador, magnetos, hélice y demás accesorios que pudieran ser factores contribuyentes al evento, se trasladaron el motor, sus componentes y la hélice, a la casa fabricante del motor; estas partes fueron inspeccionados con la presencia del delegado de la NTSB y un representante de la casa fabricante de la hélice.

Se procedió al desarme de la planta motriz, para verificar fallas internas, sin encontrar novedades en ninguno de sus pistones; no se hallaron fisuras ni huellas de sobre temperaturas.

Los magnetos se llevaron a banco de pruebas, en donde se determinó la operación normal de los mismos y de las bujías.

El carburador se desarmó, verificando que operaba normalmente.

Se determinó que la hélice se encontraba rotando, a muy baja potencia, en el momento del impacto.



*Fotografía No. 9 - Carburador de la aeronave el cual se determinó que funcionaba de manera normal.*



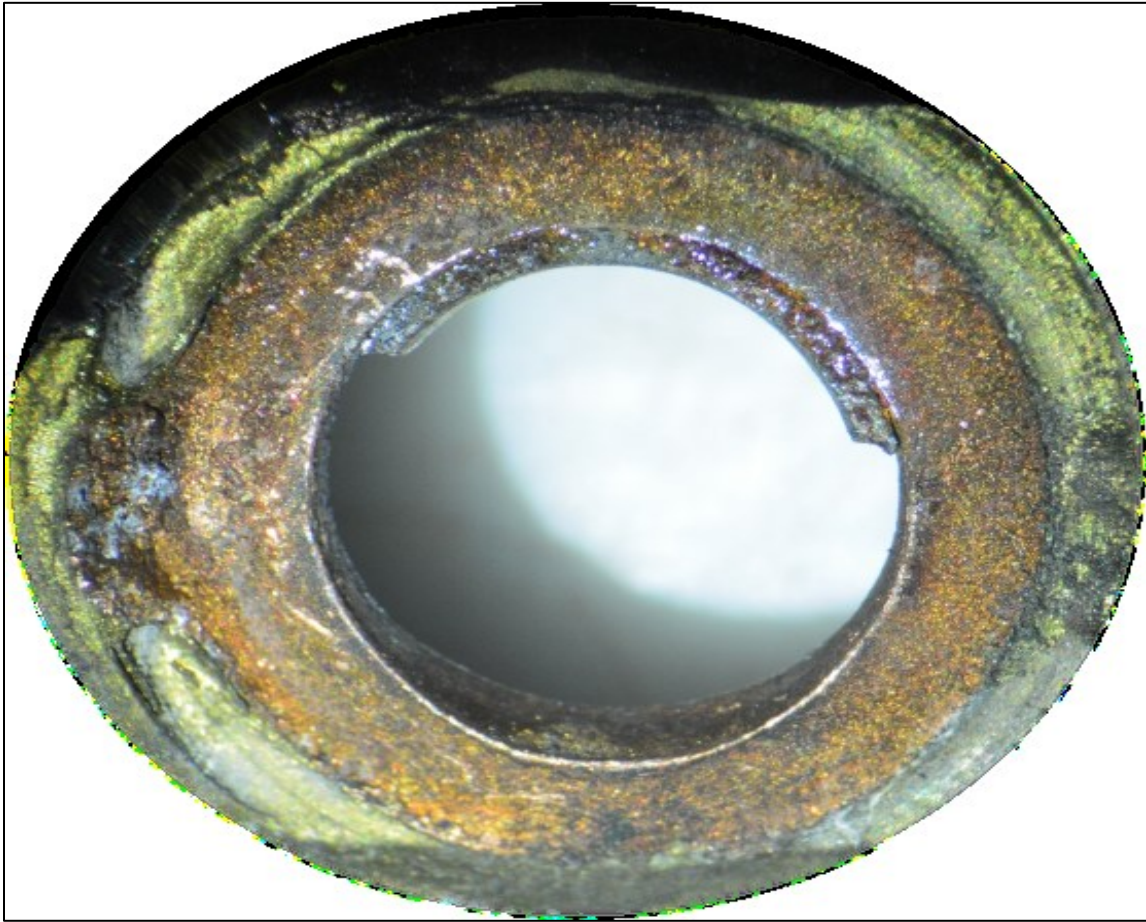
*Fotografía No. 10: Piñón de la base de la hélice en donde se observa huella de la rotación “en mínimas” al momento del impacto*

### **1.15.2. Inspección de la selectora de combustible**

En vista de los resultados encontrados en la inspección del motor y de sus componentes, se amplió el ámbito de la investigación al sistema de combustible; se retiró la selectora de combustible de la aeronave accidentada y se envió a laboratorio para el análisis de metales. Esta inspección buscaba determinar las características de la ruptura que se encontró en la válvula que lleva el combustible desde la selectora al carburador, teniendo como resultado lo siguiente:

El análisis metalúrgico determinó que las facetas de las grietas, tanto en cuerpo como en el conector, muestran que el rompimiento de la válvula fue súbito con un desprendimiento de material desde el conector al cuerpo de la válvula.

Es evidente que hay un compuesto dorado entre el material del cuerpo de la válvula y el conector, probablemente cobre. La unión de acuerdo con esta evidencia ha utilizado cobre como material “de aporte”, siendo este material la parte más débil de la válvula y por lo tanto, es el lugar en donde se produjo la ruptura. El desprendimiento de material entre el cuerpo y el conector evidencia que había adherencia entre el cuerpo y el conector antes del evento de falla o accidente.



*Fotografía No. 11: Ruptura de la válvula que sale de la selectora de combustible al carburador*

La causa probable de la ruptura de la válvula que conecta al carburador y la cual fue el motivo para la inspección de la selectora, tuvo que ver con la sobre carga súbita que desprendió el conector del cuerpo de la válvula sobre la zona más débil, en este caso el material de unión o “de aporte” que es el cobre.

Al analizar el conector desprendido y el cuerpo de la válvula, lo primero que se identificó fue que hubo falla súbita y por sobre carga, fallando en el punto de menor resistencia, en este caso el material de la soldadura, que es el cobre. Aunque se encontraron pequeños poros entre la unión de cobre, en las zonas analizadas se observa buena unión entre el conector, el cuerpo de la válvula y el cobre o material de aporte.

Se detectó corrosión sobre la faceta de grieta proveniente del material del conector que quedó en el cuerpo, al analizar este daño se observa que se produjo posteriormente a la falla, afectando al metal que quedó expuesto al medio ambiente. No hay evidencia de un proceso de corrosión anterior al accidente.

La microscopía electrónica de barrido mostró que el material base del conector y el cuerpo es un metal ferroso que tiene un recubrimiento de cadmio, el cual fue soldado entre sí usando como material de aporte cobre. Se presentó una falla sobre el recubrimiento, aunque parte

del conector quedó en el cuerpo de la válvula, demostrando que la unión entre cuerpo y conector era buena.

Toda la evidencia indica que la falla se produjo por una sobrecarga súbita, probablemente a causa de un impacto.

Se encontraron vestigios de corrosión en el filtro de combustible.



*Fotografía No. 12: Oxidación en los filtros de la selectora de combustible*

Durante el proceso de inspección de la selectora de combustible se pudo determinar la oxidación intergranular que comienza por una corrosión galvánica, debido a exposición de los metales al agua y el oxígeno durante un tiempo indeterminado, teniendo como componentes de variación la temperatura y la humedad.

Al respecto hay que tener en cuenta que la aeronave antes de ser operada por el Centro de Instrucción estuvo por fuera de operación por un espacio de dos años, tiempo en el cual se le realizó una reparación general al motor, pero los demás accesorios y componentes quedaron instalados en el avión, expuestos al ambiente y no se pudo determinar que durante ese lapso se efectuaran inspecciones, actividades de preservación o reparaciones.

En la Fotografía No. 9 se puede observar la oxidación presente en los filtros de la selectora y cómo se desprenden estas partículas de metal ya consumidas, las cuales generan obstrucción del paso del combustible al carburador. Al suspenderse el flujo de combustible necesario para la combustión, la potencia del motor falló, se hizo errática y disminuyeron las rpm.

Toda la información de esta inspección se puede verificar en el Anexo 2 del presente informe, el cual se explica el análisis realizado en laboratorio.

## **1.16. Información sobre organización y gestión**

### **1.16.1. Información del Centro de Instrucción**

Aeroandes S.A., es un Centro de Entrenamiento Aeronáutico, con programas de PCA, TCP y cursos de procedimientos con permiso de operación vigente al momento del evento.

La flota aérea está compuesta por aeronaves Piper PA 28 -235, Cessna 150/152, su base de operación principal se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá, en el Aeropuerto de Guaymaral, y dispone de base auxiliar en el Aeropuerto Santiago Vila, en el municipio de Flandes, Tolima (Colombia).

Organizacionalmente Aeroandes S.A. está conformada por un Presidente y Gerente General (de la cual depende directamente la Dirección del SMS), una Gerencia Comercial y las Direcciones Administrativas y Operativas, en las cuales los empleados se ubican de acuerdo con el cargo asignado en niveles gerenciales, directivos, profesionales, tecnológicos, técnicos, auxiliares y pasantes.

### **1.16.2. Información del Sistema de Gestión de Seguridad Operacional**

Al momento del evento, el Operador tenía aprobado un SMS. En marzo de 2017, la Escuela había presentado una inspección general programada por parte de la Autoridad Aeronáutica de Colombia, en el área de Seguridad Operacional.

### **1.16.3. Programación del vuelo**

El Piloto instructor se encontraba dentro de los tiempos establecidos por los reglamentos aeronáuticos; el día anterior cumplió con dos misiones de vuelo; sin embargo, en la programación del mes de la oficina de Operaciones, se encontraba “libre”, para el día del accidente; aun así, fue reprogramado el día anterior para que volara dos asignaciones.

Durante el mes de noviembre el Instructor voló un total de 68 horas con alumnos en diferentes fases de entrenamiento; su lugar de residencia es en el sur de la ciudad de Bogotá, pero esto no afectaba su cumplimiento en el Centro de Instrucción.

Los Centros de Instrucción que operan en el Aeropuerto de Guaymaral, cuentan con un plan de seguridad coordinado consistente en que todos los días, a primera hora, despega una aeronave con Instructor, para verificar las condiciones meteorológicas de las áreas de entrenamiento, las cuales se reportan a la Torre de Control, y así poder autorizar o no la salida de los vuelos de los alumnos solos; el día del accidente se realizó dicho procedimiento, y la Torre de Control dio a conocer las condiciones a la tripulación accidentada luego.

### **1.16.4. Despacho del vuelo**

El procedimiento de Peso y Balance utilizado por el Centro de Instrucción presume y utiliza como dato base, que el avión despega con la máxima cantidad de combustible. Este dato no siempre es correcto, ya que posteriormente a la entrega del formato, la Tripulación se traslada a la plataforma de abastecimiento, y aprovisiona solo la cantidad de combustible apropiada. Despacho no conoce en ese momento la cantidad de combustible real con la que procede la aeronave al vuelo.

De otra parte, en los libros de vuelo de las aeronaves del Centro de Instrucción no existe una casilla que indique a las tripulaciones el número de horas disponibles para el próximo servicio de mantenimiento; por lo tanto, Instructores y Alumnos desconocen esa información, asumiendo que, si la aeronave es puesta en línea de vuelo por mantenimiento, está al día con sus inspecciones. Se pierde así una defensa de seguridad que pueden ejercer las tripulaciones, en relación con la aeronavegabilidad de las aeronaves.

### 1.17. Información adicional

#### 1.17.1. Área de Entrenamiento

La zona de entrenamiento SKE25 es un espacio aéreo categoría G, está ubicada al norte de la Sabana de Bogotá, sobre los municipios Zipaquirá, Cogua y Nemocón. El espacio aéreo del área de maniobra para las aeronaves va desde una altitud de 8.500 pies hasta 11.000 pies. En esta área también se encuentra la pista Las Acacias.

Por tratarse de un espacio aéreo categoría G, los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia ordenan que, para cumplir con vuelo VMC, se debe tener contacto visual con el terreno de manera vertical y horizontal. Durante el vuelo no era posible el contacto visual de la tripulación con el terreno, porque se lo impedía una capa de niebla baja, que cubría la zona.

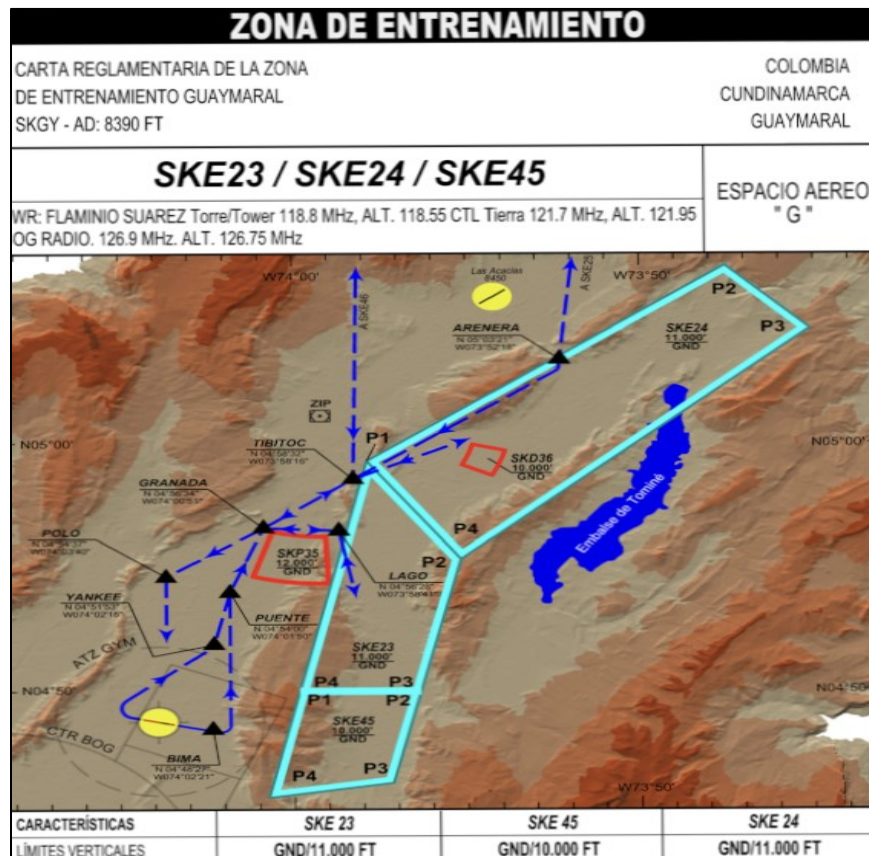


Imagen No. 11: Zona de entrenamiento SKE25, Espacio aéreo G



### 1.17.2. Sistema de combustible del avión PA-28-235

EL PA-28-235, a diferencia de los otros modelos de la aeronave, cuenta con dos tanques de combustible auxiliares, ubicados en las puntas de los planos, que le da una capacidad total de 84 galones de combustible para una autonomía de 7 horas de vuelo, aproximadamente.

De la misma manera su selectora de combustible pasa de tres posiciones a cinco, una posición para cada tanque y una en posición “off” o cerrado. El combustible llega a la selectora desde el tanque que se encuentre seleccionado y pasa a la válvula que alimenta el carburador; la bomba de combustible lo impulsa al motor para su combustión; durante los procedimientos de despegue, aterrizajes y emergencia, se utiliza una bomba eléctrica que ayuda a impulsar el combustible hacia el carburador.

La casa fabricante recomienda hacer pruebas de la selectora, con el motor prendido, en tierra, en mínimas rpm; llevar la selectora a posición “off” y calcular entre 4 y 5 minutos para el apagado del motor; si éste no se apaga es porque hay paso de combustible dentro de la selectora; igualmente, se deben abrir y limpiar los filtros metálicas ubicados en el interior de la selectora, cada 50 horas de vuelo.

La técnica de operación de la aeronave indica que la tripulación debe cambiar la selección de alimentación de tanque cada 30 minutos de vuelo, es decir se debe operar la selectora para utilizar el tanque de combustible indicado, teniendo en cuenta que primero se debe consumir el combustible de los tanques auxiliares y luego el combustible de los tanques principales sin olvidar las limitaciones de la aeronave.

### 1.17.3. Abastecimiento y administración del combustible

De acuerdo con el Manual de Operación del Centro de Instrucción, se debe abastecer la aeronave con su máxima capacidad de combustible, 84 galones; sin embargo, por las limitaciones de rendimiento que crea el peso del combustible en las condiciones y de densidad y altura del área de Guaymaral, se limita el abastecimiento de combustible al requerido por 4 horas de operación, considerando la desviación a un aeropuerto alterno.

Para este vuelo se abastecieron los tanques auxiliares con 27 galones de combustible, y se contaba con un remanente de 25 galones en los tanques principales, de acuerdo con lo indicado en el formato de Peso y Balance entregado a la oficina de Despacho; esto significaba que la aeronave contaba con una autonomía de 04:30 horas.

El tiempo total del vuelo, hasta el momento del accidente, fue de 48 minutos durante el cual se debieron consumir aproximadamente, 9 galones de combustible, quedando un remanente para más de 3 horas de vuelo.

Se realizaron pruebas de calidad al combustible de la fuente ubicada en la plataforma del Centro de Instrucción, sin encontrar contaminación.

### 1.17.4. Interpretación de las trazas de radar

Se tomó la información de las trazas de radar, las cuales armonizadas con interpretación de las comunicaciones que sostuvo la tripulación con el ATC, permitieron determinar el punto en donde se inició la emergencia, el lugar en donde el Piloto Instructor informó al ATC que solicitaba prioridad para aterrizar en Guaymaral y la posición geográfica desde donde la tripulación decidió proceder a la pista Las Acacias. Igualmente, este análisis permitió

determinar la manera escalonada como la aeronave perdió altura y velocidad, los virajes que efectuó y su ubicación con respecto a Las Acacias.

#### **1.17.5. Técnicas de investigación útil o eficaz**

Para la investigación del presente accidente se efectuó el análisis de documentos de la aeronave, documentos recuperados en el área del accidente y los informes recopilados en entrevistas realizadas a los alumnos e instructores.

Se aplicaron las técnicas de investigación de accidentes de acuerdo con los lineamientos contenidos en el Documento 9756 de OACI.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

## 2. ANÁLISIS

### 2.1. Calificaciones de la Tripulación

La tripulación disponía de sus licencias técnicas y de los certificados médicos vigentes, encontrándose habilitada para la operación del equipo Piper PA28, sin limitaciones médicas o fisiológicas que afectaran su desempeño durante la misión de instrucción.

El Instructor era apto y calificado para la operación de la aeronave y había aprobado satisfactoriamente el chequeo de proeficiencia.

El Alumno Piloto cumplía su segunda misión doble comando en ese tipo de avión ya que venía de volar el equipo Cessna 152.

### 2.2. Análisis de la programación del vuelo

Durante el proceso de investigación se pudo establecer que la oficina de Operaciones Aéreas del Centro de Instrucción elaboraba una programación y llevaba un control de las horas voladas de sus instructores y alumnos, para efectos de control de sus asignaciones de vuelo y de los pagos. De acuerdo con la programación, el día 30 de noviembre, día del accidente, el Instructor debía encontrarse en descanso; sin embargo, el día anterior fue cambiada esta situación y programado para vuelo, teniendo en cuenta que el Instructor había acumulado 68 horas de vuelo en noviembre, y podría cumplir con vuelos el día 30. Fue así como se le programaron 5 turnos, de una hora cada turno, con tres alumnos y en dos aeronaves diferentes. El primer turno, correspondiente al del accidente, sería de dos horas de entrenamiento con el mismo alumno.

El día anterior, 29 de noviembre en horas de la tarde, la misma tripulación había efectuado un vuelo de entrenamiento en la misma aeronave y en la misma zona, para adaptación del alumno, ya que era su primer vuelo en el equipo PA 28-235.

No se determinaron factores de fatiga que pudieran haber influido en el accidente.

La programación se realizó con base en las habilitaciones del Instructor, el período de vuelo del alumno, y dando cumplimiento a los períodos de asignación de vuelo y descanso, de acuerdo con los estándares aprobados al Centro de Instrucción.

### 2.3. Procedimientos operacionales

El vuelo se llevaba a cabo sin tener en cuenta las condiciones meteorológicas del sector, ya que siendo un espacio aéreo de categoría G y, al tratarse de un vuelo VFR, los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia especifican que se debe tener contacto visual con el terreno. Aunque las condiciones eran visuales en la parte superior ("VMC on top"), la tripulación no contó con referencias visuales sobre el terreno, en la última parte de la emergencia, para sortearla satisfactoriamente.

En ningún momento del vuelo el Piloto Instructor declaró la emergencia o informó al ATC sobre las características de la novedad presentada. Solamente solicitó prioridad y el apoyo de los bomberos para su llegada a la pista de Guaymaral.

El Centro de Instrucción no contaba con un análisis de riesgos y un procedimiento que le permitiera tener certeza de las condiciones meteorológicas en las áreas de entrenamiento. Solamente se contaba con la práctica diaria de aprovechar el reporte de un primer vuelo de un Instructor, para permitir la salida de vuelos de entrenamiento. Pero, evidentemente, esta práctica no tenía en cuenta las condiciones meteorológicas en superficie.

Es así como, a la hora del suceso, se presentaba un fenómeno de nubes bajas sobre la zona de entrenamiento; esta condición no fue tomada en cuenta por el Instructor quien decidió continuar con el vuelo, utilizando como referencia el VOR de Zipaquirá, para realizar incorporaciones a radiales.

A los 47 minutos del despegue, cuando la aeronave se encontraba ubicada en la zona de entrenamiento, 9 NM al E del VOR ZIP, se observó una disminución de velocidad del avión a 70 kt, mientras mantenía la altura; en ese momento la tripulación puso rumbo 120°, evidentemente para salir de la zona de entrenamiento hacia Guaymaral, pero no hubo ningún reporte al ATC.

Pasados 5 minutos y 12 segundos, cuando la aeronave se encontraba lateral al VOR de Zipaquirá, el Piloto Instructor llamó al Control de Tránsito solicitando prioridad para aterrizar en Guaymaral y pidiendo apoyo de Bomberos. En el momento que el ATC recibió la información, el Piloto Instructor solicitó regresar para aterrizar en la pista Las Acacias, ubicada entonces a 3.4 NM de la posición de la aeronave.

El Control de Tránsito Aéreo le autorizó proceder a dicho campo; en ese momento la aeronave ya se encontraba a 8.900 ft de altitud (aproximadamente 600 pies sobre el terreno), y al realizar el viraje hacia la pista las Acacias, muy probablemente perdió visibilidad hacia el terreno, debido a la presencia de nubosidad baja; la aeronave realizó varios giros, siempre en descenso, probablemente en un esfuerzo por obtener contacto con el terreno y ubicar la pista, teniendo como resultado la colisión inicial contra un árbol y el impacto posterior contra el terreno.

La emergencia, desde la disminución sustancial de velocidad hasta momento del accidente, duró 7 minutos con 12 segundos; aparentemente, el motor siempre estuvo funcionando, pero con muy bajas rpm y, consecuentemente, con baja potencia, insuficiente para mantener la altura.

Se presume que la tripulación efectuó los procedimientos de emergencia aplicables para la situación que se presentó, incluyendo quizá cambios de tanque a través de la selectora de combustible, y el encendido de la bomba eléctrica, cuyo switch, efectivamente, se encontró en la posición On.

No obstante, los esfuerzos de la tripulación para reestablecer el suministro de combustible fueron inútiles, en vista de la obstrucción de la selectora de combustible descrita en el numeral 1.15.2, y analizada en el numeral 2.3.

Por último, la imposibilidad de observar el terreno por la presencia de nubes bajas, circunstancia no contemplada por el Piloto Instructor antes ni durante el turno de vuelo, impidieron a la tripulación efectuar un aterrizaje de emergencia de manera controlada en un campo no preparado, o llegar hasta la pista Las Acacias, en caso de que la limitada potencia del motor se lo hubiera permitido.

## 2.4. Mantenimiento

Según los reportes de mantenimiento que fueron entregados por el taller que realizaba los servicios a la aeronave, se pudo determinar que, posteriormente al servicio de reparación general (over haul), efectuado en el año 2017, se le realizaron a la aeronave algunos servicios, tal como está establecido por el fabricante.

Sin embargo, no fue posible para la investigación establecer el motivo, ni mediante qué documento, acta o soporte, se dejaron de efectuar algunos servicios de mantenimiento al motor, como es el caso de la última inspección de 50 horas, ya que tal como se observó en los reportes del 25 de septiembre de 2017, en esta fecha solo se cambiaron los filtros del sistema de vacío del motor, cuando el motor completaba 97:18 horas de operación después de la última inspección.

De acuerdo con los libros de vuelo entregados al Grupo de Investigación de Accidentes de la Aerocivil por parte del Centro de Instrucción, el día del accidente el motor de la aeronave completaba 259:54 horas DURG (tiempo después de la última reparación general), con un total de 65:26 horas después de la última inspección de 100 horas; pero, aún mediante visitas hechas al TAR y consultas efectuadas al personal de mantenimiento, no se pudo evidenciar el cumplimiento del servicio de 50 horas, que correspondía a las 245:30 horas DURG.

Los últimos servicios y reparaciones hechas a la aeronave y planta motriz fueron las siguientes:

03-06-2016. Desmonte del motor, para reparación general por tiempo calendario.

02-02-2017 Se le efectuó reparación general, se aprobó para retorno al servicio.

31-03-2017 Se instaló el motor reparado a la aeronave, se declara aeronavegable.

08-09-2017 Se realizó servicio de 25 horas, donde se le cambio de aceite al motor.

13-09-2017 Con 43:54 horas después de reparación, se realizó servicio de 50 horas de acuerdo con el manual de mantenimiento, con resultados satisfactorios.

25-09-2017 Se efectuó servicio de 100 horas al completar 97:18, donde se cambiaron filtros del sistema de vacío. Se realizaron pruebas en tierra con resultados satisfactorios.

26-09-2017 En la fecha se realizó inspección y revisión al plano izquierdo por golpe, se desmonto la hélice y se envió a inspección por golpe con objeto extraño en una de sus palas

14-10-2017 Servicio de 50 horas al completar 140:12, horas DURG, de acuerdo con el manual de mantenimiento, con resultados favorables y se deja aeronavegable.

16-10-2017 Con 195:30 horas DURG, se realiza servicio de 100 horas, se cambiaron filtros del sistema de vacío, zapatas del conjunto de frenos y aceite del motor, quedando aeronavegable.

Durante el proceso de investigación no se pudo confirmar que se le hubiera efectuado algún servicio de mantenimiento ni prueba a la selectora de combustible de la aeronave, pese a que el avión estuvo inoperativo por tiempo prolongado.

Además, el Manual de Mantenimiento de la aeronave ordena realizar inspección y limpieza a los filtros que se encuentran dentro de la selectora de combustible cada 50 horas. Es posible que durante el tiempo que la aeronave estuvo inactiva se generaran partículas de agua en la selectora, que causaran oxidación de los metales del componente. Al operar nuevamente

la aeronave, posiblemente el material ya oxidado se desprendió y causó la obstrucción al paso de combustible, causando la falla de motor.

## 2.5. Análisis por cadena de eventos

El accidente se configuró probablemente, por la siguiente cadena de eventos:

- Deficiente mantenimiento y ausencia de un programa de preservación de la aeronave mientras se encontró sin operar, desde el año 2015 hasta su retorno al servicio en septiembre de 2017. Estas falencias, probablemente, generaron humedad y oxidación al interior de la selectora de combustible.
- Insuficientes procedimientos de mantenimiento para poner en servicio a la aeronave después de seis (6) años de inactividad.
- Incumplimiento de la inspección de 50 horas, correspondiente a las 245:30 horas del motor y omisión de la inspección de los filtros de combustible ubicados al interior de la selectora de combustible.
- Inapropiado planeamiento y ejecución del vuelo, al proceder a efectuar un vuelo VFR, sin visibilidad hacia el terreno.
- Obstrucción de la alimentación de combustible al motor, por desprendimiento de partículas de metal oxidado al interior de la selectora de combustible, y pérdida de potencia del motor, insuficiente para mantener la altitud.
- Imposibilidad de la tripulación para recuperar el paso de combustible al motor y la potencia, e imposibilidad de ejecutar un aterrizaje de emergencia seguro, por falta de contacto visual con el terreno.
- Impacto de un plano de la aeronave contra un árbol, pérdida de control de la aeronave e impacto contra el terreno. Destrucción de la aeronave y lesiones fatales a los dos ocupantes.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

### 3. CONCLUSIÓN

Las conclusiones, las causas probables y los factores contribuyentes establecidas en el presente informe, fueron determinadas de acuerdo con las evidencias factuales y el 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, y el orden en que están expuestas no representa jerarquía o nivel de importancia.

La presente investigación es de carácter netamente técnico y el único propósito es prevenir futuros accidentes.

#### 3.1. Conclusiones

La aeronave estuvo por fuera de operación durante dos (2) años y en este tiempo, solo se le realizaron dos (2) servicios de 100 horas.

Durante su inactividad, no se le aplicó a la aeronave el programa de preservación, tal como lo establece el fabricante.

Durante el tiempo que la aeronave estuvo inactiva, se generó al interior de la selectora de combustible, una “oxidación intergranular”, debido a la exposición de los metales al agua y al oxígeno, con temperatura y humedad variables.

En la documentación de mantenimiento, no se encontró registro alguno del último servicio realizado a la selectora de combustible.

La aeronave retornó al servicio, y fue asignada al Centro de Instrucción, en el mes de septiembre de 2017, sin que se le efectuara un adecuado servicio teniendo en cuenta el tiempo de inactividad.

El último servicio efectuado al avión, al motor y a la hélice correspondió al servicio de 100 horas, efectuado el día 16 noviembre de 2017, dos semanas antes del accidente, al completar 195:30 horas DURG.

Desde entonces, la aeronave voló 64:24 horas más, en misiones de instrucción, hasta el día del accidente.

No se cumplió el servicio de 50 horas -a la aeronave, motor y hélice- el cual debía efectuarse a las 245:30 horas DURG.

De esta manera, la aeronave acumuló un total de 259:54 horas DURG, excediéndose en 14:24 horas, la realización de la inspección de 50 horas.

La inspección de 50 horas contemplaba específicamente la inspección de la válvula selectora de combustible, la cual fue omitida, al no efectuarse dicha inspección.

El día del accidente, La aeronave fue abastecida con 27 galones de combustible, que, sumados a 25 galones remanentes en los tanques después del entrenamiento del día anterior,

totalizaban 47 galones de combustible a bordo, para una autonomía de 04:30 horas de vuelo. Esta cantidad de combustible era suficiente para el vuelo.

El Peso y Balance de la aeronave para el vuelo, se encontraba dentro de límites. Sin embargo, la tripulación diligenció el formato de Peso y Balance antes de aprovisionar combustible, con “full combustible”, siendo este un dato no real.

Los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia establecen que, para cumplir con vuelo VMC, se debe tener contacto visual con el terreno de manera vertical y horizontal.

Las condiciones meteorológicas del Aeródromo de Guaymaral eran visuales. No obstante, las condiciones meteorológicas en el área de entrenamiento SKE25, asignada al vuelo del HK1573G, eran VMC en altura (“VMC on top”), es decir, no permitían el contacto visual con el terreno debido a la presencia de niebla baja.

La tripulación del HK1573 despegó y cumplió la práctica común entre los Operadores de Guaymaral, en el sentido que un primer vuelo del día con Instructor reportaba las condiciones meteorológicas del área.

El Piloto Instructor del HK1573 reportó condiciones visuales en las áreas, y se mantuvo en el área SKE25, sin considerar que no existían condiciones visuales verticales, es decir, no había contacto con el terreno por la presencia de niebla baja.

Con el retorno de la aeronave al servicio, probablemente se desprendieron partículas metálicas oxidadas dentro de la selectora de combustible, las cuales se adhirieron a los filtros de la selectora, obstruyendo el paso de combustible hacia el carburador.

La obstrucción del paso de combustible ocasionó la disminución de las rpm y la pérdida parcial de potencia del motor, que impidió mantener la altura y la velocidad.

La aeronave perdió continuamente velocidad y/o altura, y solicitó al ATC prioridad para aterrizar en Guaymaral, y el servicio de Bomberos.

Posteriormente, cuando la aeronave descendía lateralmente al VOR de Zipaquirá, la tripulación solicitó al ATC proceder a la Pista Las Acacias, probablemente ante la imposibilidad de alcanzar el Aeródromo de Guaymaral.

Aproximadamente un (01) minuto después, la tripulación notificó “en el momento estoy virando”; y luego “intentaré llegar a Las Acacias”.

La aeronave no efectuó posteriores llamados al ATC, ni a otra estación.

La aeronave efectuó varios virajes, por debajo de 1000 pies sobre el terreno, probablemente en un esfuerzo de la tripulación por encontrar condiciones visuales.

La aeronave entró en condiciones IMC, niebla baja, y el plano derecho impactó contra un árbol de aproximadamente 50 m de altura. La aeronave perdió el control e impactó el terreno, en forma vertical 107 metros más adelante del impacto contra el árbol.

La aeronave se destruyó y los dos ocupantes fallecieron en el impacto.



No se presentó incendio pre ni post impacto.

Se determinó que el motor y la hélice se encontraban en buen estado, y que el motor estaba generando alguna potencia en el momento del impacto.

Así mismo, se determinó que la cantidad de combustible era suficiente para efectuar el vuelo, que el avión contaba con combustible remanente al momento del impacto, y que el combustible no estaba contaminado.

### **3.2. Causa(s) probable(s)**

Obstrucción del flujo de combustible al motor, como consecuencia de la acumulación de óxido que se formó en los filtros de la selectora de combustible.

Mal funcionamiento de la planta motriz, por no tener el suministro adecuado de combustible, lo cual ocasionó un rango limitado de la potencia del motor (rpm).

Pérdida de condiciones visuales por parte de la tripulación, al ingresar en una capa de neblina baja, ante la pérdida de altura, originada por la baja potencia del motor, circunstancia que produjo desorientación a la tripulación y el impacto contra un obstáculo, desencadenando el accidente.

Deficiente análisis de riesgo durante la preparación del vuelo por parte de Despacho y de la Tripulación, en lo que se refiere a las condiciones meteorológicas del sector para este tipo de operación, las cuales se encontraban limitadas por presencia de nubosidad baja sobre el área.

Deficientes estándares del Centro de Instrucción relacionados con las condiciones mínimas de visibilidad vertical para la realización de vuelos en las áreas de entrenamiento, así como insuficiente seguimiento y control de los vuelos para brindar apoyo en la toma de decisiones a las tripulaciones.

### **3.3. Factores Contribuyentes**

Deficientes procesos de mantenimiento preventivo a la selectora de combustible, por cuanto no se le efectuó el servicio ordenado por el fabricante y no se le aplicó un programa adecuado de preservación y mantenimiento preventivo durante el tiempo que la aeronave no estuvo operando.

Condiciones meteorológicas relacionadas con la presencia de nubes bajas, en inmediaciones del área donde se efectuaba el entrenamiento.

## **Taxonomía OACI**

SCF-NP:      Falla de sistema o componente no motor

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

## 4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

### AL TALLER AERONÁUTICO DE REPARACIONES AEROANDES S.A.

#### REC. 01-201749-1

Mejorar los programas de mantenimiento y la capacitación del personal de mantenimiento, en el sentido de garantizar la inspección completa de componentes (como las selectoras de combustible), que pueden estar sometidas a desgastes, oxidación u otras condiciones, por su tiempo de uso, características de operación o por encontrarse en desuso durante tiempo prolongado. Será necesario programar inspecciones o pruebas adicionales a las establecidas por el fabricante.

### AL CENTRO DE INSTRUCCIÓN AEROANDES S.A.

#### REC. 02-201749-1

Implementar un procedimiento que permita conocer las condiciones meteorológicas en las áreas de entrenamiento, y establecer los mínimos requeridos para operar en dichas áreas bajo VFR. Estos mínimos deben contemplar el contacto visual con el terreno, de manera que permita en todo momento un eventual aterrizaje de emergencia.

#### REC. 03-201749-1

Fortalecer los procedimientos de control y seguimiento de los reportes realizados por parte del área de Operaciones y Mantenimiento con el fin de prever una gestión del riesgo adecuada por parte del Departamento de Seguridad Operacional de la Escuela.

### A LA AUTORIDAD AERONÁUTICA COLOMBIANA

#### REC. 04-201749-1

Dar a conocer el presente Informe de Investigación a las Escuelas de Aviación y a los Operadores de Aviación General que operan el equipo PA28, para que apliquen las recomendaciones, según sea pertinente, y se tenga en cuenta el Informe para mejorar los Sistemas de Gestión de Seguridad Operacional.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

## Anexo 1

### Transcripción de Comunicaciones

Durante los momentos previos a la emergencia, y durante la misma, se tuvieron las siguientes comunicaciones entre la tripulación del HK1573G y el Control de Tránsito Aéreo, en este caso la Torre de Guaymaral, desde el momento que ingresó la aeronave a la zona de entrenamiento; luego se registran las comunicaciones al presentarse la falla, 8 nm al oriente del VOR de Zipaquirá, y continúan hasta antes del impacto con el terreno, así:

**07:05:12 HL.**

Instructor: El 1573 está establecido en la 25 entre 10.500 y 11.000 pies

Controlador GYM: Enterado.

**07:32:39 HL.**

Instructor: Superficie (SIC) Aeroandes 1573.

Controlador: Prosigue 1573.

Instructor: El Aeroandes 1573 solicita prioridad para aterrizar.

Controlador: Recibido... pista 11 y notifique posición Polo, requiere alguna... solicitud?

Instructor: Afirmativo; solicito bomberos.

Controlador: Recibido, informando.

**07:33:49 HL**

Instructor: Torre Aeroandes 1573

Controlador: Prosigue

Instructor: Cancelo Guaymaral y procedo a Las Acacias.

Controlador: Recibido Las Acacias 1573

**07:33:55 HL**

Instructor: En el momento estoy virando...

Controlador: 1573 atento con una aeronave que se encuentra vertical Las Acacias con 10.600 pies.

**07:34:20 HL**

Instructor: Control de 1573

Controlador: Prosigue

Instructor: Intentaré llegar a Las Acacias...

**07:35:05HL.**

Controlador: Activa emergencia llamando SEI.


## Anexo 2

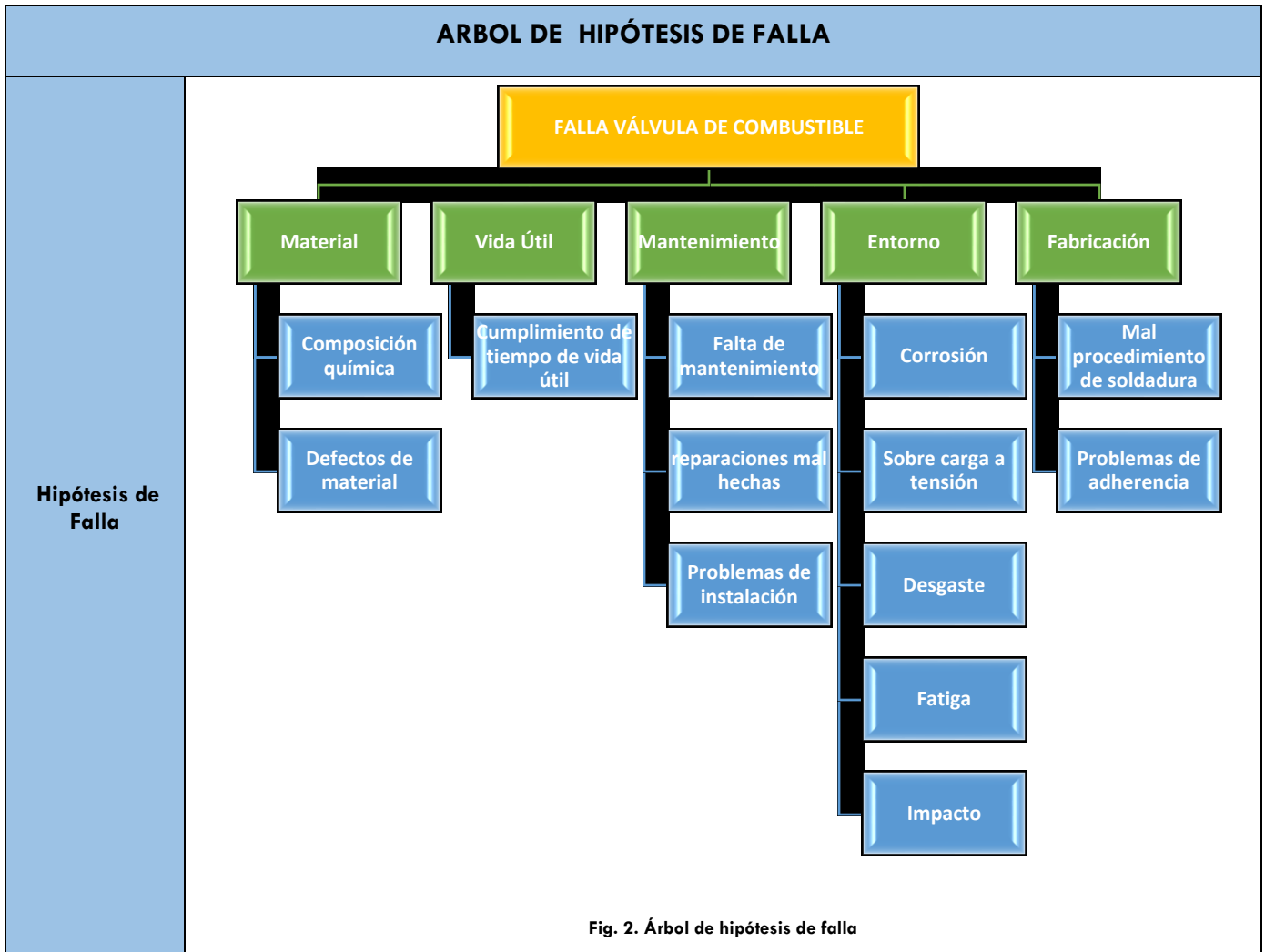
### Resultado del análisis de metales de la selectora de combustible

#### INFORMACIÓN

#### OBJETIVO

Realizar análisis de falla de válvula de combustible, para determinar si la falla se produjo antes o después del accidente de la aeronave.

ITEM	IDENTIFICACIÓN PIEZA	ENSAYO
1.	 <p data-bbox="451 1167 721 1192">Fig. 1. Válvula de combustible</p>	<p data-bbox="1031 842 1430 1031">Análisis fractográfico Análisis microfractográfico Análisis metalográfico Microscopia electrónica de barrido (SEM) Concepto de falla</p>



## RESULTADOS

## FRACTOGRAFÍA

Zona de Falla en la válvula

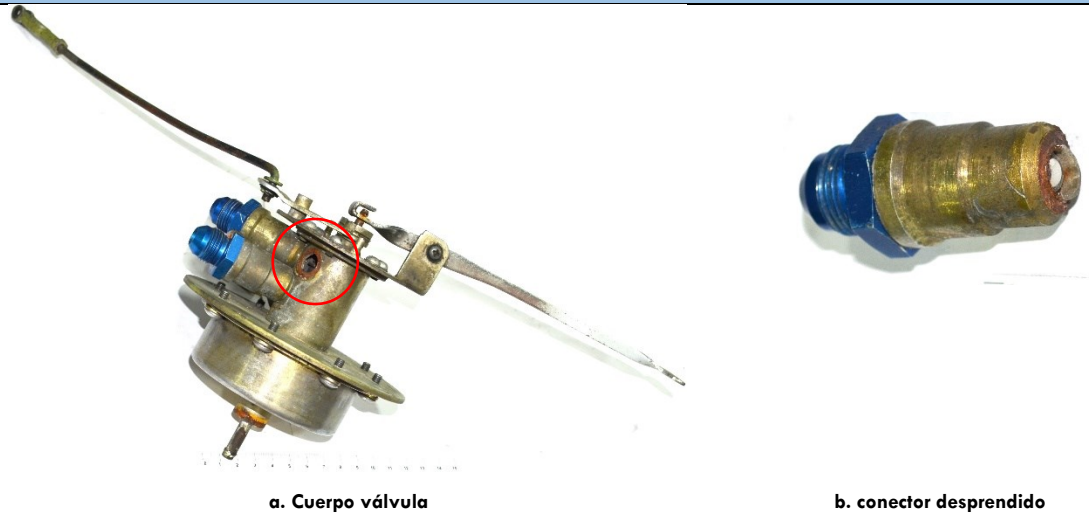


Fig. 3. Válvula de combustible, en el recuadro se observa la zona de donde se desprendió uno de los conectores.

Faceta de la grieta en el cuerpo de la válvula

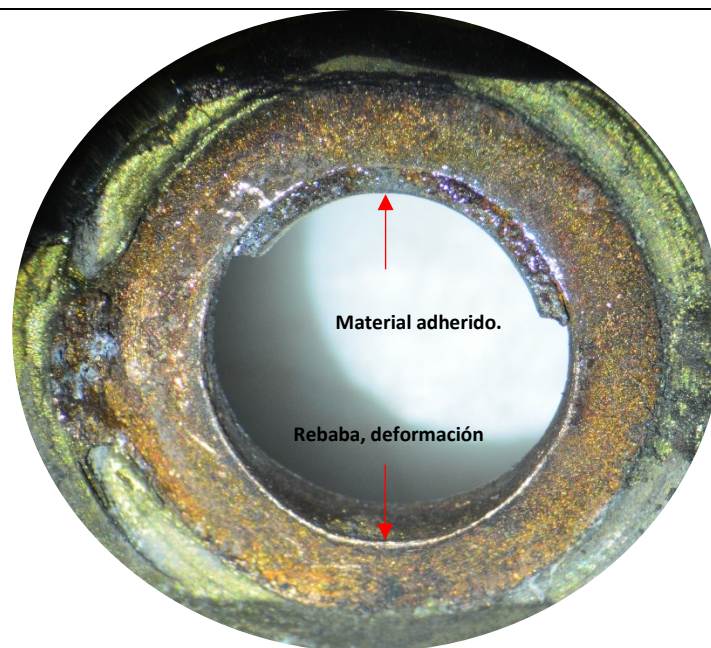


Fig. 4. X 7, Grieta sobre el cuerpo, se observa un recubrimiento de color dorado, hay material adherido corroído y hay una rebaba formada por deformación. No se identifica un punto de inicio de grieta único, la pieza fallo en su conjunto, el daño es súbito.

Faceta de la grieta en el conector de la válvula

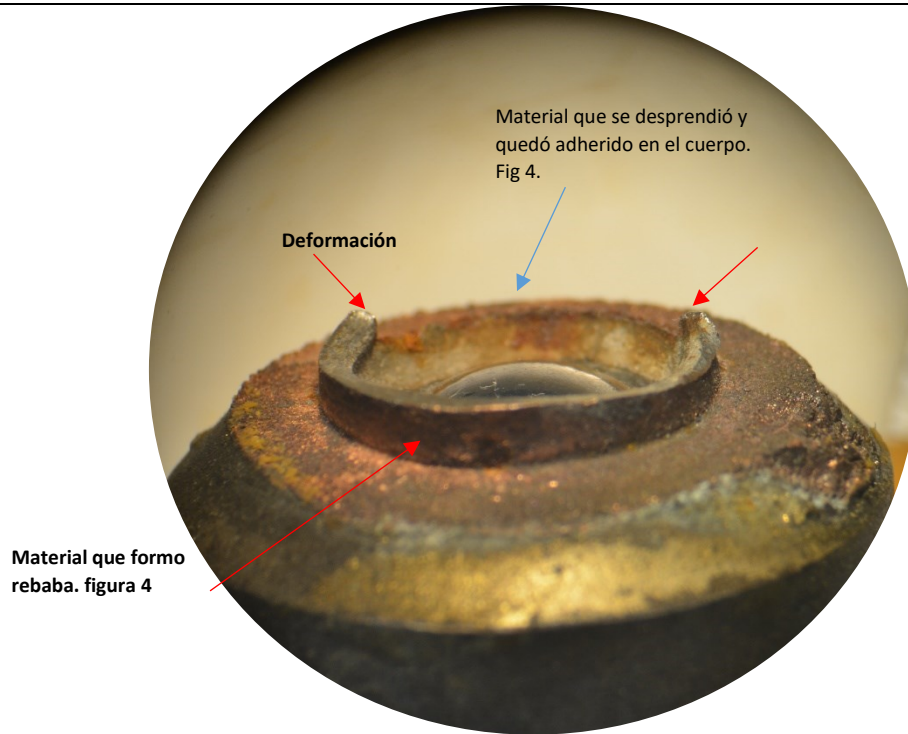


Fig. 5. X7 vista lateral zona de falla conector, en esta faceta de la grieta se encuentra el material que causó la rebaba en la figura 4, y se observa el desprendimiento de material que quedo en la faceta de grieta del cuerpo. hay deformación de material.

Faceta de la grieta en el conector de la válvula

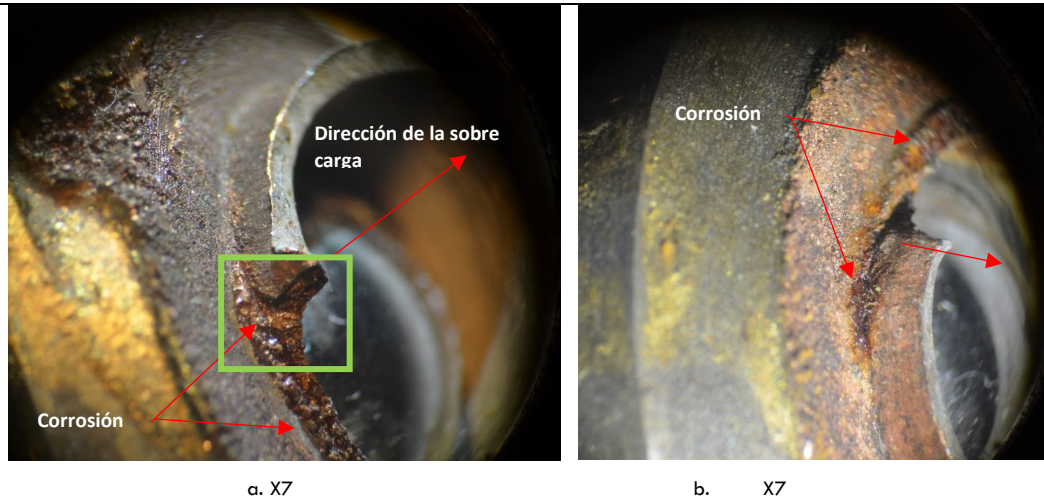


Fig. 6 X7 vista lateral material desprendido en el conector. Corrosión y levantamiento del material por sobrecarga. Los rastros de corrosión están sobre el material desprendido y sobre la grieta producida en el evento de falla.

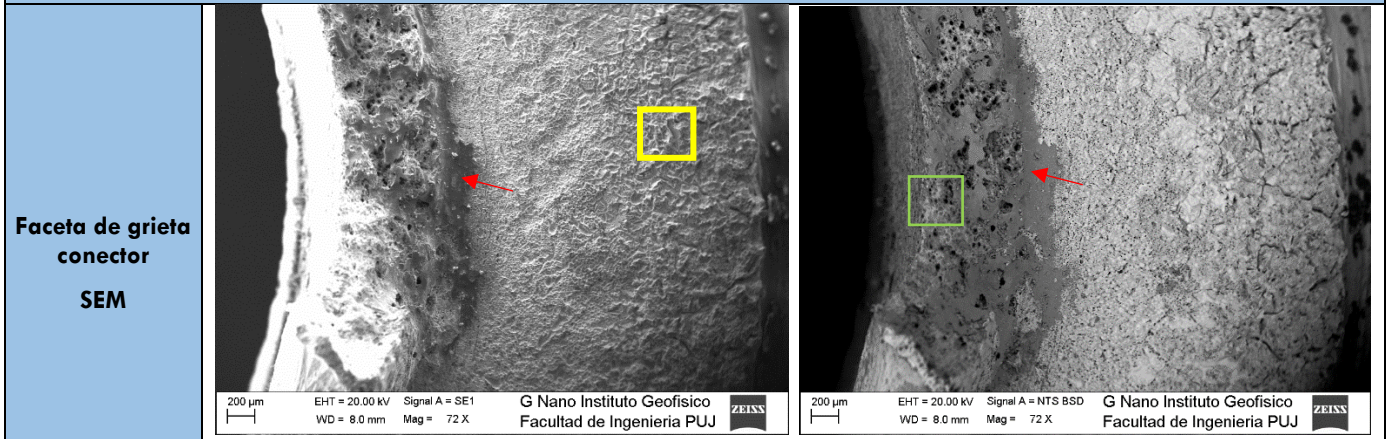


**Comentarios**

Las facetas de las grietas tanto en cuerpo como en el conector muestran que el evento fue súbito con un desprendimiento de material desde el conector al cuerpo de la válvula. Es evidente que hay un compuesto dorado entre el material del cuerpo de la válvula y el conector, probablemente cobre. La unión de acuerdo a esta evidencia ha utilizado cobre como material de aporte. El desprendimiento de material entre el cuerpo y el conector evidencia que había adherencia entre el cuerpo y el conector antes del evento de falla o accidente.

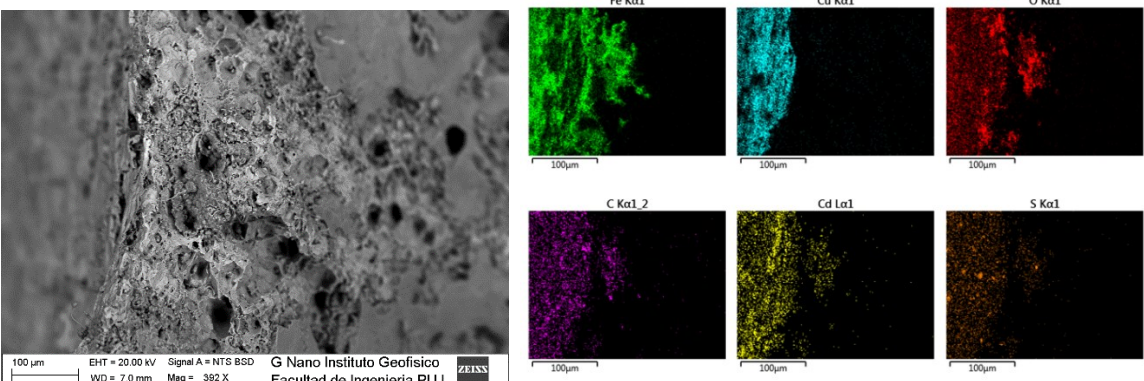
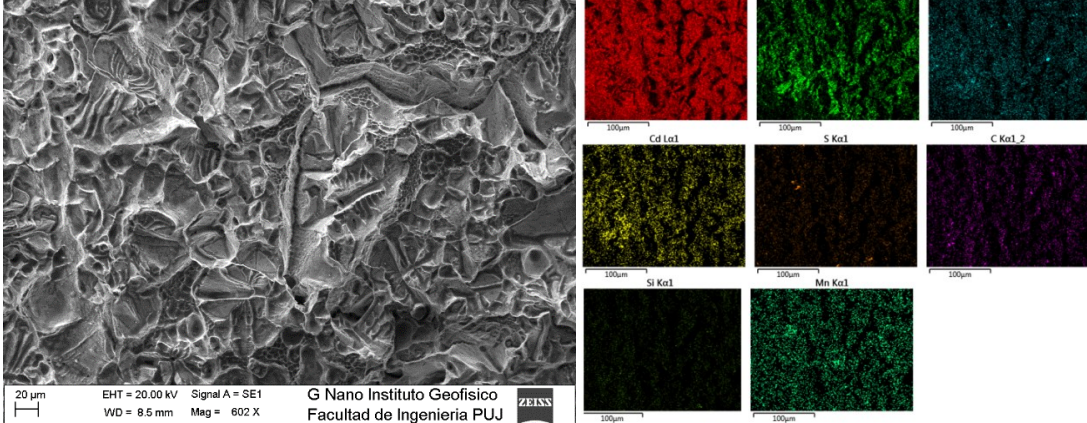
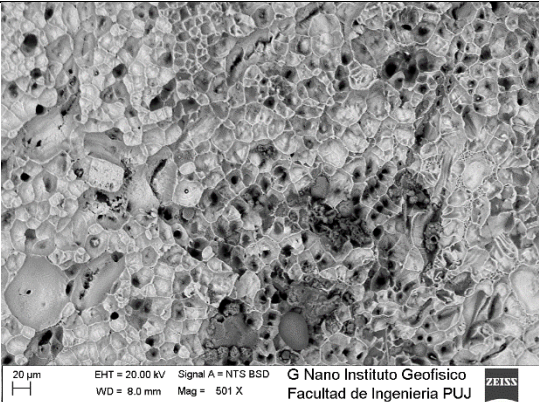
**Se encuentran vestigios de corrosión en el filtro de combustible.**

**MICRO – FRACTOGRAFÍA**



**Fig. 8. X72 Vista superior faceta de falla conector (fig. 6 recuadro verde). En la zona de desprendimiento de material se observan microvacíos relacionados con una falla dúctil, también se aprecian residuos corrosivos que solo se extienden sobre la zona del material desprendido.**

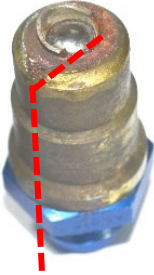
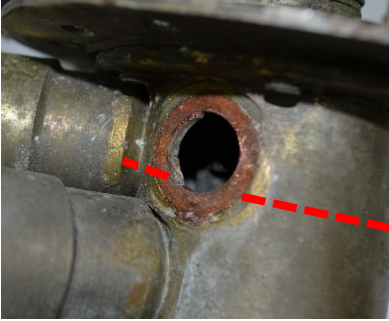


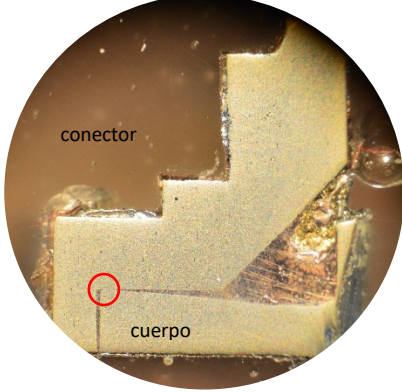

<p><b>Faceta de grieta conector</b> <b>SEM</b></p>	 <p><b>Fig. 9. X 392, recuadro verde fig 8, Microvacíos sobre zona de material desprendido en el conector, se observan rastros de corrosión, estos rastros se formaron posterior al desprendimiento de material. Mapeo químico, se identifica que los residuos son óxidos de hierro, adicionalmente hay cobre de la soldadura, cadmio del recubrimiento de protección y azufre. El azufre probablemente provienen de los sulfuros.</b></p>
<p><b>Faceta de grieta conector</b> <b>SEM</b></p>	 <p><b>Fig. 10 X 602, Recuadro amarillo fig. 8, rotura intergranular de la capa de cobre, se identifican dendritas. El mapeo químico confirma que la capa dorada es cobre, que contiene hierro, cadmio, azufre, silicio y manganeso. No es posible relacionar el contenido de azufre.</b></p>
<p><b>Faceta de grieta conector</b> <b>SEM</b></p>	 <p><b>Fig. 11. X 501, formación de microvacíos en la faceta de la grieta sobre la zona recubierta por cobre. Este tipo de falla indica que el proceso de falla fue por sobrecarga y la falta de deformación en el cobre, se puede relacionar a que esta sobrecarga fue súbita.</b></p>

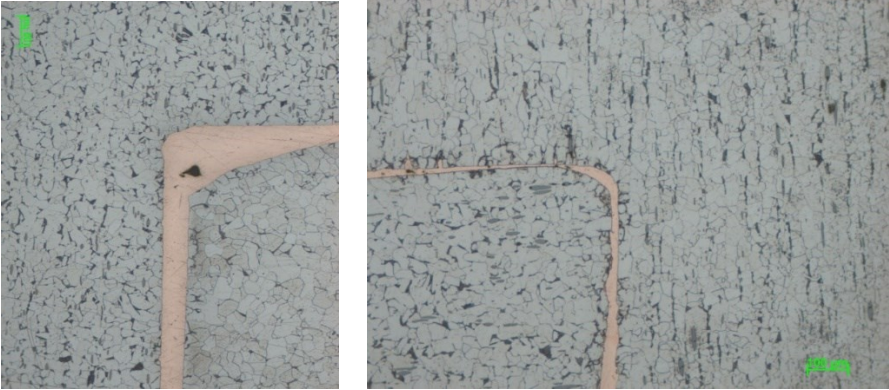

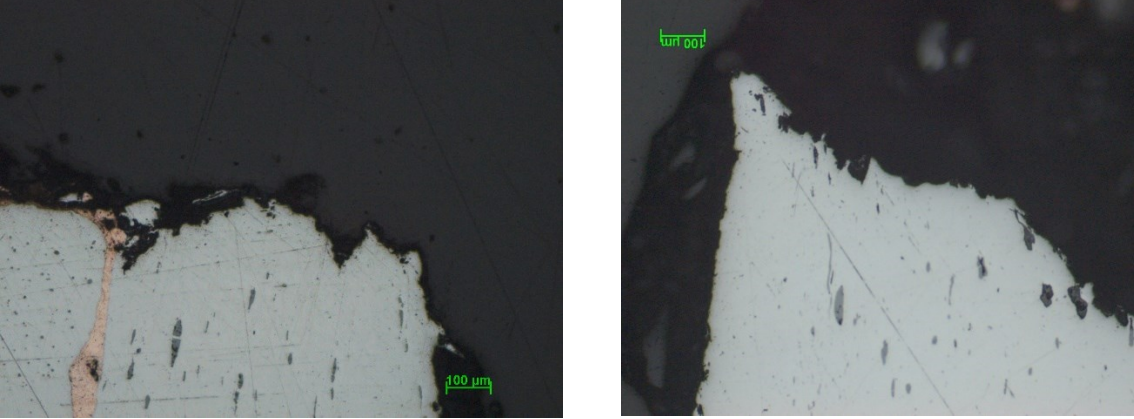
**Comentarios:** La micro fractografía permite determinar que el conector y el cuerpo de la válvula fueron expuestos a sobre carga súbita generando fracturas dúctiles (microvacíos) y fracturas

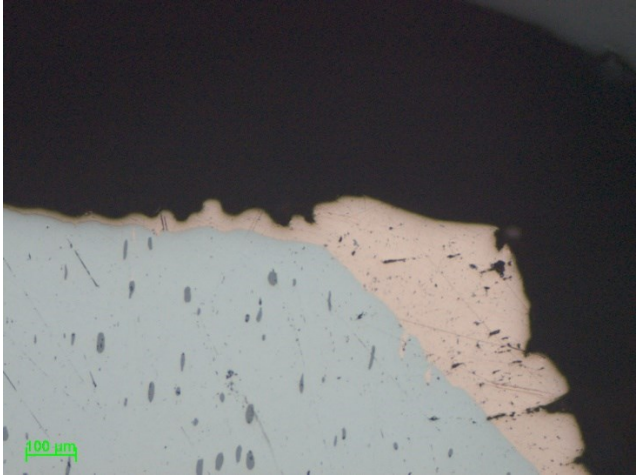
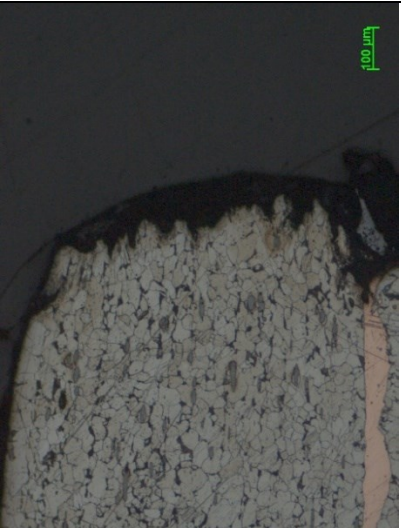
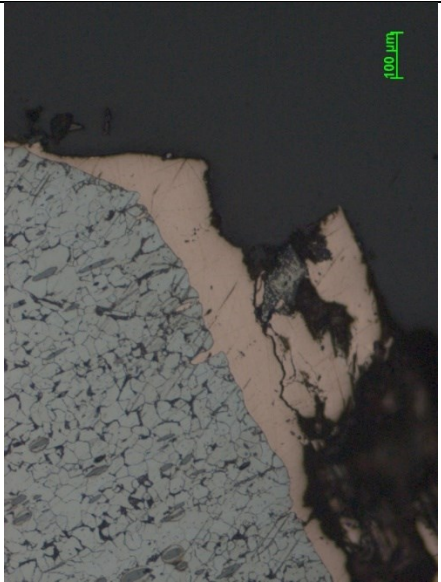
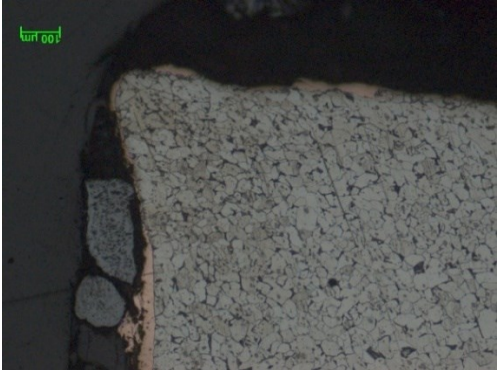
frágiles (dendritas desprendidas), que la falla se inició y se propagó por el material de unión entre el cuerpo y el conector, es decir, el cobre; parte del material del conector quedó adherido al cuerpo de la válvula, confirmando que el fenómeno fue súbito y que existía adherencia entre las partes soldadas. La corrosión encontrada fue sobre el material del conector que se desprendió en la falla, la corrosión está compuesta principalmente por óxido de hierro y la evidencia indica que se formó después del daño y no antes.

**ANÁLISIS METALGRÁFICO**

<p><b>Cortes metalográficos</b></p>	 <p>a. Conector corte longitudinal</p>	 <p>b. Cuerpo corte longitudinal</p>
<p><b>Fig. 12.</b> Se realiza corte longitudinal de la zona de falla en el conector y en el cuerpo. Por otro lado, estos cortes se realizan en un conector sin daño para compararlo con la falla. La línea punteada muestra los cortes de análisis.</p>		

<p><b>Corte longitudinal Conector-cuerpo en buen estado</b></p>	 <p>a. X 7. Corte longitudinal, punto de unión cuerpo y conector. Cobre en el medio.</p>	 <p>b. X 100. Recuadro izq.</p>
<p><b>Fig. 13.</b> Se observa la capa de cobre que une el cuerpo de la válvula con el conector, hay adherencia y algunos poros pequeños en el cobre &lt;0.1 mm. La figura b, se ha volteado para permitir entenderla con la figura a.</p>		

<p><b>Corte longitudinal</b> <b>Conector cuerpo en buen estado</b></p>	 <p><b>Fig. 14.</b> X 100 nital 2%, adherencia entre cobre y las piezas soldadas, conector y cuerpo. Se observa buena adherencia entre todas las partes del sistema (conector, cuerpo y material aporte).</p>
<p><b>Vista corte longitudinal cuerpo zona de falla</b></p>	 <p><b>Fig. X 15,</b> Corte longitudinal cuerpo, zona de falla. Deformación y arranque de material del conector que quedó adherido al cuerpo (flecha roja). Corte figura 12b.</p>
<p><b>Sección Longitudinal</b> <b>Zona de falla.</b></p>	 <p><b>a.</b> X 100 punto de falla.                      <b>b.</b> X 100 punto de falla</p> <p><b>Fig. 16.</b> Zona de rotura entre válvula y cuerpo. Se observa la deformación de material y rotura sobre la posición de las inclusiones. En la figura a, parte del material del conector quedó adherido al cuerpo de la válvula. Recuadro amarillo, y recuadro verde fig. 16.</p>

<p><b>Sección Transversal</b></p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a. X 100, zona de rotura sobre material de aporte.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>b. X100, material adherido cuerpo.</p> </div> </div> <p><b>Fig. 17.</b> Nital 2%, se observa la rotura por sobre carga que presenta tanto el acero base, como el material de aporte de cobre. La rotura es transgranular. En la figura b, se observa la deformación del material en sentido de la deformación.</p>
<p><b>Sección Longitudinal zona de falla conector</b></p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>a. X 100.</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>b. X 100</p> </div> </div> <p><b>Fig. 18.</b> Nital 2%. Zona de rotura de material base bajo sobrecarga a tensión y deformación del material en dirección de la sobre carga.</p>

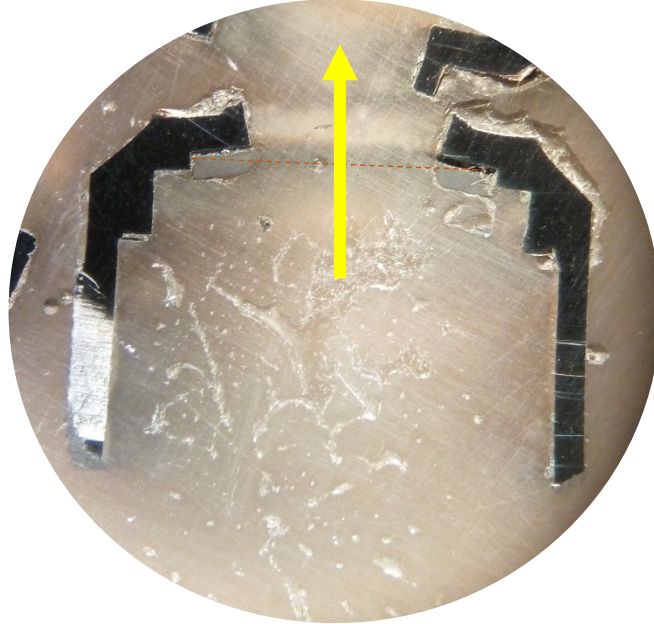
**Corte longitudinal conector**

Fig. 19. X10, corte al conector, se observa la deformación en sentido de la sobre carga. Flecha amarilla indica dirección de la sobre carga, mientras que la línea punteada muestra la deformación del conector producto de la sobre carga súbita.

**Comentarios:**

El estudio metalográfico muestra que se presentó sobrecarga en las zonas de rotura, no hay evidencia de procesos corrosivos que hayan actuado previo a la falla.

La unión entre el cuerpo y el conector con el cobre es buena, e incluso en una zona del cuerpo, parte del material del conector se desprendió por sobrecarga y quedó adherido al cuerpo.

**VALIDACIÓN DEL ÁRBOL DE HIPÓTESIS DE FALLA**

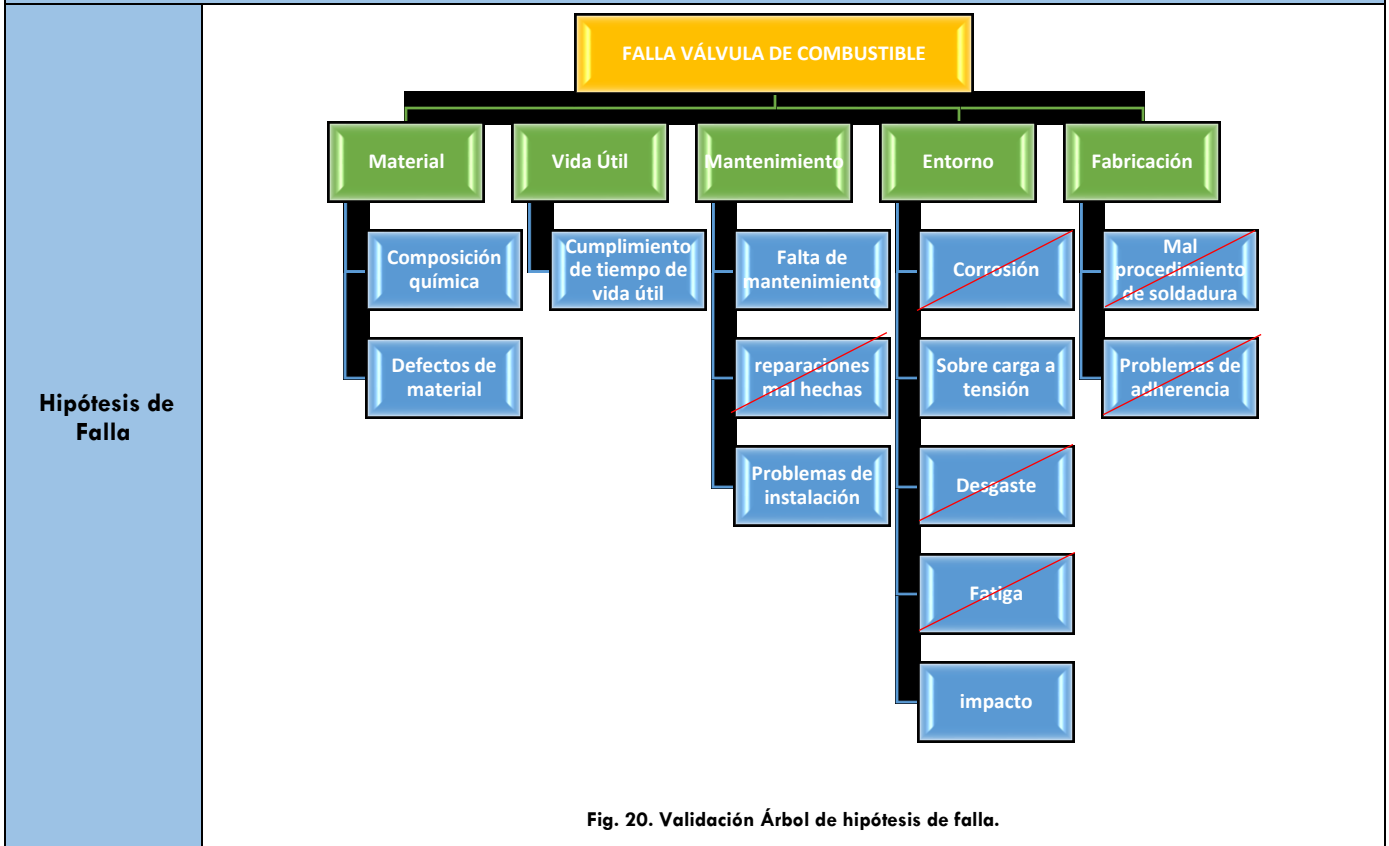


Fig. 20. Validación Árbol de hipótesis de falla.

**Hipótesis de Falla**

Con los resultados de laboratorio y el estudio de la evidencia se puede rechazar las siguientes hipótesis:

Respecto a mantenimiento, solo se puede rechazar la relacionada con reparaciones, debido a que no se encontró evidencia de las mismas.

En entorno, se descarta corrosión como factor en la falla, debido a que no existía antes de la falla. No hay huellas de desgaste, y no se presentó un crecimiento en el tiempo de la falla, por lo que tampoco hay fatiga.

En fabricación, se descartan las hipótesis dado que la evidencia muestra que existe una buena unión entre el conector y el cuerpo de la válvula, a través del material de cobre.

**Comentarios**

Las hipótesis que no se rechazan son:

En material, hay un grado importante de inclusiones de sulfuro en los componentes del conector como del cuerpo de la válvula, estos contenidos reducen la resistencia de los materiales. En cuanto a composición química, no se tiene información técnica de la pieza, por lo que no se descarta.

En vida útil, no se descarta el cumplimiento de tiempo de vida, porque no hay información de mantenimiento ni información técnica del componente.

En mantenimiento, no se descarta porque no hay información al respecto.

En entorno, la evidencia apunta que la falla se presentó por sobrecarga a tensión de manera súbita, es decir, impacto.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Al analizar el conector desprendido y el cuerpo de la válvula, lo primero que se identifica es que la falla fue súbita y por sobre carga, fallando en el punto de menor resistencia, en este caso el material de la soldadura que es el cobre. Aunque se encontraron pequeños poros entre la unión de cobre, en las zonas analizadas se observa buena unión entre el conector, cuerpo de la válvula y material de aporte, cobre.

Se detectó corrosión sobre la faceta de grieta proveniente del material del conector que quedó en el cuerpo, al analizar este daño se observa que se produjo posteriormente a la falla, afectando al metal que quedó expuesto al medio ambiente. No hay evidencia de un proceso de corrosión anterior al accidente.

La microscopía electrónica de barrido mostró que el material base del conector y el cuerpo es un metal ferroso que tiene un recubrimiento de cadmio, que fue soldado entre sí usando como material de aporte cobre. La falla se presentó sobre el recubrimiento, aunque parte del conector quedó en el cuerpo de la válvula, demostrando que la unión entre cuerpo y conector era buena.

Toda la evidencia indica que la falla se produjo por una sobrecarga súbita, probablemente a causa de un impacto.

## CONCEPTO DE FALLA

*La causa probable de falla de la válvula ha sido sobre carga súbita que desprendió el conector del cuerpo de la válvula sobre la zona más débil, en este caso el material de unión o de aporte que es el cobre.*

## CONCLUSIONES

- Se observa buena adherencia entre el conector y el cuerpo de la válvula, con el material de aporte, cobre.
- **Aunque se encuentran óxidos dentro del filtro de la válvula**, No se encuentran indicios de un proceso corrosivo previo al evento de falla en las zonas donde se presentó el daño y/o zonas aledañas.
- El desprendimiento del conector del cuerpo de la válvula fue un proceso súbito por sobrecarga, que se relaciona con un impacto.

### NOTA:

1. Las letras indican el Tipo A=Sulfuro, B=Aluminato, C=Silicato y D=Óxido. El número indica el Nivel de severidad, de 1 a 5, siendo 1 el contenido mínimo, y seguidos por las letras F o G para finos o gruesos respectivamente.
2. Los análisis y resultados obtenidos en el presente informe solo aplican a las muestras suministradas por El Cliente.

3. realiza los ensayos con laboratorios acreditados o en proceso de acreditación, los equipos utilizados tienen sus respectivos soportes de calibración.
4. El uso y aplicación de los resultados del presente informe son responsabilidad del cliente.

**EQUIPOS UTILIZADOS PARA LOS ANÁLISIS DEL PRESENTE INFORME:**

- **Metalografía:** MICROSCOPIO TRIOCCULAR INVERTIDO MARCA CARL ZEISS DE ALEMANIA, MODELO AXIO VERT A1 MAT. (26 – Oct - 2018)
- **Microscopía Electrónica de Barrido:** MICROSCOPIO ZEISS EVO hD.

**NORMAS Y REFERENCIAS UTILIZADAS PARA LOS ANÁLISIS DEL PRESENTE INFORME:**

- **Metalografía:** ASTM E7-15, E 3-11, E 340 – 15 y E 407 – 15.



**GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES**

**Av. Eldorado No. 103 – 15, Piso 5°.  
investigacion.accide@aerocivil.gov.co  
Tel. +57 1 2963186  
Bogotá D.C. - Colombia**



Grupo de Investigación de Accidentes

**GRIAA**

GSAN-4.5-12-035



**AERONÁUTICA CIVIL**  
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL