



INFORME FINAL

INCIDENTE GRAVE

COL-23-11-DIACC

Falla y retracción del tren principal izquierdo en aterrizaje

SCF-NP

Cessna 421 B

Matrícula HK4837

Fecha 21 de febrero de 2023

Aeropuerto Rafael Núñez de Cartagena, Bolívar – 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

| | |
|--|----|
| SIGLAS | 4 |
| SINOPSIS | 5 |
| RESUMEN | 5 |
| 1. INFORMACIÓN FACTUAL | 6 |
| 1.1 Reseña del vuelo | 6 |
| 1.2 Lesiones personales | 7 |
| 1.3 Daños de la aeronave | 7 |
| 1.4 Otros daños | 8 |
| 1.5 Información personal..... | 8 |
| 1.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento | 9 |
| 1.6.1 Aeronave | 9 |
| 1.6.2 Motores..... | 9 |
| 1.6.3 Hélices..... | 10 |
| 1.7 Información Meteorológica | 10 |
| 1.8 Ayudas para la Navegación..... | 11 |
| 1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo | 11 |
| 1.10 Información del Aeródromo | 11 |
| 1.11 Registradores de Vuelo | 11 |
| 1.12 Información sobre el recorrido de la aeronave | 11 |
| 1.13 Información médica y patológica | 12 |
| 1.14 Incendio | 13 |
| 1.15 Aspectos de supervivencia | 13 |
| 1.16 Ensayos e investigaciones | 13 |
| 1.17 Información orgánica y de dirección | 13 |
| 1.18 Información adicional | 13 |
| 1.19 Técnicas útiles o eficaces de investigación..... | 13 |
| 2. ANÁLISIS | 14 |
| 2.1 Operaciones de vuelo | 14 |
| 2.2 Aeronave – Análisis del proceso de retracción no comandado del tren de aterrizaje 14 | |
| 2.3 Secuencia de la fractura de la barra | 14 |
| 2.4 Descripción del sistema del tren de aterrizaje..... | 14 |
| 2.5 Estado del perno después del Incidente Grave..... | 16 |
| 2.6 Origen de los sobreesfuerzos en el mecanismo | 17 |
| 3. CONCLUSIÓN | 22 |
| 3.1 Conclusiones..... | 22 |
| 3.1.1 Generales | 22 |
| 3.2 Causa probable..... | 23 |
| 3.3 Factor Contribuyente..... | 23 |
| 3.4 Taxonomía OACI..... | 23 |
| 4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL | 24 |

SIGLAS

| | |
|--------------|--|
| ft | Pies |
| DIACC | Dirección Técnica de Investigación de Accidentes |
| HL | Hora Local |
| h | Horas |
| KT | Nudos |
| lb | Libras |
| m | metros |
| NTSB | National Transportation Safety Board |
| PCA | Piloto Comercial de Avión |
| RAC | Reglamentos Aeronáuticos de Colombia |
| UTC | Tiempo Coordinado Universal |
| VFR | Reglas de Vuelo Visual |
| VMC | Visual Meteorological Conditions |

SINOPSIS

| | |
|--|---|
| Aeronave: | Cessna 421B, HK 4837 |
| Fecha y hora del Incidente Grave: | 21 de febrero 2023, 11:50 HL |
| Lugar del Incidente Grave: | Aeropuerto Rafael Núñez de Cartagena - Bolívar - Colombia |
| Coordenadas: | N 10°26'33.6" W 075°30'47.4" |
| Tipo de Operación: | Transporte Aéreo no Regular – Taxi Aéreo |
| Número de ocupantes: | 5 Ocupantes (Piloto, Copiloto y tres pasajeros) |
| Taxonomía OACI: | SCF-NP |

RESUMEN

El 21 de febrero del 2023 la aeronave HK 4837 Cessna 421B, operada por la Compañía Chárter del Caribe S.A.S., fue programada para realizar un vuelo desde el aeropuerto de Las Brujas (SKCZ), de la ciudad de Corozal - Sucre, al aeródromo Rafael Núñez (SKCG), de Cartagena, Bolívar.

El vuelo se efectuó de manera normal; al llegar al área de control del aeropuerto de Cartagena, a las 11:45 HL, la aeronave fue autorizada para aterrizar por la cabecera 01. El Piloto continuó con la aproximación y aterrizó a las 11:50 HL sin novedad; no obstante, en la carrera de desaceleración el tren izquierdo se retrajo, causando la caída del plano izquierdo del avión sobre la pista, deslizándose sobre esta aproximadamente 130 m.

Los ocupantes abandonaron la aeronave de manera normal, por sus propios medios, ilesos. La aeronave sufrió daños importantes.

La investigación determinó que el Incidente Grave se produjo por la siguiente causa probable:

- Fractura de la barra de acoplamiento (*pivot bolt*), que asegura el brazo del tren por compresión para su extensión, la cual generó una discontinuidad del mecanismo de seguridad del tren de aterrizaje, ocasionando la retracción del tren principal izquierdo cuando recibió peso durante el aterrizaje.

Como factor contribuyente se encontró el siguiente:

- Sobrecarga en el mecanismo de la extensión del tren, que se creó por una redistribución de esfuerzos en el aterrizaje, debidos probablemente a variación de los ajustes por holguras que fueron amplificadas por la geometría del propio mecanismo y que hizo que difiriera de la prevista en el diseño por parte del fabricante.

La Investigación emitió tres (3) recomendaciones de seguridad operacional.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1 Reseña del vuelo

El 20 de febrero de 2023 la aeronave HK4837, fue programado para realizar un vuelo desde la ciudad de Barranquilla (SKBQ), hasta la ciudad de Cartagena (SKCG) y posteriormente a la ciudad de Santa Marta (SKSM), en donde la aeronave y la tripulación pernoctaron.

El 21 de febrero del 2023 la aeronave cumpliría vuelos entre Santa Marta, Corozal, Cartagena y Barranquilla. La aeronave fue reabastecida de combustible y la tripulación cumplió lo programado, sin novedad hasta Corozal.

Luego, la aeronave despegó del aeródromo Las Brujas (SKCZ), de Corozal, Sucre, con destino al aeródromo Rafael Núñez (SKCG), de Cartagena, Bolívar, con la tripulación y tres (3) pasajeros.

El vuelo se efectuó de manera normal; al llegar al área de control del aeropuerto de Cartagena, a las 11:45 HL, la aeronave fue autorizada para aterrizar por la cabecera 01. El Piloto continuó con la aproximación y aterrizó a las 11:50 HL sin novedad; no obstante, en la carrera de desaceleración, cuando el Piloto aplicó los frenos notó que el plano izquierdo descendía hacia la superficie, como consecuencia de la retracción del tren principal de ese mismo lado; entonces ordenó al Copiloto que perfilara las hélices y que apagara los motores, mientras se esforzaba para sostener el plano izquierdo en el aire.

La retracción del tren izquierdo causó la caída del plano izquierdo del avión sobre la pista, que se deslizó aproximadamente 130 m, al mismo que tiempo que se desviaba hacia ese mismo lado.

La aeronave finalmente se detuvo en el margen izquierdo de la pista, quedando el plano izquierdo por fuera de la línea que marca el límite lateral de la pista.



Fotografía No. 1 - Posición final de la aeronave HK4823.

La tripulación apagó el sistema eléctrico y declaró la situación a la Torre de Control, que alertó al SEI aeroportuario, que se hizo presente en el sitio que se encontraba la aeronave.

Acto seguido la tripulación orientó la evacuación de los pasajeros. Todos los ocupantes abandonaron la aeronave por la puerta principal, por sus propios medios e ilesos. La aeronave terminó con daños importantes.

El Incidente Grave ocurrió a las 11:55 HL, y en condiciones meteorológicas visuales (VMC).

La Autoridad AIG de Colombia (Dirección Técnica de Investigación de Accidentes – DIACC), fue alertada del suceso aproximadamente a las 12:15 HL del 21 de febrero del 2023 por parte de la Torre de Control de Cartagena y por el Operador de la aeronave. Se dispuso entonces el desplazamiento de un (1) Investigador para iniciar la investigación.

La DIACC notificó el Incidente Grave de acuerdo con los protocolos de OACI, a la Junta Nacional de Seguridad en el Transporte (NTSB) como Estado de Diseño y Fabricación de la aeronave, que designó un Representante Acreditado para la investigación.

1.2 Lesiones personales

| Lesiones | Tripulación | Pasajeros | Total | Otros |
|--------------|-------------|-----------|----------|----------|
| Mortales | - | - | - | - |
| Graves | - | - | - | - |
| Leves | - | - | - | - |
| Ilesos | 2 | 3 | - | - |
| TOTAL | 2 | 3 | - | - |

1.3 Daños de la aeronave

Importantes. La inspección de la aeronave reveló daños en las palas de la hélice izquierda, parada súbita del motor, daños en la estructura, en el plano izquierdo y en el tren izquierdo.



Fotografía No. 2 – Daños en la hélice del motor izquierdo.

1.4 Otros daños

Ninguno.

1.5 Información personal

Piloto

| | |
|---|------------------------------------|
| Edad: | 35 años |
| Licencia: | Piloto Comercial de Avión - PCA |
| Certificado médico: | Vigente, hasta 18 de marzo de 2023 |
| Equipos volados como piloto: | PA-28, Cessna 402/421 |
| Último chequeo en el equipo: | 07 de diciembre de 2022 |
| Total horas de vuelo: | 2.364:05 h |
| Total horas en el equipo: | 46,15 h |
| Horas de vuelo últimos 90 días: | 159,30 h |
| Horas de vuelo últimos 30 días: | 69,40 h |
| Horas de vuelo últimos 03 días: | 2,25 h |
| Horas de vuelo últimas 24 horas: | 3,5 h |

El Piloto al mando obtuvo su licencia de Piloto el 12 de marzo de 2012, con habilitación en aeronaves monomotor tierra hasta 5700 kg, instrumentos, y copiloto multimotores tierra hasta 5700 kg.

El último chequeo de vuelo ante la Autoridad Aeronáutica lo había presentado el 07 de diciembre de 2022, en el equipo C421, con resultados satisfactorios.

Realizó curso de Mercancías Peligrosas el 16 de octubre del 2022; y curso CRM el 16 de octubre de 2023.

Tenía un contrato de trabajo de prestación de servicios con el Operador, desde el 01 de febrero de 2020.

Copiloto

| | |
|--|------------------------------------|
| Edad: | 29 años |
| Licencia: | Piloto Comercial de Avión – PCA |
| Certificado médico: | Vigente, hasta 31 de enero de 2024 |
| Equipos volados como piloto: | PA-28, Cessna 402/421 |
| Último chequeo en el equipo: | 30 de junio de 2020 |
| Total, horas de vuelo: | 494.05 h |
| Total, horas en el equipo: | 151.05 h |
| Horas de vuelo últimos 90 días: | 34.51 h |

| | |
|---|---------|
| Horas de vuelo últimos 30 días: | 27.01 h |
| Horas de vuelo últimos 03 días: | 2,25 h |
| Horas de vuelo últimas 24 horas: | 3,5 h |

1.6 Información sobre la aeronave y el mantenimiento

1.6.1 Aeronave

| | |
|---------------------------------------|---|
| Marca: | Cessna |
| Modelo: | 421 B |
| Serie: | 421B0464 |
| Año de fabricación: | 1982 |
| Matrícula: | HK4837 |
| Certificado aeronavegabilidad: | 0005133, Vigente |
| Certificado de matrícula: | R0006656, Vigente |
| Fecha último servicio: | 18 de enero de 2023–Servicio de 200 horas |
| Total, horas de vuelo: | 10415.72 |
| Total, ciclos de vuelo: | N/A |

La aeronave contaba con toda la documentación técnica y operacional vigente al momento del evento, se encontraba aeronavegable y en sus registros de mantenimiento se encontró que se le habían aplicado las directivas, boletines y cartas de servicio.

El mantenimiento de la aeronave era realizado por un taller de servicio contratado por el Operador. La última inspección se realizó el 28 de octubre de 2020, con 6526 h.

No existían reportes recientes de malfuncionamiento de la aeronave, de las plantas motrices ni de sus sistemas.

La aeronave se encontraba operando dentro del envolvente operacional de Peso y Balance (peso de despegue 6.700 lb).

1.6.2 Motores

Motor No. 1

| | |
|--------------------------------|------------------|
| Marca: | Continental |
| Modelo: | GTSIO-520H |
| Serie: | 231370R |
| Total, horas de vuelo: | 3753.52 h |
| Total, ciclos de vuelo: | N/A |
| Total, horas D.U.R.G: | 362.20 |
| Fecha último servicio: | 18 de enero 2023 |

Motor No. 2

| | |
|--------------------------------|------------------|
| Marca: | Continental |
| Modelo: | GTSIO-520H |
| Serie: | 817609-R |
| Total, horas de vuelo: | 1496.82 h |
| Total, ciclos de vuelo: | N/A |
| Total, horas D.U.R.G: | 784.89 |
| Fecha último servicio: | 18 de enero 2023 |

No se encontraron discrepancias en los registros de mantenimiento relacionados con la ejecución de los servicios efectuados a la aeronave. Se cumplió con el servicio de 100 horas el día 18 de enero del 2023.

1.6.3 Hélices

Hélice No. 1

| | |
|--------------------------------|------------------|
| Marca: | Mc Cauley |
| Modelo: | 3AF37C516 |
| Serie: | 001159 |
| Total, horas de vuelo: | 4060.62 h |
| Total, ciclos de vuelo: | N/A |
| Total, horas DURG: | 133:62 h |
| Fecha último servicio: | 18 de enero 2023 |

Hélice No. 2

| | |
|-------------------------------|------------------|
| Marca: | Mc Cauley |
| Modelo: | 3AF37C516-A |
| Serie: | 70886 |
| Total, horas de vuelo: | 784.89 h |
| Total ciclos de vuelo: | N/A |
| Total horas DURG: | 133.62: h |
| Fecha último servicio: | 18 de enero 2023 |

1.7 Información Meteorológica

Las condiciones meteorológicas en el aeródromo de Cartagena (SKCG) en las horas próximas al suceso, de acuerdo con el reporte METAR, eran las siguientes:

SKCG 211600Z 34008KT 290V010 9999 FEW020 30/22 Q1011 RMK A2987

Cartagena, 16:00Z. Viento con una intensidad de 08 nudos de los 340°; viento variable entre los 290° y 010°; visibilidad horizontal mayor a 10 km, cobertura del cielo con nubes dispersas a 2,000 pies AGL, temperatura ambiente 30°C, temperatura de punto de rocío 22°C; ajuste altimétrico 30,31InHg.

SKCG 211700Z 34010KT 300V360 9999 FEW020 31/21 Q1010 RMK A2984 =

Cartagena, 17:00Z. Viento con una intensidad de 10 nudos de los 340°, viento variable entre los 300° y 360°; visibilidad horizontal mayor a 10 km, cobertura del cielo con nubes dispersas a 2,000 pies AGL, temperatura ambiente 31°C, temperatura de punto de rocío 21°C; ajuste altimétrico 29,84InHg.

1.8 Ayudas para la Navegación

No tuvieron incidencia en el Incidente Grave.

1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo

Las comunicaciones se realizaron en frecuencia Simón Bolívar Torre (SKCG) en la frecuencia 118.3 MHz. Este factor no tuvo incidencia en el Incidente Grave.

1.10 Información del Aeródromo

El Aeropuerto Simón Bolívar (IATA: CTG, OACI: SKCG) es un terminal aéreo colombiano de carácter público concesionado, ubicado al norte de la ciudad de Cartagena, Bolívar.

Cuenta con una pista de aterrizaje en asfalto de 2.390 metros (8.415 ft) de longitud con dirección 01/19; está ubicado a una elevación de 2 mt (6.6 ft) ASL.

En el momento del suceso, todos los servicios del aeródromo operaban correctamente y reaccionaron de manera oportuna.

El aeródromo no tuvo incidencia en el Incidente Grave.

1.11 Registradores de Vuelo

La aeronave no se encontraba equipada con Registradores de Datos de Vuelo (FDR) ni de Voces de Cabina (CVR). Las regulaciones existentes no exigían llevarlos a bordo.

1.12 Información sobre el recorrido de la aeronave

La aeronave aterrizó normalmente por la pista 01 de Cartagena. Se identificaron marcas de las palas de la hélice izquierda que comenzaban a 650 metros del umbral de la pista 01 y se extendían a lo largo de 200 m, en una línea que se desviaba hacia la izquierda del eje de la pista. Una vez que el plano izquierdo hizo contacto con la pista, la aeronave se deslizó por 130 metros más, acentuando su desviación hacia la izquierda.

Finalmente se detuvo sobre la margen izquierda, quedando el plano izquierdo por fuera del límite lateral de la pista.

También se localizaron otras marcas sobre la superficie de la pista y que correspondían al rozamiento de la llanta del tren izquierdo ya retraído a partes de la tijera de torsión del tren izquierdo.



Fotografía No. 3 – Marcas de golpes de las palas y del rozamiento del tren izquierdo sobre la pista.

Las evidencias indican que el tren principal izquierdo colapsó y comenzó una retracción suave, continuada y no comandada. Las múltiples señales de la hélice en la pista, primero las trazas de las palas y, después, señales continuas de partes metálicas, indican que el proceso no fue instantáneo si no que ocurrió de manera paulatina, y terminó, según las marcas en la pista posteriores a las indicadas y la inspección de los restos, con el tren retraído.

1.13 Información médica y patológica

Tanto el Piloto como el Copiloto contaban con sus certificados médicos vigentes y aplicables para el tipo de operación. Habían cumplido con sus descansos y con las asignaciones permitidas por la normatividad.

No se determinaron aspectos de performance humana que fueran factor causal en la ocurrencia del evento.

El examen post Incidente Grave no detectó la presencia de alcohol ni de sustancias psicoactivas en el cuerpo de los tripulantes.

1.14 Incendio

No se produjo incendio.

1.15 Aspectos de supervivencia

No se aplicaron.

1.16 Ensayos e investigaciones

Con el fin de identificar la condición del tren de aterrizaje que causó la retracción se inspeccionó el tren principal izquierdo, encontrándose una fractura en el brazo actuador del tren, a la altura de la tuerca guía.



Fotografía No. 4 - Seguro del tren izquierdo que se fracturó

1.17 Información orgánica y de dirección

El propietario de la aeronave mantenía un contrato de prestación de servicios con el Piloto y un contrato de servicio de mantenimiento con un taller autorizado por la autoridad aeronáutica.

1.18 Información adicional

Ninguna.

1.19 Técnicas útiles o eficaces de investigación

No se requirieron técnicas de investigación especiales para la investigación. La investigación siguió las técnicas y métodos recomendados por el Documento OACI 9756, Parte III.

2. ANÁLISIS

2.1 Operaciones de vuelo

La tripulación estaba compuesta por 01 (un) Piloto y un Copiloto, quienes se encontraban psicofísica y técnicamente aptos para el vuelo.

La investigación determinó que los procedimientos operacionales ejecutados por la tripulación durante la ejecución del evento correspondieron a la operación normal de la aeronave. Sus actuaciones estuvieron acordes con el tipo de falla presentada y no tuvieron incidencia en el presente Incidente Grave.

2.2 Aeronave – Análisis del proceso de retracción no comandado del tren de aterrizaje

La configuración geométrica del tren principal hace que, cuando el tren está en la posición correcta, extendido y asegurado abajo, las cargas verticales y laterales que actúan sobre él están soportadas, respectivamente, por la columna del propio brazo del tren y por el conjunto tornapunta. Por lo tanto, no existe transmisión práctica de carga a través del mecanismo de accionamiento, y sus piezas no soportarán, prácticamente, ninguna carga.

Sin embargo, la fractura encontrada en el Incidente Grave ha ocurrido otras veces en piezas de este mecanismo; en estos casos se ha determinado que este tipo de fracturas se deben a cargas ejercidas en esos componentes, que han superado las características mecánicas de sus materiales.

Por tanto, la investigación se orientó a determinar qué situación anormal en el mecanismo de extensión y bloqueo del tren principal izquierdo pudo haber provocado esas cargas sobre el brazo actuador del tren, pieza del del mecanismo que aparentemente falló.

2.3 Secuencia de la fractura de la barra

El perno de pivote roto a cortadura, parece ser el elemento inicial en la cadena de rotura que llevó a la retracción del tren principal. Este eje sobre el que pivotea la palanca acodada ha sido el único elemento roto, común en diferentes casos investigados por la DIACC.

La dirección de la fuerza causante de la rotura del perno de pivote, conocida por la posición inmóvil del eje después de su seccionamiento en algunos de los casos, coincide con el nervio de refuerzo de la palanca acodada y está ubicada aproximadamente en la mitad del ángulo formado por los dos brazos de éste.

2.4 Descripción del sistema del tren de aterrizaje

Las aeronaves Cessna 401, 402, 411, 414, 421 y 425 tienen el mismo Certificado de Tipo y poseen el mismo mecanismo y modelo de tren de aterrizaje. Así mismo, los modelos Cessna 310 y Cessna 320, 335 y 340 comparten el mismo diseño de tren de aterrizaje.

La figura que se muestra en la página siguiente, represente un esquema del tren izquierdo, en posición extendida.

El accionamiento del tren se realiza mediante un motor eléctrico y un reductor, situados en el fuselaje central, por debajo el piso del avión. El giro de este motor se transmite a las tres

piernas (izquierda, derecha y de morro), a través de unas palancas y de un tubo de torsión que, finalmente, mueve la barra de accionamiento, el cual actúa directamente sobre el mecanismo de cada pierna.

Considerando únicamente el tren izquierdo, el funcionamiento del sistema para retraer el tren sería el siguiente: el motor eléctrico se alimentaría para que girase en el sentido que haría que la barra de accionamiento se desplazase hacia la rueda, empujando, trabajando a compresión, sobre la palanca acodada (*bellcrank*), unida a ella. El empuje y el desplazamiento de la barra de accionamiento hacen que la palanca acodada gire y empuje sobre el perno de pivote (*pivot bolt*) soportado en el herraje de orejetas de la cabeza de la pierna (*thrust assy*).

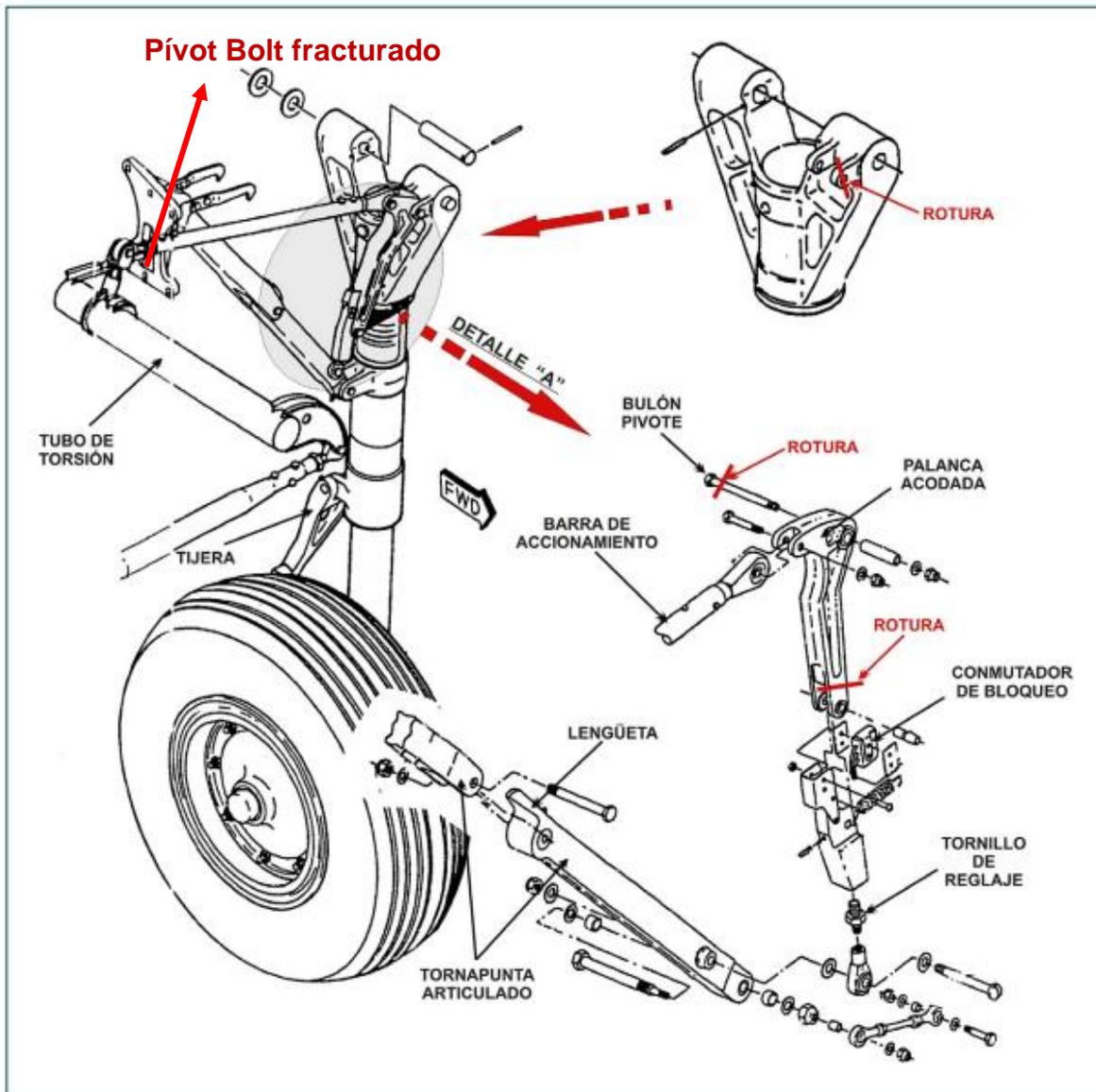


Figura No. 1 - Sistema del tren de aterrizaje principal izquierdo y posición del seguro fracturado.

El empuje produce una carga en el perno de la cabeza de la pierna en el sentido de retracción (giro de la pierna hacia el fuselaje). Simultáneamente, el giro de la palanca hace que el brazo inferior de la misma, el más largo, produzca el desplazamiento de la barra articulada que hay en su extremo. Este desplazamiento tiene dos efectos: por una parte, separa de la pierna al conmutador de fin de carrera, venciendo el muelle existente y apagando la luz de aviso de «tren asegurado»; y, por otra, hace que el otro extremo de la barra tire del punto intermedio del brazo inferior de la tornapunta articulada (*lower side*) o «sobrecentro», al que está unido.

Esta unión es también articulada y se realiza a través del tornillo de reglaje (*adjusting screw*), cuya función se explica más adelante, unido al extremo de agarre a la tornapunta y al brazo lateral de asegurado (*side brace lock*). Tal como se ve en la figura, al tirar de este brazo, la tornapunta se pliega hacia arriba y permite, a la vez que inicia, el giro del tren hacia el fuselaje.

La tornapunta articulada es un conjunto de dos brazos, superior e inferior, articulado en su centro, que sitúa al tren en su posición extendida y sirve, además y fundamentalmente, para absorber las cargas laterales que se producen sobre el tren durante el aterrizaje y despegue.

Dada la configuración geométrica existente, la tornapunta se extiende al bajar el tren y es asegurado en esa posición por la palanca acodada, haciendo que su punto de articulación sobrepase la línea imaginaria que uniría los extremos de sus brazos. Este bloqueo, conocido como sobrecentro, se completa con una lengüeta en el extremo articulado del brazo inferior de la tornapunta, que limita el máximo valor posible de sobrecentro (por extensión, el conjunto de la tornapunta es llamado, a veces, sobrecentro) y es, a la vez, un tope mecánico que impide que las tornapuntas se doblen hacia abajo.

La posición del sobrecentro se regula ajustando la longitud del brazo inferior de la palanca acodada, articulado y unido a la tornapunta a través del tornillo de reglaje, que es roscado en sus dos extremos. Si el conjunto está bien ajustado, cuando se alcanza el sobrecentro en la tornapunta, el brazo inferior articulado de la palanca acodada está en línea recta y en su posición de máxima longitud.

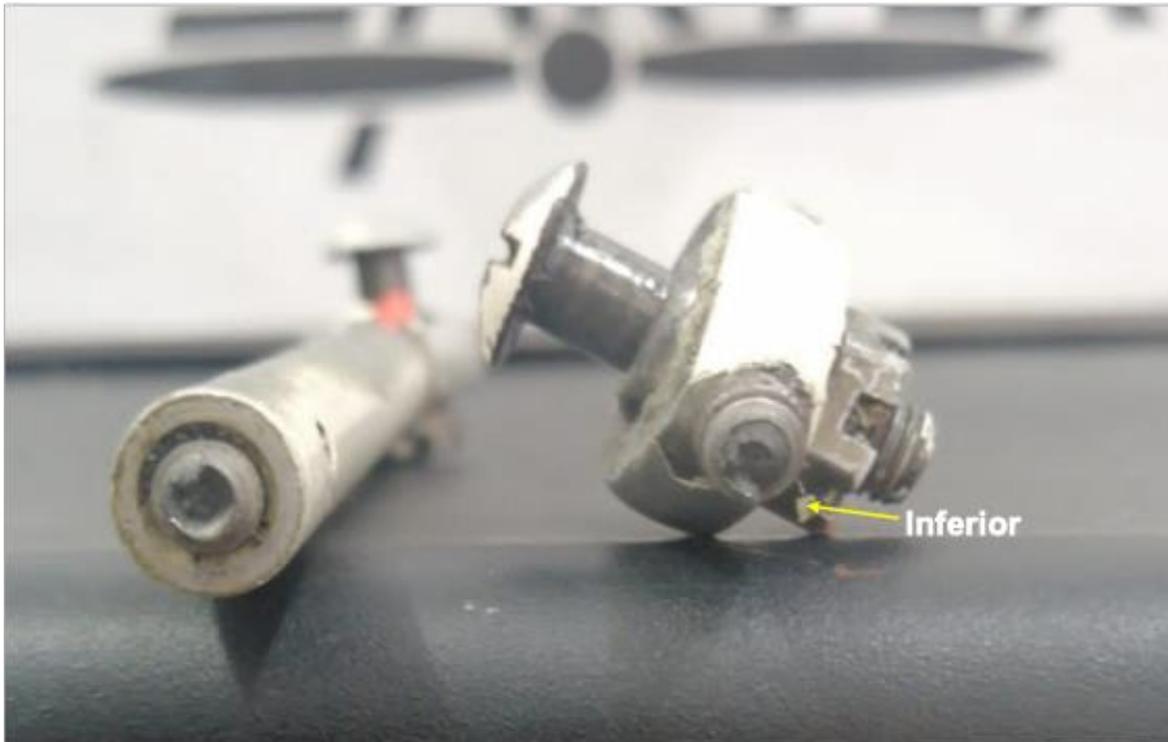
Con el tren en la posición extendido y asegurado, la configuración geométrica del tren hace que las cargas verticales y laterales estén soportadas por la columna del propio tren y por la tornapunta articulada, respectivamente. El mecanismo de actuación no debería estar sometido a grandes cargas y su misión es mantener la posición del sobrecentro.

2.5 Estado del perno después del Incidente Grave

Los análisis indicaron que la fractura fue debido a la superación de las características mecánicas de los materiales utilizados. En la rotura de la orejeta inferior de la palanca acodada se detectó una deformación plástica previa y, en la del casquillo de su interior, se determinó que era de carácter frágil.

No se detectó ninguna anomalía o defecto de carácter metalúrgico que haya podido favorecer los procesos de la fractura en alguna de las piezas; y es lógico pensar que las roturas se han producido por un sobreesfuerzo en particular; para el perno de pivote se

realizó, además, un estudio comparativo entre el perno que resultó seccionado en el incidente y el simétrico del tren derecho que no resultó dañado.



Fotografía No. 5 - Rotura del perno de pivote NAS 464P4-26.

El examen fractográfico de la superficie de rotura del perno muestra que ésta tiene aspecto liso, y presenta cierto grado de deformación plástica. La fractura es de carácter dúctil y no se detectaron indicios de la existencia de ningún tipo de defecto o agrietamiento previo al desencadenamiento de la fractura.

2.6 Origen de los sobreesfuerzos en el mecanismo

Tal como ya se ha indicado, la rotura del mecanismo de extensión - retracción se debió a la presencia de unas cargas de magnitud no prevista en su diseño; por tanto es de esperar que no aparezcan excepto que su ajuste este desviado de modo que permita la introducción de estas cargas durante el proceso de asegurado abajo del tren y/o una redistribución de las cargas durante la toma de contacto en tierra, que, con un mecanismo en buena condición, son absorbidas por el cilindro estructural (las verticales).

El conjunto de extensión del tren de aterrizaje, incluyendo el motor eléctrico que lo actúa, dispone de tres ajustes o calibraciones del movimiento y su indicación en cabina, además de los ajustes mecánicos genéricos de todas las uniones mecánicas.

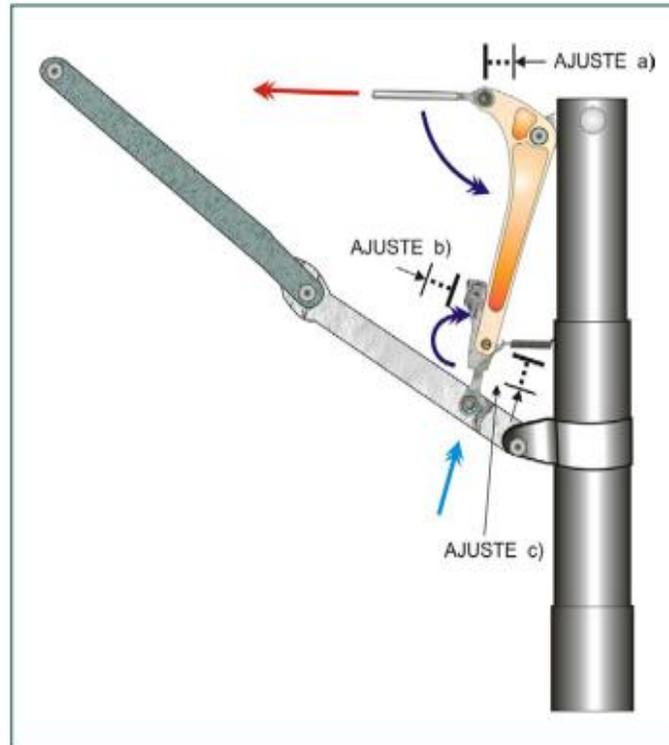


Figura No. 2 - Esquema de ajustes.

- El primero es el posicionamiento de los interruptores del motor eléctrico para detener el movimiento de éste y de las barras de transmisión hasta la barra de accionamiento, en donde se une al mecanismo del tren propiamente dicho, en las posiciones finales de tren arriba asegurado y tren abajo asegurado.
- Hay otro ajuste localizado sobre el interruptor indicador de la posición de tren abajo asegurado, que se realiza sobre la posición final del mecanismo; es fácil de obtener ya que el propio interruptor permite un cierto ajuste y no afecta a otros elementos del mecanismo.
- El proceso de ajuste final del mecanismo se realiza actuando sobre la longitud del brazo inferior de la palanca acodada a través del tornillo de reglaje, proceso en apariencia sencillo y que no debería introducir precarga sobre la palanca acodada.

El análisis del movimiento del mecanismo en las proximidades de su posición final (abajo y asegurado) y las pruebas realizadas que varían los ajustes mencionados conducen a identificar dos modos en los que la palanca acodada queda en condiciones de carga y fuera de su condición prevista de trabajo.

Con el ajuste a., el interruptor de parada del motor para su extensión más allá de una posición apropiada deja precargada a la barra de accionamiento a tracción y por tanto el brazo superior de la palanca acodada. Si a ello se une una posición de ajuste c., con exceso de longitud del brazo inferior de la palanca acodada, deja precargado a compresión el brazo inferior de la palanca acodada. Como consecuencia de una de estas o ambas cargas queda precargado el perno de pivote a cortadura con una resultante en el ángulo intermedio entre ambos brazos de la palanca acodada.

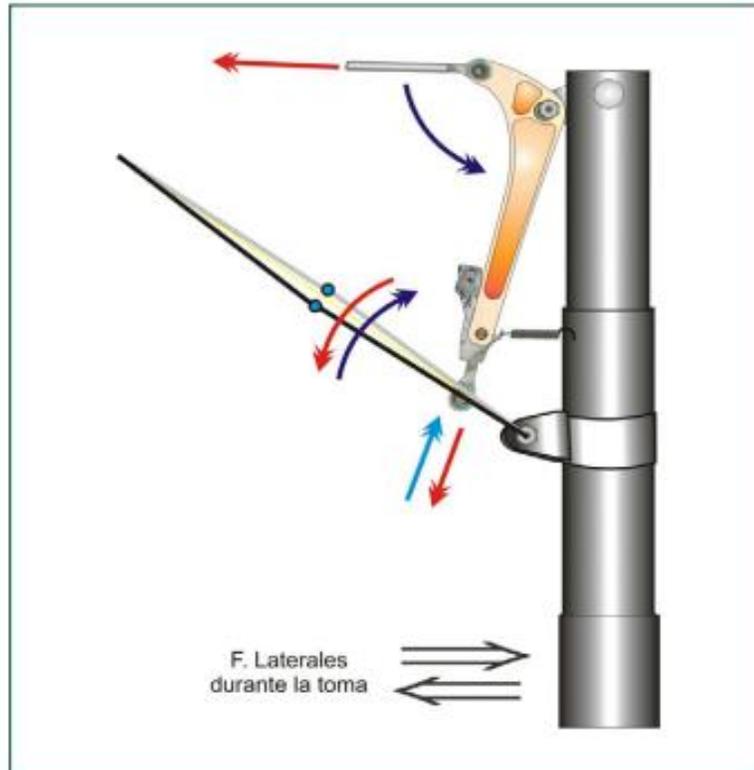


Figura No. 3 - Esquema de ajustes y de seguro.

Con el ajuste opuesto al mencionado en el párrafo anterior en la calibración c. queda la tornapunta sobrecentro con una holgura en su tope mecánico que permite la aparición de un movimiento oscilatorio alrededor del eje neutro como consecuencia de las cargas laterales sobre la pierna. Esta holgura puede ser favorecida con un ajuste en a. como el mencionado en el párrafo anterior, ya que ello llevaría al interruptor de tren abajo (ajuste b.) al tope y no daría indicación de fallo. Este movimiento oscilatorio de sobrecentro produce cargas sobre la palanca acodada y por tanto sobre el perno de pivote con una resultante similar al caso anterior, y que son de mayor valor absoluto por la propia geometría del mecanismo.

El reglaje o calibración del mecanismo es muy importante para que éste mantenga una geometría apropiada en todas sus articulaciones, de modo que la distribución de fuerzas sobre sus elementos sea la de diseño y no se distorsione apareciendo sobrecargas en elementos relativamente débiles, ya que se diseñaron para mover el mecanismo, pero no para absorber cargas derivadas de la toma de contacto en tierra, al aterrizar.

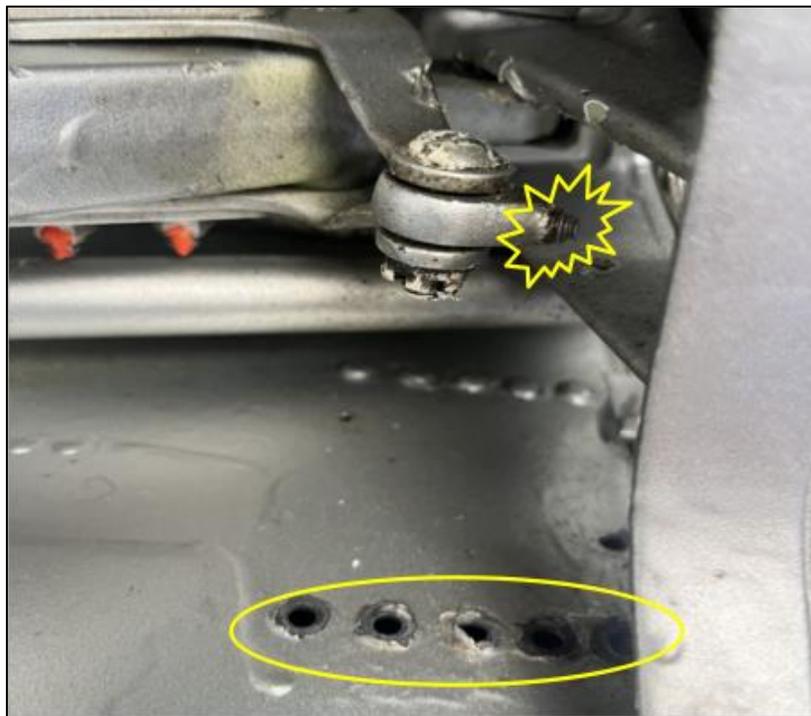
También las holguras en los ajustes mecánicos y/o de desgaste introducen ligeros incrementos en los ángulos y variación de la geometría, que permite la aparición de sobrecargas de tipo oscilatorio o alternativo sobre estos elementos relativamente débiles.

Esta posibilidad de falla ya ha sido identificada por el fabricante ya que tiene emitidos los *Supplemental Inspection Document* (SID), No. 32-10-03 y No. 32-30-05, para inspección por excesivas holguras y desgaste en el sistema de retracción del tren de aterrizaje (SID No. 32-10-05), y para inspección específica del perno de pivote por inicio de deformación a cortadura (SID No. 32-10-03).

Los ajustes que necesita el mecanismo de retracción del tren de aterrizaje, a pesar de parecer sencillos de comprender y fáciles de llevar a la práctica, no son fácilmente aplicables y pueden producir variaciones geométricas que redistribuyen las cargas sobre el perno de pivote, dando lugar al plegado inadvertido de una pierna del tren principal. Así mismo, el ajuste del sobrecentro no debe entenderse como una operación aislada, sino como una parte del ajuste completo del mecanismo de extensión retracción.



Fotografía No. 6 - Posición y condición en la que se encontró el seguro del tren izquierdo



Fotografía No. 7 - Condición en la que se encontró el sistema de seguro del tren

También se encontró que la posición de la barra de acoplamiento superior e inferior no correspondía con la posición normal cuando el tren se encuentra extendido y asegurado; aunque esta extensión se haga sin asistencia hidráulica, es claro que este elemento debe tener una posición normal, pues en caso de pérdida de presión hidráulica el sistema debe operar por gravedad y todos sus elementos deben tener un desplazamiento normal.

De esta manera, y de acuerdo con las condiciones anteriores, el seguro presentó rotura por fatiga de material.

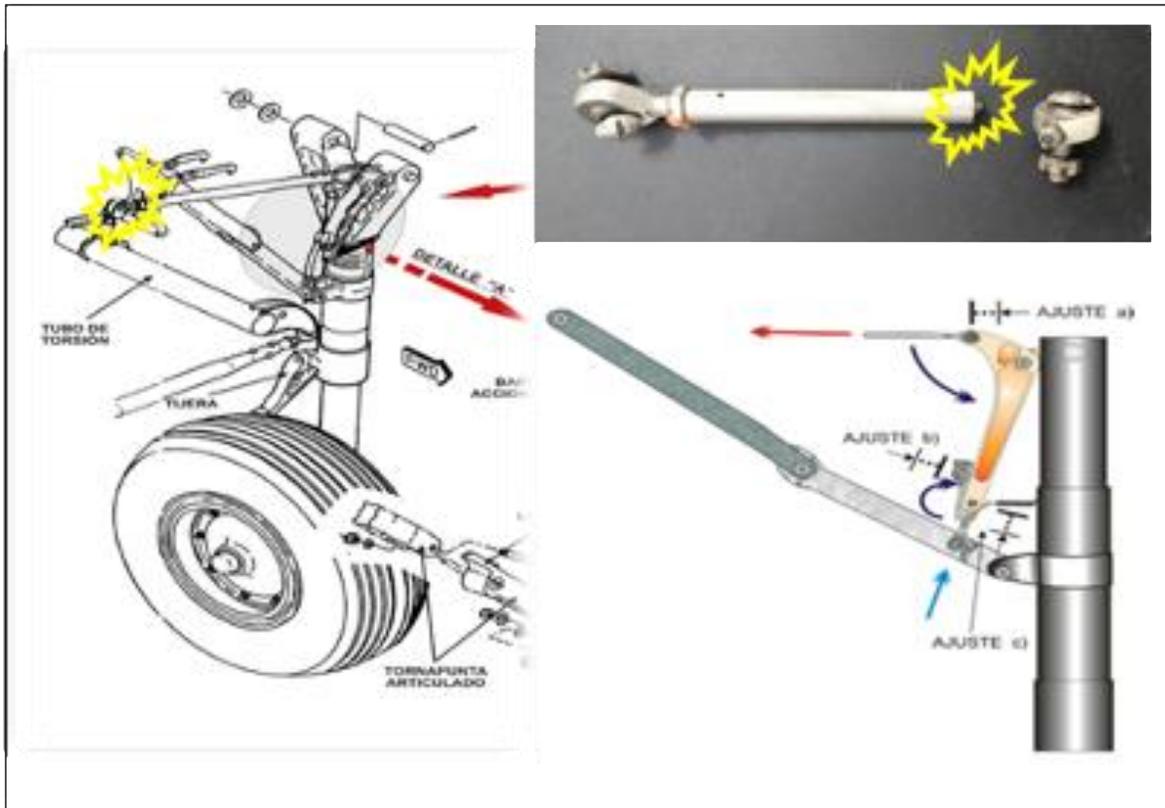


Figura No. 4 - Ubicación de los componentes comprometidos en la falla.

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 al análisis contenido en el proceso investigativo.

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

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

3.1 Conclusiones

3.1.1 Generales

La tripulación se encontraba psicofísica y técnicamente apta para operar la aeronave.

La aeronave se encontraba aeronavegable, y estaba al día con el programa de mantenimiento. No registraba reportes de discrepancias que se pudieran relacionar con el Incidente Grave.

La operación del vuelo fue normal hasta el aterrizaje en el aeropuerto de Cartagena.

Durante el aterrizaje y en la carrera de desaceleración, después de recorrer algunos metros sobre la pista, el Piloto accionó los frenos y el sistema del tren principal izquierdo cedió ante la resistencia generada por la acción de frenado, provocando la retracción del tren izquierdo.

El Piloto instruyó al Copiloto para que perfilara las hélices y apagara los motores, y trató de mantener la aeronave en el centro de la pista.

Una vez que el tren izquierdo se retrajo, el plano izquierdo cayó sobre la pista, el avión se desvió hacia el lado izquierdo y se detuvo en el margen izquierdo de la pista.

La aeronave terminó con daños sustanciales.

Los ocupantes evacuaron la aeronave por sus propios medios, ilesos.

Se encontró que la posición de la barra de acoplamiento superior e inferior del tren izquierdo, no correspondía con la posición normal que debía tener cuando el tren se encuentra extendido y asegurado.

Esta falta de alineación de la barra de acoplamiento y de regulación de la guía del sobre centro del tren de aterrizaje, causó la fractura de la barra de seguridad y que el tren izquierdo se desasegurara después del aterrizaje, una vez que recibió parte del peso del avión y la inercia de la fuerza de frenado.

Esta posibilidad de falla ya ha sido identificada por el fabricante ya que tiene emitidos dos suplementos para inspección por excesivas holguras y desgaste en el sistema de retracción del tren de aterrizaje (SID N. 32-10-05), y para inspección específica del perno de pivote por inicio de deformación a cortadura (SID N. 32-10-03).

3.2 Causa probable

Fractura de la barra de acoplamiento (*pivot bolt*), que asegura el brazo del tren por compresión para su extensión, la cual generó una discontinuidad del mecanismo de seguridad del tren de aterrizaje, ocasionando la retracción del tren principal izquierdo cuando recibió peso durante el aterrizaje.

3.3 Factor Contribuyente

Sobrecarga en el mecanismo de la extensión del tren, que se creó por una redistribución de esfuerzos en el aterrizaje, debido, probablemente, a variación de los ajustes por holguras que fueron amplificadas por la geometría del propio mecanismo y que hizo que difiriera de la prevista en el diseño por parte del fabricante.

3.4 Taxonomía OACI

SCF-NP: Falla o malfuncionamiento de componente no motor

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

A LA SECRETARÍA DE AUTORIDAD AERONAUTICA DE LA AERONÁUTICA CIVIL DE COLOMBIA

REC. 01-202311-2

Orientar a los operadores del equipo Cessna 421B y 421C, para que verifiquen y exijan que los trabajos de mantenimiento que se efectúan al tren de aterrizaje correspondan a lo indicado en los manuales del fabricante y se extiendan lo necesario para detectar posibles anomalías que pueden resultar de las características propias de la operación y especialmente en el ajuste del sistema.

REC. 02-202311-2

Instruir a los operadores del equipo Cessna 421B y 421C, para que realicen inspecciones detalladas, de acuerdo con el manual del fabricante, en el ajuste del sistema de retracción – extensión del tren principal de aterrizaje.

REC. 03-202311-2

Dar a conocer el presente Informe de Investigación a los Operadores del equipo Cessna 421B y 421C, para que apliquen las recomendaciones según sea pertinente y que, además, se tenga en cuenta el Informe para mejorar los Sistemas de Gestión de Seguridad Operacional.



DIRECCIÓN TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Av. Eldorado No. 103 – 15, Piso 5º.

investigacion.accide@aerocivil.gov.co

Tel. +(57) 601 2963186

Bogotá D.C. – Colombia