

RESUMEN DE DATOS
LOCALIZACIÓN

Fecha y hora	Jueves, 6 de abril de 2006; 11:37 h local
Lugar	Aeropuerto de Girona (LEGE)

AERONAVE

Matrícula	EC-IPO
Tipo y modelo	CESSNA 421-B
Explotador	Privado

Motores

Tipo y modelo	TELEDYNE CONTINENTAL GTSIO-520-H
Número	2

TRIPULACIÓN

	Piloto al mando	Alumno piloto
Edad	33 años	38 años
Licencia	Piloto comercial de avión. ME CRI	Piloto comercial de avión
Total horas de vuelo	2.700 h	2.075 h
Horas de vuelo en el tipo	56 h	140 h

LESIONES

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			2
Pasajeros			
Otras personas			

DAÑOS

Aeronave	Menores
Otros daños	Daños menores en la pista de aterrizaje

DATOS DEL VUELO

Tipo de operación	Aviación general – Vuelo de instrucción – Doble mando
Fase del vuelo	Carrera de aterrizaje

INFORME

Fecha de aprobación	28 de mayo de 2008
---------------------	---------------------------

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Descripción del suceso

El día del incidente, 6 de abril de 2006, la aeronave matrícula EC-IPO, modelo CESSNA 421-B, tenía previsto realizar un vuelo de instrucción local con varias tomas y despegues dentro del curso para la habilitación de instructor de clase de polimotores (ME CRI) de un alumno que ya disponía de licencia de piloto comercial. La aeronave despegó del aeropuerto de Girona a las 10:25 h local¹ con dos tripulantes a bordo, instructor y alumno. El incidente ocurrió durante la carrera del primer aterrizaje. En su recorrido en tierra, la trayectoria de la aeronave, que se inició con normalidad, se fue desviando, de forma progresiva, hacia la izquierda hasta que, finalmente, la aeronave se salió de zona asfaltada y, tras unos metros, se detuvo sobre la hierba (figura 1), apoyada en la semiala exterior izquierda y las otras dos ruedas.

No se produjo incendio ni derrame de combustible.



Figura 1. Aeronave tras el incidente

1.2. Lesiones a personas

Los dos ocupantes de la aeronave resultaron ilesos y abandonaron la aeronave por sus propios medios.

¹ La hora de referencia en este informe es la hora local. La hora UTC se obtiene restando dos (2) unidades a la local.

1.3. Daños en la aeronave

En la inspección ocular de la aeronave, realizada en el lugar del incidente, se encontró que la pata del tren principal izquierdo estaba casi completamente retraída dentro del correspondiente compartimento y que se habían roto algunas piezas de su mecanismo de actuación. Consecuentemente, la aeronave había caído hacia ese lado y había sufrido rasponazos en la parte inferior de fuselaje y en el plano izquierdo, especialmente en el flap de ese lado, así como deformaciones en las puntas de ese plano.

Se comprobó también que las puntas de las palas de la hélice izquierda estaban dobladas y desgastadas por abrasión, demostrando haber golpeado varias veces con la pista. También, estaba excoriado el borde de salida del flap del mismo lado y algunas piezas de la punta de ala de ese lado.

1.4. Información sobre la tripulación

La tripulación estaba formada por un instructor, como piloto al mando, y un alumno piloto que actuó como piloto a los mandos durante toda la operación.

La información disponible de este piloto es la siguiente:

Edad:	38 años	
Nacionalidad:	Española	
Licencia:	Piloto comercial de avión	
Experiencia:	Total:	2.074:52 h
	En el tipo	140:23 h
	En los últimos 30 días:	26:25 h
	En últimas 24 horas:	1:55 h

La información disponible del instructor es la siguiente:

Edad:	33 años	
Nacionalidad:	Española	
Licencia:	Piloto comercial de avión	
Habilitaciones:	Polimotores e instructor de clase de polimotores (ME CRI)	
Experiencia:	Total:	2.700 h
	En el tipo:	56 h

1.5. Información sobre la aeronave

1.5.1. General

Matrícula:	EC-IPO
Fabricante:	Cessna Aircraft Company
Modelo:	421-B
Número de serie:	421-B0509
Año de fabricación:	1974
MTOW:	3.380 kg (7.450 lb)

1.5.2. Certificado de aeronavegabilidad

Clase:	Normal
Fecha de expedición:	14-12-2004
Fecha de renovación:	22-12-2005
Validez hasta:	20-11-2006

1.5.3. Registro de mantenimiento

Horas totales:	7.033 h, 40 minutos
Horas de vuelo en los últimos cinco meses:	129 h (desde 21-11-2005 a 06-04-2006)

Los registros de la aeronave demuestran que, durante su historial, se habían cumplimentado las revisiones indicadas en el Programa de Mantenimiento aprobado. Según esta documentación, las últimas revisiones efectuadas habían sido:

- Revisión anual/200 h, el 08-11-2004 a las 6.933:37 h de la aeronave.
- Revisión de 50 h, el 29-06-2005 a las 6.978 h de la aeronave.
- Revisión anual/200 h, el 15-12-2005 a las 6.994:30 h de aeronave.

El fabricante CESSNA había emitido con fecha 03-03-2003 las instrucciones SID n.º 32-10-03 y n.º 32-30-05 como parte del «Supplemental Inspection Document» (SID), que afectaban al tren de aterrizaje de este tipo de aeronave y que eran de aplicación al número de serie de la aeronave del incidente.

- El boletín SID n.º 32-10-03 requiere una inspección específica del bulón pivote («pivot bolt») de cada tren principal, a realizar visualmente en el bulón desmontado, en la

que se debe verificar su integridad en cuanto a evidencia de fallo en cortadura. El documento indica que el bulón debe sustituirse en caso de cualquier evidencia y que la verificación inicial debía realizarse a los 1.000 aterrizajes o 3 años y repetirse cada 500 aterrizajes o 3 años.

- El boletín SID n.º 32-30-05 se titula «Desmontaje e inspección de los sistemas de retracción del tren principal y de morro» e indica que su objetivo es «inspeccionar respecto a grietas de fatiga y desgaste excesivo en mecanismos, casquillos, rodamientos, orificios en puntos de cogida a la estructura y en los propios elementos de cogida que pudiesen ocultar un mal ajuste y causar fallos en la posición de tren extendido o en la estructura». El boletín requiere desmontar e inspeccionar, en cuanto a grietas, corrosión, ovalización de orificios y desgaste excesivo, todos los conjuntos, piezas y componentes del sistema de tren y sustituir donde sea requerido (tamaño de grieta detectable: 0,25 pulgadas). El documento indica que la verificación inicial se debía realizar a los 7.500 aterrizajes o 15 años y repetir cada 5.000 aterrizajes o 10 años.

En la documentación de la aeronave, se indica que estos dos boletines, SID 32-10-03 y SID 32-30-05, fueron cumplimentados durante la revisión anual/200 horas realizada el 08-11-2004, ya citada, y que se ejecutaron las inspecciones correspondientes requeridas.

Por tanto, estas revisiones se realizaron cuando la aeronave tenía un total de 6.933:37 h de vuelo. Desde entonces hasta la fecha del incidente, la aeronave, había realizado 100:03 h y 90 aterrizajes. Esta información demuestra que todavía tenía potencial de tiempo hasta la siguiente inspección que exigen los dos boletines.

1.5.4. Descripción del sistema de tren de aterrizaje

Las aeronaves Cessna 401, 402, 411, 414, 421 y 425 comparten certificado de tipo y también el mismo mecanismo y modelo de tren de aterrizaje. Asimismo los modelos de Cessna 310 y Cessna 320,335 y 340 comparten el mismo diseño de tren de aterrizaje.

La figura 2 muestra un esquema de la pata izquierda del tren, representada en su posición extendida. En la figura, se ha incluido, además, un detalle del despiece del mecanismo de la pata, la denominación de las piezas más relevantes en el incidente y, en rojo, las roturas encontradas y que se detallarán más adelante.

El accionamiento del tren se realiza mediante un motor eléctrico y un reductor, situados en el fuselaje central, bajo el piso, y no representados en la figura. El giro de este motor se transmite a las tres patas, izquierda, derecha y de proa, a través de unas palancas y de un tubo de torsión que, finalmente, mueve la barra de accionamiento, que actúa directamente sobre el mecanismo de cada pata.

Considerando únicamente la pata izquierda (fig. 2), el funcionamiento del sistema para retraer el tren sería el siguiente: el motor eléctrico se alimentaría para que girase en el

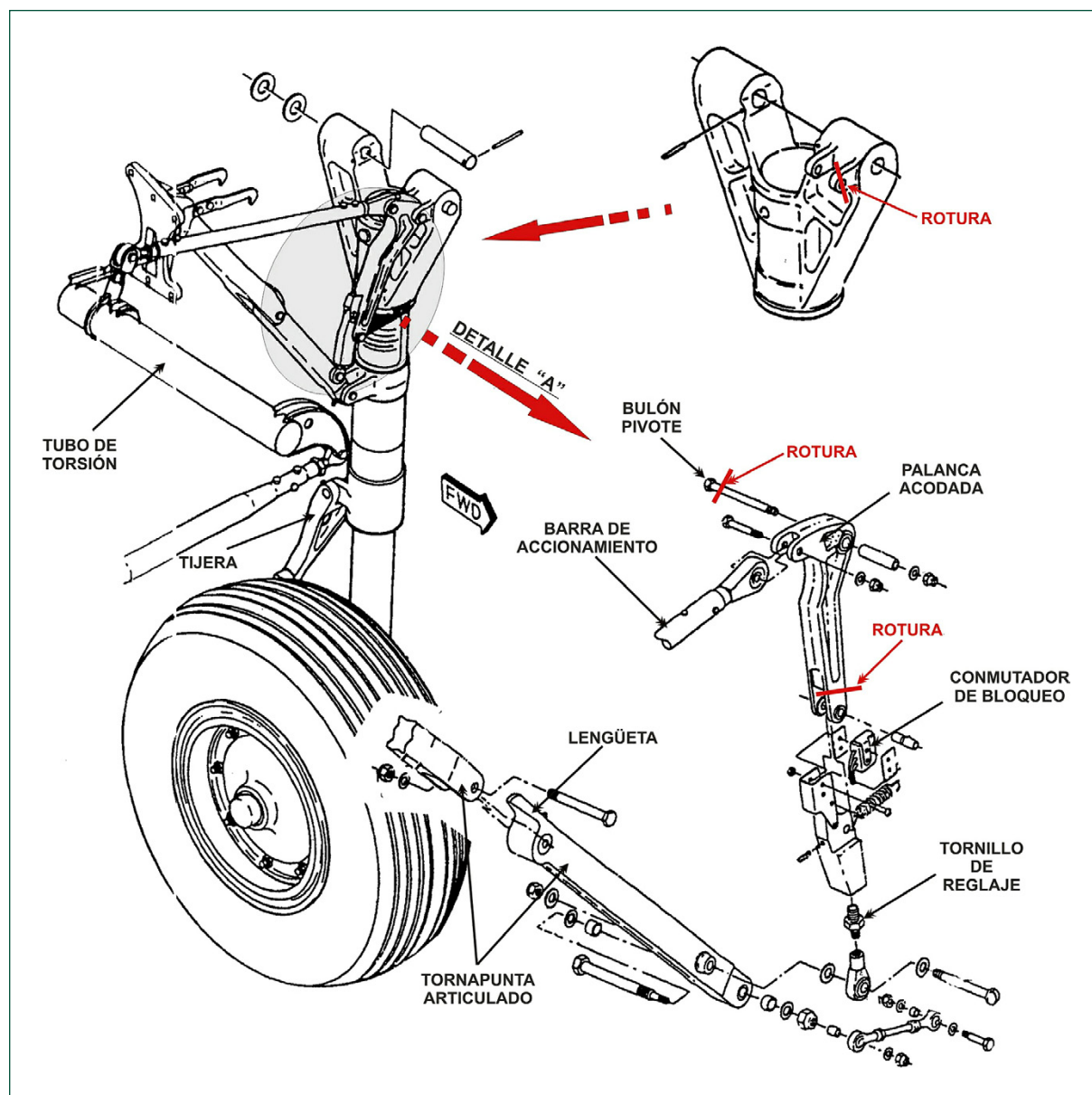


Figura 2. Esquema de la pata de tren izquierdo

sentido que haría que la barra de accionamiento se desplazase hacia la pata, empujando, trabajando a compresión, sobre la palanca acodada («bellcrank»), unida a ella. El empuje y el desplazamiento de la barra de accionamiento hacen que la palanca acodada gire y empuje sobre el bulón pivote («pivot bolt») soportado en el herraje de orejetas de la cabeza de la pata («truss assy»).

El empuje produce un par en el bulón de la cabeza de la pata en el sentido a retraerla (giro de la pata hacia el fuselaje). Simultáneamente, el giro de la palanca hace que el brazo inferior de la misma, el más largo, produzca el desplazamiento de la barra articulada que hay en su extremo. Este desplazamiento tiene dos efectos: por una

parte, separa de la pata el conmutador de fin de carrera, venciendo el muelle existente y apagando la luz de aviso de «pata bloqueada», y, por otra, hace que el otro extremo de la barra tire del punto intermedio del brazo inferior del tornapunta articulado («Lower Side Link») o «sobrecentro», al que está unido. Esta unión es también articulada y se realiza a través del tornillo de reglaje («adjusting screw»), cuya función se explica más adelante, unido al extremo de cogida al tornapunta y al brazo lateral de bloqueo («side brace lock link»). Como se ve en la figura 2, al tirar de este brazo, el tornapunta se pliega hacia arriba y permite, a la vez que inicia, el giro de la pata hacia el fuselaje.

El tornapunta articulado es un conjunto de dos brazos, superior e inferior, articulado en su centro, que sitúa a la pata en su posición extendida y sirve, además y fundamentalmente, para absorber las cargas laterales que se produzcan sobre el tren durante el aterrizaje y despegue. Dada la configuración geométrica existente, el tornapunta se extiende al bajar el tren y es bloqueado en esa posición por la palanca acodada haciendo que su punto de articulación sobrepase la línea imaginaria que uniría los extremos de sus brazos. Este bloqueo, conocido como sobrecentro, se completa con una lengüeta en el extremo articulado del brazo inferior del tornapunta, visible en la figura 2, que limita el máximo valor posible de sobrecentro (por extensión, el conjunto del tornapunta es llamado, a veces, sobrecentro) y es, a la vez, un tope mecánico que impide que el tornapuntas se doble hacia abajo.

La posición del sobrecentro se regula ajustando la longitud del brazo inferior de la palanca acodada, articulado y unido al tornapunta a través del tornillo de reglaje, que es roscado en sus dos extremos. Si el conjunto está bien ajustado, cuando se alcanza el sobrecentro en el tornapunta, el brazo inferior articulado de la palanca acodada esta en línea recta y en su posición de máxima longitud (fig. 2).

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

1.6. Información meteorológica

La información local, recogida sobre el campo el día del incidente, indicaba que existían nubes dispersas, que no afectaban a la visibilidad, y que no había ni ráfagas de viento ni otros fenómenos meteorológicos que pudiesen haber influido en el incidente.

La información meteorológica de la hora del incidente registraba 15° de temperatura, 72% de humedad, viento ligero de 3 kt y dirección Este-Nordeste y visibilidad de 10 km.

1.7. Información sobre el aeródromo

El aterrizaje del incidente se estaba realizando por la cabecera 02 de la pista que era la que estaba en servicio en ese momento.

La pista del Aeropuerto de Girona, con designación 02-20, está asfaltada y sus dimensiones son 2.400 m de larga por 40 m de ancha. La pista 20 dispone de ILS para la aproximación mientras que en la 02 tiene un sistema de aproximación visual con un elemento del sistema indicador de pendiente de aproximación de precisión, PAPI («Precision Approach Path Indicator»), que indica la senda de aproximación mediante luces. Existen, además, balizas luminosas de eje de pista, con una separación aproximada entre ellas de 50 m. La primera baliza está en la zona de las luces de umbral de la pista 02.

1.8. Información sobre los restos

En la investigación de campo realizada sobre la pista tras el incidente se comprobó que la aeronave había producido marcas significativas que provocaron daños menores. Se identificaron marcas de las palas de la hélice izquierda que comenzaban a 650 m del umbral de la pista 02 y se extendían a lo largo de unos 300 m según una línea que se desviaba a la izquierda respecto al eje de la pista. En total se contabilizaron 162 trazas de unos 30 cm de longitud, transversales a la pista y con separación creciente entre ellas de 0,6 a 2,10 m. También se localizaron otras marcas que habían arañado la superficie de la pista y que correspondían seguramente al rozamiento de la llanta y de partes de la tijera de torsión de la pata izquierda. Se apreciaron huellas de neumáticos, tanto del tren izquierdo, que terminaba desapareciendo, como del tren derecho, que tenía un tramo de 7,9 m de largo de más intensidad indicativo de una frenada fuerte.

La aeronave quedó, finalmente, fuera de la pista hacia la izquierda, sobre la zona de hierba con la rueda de proa a 32,7 m de la baliza 18 de eje de pista y 7,4 m del borde de la pista.

1.9. Ensayos e investigaciones

1.9.1. *Declaraciones de testigos*

Los dos pilotos a bordo, el instructor y el alumno, que era el piloto al mando en el vuelo, coincidieron en sus declaraciones e indicaron que comprobaron en el pre-aterrizaje que las luces de posición de tren estaban en verde (tren bloqueado abajo) y que no hubo aviso sonoro al retrasar los gases. Asimismo coincidieron en que el aterrizaje se realizó sin viento significativo y con normalidad hasta que, ya en la carrera, notaron que la aeronave se desviaba a la izquierda. Ambos aplicaron pedal derecho para corregir la

dirección, sintiendo que la demanda era creciente y emplearon la palanca a la derecha cuando el plano comenzó a caer. La aeronave continuó el giro a la izquierda hasta que se detuvo ya fuera de la pista.

En conversación posterior con los pilotos, éstos indicaron que recordaban haber oído el aviso sonoro de tren de aterrizaje cuando comenzaron a notar que debían hacer más fuerza para mantener alineada la aeronave con la pista.

Adicionalmente, se ha dispuesto de las declaraciones del controlador aéreo durante el incidente y de un técnico de programación y operaciones del aeropuerto. Ambas coincidieron, prácticamente, en que la carrera de aterrizaje se desarrolló normalmente hasta que la aeronave comenzó a desplazarse hacia la izquierda (el primero especifica que a la altura de la salida de pista C1-1, que está entre las balizas 13 y 14, aproximadamente a 650 m, y el segundo que a los 200/300 m del punto de toma). Sólo el técnico de programación y operaciones incluyó en su declaración que, en su opinión, la toma le pareció más fuerte de lo normal.

1.9.2. Inspección detallada del tren de aterrizaje izquierdo

Los resultados observados en la inspección en hangar tras el incidente del tren izquierdo fueron los siguientes:

- La orejeta derecha, vista desde la raíz del ala, o sea, la de la parte delantera, del herraje que soporta al bulón pivote en la cabeza de la pata estaba rota por la sección en la que está el orificio del bulón. El trozo de orejeta se desprendió y se encontró más tarde. La rotura se indica en la figura 2 y la figura 3 muestra el trozo de orejeta superpuesto en la palanca acodada. Al realizar esta superposición, se comprobó que el orificio del bulón estaba ligeramente ovalizado.
- El bulón pivote NAS 464P4-26 se rompió, además, por la sección entre la orejeta izquierda del herraje indicado, que permanecía intacta, y la palanca acodada. La rotura también se indica en la figura 2.
- Se rompió la orejeta inferior derecha de la palanca acodada, justo por la sección en la que aumenta de espesor y que se corresponde con la posición del conmutador de fin de carrera de la pata. Como se ve en la



Figura 3. Rotura de la orejeta del herraje

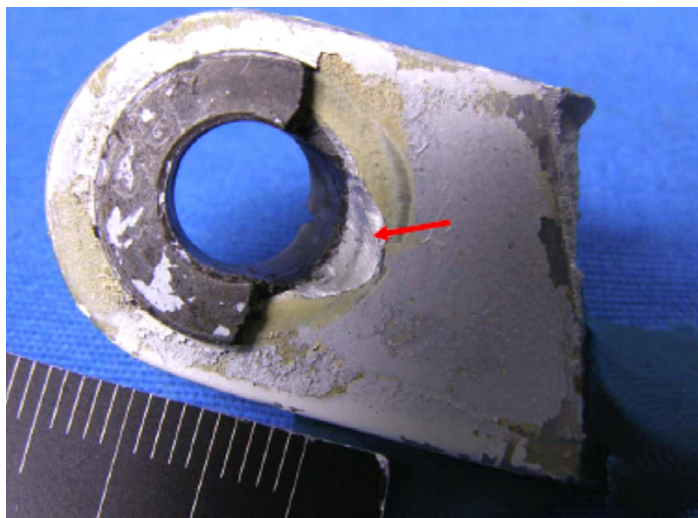


Figura 4. Rotura de orejeta inferior de la palanca acodada

rozamiento con el suelo. Asimismo, también se observaron signos de rozamiento con el suelo de la llanta exterior de la rueda.

- No se observaron signos de deslizamiento lateral del neumático del tren izquierdo, mientras que fueron observados en el derecho.
- Por último, no se observaron deformaciones ni signos de esfuerzos en la lengüeta de la articulación entre las dos partes del tornapunta (figura 5).

No se encontró ninguna rotura ni anomalía en el tren derecho.

1.9.3. Estudio de las roturas del bulón pivote y de las orejetas

Los elementos que resultaron rotos en el incidente, bulón pivote, orejeta del herraje en la cabeza de la pata, orejeta inferior de la palanca acodada y el casquillo en la misma, se enviaron a un laboratorio especializado para determinar, mediante análisis, las causas de las roturas.



Figura 5. Estado del tornapunta después del incidente

figura 4, esta rotura tuvo una componente de flexión hacia el exterior de la palanca (parte delantera de la aeronave) y afectó, también, al casquillo en la orejeta.

- Se observó la existencia de una pequeña holgura en la tijera del tren izquierdo («LH Torque Link»), más asociada a los daños del incidente que causante de los mismos, y, también, desgaste de material de la tijera, en su parte delantera inferior, por

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

No se ha detectado ninguna anomalía o defecto de carácter metalúrgico que haya podido favorecer los procesos de rotura en ninguna de las piezas y es lógico pensar que las roturas se han producido por un sobreesfuerzo.

En particular, para el bulón pivote NAS 464P4-26 se realizó, además, un estudio comparativo entre el bulón que resultó seccionado en el incidente y el simétrico del tren derecho que no resultó dañado. Este estudio mostró que, aún siendo ambos del mismo tipo, tenían una

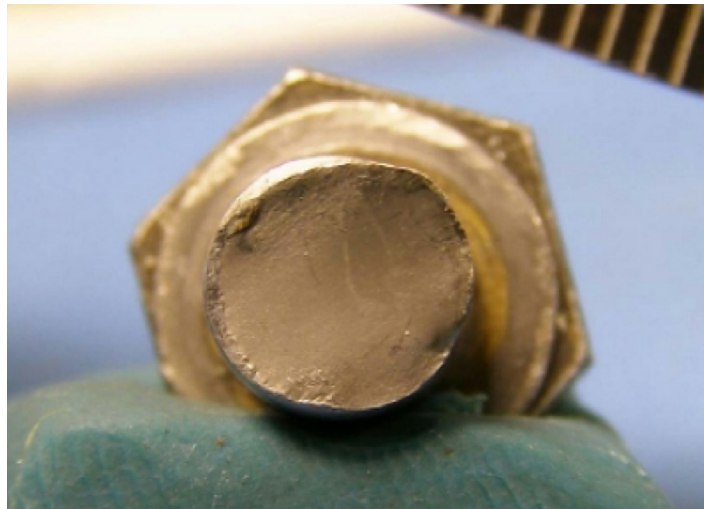


Figura 6. Rotura del bulón pivote NAS 464P4-26

composición química ligeramente diferente y, como consecuencia, sus cargas de rotura fueron, también, diferentes, siendo mayor la del bulón seccionado ($129,78 \text{ kg/mm}^2$, frente a 123 kg/mm^2), y ambas cercanas o superiores al límite superior del margen requerido en la especificación del tipo del bulón ($112/126 \text{ kg/mm}^2$). Hay que indicar que los resultados indicados han sido obtenidos a partir de un ensayo de dureza y que, por tanto, son únicamente orientativos.

El examen fractográfico de la superficie de rotura del bulón muestra que ésta tiene aspecto liso (figura 6) y presenta cierto grado de deformación plástica. La rotura es de carácter dúctil y no se detectaron indicios de la existencia de ningún tipo de defecto o agrietamiento previo al desencadenamiento de la rotura.

1.10. Investigación adicional

Durante la investigación se ha presenciado el proceso que se sigue en la revisión de un tren de aterrizaje de una aeronave CESSNA A-310, similar al modelo del incidente, con el que comparte incluso piezas iguales. Se ha prestado especial atención al estado de desgaste y holguras y al procedimiento que se sigue en el reglaje del sobrecentro. De ello se ha concluido que:

- Existen holguras y pequeños desgastes en las piezas del mecanismo de actuación de las patas principales, especialmente en sentido perpendicular al plano en el que está el mecanismo pero se considera que difícilmente podrían llegar a producir el desbloqueo del sobrecentro.
- El procedimiento seguido para ajustar el sobrecentro parece simple y de fácil aplicación. Primero se deja libre al tornapunta hasta que se apoya en la lengüeta y, entonces, se ajusta la longitud de la barra articulada al tornapunta inferior. El ajuste

se considera finalizado cuando se comprueba que el mecanismo vuelve a la posición de bloqueo, únicamente por la acción del peso, incluso sin rueda, tras haberlo sacado de dicha posición, empujando hacia el fuselaje en el punto de articulación del brazo inferior de la palanca acodada y la barra en la que está el tornillo de reglaje.

- La operación de desbloqueo, indicada anteriormente, permite que la pata gire hasta desplazarse 6 pulgadas hacia el fuselaje, sin mover la posición de la barra de accionamiento.
- El brazo inferior y articulado de la palanca acodada, sobre el que se realiza el reglaje y ajuste, puede quedar precargado a compresión en el caso de un ajuste forzado hacia el incremento de longitud de este brazo, o en el caso de un ajuste forzado hacia la reducción de su longitud queda con una holgura sobre el tornapunta, permitiendo un cierto movimiento oscilatorio de éste.

1.11. Antecedentes

En la base de datos de la CIAIAC hay dos accidentes de fecha anterior al del presente caso (referencias CIAIAC A-71/2002 y A- 41/2004) y uno más de fecha posterior (IN-36/2006), en los que se produjeron roturas en el mecanismo de extensión-retracción del tren principal de aterrizaje de aeronaves Cessna que comparten el mismo diseño de tren de aterrizaje que la EC-IPO:

A-071/2002 Cessna 402-B, 25 de septiembre de 2002. Rotura a cortadura del bulón pivote (por una sección) del tren principal derecho, rotura de una de las orejetas del cilindro estructural (*trunnion*) donde apoya el bulón pivote, rotura en el tornillo de ajuste del brazo inferior de la palanca acodada y rotura de la barra de accionamiento en su unión a la palanca acodada.

No se encontraron anomalías de los materiales y se consideró que la causa de las roturas fue un incorrecto ajuste del mecanismo de extensión-retracción y bloqueo de la pata derecha del tren principal.

A-041/2004 Cessna 402-B, 10 de julio de 2004. Rotura a cortadura del bulón pivote (por una sección) del tren principal izquierdo, rotura de una de las orejetas del componente estructural donde apoya el bulón pivote, rotura por flexión lateral del brazo inferior de la palanca acodada y deformación del tornillo de reglaje.

Se encontró una anomalía de material en el bulón pivote, que presentaba una resistencia inferior a la especificada.

IN-036/2006 Cessna 402-B, 03 de julio de 2006. Rotura a cortadura del bulón pivote (por dos secciones) del tren principal derecho y rotura por flexión lateral del brazo inferior de la palanca acodada.

No se encontraron anomalías de los materiales.

En la base de datos del organismo de investigación de accidentes de transporte de los Estados Unidos (NTSB, National Transportation Safety Board) se han encontrado varios casos cuyas circunstancias son similares a las del presente:

- MKC82FA174 Cessna 421A, 24 de septiembre de 1982. El bulón pivote de la palanca acodada estaba roto a cortadura y también el perno de la parte inferior de la palanca acodada. Ambas roturas se asociaron con condiciones de sobrecarga inducidas cuando el tren se plegó y no había indicios de daños previos.
- CHI89LA080 Cessna 411, 25 de abril de 1989. El bulón pivote de la palanca acodada del tren principal izquierdo se rompió durante el rodaje y en un giro a la derecha. Se determinó como probable causa el fallo del bulón pivote en el conjunto de la pata izquierda del tren principal.
- LAX92LA138 Cessna 340A, 11 de marzo de 1992. El bulón pivote y el tornillo de ajuste del tren principal izquierdo se encontraron rotos. El bulón pivote presentaba claras marcas de playas en la superficie de fractura. Se determinó la fatiga como causa del fallo.
- CHI00LA038 Cessna 310Q, 26 de noviembre de 1999. Aviso de tren principal izquierdo inseguro al desplegar el tren. Rotura de la palanca acodada y deformación del bulón pivote. Se consideró que el mecanismo de bloqueo del tren no estaba bien ajustado.
- CHI02LA210 Cessna 402B, 23 de julio de 2002. Se rompió el bulón pivote del tren principal izquierdo a cortadura y también el perno de la parte inferior de la palanca acodada.
- LAX04LA149 Cessna 402A. 03 de marzo de 2004. Rotura a cortadura del bulón pivote del tren principal derecho (por dos secciones); y rotura de las orejetas en ambos extremos del belcrank. No se encontraron anomalías en los materiales. Se consideró que el piloto había efectuado una maniobra de recogida y toma de tierra incorrecta que produjo altas cargas laterales en la pata derecha y que ocasionó el fallo por sobrecarga de la palanca acodada y el colapso del tren de aterrizaje.
- DFW06CA175 Cessna 340A, 05 de julio de 2006. El bulón pivote del tren principal derecho se encontró roto. La razón de este fallo no pudo ser determinada.

En la base de datos del organismo de investigación de accidentes aéreos del Reino Unido (AAIB, Air Accident Investigation Board) se ha encontrado el siguiente caso con similitudes al analizado en el presente informe:

EW/G2003/03/26 Cessna 310R, 13 de marzo de 2003. Durante el rodaje en el suelo tras el aterrizaje, a una velocidad estimada de 10 kt, la aeronave inició un giro a la derecha para abandonar la pista y se colapsó la pata izquierda. Se rompió el tornillo de reglaje y se deformó el tornillo de unión entre el tornapunta y los elementos de la parte inferior de la palanca acodada.

En el análisis de ese accidente se indica que el procedimiento de ajuste del tren principal es complicado y que todos sus pasos tienen que completarse. Se incide en que pequeñas variaciones sobre los elementos de ajuste pueden resultar en el colapso del tren, de acuerdo con el fabricante.

2. ANÁLISIS

2.1. Desarrollo del incidente

Los hechos recopilados en los apartados anteriores, en especial el estado de los restos de la aeronave, las declaraciones de los testigos, particularmente de los pilotos, las huellas dejadas en la pista y la trayectoria de la aeronave en el aterrizaje muestran que la toma y la primera parte de la carrera de aterrizaje se realizaron con toda normalidad, con el tren bloqueado abajo y que el incidente comenzó con la desviación de la trayectoria de la aeronave hacia la izquierda. La indicación de un testigo sobre que la toma le pareció más fuerte de lo normal se considera sólo una estimación personal, dado que no hay señales en la pista ni se han observado otros daños en el tren, neumáticos incluidos, fuera de las roturas descritas, que confirmen un contacto fuerte en la toma de tierra.

La inspección después del incidente indica que la pata izquierda colapsó y comenzó una retracción suave, continuada y no comandada. Las múltiples señales de hélice en la pista, primero las trazas de las palas y, después, señales continuas de partes metálicas, indican que el proceso no fue instantáneo sino que se realizó de una forma paulatina y terminó, según las marcas en la pista posteriores a las indicadas y la inspección de los restos, con la pata, prácticamente, retraída.

2.2. Análisis del proceso de retracción no comandada

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

Sin embargo, todas las roturas encontradas en el incidente han ocurrido en piezas de este mecanismo y, además, según ha concluido el estudio realizado en laboratorio, todas ellas han sido debidas a cargas que han superado las características mecánicas de sus materiales.

Por tanto, ha debido existir una situación anormal en el mecanismo de extensión y bloqueo del tren principal izquierdo que ha provocado la presencia de esas cargas en las piezas del mecanismo.

2.3. Secuencia de las roturas

El bulón pivote roto a cortadura, tanto en este caso como en todos los demás examinados por esta comisión, parece el elemento inicial en la cadena de roturas que lleva al plegado de la pata del tren principal. Este eje sobre el que pivota la palanca acodada ha sido el único elemento roto común en los cuatro casos.

La dirección de la fuerza causante de la rotura del bulón pivote, conocida por la posición inmóvil del eje después de su seccionamiento en algunos de los casos, coincide con el nervio de refuerzo de la palanca acodada y esta aproximadamente en la mitad del ángulo formado por los dos brazos de éste. Sin embargo ambos sentidos de la fuerza aparecían en cada uno de los casos.

Las otras roturas de elementos del mecanismo, orejeta del cilindro estructural y brazo inferior de la palanca acodada, parecen causadas por fuerzas y pares de fuerzas perpendiculares al plano definido por el movimiento de la propia palanca acodada en la extensión-retracción, ya que los tipos de rotura así lo indican con una gran componente de flexión lateral.

Por todas estas evidencias encontradas sobre los elementos rotos y sus modos de rotura, la secuencia de roturas y plegado del tren principal parece la siguiente:

1. Se inician los daños con la rotura por cizalladura del bulón pivote en una sección (parece que en todos los casos por la sección entre la orejeta trasera del cilindro estructural y la palanca acodada).
2. El mecanismo mantiene aún la forma y permite el bloqueo de la pata, ya que el bulón pivote aún hace su trabajo, aunque carga sobre una sola orejeta del cilindro estructural.
3. Aparecen fuerzas laterales sobre la palanca acodada como consecuencia de la asimetría del apoyo del eje (bulón pivote), sobre la orejeta delantera solamente.
4. Se produce una apreciable deformación, bien del tornillo de reglaje, bien de las orejetas del brazo inferior de la palanca acodada.
5. Por último en la secuencia, aunque puede coincidir en el tiempo con el punto 4, se produce bien la rotura de la orejeta delantera del cilindro estructural, bien una

rotura en el brazo inferior de la palanca acodada, y en este punto (pasos 4 ó 5) se pierde la continuidad del mecanismo de bloqueo de la pata.

6. Se produce el plegado suave de la pata del tren principal, sin que necesariamente haya coincidencia con una carga fuerte en el apoyo de esta pata.
7. En el plegado se puede producir interferencia mecánica entre las varillas ó elementos de la pata y se produce la segunda de las roturas mencionadas en el punto 5 y/o nuevos daños en las piezas del mecanismo.

Algunos otros indicios, como la ausencia de daños en la orejeta trasera del cilindro estructural (que ya no trabaja a partir de la primera rotura del bulón pivote), el proceso suave del plegado del tren a partir de su desbloqueo, la ausencia de fuerzas perpendiculares al plano de movimiento del mecanismo cuando éste se encuentra en buenas condiciones y la ausencia de marcas en la lengüeta del tope del sobrecentro, avalan la secuencia de roturas descrita.

2.4. Origen de los sobre-esfuerzos en el mecanismo

Como ya se ha indicado, la rotura del mecanismo de extensión-retracción ha sido debido a la presencia de unas cargas de magnitud no prevista en su diseño y que por tanto es de esperar que no aparezcan excepto que su ajuste este desviado de modo que permita la introducción de estas cargas durante el proceso de bloqueo abajo del tren y/o una redistribución de las cargas durante la toma de tierra, que en buena condición del

mecanismo son absorbidas por el cilindro estructural (las verticales) y por el tornapunta o sobrecentro (las laterales).

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

- a) El primero es el posicionamiento de los interruptores del motor eléctrico para detener el movimiento de éste y de las barras de transmisión hasta la barra de accionamiento,

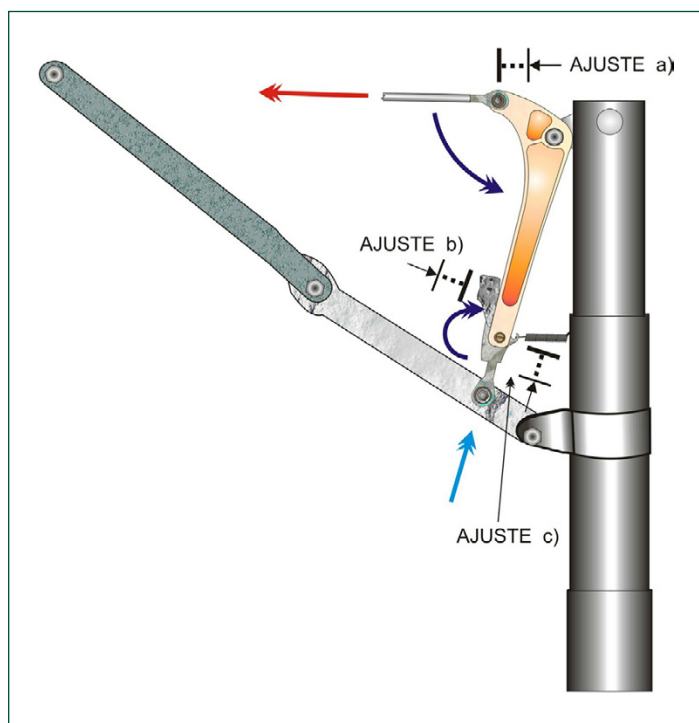


Figura 2. Esquema de ajustes

donde se une al mecanismo del tren propiamente dicho, en las posiciones finales de tren arriba y bloqueado y tren abajo y bloqueado.

- b) Hay otro ajuste localizado sobre el interruptor indicador de la posición de tren abajo bloqueado, que se realiza sobre la posición final del mecanismo, es fácil de obtener ya que el propio interruptor permite un cierto ajuste y no afecta a otros elementos del mecanismo. Asimismo hay otro interruptor indicador de la posición arriba bloqueado, que no afecta a esta investigación.
- c) El proceso de ajuste final del mecanismo se realiza actuando sobre la longitud del brazo inferior de la palanca acodada a través del tornillo de reglaje, proceso en apariencia sencillo y que no debería introducir precarga sobre la palanca acodada.

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

- I Con el ajuste a), el interruptor de parada del motor para su extensión más allá de una posición apropiada, deja precargada a la barra de accionamiento a tracción y por tanto el brazo superior de la palanca acodada. Si a ello se une una posición de ajuste c) con exceso de longitud del brazo inferior de la palanca acodada, deja precargado a compresión el brazo inferior de la palanca acodada. Como consecuencia de una de estas o ambas cargas queda precargado el bulón pivote a cortadura con una resultante en el ángulo intermedio entre ambos brazos de la palanca acodada.
- II Con el ajuste opuesto al mencionado en el párrafo anterior en la calibración c) queda el tornapunta o sobrecentro con una holgura en su tope mecánico que permite la aparición de un movimiento oscilatorio alrededor del eje neutro como consecuencia de las cargas laterales sobre la pata. Esta holgura puede ser favorecida con un ajuste en a) como el mencionado en el párrafo anterior, ya que ello llevaría al interruptor de tren abajo (ajuste b)) al tope y no daría indicación de fallo. Este movimiento oscilatorio del sobrecentro produce cargas sobre la palanca acodada y por

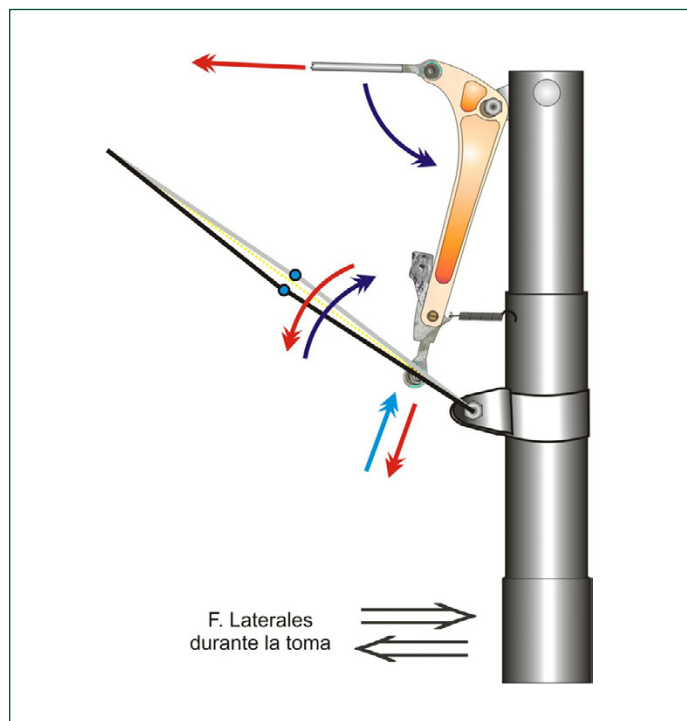


Figura 3. Esquema de fuerzas sobre el mecanismo

tanto sobre el bulón pivote con una resultante similar al caso anterior, y que son de mayor valor absoluto por la propia geometría del mecanismo.

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

También las holguras en los ajustes mecánicos y/o de desgaste introducen ligeros incrementos en los ángulos y variación de la geometría, que permite la aparición de sobrecargas de tipo oscilatorio o alternativo sobre estos elementos relativamente débiles. Esta posibilidad de fallo ya ha sido identificada por el fabricante ya que tiene emitidos los «Supplemental Inspection Document» (SID), n.º 32-10-03 y n.º 32-30-05, como ya se indicó en el punto 1.5., para inspección por excesivas holguras y desgaste en el sistema de retracción del tren de aterrizaje (SID n.º 32-10-05), y para inspección específica del bulón pivote por inicio de deformación a cortadura (SID n.º 32-10-03).

Como los casos ocurridos y enumerados en el punto 1.11 eran de operadores diferentes e incluso de aeronaves de distinto tipo que comparten este mismo modelo de tren de aterrizaje, ello es indicación que los ajustes que precisa el mecanismo de retracción del tren de aterrizaje, a pesar de parecer sencillos de comprender y fáciles de llevar a la práctica, no son fácilmente aplicables y pueden producir variaciones geométricas que redistribuyen las cargas sobre el bulón pivote, dando lugar al plegado inadvertido de una pata del tren principal. Asimismo el ajuste del sobrecentro no debe entenderse como una operación aislada, sino como una parte del ajuste completo del mecanismo de extensión retracción.

Por ello parece necesario emitir una recomendación de seguridad para mejorar la descripción del ajuste del mecanismo de extensión-retracción del tren de aterrizaje principal y su divulgación y aplicación entre los operadores y mantenedores de los tipos de aeronaves Cessna afectadas.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- Se descarta la posibilidad de fallo de material en las piezas que resultaron rotas en el incidente dado que, primero, la composición de los materiales de estas piezas ha resultado correcta, y conforme a las especificaciones requeridas en su diseño; segundo, que los ensayos metalográficos sobre estas piezas han demostrado que cada rotura se ha producido al sobrepasar la carga de rotura de su material y; tercero, que no han existido indicios de anomalías o defectos de carácter metalúrgico anteriores al incidente que hayan podido favorecer o producir las roturas.

- Se ha comprobado que el mantenimiento de estos elementos en la aeronave se había realizado de acuerdo con las instrucciones del fabricante de la misma y, en particular, se habían cumplimentado los boletines SID 32-10-03 y SID 32-30-05, que afectan al tren de aterrizaje disponiendo, en la fecha del incidente, de potencial de tiempo suficiente hasta la repetición de las inspecciones requeridas en los mismos.
- Se ha descartado, también, la posibilidad de un mal montaje o ajuste común a ambas patas ya que la derecha funcionó normalmente, tenía un aspecto normal y el bulón pivote de ésta no tenía indicios de deformación a cortadura.
- Se produjo una retracción no comandada de la pata izquierda del tren de aterrizaje ocurrida durante la primera carrera de aterrizaje que la aeronave hacía ese día y provocada directamente por el fallo del bloqueo de sobrecentro del tornapunta.
- El aterrizaje de la aeronave fue normal así como las fuerzas involucradas en la toma y por tanto no hubo condiciones especiales que afectasen al fallo de la pata izquierda.
- El desbloqueo de la posición de tren bajo fue debido a la rotura por sobrecarga del bulón pivote y de la orejeta delantera de cilindro estructural que permiten la no continuidad del mecanismo de bloqueo en el eje de giro de la palanca acodada.
- Todas las deformaciones y roturas encontradas permitieron identificar el inicio del proceso de fallo en la sobrecarga y posterior rotura a cortadura del bulón pivote.
- La sobrecarga en el mecanismo de bloqueo se debe bien a la precarga del mecanismo producida en su proceso de ajuste, bien a un movimiento oscilatorio por un ajuste incorrecto y holguras que amplifica los esfuerzos sobre la palanca acodada por la geometría del mecanismo.

3.2. Causas

El plegado de la pata izquierda del tren de aterrizaje se produjo por la discontinuidad del mecanismo de bloqueo de ésta. Las roturas en este mecanismo se debieron a sobrecarga sobre los elementos afectados. La sobrecarga en el mecanismo aparece por una redistribución de esfuerzos en el aterrizaje debidos probablemente a variación de los ajustes por holguras que son amplificadas por la geometría del propio mecanismo de bloqueo y que hacen que la configuración geométrica del conjunto de tren difiera de la prevista en el diseño.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

REC 11/08. Como consecuencia de la repetición de eventos similares que han afectado a distintos modelos de aeronaves Cessna que comparten el mismo diseño del tren principal y la variedad de operadores que se han visto involucrados en estos casos, se recomienda al fabricante Cessna que mejore la descripción del ajuste del sistema de retracción-extensión del tren principal de aterrizaje y su divulgación y aplicación práctica entre los operadores y mantenedores de estos tipos de aeronaves Cessna.