

INFORME DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Expediente: EX-2021-18060055- -APN-DNISAE#JST

Suceso: Accidente

Título: Falla o mal funcionamiento de componente de la aeronave (no del grupo motor).
Piper PA-38-112, matrícula LV-ODP, aeródromo de San Lorenzo, provincia de Santa Fe

Fecha y hora del suceso: 2 de marzo de 2021 a las 14:50 horas (UTC)

Dirección Nacional de Investigación de Sucesos Aeronáuticos

Junta de Seguridad en el Transporte

Florida 361

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1005AAG

(54+11) 4382-8890/91

info@jst.gob.ar

Publicado por la JST. En caso de utilizar este material de forma total o parcial se sugiere citar según el siguiente formato: Aviación. Accidente. LV-ODP. Aeródromo de San Lorenzo, provincia de Santa Fe. Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte, 2024.

El presente informe se encuentra disponible en www.argentina.gob.ar/jst

ÍNDICE

SOBRE LA JST	5
SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN	6
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	8
SINOPSIS	9
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS	10
1.1 Reseña del vuelo	10
1.2 Lesiones a personas	10
1.3 Daños en la aeronave	10
1.4 Otros daños	11
1.5 Información sobre el personal	11
1.6 Información sobre la aeronave	12
1.7 Información meteorológica	16
1.8 Ayudas a la navegación	16
1.9 Comunicaciones	16
1.10 Información sobre el lugar del suceso.....	16
1.11 Registradores de vuelo	17
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	17
1.13 Información médica y patológica	17
1.14 Incendio.....	18
1.15 Supervivencia	18

1.16	Ensayos e investigaciones	18
1.17	Información orgánica y de dirección.....	22
1.18	Información adicional.....	23
1.19	Técnicas de investigaciones útiles o eficaces	24
2.	ANÁLISIS.....	25
2.1	Introducción.....	25
2.2	Aspectos técnicos-operativos	25
2.3	Aspectos institucionales.....	29
3.	CONCLUSIONES.....	31
3.1	Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente	31
4.	RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL.....	32
4.1	A la Administración Nacional de Aviación Civil	32

SOBRE LA JST

La misión de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST) es mejorar la seguridad a través de la investigación de accidentes e incidentes y la emisión de recomendaciones de acciones eficaces. Mediante la investigación sistémica de los factores desencadenantes, se evita la ocurrencia de accidentes e incidentes de transporte en el futuro.

De conformidad con la [Ley N.º 27.514](#) de seguridad en el transporte, la investigación de todo suceso tiene un carácter estrictamente técnico y las conclusiones no deben generar presunción de culpa ni responsabilidad administrativa, civil o penal.

Según el artículo 26 de la [Ley N.º 27.514](#), la JST puede realizar estudios específicos, investigaciones y reportes especiales acerca de la seguridad en el transporte.

Esta investigación ha sido efectuada con el único objetivo de prevenir accidentes e incidentes, según lo estipula la ley de creación de la JST.

Los resultados de este Informe de Seguridad Operacional no condicionan ni prejuzgan investigaciones paralelas de índole administrativa o judicial que pudieran ser iniciadas por otros organismos u organizaciones con relación al presente suceso.

SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN

La JST ha adoptado el modelo sistémico para el análisis de los accidentes e incidentes de transporte modales, multimodales y de infraestructura conexa.

El modelo ha sido ampliamente adoptado, como así también validado y difundido por organismos líderes en la investigación de accidentes e incidentes a nivel internacional.

Las premisas centrales del modelo sistémico de investigación de accidentes son las siguientes:

- Las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea o las fallas técnicas del equipamiento constituyen los factores desencadenantes e inmediatos del evento. Estos constituyen el punto de partida de la investigación y son analizados con referencia a las defensas del sistema de transporte junto a otros factores, que en muchos casos se encuentran alejados en tiempo y espacio del momento preciso de desencadenamiento del evento.
- Las defensas del sistema de transporte procuran detectar, contener y ayudar a recuperar las consecuencias de las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea o las fallas técnicas del equipamiento. Las defensas se agrupan bajo tres entidades genéricas: tecnología, normativa (incluyendo procedimientos) y entrenamiento.
- Los factores que permiten comprender el desempeño del personal operativo de primera línea o la ocurrencia de fallas técnicas, así como explicar las fallas en las defensas, están generalmente alejados en el tiempo y el espacio del momento de desencadenamiento del evento. Son denominados factores sistémicos, y están vinculados estrechamente a elementos tales como, por ejemplo, el contexto de la operación, las normas y procedimientos, la capacitación del personal, la gestión de la seguridad operacional por parte de la organización a la que reporta el personal operativo y la infraestructura.

En consecuencia, la investigación basada en el modelo sistémico tiene el objetivo de identificar los factores relacionados con el accidente, así como otros factores de riesgo de seguridad operacional que, aunque no guarden una relación de causalidad con el suceso investigado, tienen potencial desencadenante bajo otras circunstancias operativas. De esta manera, la investigación sistémica buscará mitigar riesgos y prevenir accidentes e incidentes

a partir de Recomendaciones de Seguridad Operacional (RSO) que promuevan acciones viables, prácticas y efectivas.

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS¹

AC: Circular de asesoramiento

AD: Directiva de aeronavegabilidad

ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

P/N: Número de parte

RAAC: Regulaciones Argentinas de Aviación Civil

S/N: Número de serie

UTC: Tiempo universal coordinado

¹ Con el propósito de facilitar la lectura del presente informe, se aclaran por única vez las siglas y abreviaturas utilizadas.

SINOPSIS

Este informe detalla los hechos y circunstancias en torno al accidente experimentado por la aeronave LV-ODP, un Piper PA-38-112 Tomahawk, en San Lorenzo (provincia de Santa Fe), el 2 de marzo de 2021 a las 14:50 horas², durante un vuelo de instrucción.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con las condiciones de aeronavegabilidad de la aeronave y con el uso de partes no aprobadas en aeronaves con Certificado Tipo.

El informe incluye una Recomendación de Seguridad Operacional dirigida a la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC).



Figura 1. Posición final de la aeronave. Fuente: investigación JST

² Todas las horas están expresadas en Tiempo Universal Coordinado (UTC), que para el lugar y fecha del accidente corresponde al huso horario -3.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del vuelo

El 2 de marzo de 2021 la aeronave matrícula LV-ODP, un Piper PA-38-112, despegó del aeródromo de San Lorenzo (provincia de Santa Fe) a las 14:00 horas, en un vuelo local de instrucción.

Luego de 50 minutos de vuelo, en la ejecución del tercer aterrizaje, al hacer contacto con el suelo, se desprendió la rueda del tren de aterrizaje principal izquierdo. Como consecuencia, la ballesta del tren de aterrizaje principal izquierdo se hundió en el terreno, la aeronave giró hacia la izquierda lo que provocó una excursión de pista por el margen izquierdo de la pista 09.

Como consecuencia del suceso, la aeronave experimentó la detención brusca de su motor, la rotura del tren de aterrizaje de nariz y la deformación del fuselaje a la altura de la unión del ala.

1.2 Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Otros	Total
Mortales	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Leves	0	0	0	0
Ninguna	2	0	0	2

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Daños de importancia.



Figura 2. Daños experimentados por la aeronave. Fuente: investigación JST

1.3.2 Motor

Daños de importancia por detención brusca.

1.3.3 Hélice

Daños de importancia.

1.4 Otros daños

No hubo.

1.5 Información sobre el personal

La certificación del instructor de vuelo cumplía con la reglamentación vigente.

Instructor de vuelo	
Sexo	Masculino
Edad	33 años

Nacionalidad	Argentina
Licencias	Instructor de vuelo de Avión
Habilitaciones	Vuelo nocturno, vuelo por instrumentos, monomotores y multimotores terrestres hasta 5.700 kg
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 28/02/2022

Tabla 2

La certificación del alumno piloto cumplía con la reglamentación vigente.

Alumno piloto	
Sexo	Masculino
Edad	46 años
Nacionalidad	Argentina
Certificación médica aeronáutica	Clase 2 Válida hasta el 30/06/2023

Tabla 3

1.6 Información sobre la aeronave

La aeronave estaba certificada de conformidad con la reglamentación vigente y mantenida de acuerdo con el plan de mantenimiento del fabricante.

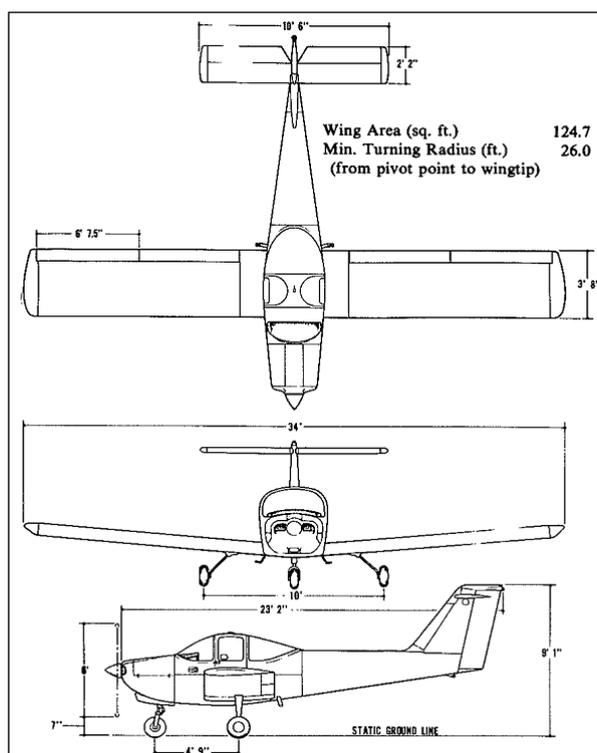


Figura 3. Perfil de la aeronave. Fuente: manual de vuelo de la aeronave

Aeronave		
Marca	Piper	
Modelo	PA-38-112	
Categoría	Avión	
Fabricante	Piper Aircraft	
Año de fabricación	Sin datos	
Número de serie	AR-38-80A0083	
Peso máximo de despegue	758,0 kg	
Peso máximo de aterrizaje	758,0 kg	
Peso vacío	492,0 kg	
Fecha del último peso y balanceo	Sin datos	
Horas totales	7.276,9	
Horas desde la última recorrida general	No aplica	
Horas desde la última inspección	78,6	
Ciclos totales	No aplica	
Ciclos desde la última recorrida general	No aplica	
Certificado de matrícula	Propietario	Flying Time S.R.L.
	Fecha de expedición	12/12/2008
Certificado de aeronavegabilidad	Clasificación	Estándar
	Categoría	Normal
	Fecha de emisión	30/06/2008
	Fecha de vencimiento	Sin vencimiento

Tabla 4

Motor	
Marca	Lycoming
Modelo	O-235-L2C
Fabricante	Lycoming
Número de serie	L-21081-15
Horas totales	5.862,0
Horas desde la última recorrida general	642,3
Horas desde la última intervención	78,6
Ciclos totales	No aplica
Ciclos desde la última recorrida	No aplica
Habilitación	7.619,7 horas de total general

Tabla 5

Hélice	
Marca	Sensenich
Modelo	72-CK-O-56
Fabricante	Sensenich
Número de serie	K-2333
Horas totales	Sin datos
Horas desde la última recorrida general	807,5
Horas desde la última intervención	78,6
Habilitación	2.000 horas de recorrida general

Tabla 6

Documentación de referencia

Con motivo de la investigación, se utilizaron como referencia los manuales del fabricante para el modelo de aeronave, una directiva de aeronavegabilidad (DA) relacionada con el eje de la rueda y advertencias de seguridad emitidas por la ANAC.

Se consideró la DA RA N° 2016-07-01-r0, que aborda las fisuras detectadas en los ejes de rueda del tren principal con números de parte: 77789-006 / -007, 61878-002 y 61866-002. Además, se consideraron las advertencias de seguridad, tales como la 110/DCA que hace referencia a la inspección de los ejes de ruedas del tren de aterrizaje principal y los pernos de su fijación a la ballesta. Asimismo, se tomaron en cuenta las advertencias 178/DAG sobre puntas de eje de tren principal no aprobadas y 185/DAG relacionadas con la posibilidad de rotura de la toma interna de la ballesta del tren principal.

A continuación, se presentan extractos específicos de la advertencia 110/DAG que abordan referencias regulatorias, observaciones y recomendaciones en relación con los pernos de unión del eje a la ballesta de los PA-38-112.

2. Por otro lado, un Piper PA-38-112 sufrió un accidente durante una práctica de aterrizaje, en el cual se produjo el desprendimiento de la rueda izquierda como consecuencia de la rotura de los bulones AN4-15A de fijación del eje de rueda a la ballesta izquierda. Se determinó que la falla de la fijación del eje se produjo por la fractura de los bulones de fijación. Se inició con la formación de una grieta que avanzó por un mecanismo de fatiga en la rosca de uno de los bulones, el que falló primero, lo que aumentó la carga sobre los restantes, que fallaron por ver superado su límite de resistencia.
3. El Manual de Mantenimiento del PA-38-112, en su Capítulo 32, contiene como únicas inspecciones requeridas sobre estos componentes: *"Check the clamps, bolts and all associated hardware closely for cracks, deformation, rust, and excessive wear."*
4. La Guía de Inspección incluida en el mismo Manual de Mantenimiento requiere, en el Ítem F LANDING GEAR GROUP, inciso 12, lo siguiente: *"Inspect main gear legs, attachments, and bolts for condition, torque, and security. Note 33: Check main landing gear bolts for proper torque in accordance with instructions in Chapter 32."*
5. No obstante lo indicado en los párrafos 3 y 4 anteriores, el Apéndice D del DNAR 43, en su inciso (e)(1), requiere que cada persona que realiza una inspección anual debe inspeccionar todas las unidades del tren de aterrizaje por condición y fijación insegura.
6. Por lo indicado en los párrafos precedentes, tanto los ejes de rueda como sus bulones de fijación deben ser inspeccionados durante las inspecciones anuales.
7. Los bulones de fijación son AN4 (con longitudes variables, desde -15A hasta -21A, dependiendo de la instalación o no de espaciadores) y tuercas MS20365-428C, torquedas a 50-70 in.lbs.

Figura 4. Inspección de los ejes de ruedas del tren de aterrizaje principal y bulones de fijación a la ballesta. Fuente: advertencia 110/DCA

El manual de mantenimiento detalla las instrucciones de armado y desarmado del tren de aterrizaje, en la figura se observa el valor de torque de los pernos de unión del eje a la ballesta.

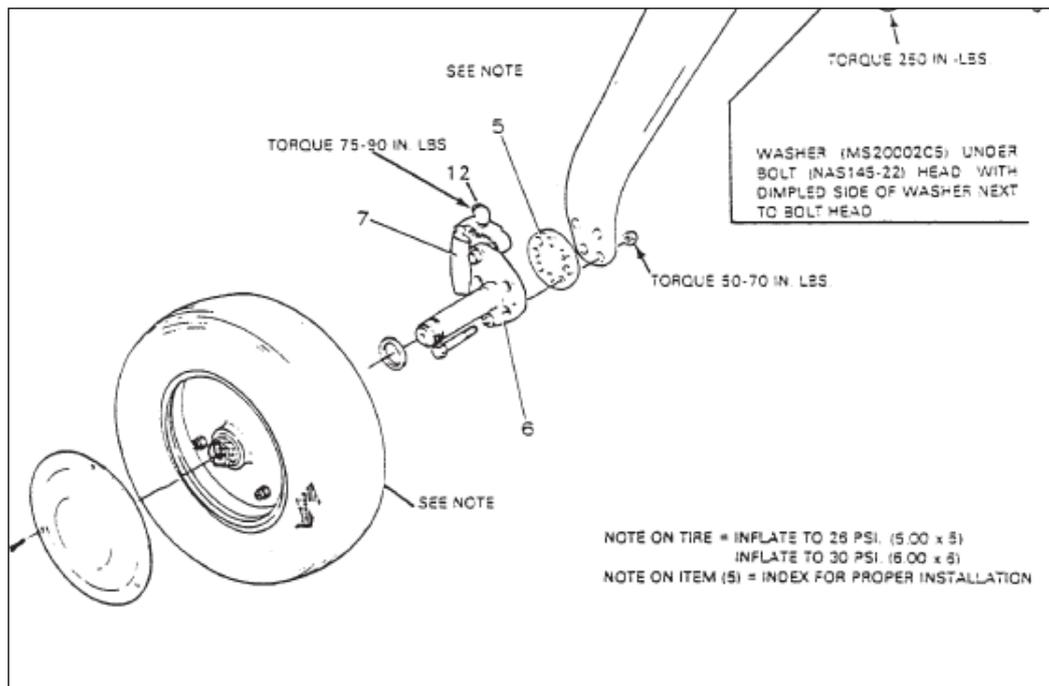


Figura 5. Imagen del manual de mantenimiento del PA-38. Fuente: manual de mantenimiento de la aeronave

1.7 Información meteorológica

No relevante.

1.8 Ayudas a la navegación

No aplica.

1.9 Comunicaciones

No aplica.

1.10 Información sobre el lugar del suceso

Lugar del suceso	
Ubicación	Aeródromo San Lorenzo
Coordenadas	32° 43' 07" S, 60° 47' 07" W
Superficie	Tierra
Dimensiones	900 x 30 metros

Orientación magnética	09 - 27
Elevación	26 metros

Tabla 7

1.11 Registradores de vuelo

No aplica.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

La aeronave aterrizó por la pista 09 e inmediatamente después inició un giro hacia la izquierda que finalizó en una excursión de pista. La distancia total recorrida fue de 55 metros.



Figura 6. Lugar del suceso. Fuente: investigación JST

Con motivo de la investigación se detectó que la rueda izquierda se había desprendido durante la carrera de aterrizaje. Como resultado, la ballesta del tren de aterrizaje principal izquierdo se hundió en el terreno lo que provocó una excursión de pista.

1.13 Información médica y patológica

No se detectó evidencia médico-patológica de la tripulación relacionadas con el accidente.

1.14 Incendio

No hubo.

1.15 Supervivencia

El instructor de vuelo y el alumno piloto abandonaron la aeronave por sus propios medios y resultaron sin lesiones. La cabina no experimentó deformaciones. Los cinturones de seguridad, arneses y anclajes de los asientos de los tripulantes soportaron los esfuerzos a los que fueron sometidos.

1.16 Ensayos e investigaciones

La rueda completa, que incluye el caucho montado en la llanta unido al eje de la rueda con el disco de freno y el conjunto de freno, fue reservada para su análisis.



Figura 7. Conjunto de rueda izquierda del LV-ODP en estado que fue recuperado. Fuente: investigación JST

Se utilizó el catálogo de partes ilustrado del Piper PA-38-112 como referencia técnica para identificar el número de parte de los pernos elegibles para equipar a la aeronave.

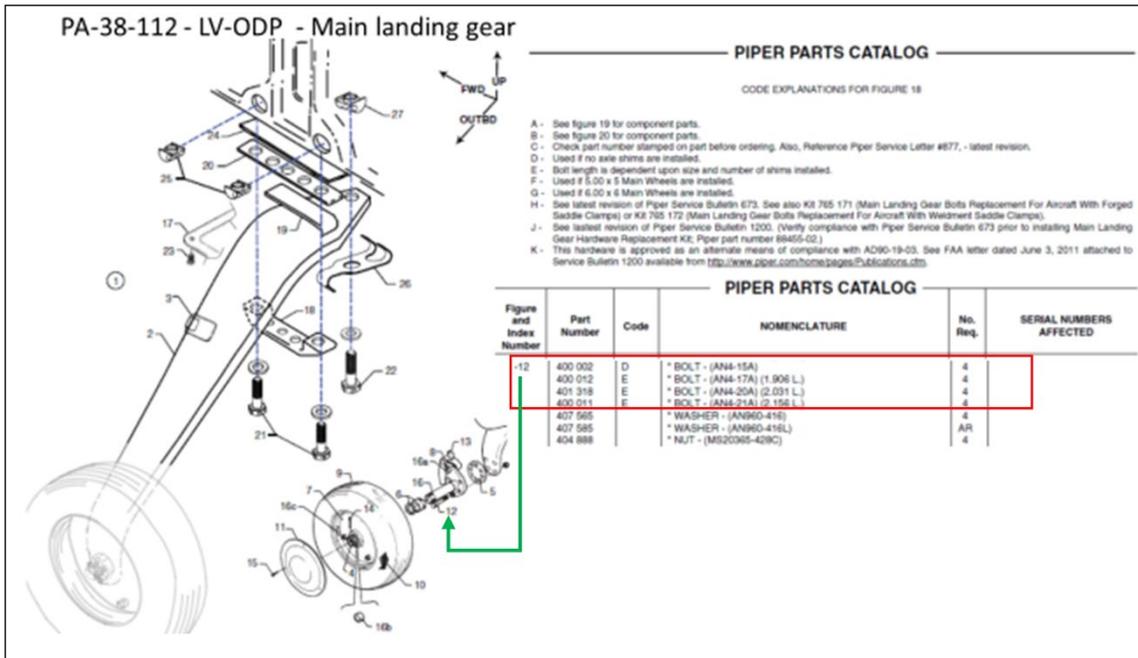


Figura 8. Detalle del tren de aterrizaje principal y catálogo de partes. Fuente: catálogo de partes ilustrado del Piper PA-38-112

Los pernos elegibles tienen cuatro números de parte de Piper, dos códigos permiten diferenciar a un número de parte cuando en la instalación no se coloca un suplemento entre el eje y la rueda (D) y los otros tres cuando se suplementa (E). En la designación se identifica al perno como un bulón estándar de la norma AN³, todos con un diámetro de 4, pero con longitudes distintas: 15, 17, 20 y 21.

Con motivo de la investigación, se realizaron ensayos para determinar el mecanismo y el origen de la rotura de los pernos que conectan la rueda con la ballesta del tren de aterrizaje. A continuación, se adjuntan las conclusiones del informe del laboratorio:

³ La denominación AN corresponde a las *Air Force/Navy Aeronautical Standard*, que es un estándar aeronáutico para la Armada y la Fuerza Aérea de los Estados Unidos.

	INFORME DE LABORATORIO	Código IF-LAB-001
	ANÁLISIS DE LA MECÁNICA DE FALLA EN MAZA DE RUEDA DE AERONAVE LV-ODP	Emisión: 30/11/21 Revisión: 00 Pág. 6 de 8

- ✓ Tres de los cuatro pernos bajo estudio han sido fabricados con un material de acero al carbono, cuyo rango de composición clasifica dentro de la serie AISI 4037.
- ✓ Uno de los cuatro pernos ha sido fabricado con un material de acero al carbono, cuyo rango de composición clasifica dentro de la serie AISI 8740.
- ✓ Todos los pernos fueron sometidos a un tratamiento térmico de temple y posterior revenido, obteniendo una matriz totalmente martensítica.
- ✓ Uno de los pernos, identificado como "A" a los fines del estudio, presentó daño por fatiga; hecho que produjo el debilitamiento de la sección resistente y luego una rotura rápida frágil de la sección remanente.
- ✓ Dos de los pernos, identificados como "B" y "C" a los fines del estudio, presentaron una fractura del tipo frágil rápida.
- ✓ Uno de los pernos, identificado como "D" a los fines del estudio, presentó una rotura con elevada deformación plástica.
- ✓ El tenor inclusionario de los pernos es bajo, y no pudo haber impactado en la rotura del componente.
- ✓ Los pernos A, B y C presentaron numerosos defectos tanto en núcleo como a nivel superficial. Los defectos ubicados en superficie tienen deposición de cinc en su interior, evidenciando que su existencia es previa al proceso de cincado.
- ✓ El perno D está libre de defectos microestructurales.
- ✓ Al evaluar la dureza de los distintos sectores, no se evidenciaron incrementos de los valores en los fondos de rosca. Esto podría indicar que han sido fabricados por mecanizado.
- ✓ A través de los datos obtenidos y su análisis, se concluyó que es altamente probable la hipótesis de falla del componente basada en la primer rotura del perno A, debilitado por fatiga. Luego, la asimétrica distribución de cargas culminó con la fractura de los pernos restantes.

Figura 9. Conclusiones del ensayo realizado a los pernos. Fuente: investigación JST

Con base en los resultados del primer ensayo, se determinó la necesidad de llevar a cabo otro con el fin de verificar si los pernos instalados en la aeronave cumplían con los requisitos establecidos en la norma estándar mencionada en el catálogo de partes.

Para el segundo ensayo, se solicitó al propietario de la aeronave un perno AN4 nuevo de su propio almacén y otro del mercado para comparación. La muestra 1 corresponde al perno proporcionado por el propietario del LV-ODP, extraído de su inventario, mientras que la muestra 2 corresponde a un perno suministrado por la investigación con fines de comparación.

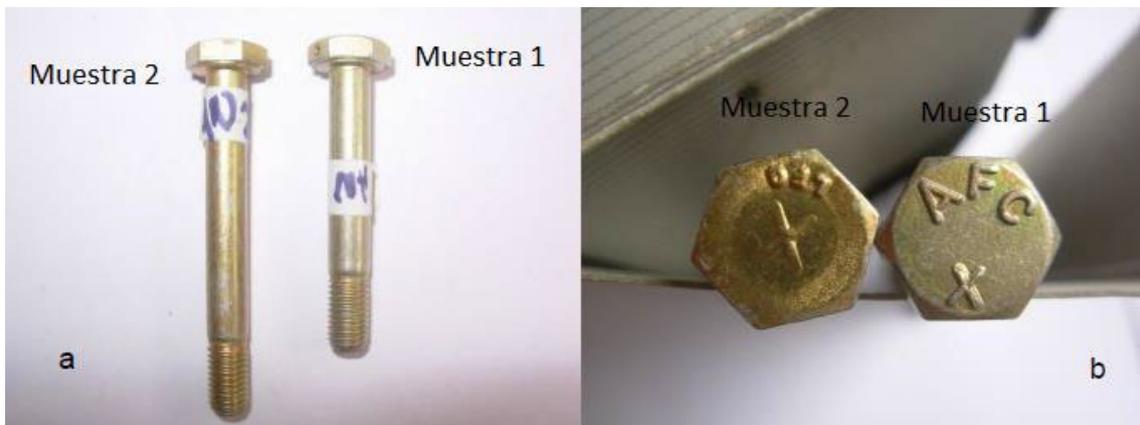


Figura 10. Imagen de los pernos y su identificación para el ensayo. Fuente: investigación JST

A continuación, se adjuntan las conclusiones del ensayo:

 SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE	INFORME DE LABORATORIO	Código IF-DNEyMA-LAB-014
	CARACTERIZACIÓN DE TORNILLERÍA – LV-ODP	Emisión: 31/10/2022 Revisión: 00

5. CONCLUSIONES

- La muestra 1 cumple parcialmente con la normativa NASM 6812 en su estructura dimensional. No cumple correctamente en cuanto a composición química y características microestructurales, en este último caso al haber presencia de fisuras congénitas. No pudo concluirse respecto del modo de fabricación de la rosca. No pudo concluirse si los parámetros del tratamiento para el tipo de acero empleado han sido utilizados según la norma.
- La muestra 2 cumple con la composición química, estructura dimensional y características microestructurales atento a la normativa NASM 6812. También se logra establecer la fabricación de la rosca siendo esta por laminación.
- Para ambas muestras, se concluye que los valores del análisis de dureza resultan dentro de la norma NASM 6812.
- Ambas muestras contienen 2 observaciones no críticas idénticas respecto del control dimensional.
- Mientras que la muestra 2 se encuentra comprendida y acorde con lo establecido en la normativa NASM 6812 (con dos observaciones no críticas), la muestra 1 presenta desviaciones respecto de varios parámetros que la encuadrarían como no acorde atento a normativa.

Figura 11. Conclusiones del ensayo de caracterización de los pernos. Fuente: investigación JST

1.17 Información orgánica y de dirección

La aeronave en cuestión pertenecía a la escuela de vuelo Flying Time, la cual llevaba a cabo sus operaciones de entrenamiento en el aeródromo de San Lorenzo y ofrecía instrucción teórica en la localidad de Funes, ambas ubicadas en la provincia de Santa Fe. La escuela proporcionaba cursos tanto teóricos como prácticos para obtener licencias de piloto privado de avión, piloto comercial, piloto comercial de primera clase de avión, piloto aeroplicador y piloto instructor de vuelo de avión.

Además de los cursos para pilotos, la escuela también ofrecía programas para tripulantes de cabina de pasajeros, despachantes de aeronaves y personal de rampa (señalero, operador y supervisor de rampa).

En cuanto a su flota, la escuela de vuelo contaba con cinco aeronaves PA-38 Tomahawk, un Tecnam P2002JF, dos Petrel 912, y un PA-34 Seneca I.

1.18 Información adicional

Artículos de reemplazo y modificación

Las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC), parte 21, sección 21.9 "Artículos de reemplazo y modificación", establecen que, si alguien tiene conocimiento de que es razonablemente probable que un artículo de reemplazo o modificación se instale en un producto con certificado tipo, no puede producir dicho artículo a menos que cumpla con ciertos requisitos.

<p>21.9 Artículos de reemplazo y modificación.</p> <p>(a) Si una persona tiene el conocimiento, o podría tenerlo, que un artículo de reemplazo o modificación es razonablemente probable que se instale en un producto con certificado tipo, esta persona no puede producir este artículo a menos que el artículo sea:</p> <ul style="list-style-type: none"> (1) Producido bajo un certificado tipo; (2) Producido bajo una aprobación de producción de la ANAC; (3) Una pieza estándar (tal como una tuerca, bulón o remache) fabricada de conformidad con especificaciones industriales y/o gubernamentales reconocidas por la ANAC; (4) Una parte comercial como se define en la Sección 21.1 de esta Parte; (5) Fabricado por un propietario u operador para mantener o alterar el producto de ese propietario u operador; (6) Fabricado por el titular de un certificado debidamente calificado con un sistema de calidad, y utilizado en la reparación o alteración de un producto o artículo de acuerdo con la RAAC Parte 43; o (7) Producido de cualquier otra manera aprobada por la ANAC.
--

Figura 12. Artículos de reemplazo y modificación. Fuente: RAAC parte 21

La ANAC publica en su página web las circulares de asesoramiento (CA) vigentes. Entre ellas, se encuentran la AC N°21-29C "Detección de partes sospechosas de no estar aprobadas" con fecha de junio de 2022, y la CA 20-62D "Elegibilidad, Calidad e Identificación de partes de Reemplazo Aeronáuticas" con fecha de octubre de 1996.

Aterrizaje brusco

En la fase de contacto del tren de aterrizaje con el terreno durante un aterrizaje, la velocidad vertical se reduce a cero. La energía que el sistema de tren de aterrizaje debe absorber y disipar está determinada por el peso de la aeronave, su velocidad de traslación y la velocidad vertical.

Los datos de diseño establecen la configuración del sistema, el cual debe ser capaz de absorber la energía calculada, además de incluir un factor de seguridad determinado por las normas de diseño aplicables.

En el caso en que la energía de la aeronave al hacer contacto con el terreno supere la cantidad normalmente esperada, se clasifica como un aterrizaje brusco. En la aviación general, las aeronaves no suelen contar con dispositivos tecnológicos que permitan determinar de manera fehaciente cuándo un aterrizaje puede ser considerado como tal.

Detección de partes no aprobadas (bogus parts)

El Doc. 9760 Manual de Aeronavegabilidad de la OACI ofrece advertencias y herramientas en su capítulo 9, "Mantenimiento de la Aeronavegabilidad de la Aeronave", para evitar inadvertidamente aceptar partes no aprobadas. Destaca que la evidencia documental del cumplimiento de un proceso aprobado no garantiza por sí sola que no se acepten partes no aprobadas, especialmente si el proveedor original proporciona información falsa. Por lo tanto, siempre se requiere un plan de protección secundaria para alertar sobre piezas no aprobadas antes de su instalación.

El documento también recomienda que los organismos, en especial los organismos de mantenimiento reconocidos y los explotadores, deben garantizar que el personal que tiene contacto frecuente con las piezas (personal de compras, almacén, mecánicos y personal de certificación) sea consciente de los peligros de las piezas no aprobadas y conozca las fuentes probables de estas.

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

No aplica.

2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

El presente análisis evalúa los factores que pudieron influir en la excursión de pista de la aeronave LV-ODP. Se examinan aspectos operativos y se profundiza en el desprendimiento de la rueda, evaluando la integridad de los pernos de unión, la falsificación de partes y la influencia de la fatiga de materiales.

Aspectos institucionales, como medidas para detectar partes no aprobadas, también se destacan. El análisis busca ofrecer una comprensión integral del suceso, resaltando la necesidad de vigilancia continua y acciones preventivas en la industria aeronáutica.

2.2 Aspectos técnicos-operativos

Desempeño operativo

Según la información obtenida por la investigación, la maniobra ejecutada previa al aterrizaje fue un 720° y se desarrolló de manera estándar. Esta maniobra de precisión consiste en describir dos espirales sin potencia antes de llegar al punto seleccionado para el aterrizaje, en este caso, la pista. La maniobra se lleva a cabo a una altura y velocidad consideradas seguras para la posterior fase de aterrizaje.

Durante la ejecución del aterrizaje el instructor de vuelo debió realizar correcciones y el contacto con el terreno fue más fuerte de lo habitual. En ese sentido, las aeronaves utilizadas para la instrucción de nuevos pilotos son propensas a ser expuestas a aterrizajes que podrían considerarse bruscos ya que estos deben adquirir criterios y habilidades que demandan mucho entrenamiento.

Las aeronaves de aviación general no están equipadas con dispositivos tecnológicos que permitan determinar fehacientemente que una aeronave fue sometida a un aterrizaje brusco por lo que los reportes de estos eventos dependen de la experiencia del piloto. Todas las aeronaves que reportan un aterrizaje brusco deben ser sometidas a inspecciones especiales antes del próximo vuelo ya que podría haber experimentado daños estructurales.

Para el suceso en investigación el posible aterrizaje brusco es un factor que debe ser considerado, como así también la posibilidad de que la aeronave haya sido expuesta a una o varias situaciones similares no registradas. Es importante señalar que la evaluación de un posible aterrizaje brusco se centrará en aspectos técnicos, ya que la consecuencia inmediata fue el desprendimiento de la rueda del tren de aterrizaje principal izquierdo.

Desprendimiento de la rueda

El análisis visual de la rueda desprendida indicó que su desprendimiento fue el resultado de la rotura de los cuatro pernos de unión que conectaban el eje de la rueda con la ballesta del tren de aterrizaje principal izquierdo. Estos pernos están diseñados para absorber la energía del aterrizaje y transmitirla a la estructura de la aeronave.

Para determinar si la rotura fue originada por sobrecargas u otras razones, se realizó un ensayo que reveló que, de los cuatro pernos de unión, tres estaban hechos de un tipo de acero identificado como A, B y C (serie AISI 40347), y el restante de otro acero, identificado como D (AISI 8740).

De los tres pernos de acero de la serie AISI 40347, uno mostró daños por fatiga, lo que redujo su sección resistente y provocó que, al romperse, los dos restantes se fracturaran de manera frágil y rápida. En cuanto al perno de la serie AISI 8740, presentó deformación plástica antes de su rotura. El ensayo también reveló otro factor significativo: los pernos A, B y C mostraron defectos tanto en la superficie como en el núcleo, mientras que el perno D no presentaba defectos.

De acuerdo con los hallazgos realizados, resulta factible un escenario de falla en el que la rotura del perno A, debilitado por un proceso de fatiga, provocó que los demás pernos no resistieran los esfuerzos resultantes del aterrizaje, resultando en su colapso. Además, la posibilidad de un aterrizaje brusco probablemente contribuyó al colapso del conjunto.

Es importante destacar la advertencia de seguridad 110/DAG de la ANAC que presenta un caso similar, aunque sin hacer referencia explícita a un aterrizaje brusco.

Elegibilidad de las partes

Los pernos de unión analizados están claramente identificados en el catálogo de partes ilustrado, presentando cuatro números de parte (P/N) de Piper. Se hace referencia a la instalación de suplementos y se vinculan los números de parte a una norma estándar conocida como AN. En esta norma, los guiones determinan la longitud de los vástagos necesarios, ajustándose a los suplementos utilizados para alinear las ruedas del avión.

Dado que los pernos son considerados partes estándar, clasificadas como hardware, no requieren una certificación de aeronavegabilidad específica y son utilizados en diversas industrias. Es importante señalar que varios proveedores nacionales e internacionales ofrecen herramientas para identificar dimensionalmente los pernos AN.

Utilizando dicha herramienta, los mecánicos pueden identificar rápidamente la parte por su designación, que hace referencia al ancho del perno (AN3, AN4, AN5), y, a su vez, la longitud del perno correspondiente. Este proceso se lleva a cabo de manera eficiente, simplemente colocando el perno en la designación correspondiente y midiendo su longitud de manera rápida.

Las normas AN, además de establecer requisitos dimensionales, incluyen otros criterios como especificaciones de materiales, tratamientos térmicos, propiedades superficiales, métodos de construcción, entre otros. Por lo tanto, la herramienta mencionada es parcialmente adecuada para la identificación de las partes.

Un aspecto adicional a destacar es que, al tratarse de elementos estándar, estos pueden no tener una identificación mediante un número de parte específico y, por ende, no ser serializados. En este contexto, las RAAC parte 21 establecen el criterio de aceptabilidad para estas piezas: "Una pieza estándar (tal como una tuerca, bulón o remache) fabricada de conformidad con especificaciones industriales y/o gubernamentales reconocidas por la ANAC".

Conformidad con especificaciones industriales

Con motivo de la investigación se solicitó un estudio de laboratorio para analizar un perno nuevo proporcionado por el propietario de la aeronave, identificado como muestra 1, y otro perno nuevo adquirido a un proveedor de partes aeronáuticas, identificado como muestra 2.

El análisis de laboratorio reveló que la muestra 1 no cumplía con las especificaciones industriales o gubernamentales, en este caso, las normas de la Fuerza Aérea y la Armada de los Estados Unidos, y no se correspondía con una parte estándar. En cambio, la muestra 2 cumplía con las normativas.

Las conclusiones del informe identificaron la muestra 1 como una parte falsa o "*bogus part*", como se las suele denominar en la industria aeronáutica mundial. La investigación también señala que las características de la muestra 1, según el ensayo de cumplimiento de normas, concuerdan con las de los pernos identificados como A, B y C en el ensayo de origen de falla. Además, entre las conclusiones se destaca que la Muestra 1 no solo es falsa en términos de material y dimensiones, sino también en el proceso de fabricación de la rosca, que dejó fisuras superficiales. Estas fisuras podrían convertirse en puntos de inicio de una fisura por fatiga cuando se somete a esfuerzos variables durante su vida útil.

Proceso de fatiga de los materiales

El proceso de fatiga de materiales implica una degradación progresiva y permanente de las propiedades mecánicas de una pieza a nivel molecular. Este fenómeno se inicia a partir de un punto y se propaga cuando la pieza es sometida a cargas y deformaciones variables.

El inicio de una fisura por fatiga puede deberse a una falla de origen en el material, defectos en el proceso de fabricación o, durante la vida útil, a impactos o marcas con herramientas u objetos duros que generen muescas.

Desde el punto de inicio, la fisura crece con cada ciclo de carga, inicialmente a una velocidad baja y luego, a partir de una longitud crítica, de manera rápida hasta el colapso estructural. Las velocidades de propagación y la longitud crítica son específicas para cada caso y dependen de diversos factores.

Con motivo de los hallazgos realizados durante el proceso de investigación, resulta altamente probable que el perno identificado como A haya experimentado el inicio de una fisura por fatiga como consecuencia del proceso de conformación de la rosca.

2.3 Aspectos institucionales

Requisitos de aeronavegabilidad

El mantenimiento de la aeronavegabilidad de una aeronave, que incluye la sustitución de partes, es responsabilidad del propietario u operador, según lo especificado en las regulaciones vigentes. Las RAAC parte 21 definen las partes que pueden utilizarse para mantener la aeronavegabilidad, tales como aquellas con Certificado Tipo, aprobación de producción aceptable por la ANAC, o partes estándar (como tuercas, pernos o remaches) fabricadas de conformidad con especificaciones industriales y/o gubernamentales reconocidas por la ANAC. Por otro lado, las RAAC parte 43 abordan aquellas partes que reciben mantenimiento como componentes, y que luego son instalados en una aeronave.

La Circular de Asesoramiento (CA) 20-62D de la ANAC, titulada "Elegibilidad, Calidad e Identificación de partes de reemplazo aeronáuticas", proporciona información y orientación para determinar la calidad, elegibilidad y trazabilidad de materiales y partes aeronáuticas destinadas a instalarse en productos con Certificado Tipo otorgado o reconocido por la ANAC. Además, facilita el cumplimiento de las regulaciones aplicables.

En el caso de partes estándar, se espera que el propietario u operador solicite al proveedor la declaración de conformidad del lote del artículo durante el proceso de identificación del elemento. No obstante, es importante tener en cuenta que la declaración de conformidad del lote por sí sola no garantiza la veracidad, ya que se han identificado casos en la industria de partes con certificaciones falsas.

Notificación de piezas no aprobadas

Conforme la recomendación del Documento 9760 de la OACI, la ANAC publicó la CA 21-29C "Detección e informe de partes sospechosas de no estar aprobadas". El objetivo de esta herramienta es establecer un procedimiento para que los usuarios informen sobre partes que puedan generar sospechas de no estar aprobadas, alertando así a otros usuarios.

Cuando una pieza es considerada sospechosa, se debe poner en cuarentena tanto la parte como la documentación que la acompaña de inmediato. Estas deben retenerse hasta que el organismo encargado determine que ya no se requieren pruebas o hasta que se haya confirmado la autenticidad de la pieza.

Dado el carácter internacional de la industria de la aviación y la reconocida generación y distribución internacional de piezas no aprobadas, la OACI insta a los Estados signatarios a compartir sus bases de datos, esencial para abordar esta problemática.

Además, los organismos de mantenimiento y los explotadores deben asegurarse de que sus proveedores de piezas estén completamente integrados en una red de notificación y realizar auditorías periódicas del personal para garantizar que todos estén alerta ante este problema.

Estos procedimientos y consideraciones revelan la magnitud del problema de las partes falsas, su persistencia y las herramientas implementadas en el sistema para prevenir e impedir la instalación de partes falsas en aeronaves. Sin embargo, en el accidente en investigación, estas medidas y herramientas no fueron efectivas.

La falsificación de partes en la aviación afecta tanto a la aviación general como a la comercial, incluyendo partes estándar y repuestos críticos para aeronaves de gran porte. Por ende, resulta fundamental mantener una vigilancia constante y aplicar todas las medidas disponibles para prevenir la incorporación de partes no auténticas.

3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente

- ✓ El desprendimiento de la rueda del tren de aterrizaje principal izquierdo se produjo como consecuencia de la rotura de los pernos de fijación del eje de rueda a la ballesta.
 - ✓ De los cuatro pernos de unión, uno presentó una falla por fatiga, otros dos, roturas frágiles y el último, rotura dúctil.
 - ✓ Los resultados de laboratorio mostraron que tres de los cuatro pernos eran de acero AISI 4037 y el otro de acero AISI 8740.
 - ✓ Los tres pernos de acero AISI 4037 presentaban numerosos defectos microscópicos y a nivel superficial, mientras que el AISI 8740 estaba libre de defectos.
 - ✓ El perno que mostró un proceso de fatiga habría colapsado por las cargas del aterrizaje, luego la distribución de cargas asimétricas provocó la rotura de los restantes.
 - ✓ El análisis de laboratorio de un perno AN4 nuevo obtenido del almacén del taller de mantenimiento de la escuela de vuelo mostró como resultado que la parte era falsa por composición química del material, características microestructurales y presencia de fisuras congénitas producto del proceso de fabricación.
 - ✓ La investigación considera altamente probable que algunos de los pernos que equipaban a la aeronave fueran partes no aprobadas.
-

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

4.1 A la Administración Nacional de Aviación Civil

RSO AE-2043-24

La existencia de partes no aprobadas representa un peligro para la integridad de las aeronaves, y la transparencia en la información sobre éstas es esencial para mitigar el riesgo asociado. La creación de una base de datos pública, que contenga información detallada acerca de partes sospechosas, promoverá la colaboración eficaz en la detección temprana y la prevención de la instalación de componentes no aprobados. Por ello, se recomienda:

- Arbitrar los medios necesarios para poner a disposición del público una base de datos que contenga información detallada sobre partes sospechadas de no estar aprobadas.

JST | SEGURIDAD EN
EL TRANSPORTE



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
AÑO DE LA DEFENSA DE LA VIDA, LA LIBERTAD Y LA PROPIEDAD

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: LV-ODP - Informe de Seguridad Operacional

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 33 pagina/s.