

**RESUMEN DE DATOS**

**LOCALIZACIÓN**

Fecha y hora	<b>Jueves, 22 de enero de 2009; 11:54 h local<sup>1</sup></b>
Lugar	<b>Aeropuerto de Sabadell (Barcelona)</b>

**AERONAVE**

Matrícula	<b>EC-DMR</b>
Tipo y modelo	<b>CESSNA F-172-RG</b>
Explotador	<b>Top Fly</b>

**Motores**

Tipo y modelo	<b>LYCOMING O-360-F1A6</b>
Número	<b>1</b>

**TRIPULACIÓN**

**Piloto al mando**

Edad	<b>31 años</b>
Licencia	<b>Piloto comercial de avión, CPL(A)</b>
Total horas de vuelo	<b>3.300 h</b>
Horas de vuelo en el tipo	<b>900 h</b>

**LESIONES**

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			<b>2</b>
Pasajeros			
Otras personas			

**DAÑOS**

Aeronave	<b>Importantes</b>
Otros daños	<b>Ninguno</b>

**DATOS DEL VUELO**

Tipo de operación	<b>Aviación general – Instrucción</b>
Fase del vuelo	<b>Aterrizaje</b>

**INFORME**

Fecha de aprobación	<b>26 de septiembre de 2011</b>
---------------------	---------------------------------

<sup>1</sup> La referencia horaria es la hora local. La hora UTC se halla restando una unidad.

## 1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

### 1.1. Descripción del suceso

La aeronave despegó del aeropuerto de Sabadell a las 8:50 para realizar un vuelo de instrucción IFR (Reglas de vuelo instrumental - Instrumental Flying Rules), llevando a bordo al instructor y a un alumno.

Realizaron una aproximación ILS al aeropuerto de Reus, que transcurrió con normalidad. A su regreso al aeropuerto de Sabadell realizaron el circuito de aeródromo a la derecha de la pista 31. Cuando la tripulación realizó el procedimiento de extensión del tren observaron que la luz de aviso correspondiente estaba apagada, y a continuación comprobaron visualmente que la pata derecha del tren principal no estaba completamente extendida, por lo que contactaron con la torre de control a las 10:22 para comunicarles la situación después de aplicar el procedimiento normal y el de emergencia.

A continuación realizaron una pasada baja autorizada por la torre, durante la cual el controlador les confirmó que el tren de aterrizaje no estaba simétrico.

Finalmente, y después de estar otra hora más en vuelo alejados del aeropuerto, intentando varias veces más la extensión del tren y repasando el procedimiento de emergencia en el aterrizaje, decidieron regresar al aeropuerto.

Realizaron una segunda pasada baja para que confirmaran de nuevo la posición del tren, y finalmente aterrizaron con el instructor a los mandos, desconectando el motor y el sistema eléctrico una vez que la toma estuvo asegurada.



Figura 1. Fotografía de la aeronave

Durante la carrera en la pista el instructor mantuvo el peso del avión sobre la rueda izquierda y cuando el avión estaba prácticamente detenido, el plano derecho descendió y apoyó la punta en el terreno, realizando un giro de 180°.

Desde la torre de control se alertó a los bomberos del aeropuerto, los cuales intervinieron después del aterrizaje extendiendo espuma en la pista. Los ocupantes resultaron ilesos y abandonaron la aeronave por sus propios medios.

El avión sufrió daños en la punta del plano derecho y en el estabilizador horizontal, que también quedó apoyado en el suelo. También sufrió daños de importancia en la pata derecha del tren principal y en la pata de morro.

En la inspección posterior al accidente se encontró que el actuador del tren de la pata derecha no hacía correctamente su función para la extensión de la rueda porque presentaba una rotura, como se puede ver en la figura 2.



Figura 2. Actuador roto

## 1.2. Información personal

El instructor, que iba sentado a la derecha, tenía licencia de piloto comercial de avión CPL(A) en vigor desde el año 2001, con habilitaciones para avión multimotor (MEP) y vuelo instrumental IR(A). También tenía las habilitaciones de instructor de vuelo FI(A)<sup>2</sup> y de instructor de clase CRI(A)<sup>3</sup>. También tenía el reconocimiento médico en vigor. Su experiencia era de 3.300 h, de las cuales 900 h las había realizado en el tipo.

El alumno piloto tenía autorización de alumno piloto SP(A) y estaba recibiendo instrucción para obtener la licencia CPL(A) con habilitación IR(A).

<sup>2</sup> FI(A) Habilitación de instructor de vuelo para licencias PPL(A) en aviones monomotor.

<sup>3</sup> CRI(A) Habilitación de instructor de clase para aviones multimotor de un solo piloto.

### 1.3.- Información sobre la aeronave

#### 1.3.1. Información general

El avión CESSNA 172 RG fue fabricado en 1980 con número de serie 172RG0547. Tenía el certificado de aeronavegabilidad en vigor y en el momento del incidente tenía registradas 6.619:45 h de vuelo. Su uso principal era el de avión de escuela desde el año 2002. Había pasado las revisiones de mantenimiento en las fechas siguientes:

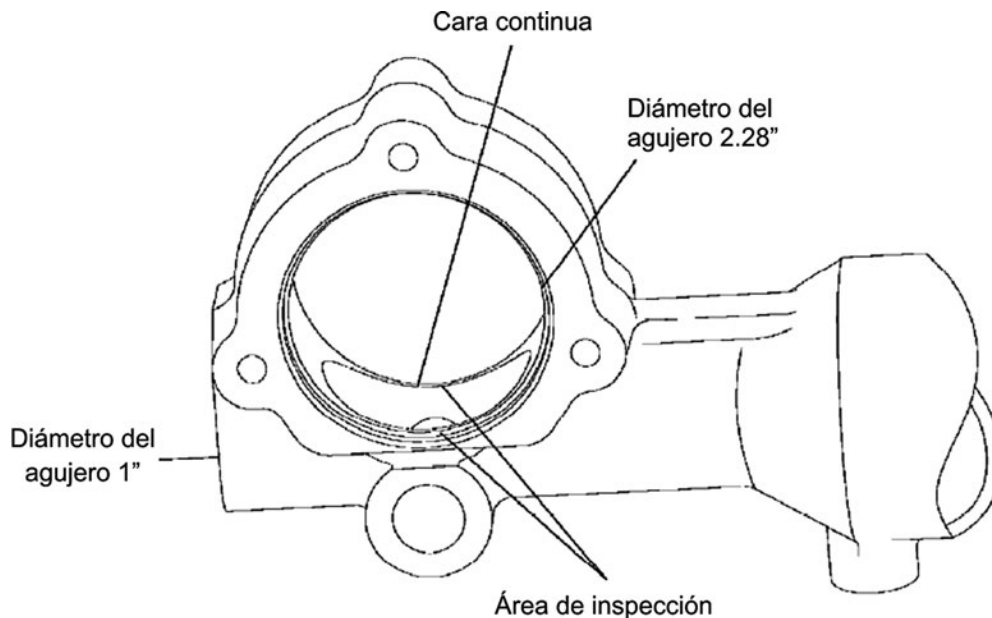
Tipo de revisión	Horas del avión	Fecha
50 h	6.007 h	18-01-2008
100 h	6.053 h	06-02-2008
50 h	6.106 h	11-03-2008
200 h	6.151 h	28-03-2008
50 h	6.196 h	09-04-2008
100 h	6.240 h	25-04-2008
200 h	6.291 h	23-05-2008
50 h	6.338 h	27-06-2008
100 h	6.384 h	15-07-2008
50 h	6.431 h	20-08-2008
200 h	6.478 h	29-09-2008
50 h	6.530 h	25-11-2008
100 h	6.580 h	31-12-2008

Según consta en la documentación analizada referente al mantenimiento de la aeronave, en la revisión de 50 horas del 9 de abril de 2008 se inspeccionó el tren de aterrizaje principal cuando el avión contaba con 6.196 h, de acuerdo con el boletín de servicio de CESSNA 01-2-RG MLGA Rev. 2, de 4 de junio de 2007.

El motivo por el que se elaboró este boletín fue la necesidad de inspeccionar los actuadores del tren principal ante la posible aparición de grietas por fatiga en el borde de las paredes laterales interiores del anillo del actuador. En él se especifica, que en el caso de que se observen grietas en el actuador o en el cuerpo del actuador se deberán reemplazar estas piezas.

El boletín concreta que en aquellos actuadores cuyos números de pieza (part number) relaciona (entre los que está incluido el del accidente 9882015-2), si no se encuentran grietas, deberían ser modificados y posteriormente inspeccionados de acuerdo a las instrucciones que se detallan en el mismo boletín.

La modificación consiste en pulir el borde de la intersección del agujero del anillo actuador del tren principal (de 2,28" de diámetro) usando una lija de grano fino procurando un alisado continuo partiendo desde el borde del agujero ovalado de 1" de diámetro, de modo que no tenga bordes afilados o marcas de herramientas que se puedan notar con la punta del dedo (véase figura 3).



NOTA: Inspección de la cara continua del agujero del anillo de la figura y del taladro del resalte de 2.282 de diámetro

Figura 3. Inspección del anillo del actuador

El boletín es de cumplimiento obligatorio y se deberá llevar a cabo de la siguiente manera:

- La inspección inicial y las revisiones para los actuadores con más de 3.000 h de tiempo total en servicio se realizan durante el siguiente mantenimiento programado del fuselaje sin superar las 100 h de funcionamiento.
- Las inspecciones posteriores se realizarán cada 500 h a partir de entonces.

Los que corresponden a otros números de parte que también se citan, no requieren ser modificados pero requieren una inspección posterior.

El boletín añade que el incumplimiento de este boletín podría causar daños en el actuador del tren de aterrizaje principal.

También detalla las zonas a inspeccionar, que no coinciden exactamente con las zonas por donde se rompió el anillo del actuador del incidente, y también la manera de llevar a cabo la inspección (con líquidos penetrantes).

### 1.3.2. Información sobre el tren de aterrizaje principal

El funcionamiento del tren de aterrizaje es posible gracias a un sistema hidráulico que interactúa con un sistema eléctrico que sirve para su control y también para indicar cuál es la posición del tren en cada momento. Tanto la retracción como la extensión se llevan a cabo mediante actuadores situados en cada una de las tres patas del tren.

Las patas (riostas) del tren principal van unidas a una pieza rígida (pivote) que al girar permite su extensión o su plegado. Esta pieza está unida a la vez al actuador de cada pata mediante una sector circular dentado que va alojado en el anillo del actuador (la pieza que se rompió).

Un pistón dentado que se mueve a lo largo del interior del actuador, engrana con el sector circular dentado y permite el movimiento del pivote y en consecuencia el de la pata del tren. Véanse figuras 4 y 5.

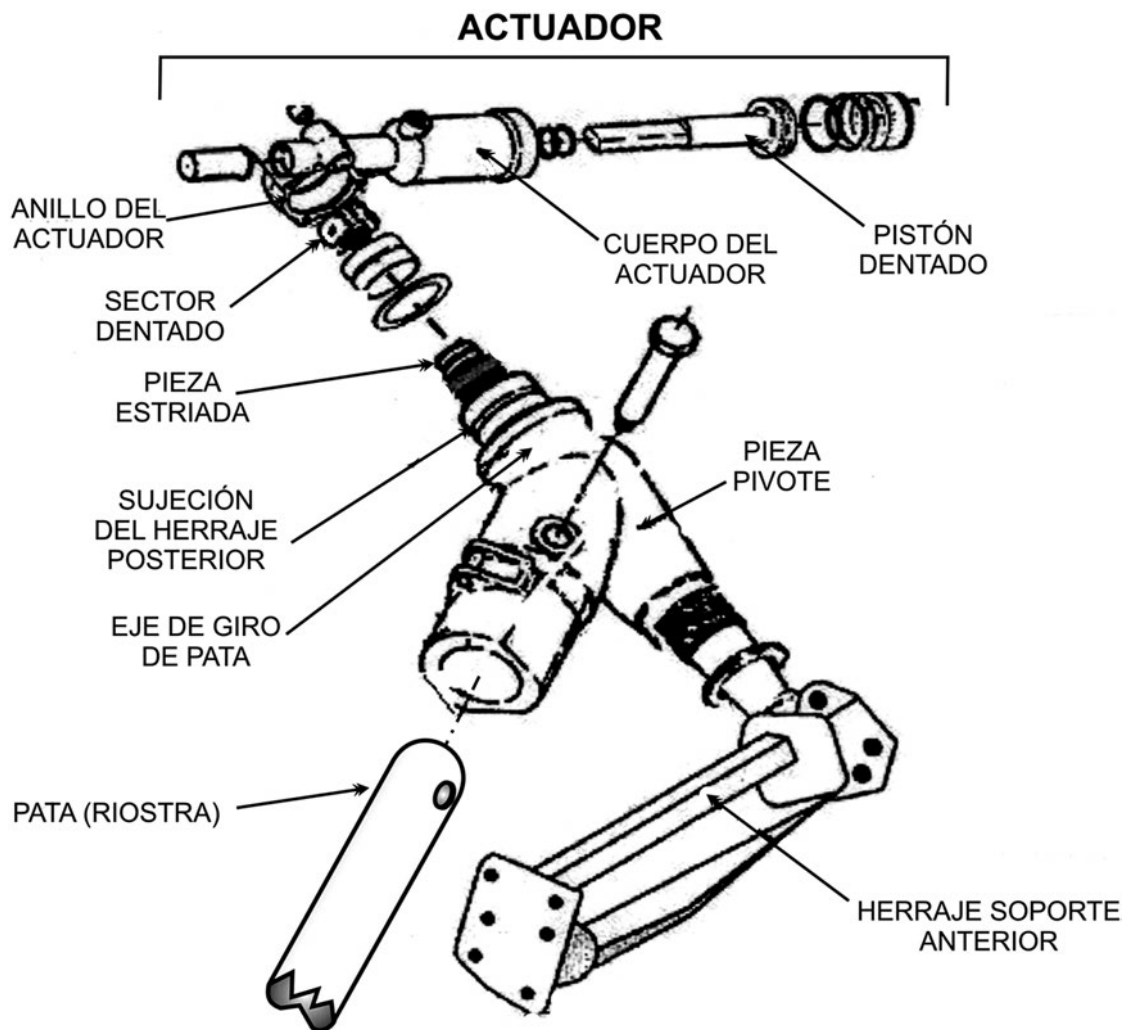


Figura 4. Actuador y pivote de la pata



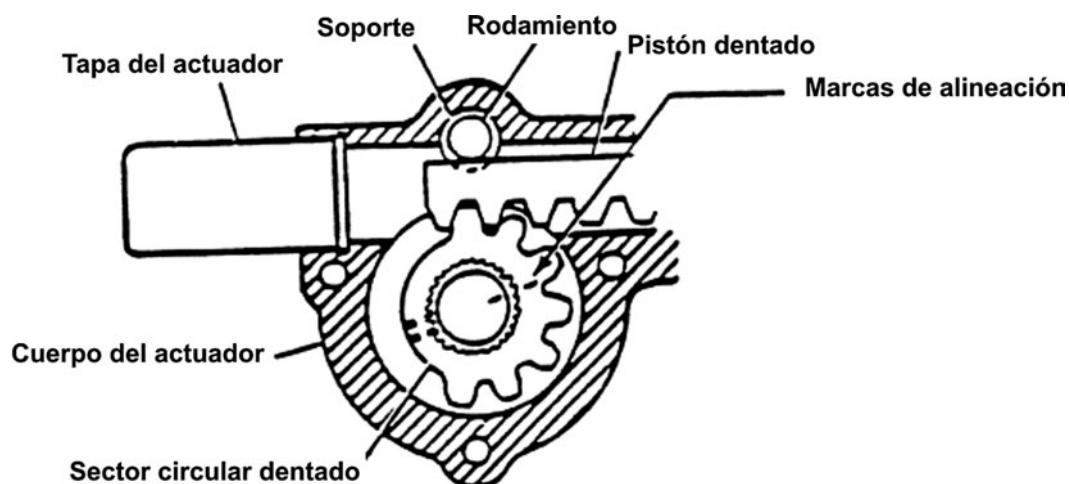


Figura 5. Esquema del engranaje del actuador

En la figura 5 se puede ver un detalle del engranaje entre el pistón dentado y el sector circular dentado.

Cuando el tren está abajo y bloqueado se encienden en el panel de instrumentos una luz verde. Cuando el tren está en tránsito se enciende una luz ámbar.

### 1.3.3. *Mantenimiento de la zona de rotura*

De acuerdo con lo expresado en el manual de mantenimiento del avión 172 RG, para el mantenimiento del tren de aterrizaje, se debe desmontar desconectándolo del sistema hidráulico y a continuación desensamblar sus elementos. La inspección de sus partes debe hacerse de la siguiente manera:

- Limpiar meticulosamente con disolvente todas las partes.
- Inspeccionar si las superficies están limpias, tienen grietas o están desgastadas.
- Inspeccionar la cubierta, accesorios giratorios, pistón, rodillo y el cuerpo del actuador para comprobar si hay grietas, astillas, arañazos, marcas, desgaste o irregularidades en la superficie que pudieran afectar al normal funcionamiento del actuador.
- Inspeccionar rodamientos, para ver si se mueven libremente, o si tienen arañazos o marcas.
- Inspeccionar el engranaje interior del anillo del actuador.

Los elementos que se encuentren dañados deberán ser reemplazados.

### 1.3.4. *Aterrizaje de emergencia con potencia en el motor*

El manual de operación del piloto («Piloto operating handbook») no describe como emergencia concreta el fallo en el tren de aterrizaje, pero sí considera de modo más general el aterrizaje de emergencia, distinguiendo si se realiza con potencia de motor o no.

En el caso de que el motor tenga potencia, los ítems que se deben de realizar son los siguientes:

- Asientos de los pasajeros en posición alta.
- Asientos y cinturones seguros.
- Velocidad indicada: 60 kt.
- Flaps deflectados 20°.
- Selección del campo para un aterrizaje pleno.
- Elementos eléctricos desconectados.
- Flaps defelctados 30° en la toma final.
- Puertas no bloqueadas.
- Toma de tierra con la cola ligeramente hacia abajo.
- Ignición cortada.
- Mezcla cortada.
- Aplicar frenos suavemente.

#### 1.4. Ensayos e investigaciones

El actuador de la pata se envió al laboratorio para su estudio.

Se localizaron tres grietas en la parte anular, situadas a la altura de los dos orificios localizados en la unión del anillo con el cuerpo tubular del actuador.

Las grietas A1 y A2 (véase figura 5) estaban localizadas en el extremo del conjunto y atravesaban totalmente las paredes del orificio superior.

La grieta B solamente atravesaba una de las paredes del orificio inferior. Junto a esta grieta también se detectó la presencia de otra pequeña grieta de muy pequeño recorrido en la pared exterior del anillo, que no era pasante en todo el espesor.

El estudio se desarrolló en tres etapas. Primero, una observación visual con ayuda de medios de amplificación de hasta 30 aumentos, a continuación una caracterización del material que incluyó tanto análisis químicos y microestructurales como ensayos mecánicos, y por último un análisis fractográfico con la realización de observaciones macrofractográfica y microfractográfica.

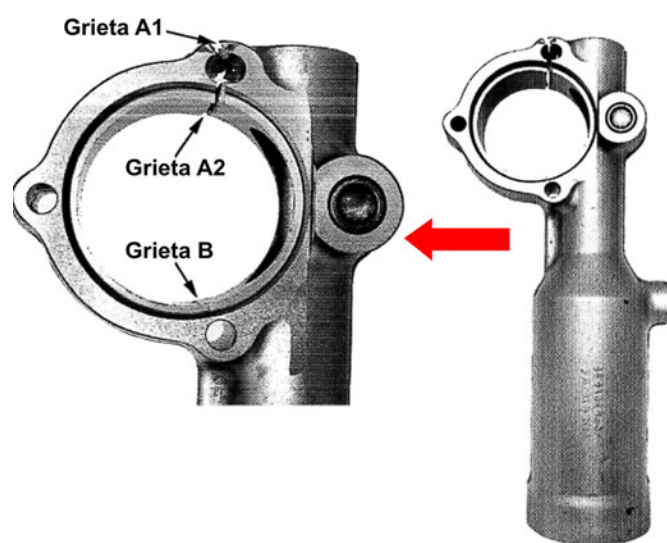


Figura 6. Grietas en el actuador



Las conclusiones fueron las siguientes:

- El material con el que estaba fabricada la pieza no presentaba defectos significativos que justificasen una menor resistencia del material del actuador en las condiciones en las que ocurrió la rotura.
- La rotura se produjo por el mecanismo de coalescencia de microvacíos, característico en roturas por sobrecarga estática, como consecuencia de la acción de una carga de tracción que originó unos esfuerzos locales en la dirección circunferencial de la zona anular del actuador.

En las figuras 6, 7 y 8, se pueden ver todas las grietas en detalle.

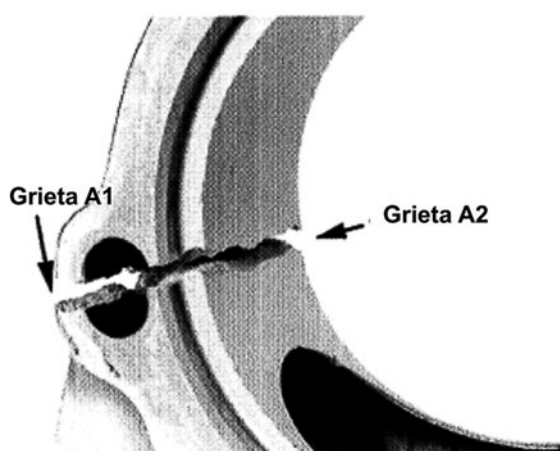


Figura 7. Detalle de las grietas A1 y A2

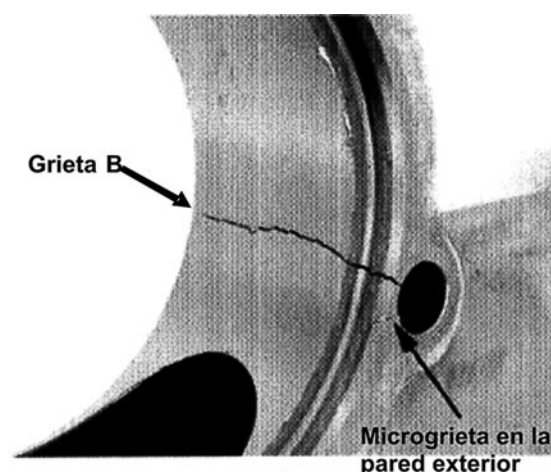


Figura 8. Detalle de la grieta B

### 1.5. Antecedentes registrados en el NTSB sobre roturas de la pieza en otros aviones similares

El NTSB informó de los siguientes antecedentes sobre roturas de esa pieza en otros aviones similares al del incidente, los cuales se resumen en la tabla siguiente:

Matrícula	Fecha	Lugar	Causa
N-9451D	12-11-1997	San Diego	Sobrecarga del actuador.
N-9506D	15-02-1999	Lawrenceville	Fatiga del actuador.
N-6231V	21-08-1999	Miami	Sobrecarga del actuador.
N-6525R	26-09-2002	Billings	Fatiga del actuador.
N-6543V	12-10-2003	Camarillo	Sobrecarga del actuador. Incumplimiento de boletín.
N948SM	15-09-2004	Montgomery	Separación del conducto de líquido hidráulico.
N-6140R	31-10-2004	Kingman	Fallo en el sistema de extensión.

Matrícula	Fecha	Lugar	Causa
N-522GC	10-06-2007	Lantana	Separación del conducto de líquido hidráulico.
N-9395B	08-02-2007	Daytona Beach	Sobrecarga del actuador.
N-6562V	07-02-2008	Cahmblee	Rotura del anillo del actuador.
N-6272R	10-01-2009	Carson City	Sobrecarga del actuador.

## 2. ANÁLISIS

Según se pudo constatar durante la investigación, el instructor tenía una amplia experiencia, que hizo posible que detectara el fallo del tren con rapidez y que tomase las medidas previstas en el manual de vuelo para un aterrizaje de emergencia con potencia en el motor, consiguiendo que el aterrizaje se hiciera con garantías suficientes, sin daños a las personas y con escasos daños a la aeronave.

Los intentos por desplegar el tren una vez que se detectó el fallo se realizaron también con las oportunas medidas de seguridad. Los servicios de control contribuyeron en gran medida a facilitar la labor a la tripulación proporcionando en todo momento un apoyo eficiente en un entorno de seguridad.

Respecto a la rotura del actuador de la pata, hay que considerar que la aeronave estaba dedicada a la formación de pilotos desde el año 2002. Este uso posibilitó que con alguna frecuencia se hubieran producido tomas duras que ocasionaron cargas estáticas elevadas. Hay que tener en cuenta también que durante la formación de los pilotos son preceptivos los vuelos sin instructor y ello hace que aumente la probabilidad de que se produzcan aterrizajes menos suaves de lo deseable.

Probablemente en alguna o en varias ocasiones se sobrepasó la carga estática máxima que podía soportar el actuador de la pata derecha y se produjeron esfuerzos que dieron lugar a la aparición de las grietas que se detectaron durante la investigación, las cuales debilitaron la zona, que era estructuralmente menos consistente, ocasionado el colapso del actuador.

## 3. CONCLUSIONES

El accidente tuvo como causa la rotura del actuador de la pata derecha del tren principal como consecuencia de una fractura por sobrecarga estática debido a esfuerzos de carácter local aparecidos en la zona anular del actuador.

## 4. RECOMENDACIONES

Ninguna.