



INFORME FINAL INCIDENTE GRAVE

COL-22-55-GIA

Falla de retracción del tren de aterrizaje y estallada
de ruedas durante el aterrizaje

Airbus A300B4-203F

Matricula YV560T

23 de agosto de 2022

Bogotá D.C., Cundinamarca - 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 | 5 |
| SINOPSIS | 6 |
| RESUMEN | 6 |
| 1. INFORMACIÓN FACTUAL | 8 |
| 1.1 Reseña del vuelo..... | 8 |
| 1.2 Lesiones personales..... | 11 |
| 1.3 Daños sufridos por la aeronave | 11 |
| 1.3.1 Tren principal derecho..... | 12 |
| 1.3.2 Motor derecho..... | 12 |
| 1.3.3 Fuselaje y compuerta derechos | 12 |
| 1.4 Otros daños | 12 |
| 1.5 Información personal..... | 13 |
| 1.5.1 Piloto..... | 13 |
| 1.5.2 Copiloto..... | 13 |
| 1.6 Información sobre la aeronave y el Mantenimiento..... | 15 |
| 1.6.1 Aeronave..... | 15 |
| 1.6.2 Motores..... | 17 |
| Posición No. 1..... | 17 |
| Posición No. 2..... | 17 |
| 1.7 Información Meteorológica..... | 18 |
| 1.8 Ayudas para la Navegación | 18 |
| 1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo | 18 |
| 1.10 Información del Aeródromo..... | 18 |
| 1.10.1 Datos geográficos y de facilidades para la navegación | 18 |
| 1.10.2 Características físicas de la pista..... | 20 |
| 1.10.3 Luces de aproximación y pista..... | 20 |
| 1.11 Registadores de Vuelo..... | 21 |
| 1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto | 21 |
| 1.13 Información médica y patológica..... | 21 |
| 1.14 Incendio | 21 |
| 1.15 Aspectos de supervivencia..... | 22 |
| 1.16 Ensayos e investigaciones..... | 22 |
| 1.16.1 Verificación de sistemas del tren de aterrizaje | 22 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1.16.2 | Prueba del tren de aterrizaje con la aeronave elevada | 23 |
| 1.17 | Información orgánica y de dirección | 25 |
| 1.18 | Información adicional..... | 26 |
| 1.18.1 | Función de los circuitos lógicos | 26 |
| 1.18.2 | Tipos de circuitos lógicos | 26 |
| 1.18.3 | Circuitos lógicos combinados..... | 27 |
| 1.18.4 | Circuitos lógicos secuenciales | 27 |
| 1.18.5 | Tipos de circuitos secuenciales | 29 |
| 1.18.6 | Circuitos sincrónicos..... | 29 |
| 1.18.7 | Circuitos Asincrónicos | 29 |
| 1.19 | Técnicas útiles o eficaces de investigación | 29 |
| 2. | ANÁLISIS | 30 |
| 2.1 | Operaciones de vuelo..... | 30 |
| 2.1.1 | Selección de auto frenado (<i>autobrake</i>), antes del despegue..... | 30 |
| 2.1.2 | Falla en la subida de la palanca del tren de aterrizaje | 30 |
| 2.1.3 | Enmienda a la lista de chequeo | 32 |
| 2.1.4 | Selección del auto frenado para aterrizar | 33 |
| 2.2 | Mantenimiento | 34 |
| 2.2.1 | Registros relacionados con el mantenimiento | 34 |
| 2.2.2 | Funcionamiento del sistema de retracción y extensión del tren de aterrizaje 35 | |
| 2.2.3 | Asimetría en los sensores “peso sobre ruedas” (<i>weight on wheels</i>)..... | 35 |
| 2.2.4 | Falta de presión hidráulica en los <i>pitch dampers</i> | 36 |
| 2.2.5 | Sensor “peso sobre ruedas” (<i>weight on wheels</i>) desajustado | 37 |
| 3. | CONCLUSIÓN..... | 38 |
| 3.1 | Conclusiones generales | 38 |
| 3.2 | Conclusiones sobre la falla del tren de aterrizaje | 39 |
| 3.3 | Conclusiones sobre la explosión de las ruedas del tren principal..... | 40 |
| 3.4 | Causas probables..... | 41 |
| 3.5 | Factores Contribuyentes | 41 |
| 3.6 | Taxonomía..... | 41 |
| 4. | RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL..... | 42 |

SIGLAS

| | |
|--------------|--|
| AMM: | Manual de Mantenimiento de aeronaves |
| AGL: | Por encima del nivel del suelo |
| ATC | Control de Tránsito Aéreo |
| CRM | Gestión de Recursos de Cabina |
| CM1 | Crew member 1 |
| CM2 | Crew member 2 |
| DIACC | Dirección Técnica de Investigación de Accidentes |
| EASA | Agencia de Seguridad Operacional de la Unión Europea |
| FCOM | Flight Crew Operating Manual |
| HL | Hora Local |
| METAR | Informe Meteorológico Rutinario de aeródromo |
| MGO | Manual General de Operaciones |
| MGM | Manual General de Mantenimiento |
| MEL | Listado mínimo de equipos |
| MDI | Manual procedimientos de inspección |
| NTSB | National Transportation Safety Board – Autoridad AIG de EEUU |
| OACI | Organización de Aviación Civil Internacional |
| OMA | Organización de Mantenimiento. |
| PBMO | Peso Bruto Máximo Operativo |
| POH | Manual de Operaciones del Piloto |
| QRH | Quick Reference Handbook |
| RII | Ítem de inspección requerida |
| RPM | Revoluciones por minuto |
| RTO | Rejected take off |
| SAE | Sociedad de ingenieros automotrices |
| SMS | Sistema de gestión para seguridad operacional |
| STC | Supplemental Type Certificates |
| UTC | Tiempo Coordinado Universal |
| VFR | Reglas de Vuelo Visual |
| VMC | Condiciones Meteorológicas Visuales |

SINOPSIS

| | |
|------------------------------------|--|
| Aeronave: | Airbus A300B4-203F |
| Fecha y hora del Accidente: | 23 de agosto de 2022, 22:05 UTC |
| Lugar del Accidente: | Aeropuerto internacional el Dorado (OACI SKBO), Bogotá D.C - Colombia |
| Coordenadas: | N 04°42'10.12" W 074°09'32.56" |
| Tipo de Operación: | Transporte Aéreo no Regular de Carga |
| Número de ocupantes: | 06 Ocupantes (1 Piloto, 1 Copiloto, 1 Ing. De vuelo, 1 Despachador, 2 Técnicos de Mantenimiento. |
| Taxonomía OACI: | SFC-NP |

RESUMEN

El 23 de agosto de 2022 la compañía de carga programó la aeronave Airbus A300B4-203F para efectuar un vuelo de Transporte no Regular de Carga desde el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar (OACI: SVMI), de Maiquetía, Venezuela, hasta el Aeropuerto internacional Eldorado (OACI: SKBO), de Bogotá, Colombia, y posteriormente, efectuar el vuelo de regreso en la ruta SKBO – SVMI. El primer vuelo se efectuó sin novedad.

Para el vuelo de regreso, SKBO – SVMI, la aeronave despegó sin novedad, a las 21:28 UTC. No obstante, una vez que la tripulación operó la palanca del tren de aterrizaje hacia arriba (*UP*), la palanca no subió completamente. La tripulación ejecutó los procedimientos del *QRH* correspondientes a *LG LEVER INTERLOCKED*, sin resultados satisfactorios.

La tripulación decidió retornar a SKBO y así lo comunicó al ATC ya que, debido a las condiciones presentadas, no podía continuar el vuelo hacia SVMI.

A las 22:00 UTC, después de efectuar la toma de contacto, durante la carrera de desaceleración, se presentó una explosión acompañada de fuerte resistencia y vibración del lado derecho de la aeronave.

La aeronave continuó la carrera de desaceleración, y se detuvo cerca de la calle de rodaje K3 a 2,392 m de la cabecera 31L.

El Servicio de Extinción de Incendios (SEI) del aeropuerto SKBO se acercó de inmediato a la aeronave, y aplicó agente extintor al tren principal derecho. La tripulación apagó los motores, aseguró la aeronave y permaneció a bordo. Después la abandonó de manera normal, sin lesiones.

La aeronave resultó con cuatro (4) ruedas del tren de aterrizaje principal estalladas y con daños menores en varias partes como efecto del impacto de trozos desprendidos de las ruedas.

La investigación determinó que el Incidente Grave se produjo por la siguientes Causas Probables:

- Explosión de las ruedas del tren principal derecho y pérdida de presión de las ruedas del tren principal izquierdo por la no desactivación del sistema *autobrake* antes de aterrizar.
- Asimetría en los sensores de peso sobre ruedas (*weight on wheels*) que impidió la retracción del tren de aterrizaje después del despegue, obligando a su regreso.
- Pérdida de presión hidráulica en el del *pitch damper* del tren de aterrizaje, que causó asimetría entre los sensores de proximidad impidiendo el correcto funcionamiento del sistema del tren de aterrizaje.

Así mismo, la investigación encontró los siguientes Factores Contribuyentes:

- Carencia de un procedimiento, en las listas de chequeo del fabricante, para desactivar el sistema *autobrake* en caso de operaciones anormales, como, por ejemplo, un mal funcionamiento del sistema de retracción del tren de aterrizaje.
- Omisión por parte de la tripulación, del ítem *AUTOBRAKES (AS REQUIRED)* durante la ejecución de *LANDING CHECKLIST*, oportunidad que tuvo para desarmar dicho sistema, que no desarmó automáticamente por falla en la retracción del tren de aterrizaje.
- Posibles acciones incorrectas en las tareas de Mantenimiento, con la inspección detallada de los componentes de los trenes de aterrizaje, incluyendo, por ejemplo:
 - La verificación de una correcta instalación, ajuste y precarga al sistema *pitch damper* del tren de aterrizaje.
 - Deficientes procedimientos de inspección diaria, que no verificaron la condición y correcto ajuste de los sensores del sistema “peso sobre ruedas” (*weight on wheels*).
 - Deficientes procedimientos de inspección escritos en el Manual General de Mantenimiento del Operador, al no brindar orientación suficiente al personal de Mantenimiento para apropiada toma de decisiones durante los procesos de instalación y ajustes a los componentes de control del tren de aterrizaje, ya que no se muestran como trabajos especiales a realizar en el avión.
 - Ausencia de procedimientos de inspección requerida “RII” en los manuales y políticas de Mantenimiento del Operador, que garantice la supervisión de trabajos en los sensores de proximidad y sistema de indicación de la aeronave.
 - Falta de un procedimiento efectivo del Operador, en el recibo de aeronaves después de un Mantenimiento programado o no programado, que garantice la operación y funcionalidad de los sistemas de la aeronave de manera técnica controlada, para casos especiales como las pruebas por funcionalidad y correcta operación en los sistemas de extensión y retracción de trenes.

La investigación emitió cuatro (4) Recomendaciones inmediatas de seguridad operacional, y cuatro (4) Recomendaciones como resultado del presente Informe Final.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1 Reseña del vuelo

El 23 de agosto de 2022 la compañía de carga programó la aeronave Airbus A300B4-203F para efectuar un vuelo de Transporte no Regular de Carga desde el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar (OACI: SVMI), de Maiquetía, Venezuela, hasta el Aeropuerto internacional Eldorado (OACI: SKBO), de Bogotá, Colombia, y posteriormente, efectuar el vuelo de regreso en la ruta SKBO – SVMI.

La primera operación, entre SVMI – SKBO, se realizó con el número de vuelo TIW1522. La aeronave despegó de SVMI a las 18:00 UTC, y arribó a SKBO a las 19:33 UTC en condiciones normales.

A las 20:03 UTC el Despacho de la compañía dio a la tripulación información del vuelo de regreso, con número TIW1523, el cual se planeó para ser realizado IFR, con hora salida 20:30 UTC, a un nivel de vuelo FL310, con tiempo de vuelo de 01:25 h y una autonomía de 02:36 h.

El vuelo fue abordado por seis (6) ocupantes: el Comandante, el Primer Oficial, el Ingeniero de Vuelo, el Despachador y dos (2) Técnicos de Mantenimiento.

La aeronave estaba aprovisionada con 15,403 kg de combustible y fue cargada con 28,346.8 kg de carga paga entre la que se encontraban mercancías peligrosas (UN1993 y UN3082), para un peso total de despegue de 125,179.6 kg. (MTW: 165,000 kg).

En los registros de Mantenimiento de la aeronave, se encontraban diferidos cuatro (4) ítems incluido uno (No. 14873) relacionado con *la inoperatividad del reversible del motor No. 1*, el cual estaba transferido al MEL.

A las 21:02 UTC la aeronave inició el remolque y puso en marcha los motores, para rodar a la pista 31L. El CM1 sería el Piloto Monitoreando (PM), y el CM2 sería el Piloto Volando (PF). A las 21:28 UTC, se inició la carrera de despegue y la aeronave salió a vuelo sin novedad.

No obstante, una vez en el aire, cuando la tripulación operó la palanca del tren de aterrizaje hacia arriba (*UP*), la palanca no subió completamente, y el tren de aterrizaje permaneció abajo y asegurado. La tripulación ejecutó los procedimientos del *QRH* correspondientes a *LG LEVER INTERLOCKED*, sin resultados satisfactorios.

Ante esta situación, la tripulación decidió retornar a SKBO y comunicó sus intenciones al ATC ya que, debido a las condiciones presentadas, no podía continuar el vuelo hacia SVMI con el tren de aterrizaje abajo.

En este punto, el CM1 requirió la transferencia de controles para asumir como PF. El tren continuaba abajo indicando, en la cabina de mando, que estaba asegurado.

La tripulación efectuó las listas de chequeo correspondiente de aproximación y aterrizaje, y no vio la necesidad de declararse en emergencia. El ATC autorizó a la aeronave el procedimiento de aproximación y aterrizaje para la pista 31L.

A las 22:00 UTC, después de efectuar la toma de contacto, la cual, de acuerdo con declaraciones de la tripulación y otros ocupantes, fue normal y suave, y durante la carrera de desaceleración, la tripulación escuchó una explosión acompañada de fuerte resistencia al avance y vibración del lado derecho de la aeronave.

Desde afuera, en el aeródromo, varios testigos observaron el aterrizaje de la aeronave y la producción de una cantidad importante de humo blanco, mientras la aeronave se detenía. La aeronave continuó la carrera de desaceleración, y se detuvo cerca de la calle de rodaje K3 a 2,392 m de la cabecera 31L.

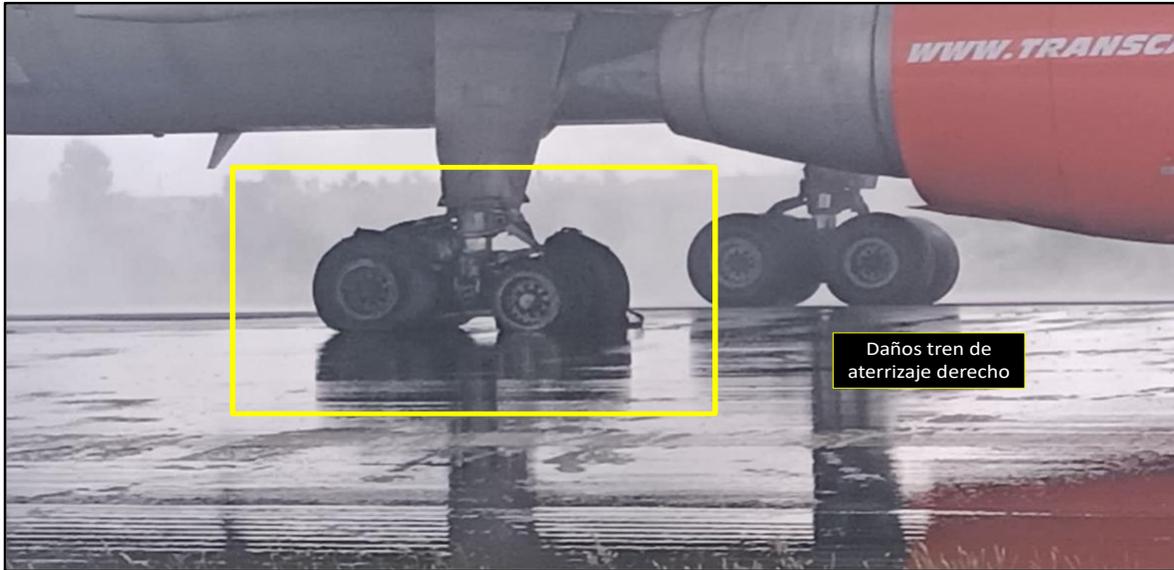


Fotografía No. 1 – Marcas de humo dejadas por el YV560T.

En cabina, el Ingeniero de Vuelo reportó a la tripulación que la temperatura de los frenos del lado derecho estaba en su indicación de límite máximo.

El Servicio de Extinción de Incendios (SEI) del aeropuerto SKBO se acercó de inmediato a la aeronave, y aplicó agente extintor al tren principal derecho. La tripulación apagó los motores, aseguró la aeronave y permaneció a bordo. Después la abandonó de manera normal. No hubo personas lesionadas.

Una vez que se aseguró la escena se confirmó el estallido de las cuatro (4) ruedas del tren de aterrizaje principal y daños menores en varias partes de la aeronave, como efecto del impacto de trozos desprendidos de las ruedas. No se presentó incendio.



Fotografía No. 2 – Llantas estalladas del tren principal derecho del avión YV560T.



Fotografía No. 3 – Asistencia del Servicio de Extinción de incendios del aeropuerto Eldorado.

La Dirección Técnica de Investigación de Accidentes (DIACC), autoridad AIG de Colombia, recibió la notificación del evento por parte del operador privado del aeropuerto Eldorado inmediatamente después de ocurrido el mismo. Se dispuso entonces de dos (2) investigadores quienes se desplazaron al sitio para para iniciar la investigación respectiva.

Así mismo, se efectuó la Notificación del Incidente Grave a la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), a la Junta de Investigación de Accidentes JIA del Estado de Venezuela, como Estado de Operador y Matrícula de la aeronave, y a la Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA) de Francia, como Estado de Diseño y Fabricación de la misma, que asignó un Representante Acreditado para la investigación.

Adicionalmente, fueron asignados Asesores Técnicos de las empresas Airbus, fabricante de la aeronave y Goodrich, fabricante de los neumáticos.

El Incidente Grave obligó al cierre de la pista 13 – 31 (pista sur) del aeropuerto Eldorado durante 11:30 horas, hasta que el 24 de agosto, día siguiente al suceso, a las 09:30 UTC, la aeronave fue retirada de la pista.

1.2 Lesiones personales

| Lesiones | Tripulación | Pasajeros | Total | Otros |
|--------------|-------------|-----------|----------|----------|
| Mortales | - | - | - | - |
| Graves | - | - | - | - |
| Leves | - | - | - | - |
| Ilesos | 6 | - | 6 | - |
| TOTAL | 6 | - | 6 | - |

1.3 Daños sufridos por la aeronave

La aeronave quedó ubicada en la pista 31L del aeropuerto Eldorado, a 2,392 m de la cabecera 31L (por donde había aterrizado), y a 1,410 m de la cabecera 13R, en coordenadas N 04°42'10.12" / W 074°09'32.56", con rumbo 310° y a una elevación de 2640 metros sobre el nivel medio del mar.

En el sitio del evento se encontraron restos de neumático en el sentido del aterrizaje pertenecientes a las ruedas del tren principal derecho, ruedas No. 3, 4 y 7 y 8.



Fotografía No. 4 – Ubicación de la aeronave en la pista y trozos desprendidos de las ruedas estalladas.

1.3.1 Tren principal derecho

La ruedas del tren principal derecho presentaron evidencias características de una explosión súbita, como consecuencia de la alta energía del frenado y el aumento progresivo de la temperatura en las ruedas.

Además, en este tren de aterrizaje se encontró evidencia de alta temperatura en el eje principal de las ruedas, así como escapes de fluido hidráulico proveniente de las líneas de presión que van hacia los actuadoras del sistema de frenos.

1.3.2 Motor derecho

Se evidenció también algunas marcas en el motor derecho más exactamente en el módulo de gases de escape del motor; dejadas por el caucho de las ruedas al momento de salir expulsados al momento de la explosión de la ruedas, sin embargo, no se evidencio daños dentro del motor que comprometiera su funcionalidad y correcta operación.

1.3.3 Fuselaje y compuerta derechos

Se evidenciaron daños menores en la zona del fuselaje derecho trasero, sin evidencia de deformación plástica. La puerta del tren derecho sufrió daños con deformación plástica, sin embargo por ser una unidad reemplazable en la línea de vuelo.

1.4 Otros daños

Durante la desaceleración de la aeronave y la pérdida de caucho de las ruedas, los rines quedaron expuestos haciendo contacto directo con la superficie asfáltica de la pista. Como consecuencia de la fricción se generó un pérdida de material asfáltico en la pista 31 izquierda; sin embargo, no se consideraron daños mayores que pudieran afectar la seguridad de otras aeronaves.



Fotografía No. 5 – Daños menores sobre la superficie asfáltica de la pista.

1.5 Información personal

1.5.1 Piloto

| | |
|---|---|
| Edad: | 63 años |
| Licencia: | Piloto Transporte de Línea Aérea- Avión |
| Certificado médico: | De primera, sin limitaciones |
| Equipos volados como piloto: | Aeronaves mayores a 5.700 kg |
| Último chequeo en el equipo: | Marzo de 2022 |
| Total horas de vuelo: | 13:550:03 h |
| Total horas en el equipo: | 7542:05 h |
| Horas de vuelo últimos 90 días: | 158:53 h |
| Horas de vuelo últimos 30 días: | 52:27 h |
| Horas de vuelo últimos 03 días: | 3:28 h |
| Horas de vuelo últimas 24 horas: | 0 h |

El certificado médico del Piloto se encontraba vigente, sin restricciones.

En abril de 2022, había realizado un curso de repaso en transportes de mercancías peligrosas, con una intensidad de 10 horas.

Ese mismo mes realizó un entrenamiento recurrente de adiestramiento básico para tripulante de mando, con una intensidad de 19 horas en donde trataron temas como:

- Gestión de recursos de vuelo.
- CFIT, Vuelo controlado contra el terreno
- Cortantes de viento de bajo nivel
- Meteorología
- Radionavegación, ATS, espacios aéreos y procedimientos ATC, cartas aeronáuticas y planificación de vuelos.
- Regulaciones y legislación Venezolana
- RVSM, Mínimos de separación vertical reducida.

El Piloto había cumplido con los tiempos de descanso exigido en las regulaciones internacionales para tripulantes de vuelo.

1.5.2 Copiloto

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| Edad: | 40 años |
| Licencia: | Piloto comercial de avión |
| Certificado médico: | Vigente |
| Equipos volados como piloto: | Aeronaves mayores a 5.700 kilogramos |

| | |
|---|-------------------------|
| Último chequeo en el equipo: | Marzo de 2023 |
| Total horas de vuelo: | 4500 h, aproximadamente |
| Total horas en el equipo: | 1800:53 h |
| Horas de vuelo últimos 90 días: | 128:34 h |
| Horas de vuelo últimos 30 días: | 42:12 h |
| Horas de vuelo últimos 03 días: | 8:12 h |
| Horas de vuelo últimas 24 horas: | 4:11 h |

El certificado médico del Copiloto se encontraba vigente, sin restricciones.

En febrero de 2022, había realizado el curso de repaso en transportes de mercancías peligrosas, con una intensidad de 10 horas.

Ese mismo mes realizó un entrenamiento recurrente de adiestramiento básico para tripulante de mando, con una intensidad de 19 horas en donde trataron temas como:

- Gestión de recursos de vuelo.
- CFIT, Vuelo controlado contra el terreno
- Cortantes de viento de bajo nivel
- Meteorología
- Radionavegación, ATS, espacios aéreos y procedimientos ATC, cartas aeronáuticas y planificación de vuelos.
- Regulaciones y legislación Venezolana
- RVSM, Mínimos de separación vertical reducida.

El Piloto había cumplido con los tiempos de descanso exigido en las regulaciones internacionales para tripulantes de vuelo.

Ingeniero de vuelo

| | |
|---|------------------------------|
| Edad: | 32 años |
| Licencia: | Mecánico de abordó |
| Certificado médico: | Vigente, sin restricciones |
| Equipos volados como piloto: | Aeronaves mayores a 5.700 kg |
| Último chequeo en el equipo: | Marzo de 2022 |
| Total horas de vuelo: | 3.820 horas aproximadamente |
| Total horas en el equipo: | 1720:45 h |
| Horas de vuelo últimos 90 días: | 128:23 h |
| Horas de vuelo últimos 30 días: | 40:28 h |
| Horas de vuelo últimos 03 días: | 16:26 h |
| Horas de vuelo últimas 24 horas: | 0 horas |

El certificado médico del Ingeniero de Vuelo se encontraba vigente, sin restricciones.

En agosto de 2022, había realizado el curso de repaso en transportes de mercancías peligrosas, con una intensidad de 10 horas.

En octubre de 2021 realizó un entrenamiento recurrente de adiestramiento básico para tripulante de mando, con una intensidad de 19 horas en donde trataron temas como:

- Gestión de recursos de vuelo.
- CFIT, Vuelo controlado contra el terreno
- Cortantes de viento de bajo nivel
- Meteorología
- Radionavegación, ATS, espacios aéreos y procedimientos ATC, cartas aeronáuticas y planificación de vuelos.
- Regulaciones y legislación Venezolana
- RVSM, Mínimos de separación vertical reducida.

El Ingeniero de Vuelo había cumplido con los tiempos de descanso exigido en las regulaciones internacionales para tripulantes de vuelo.

1.6 Información sobre la aeronave y el Mantenimiento

1.6.1 Aeronave

| | |
|---------------------------------------|----------------|
| Marca: | Airbus |
| Modelo: | A300-B4-203 |
| Serie: | 261 |
| Año de fabricación: | 1981 |
| Matrícula: | YV-560T |
| Certificado aeronavegabilidad: | 014302 vigente |
| Certificado de matrícula: | 008116 |
| Fecha de fabricación: | 1981 |
| Fecha último servicio: | Junio 2022 |
| Total horas de vuelo: | 50.828:25 h |
| Total ciclos de vuelo: | 25.228 h |

La empresa no cuenta con servicios de Mantenimiento propio; tiene un contrato de Mantenimiento con una organización de Mantenimiento debida autorizada y aprobada por la autoridad de aviación civil de Venezuela.

El día del Incidente Grave el avión tenía registrados varios diferidos de MEL, relacionados con la unidad de reversible del motor derecho, No. 2.

En los registros de Mantenimiento de la aeronave, se encontró la realización de los siguientes trabajos:

El 4 de junio de 2022, con el número de control TIW-LOW-692 y Orden de Trabajo 321112-L505-2, se efectuó la limpieza y lubricación de puntos de pivote trenes de aterrizaje izquierdo y derecho, con las siguientes tareas:

- *Bogie beam articulation*
- *Pith damper attach points*
- *Brake bars attach points*

El 6 de junio del 2022 se cumplió el chequeo del correcto nivel de fluido hidráulico del *pitch damper* con la Orden de Trabajo número 321115-L505-4.

El 7 de junio de 2022, el aérea de confiabilidad de la empresa publicó un Boletín de alerta para la Dirección de la organización de Mantenimiento aprobada, motivados por tres (3) reportes repetitivos identificados con los números 14216, 14353 y 14425.

Estos reportes, hechos por tripulaciones en el mes de junio de 2022, registraban “Luz de reverso desasegurado encendida”; las acciones correctivas de Mantenimiento no fueron satisfactorias y, en consecuencia, se programó una inspección total al sistema de reversibles del motor izquierdo.

El 9 de agosto de 2022 la aeronave tuvo un *regreso de vuelo*, después de despegar del aeropuerto de Maiquetía, por una falla que se presentó con el tren de aterrizaje, que falló al retraerse. Entonces, la tripulación realizó el procedimiento de acuerdo con lo estipulado por el QRH de la aeronave.

Como acción correctiva de Mantenimiento, se aplicó el procedimiento FIM 32-30-00 (*fault isolation manual*), de acuerdo con el código de falla, que indicó que la aeronave acusaba fallas en el sensor derecho del *bogie beam*. Antes de reemplazar el sensor, Mantenimiento realizó una prueba a la unidad modular detectora de los sensores de proximidad, que también acusó una falla del sensor; este procedimiento se realizó de acuerdo con el manual del fabricante, capítulo 32-00-00.

El 9 de marzo de 2022, el área de seguridad operacional de la empresa propietaria de la aeronave, realizó una auditoria a los procesos de Mantenimiento, con el código de reporte RP-017, e identificó que la organización de Mantenimiento aprobada no contaba con el personal técnico de línea suficiente para atender las operaciones de la empresa durante la salida y llegada de las aeronaves.

En marzo de 2021, la Dirección de Seguridad Operacional y Calidad de la empresa, evaluó a la dirección de Mantenimiento con *riesgo tolerable alto*, debido a la confiabilidad de las lecturas del FDR (Flight Data Recorder) y del CVR (Cockpit Voice Recorder).

La respuesta y acción correctiva generada el 15 de agosto de 2021, por parte de la dirección de Mantenimiento, fue que reemplazarían los registradores en el siguiente servicio de 24 meses.

La organización de Mantenimiento realizó una actualización al FDR, con referencia a una Orden de Ingeniería PMVE enviada a EASA STC, quien la aprobó con referencia número de referencia 10062621.

El 30 de junio de 2021, se le aplicó a la aeronave una tarjeta de trabajo de un servicio de 24 meses, con Orden de Trabajo número 900799771 y control del programa de Mantenimiento TIW-24MO-094.

En esta tarjeta de trabajo se realizaron inspecciones detalladas a los trenes de aterrizaje con las siguientes acciones de Mantenimiento:

- Inspección detallada a soportes principales, componentes y estructura de los trenes de aterrizaje.
- Inspección al *shock strut*, cilindro de extensión y retracción, brazos de sujeción, balineras, brazos de pivoteo, por correcta instalación y operación.
- Inspección detallada por corrosión, seguridad de ajuste, identificación de líneas, altura correcta de la parte cromada del amortiguador.

1.6.2 Motores

Posición No. 1

| | |
|-------------------------------|-----------------------|
| Marca: | General Electric |
| Modelo: | CF6-50-C2 |
| Serie: | 517842 |
| Total horas de vuelo: | 53.821,08 h |
| Total ciclos de vuelo: | 21.386 h |
| Total horas D.U.R.G: | 2.202,08 h |
| Fecha último servicio: | 01 de febrero de 2011 |

De acuerdo con la inspección realizada a los documentos, el motor No.1 cumplía con todos los servicios programados, de acuerdo con lo descrito en el programa de Mantenimiento del fabricante.

Posición No. 2

| | |
|-------------------------------|--------------------------|
| Marca: | General Electric |
| Modelo: | CF6-50-C2 |
| Serie: | 528102 |
| Total horas de vuelo: | 36.365,01 h |
| Total ciclos de vuelo: | 29.714 h |
| Total horas D.U.R.G.: | 1843,01 h |
| Fecha último servicio: | 27 de septiembre de 2011 |

De acuerdo con la inspección realizada a los documentos, el motor No.1 cumplía con todos los servicios programados, de acuerdo con lo descrito en el programa de Mantenimiento del fabricante.

1.7 Información Meteorológica

El Informe METAR del aeropuerto internacional Eldorado, de las 22:00 UTC, reportaba lo siguiente:

232200Z 29008KT 9999 BKN020 14/10 Q1025 REDZ NOSIG RMK A3027=

Reporte del día 23 a las 22:00 Z. Viento de los 290 grados con 8 nudos de intensidad. Visibilidad mayor a 10 kilómetros. Nubes dispersas a 2000 pies. Temperatura ambiente 14°C. Temperatura de punto de rocío 10°C. QNH 1025 mb. Llovizna reciente. Sin fenómenos significativos.

Los factores meteorológicos, no fueron un factor contribuyente para este evento.

1.8 Ayudas para la Navegación

El vuelo de salida del aeropuerto SKBO y el de regreso al mismo aeródromo, se realizó bajo reglas de vuelo IFR, soportado, principalmente en las facilidades dispuesta en para este aeródromo, a saber:

- Despegue por la pista 13R, viraje a la derecha hacia el VOR ZIP frecuencia 114.70 Mhz.
- Regreso hacia el VOR-BOG frecuencia 113.9 Mhz.
- Circular izquierda para la pista 31L.
- Sistema de aterrizaje por instrumentos / Instrument Landing System para la pista 31L.
- Todo el tiempo hubo asistencia de vigilancia Radar / Secondary Surveillance Radar.

1.9 Comunicaciones y Tránsito Aéreo

Durante su fase de vuelo, la aeronave YV-560T se comunicó sucesivamente en las frecuencias:

- Torre Sur Eldorado 118.25 Mhz. (para el despegue).
- Salidas / Llegadas Norte 121.3 Mhz.
- Torre Sur Eldorado 118.25 Mhz (para el aterrizaje)

Las comunicaciones tierra – aire se desarrollaron de manera normal y el ATC facilitó el regreso de la aeronave al aeropuerto Eldorado.

Este factor no tuvo incidencia en la ocurrencia del Incidente Grave.

1.10 Información del Aeródromo

El aeropuerto Internacional Eldorado (SKBO) posee las siguiente características:

1.10.1 Datos geográficos y de facilidades para la navegación

Latitud: 04° 42' 05.96" N

Longitud: 074° 08' 49.01" W

| | |
|-----------------------------|---|
| Declinación magnética: | 8° W (2022) / 0°10' W |
| Municipio: | Bogotá |
| Administración: | Concesionario OPAIN S.A. Calle 26 103-09 |
| Dirección: | Aeropuerto Internacional El Dorado Calle 26 103-09 Bogotá, Colombia. |
| Tipo de Tránsito: | IFR / VFR. Llegando IFR y saliendo IFR y VFR. |
| Tipo de Uso: | Civil y Militar / Nacional e Internacional |
| Categoría: | A, B, C y D |
| Código OACI: | SKBO |
| Código IATA: | BOG |
| Horario de Operación: | 24 horas |
| Elevación ASL: | 2547 Metros / 8356 Pies |
| Radio ayudas: | VOR BOG(Frecuencia113.90). VOR SOA (Frecuencia 108.60). |
| Comunicaciones: | Autorizaciones Eldorado (frecuencia 121.6). Eldorado Control Tierra (frecuencia 121.8). Eldorado Torre Norte (frecuencia 118.1). Eldorado Torre Sur (frecuencia 118.25). Eldorado Torre Alterna (frecuencia 118.35) Eldorado Terminal Norte (frecuencia 121.3). Eldorado Terminal Sur (frecuencia 119.65). Bogotá Llegadas (frecuencia 119.5). Bogotá Frecuencia Alterna TMA (frecuencia119.05). Bogotá Información (frecuencia 126.9). ATIS (113.9). |
| Material de la(s) Pista(s): | Asfalto |
| ILS: | Pista 13L ILS/GS CAT I (Frecuencia 111.30) Pista 13R ILS/GS CAT II (Frecuencia 110.70) |
| Resist. pistas ACN/PCN: | 104 F/D/W/T (13L y 31R) 80 F/C/W/T (13R y 31L) |
| Dimensión pistas: | 3800 metros de largo por 45 metros de ancho / 12467 pies de largo por 148 pies de ancho |
| Orientación Pistas: | 136 grados y 316 grados |

1.10.2 Características físicas de la pista

| RWY | Dirección GEO/MAG | DIM (m) | Localización THR | Elevación THR (m/FT) | Dimensiones (m) | | | | | Superficie Resistencia-ACN/PCN |
|-----|-------------------|-----------|------------------------------|----------------------|-----------------|-----|------------|------|-----|--------------------------------|
| | | | | | SWY | CWY | Franja | RESA | OFZ | |
| 13L | 127.01° 134 | 3800 x 45 | 04 42 48,21 N 074 09 07,42 W | 2546,94 8356 | No | 150 | 3920 x 300 | NIL | NIL | Asfalto PCN 104/F/D/W/T |
| 31R | 307.01° 314 | 3800 x 45 | 04 41 33,74 N 074 07 29,01 W | 2548,16 8360 | No | 150 | | | | |
| 13R | 127.03° 134 | 3800 x 45 | 04 42 37,78 N 074 10 08,97 W | 2545,72 8352 | 60 | 300 | 4400 x 300 | NIL | NIL | Asfalto PCN 80/F/C/W/T |
| 31L | 307.03° 314 | 3800 x 45 | 04 41 23,28 N 074 08 30,60 W | 2546,94 8356 | 60 | 300 | | | | |

Observaciones: NIL

Imagen No. 1 – Características física de la pista SKBO.

1.10.3 Luces de aproximación y pista

| RWY | ALS | | | PAPI (1) | REDL | | |
|-----|------------------------|--------------|----------------------------------|---|----------------|--------------|----------------------------------|
| | Aproximación | | | APAPI (2) | Borde de pista | | |
| | Categoría (I, II, III) | Longitud (m) | Intensidad (Alta - Media - Baja) | Indicador de trayectoria de aproximación de precisión | Color | Longitud (m) | Intensidad (Alta - Media - Baja) |
| 13L | ALS F 3 | | | (1) 3° MEHT 71 ft | Blancas | 3200 | Alta |
| | III | 900 | Alta | (1) 5,24 % | Amarillas | 600 | Alta |
| 31R | No | | | (1) 3° MEHT 81 ft | Blancas | 3200 | Alta |
| | | | | (1) 5,24 % | Amarillas | 600 | Alta |
| 13R | ALS F 3 | | | (1) 3° MEHT 72 ft | Blancas | 3200 | Alta |
| | III | 900 | Alta | (1) 5,24 % | Amarillas | 600 | Alta |
| 31L | No | | | (1) 3° MEHT 81 ft | Blancas | 3200 | Alta |
| | | | | (1) 5,24 % | Amarillas | 600 | Alta |

Imagen No. 2 – Luces de aproximación y de pista SKBO

| RWY | REIL | RTHL | RTZL | RENL | STWL | RCLL | | | |
|-----|---------------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|----------------|---------------|--------------|----------------|----------------------------------|
| | Identificadoras de fin de pista | Umbral de pista | Zona toma de contacto | Extremo de pista | Zona de parada | Eje de pista | | | |
| | | | | | | Color | Longitud (m) | Separación (m) | Intensidad (Alta - Media - Baja) |
| 13L | No | Verdes | Blancas | Rojas | No | Blancas | 2900 | 15 | Alta |
| | | | | | | Blancas/rojas | 600 | 15 | Alta |
| | | | | | | Rojas | 300 | 15 | Alta |
| 31R | No | Verdes | Blancas | Rojas | No | Blancas | 2900 | 15 | Alta |
| | | | | | | Blancas/rojas | 600 | 15 | Alta |
| | | | | | | Rojas | 300 | 15 | Alta |
| 13R | Si | Verdes | Blancas | Rojas | No | Blancas | 2900 | 15 | Alta |
| | | | | | | Blancas/rojas | 600 | 15 | Alta |
| | | | | | | Rojas | 300 | 15 | Alta |
| 31L | No | Verdes | Blancas | Rojas | No | Blancas | 2900 | 15 | Alta |
| | | | | | | Blancas/rojas | 600 | 15 | Alta |
| | | | | | | Rojas | 300 | 15 | Alta |

Observaciones: PAPI pista 13L/31R distribuidas a ambos lados del eje

Imagen No. 3 – Luces de aproximación y de pista SKBO.

1.11 Registradores de Vuelo

La aeronave YV560T tenía instalado un Registrador de Datos de Vuelo, FDR, y un Registrador de Voces de Cabina, CVR.

Los registradores se encontraron ubicados en la zona trasera derecha de la aeronave, y no sufrieron daños durante el Incidente Grave.

La lectura de los registradores se realizó de vuelo en laboratorio ubicado en la Miami Florida autorizado y certificado por la Autoridad de Aviación Civil de Los Estados Unidos, FAA.

Sin embargo, los resultados de los parámetro del FDR no fueron confiables, teniendo en cuenta que el dispositivos instalado era del tipo de *cinta metálica*.

De acuerdo con el anexo 6 de la OACI, Operación de aeronaves, capítulo 2.4.16.1.3.1, los registradores de banda metálica dejarán de utilizarse; es así como en el capítulo 2.4.16.1.3.5, la OACI recomienda que ese tipo de registradores, así como los CVR alámbricos y de cinta magnética, dejen de utilizarse a partir del 01 de enero de 2016. también dejara de utilizarse a partir el 1 de enero del 2016.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

La aeronave quedó ubicada sobre la línea central de la pista 31L del Aeropuerto Eldorado, a 2,392 m de la cabecera 31L (por donde aterrizó) y a 1,410 m de la cabecera 13R, en coordenadas N 04°42'10.12" / W 074°09'32.56", con rumbo 310° y a una elevación de 2,640 metros sobre el nivel medio del mar.

Sobre la pista, en el sentido del aterrizaje, en el área que recorrió la aeronave antes de detenerse, se encontraron restos de neumático pertenecientes a las ruedas del tren principal derecho, ruedas No. 3, 4 y 7 y 8.

La ruedas del tren derecho presentaban características de explosión súbita como consecuencia de la alta energía del frenado, y de la temperatura en las ruedas.

La aeronave no sufrió daños sustanciales; se causaron marcas causadas por trozos de neumáticos desprendidos por la explosión, en la parte trasera del fuselaje derecho, y en la tobera de gases de salida, sin presencia de deformaciones del material.

No hubo desprendimiento de partes mayores de la aeronave, cuya integridad se mantuvo.

1.13 Información médica y patológica

Los ocupantes no sufrieron lesiones y abandonaron la aeronave por su propios medios; la tripulación realizó los exámenes toxicológicos 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 cabina de la aeronave no sufrió daños. La tripulación abandonó la aeronave por sus propios medios. Los servicios de emergencia del aeródromo prestaron los servicios necesarios.

1.16 Ensayos e investigaciones

De acuerdo con la naturaleza de la falla del sistema de retracción del tren de aterrizaje y la estallada de las llantas de tren de aterrizaje principal derecho, la investigación realizó pruebas a los siguientes sistemas relacionados con la operación del tren de aterrizaje:

- Sistema de *anti skid*.
- Sistema de *auto brake*.
- Sistema eléctrico del *interlock* de la palanca del tren de aterrizaje, simulando las indicaciones tierra-aire, con el fin de obtener un competente dictamen del funcionamiento del sistema.

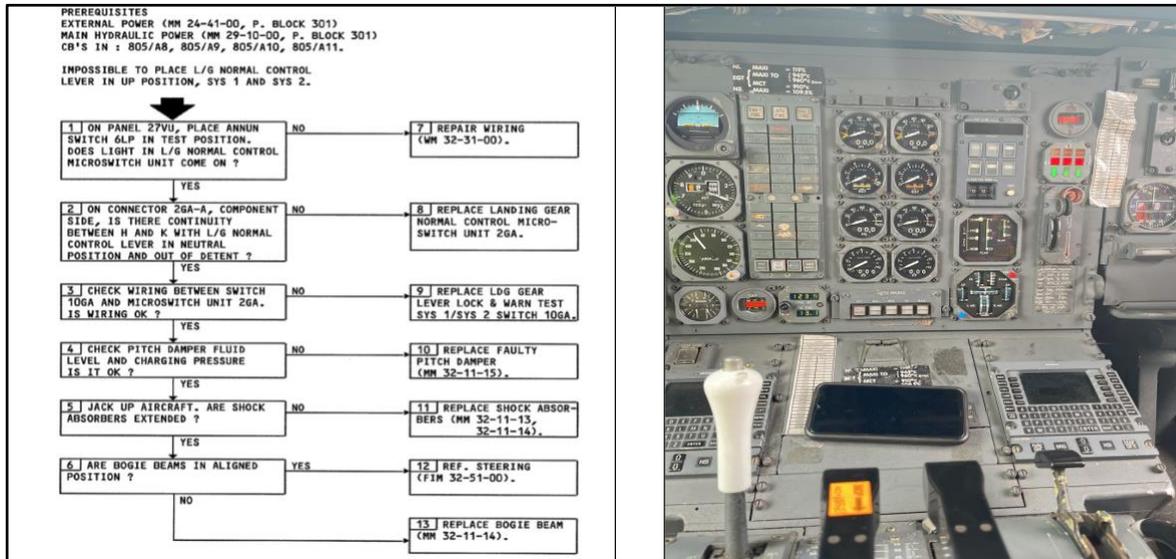
1.16.1 Verificación de sistemas del tren de aterrizaje

Se realizó una inspección para verificar la correcta operación y funcionamiento de los sistemas 1 y 2 de tren de aterrizaje, L/G, mediante la aplicación del *Fault Isolation Manual FIM 32-30-00 Fig. 109*.

Se chequeó la presión hidráulica del *pitch damper LH*, 900 psi, el cual se encontró por debajo del límite, pues de acuerdo con el manual de fabricante, la presión debería estar en su máximo permitido, 1200 psi.



Fotografía No. 6 – Pruebas a la palanca de control de los trenes de aterrizaje.



Fotografía No. 7 – Procedimiento de caza de fallas para el sistema de trenes de aterrizaje.

El *pop out* del *pitch damper RH* saltaba a la posición afuera, acción que no es correcta para el buen funcionamiento del sistema y que pudo ocasionar una asimetría del sistema y, a su vez, un bloqueo del sistema de retracción de tren.

El *bogie beam LH* estaba caído, como resultado del desinflado de la rueda No. 1, lo que impidió una correcta operatividad de los sensores de proximidad. Se reemplazó la rueda No. 1 y se comprobó la operación satisfactoria de dichos sensores en modo tierra, según AMM 32-00-00 Pág. 505.

1.16.2 Prueba del tren de aterrizaje con la aeronave elevada

Se efectuó *lifting and jacking* de la aeronave de acuerdo con lo establecido en el AMM 07-11-00, con el fin de verificar la operación de los sistemas de extensión / retracción del tren de aterrizaje, de acuerdo con el AMM 32-30-00 página 22. Las pruebas hidráulicas se realizaron con las bombas hidráulicas eléctricas de la aeronave.

Se tomó como referencia el tiempo estimado para la retracción, según AMM 32-30-00 Conf. 01 página 24, que es de 35 segundos; el tiempo de la retracción en la prueba fue de 01:20 minutos, que se considera normal, teniendo en cuenta que solo se utilizaron las bombas hidráulicas eléctricas.

Tiempos para extensión según AMM 32-30-00 Conf. 01 página 24: 25 segundos aproximadamente; tiempo real de la extensión: 26 segundos.

De acuerdo con la información encontrada en los libros de vuelo y de Mantenimiento de la aeronave, se identificó que el 9 de agosto de 2022, la aeronave YV560T, había presentado una condición igual de falla de retracción del tren de aterrizaje, en el aeropuerto de Maiquetía, Venezuela.

El equipo de Mantenimiento del Operador, como acción inicial, reemplazó un sensor de proximidad del tren de aterrizaje derecho; se realizaron entonces pruebas funcionales y operacionales, que para ese momento fueron satisfactorias.



Fotografía No. 8 – Pruebas en los sistemas de extensión con sistemas auxiliares .



Fotografía No. 9 – Pruebas en los sistemas de retracción con sistemas auxiliares.

A300
AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL

(g) Perform continuity test of proximity detectors (Ref. 32-00-00, P. Block 501).

3. Proximity Detector Continuity Test

••••• A/C 201-206, 209-215, 217-217, 220-220, (Ref. Fig. 501)

••••• A/C 207-207, 216-216, 219-219, 221-226, 228-299, (Ref. Fig. 502)

••••• A/C ALL

WARNING : CHECK THAT THE LANDING GEAR GROUND SAFETIES ARE IN POSITION.

A. Reason for the job

(1) Proximity detector module unit 546B

Procedure

(1) Job set-up

NOTE : This test can be performed either with the aircraft on jacks or resting on its wheels. The test checks the proximity detector module unit electronic circuits and proximity detector continuity.

NOTE : The BITE does not sense whether or not the targets are aligned with the sensors.

(a) Open access door 1218L.

(a) 1) Proximity detector module unit 546B

••••• A/C 201-206, 209-215, 217-217, 220-220, - place channel selector in OFF position and switch S1 in A position then to B position.

••••• A/C 207-207, 216-216, 219-219, 221-226, 228-299, - place channel selector in 'rgt' position. Place switch S1 in A position then in B position.

••••• A/C ALL

Check that the Green Light comes on when the switch is at A and goes out when the switch is at B.

(b) 1) Proximity detector module unit 546B - place channel selector to positions 1 to 14 in succession. Check that at each of these positions the Green Light comes on when switch S1 is placed in A position then in B position.

A300
AIRCRAFT MAINTENANCE MANUAL

Proximity Detector Module Unit Figure 501

32-00-00
Page 505
Mar 01/14

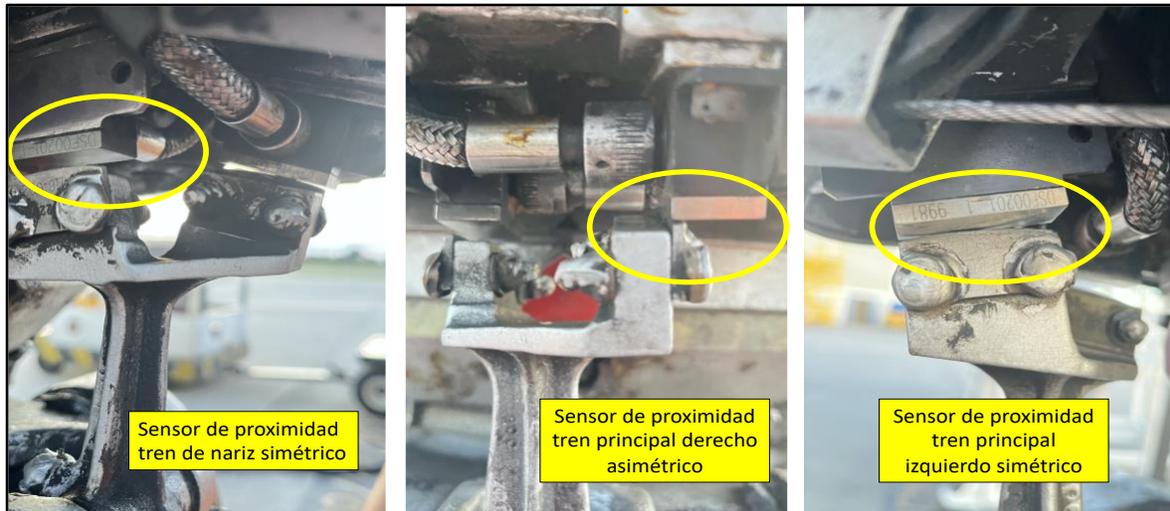
32-00-00
Page 506
Oct 01/90

Equipo de prueba y descarte para sensores de proximidad

Imagen No. 4 – Unidad modular selectora de proximidad.

De esta manera el avión continuó su operación normal, y efectuó 32 vuelos, hasta que se presentó la misma situación en el aeropuerto Eldorado, el 23 de agosto de 2022.

Durante la inspección a los sensores de proximidad ubicados en cada uno de los trenes, se encontró que el ajuste del sensor de proximidad derecho estaba por fuera de límites; esto hace que la se pierda la condición lógica de extensión y retracción del tren de aterrizaje.



Fotografía No. 10 – Asimetría en los sensores de aproximación.

1.17 Información orgánica y de dirección

El Operador aéreo es una empresa de aviación civil comercial no regular de carga con una gran experiencia en el sector aeronáutico.

Durante la inspección de campo se determinó que la empresa contaba con manuales de operación propios y que realizaba su operación con base en los manuales del fabricante, entre ellos, el QRH. Las operaciones de la aeronave son coordinadas por el aérea de Despacho, de acuerdo con las necesidades comerciales adquiridas.

La empresa no tiene Mantenimiento propio; es así como el Operador llevaba directamente el cumplimiento del programa de Mantenimiento a sus aeronaves, con el apoyo de una organización de Mantenimiento aprobada, OMA, vigilada y aprobada por la Autoridad de la aviación civil.

La investigación verificó la implementación de un sistema de gestión de calidad y de seguridad operacional por parte de la empresa, enfocado al mejoramiento de la operación y Mantenimiento de sus aeronaves.

La empresa posee SOPs (Procedimientos Estándares de Operación) enfocados al cumplimiento estricto de procedimientos, alineados con la lo dispuesto por el fabricante de la aeronave y con las normas aeronáuticas.

1.18 Información adicional

La siguiente información general se presenta para ilustrar la forma como funcionan, se integran y se comunican los diferentes componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que hacen parte del tren de aterrizaje del avión Airbus A300, y que se exponen específicamente en el capítulo 2. Análisis del presente Informe Final de investigación.

1.18.1 Función de los circuitos lógicos

Un circuito lógico es un circuito que ejecuta una función de procesamiento o control en un unidad de control. Este circuito realiza operaciones lógicas sobre la información para procesarla.

Los circuitos lógicos utilizan dos valores para una cantidad física dada (en este caso voltaje) para denotar los valores booleanos, verdadero y falso, o 1 y 0 respectivamente.

Los circuitos lógicos tienen entradas y salidas; estas pueden depender de las entradas. En los diagramas de circuitos lógicos, la conexión de la salida de un circuito a la entrada de otro se muestra como una punta de flecha en el extremo de la entrada.

1.18.2 Tipos de circuitos lógicos

Los tipos de circuitos lógicos son:

1. Circuitos Lógicos Combinacionales
2. Circuitos Lógicos Secuenciales.

Estos son los circuitos básicos que se utilizan en la mayoría de los dispositivos electrónicos digitales tales como computadoras, calculadoras, teléfonos móviles.

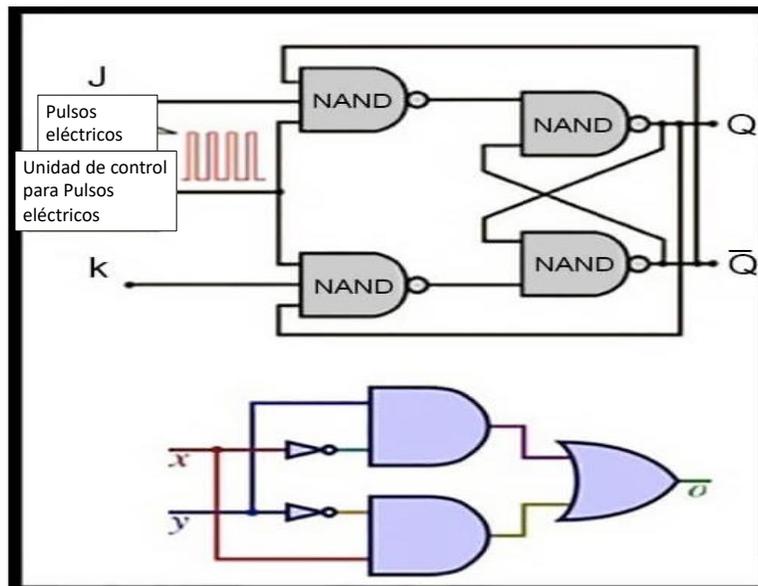


Imagen No. 5 – Esquema de circuitos lógicos.

1.18.3 Circuitos lógicos combinados

Se componen básicamente de compuertas lógicas como la compuerta AND, la compuerta OR, la compuerta NOT y las compuertas universales (compuerta NAND y compuerta NOR).

Todas estas compuertas se combinan para formar un circuito de conmutación complicado.

Las compuertas lógicas son bloques de construcción de circuitos lógicos combinacionales. En un circuito lógico combinacional, la salida en cualquier instante de tiempo depende solo de la entrada presente en ese instante particular de tiempo y los circuitos combinacionales no tienen ningún dispositivo de memoria.

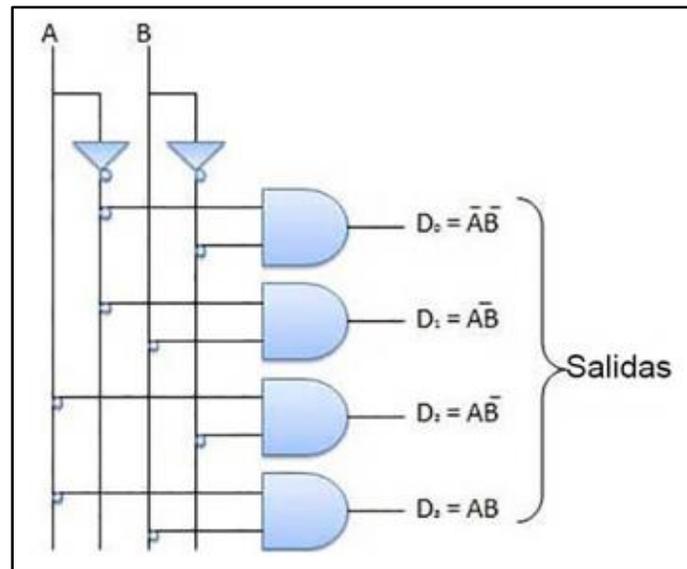


Imagen No. 6 – Esquema de circuitos lógicos combinados.

Los codificadores y decodificadores son ejemplos de circuitos combinacionales. Un decodificador convierte los datos codificados en binario en su entrada actual en varias líneas de salida diferentes.

Los circuitos combinacionales se utilizan en microprocesadores y microcontroladores para diseñar los componentes de hardware y software de una computadora.

Los circuitos lógicos combinacionales se clasifican en tres partes principales: funciones aritméticas o lógicas, transmisión de datos y convertidor de código. La siguiente tabla elaborará las clasificaciones adicionales de un circuito lógico digital combinacional.

1.18.4 Circuitos lógicos secuenciales

Un circuito lógico secuencial es diferente de los circuitos lógicos combinacionales. En el circuito secuencial, la salida del dispositivo lógico no solo depende de las entradas presentes al dispositivo, sino también de las entradas pasadas.

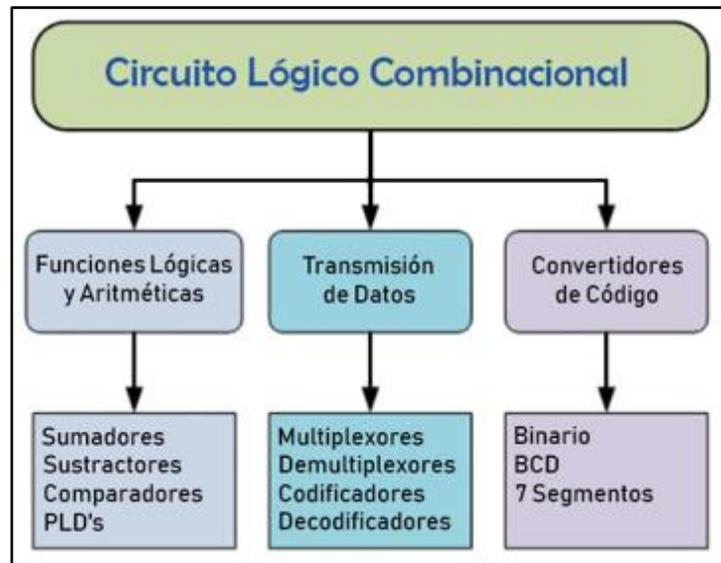


Imagen No. 7 – Características de circuitos lógicos combinados.

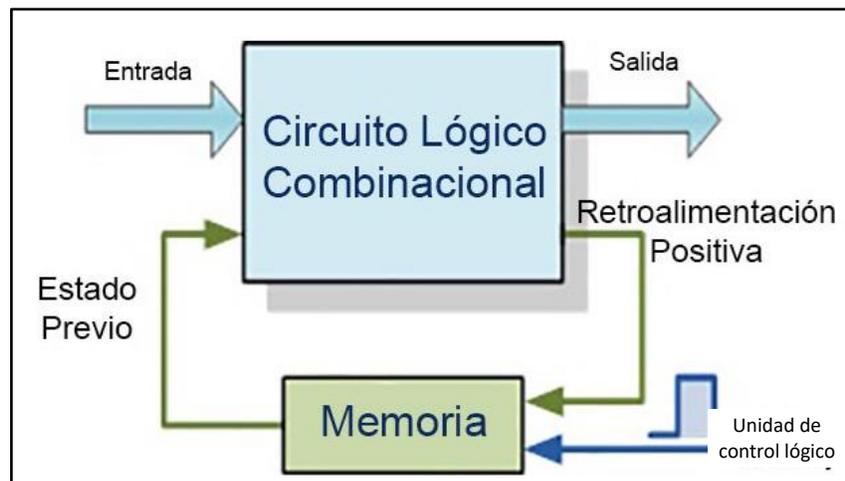


Imagen No. 8 – Circuitos lógicos secuenciales.

En otras palabras, la salida de un circuito lógico secuencial depende tanto de la entrada actual como del estado actual del circuito.

A diferencia de los circuitos combinacionales, los circuitos secuenciales tienen dispositivos de memoria para almacenar las salidas pasadas.

De hecho, los circuitos lógicos digitales secuenciales no son más que circuitos combinacionales con memoria.

1.18.5 Tipos de circuitos secuenciales

Los circuitos lógicos secuenciales se clasifican en: circuitos secuenciales síncronos y circuitos secuenciales asíncronos.

1.18.6 Circuitos sincrónicos

Estos son circuitos lógicos digitales síncronos, donde la transición del estado de salida tiene lugar solo cuando la señal de entrada se aplica junto con los pulsos. El circuito secuencial síncrono utiliza entradas pulsadas.

1.18.7 Circuitos Asíncrónicos

Estos son circuitos lógicos digitales asíncronos, donde la transición del estado de salida tiene lugar incluso si no aplicamos la señal de entrada junto con los pulsos de la unidad de control. El circuito asíncrono utiliza pulsos de entrada en lugar de señales directas.

La salida de circuitos secuenciales puede ser salida pulsada o salida de nivel.

Salida pulsada: una salida pulsada es una salida que dura un pulso de entrada en particular, pero puede ser menor en algunos casos. Para los circuitos secuenciales sincronizados, el pulso de salida tiene la misma duración que el pulso de llegada.

Salida de nivel: una salida de nivel se refiere a una salida que cambia de estado al comienzo de un pulso de entrada o pulso y permanece en ese estado hasta la siguiente entrada.

1.19 Técnicas útiles o eficaces de investigación

Para el desarrollo de la investigación, fueron empleadas las técnicas contenidas en el Documento 9756 de la OACI, así como el análisis de las evidencias físicas y testimoniales, recopiladas durante las labores de campo.

Adicionalmente, y conociendo la naturaleza del accidente se efectuó pruebas operacionales a los sistemas hidráulicos y subsistemas de extensión y retracción de los trenes de aterrizaje.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

2. ANÁLISIS

El análisis de la presente investigación se basó en la información factual recopilada durante las actividades de campo adelantadas, así como la información contenida en los registros documentales.

2.1 Operaciones de vuelo

La tripulación a bordo se encontraba apta para efectuar el vuelo programado. Cumplía con la documentación técnica y operacional, de acuerdo con la normatividad venezolana y colombiana para desarrollar la operación.

Los tripulantes contaban con experiencia en el equipo y sus chequeos de vuelo se encontraban vigentes.

El CM1 actuaba como Piloto Monitoreando (PM), y el CM2 como Piloto Volando (PF). Al efectuar el despegue se presentó malfuncionamiento de la palanca del tren de aterrizaje hacia arriba (*UP*), y la tripulación realizó los procedimientos del QRH correspondientes a *LG LEVER INTERLOCKED*, sin tener resultados satisfactorios.

Ante esta situación, la tripulación decidió retornar a SKBO y el CM1 requirió transferencia de controles para asumir como PF. El tren continuaba abajo y dando indicaciones, en cabina de mando, de mantenerse asegurado.

Después de aterrizar, mientras el avión desaceleraba, se presentó el estallido de cuatro llantas del tren principal de aterrizaje.

Los procedimientos operacionales por la tripulación, durante la condición anormal de falla de la retracción del tren de aterrizaje, fueron ejecutados de acuerdo con lo establecido por el fabricante y en los estándares del Operador.

2.1.1 Selección de auto frenado (*autobrake*), antes del despegue

Es así como el SOP del Operador, en su revisión del 28 de marzo de 2022, tomo II, volumen VII, especifica los procedimientos normales para iniciar el despegue *Cleared for take-off*. Este procedimiento, entre otros ítems, establece que una vez autorizada para despegar, la tripulación debe seleccionar los *AUTOBRAKE* en la posición *MAX* (imagen No. 11).

Este selección tiene como objeto, que la aeronave, sin acción por parte de la tripulación, aplique la máxima capacidad de frenado en caso de un abortaje del despegue.

De acuerdo con la declaración de la tripulación, ellos en efecto seleccionaron *AUTOBRAKE MAX*, siguiendo lo establecido en el SOP y en las Listas de Chequeo.

2.1.2 Falla en la subida de la palanca del tren de aterrizaje

La aeronave despegó de manera normal e inició el ascenso. En el momento en que la tripulación intentó accionar la palanca del tren de aterrizaje hacia arriba, esta no subió y el tren de aterrizaje permaneció abajo y asegurado.

Ante esta situación, la tripulación aplicó el procedimiento de la Lista de Chequeo del *FCOM* titulado *LG LEVER INTERLOCKED* que, en su sección 8.50.09 establece que deberá mantenerse la palanca abajo, verificar el *MASTER WARNING* y mantener una velocidad máxima de 270 nudos.

| | | |
|---|---|--|
| Chapter: 2 Section: 2.1 Página 6 de 136 | MANUAL SOP (STANDARD OPERATING PROCEDURE) |  |
| | TOMO II VOLUMEN VII | NORMAL PROCEDURES |



NORMAL CHECKLIST A300

| | |
|---|--|
| <p>BEFORE START CHECKLIST</p> ALL PERSONAL DEVICES.....OFF AIRCRAFT AND CARGO DOCUMENTS.....CHECK ON BOARD SERVIABILITY.....CHECK O2 MASK & INTERPHONE.....CHECK (ALL) FLIGHT RECORDER.....ON (F/E) GEAR PINS & COVERS.....REMOVED (C, F/E) CIRCUIT BREAKERS.....CHECKED (F/E) ANTI-SKID.....TESTED & NORMAL (C) COMPASSES.....CHECKED (C, F/O) EMER EXIT & MIN CAB LTS.....ARM & ON (C) INST SWITCHING.....CKD/NORMAL (C) CLOCKS.....SET (ALL) RADAR & TRANSPONDER.....STANDBY (C) FUEL QUANTITY.....CKD__ POUNDS/KILOS (C, F/E) FUEL USED INDICATORS.....RESET (F/E) FIRE DETECTION.....CHECKED (F/E) PRESURIZATION.....SET (F/E) AIRCRAFT LOGS.....CHECKED/ON BOARD (F/E) DEPARTURE BRIEFING.....COMPLETE (PF) BEFORE START CHECKLIST.....COMPLETE (F/O) | <p>AFTER START CHECKLIST (CONT.)</p> MASTER WARNING.....RECALL GROUND.....CALL AFTER START CHECKLIST.....COMPLETE <p>TAXI CHECKLIST</p> SPOILERS.....ARMED (C) FLIGHT CONTROLS.....CHECKED (C, F/O) FLIGHT INSTRUMENTS.....CHECKED (C, F/O) N1 COMPUTER.....(T/O, FLEX__) (C) TAKEOFF CONFIG.....TESTED (F/E) TAKEOFF BRIEFING.....COMPLETED (C) TAXI CHECKLIST.....COMPLETED (F/E) <p>BEFORE TAKEOFF CHECKLIST</p> AIR BLEEDS.....SET FOR TAKEOFF (F/E) IGNITION.....(AS REQUIRED) (F/E) TAKEOFF ANNOUNCEMENT.....COMPLETE (F/E) FDU.....OFF (F/E) <p>CLEARED FOR TAKEOFF</p> AUTO BRAKE.....MAX (C) FUEL PANEL.....SET (F/E) MASTER WARN.....RECALL/T.O. INHIBIT (C) TRANSPONDER / DME.....ON (F/O) RUNWAY HEADING.....* CHECKED (PNF) A/T/S CLOCKS.....ON (C) EXTERIOR LIGHTS.....AS REQUIRED. (C) CLEARED FOR TAKEOFF CHECKLIST COMPLETE(FE) <p>AFTER TAKEOFF CHECKLIST</p> LANDING LIGHTS.....RETRACTED (F/E) IGNITION.....AS REQUIRED (F/E) GEAR LEVER.....LIGHTS OFF, NEUTRAL (F/E) FLAPS/SLATS.....RETRACTED (F/E) GROUND SPOILERS.....DISARMED (F/E) FUEL MANAGEMENT.....ESTABLISHED (F/E) AIR BLEED SYSTEMS.....SET (F/E) PRESSURIZATION.....SET (F/E) ALT (TRAN ALTITUDE).....STANDARD (ALL) EXT. LIGHTS.....(AS REQUIRED) (C) AFTER TAKEOFF CHECKLIST.....COMPLETE (F/E) |
|---|--|

Edition: Original
 Date: 20-03-2021

TRAINING MANAGEMENT

Nº Revision: Original
 Date: 28-03-2022

Imagen No. 9 – Lista de chequeo de despegue, Airbus 300.

No obstante, las listas QRH para *L/G LEVER INTERLOCKED*, no contemplan la verificación del *AUTOBRAKE* por parte de la tripulación.

Al no efectuarse la verificación de la selección del auto frenado por parte de la tripulación (por no estar contemplado así en la Lista de Chequeo para palanca del tren de aterrizaje trabada), y como el tren de aterrizaje permanecía abajo, el *AUTOBRAKE* permaneció en *MAX*, tal como lo había seleccionado la tripulación antes del despegue, y no se desactivó automáticamente, como ocurre normalmente cuando el tren se retrae.

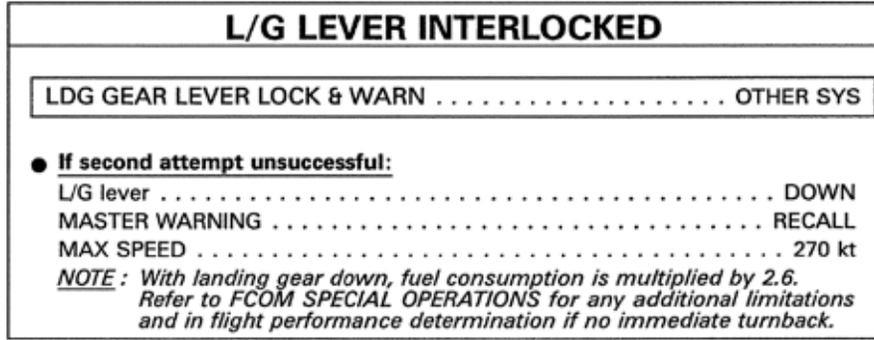


Imagen No. 10 – Lista de chequeo, procedimiento para palanca L/G trabada, Airbus A300. No hacía alusión alguna al autobrake.

2.1.3 Enmienda a la lista de chequeo

La investigación informó al fabricante de la aeronave acerca de la condición que se presentó en el vuelo del YV560T, cuando permaneció seleccionado *AUTOBRAKE MAX*, después de una falla en la retracción del tren de aterrizaje, debido a que el procedimiento *LG LEVER INTERLOCKED* no establecía que se desarmara el *AUTOBRAKE*.

Fue así como el 22 de diciembre de 2022, posteriormente a este suceso, el fabricante Airbus emitió la revisión No. 55 al QRH de la aeronave Airbus A300, en la cual Airbus ha agregado una línea de acción instruyendo a las tripulaciones para que desarmen el *AUTOBRAKE* como parte del procedimiento *L/G LEVER INTERLOCKED*, así:

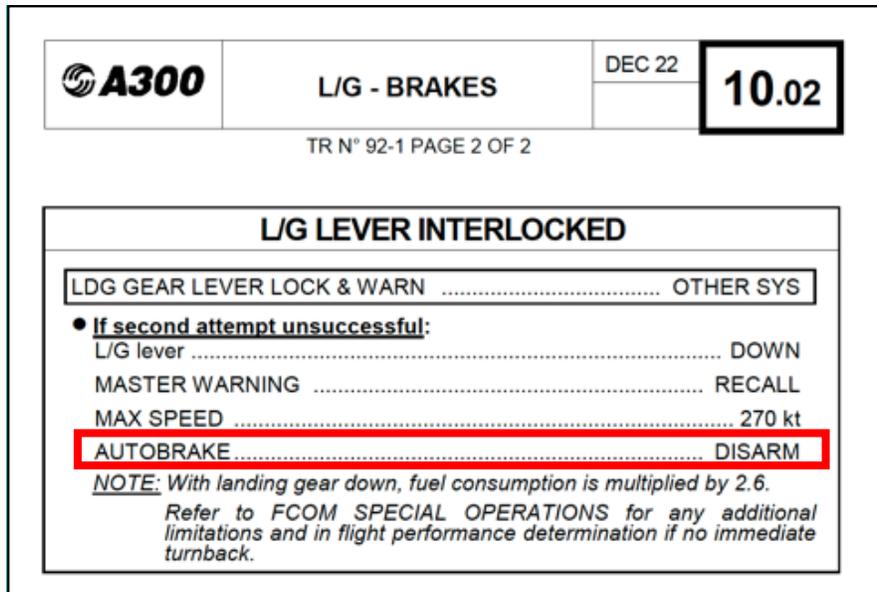


Imagen No. 11 – Inserción de ítem AUTOBRAKE – DISARM en actualización QRH No. 55 Airbus.

Airbus notificó a la Dirección Técnica de Investigación de Accidentes, DIACC, que este procedimiento debería introducirse a finales de enero de 2023, en la toda la flota A300.

2.1.4 Selección del auto frenado para aterrizar

Sin embargo, de acuerdo con el estándar del Operador, la Lista de Chequeo para antes de aterrizar, *LANDING CHECKLIST*, sí contempla la verificación del auto frenado por parte de la tripulación, pues establece *AUTOBRAKES (AS REQUIERED)*.

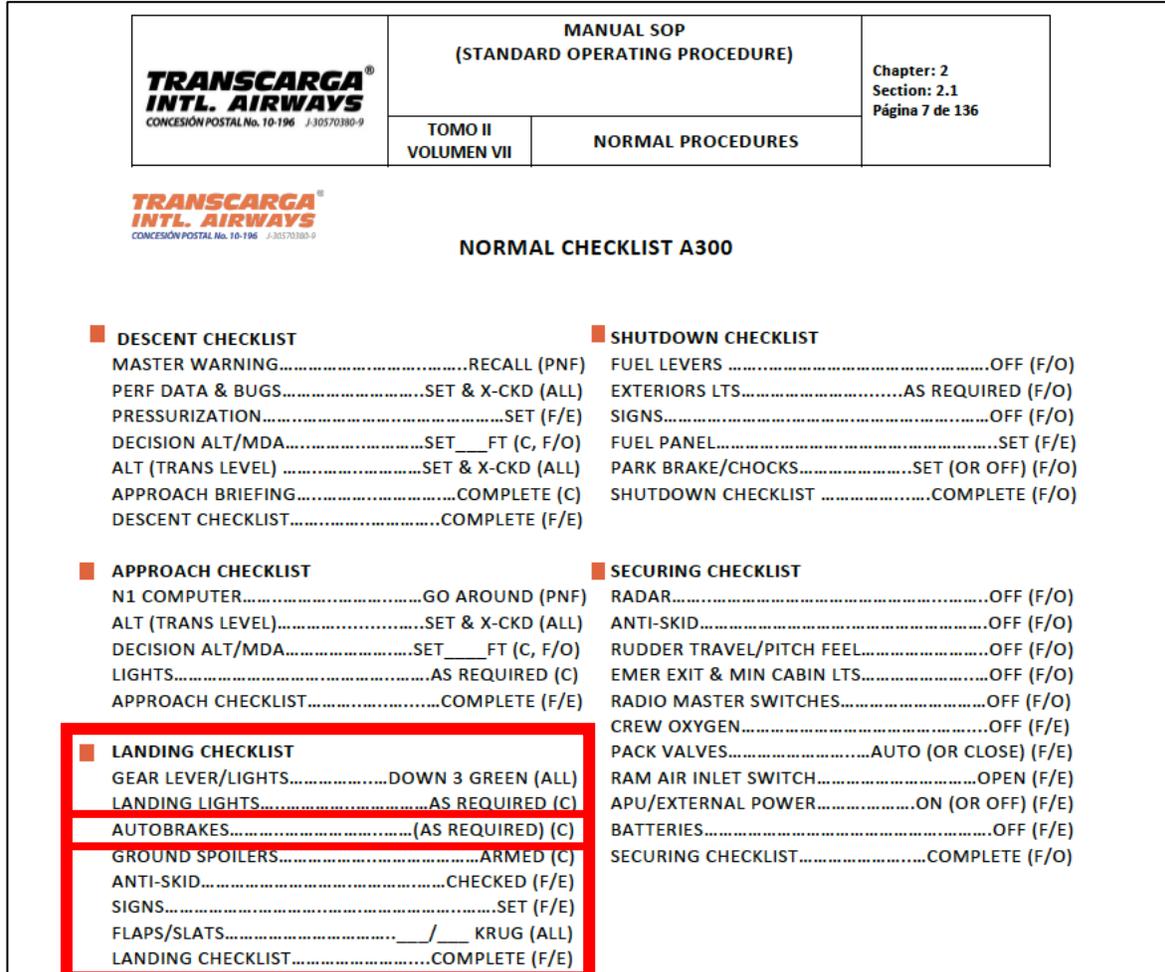


Imagen No. 12 – Lista de chequeo para antes de aterrizar, Airbus A300, vigente el día des suceso.

Como normalmente, por política del Operador, en el equipo A300 no se hacía ninguna selección del frenado automático para aterrizar, evidentemente durante la ejecución de *LANDING CHECKLIST*, la tripulación omitió la ejecución de este ítem, y no se percató que el *AUTOBRAKE* se mantenía en *MAX*, por cuanto al permanecer la palanca y el tren de aterrizaje abajo, dicho sistema no se había desactivado automáticamente.

Es así como, el avión aterrizó con *AUTOBRAKE – MAX*, sin que la tripulación se percatara de esta condición.

Con posterioridad a este suceso, y en la aplicación de las recomendaciones inmediatas, el fabricante de la aeronave modificó también el *LANDING CHECKLIST*, y en el ítem *AUTOBRAKES*, agregó la acción *CHECKED*.

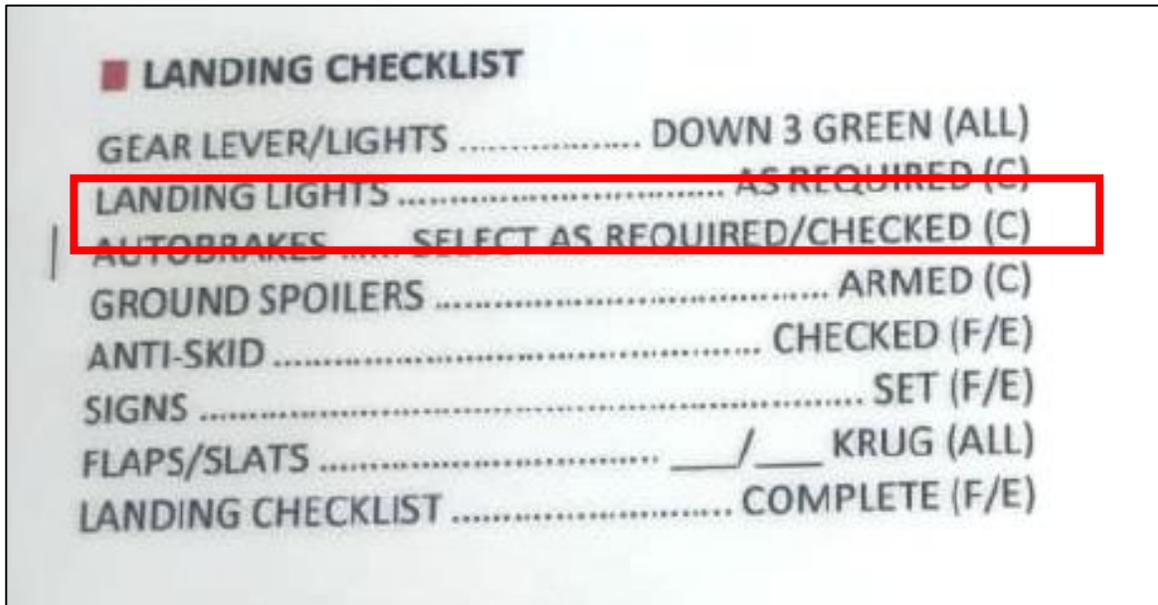


Imagen No. 13 – Lista de chequeo para antes de aterrizar, Airbus A300, publicada por el Fabricante después del Incidente Grave.

2.2 Mantenimiento

2.2.1 Registros relacionados con el mantenimiento

La empresa no contaba con Mantenimiento propio en la fecha del Incidente Grave. El Mantenimiento a la aeronave se llevaba a cabo por medio de una Organización de Mantenimiento Aprobada (OMA), aceptada por la autoridad de aviación civil de Venezuela.

La aeronave cumplía con los servicios de Mantenimiento de acuerdo con el programa de Mantenimiento del fabricante.

En la investigación de los documentos de Mantenimiento de la aeronave, y como situación relacionada con este suceso, solamente se encontró el registro del 09 de agosto de 2022, cuando el avión debió regresar a tierra, después de despegar del Aeropuerto de Maiquetía, al no retraerse el tren de aterrizaje.

La acción correctiva por parte de la organización de Mantenimiento, fue aplicar el procedimiento FIM 32-30-00 (*fault isolation manual*), de acuerdo con el código de falla que indicó la aeronave, que acusó fallas en el sensor derecho del *bogie beam*.

Mantenimiento realizó una prueba a la unidad modular detectora de los sensores de proximidad y encontró una falla del sensor de proximidad derecho, procedimiento cumplido conforme al manual de Mantenimiento en el capítulo 32-00-00.

No se encontraron otros reportes por parte de la tripulación o de Mantenimiento, que indicaran posibles fallas en los sistemas del tren de aterrizaje y sus subsistemas.

Durante el levantamiento documental, se identificó que el área de seguridad operacional de la empresa había identificado un reporte repetitivo del mal funcionamiento del reverso del motor izquierdo, ante el cual Mantenimiento no realizó acciones correctivas contundentes.

De otra parte, la dirección de seguridad operacional, en diferentes auditorías realizadas a la organización de Mantenimiento aprobada, identificó el 9 de marzo de 2022, con número de reporte RP-017, que, que la organización de Mantenimiento aprobada no contaba con el personal técnico en línea suficiente y calificado para atender las operaciones de la empresa durante la salida y llegada de las aeronaves.

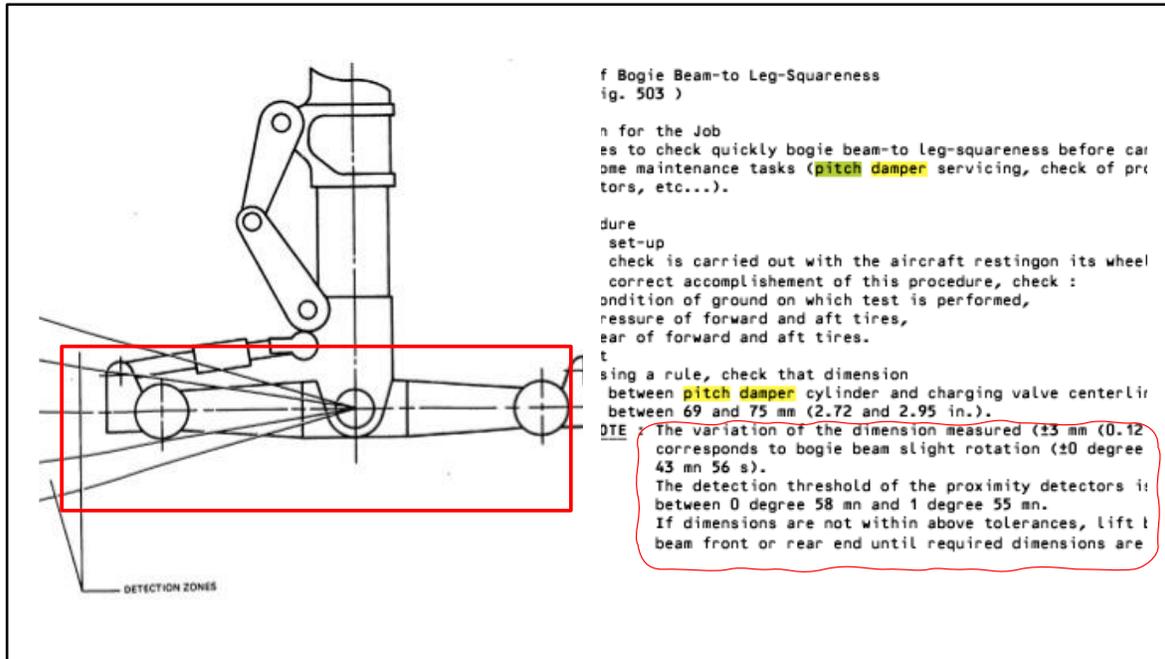


Imagen No. 14 – Ubicación y función del pitch dämpfer.

2.2.2 Funcionamiento del sistema de retracción y extensión del tren de aterrizaje

Para que el sistema de retracción o extensión del tren de aterrizaje funcione correctamente se deben cumplir unas condiciones operacionales de otros sistemas, que envían señales lógicas binarias a un sistema de control lógico para permitir la acción del sistema; estas condiciones son:

- Posición de los *flaps* y de los *slats*.
- Posición de la palanca de extensión y retracción del tren.
- Señales de los sensores “peso sobre ruedas” (*weight on wheels*).
- Señales de los sensores de ángulo de ataque de la aeronave, *angle of attack*.
- Señales de transductor (*transducer*) del sistema de antideslizamiento (*antiskid*).

2.2.3 Asimetría en los sensores “peso sobre ruedas” (*weight on wheels*).

En el caso del YV560T, es probable que Mantenimiento no haya efectuado la inspección a los sensores de proximidad, para identificar la asimetría de los sensores de “peso sobre ruedas” (*weight on wheel*).

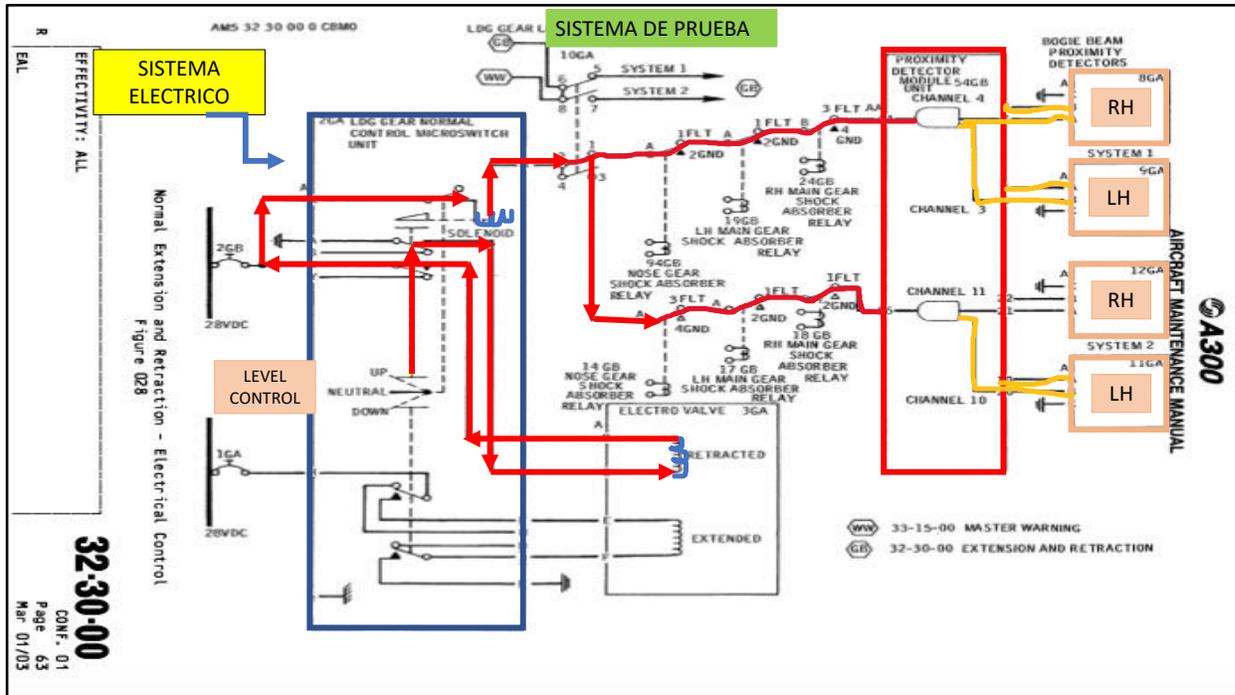


Imagen No. 15 – Esquema eléctrico de la operación de extensión y retracción del tren de aterrizaje.

2.2.4 Falta de presión hidráulica en los *pitch dampers*

De otra parte, Mantenimiento no identificó que la presión hidráulica fuera suficiente y correcta en los *pitch damper* del tren izquierdo de aterrizaje, que ayudan a mantener un correcto ángulo del conjunto de ruedas al momento de aterrizar.

Si el *pitch damper* no mantiene la presión correcta, afecta físicamente el ajuste mecánico del conjunto de ruedas *bogie beam* de cada tren de aterrizaje.

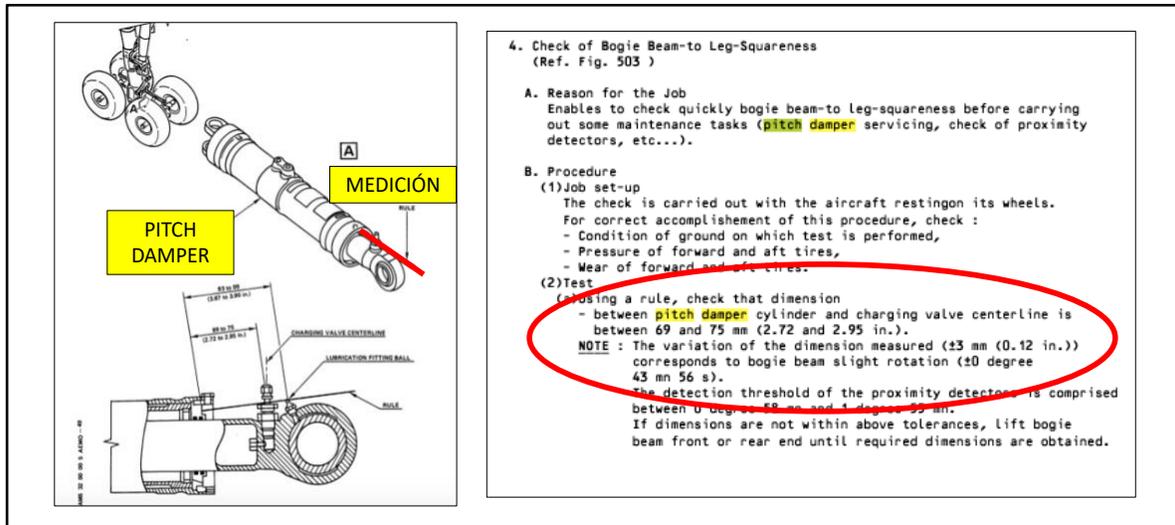


Imagen No. 16 – Medición del *pitch damper* para correcta función.

Al cambiar directamente las condiciones mecánicas del sistema, se afecta directamente el ajuste del sensor de proximidad o sensor “peso sobre ruedas”. Al perder este su ajuste, se afectan directamente las señales “lógicas” del sensor, creando un lenguaje incorrecto, haciendo que la unidad de control tenga una señal errónea y afectando, por ende, la correcta operación del sistema.

2.2.5 Sensor “peso sobre ruedas” (*weight on wheels*) desajustado

Por último, durante la realización de las pruebas en la aeronave, se identificó también que el sensor “peso sobre ruedas” (*weight on wheels*) del tren de aterrizaje derecho, se encontraba por fuera de ajuste, no en la distancia vertical entre *target* y sensor, si no en la distancia horizontal entre *target* y sensor.

Esta asimetría generó nuevamente una condición errónea al sistema de control lógico, que impidió que el sistema hidráulico del sistema actuara y no permitiera la retracción del tren de aterrizaje.

En los registros de Mantenimiento, se evidenció el cumplimiento de las Directivas de aeronavegabilidad (ADs), Boletines de servicio (SB) y documentos de inspección suplementaria (SID) relacionados con el tren de aterrizaje.

Sin embargo, la instalación y el mantenimiento preventivo realizado a los trenes de aterrizaje no se efectuó de acuerdo con los límites establecidos por el fabricante; es así como, por ejemplo, no se evidencia dentro de los registros, las holguras que deben tener los pivotes y todos los mecanismos que generan movimiento dentro del sistema del tren de aterrizaje.

De acuerdo con el Manual del fabricante de la aeronave, el procedimiento de ajuste del tren principal de aterrizaje, es complicado, y requiero que cada uno de sus pasos se completen de manera correcta. Se insiste en el hecho de que pequeñas variaciones en los elementos de ajuste pueden resultar en la incorrecta operación del tren de aterrizaje. Por lo tanto, estos trabajos deben asumirse con rigurosidad en los protocolos de Mantenimiento.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO

3. CONCLUSIÓN

3.1 Conclusiones generales

Los dos eventos que se presentaron en este Incidente Grave, a saber, la falla en la retracción del tren de aterrizaje después del despegue, y la explosión de cuatro ruedas del tren principal durante el aterrizaje del regreso a base, tuvieron orígenes técnicos diferentes, y se encontraron ligados por causas operacionales,

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

El vuelo entre Maiquetía – Bogotá – Maiquetía, se programó de acuerdo con los reglamentos y normas de las autoridades de Venezuela, de Colombia y los estándares del Operador aéreo.

La aeronave se encontraba aeronavegable, con su programa de Mantenimiento cumplido, y sin discrepancias pendientes que pudieran relacionarse con el Incidente Grave.

Después del despegue en el vuelo de regreso Bogotá – Maiquetía, cuando la tripulación operó la palanca del tren de aterrizaje hacia arriba (*UP*), la palanca no subió completamente, y el tren de aterrizaje permaneció abajo y asegurado.

La tripulación ejecutó los procedimientos del *QRH* correspondientes a *L/G LEVER INTERLOCKED*, sin resultados satisfactorios.

Ante esta situación, la tripulación decidió retornar a SKBO. El tren continuaba abajo y dando indicaciones, en cabina de mando, de mantenerse asegurado.

Los procedimientos operacionales por la tripulación, durante la condición anormal de falla de la retracción del tren de aterrizaje, fueron ejecutados de acuerdo con lo establecido por el fabricante y en los estándares del Operador.

No obstante, en los procedimientos para antes de aterrizar, omitió la verificación del *AUTOBRAKE – AS REQUIRED*, del *LANDING CHECKLIST*, de manera que el avión aterrizó con los auto frenos en posición máxima.

La aeronave regresó a Bogotá, y aterrizó de manera normal por la pista 31L. Después de aterrizar, mientras el avión desaceleraba, se presentó el estallido de cuatro llantas del tren principal de aterrizaje.

El Servicio de Extinción de Incendios (SEI) del aeropuerto SKBO se acercó de inmediato a la aeronave, y aplicó agente extintor al tren principal derecho.

La tripulación apagó los motores, aseguró la aeronave y permaneció a bordo. Después la abandonó de manera normal. No hubo personas lesionadas.

Una vez que se aseguró la escena, se confirmó el estallido de las cuatro (4) ruedas del tren de aterrizaje principal y daños menores en varias partes de la aeronave, como efecto del impacto de trozos desprendidos de las ruedas. No se presentó incendio.

3.2 Conclusiones sobre la falla del tren de aterrizaje

El Operador no contaba con servicios de Mantenimiento propio, y tenía un contrato de Mantenimiento con una organización de Mantenimiento debidamente autorizada y aprobada por la autoridad de aviación civil de Venezuela.

Los procesos de inspección del Operador sobre la organización de Mantenimiento aprobada, no eran suficientes ni estrictos, en lo que se refiere a las acciones de Mantenimiento concernientes a la retracción y extensión del tren de aterrizaje.

Es así como, aunque en el Manual General de Mantenimiento existe un procedimiento para recibir las aeronaves después de un Mantenimiento programado - no programado, no se discrimina un procedimiento que verifique efectivamente la operación y funcionalidad de los sistemas de la aeronave de manera técnica controlada, para casos especiales como es, por ejemplo, la operación del tren de aterrizaje.

De otra parte, se identificó que la Organización de Mantenimiento aprobada no contaba con el suficiente personal de Mantenimiento, haciendo que se recargaran las tareas de Mantenimiento en unas pocas personas certificadas.

El Operador no tiene un gestor o certificador de aeronavegabilidad que garantice la correcta realización de las tareas de Mantenimiento antes, durante y después de cada servicio o tarea de Mantenimiento realizada a las aeronaves.

El 9 de agosto de 2022, la aeronave YV560T experimentó un evento similar al que se investiga, por falla en la retracción del tren de aterrizaje, cuya acción correctiva por parte de Mantenimiento fue insuficiente.

En el caso del YV560T, es probable que Mantenimiento no haya efectuado la inspección a los sensores de proximidad, para identificar la asimetría de los sensores de “peso sobre ruedas” (*weight on wheel*).

Se presentaron posibles acciones incorrectas durante el cumplimiento de la Tarjeta de Servicio de Mantenimiento “Inspección integral a los trenes de aterrizajes y sus componentes” al no verificar minuciosamente las holguras y no identificar la asimetría de los sensores y los ajustes de los sensores “peso sobre ruedas” (*weight on wheels*).

Mantenimiento no identificó que la presión hidráulica fuera suficiente en los *pitch damper* del tren izquierdo de aterrizaje, que ayudan a mantener un correcto ángulo del conjunto de ruedas al momento de aterrizar. Al no mantenerse la presión en los *pitch damper*, se afectó el ajuste mecánico del conjunto de ruedas *bogie beam* de ese tren de aterrizaje.

El sensor “peso sobre ruedas” (*weight on wheels*) del tren de aterrizaje derecho, se encontraba por fuera de ajuste, en la distancia horizontal entre *target* y sensor.

Al cambiar las condiciones mecánicas del sistema, se afectó directamente el ajuste del sensor de proximidad o sensor “peso sobre ruedas”. Al perderse este ajuste, se afectaron las señales “lógicas” del sensor, y se envió un lenguaje incorrecto a la unidad de control que afectó, por ende, la correcta operación del sistema.

La asimetría generada en los componentes del tren de aterrizaje, transmitió una condición errónea al sistema de control lógico, que impidió que el sistema hidráulico del sistema actuara, e impidiera la retracción del tren de aterrizaje.

3.3 Conclusiones sobre la explosión de las ruedas del tren principal

El manual de Procedimientos Estándar de Operación, SOP, del Operador, establece que en la Lista de Chequeo para antes de despegar, la tripulación debe seleccionar los *AUTOBRAKE* en la posición *MAX*. Esta selección tiene como objeto, que la aeronave, sin acción por parte de la tripulación, aplique la máxima capacidad de frenado en caso de un abortaje del despegue.

De acuerdo con la declaración de la tripulación, ellos en efecto seleccionaron *AUTOBRAKE MAX*, siguiendo lo establecido en el SOP y en las Listas de Chequeo.

Después del despegue, la palanca del tren de aterrizaje no subió y la tripulación aplicó el procedimiento *L/G LEVER INTERLOCKED*.

Al ser infructuosa la aplicación del procedimiento anormal, la tripulación decidió retornar al aeródromo de salida, Bogotá, ya que le era impracticable efectuar el vuelo con el tren de aterrizaje abajo.

El procedimiento del QRH para *L/G LEVER INTERLOCKED*, no contemplaba la verificación del *AUTOBRAKE* por parte de la tripulación.

Al no efectuarse la verificación de la selección del auto frenado por parte de la tripulación y como el tren de aterrizaje permanecía abajo, el *AUTOBRAKE* permaneció en *MAX*, y no se desactivó automáticamente, como ocurre normalmente cuando el tren se retrae.

De otra parte, normalmente, por política del Operador, en el equipo A300 no se hacía ninguna selección del frenado automático para aterrizar evidentemente durante la ejecución de *LANDING CHECKLIST*.

No obstante, de acuerdo con el estándar del Operador, la Lista de Chequeo del avión A300, para antes de aterrizar, *LANDING CHECKLIST*, sí contemplaba la verificación del auto frenado por parte de la tripulación, que establece *AUTOBRAKES (AS REQUIERED)*.

Es así como la tripulación omitió la ejecución del ítem *AUTOBRAKES (AS REQUIERED)*, y no se percató que el *AUTOBRAKE* se mantenía en *MAX*, por cuanto al permanecer la palanca y el tren de aterrizaje abajo, dicho sistema no se había desactivado automáticamente.

La aeronave aterrizó entonces con la selección *AUTOBRAKE – MAX*, con un peso inferior al peso máximo de aterrizaje (120 ton vs. 140 ton), y con una velocidad de tierra, *ground speed*, *GS* aproximada de 130 *GS*.

El peso del avión (120 ton) y la alta velocidad de tierra (130 *GS*), crearon una alta energía cinética de la aeronave durante la carrera de aterrizaje y para su frenado.

Al aplicarse automáticamente toda la capacidad de frenado (*AUTOBRAKE – MAX*), al sistema de frenos del avión, se sobrepasó la máxima capacidad de absorción de energía térmica del sistema.

La alta temperatura generada por la frenada máxima, ocasionó la sucesiva explosión de las cuatro ruedas del tren principal derecho de aterrizaje.

La explosión de las ruedas se presentó con una velocidad relativamente baja, que evitó problemas de control direccional de la aeronave, la cual permaneció en el centro de la pista.

3.4 Causas probables

- Explosión de las ruedas del tren principal derecho y pérdida de presión de las ruedas del tren principal izquierdo por la no desactivación del sistema *autobrake* antes de aterrizar.
- Asimetría en los sensores de peso sobre ruedas (*weight on wheels*) que impidió la retracción del tren de aterrizaje después del despegue, obligando a su regreso.
- Pérdida de presión hidráulica en el del *pitch damper* del tren de aterrizaje, que causó asimetría entre los sensores de proximidad impidiendo el correcto funcionamiento del sistema del tren de aterrizaje.

3.5 Factores Contribuyentes

- Carencia de un procedimiento, en las listas de chequeo del fabricante, para desactivar el sistema *autobrake* en caso de operaciones anormales, como, por ejemplo, un mal funcionamiento del sistema de retracción del tren de aterrizaje.
- Omisión por parte de la tripulación, del ítem *AUTOBRAKES (AS REQUIRED)* durante la ejecución de *LANDING CHECKLIST*, oportunidad que tuvo para desarmar dicho sistema, que no desarmó automáticamente por falla en la retracción del tren de aterrizaje.
- Posibles acciones incorrectas en las tareas de Mantenimiento, con la inspección detallada de los componentes de los trenes de aterrizaje, incluyendo, por ejemplo:
 - La verificación de una correcta instalación, ajuste y precarga al sistema *pitch damper* del tren de aterrizaje.
 - Deficientes procedimientos de inspección diaria, que no verificaron la condición y correcto ajuste de los sensores del sistema “peso sobre ruedas” (*weight on wheels*).
 - Deficientes procedimientos de inspección escritos en el Manual General de Mantenimiento del Operador, al no brindar orientación suficiente al personal de Mantenimiento para apropiada toma de decisiones durante los procesos de instalación y ajustes a los componentes de control del tren de aterrizaje, ya que no se muestran como trabajos especiales a realizar en el avión.
 - Ausencia de procedimientos de inspección requerida “RII” en los manuales y políticas de Mantenimiento del Operador, que garantice la supervisión de trabajos en los sensores de proximidad y sistema de indicación de la aeronave.
 - Falta de un procedimiento efectivo del Operador, en el recibo de aeronaves después de un Mantenimiento programado o no programado, que garantice la operación y funcionalidad de los sistemas de la aeronave de manera técnica controlada, para casos especiales como las pruebas por funcionalidad y correcta operación en los sistemas de extensión y retracción de trenes.

3.6 Taxonomía

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

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

RECOMENDACIONES INMEDIATAS EMITIDAS EN EL INFORME PRELIMINAR AL OPERADOR AÉREO

REC IMD. 01 – 202255-2

Revisar y modificar las políticas operacionales de la compañía y manuales aplicables en relación con la armonización de utilización de unidades de peso (libras, kilogramos) en documentación de peso y balance, libro de vuelo y toda documentación pertinente relacionada. Lo anterior con el fin de mitigar cualquier riesgo operacional que pueda gestarse y generar confusión en el personal técnico y operativo de la compañía.

REC IMD. 02 – 202255-2

Revisar y modificar las listas de chequeo aplicables al equipo Airbus A300 operado por la compañía en la sección *LANDING CHECKLIST*, *AUTOBRAKE*, para que se incluya una acción adicional al ítem *AS REQ RD*, que permita a la tripulación chequear la condición y configuración del *AUTOBRAKE* antes de aterrizar. Esta acción pretende que las tripulaciones se aseguren de que este sistema operará inclusive en condiciones anormales del sistema del tren de aterrizaje.

REC IMD. 03 – 202255-2

Crear un procedimiento de inspección visual al pop out del pitch damper para cada vuelo que realice la aeronave.

REC IMD. 04 – 202255-2

Dentro del programa de Mantenimiento de la aeronave existe una tarjeta de chequear la cantidad correcta de nitrógeno e hidráulico Sperry del actuador de pitch dämper, el cual debe hacerse cada seis meses: *Check main landing gear pitch damper fluid level*.

Sin embargo, el Departamento de Confiabilidad debería reducir el tiempo de cumplimiento de esta tarjeta para realizarla cada 2 meses, con el fin de garantizar que se disponga de la correcta cantidad de fluido en el actuador y de esta manera mantener el correcto ajuste mecánico del sistema de retracción y extensión de trenes de aterrizaje.

RECOMENDACIONES EMITIDAS COMO RESULTADO DEL INFORME FINAL AL OPERADOR AEREO

REC. 05 – 202255-2

Revisar y mejorar el programa de Mantenimiento, para que este asegure la realización de una inspección detallada después de un servicio, con el fin de prevenir incorrectos procedimientos de Mantenimiento o de inspección, especialmente en lo que concierne a:

- Remoción e instalación de componentes en los trenes de aterrizaje.
- Estándares para efectuar inspecciones visuales con inspección requerida RII para los procedimientos de remoción e instalación de los trenes de aterrizaje.

REC. 06 – 202255-2

Actualizar y armonizar el SOP, QRH y listas de chequeo del equipo Airbus A300 operado por la compañía con la última actualización No. 55.

A LA SECRETARÍA DE AUTORIDAD AERONÁUTICA DE AEROCIVIL DE COLOMBIA

REC. 07 – 202255-2

Dar a conocer el presente informe de investigación a los operadores de Airbus 300, para que apliquen las recomendaciones, según sea pertinente, y se tenga en cuenta dicho informe para mejorar los sistemas de Gestión de Seguridad Operacional.

A LA AUTORIDAD DE AERONÁUTICA CIVIL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

REC. 08 – 202255-2

Dar a conocer el presente informe de investigación a los operadores de Airbus 300, para que apliquen las recomendaciones, según sea pertinente, y se tenga en cuenta dicho informe para mejorar los sistemas de Gestión de Seguridad Operacional.

ESPACIO DEJADO INTENCIONALMENTE EN BLANCO



DIRECCIÓN TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Av. Eldorado No. 103 – 15, Piso 5°.

investigacion.accide@aerocivil.gov.co

Tel. +(57) 601 2963186

Bogotá D.C. – Colombia