



INFORME FINAL

# INCIDENTE GRAVE

COL-22-82-DIACC  
Excursión de pista

Salida de pista por falla del sistema de control de dirección

Cessna 750 Citation X  
Matricula N156VP

29 de diciembre de 2022

Aeropuerto José María Córdoba, Rionegro, Antioquia -  
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

<b>SIGLAS</b> .....	<b>5</b>
<b>SINOPSIS</b> .....	<b>6</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>6</b>
<b>1. INFORMACIÓN FACTUAL</b> .....	<b>7</b>
1.1    Reseña del vuelo .....	7
1.2    Lesiones personales .....	9
1.3    Daños sufridos por la aeronave .....	9
1.4    Otros daños .....	9
1.5    Información personal.....	10
1.5.1    Piloto.....	10
1.5.2    Copiloto.....	11
1.6    Información sobre la aeronave y el mantenimiento.....	11
1.6.1    Aeronave .....	11
1.6.2    Motores.....	12
1.7    Información Meteorológica.....	12
1.8    Ayudas para la Navegación .....	12
1.9    Comunicaciones y Tránsito Aéreo .....	12
1.10   Información del Aeródromo.....	12
1.11   Registadores de Vuelo.....	13
1.11.1   Otros registros .....	13
1.12   Información sobre los restos de la aeronave y el impacto .....	13
1.13   Información médica y patológica.....	14
1.14   Incendio .....	14
1.15   Aspectos de supervivencia .....	14
1.16   Ensayos e investigaciones.....	14
1.16.1   Pruebas de espectrometría cable acero aleación 4130 .....	17
1.16.2   ¿Por qué el análisis de las pruebas OES? .....	18
1.16.3   Análisis metalográfico .....	19
1.16.4   Ensayos mecánicos .....	20
1.17   Información orgánica y de dirección.....	21
1.18   Información adicional .....	21
1.18.1   Sistema de control direccional .....	21

1.18.2	Sistema de control direccional aviones pequeños .....	21
1.18.3	Sistema control direccional de aviones grandes .....	21
1.18.4	Información de aspectos operacionales.....	24
1.19	Técnicas útiles o eficaces de investigación.....	24
<b>2.</b>	<b>ANÁLISIS .....</b>	<b>25</b>
2.1	Operaciones de vuelo .....	25
2.2	Factores de mantenimiento.....	25
2.2.1	Mantenimiento de la aeronave.....	25
2.2.2	Sistema de reversibles de los motores .....	25
2.2.3	Sistema de control direccional en tierra .....	25
2.2.4	Análisis del cable de control de dirección derecho .....	27
<b>3.</b>	<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
3.1	Conclusiones .....	28
3.2	Causa probable.....	30
3.3	Factores Contribuyentes .....	30
3.4	Taxonomía .....	30
<b>4.</b>	<b>RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL.....</b>	<b>31</b>

## SIGLAS

AMM:	Manual de mantenimiento de aeronaves
AGL	Por encima del nivel del suelo
ATC	Control de Tránsito Aéreo
DIACC	Dirección Técnica de Investigación de Accidentes – Autoridad AIG Colombia
GS	Velocidad de tierra (Ground speed)
HL	Hora Local
KIAS	Velocidad indicada en nudos
METAR	Informe Meteorológico Rutinario de aeródromo
NTSB	National Transportation Safety Board – Autoridad AIG de EEUU
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OES	Sistema estequiométrico óptico.
POH	Manual de Operaciones del Piloto
SAE	Sociedad de ingenieros automotrices
SEI	Servicio de extinción de incendios
SMS	Sistema de gestión para seguridad operacional
UTC	Tiempo Coordinado Universal
VFR	Reglas de Vuelo Visual
VMC	Condiciones Meteorológicas Visuales

## SINOPSIS

<b>Aeronave:</b>	Cessna 750 Citation X, N156VP
<b>Fecha y hora:</b>	29 de diciembre de 2022, 18:27 UTC
<b>Lugar:</b>	Aeropuerto José Ma. Córdoba, Rionegro, Antioquia, Colombia
<b>Coordenadas:</b>	N 06°02'2.43" W 075°25'25.85"
<b>Tipo de Operación:</b>	Aviación General Privada
<b>Número de ocupantes:</b>	Once (11)
<b>Taxonomía OACI:</b>	SFC-NP: Falla de sistema o componente no motor.

## RESUMEN

El 29 de diciembre de 2022, la aeronave modelo Cessna 750 Citation X de Aviación General Privada, con matrícula N156VP, realizó un vuelo privado desde el aeropuerto Marcos A. Gelabert de Panamá, (OACI: MPMG), hacia el aeródromo José María Córdoba (OACI: SKRG), ubicado en el municipio de Rionegro, Antioquia, con 11 ocupantes a bordo.

El vuelo se desarrolló normalmente hasta la aproximación de la aeronave a la pista 01 de Rionegro. Una vez que la tripulación activó los reversos de los motores, se presentó un cambio brusco de la dirección de la aeronave hacia la izquierda. Las acciones realizadas por el PF no dieron resultado, y la aeronave abandonó la pista por el costado izquierdo, hacia la zona de seguridad, en donde se detuvo.

La tripulación aseguró la aeronave y asistió a los ocupantes en la evacuación la cual realizaron por sus propios medios, resultando ilesos. La aeronave terminó con la fractura de la compuerta izquierda del tren principal de aterrizaje. La investigación determinó que el accidente ocurrió por las siguientes causa probable:

- Excursión de pista, como consecuencia de la desconexión del sistema del cable derecho del control direccional, por asimetría de tensiones del cable de control direccional izquierdo, que hizo que el tren de aterrizaje de nariz girara hacia la izquierda y que el avión abandonara la pista hacia la zona de seguridad.

Como factores contribuyentes se encontraron los siguientes:

- Aproximación desestabilizada, por alta velocidad de aproximación y de aterrizaje, que contribuyó a la magnitud de la excursión de pista.
- Ausencia en la organización de mantenimiento contratada por el Operador, de procedimientos de inspección al sistema de control direccional, establecidos en el manual de mantenimiento, y que resultó en:
  - Carencia de un procedimiento de inspección de mantenimiento estandarizado al sistema de control direccional, que permitiera identificar condiciones incorrectas.
  - Falta de la tuerca de seguridad en el punto de ajuste del cable de control direccional *push rod*, que habría evitado el giro del cable durante la vibración del mismo, en la operación la aeronave.
  - Envejecimiento del cable de control direccional, ante la ausencia de un procedimiento de control de vida útil por parte del operador, o del fabricante.

La investigación emitió cuatro (4) recomendaciones de seguridad operacional.

# 1. INFORMACIÓN FACTUAL

## 1.1 Reseña del vuelo

El 29 de diciembre de 2022, la aeronave modelo Cessna 750 Citation X de Aviación General Privada, con matrícula N156VP, efectuaba un vuelo privado desde el aeropuerto Marcos A. Gelabert de Panamá, (OACI: MPMG), hacia el aeródromo José María Córdoba (OACI: SKRO), ubicado en el municipio de Rionegro, Antioquia.

La aeronave fue abastecida con 733 galones de combustible; a bordo viajaban 11 ocupantes: 2 tripulantes, 1 Técnico de mantenimiento y 8 viajeros, para un peso total de la aeronave, de 32.354 libras de despegue.

La tripulación presentó el Plan de Vuelo bajo reglas de vuelo por instrumentos, con una hora estimada de salida a las 16:30 UTC, nivel de vuelo FL 350, tiempo en ruta de 45 minutos, con una autonomía de 4 horas. De acuerdo con la información ADS-B (Automatic Dependent surveillance, Broadcast), a las 17:35 UTC, la aeronave rodó hacia la pista 19, y a las 17:38 UTC inició el despegue.

El Comandante realizaba labores de Piloto Volando (PF), y el Primer Oficial, de Piloto Monitoreando (PM). A las 18:02 UTC, la aeronave alcanzó un nivel de vuelo de 35.000 pies; el vuelo en ruta se cumplió de acuerdo con el Plan de Vuelo, sin novedades.

A las 18:12 UTC, la aeronave inició el descenso hasta alcanzar 12.000 pies, para efectuar una aproximación ILS hacia la pista 01 del aeropuerto José María Córdoba. De acuerdo con la apreciación de PF al inicio de la aproximación hubo turbulencia moderada, que produjo movimientos de alabeo en el avión.

A las 18:23 UTC, la aeronave interceptó el ILS, y, de acuerdo con lo registrado en el aplicativo Foreflight, mantuvo una velocidad de tierra, GS de 165 nudos, equivalente a 143 nudos KIAS) aproximadamente, es decir, 15 nudos por encima de la velocidad de referencia (Vr) 128 nudos. Los datos mostrados en la pantalla primaria de navegación (ND) registraban viento de cola de 2 nudos aproximadamente.

La tripulación configuró la aeronave de acuerdo con los procedimientos del manual de avión, y aterrizó en la pista 01 del aeropuerto José María Córdoba, a las 18:27 UTC, de manera normal, centrada en la pista y en la zona de toma de contacto (TDZ), sin rebotes. El sistema de speed brake, se activó correctamente.

Pasados 10 segundos aproximadamente después de aterrizar, la tripulación identificó las luces blancas de los reversos en el panel superior, que indicaban el correcto funcionamiento del sistema activó el sistema en ambos motores, de acuerdo con lo indicado en las listas de chequeo de la aeronave.

Sin embargo, cuando las palancas de los aceleradores se pasaron a *desaceleración*, se presentó un cambio brusco de la dirección de la aeronave hacia la izquierda; el PF, inmediatamente, intentó corregir la dirección utilizando el control direccional y el freno derecho, y desactivando los reversos.

Estas acciones no dieron resultado, y la aeronave abandonó la pista por el costado izquierdo, hacia la zona de seguridad. Después de recorrer 185 metros, la aeronave se detuvo, quedando ubicada en las coordenadas N 06°02'2.43" W 07°25'25.5", con rumbo

final de 326°. El ATC realizó el llamado correspondiente al SEI que acudió de inmediato al sitio ubicación de la aeronave; el Piloto se comunicó con la Torre de Control solicitando una inspección visual de posible presencia de fuego o humo

Tanto el ATC como el SEI confirmaron que no se observaba fuego ni humo alrededor de la aeronave. Una vez confirmada la información, el PF aseguró la aeronave y la tripulación asistió a los ocupantes para la evacuación, la cual realizaron por sus propios medios, resultando ilesos. Todos fueron dirigidos a Sanidad Aeroportuaria para su valoración.



**Imagen No. 1: Trayectoria de la aeronave durante la excursión de pista.**

El Incidente Grave ocurrió a las 18:28 UTC, con luz de día, en condiciones VMC; no hubo fuego antes ni después del evento. La aeronave no sufrió daños importantes. Solo terminó con la fractura de la compuerta izquierda del tren principal de aterrizaje.

El aeródromo fue cerrado para toda operación durante 01:38 horas para facilitar la asistencia a la emergencia. Sin embargo, la aeronave solo pudo ser removida del sitio el día siguiente, 30 de diciembre, en horas de la mañana.

La Dirección Técnica de Investigación de Accidentes (DIACC), recibió la notificación del evento por parte del concesionario del aeropuerto José María Córdoba, tan pronto ocurrió el mismo. Se dispuso de dos (2) investigadores quienes se desplazaron a Rionegro para iniciar la investigación respectiva.

Así mismo, se efectuó la Notificación del Incidente Grave a la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y a la National Transport Safety Board (NTSB), de los Estados Unidos, como Estado de diseño, de fabricación y de matrícula de la aeronave.

La NTSB asignó un Representante Acreditado para la investigación. Así mismo, fueron asignados Asesores Técnicos de las empresas Textron y Roll Royce fabricante de la aeronave y de las plantas motrices, respectivamente.



**Fotografía No. 1: Ubicación y estado final de la aeronave N156VP.**

## 1.2 Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Viajeros	Total	Otros
Mortales	-	-	-	-
Graves	-	-	-	-
Leves	-	-	-	-
Ilesos	2	9	11	-
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>-</b>

## 1.3 Daños sufridos por la aeronave

La aeronave sufrió daños en la compuerta del tren de aterrizaje derecho, la cual se fracturó y, se dependió de su soporte principal, acción que sucedió cuando la aeronave salió de la pista y golpeó la zona de seguridad con una superficie de grama y lodo.

## 1.4 Otros daños

Se ocasionaron marcas profundas dejadas por el tren de aterrizaje de la aeronave, sobre la zona de seguridad del aeródromo, teniendo en cuenta que la superficie es de grama y tierra, de consistencia húmeda y blanda.



*Fotografía No. 2: Daños en la compuerta del tren izquierdo.*

## 1.5 Información personal

### 1.5.1 Piloto

<b>Edad:</b>	55 años
<b>Licencia:</b>	ATP Airline Transport Pilot
<b>Certificado médico:</b>	Vigente
<b>Equipos volados como piloto:</b>	Aeronaves mayores a 5700 Kg
<b>Último chequeo en el equipo:</b>	Octubre de 2022
<b>Total horas de vuelo:</b>	6781 horas
<b>Total horas en el equipo:</b>	1436:56 horas
<b>Horas de vuelo últimos 90 días:</b>	183 horas
<b>Horas de vuelo últimos 30 días:</b>	30:05 horas
<b>Horas de vuelo últimos 03 días:</b>	3:43 horas
<b>Horas de vuelo últimas 24 horas:</b>	00:45 horas

Durante la investigación a los documentos del Piloto, se encontró que el certificado médico del Piloto señalaba una limitación visual, la cual le obligaba a utilizar anteojos clínicamente formulados.

El Piloto había efectuado entrenamiento recurrente en simulador, en octubre de 2022, en Miami, Florida, con resultados satisfactorios.

En marzo del 2015, el Piloto al mando debió realizar un reentrenamiento debido a una desviación de una autorización del ATC, por limitación de la competencia lingüística.

## 1.5.2 Copiloto

<b>Edad:</b>	48 años
<b>Licencia:</b>	ATP Airline Transport Pilot
<b>Certificado médico:</b>	Vigente
<b>Equipos volados como piloto:</b>	Aeronaves mayores a 5700 Kg
<b>Último chequeo en el equipo:</b>	Marzo de 2022
<b>Total horas de vuelo:</b>	8500 horas
<b>Total horas en el equipo:</b>	1366:26 horas
<b>Horas de vuelo últimos 90 días:</b>	110:23 horas
<b>Horas de vuelo últimos 30 días:</b>	36:05 horas
<b>Horas de vuelo últimos 03 días:</b>	6:33 horas
<b>Horas de vuelo últimas 24 horas:</b>	00:45 horas

Durante la investigación a los documentos del Piloto, no se encontraron limitaciones referidas en el certificado médico.

El Copiloto había efectuado entrenamiento recurrente en simulador, en octubre de 2022, en Miami, Florida, con resultados satisfactorios. No se encontraron otros documentos de entrenamiento del Primer Oficial.

## 1.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento

### 1.6.1 Aeronave

<b>Marca:</b>	Cessna
<b>Modelo:</b>	750 Citation X
<b>Serie:</b>	7500056
<b>Año de fabricación:</b>	1996
<b>Matrícula:</b>	N156VP
<b>Certificado aeronavegabilidad:</b>	T180840
<b>Certificado de matrícula:</b>	50161142
<b>Fecha de fabricación:</b>	1996
<b>Fecha último servicio:</b>	Agosto 2021
<b>Total horas de vuelo:</b>	6392.7 horas
<b>Total ciclos de vuelo:</b>	4420 horas

EL febrero del 2021 se le habían aplicado a la aeronave las siguientes acciones de mantenimiento:

- Inspección a la estructura de la aeronave, con el fin de prevenir a la corrosión en la zona de la cabina y en el cono de cola por posibles derrames o escapes de fluidos de la aeronave.
- Inspección a los sellos de los parabrisas por condición y correcta instalación.
- Inspección nivel 2 en la viga principal del fuselaje, utilizando las corrientes Eddy, para descartar corrosión, rupturas, en la superficie de la viga.
- Prueba funcional y operacional a la baterías de la aeronave de acuerdo con lo descrito en el manual de mantenimiento.
- Pruebas al sistemas pitot de acuerdo con el programa de mantenimiento.

### 1.6.2 Motores

De acuerdo con la inspección realizada a los documentos, las plantas motrices cumplían con todos los servicios programados de acuerdo con descritos en el programa de mantenimiento del fabricante. El último servicio se les había realizado el 2 de octubre de 2021, cuando se efectuaron, entre otros, los siguientes trabajos:

- Servicio e inspección al arranque del motor.
- Inspección detallada.
- Inspección limpieza a los inyectores del sistema de combustible del motor.
- Inspección boroscópica a la diferentes etapas del motor por objetos extraños.
- Reemplazo de aceite del motor.

### 1.7 Información Meteorológica

Las condiciones meteorológicas para el día del Incidente Grave eran favorables, visuales y no fueron un factor contribuyente al evento.

### 1.8 Ayudas para la Navegación

Las ayudas para la navegación operaban normalmente y no fueron un factor contribuyente para el accidente.

### 1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo

Las comunicaciones entre la tripulación de la aeronave con matrícula N156VP y la Torre de Control del aeropuerto José María Córdoba, en frecuencia 118,6 Mhz se desarrollaron normalmente de acuerdo con la normatividad vigente y no tuvieron incidencia en el Incidente Grave.

### 1.10 Información del Aeródromo

El Aeropuerto Internacional José María Córdoba está ubicado a una elevación de 2.137 m ASL, (7025 pies), en las coordenadas ARP N06o 09' 52,06"/W075o25'22,80". Cuenta con una sola pista de 3.500 metros de longitud, asfaltada y debidamente demarcada. El aeropuerto dispone de radio ayudas de navegación aérea VOR, DME, e ILS.

Todos los servicios del aeródromo estaban disponibles y operaban normalmente. Para la hora del suceso, la pista del aeropuerto José María Córdoba se encontraba seca y las condiciones de operación eran normales.

Los servicios de emergencia reaccionaron oportuna y adecuadamente para atender el evento de la aeronave N156VP.

Ni aeródromo ni sus servicios tuvieron injerencia en el Incidente Grave.

## 1.11 Registradores de Vuelo

La aeronave de matrícula N156VP estaba equipada con registrador de voz, de acuerdo con los parámetros de certificación, el cual fue tomado en custodia por la investigación y enviado a la NTSB para su análisis. Sin embargo, en la inspección se determinó que durante el proceso de remoción de la aeronave desde el sitio del suceso, no se aseguró el sistema de registro y este se borró.

### 1.11.1 Otros registros

La investigación obtuvo información de los datos del vuelo registrados en el aplicativo *Foreflight*, del IPAD que llevaba a bordo el Piloto al mando. Dichos datos fueron procesados con el apoyo de la AAIB, autoridad de investigación de accidentes de Gran Bretaña. De esta manera se determinó la velocidad de tierra (GS) y la altitud de la aeronave, en la parte final de la aproximación y durante el aterrizaje.

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

La tripulación configuró la aeronave de acuerdo con los procedimientos del manual de aviación e interceptó el ILS. La velocidad de final de referencia ( $V_r$ ), según las condiciones de vuelo, debía ser 128 KIAS (150 KTAS).

No obstante, según los registros obtenidos del aplicativo *Foreflight* (del Ipad del Piloto), la velocidad de final fue, en promedio, de 165 nudos GS, lo que equivale a 143 KIAS; es decir, 15 nudos por encima de la velocidad de referencia, configurándose así una aproximación no estabilizada; consecuentemente, la sentada de ruedas se realizó con exceso de velocidad, 143 KIAS (165 nudos GS).

Empero, la aeronave aterrizó centrada en la pista y en la zona de toma de contacto (TDZ), sin rebotes. El sistema de speed brake, se activó correctamente.

Sin embargo, cuando las palancas de los aceleradores se pasaron al sector de *desaceleración*, se presentó un cambio brusco de la dirección de la aeronave hacia la izquierda, en un ángulo aproximado de 20°; el PF, inmediatamente intentó corregir la dirección utilizando el control direccional y el freno derecho, y desactivando los reversos. Estas acciones no dieron resultado, y la aeronave abandonó la pista por el costado izquierdo, hacia la zona de seguridad. La aeronave recorrió 185 metros y se detuvo, quedando ubicada en las coordenadas N 06°02'2.43" W 07°25'25.5", con rumbo final de 326°.

La aeronave no sufrió daños mayores y conservó su integridad. No se evidenció el desprendimiento de partes.

Empero, se ocasionaron daños en la compuerta del tren de aterrizaje izquierdo, como resultado del rozamiento de la compuerta con la superficie de grama en la zona de seguridad.

### 1.13 Información médica y patológica

La tripulación se encontraba apta para el vuelo; presentó los exámenes toxicológicos de rigor, el mismo día del Incidente Grave con resultados negativos.

### 1.14 Incendio

No se presentó incendio antes ni durante el incidente grave.

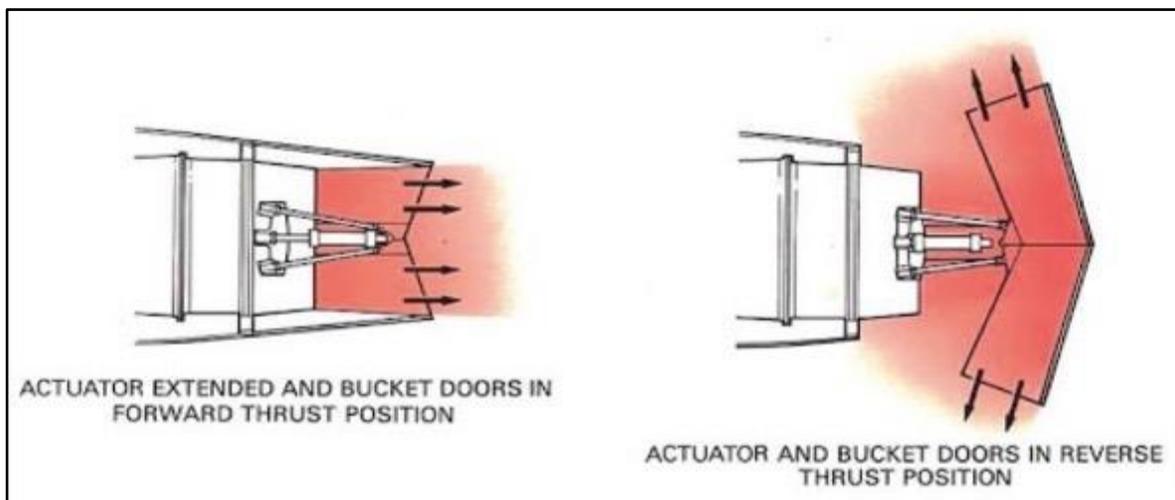
### 1.15 Aspectos de supervivencia

La tripulación y los ocupantes abandonaron la aeronave por su propios medios, de manera normal.

### 1.16 Ensayos e investigaciones

De acuerdo con la naturaleza del evento, inicialmente se contempló una hipótesis relacionada con la incapacidad de despliegue del reversible derecho, condición que posiblemente hubiera contribuido con la excursión de la pista por la parte izquierda. La Dirección Técnica de Investigación de Accidentes DIACC, al conocer la hipótesis inicial, ordenó realizar pruebas funcionales y operacionales a la aeronave y sus sistemas, además de inspeccionar el correcto ajuste del mecanismo de los reversibles de la aeronave.

Se inició la verificación con la inspección del sistema mecánico de los reversibles, de acuerdo con lo descrito por el manual del fabricante, que indica realizar pruebas de tensión en los cables y medidas en los pivotes del mecanismo de reverso.



*Imagen No. 2: Sistemas de reversibles de la aeronave N156VP.*

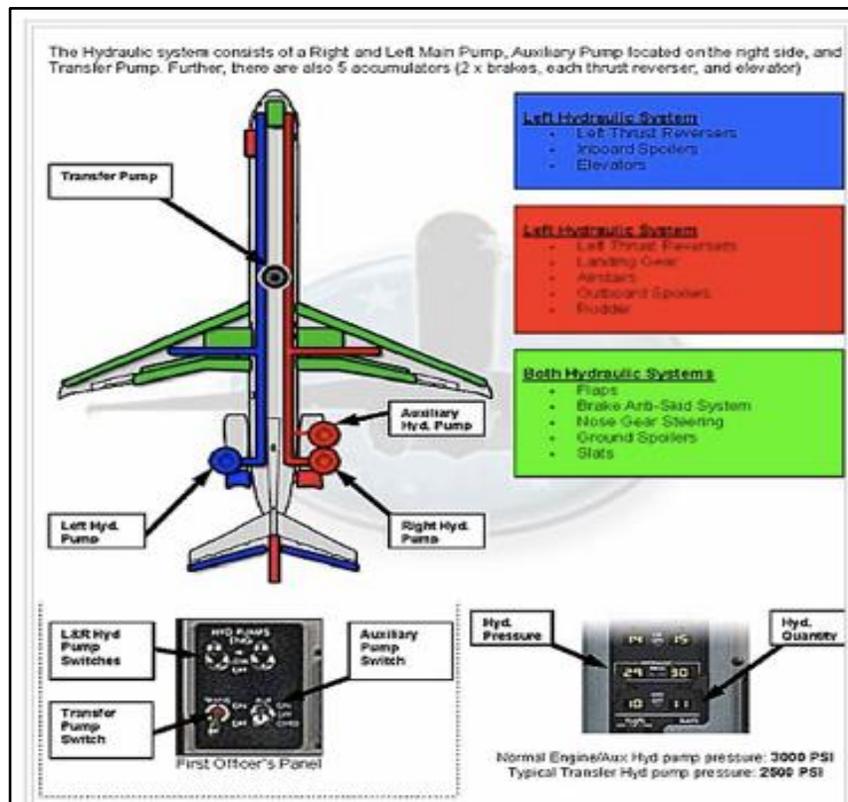
De acuerdo con el manual del fabricante se realizaron pruebas al sistema hidráulico, sistema mecánico y sistema de indicación. Las pruebas realizadas al sistema de reversible

de la aeronave fueron satisfactorias, descartándose así la posible falla de los reversos durante su operación.

Todas la pruebas realizadas se hicieron con los motores de la aeronave encendidos, simulando la condición inicial de la aeronave al momento de la excursión de pista.



**Fotografía No. 3: Pruebas de reversibles.**



**Imagen No. 3: Sistemas hidráulico de reversibles de la aeronave N156VP.**

A continuación, el proceso investigativo se direccionó al análisis del sistema de control direccional del aeronave, el cual se inició con la apertura y acceso al sistema de control direccional de la aeronave, actividad que requirió la remoción de las sillas y del piso de la cabina de la tripulación.

Una vez que se tuvo acceso al sistema de control direccional de la aeronave, se realizó la inspección detallada a todos los componentes mecánicos.



**Fotografía No. 4: Ubicación del cable control direccional.**

Durante la inspección y el seguimiento de la ruta del sistema de cables, se realizó una prueba a su tensión, con el fin de verificar la funcionalidad del sistema derecho e izquierdo del control direccional. Los resultados de esta prueba no fueron satisfactorios para la tensión en el cable del control direccional derecho, que arrojó una medida de tensión inferior a la establecida por el manual del fabricante.

Se siguió entonces la búsqueda de la condición que generaba esa menor tensión, y se halló que el cable de control direccional del lado derecho se encontraba suelto de su soporte de transmisión de movimiento.

De acuerdo con la condición encontrada, se determinó que al estar suelto el cable de control direccional, se desequilibraba la fuerza de tensión, concentrando toda la fuerza en un solo punto del sistema.

Al inspeccionar el cable de control direccional derecho, se identificó que este cable no tenía un tuerca de seguridad que garantizara un seguro mecánico del *push rod*, cuya función es permitir el ajuste del cable cuando se hace un ajuste al sistema de control direccional.



### 1.16.2 ¿Por qué el análisis de las pruebas OES?

Determinar la composición química permite conocer el grado de acero básico y la información crítica sobre otros elementos presentes que pueden afectar el rendimiento del alambre durante su vida útil.

Por ejemplo, el análisis del alambre destinado a usarse en los sistemas de tensión necesitaría mostrar que efectivamente es acero con alto contenido de carbono y verificar las cantidades exactas de otros elementos, como silicio, manganeso, fósforo y azufre.

No todos los métodos de análisis pueden detectar estos elementos a niveles muy bajos, por lo tanto, OES es el estándar de la industria.

OES puede medir una amplia gama de elementos y concentraciones. Es muy preciso cuando mide niveles bajos de elementos “vagabundos” y trazas, y es excelente para brindar información confiable de grado. Es la única tecnología que puede medir el contenido de nitrógeno en aceros dúplex y austeníticos.

En un nivel más práctico, el OES es rápido, y el equipo moderno es relativamente económico y fácil de usar. La preparación de muestras es simple y permite probar muchos componentes diferentes, incluidos cables, tubos, pernos y placas.

OES es una tecnología de análisis espectral, lo que significa que funciona detectando el espectro de radiación específico emitido por un material cuando se le aplica energía. El espectro resultante le dice qué material está presente.

Al calentar un área diminuta de la muestra, el material se vaporizará. Esto afecta a los átomos del material, que luego emiten luz de longitudes de onda específicas.

Cada elemento emite un patrón específico de radiación y la tecnología de detección del instrumento puede leer el espectro para identificar qué elementos están presentes.

En una muestra metálica de utilización real, cada elemento tiene un espectro complejo de muchas longitudes de onda de luz, lo que da lugar a un conjunto enormemente complicado de espectros emitidos. Hay tres componentes críticos del espectrómetro de emisión óptica que funcionan para brindar resultados precisos:

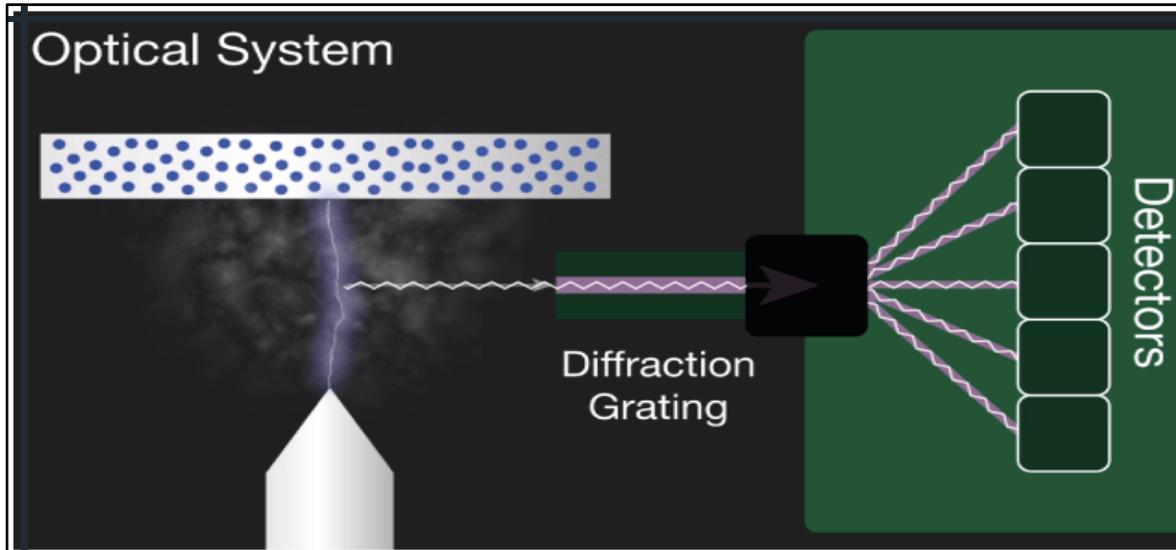
El generador de chispas. Que alberga un electrodo conectado a una fuente de alto voltaje dentro de una atmósfera de argón. La aplicación del soporte de chispa a la muestra de metal produce una descarga eléctrica de alto voltaje que vaporiza el metal.

El sistema óptico que alberga el espectrómetro. La luz emitida por los átomos dentro de la muestra se derrama en longitudes de onda individuales (usando una rejilla de difracción), que luego pasa al detector. Este detector mide la intensidad de la luz para cada longitud de onda.

El software del instrumento. Interpreta miles de señales del detector para identificar qué elementos están presentes en la muestra analizada.

La comparación adicional de los límites de detección con los niveles de referencia calibrados permite que el software indique qué cantidad de cada elemento está presente.

Entendido cómo funciona OES y los componentes del instrumento, se puede entonces analizar los desafíos de la técnica para el análisis del alambre de acero, y cómo se están superando con los avances en la tecnología OES.

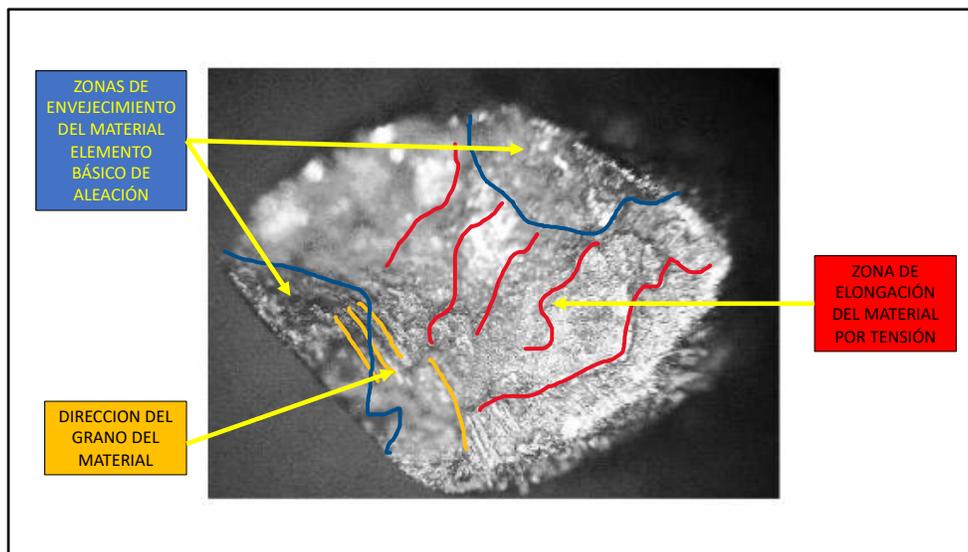


*Imagen No. 5: Prueba esquetométrica del cable control direccional.*

### 1.16.3 Análisis metalográfico

Mediante el análisis metalográfico de los materiales que probablemente fallaron, es posible establecer diferencias entre las micro-estructuras los metales y la de los materiales de suministro. Este tipo de análisis, acompañado del estudio macroscópico descrito anteriormente, puede llevar a establecer de una manera específica la causa final de la falla.

En el caso del Incidente Grave del N156VP que se investiga, la microestructura de la zona cercana a la elongación del material de uno de los alambres del cable derecho del sistema control direccional se muestra en la de la siguiente manera:

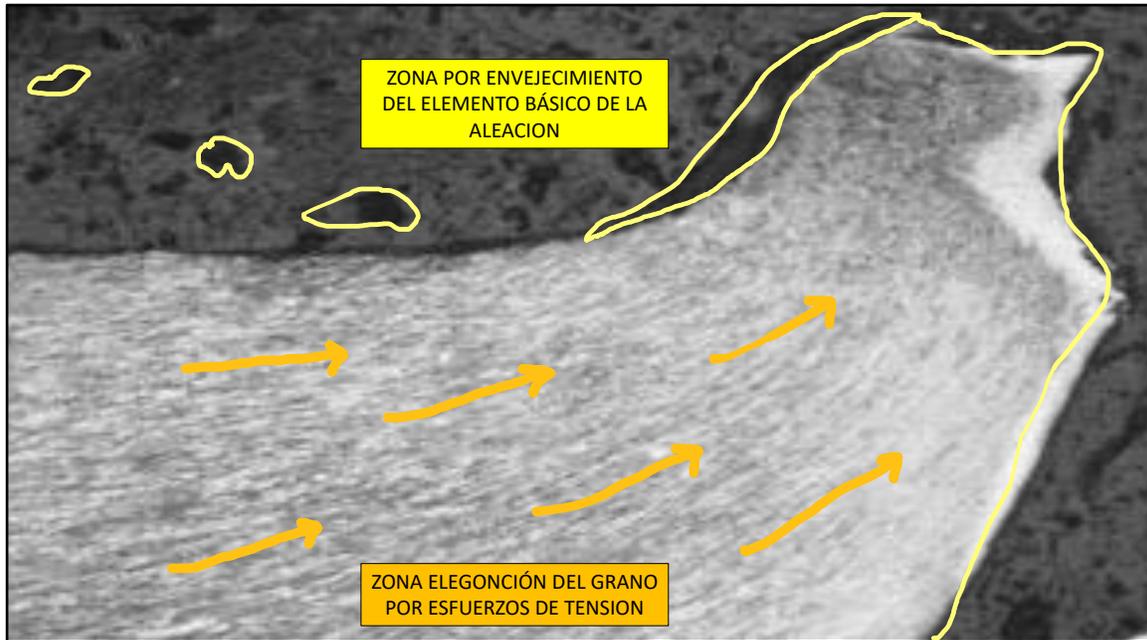


*Fotografía No. 5: Examen metalográfico del cable de control direccional.*

Mediante el análisis metalográfico de los materiales elongados, es posible establecer diferencias entre sus micro-estructuras y los de materiales en estado de suministro.

Este tipo de análisis, acompañado del estudio macroscópico descrito anteriormente, puede permitir que se establezca, de una manera específica, el origen del envejecimiento del material y la disminución de los límites elásticos.

La siguiente gráfica corresponde a la microestructura de la zona cercana a la fractura de uno de los alambres del cable 1.



*Fotografía No. 6: Sentido del grano del material.*

#### 1.16.4 Ensayos mecánicos

La investigación sometió a pruebas de tensión cuasi- estática a las muestras del cable 1 fueron, con una velocidad de deformación de 5 mm/min, con el objeto de determinar la carga máxima que están en capacidad de soportar, y compararla con la carga aplicada.

La siguiente imagen presenta los resultados de las pruebas aplicadas a dichos cables. Estas mediciones muestran un comportamiento similar en ambos cables, con un promedio de resistencia máxima de aproximadamente 90 kN (9t).

Muestra	Carga de ruptura (kN)
Cable 1 (1)	84,4
Cable 1 (2)	91,2
<b>Desv. Std. Cable 1</b>	<b>4,8</b>
Cable 2 (1)	92,4
Cable 2 (2)	91,8
<b>Desv. Std. Cable 2</b>	<b>0,4</b>

*Imagen No. 6: Resultado de las pruebas de factor de carga efectuada a los cables.*

Es importante comparar el valor de resistencia máxima medida con la carga soportada al momento de la falla, que fue de 50 kN (5t). Esto lleva a concluir que la elongación del material no fue causada por sobre carga, si no por envejecimiento del material, que aumentó sus límites de elasticidad, teniendo en cuenta que los 50 kN fueron soportados por ambos cables simultáneamente durante un largo tiempo de uso.

### **1.17 Información orgánica y de dirección**

Durante la inspección de campo se determinó que el Operador privado no contaba con manuales de operación propios y realizaba su operación con base en los manuales del fabricante, POH.

Las operaciones de la aeronave eran coordinadas por la tripulación. La aeronave no se encontraba afiliada a otra empresa para su operación o administración.

El Operador privado había utilizado con anterioridad otra aeronave, hecho que permitió a la investigación identificar la manera como efectuaba los servicios de mantenimiento, el cual, en efecto, se cumplía de acuerdo con el programa de mantenimiento previsto por el fabricante y en talleres autorizados.

No se logró identificar algún sistema de gestión de calidad, o de seguridad operacional, o de gestión de riesgos por parte Operador privado para la operación y mantenimiento de la aeronave. Tampoco contaba con un plan, o al menos un procedimiento, de acción de emergencia, de apoyo a víctimas y familiares de accidentes aéreos, ni de notificación de eventos a la autoridad .

Tampoco se identificó un procedimiento claro para el cumplimiento de lineamientos relacionados a la notificación de eventos a la Autoridad de Investigación de Accidentes.

### **1.18 Información adicional**

#### **1.18.1 Sistema de control direccional**

Algunos aviones de diseño sencillo, se dirigen durante el rodaje mediante frenado diferencial. Otros, se dirigen mediante un control (rueda) que desde la cabina de mando, mediante un sistema de dirección de la rueda de nariz, orientan la dirección de la aeronave en tierra.

#### **1.18.2 Sistema de control direccional aviones pequeños**

La mayoría de los aviones pequeños son dirigidos en tierra mediante el uso de un sistema simple de enlaces mecánicos conectados a los pedales que sirven, además, para mover el timón de profundidad y para aplicar los frenos.

En estos sistemas, unos tubos de vaivén están conectados a los pedales en un cilindro. A medida que se presionan los pedales, el movimiento se transfiere al conjunto de rueda y eje del pistón que gira hacia la izquierda o hacia la derecha.

#### **1.18.3 Sistema control direccional de aviones grandes**

Debido a su masa y a la necesidad de un control positivo, los aviones grandes utilizan una fuente de energía, predominantemente presión hidráulica, para actuar la dirección de la rueda de nariz. En estas aeronaves, el control de dirección se realiza desde la cabina de

vuelo mediante el uso de una pequeña rueda, timón o palanca de mando normalmente montada en el panel lateral izquierdo, para ser operada por el piloto al mando. En aviones más grandes se provee un control similar, en el panel lateral derecho, para el Primer Oficial. En algunos casos es posible activar y desactivar el sistema.

Las conexiones mecánicas, eléctricas y / o hidráulicas transmiten el movimiento de entrada del controlador a una unidad de control de dirección. La unidad de control es una válvula de control o dosificación hidráulica, que dirige fluido hidráulico bajo presión a uno o a dos actuadores, diseñados con varios enlaces para hacer girar el puntal inferior. Un acumulador y una válvula de alivio, o un conjunto presurizador similar, mantienen el fluido en los actuadores y en el sistema bajo presión en todo momento.

Esto permite que los cilindros de dirección actúen también como amortiguadores oscilantes. Un mecanismo de seguimiento consta de varios engranajes, cables, varillas, tambores y/o palanca acodada, etc.

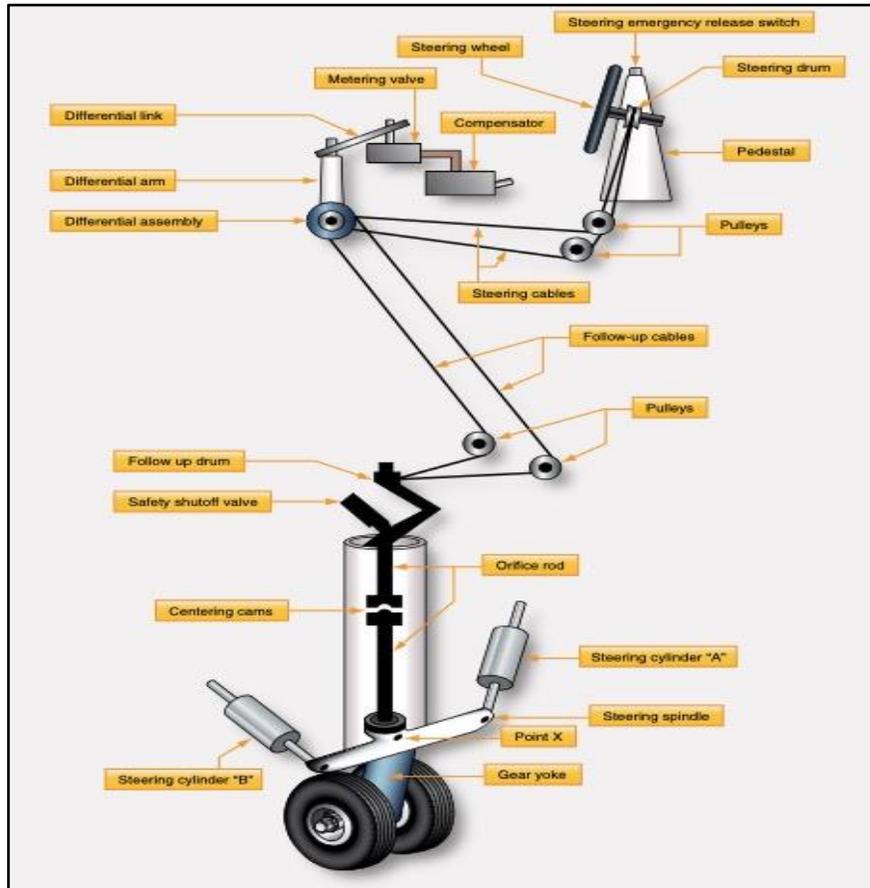
El sistema devuelve la válvula dosificadora a una posición neutra una vez que se ha alcanzado el ángulo de dirección. Varios sistemas incorporan un subsistema de entrada de los pedales del timón para pequeños grados de giro que son necesarios cuando la aeronave se dirige a alta velocidad durante el despegue o el aterrizaje.



**Fotografía No. 7: Componentes del sistema control direccional.**

El uso de válvulas de seguridad es común a todos los sistemas para aliviar la presión durante una falla hidráulica para que la rueda nariz pueda girar. El volante de la rueda de nariz se conecta, a través de un eje, a un tambor de dirección ubicado dentro del pedestal de control de la cabina de vuelo. La rotación de este tambor transmite la señal de dirección, mediante cables y poleas, al tambor de control del conjunto diferencial.

El movimiento del conjunto diferencial es transmitido por el enlace diferencial al conjunto de la válvula dosificadora, desde donde se mueve la válvula selectora a la posición seleccionada. Esto proporciona la potencia hidráulica para hacer girar el engranaje de nariz.



**Imagen No. 7: Esquema de la operación control direccional.**

La presión del sistema hidráulico de la aeronave se dirige a través de la válvula de cierre de seguridad, que se abre hacia una línea que conduce a la válvula dosificadora. Luego, la válvula dosificadora dirige el fluido presurizado fuera del puerto A, a través de la línea alterna de giro a la derecha, y hacia el cilindro de dirección A.

Este es un cilindro de un solo puerto y la presión obliga al pistón a comenzar a extenderse. En vista de que la varilla de este pistón se conecta al eje de dirección de nariz en el amortiguador del engranaje de nariz que pivota en el punto X, la extensión del pistón hace girar el eje de dirección gradualmente hacia la derecha.

A medida que gira la rueda de nariz, el fluido sale del cilindro de dirección B a través de la línea alterna de giro a la izquierda, y entra en el puerto B de la válvula dosificadora. La

válvula dosificadora dirige este fluido de retorno hacia un compensador que dirige el fluido hacia el colector de retorno del sistema hidráulico de la aeronave.

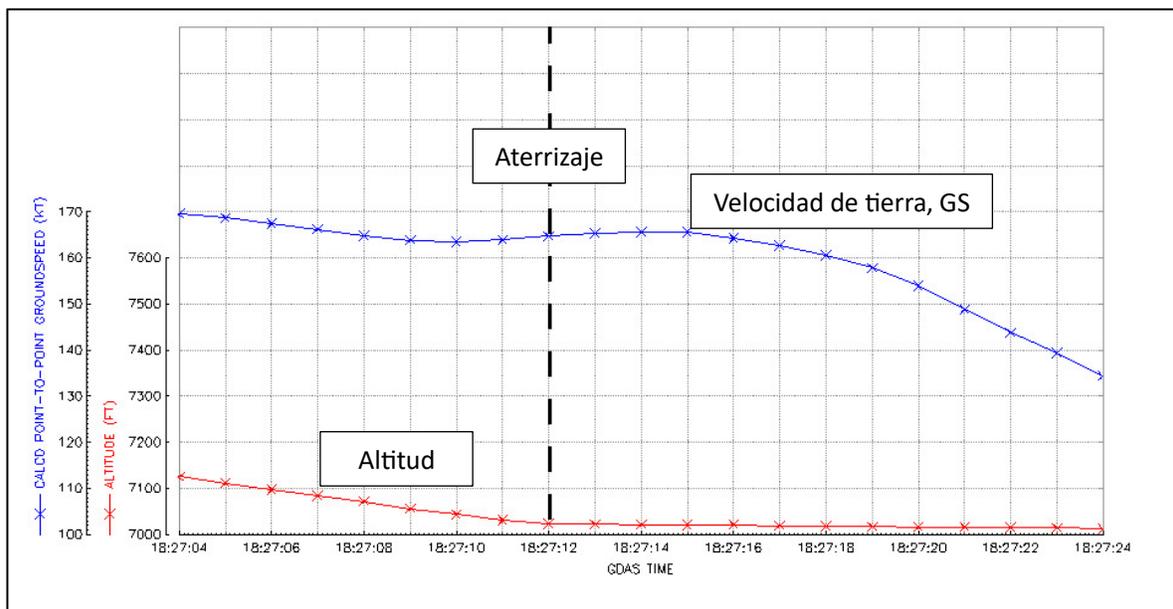
Tal como se describe, la presión hidráulica hace que el engranaje de nariz gire. Sin embargo, el giro no puede ser exagerado. Por lo tanto, el sistema de dirección del tren de nariz contiene dispositivos para detener el tren en el ángulo de giro seleccionado y mantenerlo allí. Esto se logra mediante vínculos de seguimiento.

#### 1.18.4 Información de aspectos operacionales

La tripulación configuró la aeronave de acuerdo con los procedimientos del manual de aviación e interceptó el ILS. La velocidad de final de referencia ( $V_r$ ), según las condiciones de vuelo, debía ser 128 KIAS (150 nudos GS).

No obstante, de acuerdo con la información obtenida del aplicativo Foreflight, del Ipad del Piloto, se determinó que la aeronave mantuvo en final corta (por debajo de 150 pies AGL), entre 163 y 169 nudos GS, equivalentes a 142 y 147 KIAS, es decir, hasta 19 nudos KIAS por encima de la velocidad de referencia. Y el aterrizaje se efectuó con una velocidad de 165 nudos GS, equivalentes a 143 KIAS, es decir, 15 nudos por encima de la velocidad de referencia,  $V_r$ , 128 KIAS

Sin embargo, la aeronave aterrizó centrada en la pista y en la zona de toma de contacto (TDZ), sin rebotes. El sistema de speed brake, se activó correctamente.



**Imagen No. 8: Registro de la Velocidad de Tierra(GS) en la aproximación y en el aterrizaje.**

#### 1.19 Técnicas útiles o eficaces de investigación

Para el desarrollo de la investigación, fueron empleadas las técnicas contenidas en el Documento OACI 9756, incluyendo el análisis de las evidencias físicas y testimoniales, recopiladas durante las labores de campo, y la práctica de análisis metalográficos especializados a componentes del sistema de control de dirección en tierra de la aeronave.

## 2. ANÁLISIS

### 2.1 Operaciones de vuelo

La tripulación, compuesta por Piloto y Copiloto, se encontraba psicofísica y técnicamente apto para el vuelo. De acuerdo con la información proporcionada por el Piloto al mando, durante la entrevista, él llevaba el control de la aeronave durante el aterrizaje de la aeronave. La investigación determinó que la tripulación cumplió con las listas de chequeo y que configuró la aeronave de acuerdo con los procedimientos establecidos para la aproximación y el aterrizaje.

No obstante, de acuerdo con información obtenida del aplicativo Foreflight, del Ipad del Piloto, la tripulación indujo a la aeronave a una condición de *aproximación no estabilizada*, pues, mientras la velocidad de referencia (Vr) en final debía ser 128 KIAS (150 KTAS), la aeronave mantuvo en final corta (por debajo de 150 pies AGL), entre 142 y 147 KIAS (163 y 169 nudos GS), es decir, hasta 19 nudos KIAS por encima de la velocidad de referencia.

Consecuentemente, la sentada de ruedas se efectuó con exceso de velocidad, 143 KIAS, es decir 15 nudos por encima de la velocidad de referencia (Vr), incrementando a a 167 GS la velocidad de tierra, teniendo en cuenta el viento de cola aproximado de dos (2) nudos.

Se considera que esta desviación de la velocidad de aproximación y de aterrizaje no fue un factor desencadenante del Incidente Grave. No obstante, la investigación la determinó como un factor contribuyente, pues la alta velocidad sobre la pista pudo, por una parte, contribuir a agravar los efectos negativos de la falla del sistema de control de dirección; y, además, probablemente dificultó el control de la aeronave por parte de la tripulación para corregir la desviación y evitar que el avión abandonara la pista.

### 2.2 Factores de mantenimiento

#### 2.2.1 Mantenimiento de la aeronave

Para el día del accidente la aeronave cumplía con el programa de mantenimiento de acuerdo con lo establecido por el fabricante. Se identificó que el mantenimiento de la aeronave fue ejecutado y cumplido por una organización de mantenimiento aprobada por la autoridad de aviación de los Estados Unidos, en el estado Florida.

#### 2.2.2 Sistema de reversibles de los motores

Ante la declaración de la tripulación, inicialmente se planteó la hipótesis de una falla en el reversible del motor derecho, que no hubiera operado correctamente, condición que causaría la desviación de la aeronave hacia la izquierda, y la posterior excursión de la pista.

Sin embargo, se descartó una posible falla del sistema de reversibles, mediante la ejecución de se realizó pruebas operacionales y funcionales al sistema mecánico, sistema de indicación y componentes hidráulicos del sistema.

#### 2.2.3 Sistema de control direccional en tierra

Después descartar un mal funcionamiento en el sistema de reversibles, se decidió realizar una inspección detallada al sistema de control direccional, el cual se inició con la apertura y acceso al sistema de control direccional de la aeronave, actividad que requirió la remoción

Durante la inspección y el seguimiento de la ruta del sistema de cables, se realizó una prueba a su tensión, con el fin de verificar la funcionalidad del sistema derecho e izquierdo del control direccional. En esta prueba, la tensión del cable del control direccional derecho, arrojó una medida de tensión inferior a la establecida por el manual del fabricante, ya que la tensión correcta era de 45 libras, y la medición con el tensiómetro mostró 15 libras.

Se siguió entonces la búsqueda de la condición que generaba esa menor tensión, y se halló que el cable de control direccional del lado derecho se encontraba suelto de su soporte de transmisión de movimiento. Se continuó con la ruta del cable hasta llegar a la válvula hidráulica que permite el paso del fluido hidráulico cuando el piloto acciona los pedales al momento del aterrizaje para accionar el control direccional del tren de nariz.



**Fotografía No. 8: Desconexión del sistema control direccional.**

Una vez que se logró detallar la conexión del cable con la válvula, se identificó que el cable estaba suelto de la conexión ajustable del cable *push rod* debido a la vibración que soportaba el cable durante la operación de la aeronave.

El cable de control direccional derecho que se encontró suelto es el que transmite el movimiento mecánico desde los pedales de la aeronave hasta la válvula de paso variable, que al ser accionada por medio del cable, permite la apertura de una válvula unidireccional y, a su vez, facilita el paso controlado de la cantidad de fluido hidráulico hacia el pistón.

La tensión equivalente de los cables de los actuadores izquierdo y derecho, mantiene un equilibrio dinámico del recorrido de los cables cuando el sistema está en operación.

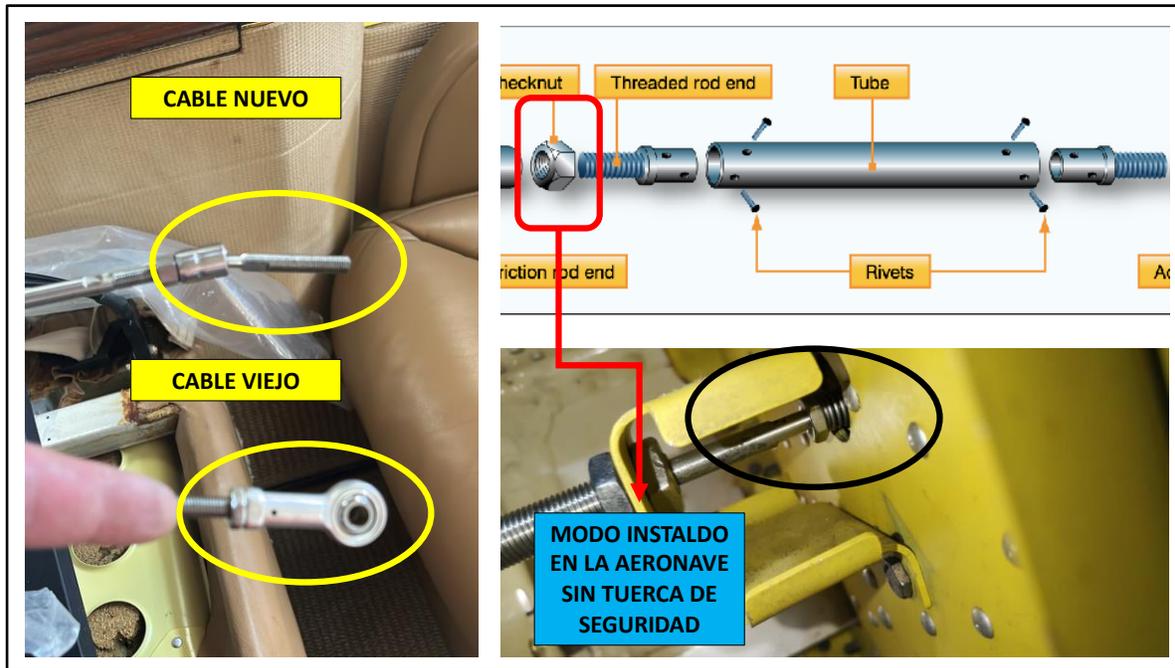
Sin embargo, al presentarse la asimetría en la tensión de los cables, el cable izquierdo, con mayor tensión ejerció más fuerza sobre la válvula, ocasionando su apertura; a su vez, dejó pasar el fluido hidráulico y de este manera se accionó el pistón del control direccional dirigiendo el tren de nariz hacia la izquierda de manera súbita.

Al presentarse esta condición durante el aterrizaje de la aeronave, y una vez el piloto aplicó los pedales para mantener la aeronave centrada al aje de la pista, el cable de control direccional derecho se soltó de manera súbita, la tensión del cable izquierdo abrió la válvula

hidráulica de control de dirección, haciendo que toda la presión actuara hacia la izquierda, desviando la rueda de nariz y la aeronave en esa dirección, hacia afuera de la pista.

#### 2.2.4 Análisis del cable de control de dirección derecho

Al inspeccionar el cable de control direccional derecho, se identificó que este cable no tenía instalada una tuerca de seguridad que garantizara un seguro mecánico del *push rod*, cuya función es permitir el ajuste del cable cuando se hace un ajuste al sistema de control direccional.



**Fotografía No. 9: Daños en el cable control direccional.**

En la inspección a los registros de mantenimiento, al programa de mantenimiento y a los servicios de mantenimiento cumplidos a la aeronave, no se encontró un documento en el que constara una inspección al sistema de control direccional, por condición y seguridad. Tampoco se encontró que este cable se hubiera cambiado por horas de operación.

Se desconoce si la organización de mantenimiento contratada por el Operador tenía procedimientos estándar de mantenimiento SOPs, que indicaran la realización de una inspección detallada a los cables que hacen parte del sistema de control direccional.

### 3. CONCLUSIÓN

#### 3.1 Conclusiones

La tripulación se encontraba psicofísica y técnicamente apta para la realización del vuelo.

La aeronave se encontraba aeronavegable; se le había cumplido el programa de mantenimiento de acuerdo con lo establecido por el fabricante, y no tenía anotaciones de discrepancias que pudieran asociarse con el Incidente Grave.

No obstante, ni los programas de mantenimiento del fabricante ni de la organización de mantenimiento que atendía al Operador privado contemplaban inspecciones específicas o detalladas a los componentes del sistema de control de dirección de la rueda de nariz.

Es así como no se encontró un documento que estableciera la inspección del sistema de control direccional por condición y seguridad, durante los servicios de mantenimiento, ni un procedimiento por parte del fabricante que limite la vida útil del cable de control direccional.

Tampoco se encontró que el aeroclub al que se encontraba afiliada la aeronave tuviese un procedimiento estándar para mantenimiento, que incluyera la inspección *por condición* de estos cables.

De esta manera, el cable derecho del sistema de control de dirección de la rueda de nariz, experimentó una elongación originada por fatiga de material, al estar sometido a largos períodos de tensión en la operación normal.

Los materiales del cable, luego de estar fatigados crearon micro-grietas que redujeron la capacidad de carga del material, aumentando la elasticidad del material, incluso bajo cargas menores a la resistencia nominal.

Se produjo así el aumento de elasticidad del material del cable, por la resistencia mecánica soportada por los cables durante largo tiempo, con la aparición de marcas de playa en sus alambres y el cambio de orientación de los granos en la microestructura cercana a la zona de elongación.

Adicionalmente, el cable de control direccional derecho no tenía instalada una tuerca de seguridad que garantizara un seguro mecánico del *push rod*, cuya función era permitir el ajuste del cable cuando se hace un ajuste al sistema de control direccional.

Al aumentarse la elasticidad del material, el cable comenzó a experimentar vibración durante la operación y al no tener el *push rod*, (tuerca de seguridad mecánica), comenzó a girarse el cable del *push rod* hasta llegar a soltarse totalmente, desconectado el sistema de control direccional derecho.

La aeronave cumplía un vuelo entre el aeropuerto Marcos A. Gelabert de Panamá, y el aeródromo José María Córdoba de Rionegro, Colombia, con 11 ocupantes, dentro de los límites de operación.

Las condiciones del aeródromo, de la meteorología, las radio ayudas y las comunicaciones eran apropiadas para el vuelo y operaron adecuadamente.

El vuelo, bajo reglas IFR desde el aeródromo de origen, se realizó de manera normal, hasta la aproximación ILS al aeródromo de Rionegro.

Durante la aproximación final, la tripulación indujo a la aeronave a una condición de *aproximación no estabilizada*, pues, mientras la velocidad de referencia ( $V_r$ ) en final debía ser 128 KIAS (150 KTAS), la aeronave mantuvo en final corta (por debajo de 150 pies AGL), entre 142 y 147 KIAS (163 y 169 KTAS), es decir, hasta 19 nudos KIAS por encima de la velocidad de referencia.

Consecuentemente, la sentada de ruedas se efectuó con exceso de velocidad, 143 KIAS, es decir 15 nudos por encima de la velocidad de referencia ( $V_r$ ), incrementando a 165 nudos GS la velocidad de tierra, teniendo en cuenta el viento de cola aproximado de dos (2) nudos.

Sin embargo, la aeronave aterrizó centrada en la pista y en la zona de toma de contacto (TDZ), sin rebotes. El sistema de speed brake, se activó correctamente.

La tripulación inició el proceso de frenado de la aeronave. Pasados 10 segundos aproximadamente después de aterrizar, la tripulación identificó las luces blancas de los reversos en el panel superior, que indicaban el correcto funcionamiento del sistema y activó el sistema en ambos motores.

Las palancas de los aceleradores fueron colocadas en el *sector de desaceleración*, y simultáneamente, el Piloto operó el sistema de control direccional para mantener al avión en el centro de la pista.

En ese momento se desconectó el sistema del cable derecho del control direccional, por asimetría de tensiones del cable de control direccional izquierdo, lo cual ocasionó la actuación súbita del actuador de control direccional, haciendo que el tren de aterrizaje de nariz girara hacia la izquierda.

La aeronave cambió bruscamente su dirección hacia la izquierda, en un ángulo aproximado de 20°.

El Piloto al mando, PF, inmediatamente intentó corregir la dirección utilizando el control direccional y el freno derecho, y desactivando los reversos.

Estas acciones no corrigieron la desviación, y la aeronave abandonó la pista por el costado izquierdo, hacia la zona de seguridad.

La alta velocidad de aterrizaje (aproximadamente 167 GS) pudo contribuir a agravar los efectos negativos de la falla del sistema de control de dirección; y, además, probablemente dificultó el control de la aeronave por parte de la tripulación para corregir la desviación y evitar que el avión abandonara la pista.

La aeronave recorrió 185 metros sobre la zona de seguridad y se detuvo, quedando ubicada en las coordenadas N 06°02'2.43" W 07°25'25.5", con rumbo final de 326°.

Al observar la excursión de pista, la Torre de Control realizó el llamado correspondiente al SEI que acudió de inmediato al sitio ubicación de la aeronave; el Piloto se comunicó con la Torre de Control solicitando una inspección visual de posible presencia de fuego o humo.

Tanto la Torre de Control como el SEI confirmaron que no se observaba fuego ni humo alrededor de la aeronave. Una vez confirmada la información, el PF aseguró la aeronave.

La tripulación asistió a los ocupantes para la evacuación, la cual realizaron por sus propios medios, resultando ilesos. Todos fueron dirigidos a Sanidad Aeroportuaria para su valoración.

El Incidente Grave ocurrió a las 18:28 UTC, con luz de día, en condiciones VMC; no hubo fuego antes ni después del evento. La aeronave no sufrió daños importantes. Solo terminó con la fractura de la compuerta izquierda del tren principal de aterrizaje.

El aeródromo fue cerrado para toda operación durante 01:38 horas para facilitar la asistencia a la emergencia. Sin embargo, la aeronave solo pudo ser removida del sitio el día siguiente, 30 de diciembre, en horas de la mañana.

### 3.2 Causa probable

Excursión de pista, como consecuencia de la desconexión del sistema del cable derecho del control direccional, por asimetría de tensiones del cable de control direccional izquierdo, que hizo que el tren de aterrizaje de nariz girara hacia la izquierda y que el avión abandonara la pista hacia la zona de seguridad.

### 3.3 Factores Contribuyentes

Aproximación desestabilizada, por alta velocidad de aproximación y de aterrizaje, que contribuyó a la magnitud de la excursión de pista.

Ausencia en la organización de mantenimiento contratada por el Operador, de procedimientos de inspección al sistema de control direccional, establecidos en el manual de mantenimiento, y que resultó en:

- Carencia de un procedimiento de inspección de mantenimiento estandarizado al sistema de control direccional, que permitiera identificar condiciones incorrectas.
- Falta de la tuerca de seguridad en el punto de ajuste del cable de control direccional *push rod*, que habría evitado el giro del cable durante la vibración del mismo, en la operación la aeronave.
- Envejecimiento del cable de control direccional, ante la ausencia de un procedimiento de control de vida útil por parte del operador, o del fabricante.

### 3.4 Taxonomía

**SFC-NP:** Falla del sistema o componente no motor

**RE:** Excursión de pista

## 4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

### A LA SECRETARÍA DE AUTORIDAD AERONÁUTICA DE AEROCIVIL DE COLOMBIA

#### REC. 01 – 202282- 2

Evaluar, en coordinación con el fabricante y con los operadores del equipo Cessna Citation 750X, y similares, la pertinencia de la emisión de una Alerta de Seguridad Operacional relacionada con la disminución de los tiempos entre inspecciones a los componentes del sistema de control direccional del equipo, de manera que se pueda llevar un control de los tiempos de vida útil y así identificar posibles fallas en la instalación, o en los procesos de mantenimiento.

#### REC. 02-202282- 2

Orientar a los operadores del equipo Cessna Citation 750X, y similares, para que revisen y mejoren el programa de mantenimiento, de manera que se asegure la calidad de trabajos tales como:

- Remoción e instalación de componentes en los sistemas de control direccional.
- Estándares para efectuar inspecciones visuales periódicas con inspección requerida RII para los sistemas de control direccional.
- Estándares para determinar la vida útil de componentes tales como cables de control direccional.

#### REC. 03-202282- 2

Dar a conocer el presente Informe Final a la firma Textron, fabricante del equipo Cessna Citation, para que evalúe la implementación de eventuales mejoras en el diseño del cable de tensión de control direccional de este tipo de aeronaves, o la instalación de un sistema de seguridad, que garantice la conservación del ajuste del cable ante vibraciones en períodos largos de operación, que conllevan al envejecimiento prematuro del material de aleación del cable.



## DIRECCIÓN TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Av. Eldorado No. 103 – 15, Piso 5º.

[investigacion.accide@aerocivil.gov.co](mailto:investigacion.accide@aerocivil.gov.co)

Tel. +(57) 601 2963186

Bogotá D.C. – Colombia