

Informe técnico

A-021/2022

Accidente ocurrido el día 9 de abril de 2022 a la aeronave Diamond DA-40, matrícula EC-IQD, operada por Aerotec Escuela de Pilotos, en el aeropuerto de Cuatro Vientos (Madrid)

El presente informe no constituye la edición en formato imprenta, por lo que puntualmente podrá incluir errores de menor entidad y tipográficos, aunque no en su contenido. Una vez que se disponga del informe maquetado y del Número de Identificación de las Publicaciones Oficiales (NIPO), se procederá a la sustitución del avance de informe final por el informe maquetado.



Advertencia

El presente informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas probables y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.6 del Reglamento (UE) nº 996/2010, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de octubre de 2010; el art.15 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea; y los arts. 1 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, ni prejuzga la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos por los que deben regirse las pruebas en un proceso judicial.

Consecuentemente, el uso que se haga de este informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.



INDICE

Advertencia.....	ii
INDICE	ii
ABREVIATURAS	iii
Sinopsis.....	v
1. INFORMACION SOBRE LOS HECHOS	7
1.1. Reseña del accidente	7
1.2. Lesiones a personas.....	7
1.3. Daños sufridos por la aeronave	7
1.4. Otros daños	7
1.5. Información sobre el personal.....	8
1.6. Información sobre la aeronave.....	8
1.7. Información meteorológica.....	15
1.8. Ayudas para la navegación.....	15
1.9. Comunicaciones	15
1.10. Información de aeródromo	16
1.11. Registradores de vuelo	16
1.12. Información sobre los restos de la aeronave	16
1.13. Información médica y patológica	17
1.14. Incendio	17
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia	17
1.16. Ensayos e investigaciones	17
1.17. Información organizativa y de dirección.....	19
1.18. Información adicional	19
1.19. Técnicas de investigación especiales.....	19
2. ANALISIS.....	20
2.1. Análisis del diseño de la pata de morro de la aeronave	20
2.2. Análisis del mantenimiento de la pata de morro de la aeronave establecido por el fabricante	20
2.3. Análisis del mantenimiento de la pata de morro de la aeronave efectuado por el operador.....	21
3. CONCLUSIONES	22
3.1. Constataciones.....	22
3.2. Causas/factores contribuyentes.....	22
4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL.....	23

ABREVIATURAS

° ‘ “	Grado(s), minuto(s) y segundo(s) sexagesimal(es)
A/C	Aeronave
AD	Directiva de Aeronavegabilidad
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
ATPL	Licencia de piloto de transporte de línea aérea
CAMO	Organización de gestión del mantenimiento de la aeronavegabilidad
CAR	Regulaciones de Aviación Civil
CPL	Licencia de Piloto Comercial
CRS	Certificado de Aptitud para el Servicio
DOA	Organización de Diseño de Aeronaves
EASA	Agencia Europea de Seguridad Aérea
FI	Instructor de vuelo
ft	Pie(s)
h	Hora(s)
IR	Habilitación Instrumental
kg	Kilogramo(s)
km	Kilómetro(s)
kt	Nudo(s)
lb	Libra(s)
LECU	Código OACI del aeropuerto de Cuatro Vientos (civil)
LEVS	Código OACI del aeropuerto de Cuatro Vientos (militar)
m	Metro(s)
MEP	Habilitación de avión multimotor de pistón
METAR	Informe meteorológico ordinario de aeródromo (en clave meteorológica aeronáutica)
mm	Milímetro(s)
MSB	Boletín de Servicio Obligatorio
N	Newton(s)
NDT	Ensayo no destructivo
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OSB	Boletín de Servicio de Voluntario
p/n	Número de pieza
PPL	Licencia de Piloto Privado
SEP	Habilitación de avión monomotor de pistón
SB	Boletín de Servicio
SI	Información de Servicio
STC	Certificado de Tipo Suplementario
TAF	Pronóstico de aeródromo

TC	Certificado de Tipo
TCCA	Autoridad de Aviación Civil de Canadá
UTC	Tiempo Universal Coordinado
VFR	Reglas de vuelo visual

Informe técnico

A-021/2022

Propietario	Aerotec Escuela de Pilotos
Operador:	Aerotec Escuela de Pilotos
Aeronave:	Diamond DA-40, matrícula EC-IQD (España)
Fecha y hora del accidente:	9 de abril de 2022, 9:45 h ¹
Lugar del accidente:	Aeropuerto de Cuatro Vientos
Personas a bordo:	2 (tripulación)
Tipo de vuelo:	Aviación General – Vuelo de Instrucción – Doble mando
Fase de vuelo:	Taxi – Taxi desde la pista
Tipo de operación:	VFR
Fecha de aprobación:	30 noviembre 2022

Sinopsis

Resumen:

El sábado 9 de abril de 2022, la tripulación de la aeronave Diamond DA-40, matrícula EC-IQD, despegó del aeródromo de Cuatro Vientos (LECU) con la intención de efectuar un vuelo local de instrucción; en concreto, un vuelo VFR en fase avanzada. A bordo de la aeronave se encontraban un piloto instructor y un alumno piloto.

Tras despegar, se dirigieron al punto de notificación N. Cuando se encontraban sobrevolando dicho punto de notificación, escucharon por la frecuencia de radio que varios tráficos regresaban al campo debido a la mala meteorología, la cual ocasionaba pérdida de contacto visual con el terreno. Tomaron la decisión de volver al aeródromo y el controlador de la torre de control les autorizó a incorporarse al primer tercio de viento en cola del circuito de tránsito para aterrizar por la pista 27.

Tras una aproximación y un aterrizaje sin incidencias, abandonaron la pista por la salida J3, siendo instruidos a rodar por la plataforma general vía la puerta E. Observaron que el puesto de estacionamiento nº 2 estaba libre. Debido a la envergadura de la aeronave y para evitar un giro brusco, el piloto instructor presentó el avión al puesto de estacionamiento girándolo. En ese instante, la pata delantera del tren de aterrizaje colapsó, la aeronave cayó e impactó contra el suelo dañándose las palas de la hélice.

El piloto instructor y el alumno piloto resultaron ilesos.

¹ La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local. La hora UTC son 2 horas menos.

Cuando descendieron de la aeronave, tras asegurarla, observaron que la rueda de morro se encontraba desplazada varios centímetros hacia delante.

La investigación ha determinado que la causa del accidente fue un fallo en servicio del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro producido por la fatiga del material.

Se han emitido dos recomendaciones de seguridad a Diamond, fabricante de la aeronave, para que actualice su Manual de Mantenimiento y sus boletines de servicio a fin de asegurar la coherencia entre ellos.

1. INFORMACION SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del accidente

El día 5 de febrero de 2022, se efectuó la última inspección de las 200 h en el centro de mantenimiento ASPA. Como parte de esta inspección, cumpliendo con lo establecido por Diamond en su boletín de servicio obligatorio MSB² 40-046 cubierto por la directiva de aeronavegabilidad de EASA AD 2009-0016, se examinó el estado del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro mediante colorantes penetrantes (penetrantes de Tipo II) sin detectar signos de fatiga del material.

El día 9 de abril de 2022, tras 110:06 h de vuelo desde la última inspección de las 200 h, la aeronave experimentó un fallo en servicio del material por fatiga cuando se encontraba rodando por la plataforma de estacionamiento del aeródromo de Cuatro Vientos.

Al romperse la pata de morro del tren de aterrizaje, la aeronave se deslizó por el suelo apoyándose en el morro, lo que provocó daños en la hélice y en el motor de la aeronave.

El piloto instructor y el alumno piloto resultaron ilesos.

1.2. Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales				
Lesionados graves				
Lesionados leves				
Ilesos	2		2	
TOTAL	2		2	

1.3. Daños sufridos por la aeronave

La aeronave sufrió daños en el tren de aterrizaje delantero, en la hélice y en el motor.

1.4. Otros daños

No hubo otros daños.

² En el Manual de Mantenimiento, Diamond indica que en un MSB se incluye la descripción de un problema y su solución. Advierte que, si no se implementa un MSB, pueden producirse fallos o malfuncionamientos durante la operación posterior. Concluye que debe implementarse un MSB.

1.5. Información sobre el personal

1.5.1. Información sobre el piloto instructor

El piloto instructor, de 22 años de edad, contaba con una licencia de piloto comercial (CPL) de avión, emitida por primera vez el 18 de marzo de 2020, con habilitaciones: MEP(land), SEP(land) e IR, todas ellas válidas hasta el 31 de marzo de 2024, e instructor de vuelo (FI) para PPL, CPL, SEP, válida hasta el 31 de octubre de 2023.

Disponía de certificado médico de Clase 1 válido hasta el 21 de octubre de 2022.

El piloto instructor tenía una experiencia acumulada de 772:30 h. Como instructor su experiencia era de 524:12 h. Su experiencia en la aeronave accidentada era de 14:48 h.

1.5.2. Información sobre el alumno piloto

El alumno piloto, de 33 años de edad, disponía de certificado médico de Clase 2 válido hasta el 6 de marzo de 2027.

El alumno piloto tenía una experiencia acumulada de 91:30 h.

Estaba recibiendo el curso integral de ATPL. El día del accidente iba a efectuar el primer vuelo en el tipo de avión y este iba a ser su segundo vuelo VFR en fase avanzada.

1.6. Información sobre la aeronave

- Marca: Diamond
- Modelo: DA-40
- Año de fabricación: 2002
- Número de serie: 40229
- Matrícula: EC-IQD
- Masa máxima al despegue: 1150 Kg
- Número de motores: 1
- Tipo de motores: Lycoming IO-360-M1A, con número de serie L2719851E.
- Información relativa al propietario y al explotador: La aeronave está registrada en el Registro de Matrículas español a nombre de Aerotec Escuela de Pilotos desde el 22 de septiembre de 2003.

La aeronave dispone de un Certificado de Aeronavegabilidad expedido el 23 de mayo de 2014 y de un Certificado de Revisión de la Aeronavegabilidad válido hasta el 25 de agosto de 2022.

En el momento del suceso, el número de horas de la aeronave era 4855:06 h.

En la siguiente fotografía puede observarse el panel de instrumentos de la aeronave:



Ilustración 1: Panel de instrumentos de la aeronave

En el momento del suceso, la pata de morro instalada en la aeronave era la *D41-3223-10-00*.

1.6.1. Descripción de la pata delantera del tren de aterrizaje de la aeronave

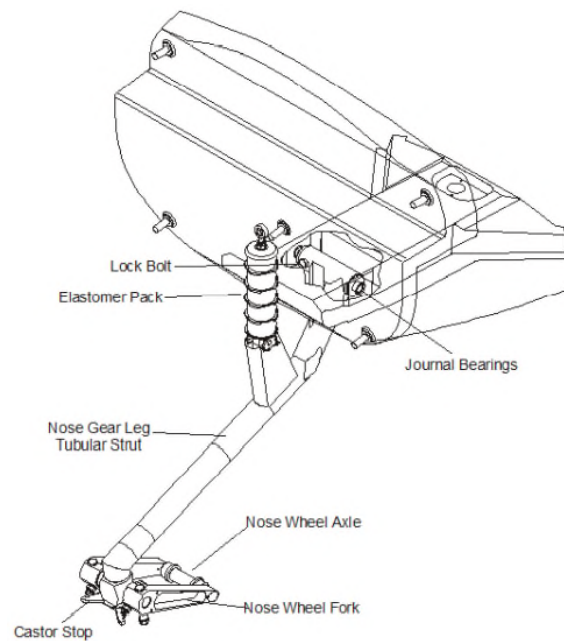
La aeronave DA-40 está equipada con un tren de aterrizaje triciclo, fijo. El tren principal está unido a la sección central del fuselaje y la pata delantera al fuselaje delantero. Las ruedas del tren principal están dotadas de un freno de disco operado mediante presión hidráulica. La rueda de la pata delantera es giratoria.

La figura derecha muestra la instalación de tren de morro.

El puntal de la pata delantera es un tubo de acero soldado. Su extremo superior termina en un tubo transversal que contiene los cojinetes principales de fijación, que permiten que el puntal se mueva solamente hacia arriba y hacia abajo.

El puntal dispone de un soporte soldado que sostiene un paquete de elastómero, cuyo extremo superior está unido a la bancada del motor.

En el extremo inferior del puntal hay un pivote casi vertical para la horquilla, la cual permite el movimiento de la rueda. Los topes limitan este giro entre $\pm 30^\circ$. Una carga lateral en la rueda la hace girar en el eje. La rigidez (fricción de la dirección) del pivote de la horquilla se puede ajustar con el tornillo inferior de montaje de la horquilla..



1.6.2. Mantenimiento de la pata delantera del tren de aterrizaje de la aeronave establecido por el fabricante de la aeronave en su Manual de Mantenimiento

Diamond, fabricante de la aeronave, ha especificado en su Manual de Mantenimiento³, en concreto en la sección 05-28-50 dedicada al mantenimiento de la estructura de la aeronave, las tareas para la pata de morro del tren de aterrizaje. Estas son:

1. Inspeccionar la pata de morro en busca de grietas, corrosión, estado de la pintura y deformación.
2. Examinar la unión con la rueda, especialmente para asegurar que la fijación es correcta y no hay grietas ni deformación.
3. Examinar los cojinetes en la parte inferior del fuselaje, determinando si tienen juego.
4. Examinar el conjunto de amortiguación: los muelles del elastómero, el cojinete esférico situado en la parte superior del elastómero, el resorte del elastómero y el tubo central del elastómero.
5. Desmontar la horquilla de la pata de morro e inspeccionar en busca de grietas, corrosión y deformación, especialmente en los extremos y en las áreas redondeadas de las esquinas.
6. Inspeccionar los bujes del cuello de la horquilla.
7. Inspeccionar la pata de morro en busca de grietas, corrosión y daños usando una linterna y una lupa de 10 aumentos. Prestar especial atención a las áreas redondeadas de las esquinas del eje pivotante de la horquilla (especialmente el radio de acuerdo de la parte superior) y las roscas en la parte inferior de este. Si se considera que pudiese

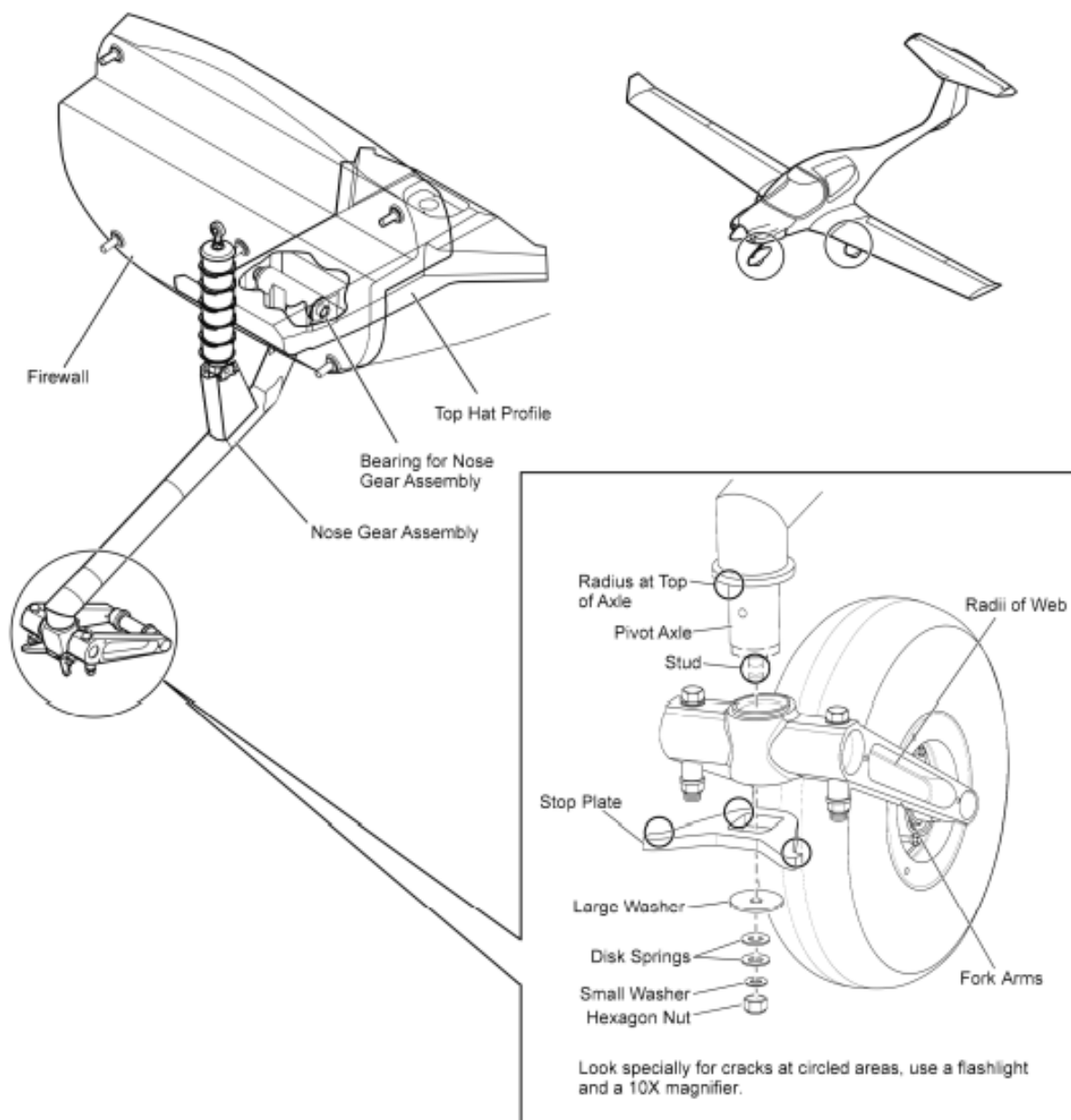
³ DA 40 Series Airplane Maintenance Manual, documento 6.02.01, Rev 8 de 18/10/2019

haber grietas, realizar una inspección mediante penetrantes fluorescentes de acuerdo con ASTM 1417 o un método equivalente.

8. Inspeccionar la placa de tope de giro en busca de grietas y daños
9. Montar la horquilla y efectuar una prueba del juego y de la fricción de la rueda. La fuerza de fricción en el eje debe estar comprendida entre 30 y 50 N (o 6,75 y 11,25 lb).

Todas las tareas han de efectuarse dentro de las inspecciones periódicas de las 100, 200, 1000 y 2000 h de vuelo, salvo el tubo central del elastómero que ha de inspeccionarse cada 1000 h.

La siguiente figura muestra una descripción de los componentes de la pata de morro junto con una ampliación de la horquilla de esta:

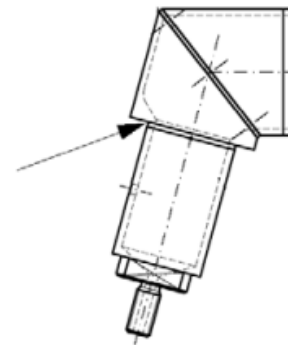


1.6.3. Publicaciones de Diamond aplicables al mantenimiento de la aeronave modelo DA-40 180

Las tareas especificadas en el Manual de Mantenimiento se complementan con las establecidas por Diamond en sus boletines de servicio.

En el año 2005, Diamond informó a través de la SI 40-027 de la directiva de aeronavegabilidad con referencia A-2005-005 emitida por Austro Control, la autoridad de aviación civil de Austria, requiriendo la inspección de la pata de morro debido a la aparición de grietas por fatiga en el eje pivotante de la horquilla. En el caso de aeronaves que operen desde pistas pavimentadas, como es el caso de la aeronave accidentada, esta inspección deberá realizarse dentro de las próximas 100 h de operación y después cada 200 h de operación.

Posteriormente, en el año 2008, Diamond publicó el boletín de servicio mandatorio MSB 40-046 que establece cómo ha de efectuarse la inspección del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro (ver la zona señalada por la flecha en la figura de la derecha) para detectar posibles grietas debido a fatiga:



- Se usará un método de colorantes penetrantes.
- En el caso de aeronaves que operen desde pistas pavimentadas, como es el caso de la aeronave accidentada, esta inspección deberá realizarse dentro de las próximas 100 h de operación y después cada 200 h de operación.

Diamond indicaba en este boletín de servicio que en el caso de encontrar alguna grieta habría que sustituir la pata. Si la pata instalada fuera con P/N D41-3223-10-00_1 o superior se considera como acción definitiva para Diamond.

Posteriormente, EASA publicó la directiva de aeronavegabilidad AD 2009-2016 con el fin de hacer aplicable el MSB 40-046 de Diamond.

Durante la investigación se consultó con Diamond porqué en el MSB 40-046 se indica que el método a usar es el de colorantes penetrantes (penetrantes de tipo II) y en el Manual de Mantenimiento se establece el uso de penetrantes fluorescentes (penetrantes de tipo I) o un método equivalente para la detección de posibles grietas. Diamond explicó que cuando se elaboró el MSB 40-046, el uso de penetrante de color rojo era una práctica recomendada en la aviación. Posteriormente se descubrió que el colorante rojo podía permanecer en las partes inspeccionadas tras la inspección afectando a las inspecciones posteriores. Los residuos de los materiales de contraste de color, introducidos por inspecciones previas, podían causar contaminación en el proceso de penetrantes con fluorescentes afectado al resultado de las inspecciones posteriores. Por ello es esencial eliminar los residuos de los colorantes penetrantes tras la inspección limpiando previamente la pieza de acuerdo a los métodos de limpieza establecidos. ASTM E1417 prohíbe el uso de penetrantes de tipo II

para el examen de la aceptación final de los productos aeroespaciales. Además ASTM E1417 incluye que los penetrantes de tipo II no se usarán antes de examinar la misma superficie con penetrantes de Tipo I. Como resultado, los penetrantes recomendados actualmente son de tipo I. Por ello, en el Manual de Mantenimiento, Diamond introdujo el término "fluorescente" para fomentar el uso de penetrantes de tipo I.

Recientemente, en el año 2021, Diamond ha publicado un nuevo boletín de servicio obligatorio MSB 40-091 aplicable a las aeronaves con patas de morro con P/N D41-3223-10-00 y D41-3223-10-00_1. Este boletín de servicio requiere que la inspección con colorante penetrante (penetrante de tipo II) se efectúe cada 100 h de operación, independientemente del tipo de superficie desde la que se opere.

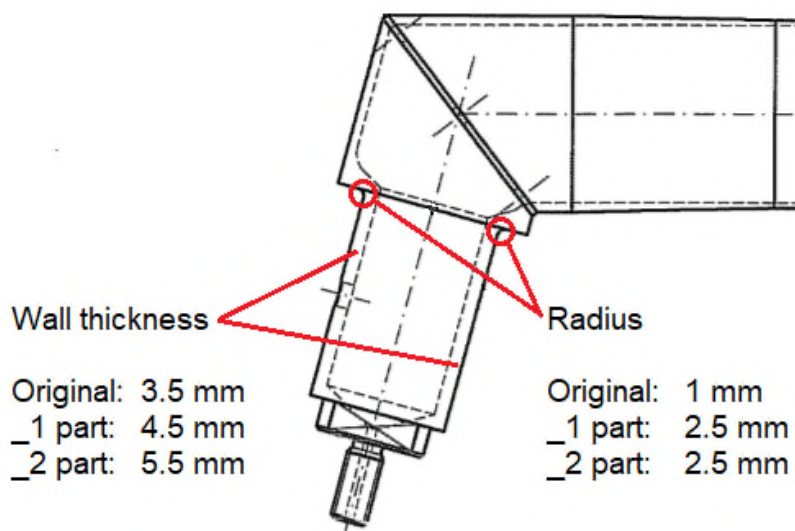
Diamond indica en este boletín de servicio que la acción definitiva es la sustitución de la pata de morro por otra rediseñada, con P/N D41-3223-10-00_2 o superior.

Actualmente EASA no ha publicado la correspondiente directiva de aeronavegabilidad para hacer aplicable este nuevo MSB de Diamond⁴. Durante la investigación se consultó este aspecto a EASA, que, tras coordinarse con la TCCA, informó que la TCCA está trabajando con Diamond Canada en una nueva AD, que reemplazará a la actual AD 2009-2016 de EASA.. El uso de colorante penetrante (o Tipo II Colorante Visible) recomendado en la MSB 40-091, publicada el 18 de enero de 2021 y aplicable a las patas de morro: P/N D41-3223-10-00 y P/N D41-3223-10-00_01, no está alineada con los requisitos establecidos por la TCCA. Por ello en la nueva AD se incluirá la necesidad de evitar el uso de colorante penetrante (o Tipo II Colorante Visible) para el examen de aceptación final de los productos aeroespaciales tal y como se establece en el ASTM-E1417 y en el CAR Standard 571.10

1.6.4. Evolución del diseño del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro

Durante la investigación, Diamond ha proporcionado información de cómo ha ido evolucionando el diseño del eje pivotante en las distintas versiones de las patas de morro:

⁴ A través del proceso de supervisión de las DOAs (Design Organisation Approval), EASA promueve que los titulares del TC/STC designen un Boletín de Servicio (SB) como obligatorio solamente si saben que estará cubierto por una AD. En todos los demás casos, el titular del TC/STC debe utilizar el término "altamente recomendado" (o equivalente). En el caso de los SB designados como "obligatorios" por el titular del TC/STC para los que no se ha emitido ninguna AD y que no están incluidos en el programa de mantenimiento del fabricante, como es el caso, la decisión final de aplicar dicha SB recae en el propietario/operador o CAMO contratado.



Tras efectuar un análisis de esfuerzos, Diamond considera que el número de ciclos que podría durar la versión_2 es aproximadamente de 6 a 10 veces superior al de la versión_1 al ser menos susceptible a la fatiga.

1.6.5. Programa de Mantenimiento del operador de la aeronave. Mantenimiento del tren de aterrizaje efectuado por el operador de la aeronave

El operador de la aeronave ha establecido en su Programa de Mantenimiento, basándose en el Manual de Mantenimiento del fabricante y en las Directivas de Aeronavegabilidad que apliquen, el mantenimiento programado del tren de aterrizaje.

En particular, las tareas de mantenimiento más recientes llevadas a cabo por el operador de la aeronave sobre el tren de aterrizaje en general y sobre la pata de morro en particular se detallan en la siguiente tabla:

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	CRS #	A/C H	FECHA	CENTRO DE MANTENIMIENTO
1	EASA AD 2009-0016	21/081	4494:54	05/06/2021	ASPA, S.L. (ES.145.099)
2	Rev. 200 h	21/160	4544:00	24/09/2021	ASPA, S.L. (ES.145.099)
3	Rev. 100 h	21/192	4645:00	02/12/2021	ASPA, S.L. (ES.145.099)
4	EASA AD 2009-0016	21/203	4692:06	29/12/2021	ASPA, S.L. (ES.145.099)
5	Rev. 200 h	22/020	4745:00	05/02/2022	ASPA, S.L. (ES.145.099)
6	Rev. 100 h	22/049	4840:06	30/03/2022	AEROTEC, S.L. (ES.CAO.021)

Como se observa en la tabla, la última revisión de mantenimiento se efectuó el 30 de marzo de 2022 y consistió en la inspección de las 100 h. Como requiere el Manual de

Mantenimiento de Diamond, se inspeccionó la pata de morro en busca de grietas, corrosión y daños usando una linterna y una lupa de 10 aumentos. La aeronave tenía en ese momento 4840:06 h. Cuando la aeronave sufrió el accidente el día 9 de abril tenía 4855:06 h; por tanto, habían pasado 15:06 h desde la última inspección de las 100 h.

Por otro lado, la última inspección de las 200 h se efectuó el día 5 de febrero de 2022 en el centro de mantenimiento ASPA. Como parte de esta inspección, cumpliendo con lo establecido por Diamond en su boletín de servicio obligatorio MSB 40-046 cubierto por la directiva de aeronavegabilidad de EASA AD 2009-0016, se examinó el estado del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro mediante colorantes penetrantes⁵ sin detectar signos de fatiga del material. En ese momento la aeronave tenía 4745:00 h de vuelo. Cuando la aeronave sufrió el accidente el día 9 de abril habían transcurrido 110:06 h desde la última inspección de las 200 h.

1.7. Información meteorológica

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) realiza METAR semi-horarios y predicciones TAF en el aeropuerto de Cuatro Vientos.

Los METAR antes y después de las 7:45 UTC fueron los siguientes:

*METAR LEVS 090730Z 24006KT 9999 SCT050 BKN060 BKN070 10/09 Q1018=
METAR LEVS 090800Z 23009KT 9999 FEW006 BKN060 BKN070 11/10 Q1018=*

El TAF previsto para esa hora era el siguiente:

*TAF LEVS 090500Z 0906/1006 25008KT 9999 SCT045 TX18/0914Z TN09/0906Z
PROB30 TEMPO 1003/1006 OVC005=*

Por tanto, las condiciones meteorológicas no implicaban fenómenos significativos en el aeropuerto de Cuatro Vientos a la hora del suceso. Había techos de nubes cuya base estaba entre los 5000 y 6000 ft de altura. El viento era flojo de componente oeste-suroeste.

1.8. Ayudas para la navegación

No aplicable.

1.9. Comunicaciones

No aplicable.

⁵ El operador efectuó una inspección por penetrantes de contraste por color, para la cual dispone de medios. Con respecto a la inspección por penetrantes fluorescentes (utilizando luz ultravioleta), el operador indicó durante la investigación que no dispone de medios (y en caso de necesidad deberían recurrir a una organización aprobada para ello).

1.10. Información de aeródromo

El aeropuerto de Cuatro Vientos (con código OACI LECU) se encuentra a 8,5 km al suroeste de la ciudad de Madrid. Su elevación es de 692 m. Dispone de una pista: 09/27, cuyas dimensiones son 1500 m de largo y 30 m de ancho.

En el momento del accidente la aeronave, tras aterrizar por la cabecera 27, había salido de la pista por la puerta E y se encontraba rodando por la plataforma de estacionamiento para estacionarse en el parking 02. Se muestra en el plano del aeródromo (en color naranja) el desplazamiento de la aeronave:

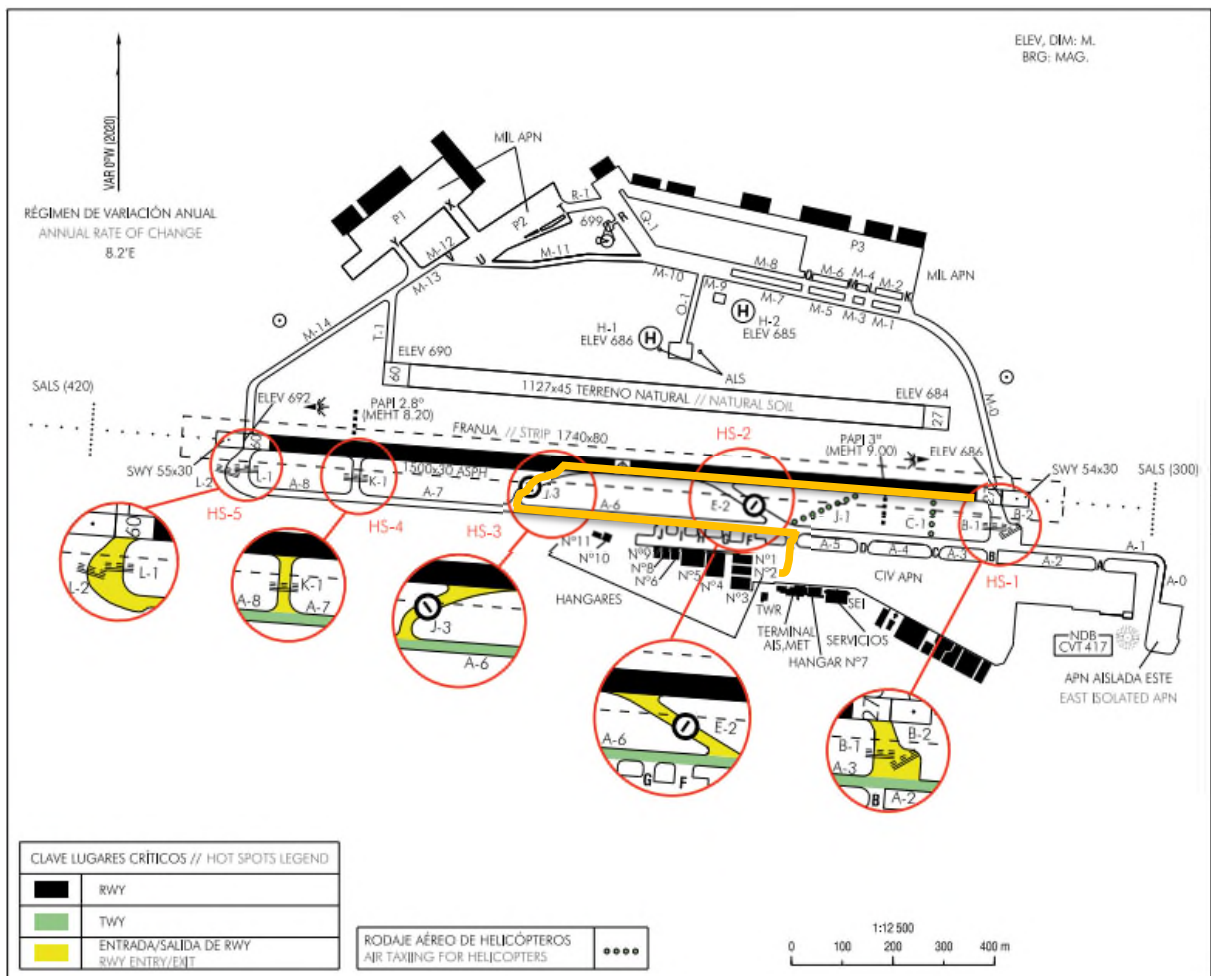


Ilustración 2: Plano de aeródromo

1.11. Registradores de vuelo

No aplicable.

1.12. Información sobre los restos de la aeronave

En la siguiente imagen se muestra cómo quedó la aeronave tras romperse la pata delantera del tren de aterrizaje. En la misma pueden observarse los daños en las palas de la hélice causados por el desplazamiento de la aeronave sobre la pista sin la pata delantera:



Ilustración 3: Estado de la aeronave tras el suceso

1.13. Información médica y patológica

No se encontró prueba de que la actuación de la tripulación de vuelo se haya visto afectada por factores fisiológicos o incapacitantes.

1.14. Incendio

No se encontraron rastros de incendio en vuelo o después del impacto.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Los atalajes y sistemas de retención realizaron correctamente su función y el habitáculo de cabina mantuvo su integridad estructural.

1.16. Ensayos e investigaciones

Se ha estudiado la rotura que presentaba la pata de morro del tren de aterrizaje. En la siguiente imagen, a la izquierda, se ha señalado con una flecha roja la zona de la rotura y, a la izquierda, se muestran fotografías de la rotura del perfil tubular y del eje de giro sobre el que se acopla el soporte de la rueda delantera:

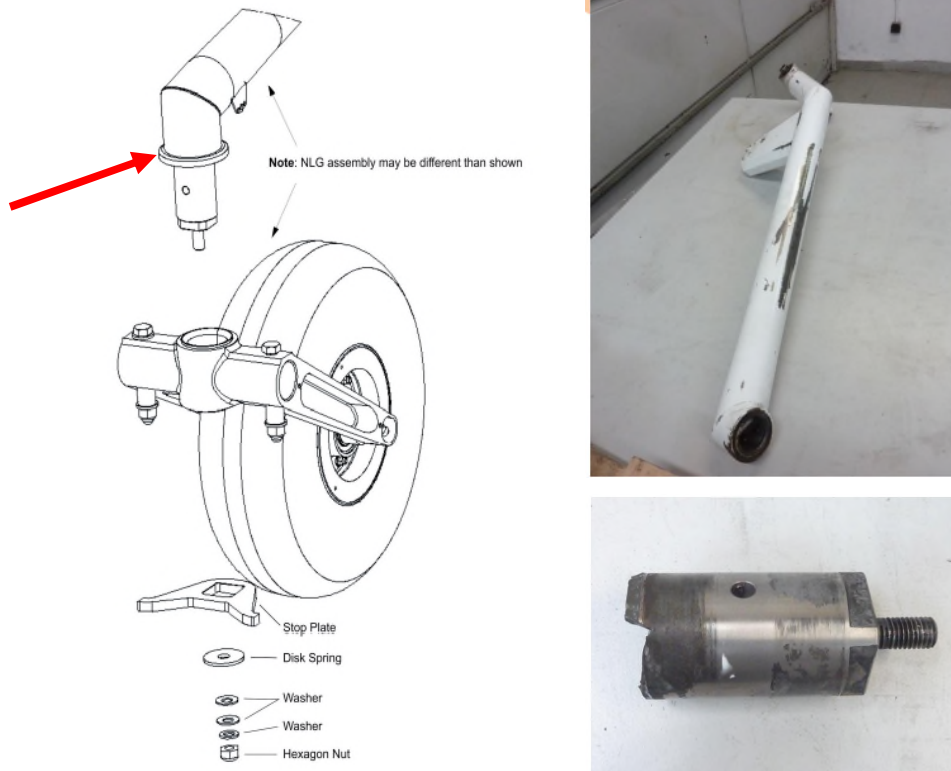


Ilustración 4: Rotura de las piezas de la pata delantera del tren de aterrizaje

A partir del examen visual de la superficie de fractura y de las características fractográficas dejadas por el proceso de fallo que ha conducido a la rotura total, el laboratorio de la empresa SGS constató que en la superficie de rotura de ambas piezas se podían distinguir 3 zonas claramente diferentes entre sí por la topografía que presentaban:

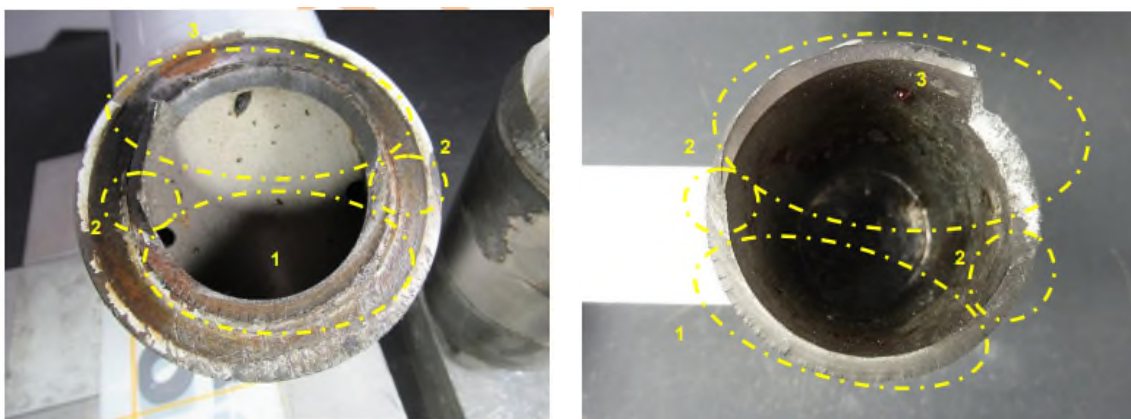


Ilustración 5: A la izquierda, fotografía de la rotura del perfil tubular y a la derecha, fotografía del eje de giro

La zona 1 presenta una textura suave y mate, donde destaca principalmente la presencia de marcas radiales en todo su desarrollo y de una longitud aproximada de un tercio de la sección. Por detrás de estas marcas radiales, se aprecian marcas circunferenciales con una curvatura muy abierta que prácticamente siguen el perímetro circunferencial del perfil. Estas características son propias de una rotura por fatiga.

La numerosa presencia de marcas radiales indica que hubo numerosos orígenes de la rotura por fatiga por la superficie exterior y generalmente asociados a un estado tensional muy alto en todo el perímetro de la superficie donde se producen. Dado el elevado nivel de tensiones presentes, la rotura progresó rápidamente.

Cuando la carga aplicada supera la resistencia del material al desgarro, el mecanismo de fractura cambia (zona 2) siendo un desgarro semifrágil, donde la textura superficial es rugosa y con un cambio en el plano de la progresión de la rotura.

Por último, en la zona 3, se produce una deformación plástica por la sobrecarga de esfuerzos sobre la sección remanente de la pieza.

La rotura por fatiga se ha producido en la parte superior del eje, en un cambio de sección donde la transición no es suave y que constituye una entalla geométrica; es decir, un punto de acumulación de tensiones en todo el perímetro, generando el inicio de la rotura por fatiga y favoreciendo su rápida progresión.

1.17. Información organizativa y de dirección

El operador de la aeronave accidentada es Aerotec Escuela de Pilotos que es una organización de formación aprobada (E-ATO-185) por AESA. Tiene su base en los aeropuertos de Madrid-Cuatro Vientos y San Pablo-Sevilla.

1.18. Información adicional

1.18.1. Informe interno del operador de la aeronave

Tras analizar internamente lo sucedido, el operador de la aeronave ha tomado la decisión de reemplazar la pata de morro por otra rediseñada, con un P/N D41-3223-10-00_2, en base a lo establecido por el fabricante de la aeronave en su boletín de servicio obligatorio MSB 40-091, según el cual, esta es la acción definitiva para evitar en el futuro este tipo de fallos en servicio.

1.19. Técnicas de investigación especiales

No aplicable.

2. ANALISIS

Dado que se estudió la rotura del eje pivotante de la pata de morro y se determinó que este había fallado en servicio debido a la fatiga del material, se analiza en este informe: el diseño de la pata de morro de la aeronave, el mantenimiento establecido por el fabricante y el mantenimiento efectuado por el operador.

2.1. Análisis del diseño de la pata de morro de la aeronave

El laboratorio de SGS determinó que el eje pivotante de la horquilla de la pata de morro había fallado en servicio por fatiga. Concluyó que el diseño del eje pivotante no era el más adecuado ya que el cambio de sección de este, con una transición abrupta, debida al escaso radio de acuerdo, constituía un punto de acumulación de tensiones en todo el perímetro. Además, se observó que el cromado del eje pivotante estaba muy desgastado, con lo cual, había habido bastante fricción entre este y la horquilla, contribuyendo también a la aparición de tensiones en la zona.

Durante la investigación Diamond detalló cómo había evolucionado el diseño del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro para evitar su fallo en servicio debido a la fatiga del material. Indicó que se había incrementado el grosor de la pared del eje pivotante: 3,5 mm en la versión original, 4,5 mm en la versión _1 y 5,5 mm en la versión_2 al igual que el radio de acuerdo que lo une al resto de la pata: 1 mm en la versión original, 2,5 mm en la versión _1 y 2,5 mm en la versión_2.

Dado que Diamond ha determinado que la vida útil de la versión_2 es aproximadamente de 6 a 10 veces superior a la de la versión_1, se considera que Diamond está tomando acción para alargar la vida útil de las patas de morro y por ello no se emite una recomendación de seguridad en este ámbito.

2.2. Análisis del mantenimiento de la pata de morro de la aeronave establecido por el fabricante

Diamond ha especificado en su Manual de Mantenimiento⁶, en concreto en la sección 05-28-50 dedicada al mantenimiento de la estructura de la aeronave, las tareas para la pata de morro, independientemente de la versión de esta (original, _1 ó _2). En concreto, ha establecido dentro de las inspecciones periódicas de las 100, 200, 1000 y 2000 h de vuelo que se inspeccione la pata de morro en busca de grietas, corrosión y daños prestando especial atención al eje pivotante de la horquilla. Si se considera que pudiese haber grietas, debe realizarse una inspección mediante penetrantes fluorescente (penetrantes de tipo I) de acuerdo con ASTM 1417 o un método equivalente.

Por otro lado, la directiva de aeronavegabilidad AD 2009-2016 de EASA que hace aplicable el MSB 40-046 de Diamond establece que para la inspección del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro se usen colorantes penetrantes (penetrantes de tipo II) y que

⁶ DA 40 Series Airplane Maintenance Manual, versión 6.02.01

esta se efectúe cada 200 h de operación en el caso de aeronaves que operen desde pistas pavimentadas, como es el caso de la aeronave accidentada.

Dado que existe incoherencia entre el Manual de Mantenimiento, que establece el uso de penetrantes fluorescentes (penetrantes de tipo I), y el MSB 40-046, que indica que el método a usar es el de colorantes penetrantes (penetrantes de tipo II), se considera necesario emitir una recomendación de seguridad a Diamond para que actualice el MSB 40-046 de acuerdo a lo establecido en el Manual de Mantenimiento.

Recientemente, en el año 2021, Diamond ha publicado el MSB 40-091, el cual no está respaldado por ninguna directiva de aeronavegabilidad. En este boletín de servicio, Diamond requiere que la inspección con colorante penetrante (penetrantes de tipo II) se efectúe cada 100 h de operación, independientemente del tipo de superficie desde la que se opere.

De nuevo, se considera necesario emitir una recomendación de seguridad a Diamond para que actualice su Manual de Mantenimiento de acuerdo con este nuevo MSB si considera que su cumplimiento debe de ser obligatorio ya que no está prevista la publicación de una directiva de aeronavegabilidad que lo respalde.

2.3. Análisis del mantenimiento de la pata de morro de la aeronave efectuado por el operador

De acuerdo con el Programa de Mantenimiento Aprobado, el operador de la aeronave accidentada cumplía con lo especificado en el Manual de Mantenimiento de Diamond y en la directiva de aeronavegabilidad de EASA AD 2009-2016 que hace aplicable el MSB 40-046 de Diamond; por tanto:

- Cada 100 h de vuelo, inspeccionaba la pata de morro en busca de grietas, corrosión y daños usando una linterna y una lupa de 10 aumentos. La última revisión de las 100 h, se efectuó el 30 de marzo de 2022 sin detectar anomalías.
- Cada 200 h de operación, examinaba el estado del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro mediante colorantes penetrantes (penetrantes de tipo II). La última inspección se efectuó el día 5 de febrero de 2022 sin detectar signos de fatiga del material.

Cuando la aeronave sufrió el accidente el día 9 de abril habían transcurrido 15:06 h desde la última revisión de las 100 h y 110:06 h desde la última inspección de las 200 h

Del estudio de la rotura de la pieza, se considera conveniente una inspección detallada del eje en las revisiones de mantenimiento para anticiparse a posibles fallos en servicio. Dado que se ha considerado necesario emitir dos recomendaciones de seguridad a Diamond para que actualice su Manual de Mantenimiento y sus boletines de servicio MSB 40-091 y MSB 40-046, se concluye que no es necesario emitir una recomendación adicional.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

- Cuando la aeronave sufrió el accidente habían pasado 15:06 h desde la última revisión de las 100 h, en la cual se inspecciona la pata de morro en busca de grietas, corrosión y daños usando una linterna y una lupa de 10 aumentos. En esta inspección no se detectaron anomalías.
- Desde la última inspección de las 200 h, en la cual se examina el estado del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro mediante colorantes penetrantes, había transcurrido 110:06 h. En la inspección no se detectaron signos de fatiga del material.
- El eje pivotante de la horquilla de la pata de morro falló en servicio debido a la fatiga del material.
- El operador de la aeronave la mantenía conforme al Manual de Mantenimiento de Diamond y la directiva de aeronavegabilidad AD 2009-2016 de EASA que hace aplicable el MSB 40-046 de Diamond.
- El MSB 40-046 de Diamond establece que para la inspección del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro se usen colorantes penetrantes y que esta se efectúe cada 200 h de operación en el caso de aeronaves que operen desde pistas pavimentadas, como es el caso de la aeronave accidentada.
- Diamond ha establecido en su MSB 40-091 que se inspeccione el eje pivotante de la horquilla de la pata de morro con colorante penetrante cada 100 h en lugar de cada 200 h
- El MSB 40-091 no está respaldado por ninguna directiva de aeronavegabilidad ni lo establecido en el mismo está incluido en el Manual de Mantenimiento de Diamond.

3.2. Causas/factores contribuyentes

La investigación ha determinado que la causa del accidente fue un fallo en servicio del eje pivotante de la horquilla de la pata de morro producido por la fatiga del material.

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Dado que durante la investigación del accidente se ha detectado cierta incoherencia entre el Manual de Mantenimiento y los boletines de servicio de Diamond, se emiten dos recomendaciones de seguridad:

REC 42/22: Se recomienda a Diamond que actualice el MSB 40-046 de acuerdo a lo establecido en el Manual de Mantenimiento.

REC 43/22: Se recomienda a Diamond que actualice su Manual de Mantenimiento de acuerdo al MSB 40-091 si considera que su cumplimiento debe de ser obligatorio ya que no está prevista la publicación de una directiva de aeronavegabilidad que lo respalde.