

INFORME DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Expediente EX-2021-48379302- -APN-DNISAE#JST

Suceso: Accidente

Título: Falla o mal funcionamiento de sistema o componente (grupo no motor), Cicaré CH12, matrícula LV-X774, Lugones, provincia de Santiago del Estero

Fecha y hora del suceso: 30 de mayo de 2021 a las 16:30 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-X774. Lugones, provincia de Santiago del Estero. 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	11
1.4 Otros daños	13
1.5 Información sobre el personal	13
1.6 Información sobre la aeronave	14
1.7 Información meteorológica	16
1.8 Ayudas a la navegación	17
1.9 Comunicaciones	17
1.10 Información sobre el lugar del suceso	17
1.11 Registradores de vuelo	17
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	18
1.13 Información médica y patológica	18
1.14 Incendio	18
1.15 Supervivencia	18

1.16	Ensayos e investigaciones	19
1.17	Información orgánica y de dirección.....	28
1.18	Información adicional.....	28
1.19	Técnicas de investigaciones útiles o eficaces	31
2.	ANÁLISIS.....	32
2.1	Introducción.....	32
2.2	Aspectos técnicos-operativos.....	32
2.3	Aspectos institucionales.....	35
3.	CONCLUSIONES.....	36
3.1	Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente	36
3.2	Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación	36
4.	RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL.....	38
4.1	A la Administración Nacional de Aviación Civil	38
4.2	A Cicaré S.A.	38

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

ANAC: Administración Nacional de Aviación Civil

ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares

ASTM: Sociedad estadounidense para pruebas y materiales

HP: Caballos de fuerza

JIAAC: Junta de Investigación de Accidentes de Aviación Civil

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

RAAC: Regulaciones Argentinas de Aviación Civil

UTC: Tiempo Universal Coordinado

VFR: Reglas de vuelo visuales

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-X774, un Cicaré CH12, en la localidad de Lugones (provincia de Santiago del Estero) el 30 de mayo de 2021, a las 16:30² horas durante un vuelo de aviación general.

El informe presenta cuestiones de seguridad operacional relacionadas con la normativa referente a la participación del propietario como constructor aficionado de aeronaves experimentales, la obligación de informar los accidentes e incidentes a la JST y la elaboración del manual de vuelo de la aeronave por parte de su fabricante.

El informe incluye dos recomendaciones de seguridad operacional, dirigidas a la Administración Nacional de Aviación Civil y a Cicaré Helicópteros S.A.



Figura 1. Posición final del helicóptero accidentado. 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 30 de mayo de 2021, la aeronave matrícula LV-X774, un Cicaré CH12, despegó del aeródromo de Añatuya (provincia de Santiago del Estero) a las 16:00 horas, con destino a la localidad de La Ramada (provincia de Tucumán), en un vuelo de aviación general de traslado.

Luego de 30 minutos de vuelo en condiciones visuales, durante la fase de crucero, se produjo la pérdida de control del helicóptero y se precipitó a tierra.

Como consecuencia del suceso la aeronave resultó destruida.



Figura 2. Imagen del helicóptero accidentado. Fuente: investigación JST

1.2 Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Otros	Total
Mortales	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Leves	1	0	0	1
Ninguna	0	0	0	0

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Destruída.



Figura 3. Daños en la célula. Fuente: investigación JST

1.3.2 Motor

Daños de importancia.



Figura 4. Imagen del motor. Fuente: investigación JST

1.3.3 Rotor principal

El rotor principal resultó destruido, con ambas palas fracturándose en tres secciones cada una (ver figura 5). Tanto la caja de transmisión como los controles de paso cíclico y colectivo del rotor principal también resultaron destruidos. Además, se registraron daños de importancia en el mástil.



Figura 5. Estado de las palas del rotor principal. Fuente: investigación JST

1.3.4 Rotor de cola

El rotor de cola resultó destruido. Debido a que se desprendió en vuelo y cayó en una zona de monte, no fue posible su recuperación.



Figura 6. Extremo de boom de cola. Fuente: investigación JST

1.4 Otros daños

No hubo.

1.5 Información sobre el personal

La certificación del piloto cumplía con la reglamentación vigente.

Piloto	
Sexo	Masculino
Edad	69 años
Nacionalidad	Argentino
Licencias	Piloto privado de avión Instructor de vuelo Aeroaplicador Piloto privado de helicóptero
Habilitaciones	Reglas de vuelo visuales (VFR) controlado Monomotores terrestres Multimotores terrestres Aeroaplicación diurna Aeronaves de motor alternativo hasta 450 caballos de fuerza (hp) Aeronaves propulsadas por turbohélice menor de 5.700 kg
Certificación médica aeronáutica	Clase 1 Válida hasta el 30/09/2021

Tabla 2

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	15.000,0	50,0
Últimos 90 días	85,0	23,3
Últimos 30 días	26,3	23,3
Últimas 24 horas	1,7	1,7
En el día del suceso	1,7	1,7

Tabla 3

El piloto obtuvo la licencia de piloto privado de helicóptero el 5 de noviembre de 2018 en la localidad de Bell Ville (provincia de Córdoba) y realizó la adaptación a la aeronave en la fábrica de Cicaré (Saladillo, provincia de Buenos Aires).

1.6 Información sobre la aeronave

La aeronave LV-X774 era un helicóptero experimental y contaba con un certificado de aeronavegabilidad especial, cuyo propósito establecía: *operación de aeronave construida por aficionado*. De acuerdo a lo indicado en la placa instalada en el interior de la aeronave, el nombre del constructor era Cicaré S.A.



Figura 7. Placa instalada en el interior de la cabina del LV-X774. Fuente: investigación JST

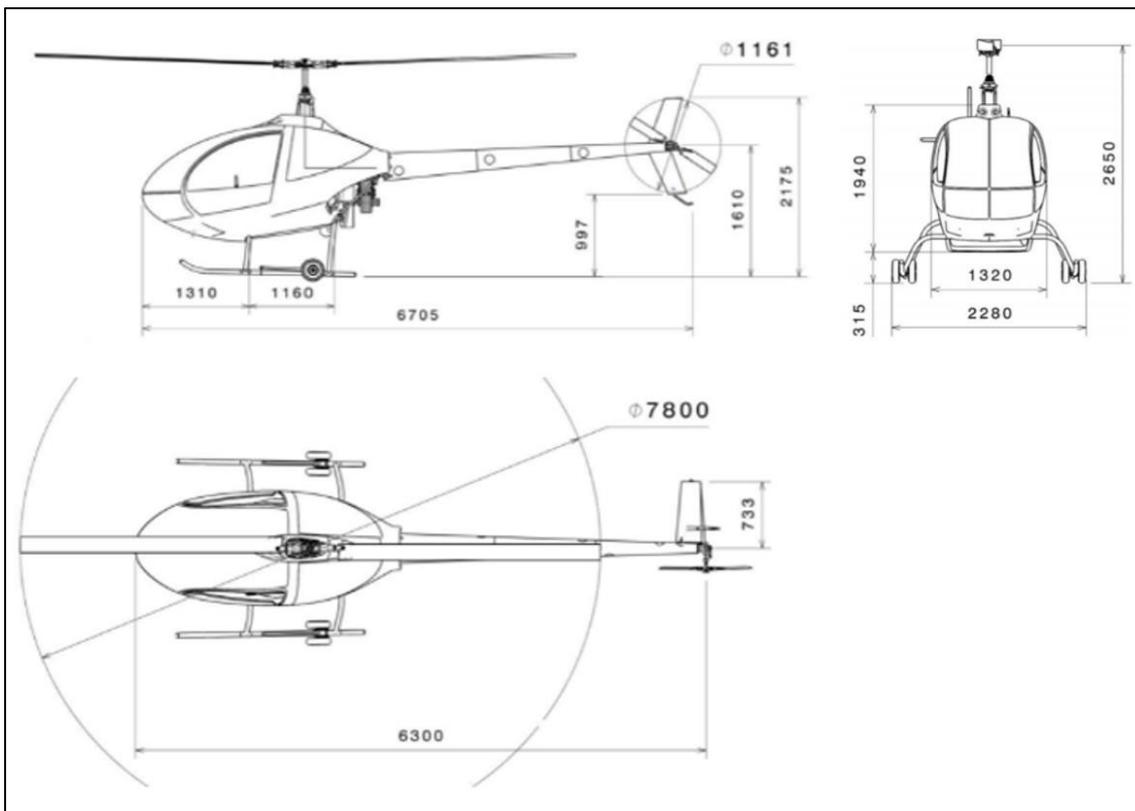


Figura 8. Perfil de la aeronave. Fuente: investigación JST

Aeronave		
Marca	Cicaré	
Modelo	CH-12	
Categoría	Experimental	
Fabricante	Propietario	
Año de fabricación	2020	
Número de serie	0006	
Peso máximo de despegue	700,0 kg	
Peso máximo de aterrizaje	Sin datos	
Peso vacío	458,25 kg	
Fecha del último peso y balanceo	05/11/2020	
Horas totales	78,5	
Horas desde la última recorrida general	No aplica	
Horas desde la última inspección	65,8	
Certificado de matrícula	Propietario	Privado
	Fecha de expedición	28/09/2020
Certificado de aeronavegabilidad	Clasificación	Especial
	Categoría	Experimental
	Fecha de emisión	09/11/2020
	Fecha de vencimiento	09/11/2021

Tabla 4

Motor	
Marca	Lycoming
Modelo	YHIO-360-G1A
Fabricante	Lycoming
Número de serie	EL-36073-51E
Horas totales	Sin datos

Tabla 5

Peso al momento del accidente	
Peso vacío	470,35 kg
Peso del piloto	95,0 kg
Peso del combustible	50,4 kg
Peso total	615,75 kg
Peso máximo permitido de despegue	700,0 kg
Diferencia en menos	84,25 kg

Tabla 6

El peso y el balanceo de la aeronave se encontraban dentro de la envolvente de vuelo indicada en el manual de la aeronave.

Categoría Experimental según las regulaciones

Las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC) parte 21, sección 21.191 (g) define a la aeronave experimental construida por aficionado como:

“[...] aquella aeronave que ha sido fabricada y ensamblada en su mayor parte, o totalmente, por una o varias personas, quienes han encarado el proyecto de construcción solamente para su propia educación o recreación”.

Durante la investigación, se entrevistó al personal de certificaciones aeronáuticas de aeronaves experimentales de la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC), con el objeto de solicitar asesoramiento referente a la aplicabilidad de la RAAC 21.191 (g).

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	6 kilómetros al noroeste de la localidad de Lugones, provincia de Santiago del Estero. del Estero
Coordenadas	28°17'175"S / 63°22'275" O
Superficie	Monte autóctono
Elevación	120 metros

Tabla 7



Figura 9. Lugar del accidente del LV-X774. Fuente: investigación JST

1.11 Registradores de vuelo

No aplica.

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

El helicóptero impactó contra el terreno luego de atravesar árboles y follaje del monte, lo cual amortiguó su caída, que fue prácticamente vertical. Las marcas dejadas por la aeronave indicaron que no hubo arrastre, y no se observó dispersión de restos.

1.13 Información médica y patológica

No se detectó evidencia médico-patológica del piloto relacionada con el accidente.

1.14 Incendio

No hubo.

1.15 Supervivencia

El piloto abandonó la aeronave por sus propios medios con lesiones leves. La cabina no experimentó deformaciones significativas, y tanto los arneses como los anclajes del asiento del piloto soportaron los esfuerzos a los que fueron sometidos.



Figura 10. Asiento y arnés del puesto de piloto. Fuente: investigación JST

1.16 Ensayos e investigaciones

En el lugar del accidente, se pudo observar que en el extremo del *boom* de cola -donde se sujeta el rotor de cola- solo se encontraron pequeños restos de la carcasa con los cuatro bulones de sujeción en sus posiciones. Dos de los bulones de sujeción presentaban deformaciones con respecto a su eje longitudinal.



Figuras 11. Bulones y pequeños restos de la carcasa del rotor de cola. Fuente: investigación JST

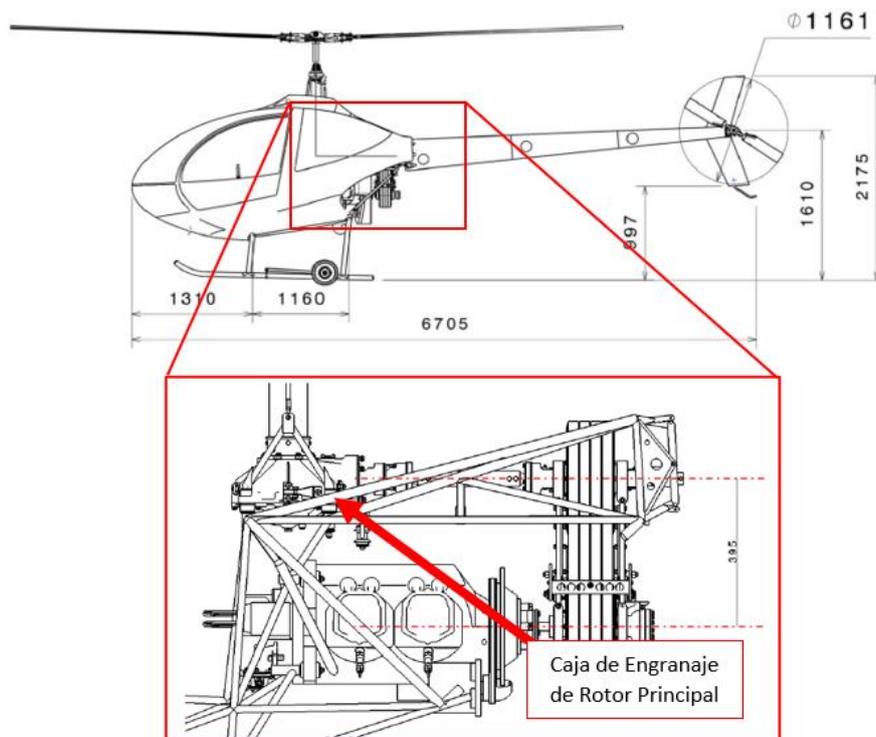


Figura 12. Ubicación de la caja de engranajes del rotor principal. Fuente: investigación JST

Luego del accidente, la aeronave fue trasladada al hangar privado del propietario donde fue desarmada. Se realizó una inspección visual de los componentes dañados y se observaron fracturas en la carcasa de la caja de engranajes del rotor principal.

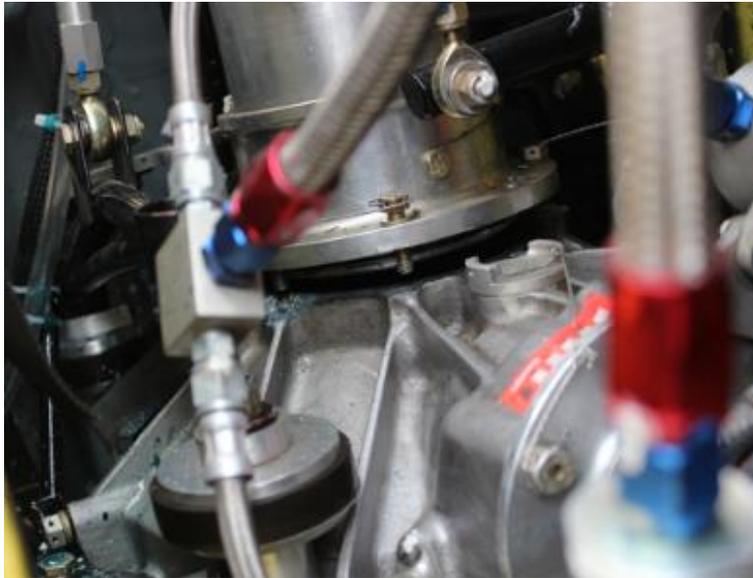


Figura 13. Zona posterior de la caja de engranajes de rotor principal. Fuente: investigación JST



Figura 14. Zona frontal de la caja de engranajes de rotor principal. Fuente: investigación JST

Además, se observaron marcas en ambos engranajes del conjunto piñón corona de la caja de rotor principal, como se observa en las figuras 15 y 16.

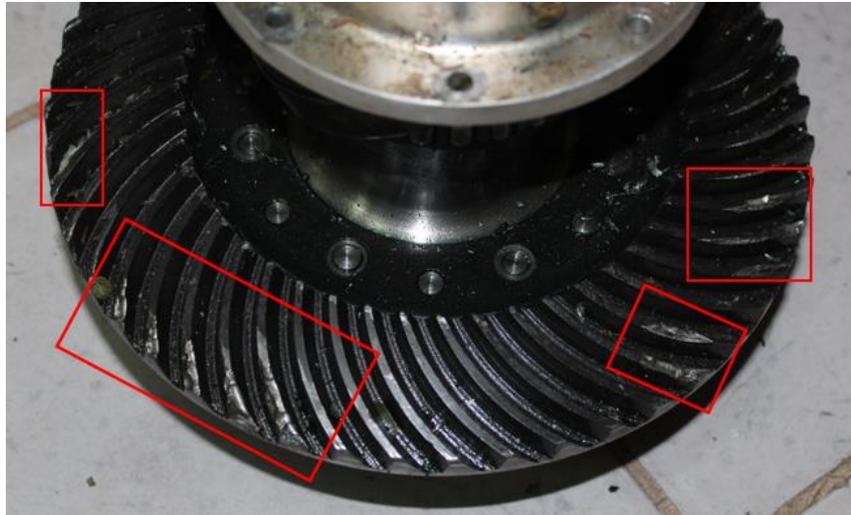


Figura 15. Marcas en el engranaje del eje de rotor principal. Fuente: investigación JST



Figura 16. Marcas en el engranaje cónico helicoidal del eje de transmisión de rotor principal. Fuente: investigación JST

Ensayos de Laboratorio

La última sección del *boom* de cola, junto con los restos de la brida y los bulones de sujeción del rotor de cola, fueron enviados al laboratorio de la JST para su análisis. Dado que el laboratorio no contaba con las capacidades para desarrollar esos ensayos, fueron solicitados al Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), integrante del Polo Tecnológico Constituyentes (PTC) con el cual la JST posee convenio técnico de trabajo. A continuación, se presenta un resumen del informe de laboratorio³.



Figura 17. Última sección de boom de cola y restos de brida de rotor de cola. Fuente: investigación JST

³ Informe de laboratorio: IF-DNEYMA-LAB-016 - Análisis de la mecánica de falla. Brida de rotor de cola LV-X774



Figura 18. Partes de brida con identificación numérica. Fuente: investigación JST

Mediante un análisis de fractografía óptica del fragmento de brida del rotor de cola identificado como "1" (figura 18), se observó una superficie con un aspecto muy rugoso, pero con brillos (ver figura 19); no se detectaron marcas, superficies planas u otras características que pudieran asociarse a fenómenos previos al evento de fractura, como por ejemplo fatiga. También es importante destacar que no hay regiones con una gran deformación, como ser labios de deformación plástica en los bordes.

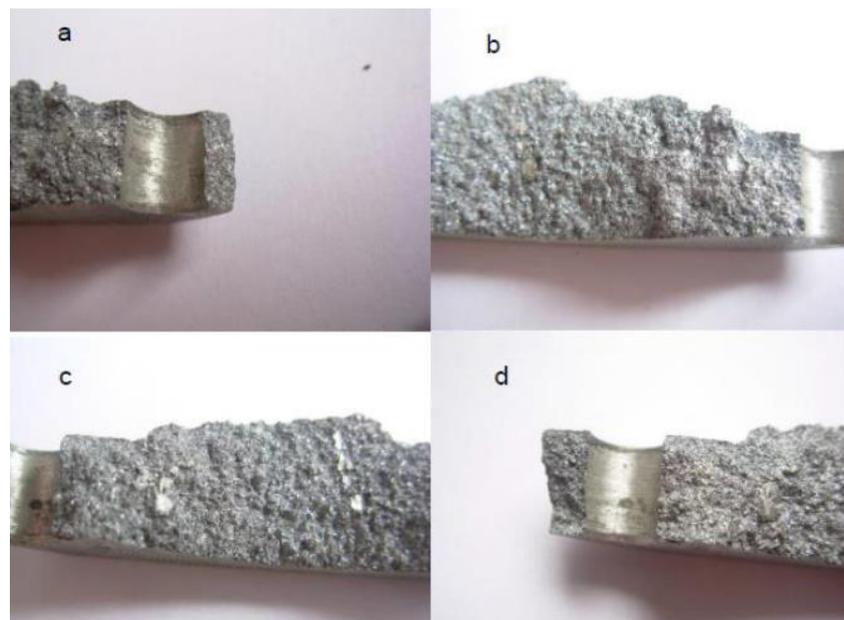


Figura 19. Detalle de superficie de fractura de fragmento de brida "1". Fuente: investigación JST

En la figura 20 se presentan las imágenes correspondientes a un análisis de barrido de superficie de la fractura de la brida con un aumento de 6x. La apariencia es idéntica, con una superficie rugosa que exhibe numerosos puntos brillantes, otorgándole una apariencia "cristalina". No se aprecia deformación de la pieza, incluso en los bordes, y tampoco se observa en los bordes defecto alguno que hubiese podido obrar como iniciador de falla. Estas características son compatibles con una fractura frágil⁴ o cuasi frágil.

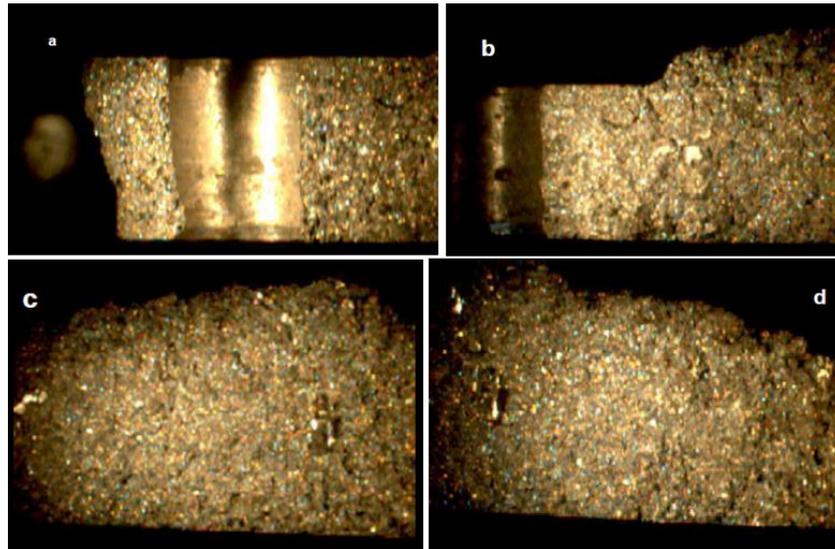


Figura 20. Detalle de superficie de fractura fragmento 6x. Fuente: investigación JST

Los orificios donde se encontraban los bulones de sujeción del rotor de cola no exhibían signos de rozamiento, como el *fretting*⁵, que, de haber ocurrido, podría haber indicado un aflojamiento de los tornillos.

⁴ Fractura frágil: falla repentina y rápida del metal en la que el material muestra poca o ninguna deformación plástica.

⁵ *Fretting*: desgaste en superficies con una cierta rugosidad, ocasionado en zonas en las que existen desplazamientos relativos oscilatorios de muy pequeña amplitud.

La determinación de la composición química se realizó mediante espectrometría de emisión por chispa, según la norma ASTM⁶ 1251/17a. En la tabla 8 se muestra la composición química de la brida, así como la de la aleación de aluminio fundido y colado más parecida.

Elemento	Si%	Mn%	Cu%	Mg%	Zn%	Al%
Fragmento 1 (parte N.º 2)	6.13	0.12	1.85	0.41	0.75	Base
AA355.0	4.5 a 5.5	Max 0.50	1 a 1.5	0.4 a 0.6	Max 0.35	Base

Tabla 8

Se debe señalar que la composición obtenida no se clasifica dentro de ninguna de las categorías de la norma ASTM B26/B26M-03 *Standard Specification for Aluminum-Alloy Sand Castings*, ni ASTM B85-03 *Standard Specification for Aluminum-Alloy Die Castings*, ni ASTM B108-03 *Standard Specification for Aluminum-Alloy Permanent Mold Castings*. El fragmento tiene un ligero exceso de silicio, cobre y particularmente de zinc respecto de la aleación ANSI⁷ AA355.0 (equivalente a UNS A03550) que es la más parecida.

La comparación con las normas relacionadas con aleaciones de aluminio fundidas y moldeadas no es arbitraria, ya que la apariencia de la superficie de fractura, tanto en el microscopio óptico como más adelante en el electrónico y la metalografía, indican que se trata de una aleación fundida y moldeada.

Mediante un análisis de metalografía de la muestra, se observó una abundante y grande porosidad, visible a simple vista en la figura 21. Esto confirma que se trata de una pieza fundida y colada. Su porosidad es debida a la presencia de gases, generalmente hidrógeno,

⁶ ASTM: Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, por sus siglas en inglés (*American Society for Testing and Materials*), es una organización de estándares internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.

⁷ ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (por sus siglas en inglés: *American National Standards Institute*), es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos.

y a la contracción durante la solidificación. Es una microestructura muy similar a la de la aleación AA355.0 sin tratamiento térmico.

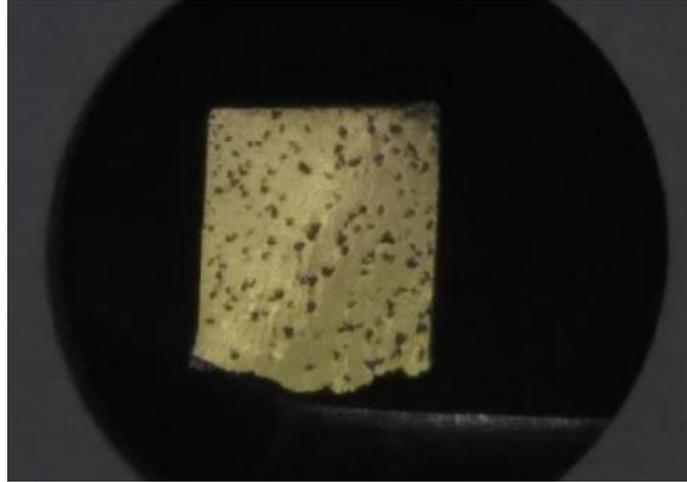


Figura 21. Fragmento de brida 1, parte 3, incluido en baquelita y pulido. Fuente: investigación JST

En el análisis de fractografía realizado con microscopio electrónico de barrido (ver figura 22), no se hallaron iniciadores en los bordes ni rastros de procesos previos al evento de falla. Si bien puede haber algunas pequeñas zonas con microplasticidad, el modo de falla predominante es frágil.

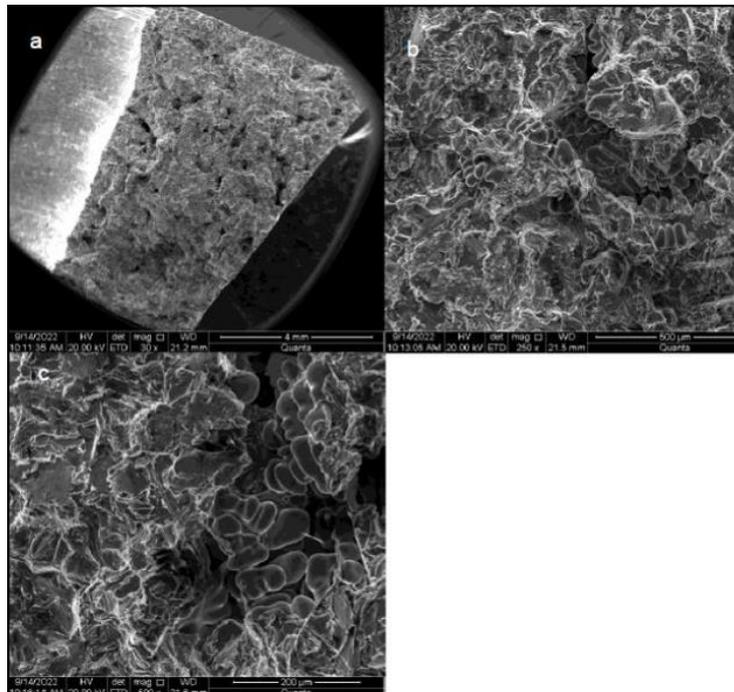


Figura 22. Fragmento de brida 1, superficie de fractura. Fuente: investigación JST

Los resultados del análisis de la brida indican que fue fabricada por fundición y moldeo de una aleación de aluminio con una composición química que no se ajusta a las especificaciones establecidas por las normas ASTM para procesos de moldeo convencionales. Los restos de la brida tienen una notable porosidad, propia del proceso de fabricación, generada por gases y contracción. Su composición química y su metalografía se parecen, sin ser iguales, a las de la aleación moldeada ANSI AA355.0, que es de uso común.

La metalografía y la medición de dureza indican que la brida fue utilizada en estado bruto de colada o con un tratamiento de alivio de tensiones. No recibió tratamientos térmicos especiales que, por ejemplo, modifiquen la forma del compuesto interdendrítico para mejorar el comportamiento mecánico.

Las fracturas presentes en los dos fragmentos, ambos sin deformación apreciable a simple vista, exhiben múltiples sitios brillantes. Tanto el análisis de fractografía óptica como el estudio con microscopía electrónica revelaron características de fractura frágil.

No se encontraron procesos previos a la fractura que hubieran podido actuar como iniciadores (por ejemplo, fatiga) tanto en los bordes como en el interior de las superficies de fractura. Tal y como se analiza, los fragmentos se fracturaron del modo habitual para esta aleación en este estado metalúrgico, correspondiendo a una solicitud mecánica por encima de las de diseño. Es decir, experimentaron una sobrecarga, probablemente rápida, que resultó en su fractura.

Ahora bien, los fragmentos analizados son sólo una parte del elemento completo, los restos no pudieron ser recuperados completamente. Es por ello que no puede afirmarse que el elemento en su totalidad haya fallado por sobrecarga, ya que se desconoce si pudo tener iniciadores o procesos previos de degradación en sitios distintos a los fragmentos analizados. En caso de iniciarse una fractura en otro lugar del elemento, la fisuración lo habría recorrido generando múltiples fragmentos con las características observadas en los analizados.

El fabricante no proporcionó datos de diseño o especificaciones metalúrgicas o mecánicas de la brida con los que poder comparar lo hallado, por lo que no es posible evaluar si los niveles de sollicitación pudieron o no superar los límites de diseño.

1.17 Información orgánica y de dirección

La aeronave estaba registrada a nombre de un particular con domicilio en la provincia de Tucumán, quien la adquirió con la intención de utilizarla para realizar vuelos de placer. El piloto operaba la aeronave conforme a las RAAC parte 91, "Reglas de vuelo y operación general".

Cicaré S.A. Helicópteros, una empresa argentina especializada en la fabricación de helicópteros, ultralivianos y simuladores de vuelo con diseños propios, era el fabricante de la aeronave accidentada, un modelo CH 12 biplaza, categoría experimental. El helicóptero fue entregado al propietario directamente desde la fábrica con un total de 52,4 horas de vuelo a principios de mayo de 2021.

1.18 Información adicional

Clasificación y Notificación de un Suceso según RAAC 13

Las RAAC parte 13, subparte C, párrafo 13.23 Notificación de accidentes, establece que:

"[...] todo explotador de servicios aéreos, proveedor de servicios aeronáuticos, propietario, piloto al mando de una aeronave, personal operativo que esté involucrado en un accidente, si esa aeronave está perdida o toda otra persona que tome conocimiento, notificará el suceso de forma directa e inmediata a la Junta de Seguridad en el Transporte."

Aterrizaje de emergencia previo al accidente

El 28 de mayo de 2021, el piloto despegó de la localidad de Cruz Alta (provincia de Córdoba) a bordo del LV-X774 con destino la localidad de La Ramada (provincia de Tucumán). Tenía planeado realizar el trayecto en cuatro tramos. El primero, desde Cruz Alta hasta San Jorge (provincia de Santa Fe) para reabastecerse de combustible, transcurrió según lo previsto. En el segundo tramo, desde San Jorge hasta Selva (provincia de Santiago del Estero), el motor se detuvo siete minutos antes de llegar a destino, llevando al piloto a efectuar un aterrizaje de emergencia (autorrotación).

Posteriormente, el piloto se comunicó con la fábrica (Cicaré), que envió dos mecánicos para revisar el helicóptero el 29 de mayo de 2021, quienes confirmaron que la falla se debió a la

falta de alimentación de combustible al motor, debido al corte de un conducto del sistema (ver figura 23).

El fabricante manifestó haber reparado la falla y controlado el balanceo de ambos rotores. El rotor principal se encontraba dentro de los límites permitidos de funcionamiento, aunque fue necesario balancear el rotor de cola. No se encontraron registros de la reparación de la línea de combustible ni del balanceo del rotor de cola en la documentación de mantenimiento del helicóptero.

En esas condiciones, continuó el vuelo hasta la localidad de Selva, donde se realizó una inspección más exhaustiva al helicóptero.

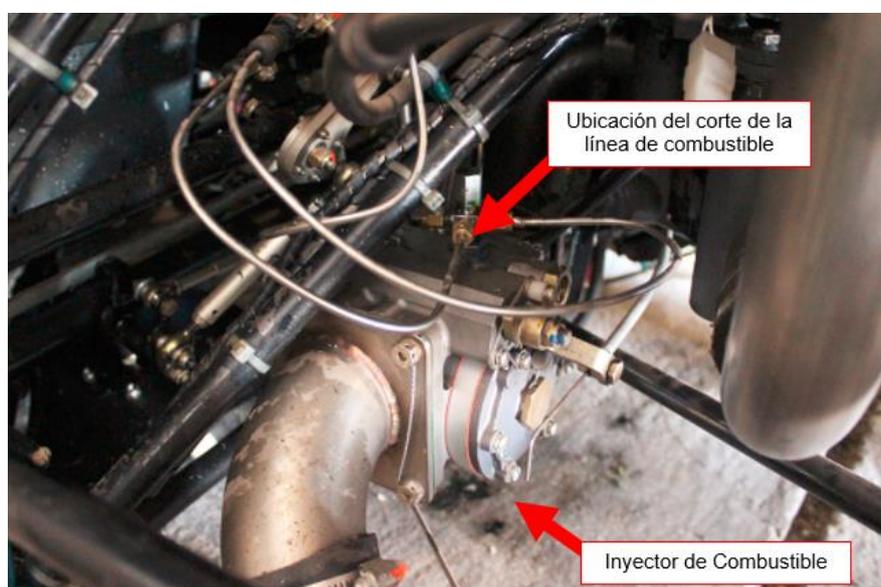


Figura 23. Vista general de las líneas e inyector de combustible. Fuente: investigación JST

En el informe técnico del accidente elaborado por Cicaré⁸, indicó que:

“Durante la inspección del rotor de cola se descubrió una fisura en una pala del rotor, en el sentido de la cuerda y cercana a la raíz, de aproximadamente 35 mm de longitud (32% de la cuerda).”

⁸ Informe IT-20220503-1, Investigación de accidente Cicaré 12 NS 0006

El piloto manifestó que, a su entender, lo que Cicaré identifica como una fisura podría haber sido un cabello que quedó atrapado por la pintura.

En referencia a la fisura de la pala del rotor de cola, el informe de Cicaré concluyó que:

“La fisura en la pala de rotor de cola se encontraba en una zona donde no se admiten fisuras, por lo que el arrancamiento de la pala pudo ser el causante del arrancamiento de la caja de transmisión del rotor de cola debido a las vibraciones excesivas del rotor.

La fisura de la pala pudo ser producto de un exceso de RPM durante la autorrotación previa [...]



Figura 24. Imagen obtenida del informe de Cicaré. Fuente: investigación JST

Por otra parte, el piloto mencionó que, durante el *flare* (reestablecida), el patín de cola del estabilizador vertical había tocado el suelo, dado que encontró restos de tierra en este. El personal técnico inspeccionó detalladamente el estabilizador, pero no encontró evidencia de un impacto contra el terreno.



Figura 25. Patín de cola. Fuente: investigación JST

El 30 de mayo de 2021, el piloto continuó con el tramo desde Selva hasta Añatuya (provincia de Santiago del Estero), donde se reabasteció de combustible nuevamente. En el tramo final, desde Añatuya hasta La Ramada (provincia de Tucumán), tras 10 minutos de vuelo aproximadamente, el piloto percibió que el helicóptero vibraba más de lo normal y que esa vibración iba en aumento. Finalmente, luego de un incremento paulatino de las vibraciones por 20 minutos aproximadamente, sintió un fuerte ruido, perdió el control de la aeronave y se precipitó a tierra.

Manual de vuelo de la aeronave

El manual de vuelo del piloto (MO Ed.1/Rev. 0, del 22/01/2021), correspondiente al CH12 Cicaré fue concebido por el fabricante con el objetivo fundamental de darle al piloto la información necesaria para operar la aeronave de la manera más eficiente y segura posible. Consta de ocho secciones, que abarcan distintos contenidos y la sección 3 corresponde a procedimientos de emergencia.

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

No aplica.

2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

A continuación, se presenta el análisis de la información obtenida en la investigación, se evalúan los resultados de los ensayos de los restos del rotor de cola realizados en laboratorio y se plantea un posible escenario de ocurrencia con la finalidad de describir cuál podría haber sido el origen del desprendimiento del rotor de cola en vuelo.

Además, se presenta un análisis referido a los aspectos normativos y referentes a la participación del propietario en la fabricación de la aeronave experimental.

2.2 Aspectos técnicos-operativos

Vibraciones

Los helicópteros son susceptibles a experimentar vibraciones por diversas razones, por lo que los pilotos y operadores deben ser conscientes de los peligros potenciales que representan niveles anormales de estas vibraciones. Los cambios en los sonidos y vibraciones de una aeronave pueden indicar la posibilidad de una falla inminente de un componente o pieza estructural. Si bien la experiencia puede ayudar a los pilotos a distinguir entre vibraciones normales y anormales, solo el personal calificado puede realizar evaluaciones precisas utilizando las herramientas específicas para este propósito.

Las vibraciones continuas, si no se mantienen dentro de los límites establecidos por el fabricante, pueden acelerar el desgaste de los componentes rodantes o provocar fallas en los sistemas del helicóptero incluso antes de los límites de vida útil esperados. Operar una aeronave fuera de las limitaciones establecidas por el fabricante también puede inducir tensiones excesivas en la estructura del helicóptero y sus componentes, lo que llevará a un desgaste prematuro y posibles fallas.

El día anterior al accidente que aquí se investiga, personal técnico del fabricante llegó al lugar donde el piloto aterrizó realizando una autorrotación y detectaron una serie de problemas de distinta importancia. En lo que refiere al toque del patín de cola contra el terreno, según el fabricante, si bien el *boom* parecía no haber experimentado daños, requería una inspección

más detallada. Por otro lado, la posible fisura encontrada en una pala del rotor de cola (ver figura 24), requería el cambio de ese elemento.

Por medio de una comunicación desde la fábrica, el piloto fue advertido de esta situación por el equipo técnico y se le recomendó que mantuviera el helicóptero en tierra para realizar una inspección más exhaustiva y cambiar cualquier componente dañado.

Funcionamiento del motor

Los daños encontrados en el engranaje de la caja de transmisión (ver figuras 15 y 16) son compatibles con las marcas mecánicas de arrastre que se producen cuando la fuerza generada por el motor en funcionamiento se ve contrapuesta por la detención brusca del conjunto del rotor principal. En este caso, las palas hicieron contacto con la vegetación, deteniéndose bruscamente mientras el motor seguía en marcha. Como consecuencia del desacople de los engranajes, se produjo también la rotura de la carcasa de la caja de transmisión (figura 14).

Rotor de cola

El rotor de cola se desprendió y separó de su alojamiento sin dejar marcas evidentes en el *boom*, ni en el empenaje vertical u horizontal del helicóptero. La imposibilidad de recuperar este componente incidió en el curso de esta investigación.

En los restos de la brida del rotor de cola recuperados, no se encontraron indicios de iniciadores previos del proceso de fractura. Debido al faltante significativo de otros fragmentos de la brida, no fue posible afirmar que la causa de falla fuera exclusivamente una sobrecarga, ya que podrían haber ocurrido procesos previos de debilitamiento o degradación en otra parte del componente.

Además, el análisis de los restos de la brida indicó que esta había sido fabricada por fundición y moldeo de una aleación de aluminio, con una composición química que no se encuadra en las señaladas por las normas ASTM como habituales para moldeo.

Posible escenario de ocurrencia del suceso

La duración del último tramo de vuelo (desde Añatuya a La Ramada) fue de 30 minutos aproximadamente. Según manifestó el piloto, los primeros 10 minutos de vuelo transcurrieron con normalidad. Luego, comenzó a sentir una vibración que se intensificó gradualmente hasta que finalmente perdió el control del helicóptero y se precipitó a tierra.

Existe la posibilidad de que una pala del rotor de cola haya tenido una fisura, y que ésta, se haya extendido durante el vuelo. Esta propagación podría haber deformado la pala, con el consecuente aumento de las vibraciones por desbalanceo del rotor de cola. Este escenario habría sido el origen de las vibraciones que percibió el piloto. Se debe tener en cuenta que las palas del rotor de cola son componentes sometidos a esfuerzos considerables, ya que el conjunto gira a 3.021 rpm. En última instancia, se produjo una falla catastrófica en la pala, generando un desbalanceo que desprendió la carcasa del rotor de cola de su fijación, cortó el eje de transmisión y separó todo el rotor de cola del *boom*, resultando en la pérdida de control total de la aeronave.

Manual de vuelo del helicóptero CH12

Si bien no se pudo determinar fehacientemente el origen de la falla que derivó en el accidente, esta estuvo asociada a un incremento de las vibraciones que el piloto percibió antes de que el helicóptero se tornara incontrolable y se precipitara a tierra. Identificar a partir de qué punto una vibración deja de ser normal para convertirse en una situación que requiere algún tipo de acción por parte del piloto es subjetivo y depende de su experiencia o capacidad para interpretar los indicios de un posible mal funcionamiento.

La resolución de una emergencia relacionada con vibraciones anormales no está tipificada en el manual de vuelo de la aeronave y tampoco contiene ningún procedimiento referente a vibraciones anormales. En tal sentido, sería necesario que el manual de vuelo contenga procedimientos que informen al piloto sobre cómo abordar o mitigar los efectos de una posible falla asociada a vibraciones anormales.

Notificación del suceso previo al accidente

El día anterior al accidente, durante el vuelo de traslado desde San Jorge a Selva, el LV-X774 había experimentado otros problemas. En esa ocasión, la rotura de un conducto de suministro

de combustible derivó en la detención del motor en vuelo. El piloto resolvió la emergencia realizando una autorrotación.

Según lo manifestado por el piloto y corroborado por el mecánico que envió el fabricante al lugar del suceso, el mencionado evento constituyó un incidente, ya que implica el mal funcionamiento de uno o más sistemas de la aeronave, afectando el funcionamiento de ésta. De acuerdo con las RAAC parte 13, subparte A, sección 13.7, la JST debería haber sido informada sobre la ocurrencia del suceso.

2.3 Aspectos institucionales

Con respecto a las RAAC parte 21, sección 21.191 (g), que define a la aeronave experimental construida por aficionado, la investigación determinó que la participación del propietario u operador en la fabricación del helicóptero fue muy limitada y prácticamente no intervino. Su aporte se redujo a llamadas telefónicas y algunas visitas a la fábrica Cicaré.

Dada esta circunstancia, es posible que la aeronave en cuestión no satisfaga la definición de aeronave experimental construida por aficionado según la normativa, ya que esta implica una participación activa y significativa del constructor amateur en el proceso de construcción.

3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el accidente

- ✓ El piloto experimentó un incremento de las vibraciones del helicóptero en los últimos 20 minutos de vuelo previos al accidente
- ✓ Las vibraciones anormales actuaron como el primer indicador del mal funcionamiento de un componente o sistema
- ✓ La investigación no pudo determinar en forma fehaciente el origen de las vibraciones anormales
- ✓ Las fracturas observadas en los fragmentos de la brida son consistentes con una solicitud mecánica superior a las especificaciones de diseño, es decir, que sufrieron una sobrecarga, probablemente rápida, que resultó en la fractura
- ✓ Como consecuencia del desprendimiento del rotor de cola, el piloto perdió el control de la aeronave y se precipitó a tierra
- ✓ Si bien no se pudo establecer fehacientemente la causa de la falla del conjunto, existe la posibilidad de que esta se haya originado en la fisura previamente identificada en la pala del rotor de cola, detectada por los mecánicos de mantenimiento del fabricante el día anterior al accidente

3.2 Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación

La investigación identificó factores, sin relación de causalidad con el accidente, pero con potencial impacto en la seguridad operacional:

- ✓ Existe una discrepancia entre lo establecido en la RAAC 21.191 (g), referente a la participación del propietario en la construcción de la aeronave y la intervención que tuvo este como constructor aficionado
- ✓ El suceso ocurrido el 29 de mayo de 2021, el día anterior al accidente, no fue notificado a la JST

- ✓ El manual de vuelo del piloto del helicóptero Cicaré CH 12 no contiene un procedimiento referido al gerenciamiento de un problema técnico relacionado con vibraciones anormales

 - ✓ La brida del rotor de cola es de una aleación de aluminio, fabricada por fundición y moldeo, sin tratamiento térmico o con un tratamiento de alivio de tensiones solamente. La comparación con las aleaciones de moldeo comunes según ASTM no proporcionó coincidencias exactas
-

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

4.1 A la Administración Nacional de Aviación Civil

RSO AE-2038-24

Considerando que las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil, parte 21, punto 21.191 (g), aplica para aeronaves que han sido construidas en su mayor parte por aficionados para su propia educación o recreación y que en el caso que se investiga, la fabricación, ensamblaje y venta de helicópteros experimentales es realizada casi en su totalidad por una empresa, se recomienda:

- Adecuar las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil con la finalidad de ponerlas en consonancia con las prácticas en lo referente a la construcción de aeronaves experimentales por parte de un constructor aficionado.

4.2 A Cicaré S.A.

RSO AE-2039-24

Los helicópteros experimentan diversas fuentes de vibraciones, que van desde fuerzas aerodinámicas durante el vuelo hasta aquellas generadas por el motor y el rotor. Cuando estas vibraciones son evidentes, es fundamental que los pilotos cuenten con las herramientas adecuadas para abordar la situación y contribuir a la seguridad del vuelo. Por ello, se recomienda:

- Incorporar en el manual de vuelo del piloto un procedimiento específico para gestionar situaciones relacionadas con vibraciones anormales del helicóptero.

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-X774 - Informe de Seguridad Operacional

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 39 pagina/s.