

Informe técnico

A-003/2022

Accidente ocurrido el día 10 de enero de 2022, a la aeronave PS-28 Cruiser, matrícula EC-NKP, operada por Flyschool Air Academy, en el aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo, España)

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.

ÍNDICE

ADVERTENCIA.....	0
ABREVIATURAS	2
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS.....	2
1.1. Reseña del accidente.....	2
1.2. Lesiones a personas.....	3
1.3. Daños sufridos por la aeronave	3
1.4. Otros daños	3
1.5. Información sobre el personal.....	4
1.6. Información sobre la aeronave	4
1.7. Información meteorológica	7
1.8. Ayudas para la navegación.....	7
1.9. Comunicaciones	8
1.10. Información de aeródromo.....	8
1.11. Registradores de vuelo	8
1.12. Información sobre los restos de la aeronave	8
1.13. Información médica y patológica	9
1.14. Incendio	10
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia	10
1.16. Ensayos e investigaciones	10
1.17. Información organizativa y de dirección.....	17
1.18. Información adicional.....	17
1.19. Técnicas de investigación especiales.....	17
2. ANÁLISIS	18
2.1. Fractura de los tornillos debido a la fatiga.....	18
2.2. Causa de la fatiga de los tornillos	18
2.3. Contribución de los procedimientos de mantenimiento	19
2.4. Secuencia de roturas tras la fractura de los tornillos.....	20
2.5. Referencia temporal de la fractura de los tornillos.....	21
3. CONCLUSIÓN	22
3.1. Constataciones	22
3.2. Causas/Factores contribuyentes.....	22
4. RECOMENDACIONES.....	24
ANEXO	26

ABREVIATURAS

AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
ARO	Oficina de notificación de los servicios de tránsito aéreo
ATO	Organización de entrenamiento aprobada
ATPL(A)	Licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión
CPL(A)	Licencia de piloto comercial de avión
FAA	Federal Aviation Administration
Inch-lb	Libra por pulgada
IR	Habilitación de instructor de avión
kt	Nudo(s)
LECU	Indicativo OACI del aeropuerto de Cuatro Vientos (Madrid)
m	Metro(s)
METAR	Informe meteorológico rutinario de aeródromo
Nm	Newton por metro
p/n	Número de la parte
s/n	Número de la serie
VFR	Reglas de vuelo visual

Informe Técnico A-003/2022

Propietario y operador:	Flyschool Air Academy
Aeronave:	Check Sport Aircraft PS-28 Cruiser, EC-NKP (España)
Fecha y hora del accidente:	Lunes, 10 de enero de 2022; 11:30 hora local ¹
Lugar del accidente:	Aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo)
Personas a bordo:	2 (tripulación, ilesos)
Tipo de vuelo:	Aviación general – instrucción – doble mando
Fase de vuelo:	Despegue - recorrido de despegue
Reglas de vuelo:	VFR
Fecha de aprobación:	28 de septiembre de 2022

Sinopsis

Resumen:

El lunes 10 de enero de 2022, la aeronave PS28 Cruiser EC-NKP, operada por la escuela Flyschool, con dos personas a bordo en un vuelo de instrucción en doble mando, sufrió la separación de la rueda derecha del tren de aterrizaje principal al inicio de la carrera de despegue. La aeronave quedó apoyada sobre el disco de freno del tren principal derecho, sobre el que avanzó aproximadamente 70 metros sobre la pista hasta quedar detenida. Las dos personas a bordo resultaron ilesas.

La investigación ha determinado como causa del accidente la degradación, por pérdida del par de apriete, de la unión roscada del buje (*hub*) y las semillantas (*inner and outer wheel rim*) tras tres operaciones de cambio de neumático (procedimiento 8.5.1 *Tire Change* del Manual de Mantenimiento). Esta degradación del conjunto generó fatiga en dos de los tres tornillos de esta unión roscada, que acabaron fracturándose, y produciendo la separación de la rueda derecha del tren principal.

Se considera factor contribuyente la falta de mención explícita sobre la no reutilización de tuercas autoblocantes en las instrucciones de mantenimiento para el montaje y desmontaje de este conjunto roscado en el procedimiento 8.5.1 *Tire Change* del Manual de Mantenimiento.

El informe contiene tres recomendaciones de seguridad dirigidas al fabricante Czech Aircraft Group, en relación con el Manual de Mantenimiento de las aeronaves PS28 Cruiser. El informe también recoge las acciones de seguridad ya implantadas por el operador en el transcurso de la investigación.

¹ 11:30 UTC. La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del accidente

El lunes 10 de enero de 2022, la aeronave PS28 Cruiser, matrícula EC-NKP, de la escuela Flyschool Air Academy², con indicativo de vuelo FSM697, despegó a las 10:48 horas desde el aeropuerto de Cuatro Vientos (Madrid), donde tenía su base, para realizar un vuelo local de instrucción en doble mando de dos horas de duración³.

Era el segundo vuelo del día de la aeronave y, debido a que el anterior alumno había reportado problemas⁴ en el freno izquierdo, se dirigieron a Casarrubios del Monte (Toledo), donde la escuela tenía su centro de mantenimiento, para que la aeronave fuese revisada antes de iniciar el vuelo de formación propiamente dicho.

La aeronave llegó a Casarrubios, con el alumno sentado a la izquierda como piloto a los mandos, para aterrizar por la pista 26. Realizaron un primer intento de toma, que tuvieron que frustrar debido al viento y, finalmente, en un segundo intento, con el instructor esta vez como piloto a los mandos, aterrizaron sin incidencias. Rodaron hasta el hangar de mantenimiento y revisaron el conjunto de frenos (presión, nivel del líquido hidráulico y prueba funcional) fue revisado durante aproximadamente 10 minutos sin que se encontrase nada anormal.

Alrededor de las 11:30 horas, la tripulación estaba de nuevo a bordo y comprobaba el funcionamiento de los frenos, con resultado satisfactorio. Desde el hangar de mantenimiento de Flyschool, la aeronave iniciaba el rodaje hasta la cabecera de la pista 26.

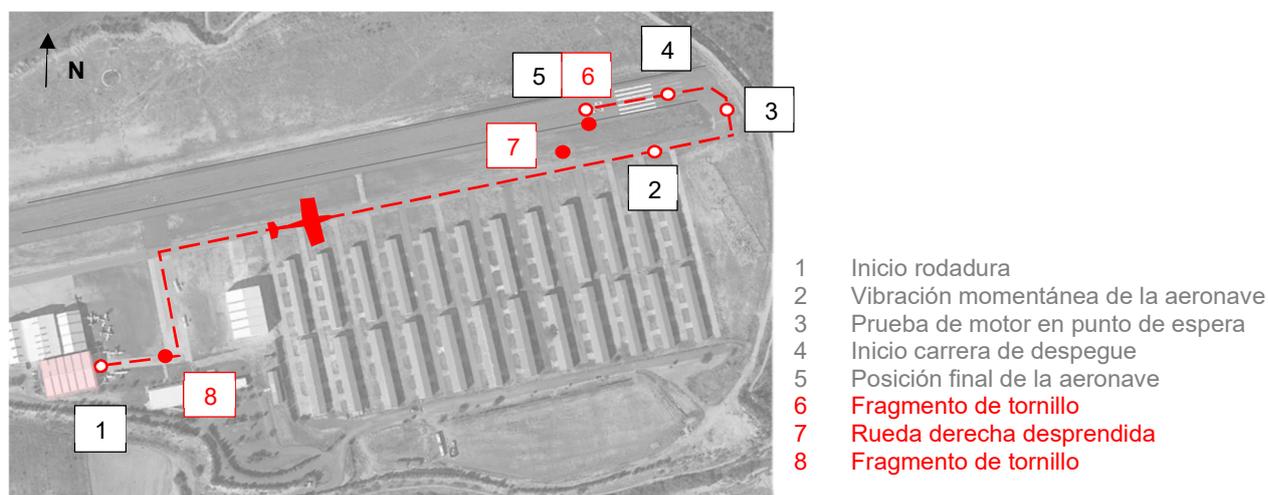


Figura 1. Recorrido de despegue (descrito por la tripulación)

A partir de este momento, el instructor y el alumno describieron la siguiente secuencia (figura 1):

1. Iniciaron el rodaje desde el hangar de mantenimiento.

² Organización de formación aprobada por AESA con el nombre Airpilot Escuela de vuelo, con referencia ATO E-207.

³ El vuelo se realizó con un plan de vuelo que fue presentado a las 09.57 hora local en la oficina ARO de LECU y que fue aprobado a las 10:07 hora local. El plan de vuelo indicaba una duración estimada de 2 horas y se iba a realizar bajo reglas VFR.

⁴ Según la descripción del alumno necesitaba "pisar el freno hasta el fondo" para conseguir frenar.

2. Durante el rodaje hacia el punto de espera de la pista 26, poco antes de llegar a éste, notaron una vibración momentánea en el avión, que achacaron al viento cruzado que tenían. El alumno describió también un ruido metálico. La vibración desapareció y el resto del rodaje se produjo sin incidencias.
3. Llegaron al punto de espera de la pista 26, realizaron la prueba de motor y, tras notificar por radio, entraron y se alinearon en pista. No había ningún tráfico.
4. Con la aeronave configurada con flaps en posición de despegue (un punto de flap, 12°) aplicaron máxima potencia.
5. A los pocos segundos de iniciar la carrera (4-5 segundos y 15-20 kt de velocidad según el alumno), notaron que bajaba el plano derecho y vieron que una rueda les adelantaba cruzándose hacia la izquierda. Inmediatamente interrumpieron el despegue retrasando la palanca de potencia.

Tras detener la aeronave a la altura de los números de la señal designadora de pista 26, la aseguraron. Llamaron al aeródromo y a mantenimiento para informar de lo sucedido y recibieron asistencia inmediatamente. El instructor y el alumno no sufrieron ninguna lesión y abandonaron la aeronave por sus propios medios. En aproximadamente 15 minutos, la aeronave era retirada de la pista.

A las 11:43 se notificó a la oficina ARO de Cuatro Vientos el cierre del plan de vuelo.

Se recuperó la rueda desprendida, perteneciente al tren principal derecho, a unos 30 m de la aeronave. Además, se encontraron dos fragmentos de tornillos, con sus arandelas y tuercas instaladas, pertenecientes también a la rueda derecha. La ubicación de estos elementos, así como el recorrido en tierra realizado por la aeronave se muestra en la figura 1. Se estima, en base al croquis realizado por el instructor, que la aeronave recorrió 70 m sobre la pista.

1.2. Lesiones a personas

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

1.3. Daños sufridos por la aeronave

Los daños afectaron únicamente al conjunto de rueda y freno del tren principal derecho.

1.4. Otros daños

Ninguno.

1.5. Información sobre el personal

Instructor:

El instructor, de 40 años de edad, tenía licencia CPL(A) y, entre otras, la habilitación de instructor (IR) válida y en vigor. Su certificado médico estaba en vigor. Acumulaba una experiencia total de 1300 horas, de las cuales 780 horas habían sido en PS28. Como instructor tenía 939 horas.

El vuelo del accidente era el segundo que realizaba ese día. El anterior había sido de 50 minutos de duración, con la misma aeronave, y había finalizado a las 09:45 horas. Su actividad previa había sido el día anterior y había tenido un periodo de descanso de 21 horas.

Alumno:

El alumno, de 18 años de edad, estaba cursando un curso ATPL(A) Integrado⁵ desde septiembre de 2021. Contaba con un certificado médico en vigor. En el momento del evento, su experiencia de vuelo era de 18:05 horas, todas realizadas en PS28, y el 91% de los vuelos con el instructor con el que volaba ese día.

El vuelo del accidente era el primero que realizaba ese día. Su último vuelo había sido 2 días antes.

1.6. Información sobre la aeronave

La aeronave EC-NKP, Czeck Aircraft Group modelo PS-28 Cruiser, con s/n C0661, había sido adquirida por Flyschool⁶ en el año 2020. Contaba con un certificado de aeronavegabilidad restringido emitido por AESA. El mantenimiento era realizado por Flyschool, que era también organización de aeronavegabilidad combinada (CAO)⁷, autorizada por AESA con referencia ES.CAO.017, y ubicada en el aeródromo de Casarrubios del Monte.



Figura 2. Aeronave EC-NKP

⁵ El Curso ATPL(A) Integrado es uno de los 26 cursos aprobados por AESA para esta organización de formación.

⁶ En el momento del accidente la escuela contaba con 6 aeronaves de este tipo.

⁷ Aprobación para el mantenimiento y la gestión del mantenimiento de la aeronavegabilidad de una aeronave y sus elementos para aeronaves no están clasificadas como aeronaves motopropulsadas complejas y no consten en el AOC de una compañía aérea con licencia bajo el Reglamento (CE) nº 1008/2008.

El vuelo se realizó con los tanques repostados al 50%. El peso máximo al despegue era de 576 kg, 24 kg por debajo del máximo permitido (600 kg) para esta aeronave. La revisión de los cálculos de carga y centrado muestran que estaban dentro de los límites definidos por el Manual de Vuelo. Respecto al viento (apartado 1.7), para la operación por la pista 26, el vuelo se realizaba con 7 kt de viento cruzado y 12 kt de viento en cara, por debajo de los máximos permitidos por certificación (12 kt y 24 kt, respectivamente).

La aeronave, por ser de escuela, operaba siempre sin el carenado del tren de aterrizaje. Acumulaba 622 horas 25 minutos y 1626 ciclos totales en el momento del accidente. La última actuación de mantenimiento programada previa al evento había sido 3 semanas antes, el 21/12/2021 (599:20 horas de aeronave), donde, entre otras acciones, se le realizó una inspección de 100 horas. La revisión del histórico de mantenimiento de la aeronave mostró que estaba conforme al programa de mantenimiento.

1.6.1 Información sobre los tornillos fracturados

Los tornillos fracturados (p/n MSC.31-18X1.25SHCS) eran parte del conjunto de rueda y freno (*main wheel and brake assembly*). Este conjunto de rueda y freno era el original con el que la aeronave había salido de fábrica. Los tornillos, las arandelas (p/n MSCAN960-516L) y las tuercas (p/n MSC.31-18NYLOCK), eran los instalados en origen y acumulaban 622 horas 25 minutos de operación, los mismos que la aeronave.

1.6.2 Ubicación de los tornillos en el conjunto de rueda y freno MATCO MHE51CZ

La aeronave llevaba instalado un conjunto de rueda y freno (*main wheel and brake assembly*) del fabricante MATCO modelo MHE51CZ. De interés para la investigación se describen los siguientes elementos:

- Los 3 tornillos fracturados (*bolt*) unen el buje (*hub*) con las semillantas (*wheel rim*).
- Los tornillos fracturados se instalan desde el buje, dentro del cual va roscado, y atraviesan las dos semillantas, a través de dos taladros pasantes sin rosca. Es decir, la cabeza apoya en el buje y atraviesa tres piezas.
- El buje, que soporta las semillantas, además de ir atornillado, va acoplado o encajado en las dos semillantas.
- La fijación de los tornillos fracturados se realiza a través de una arandela (*washer*) y una tuerca autofrenante (*self locking nut*) que se instalan en la semillanta externa.
- El buje, por otra parte, va unido al disco de freno mediante tres tornillos.
- Las dos semillantas, por su parte, van unidas entre sí por tres tornillos, de las mismas características que los fracturados, pero más cortos.
- Por lo tanto, en la semillanta externa se encuentran los extremos de 6 tornillos con sus arandelas y tuercas autofrenantes: los 3 tornillos de unión de las semillantas y los 3 tornillos de unión del buje a las semillantas.

El Boletín Técnico de Servicio de MATCO (*chapter O. Wheel assy. Torque values*) indica que el par de apriete para todos los tornillos y tuercas del conjunto de la rueda y freno es de 11,3 Nm (100 inch-lb). Este dato no estaba incluido en el Manual de Mantenimiento de la aeronave para los tornillos fracturados y sus tuercas, aunque sí estaba indicado para otros tornillos de la rueda, por ejemplo, los que unen las dos semillantas (ver apartado 1.16.4).

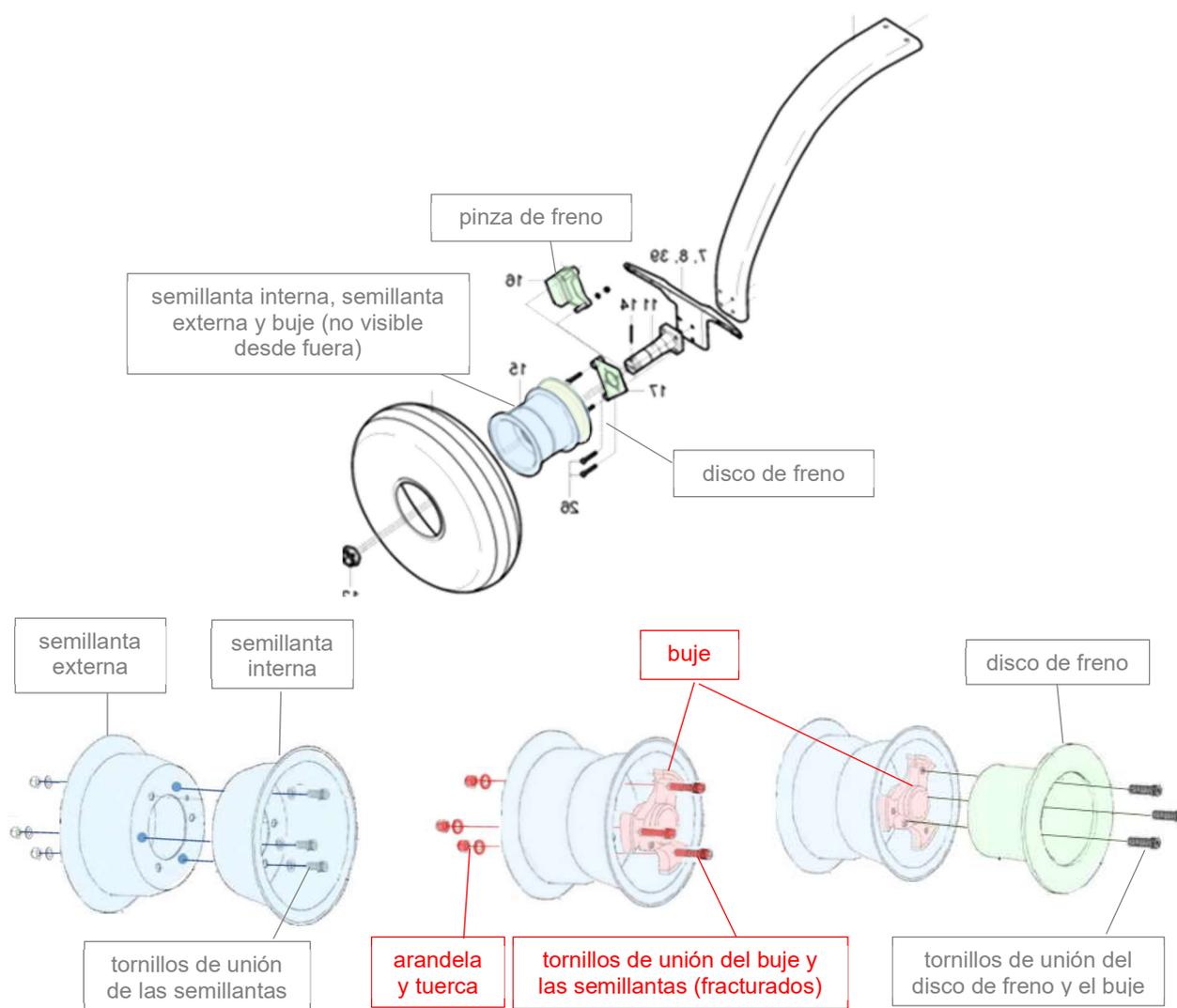


Figura 3. Tornillos fracturados dentro del conjunto de rueda y freno MATCO MEH51CZ

1.6.3 Tareas de mantenimiento que afectan a los tornillos fracturados

La única tarea de mantenimiento en la que se actúa sobre los tornillos fracturados es la correspondiente a la sustitución de neumáticos, identificada en el Manual de Mantenimiento como CR-MM 8.5.1 *Tire Change*. Este procedimiento incluye 12 pasos, enumerados de la (a) a la (l) pero no incluye la tarea específica que se refiere a los tornillos fracturados (ver apartado 1.16.4).

Se comprobó la ejecución de este procedimiento con el operador en un total de 7 ruedas, confirmando la siguiente secuencia (solo se incluyen las acciones que afectan a los tornillos fracturados):

Para separar el buje de las dos semillantas durante el desmontaje:

1. Se quitan las tuercas autofrenantes y arandelas que fijan los tornillos.
2. Como el buje va acoplado entre las dos semillantas, se utiliza un mazo de goma para desencajarlo. Con el mazo se consigue separar las semillantas del buje.
3. El tornillo, por lo tanto, no se desenrosca nunca del buje.

Para unir el buje a las dos semillantas durante el montaje:

1. Se centra el buje sobre la semillanta interna utilizando los tornillos a modo de guía.
2. Se encaja el buje sobre las semillantas utilizando los tornillos a modo de guía y el mazo de goma.
3. Se instalan las arandelas y las tuercas autofrenantes aplicando un par de 11,3 Nm.

El par de apriete aplicado por Flyschool era el correcto (11,3 Nm) y utilizaba una llave dinamométrica de la marca Stahlwille, p/n 730N/2 y s/n 608079008, con un rango de 2 a 20 Nm, que había sido calibrada el 28/09/2021 por una empresa certificada.

1.6.4 Reutilización de los tornillos, tuercas y arandelas

El capítulo 8 del Manual de Mantenimiento dedicado al tren de aterrizaje (*Landing gear*), y en concreto el procedimiento CR-MM 8.5.1 dedicado al cambio del neumático (ver apartado 1.16.4), no indicaba la obligación de sustituir las tuercas y/o arandelas en cada desmontaje, por lo que, leyendo únicamente este procedimiento, las tuercas, arandelas y tornillos se reutilizan.

El capítulo 15 del Manual de Mantenimiento, dedicado a reparaciones generales (*General Repairs*), indicaba que, si no existen criterios definidos en los capítulos concretos de cada sistema, todas las reparaciones de la aeronave deben realizarse de acuerdo con la circular de la autoridad de aviación americana FAA AC 43.13-1B⁸. La aplicación de esta AC⁹ permitió concluir que las tuercas autofrenantes del tren de la PS28 no pueden ser reutilizadas. Esta información fue confirmada con el fabricante.

1.6.5 Reutilización de los tornillos fracturados, tuercas y arandelas en la aeronave EC-NKP

El histórico de la aeronave EC-NKP mostraba que, desde su fabricación en el año 2020, se habían realizado 3 sustituciones del neumático derecho, debido a desgastes y pinchazos. Esto supone tres actuaciones de desmontaje y tres actuaciones de montaje utilizando los mismos tornillos, arandelas y tuercas.

1.7. Información meteorológica

La información meteorológica en el aeródromo de Casarrubios se ha obtenido a partir de los METAR de los aeródromos más cercanos (Cuatro Vientos y Getafe, situados 25 km al noreste de Casarrubios). Las condiciones probables eran de visibilidad CAVOK, viento de 290°-300°, de 10-14 kt y racheado.

1.8. Ayudas para la navegación

No aplicable.

⁸ AC 43.13-1B: *Acceptable methods, techniques, and practices-aircraft inspection and repair.*

⁹ *Apartado 7-64.f, self-locking nuts- nylon*: indica que las tuercas deben dejar, al menos, un hilo de rosca libre por encima y, cumplir con un "prevailing torque value" (tabla 7.2) necesario para reutilizar las tuercas. Esta tabla no es aplicable a la tuerca, motivo por el cual el fabricante concluyó que no se podían reutilizar estas tuercas.

1.9. Comunicaciones

Las comunicaciones de interés para la investigación se han incluido en el apartado 1.1.

1.10. Información de aeródromo

El aeródromo de Casarrubios del Monte (LEMT), de 625 m de elevación, es un aeródromo restringido con una pista de asfalto de 900 m de largo, de orientación 08/26. A pesar de que el aeródromo cuenta con cámaras de vigilancia perimetral, no quedó registrado ni el rodaje y ni el despegue de la aeronave.

La rodadura utilizada por la aeronave desde el hangar de mantenimiento hasta la pista 26 está asfaltada y en buenas condiciones. Este recorrido fue inspeccionado durante la investigación en un intento de recuperar el fragmento del tornillo 2.

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave no estaba equipada con registrador de datos de vuelo o registrador de la voz en el puesto de pilotaje por no exigirlo la reglamentación aeronáutica pertinente.

1.12. Información sobre los restos de la aeronave

La aeronave quedó detenida sobre la pista, apoyada sobre el disco de freno de la rueda derecha, la rueda de morro y la rueda izquierda. No se llegó a producir contacto del plano, de la hélice o del fuselaje con el asfalto, por lo que los daños se limitaron a la rueda derecha del tren principal.

El conjunto de la rueda derecha quedó separado en dos partes:

- Elementos desprendidos:
 - a) Las semillantas y el neumático, que fueron recuperadas a 30 m de la posición final de la aeronave y que la tripulación reportó ver rodando delante durante el evento.
 - b) Los extremos fracturados de los tres tornillos de unión de las semillantas con el buje, de los cuales solo se recuperaron dos. Estos fragmentos tenían su tuerca y arandela. Los resultados del estudio fractográfico de estos tornillos en laboratorio se muestran en el apartado 1.16.1.
- Elementos unidos a la aeronave:
 - a) El buje, donde quedaron embebidos los tres tornillos fracturados de unión de las semillantas con el buje.
 - b) El disco de freno, que arrastró sobre la pista, y la pinza de freno.

Se examinaron todos los elementos recuperados. De esta inspección se indican los hallazgos y conclusiones más relevantes para la investigación:

- Semillantas y buje:
 - a) Los tres tornillos de unión de las semillantas permanecían correctamente instalados.
 - b) Se identificaban los tres orificios vacíos (identificados aleatoriamente como 1, 2 y 3) de paso de los tornillos fracturados. Estos orificios, en especial el 2, mostraban un alto grado de ovalización, producido durante el proceso de rotura.

- c) Las secciones de los tres orificios mostraban marcas irregulares de hilos de rosca, a pesar de que esta superficie es lisa, indicativos de un movimiento relativo del tornillo en relación con las semillantas.
- d) La semillanta interna destacaba por el deteriorado estado superficial. Se había producido un desgaste abrasivo de la superficie, que presentaba una textura rugosa y brillante con marcas lineales circulares y concéntricas. Estas marcas y desgastes se identificaron también en el buje, lo que indica que se produjo el movimiento del buje dentro de la semillanta producido durante el proceso de rotura.
- e) La semillanta externa presentaba un aspecto general más uniforme, donde únicamente destacaba la superficie de apoyo de las arandelas, deteriorada por picado superficial con una textura rugosa y mate. Alrededor del contorno de las arandelas, se identificaban marcas circulares dejadas por la llave dinamométrica utilizada para el apriete de la tuerca, debido a la menor dureza del material de las semillantas.
- Disco de freno:
 - a) Presentaba abrasión en todo el perímetro. Esta abrasión se intensificaba en una zona, en la que se había producido pérdida de material en forma de plano. Esta abrasión indicaba que se había producido contacto y arrastre con la pista.



Figura 4. Semillantas, buje y tornillos

1.13. Información médica y patológica

Ninguna de las dos personas a bordo necesitaron asistencia médica.

1.14. Incendio

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

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

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

1.16. Ensayos e investigaciones

1.16.1 Investigación de los tornillos fracturados

Se inspeccionaron en laboratorio los 6 tornillos instalados en las semillantas. Respecto a los 3 tornillos de unión de las semillantas, que se habían mantenido instalados en su posición correcta, no se observaron heterogeneidades significativas que pudiesen tener relación con las roturas de los 3 tornillos que unen el buje con las semillantas. En relación con las especificaciones del material, se descartó cualquier anomalía que hubiese podido contribuir al fallo de los tornillos.

Hilos de rosca y tuercas

Los hilos de rosca de los dos fragmentos de los tornillos 1 y 3 no presentaban marcas o heterogeneidades significativas. Las tuercas, por su parte, se mantenían unidas al tornillo y tenían algunas marcas dejadas, con toda probabilidad, por la herramienta de apriete. Las arandelas presentaban marcas de abrasión coherentes con las marcas observadas en la semillanta externa.

Tornillo 1

De este tornillo se recuperaron las dos partes: la embebida en el buje y la desprendida. La rotura de este tornillo se había producido a la altura de la zona de unión del buje con la semillanta interna. De este tornillo, se distinguían dos zonas:

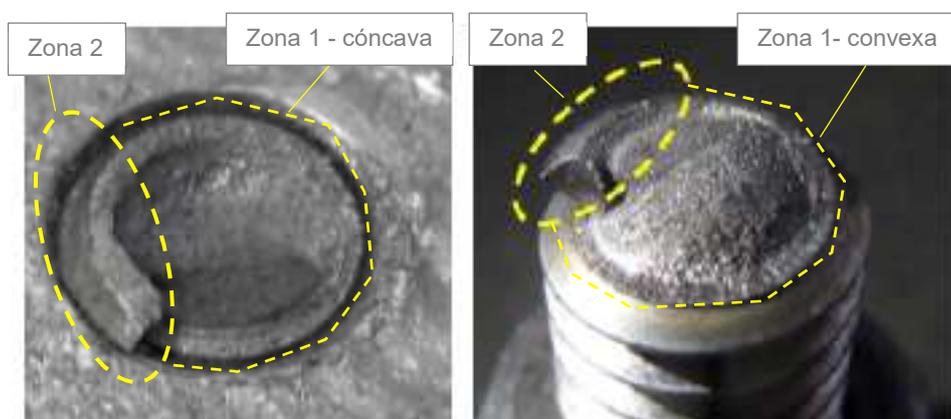


Figura 5. Tornillo 1

- Zona 1: comprendía la mayor parte de la superficie y tenía una textura rugosa, tipo leñosa, propia de un desgarramiento semifrágil. En el fragmento dentro del buje la superficie de fractura

era cóncava y en el fragmento desprendido convexa, tipo copa-cono, propias de las roturas a tracción.

- Zona 2: asociada a la zona final de la rotura, se localizaba en la superficie exterior del tornillo coincidente con el hilo de rosca. En esta zona se producía un cambio de plano en sentido helicoidal que, además, había llegado a generar un pequeño desgarro de material en forma de fisura en el valle del hilo de rosca.

Tornillo 2

De este tornillo solo se recuperó la parte embebida en el buje porque la parte desprendida no se encontró. La superficie de fractura se había desarrollado en un plano perpendicular al eje del tornillo y a los esfuerzos máximos de tracción y, en ella, se distinguían tres zonas:

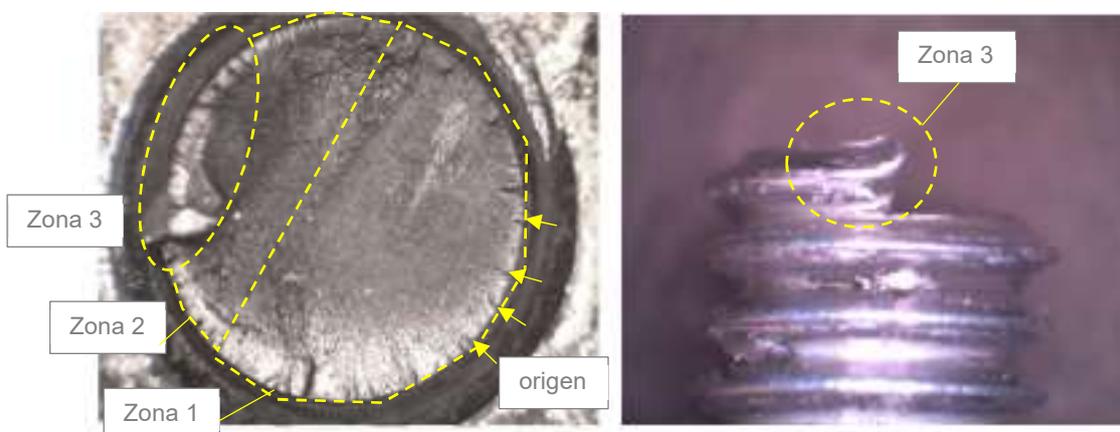


Figura 6. Tornillo 2

- Zona 1: la superficie era lisa, suave y mate, y se intuían líneas finas, prácticamente rectas y paralelas entre sí, que evidenciaban el avance secuencial de la rotura, comúnmente conocidas como playas de fatiga. En el perímetro donde se encontraban las playas de fatiga se observaban estrías radiales, indicativas de numerosos orígenes del inicio de la rotura. Por lo tanto, el origen de la rotura de este tornillo se encuentra en esta zona, en la periferia, concretamente en el valle de rosca, debido a una concentración de esfuerzos muy elevados que han generado varios inicios de fatiga (estrías), que se han unido rápidamente generando un único avance de la fisura por fatiga a lo largo de aproximadamente el 70% de la superficie.
- Zona 2: tenía una textura rugosa y leñosa característica de un desgarro semifrágil del material, con cierta direccionalidad en el sentido de progreso de la rotura.
- Zona 3: correspondía a la zona final de la rotura y presenta un cambio de plano con una cierta deformación plástica. La zona 3 es diametralmente opuesta al origen de la rotura.

Tornillo 3

Este tornillo se recuperó por completo y, al igual que ocurría con el tornillo 2, la superficie de fractura se había desarrollado en un plano perpendicular al eje del tornillo y a los esfuerzos máximos de tracción. Se identificaban dos zonas en la superficie de fractura:



Figura 7. Tornillo 3

- Zona 1: comprendía el 90% de la superficie y presentaba una morfología mate, lisa y suave en la que identificaban líneas finas, rectas y paralelas entre sí (playas de fatiga) que indicaban el avance del frente de propagación de la fractura. Se identificaban también estrías radiales en el perímetro de la rotura, indicativas de múltiples orígenes del mecanismo de fractura que se han unido generando un único avance de la fisura por fatiga, similar a la zona 1 del tornillo 2.
- Zona 2: tenía una textura leñosa y se ubicaba en la zona diametralmente opuesta al inicio de la rotura, por lo que se identificó como la zona final de la rotura.

1.16.2 Inspección de otras aeronaves del mismo operador

Se desmontaron e inspeccionaron un total de 7 ruedas del tren principal: seis¹⁰ de aeronaves PS28 en servicio y un conjunto de rueda y freno nuevo. De este desmontaje se obtuvieron conclusiones en relación con:

- La presencia de marcas de hilos de rosca en los orificios de las secciones de las semillantas.
- La posición de las tuercas respecto al extremo del tornillo.

Marcas de hilos de rosca en las semillantas

El objetivo de desmontar otras ruedas que estaban en operación, y que habían tenido sustituciones de neumáticos previas, era identificar si las marcas de hilos de rosca que se habían detectado en los alojamientos de los tornillos de la aeronave EC-NKP, eran únicamente consecuencia del evento. Se confirmó que, en todas las ruedas inspeccionadas existían marcas de hilos de rosca que, aunque de menor intensidad que en la aeronave del accidente, eran indicativas de un movimiento relativo entre el tornillo y las semillantas, favorecido, además, por el material de las semillantas (aluminio), mucho más blando que el del tornillo (acero). Estas marcas no se identificaban en el conjunto nuevo. Se descartó la contribución de un posible problema de mecanizado de los diámetros de los taladros (orificios) de las semillantas que atravesaban los tornillos y que hubiesen podido originar excesos de tensión en los tornillos.

¹⁰ La rueda izquierda de la aeronave accidentada EC-NKP, la rueda derecha de la aeronave accidentada EC-NKP después de 50 horas de operación tras el accidente y 4 ruedas instaladas en otras dos aeronaves (EC-NKO y EC-NKN) del mismo operador.

Posición de las tuercas

Respecto a la posición de las tuercas, en comparación con el conjunto nuevo, se identificó que las tuercas de los tornillos que unen el buje con las semillantas no mantenían la misma posición y dejaban menos hilos de rosca libres que en las ruedas nuevas:

- En el conjunto nuevo todas las tuercas dejaban 2 hilos de rosca libres del tornillo.
- En todas las ruedas en operación los hilos de rosca libres por encima de la tuerca eran menores a 2 hilos. En el caso de los tornillos fracturados, las tuercas dejaban 1 y 0 hilos de rosca libres por encima de la tuerca.
- Esto solo sucedía únicamente en los 3 tornillos que unían el buje con las semillantas, pero no en los 3 tornillos que unían las semillantas, que mantenían sus tuercas en la misma posición que la original, y los hilos de rosca libres por encima de las tuercas se mantenían en 2-3.

Las figuras 8 y 9 muestran fotografías tomadas de los dos tipos de tornillos en una rueda nueva, en la rueda fracturada de la aeronave EC-NKP y en dos aeronaves en operación (una del mismo operador y otra de un operador diferente).

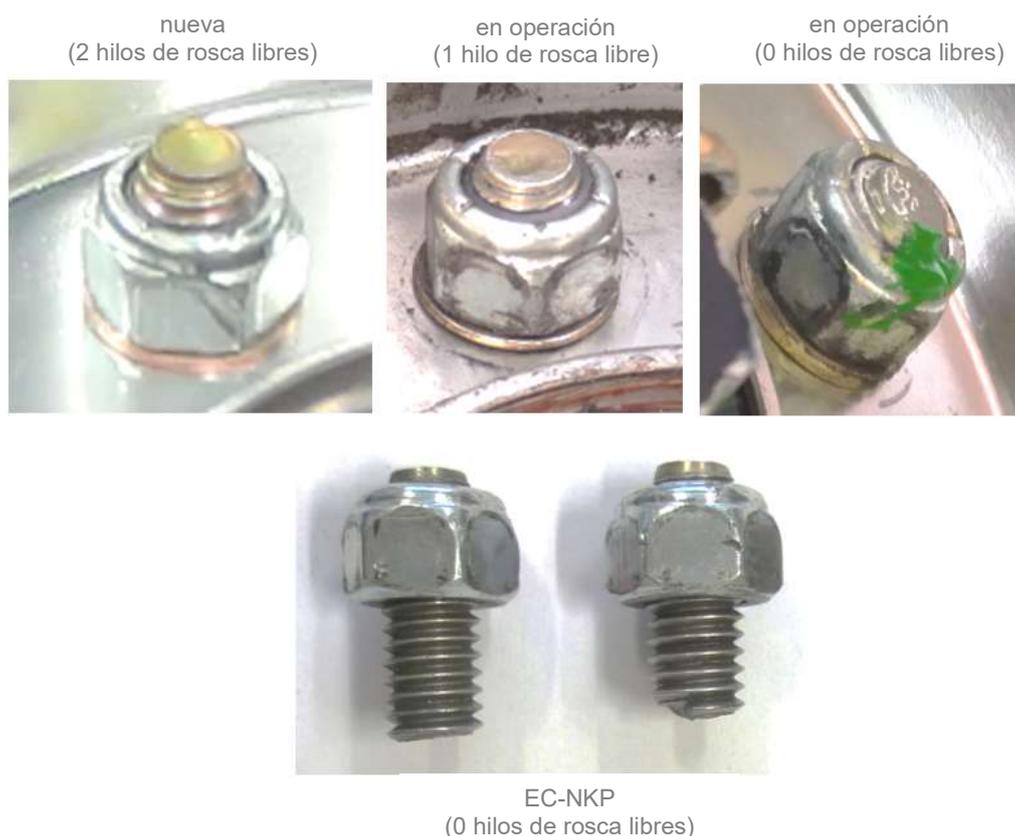


Figura 8. Tornillos y tuercas de unión del buje con las semillantas



Figura 9. Tornillos y tuercas de unión de las semillantas

1.16.3 Consulta con otro operador

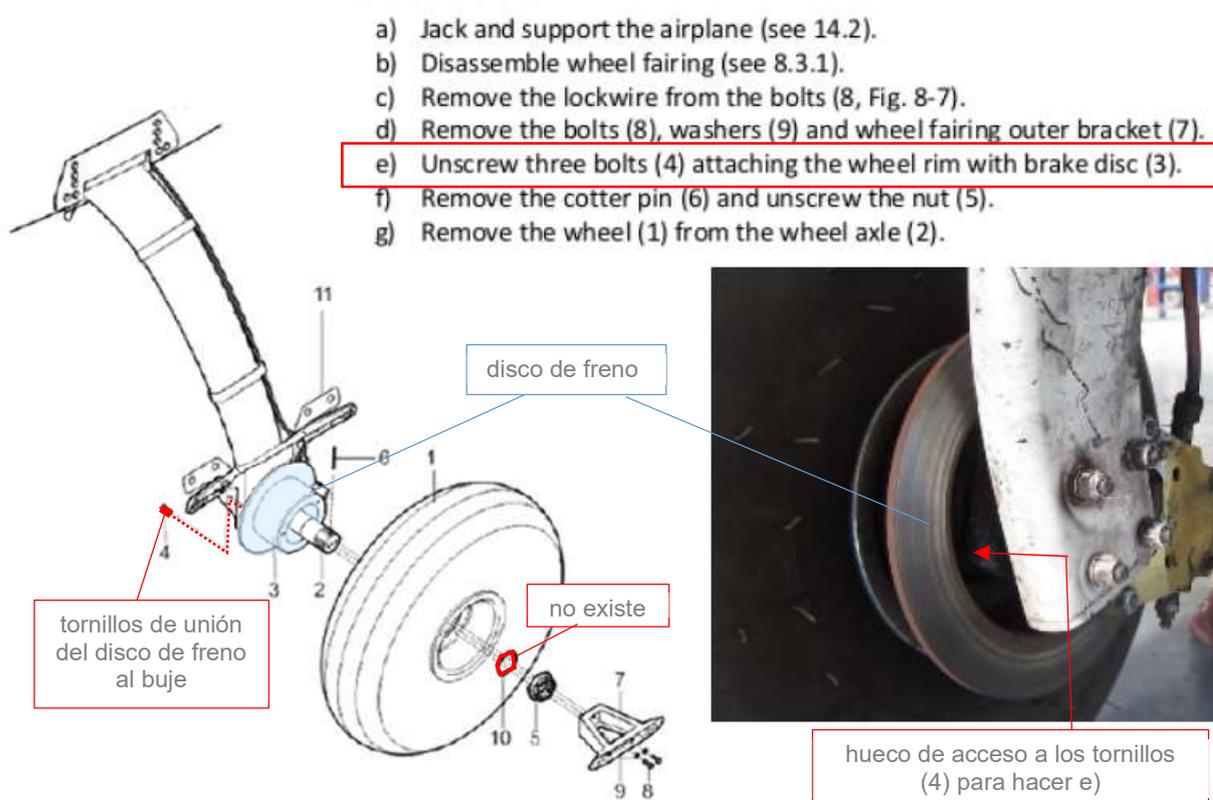
Con intención de ampliar la comparativa, se consultó a otro operador que cuenta con 10 aeronaves PS28. Confirmó las mismas conclusiones: en las aeronaves en operación las tuercas de los tornillos que unen el buje con las semillantas no se encontraban en la misma posición que en el conjunto nuevo, dejando menor número (o incluso ninguno) de hilos de rosca libres.

1.16.4 Procedimientos de mantenimiento

La única intervención de mantenimiento en la que se actúa sobre la unión roscada que ha fallado en el accidente de la aeronave EC-NKP es la del cambio de neumático, y está recogida en el Manual de Mantenimiento 8.5.1 *Tire Change*¹¹. Para realizarla, previamente hay que desinstalar la rueda de la aeronave, lo que se indica en el procedimiento 8.3.3 *Removal of Main Landing Gear Wheel*. La llamada a este procedimiento 8.3.3 se realiza en el paso c) del procedimiento 8.5.1.

Durante la investigación se desmontaron un total de 6 ruedas de aeronaves en operación, por lo que se comprobó la ejecución de estos dos procedimientos y se detectó lo siguiente.

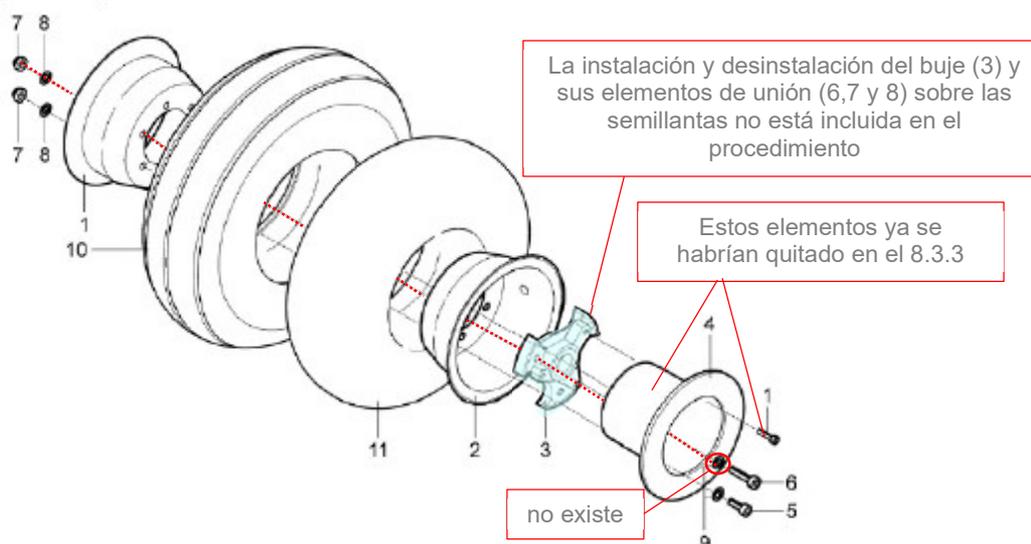
¹¹ Revisión número 26 emitida el 23/06/2021.

Del procedimiento 8.3.3 *Removal of Main Landing Gear Wheel (figure 8-7) del CR-MM.*

- El punto e) tiene una errata ya que los tornillos indicados (4) unen el disco de freno con el buje (*hub*), no con las semillantas (*wheel rim*).
- La arandela (10) de la figura 8-7 del Manual de Mantenimiento no existe.
- El resultado final del desmontaje, ejecutada según el procedimiento publicado, permitiría separar la rueda sin el disco de freno que se habría separado del buje en el punto e).-Este punto entra en conflicto con el apartado e) del procedimiento 8.5.1.

Del procedimiento 8.5.1 *Tire Change (figure 8-16) del CR-MM.*

- a) Jack and support the airplane (see 14.2).
- b) Remove the wheel fairing (see 8.3.1 / 8.3.5).
- c) Remove the main landing gear wheel (see 8.3.3) or the nose landing gear wheel (see 8.3.7).
- d) Deflate the tire.
- e) Unscrew the bolts (1, Fig. 8-16).
- f) Set apart both halves of the rim (1, 2) and remove the tire (10) with the air tube (11).
- g) Exchange the air tube or the tire, if necessary.
- h) Put the air tube (11) into the tire (10) and inflate it slightly.
- i) Put the inner tube on that half of the rim, which has the hole for the valve.
- j) Put the other half of the rim on this unit. Join both halves of the rim with bolts – torque value 11.3 Nm (8.3 lbf/ft).
- k) Inflate tires to the prescribed pressure:
 - nose wheel 1,2 + 0,1 bar (17,4 + 1,5 psi)
 - main wheel 1,8 + 0,2 bar (26,1 + 2,9 psi)
- l) Mark position of the rim and the tire by redline overreaching about 10 mm (3/8 in) to the rim and the tire (serves for checking the tire slewing against the wheel rim in operation).



- El punto e) indica desatornillar los tornillos de unión del disco de freno al buje, paso que ya se ha realizado en el procedimiento 8.3.3 paso e).
- Para realizar el paso f) hay que desinstalar previamente el buje de las dos semillantas.
- El paso de desinstalación del buje de las dos semillantas no está indicado. Debería ser un paso previo al f). Este nuevo paso debería indicar que las tuercas y arandelas que se quitan deben desecharse.
- El paso j) indica unir las semillantas, lo que implica instalar únicamente los 3 tornillos de unión de ambas, para los que sí se indica el par de apriete correcto.
- El paso de instalación del buje con las semillantas no está incluido. Debería ser un paso posterior al j) con el siguiente contenido:
 - El proceso de acoplamiento del buje dentro de las semillantas de forma que quede alineado y perfectamente junto para evitar separaciones en la unión.
 - Las acciones necesarias para asegurar el correcto contacto de la cabeza del tornillo en el buje durante el apriete de las tuercas para evitar desplazamientos del tornillo.
 - Incluir el par de apriete de los tornillos y tuercas.
 - La obligación de utilizar tuercas y arandelas nuevas.
- Las arandelas (9) de los tornillos (6) no existen.

1.17. Información organizativa y de dirección

No aplicable.

1.18. Información adicional

Durante el transcurso de la investigación Flyschool tomó dos medidas de forma inmediata:

- Incorporó en el procedimiento 8.5.1 de cambio del neumático del Manual de Mantenimiento, la obligatoriedad de desechar las tuercas y arandelas instaladas e instalar unas nuevas cada vez que se realice este procedimiento.
- Emitió un comunicado de seguridad operacional (CSO 2022-01, del 20/02/2022, denominado "Inspección visual PS28") dirigido a todas las tripulaciones para que comprobasen, antes de cada vuelo, que las tuercas de las ruedas del tren principal dejaban por encima 2 hilos de rosca libres.

Esta última medida de inspección previa antes de cada vuelo fue igualmente adoptada por el otro operador con el que se consultó.

1.19. Técnicas de investigación especiales

No aplicable.

2. ANÁLISIS

El lunes 10 de enero de 2022, la aeronave PS28 Cruiser EC-NKP, operada por la escuela Flyschool, sufrió la separación de la rueda derecha del tren de aterrizaje principal durante el inicio de la carrera de despegue, debido a la fractura de los tres tornillos que unen las semillantas al resto de la aeronave a través del buje. El análisis de este incidente contiene 5 apartados relacionados con dos áreas:

- Las causas últimas que han originado la fractura de los tornillos de la unión roscada buje-semillantas. Esta parte comprende los apartados 2.1, 2.2 y 2.3 y concluyen con la justificación de la emisión de recomendaciones de seguridad dirigidas al fabricante de la aeronave (Czech Aircraft Sport) en relación con las instrucciones de mantenimiento.
- La secuencia de roturas, tanto en la rueda como en la aeronave, durante el evento. Esta parte comprende los apartados 2.4 y 2.5.

2.1. Fractura de los tornillos debido a la fatiga

La investigación ha establecido que la rotura de los tornillos (p/n MSC.31-18X1.25SHCS) que unen las dos semillantas al buje se produjo en este orden: 3-2-1.

- El tornillo número 3 fue el primero en fracturarse debido a un mecanismo de fatiga a flexión en el que, además, se identificó un nivel de esfuerzos elevado y de gran concentración en la zona de fractura. El proceso de fatiga comenzó en la superficie del tornillo, en la zona donde finaliza el buje y comienza la semillanta interna. La extensión de la zona de fatiga indica que, prácticamente, toda la sección del tornillo soportó la progresión a fatiga hasta que, finalmente, la mínima sección remanente rompió por carga estática. Precisamente la extensión de ambas zonas es la que ha permitido identificar este tornillo como el primero en romper.
- El siguiente tornillo en fallar fue el número 2, debido a un mecanismo de fatiga a flexión unilateral con varios orígenes indicativos de un nivel de esfuerzos elevado y con gran concentración en la zona de fractura. En este caso, la superficie del tornillo que aguantó a fatiga fue menor que en el tornillo 3, dando paso a un desgarro semifrágil que finalizó con la rotura rápida de la sección remanente del tornillo. La reducción de la superficie de fatiga, junto con la gran ovalización del alojamiento de este tornillo, confirman un desequilibrio en el reparto de esfuerzos tras perderse el tornillo 3, lo que aceleró la rotura del tornillo 2.
- Por último, se produjo el fallo del tornillo número 1, por un mecanismo de tracción pura al aumentar las cargas sobre el único tornillo que quedaba, tras desaparecer los otros dos tornillos (2 y 3).

Los análisis de las superficies de fractura han confirmado la presencia de una alta concentración de esfuerzos en la zona de rotura, que es precisamente la superficie de contacto del buje y la semillanta interna.

2.2. Causa de la fatiga de los tornillos

Las evidencias obtenidas durante la investigación (grietas perimetrales indicativas de concentración de esfuerzos en los tornillos, marcas de vibraciones en las superficies del buje y de las semillantas, marcas de hilos de rosca en los taladros pasantes de las semillantas y la

modificación en la posición de las tuercas autofrenantes respecto a la instalación original) han confirmado que en las ruedas del tren principal de las aeronaves PS28 se produce un movimiento relativo entre las semillantas y el buje.

Es decir, la unión roscada que mantiene solidarios el buje y las dos semillantas se degrada perdiendo su par de apriete, desapareciendo la unión completa de las piezas, generando cargas de tracción por el apriete y cargas de flexión por las condiciones de funcionamiento de la rueda, para las que no está diseñado y, en consecuencia, produciendo fatiga en el material.

Para entender cuál es el origen de esta degradación de la unión roscada, hay que tener en cuenta el diseño de la unión roscada y las prácticas de mantenimiento de la misma:

- En cuanto al diseño: se trata de una unión “híbrida” que, en la zona del buje, donde apoya la cabeza del tornillo, funciona como tornillo roscado pero que, en la zona de las semillantas, donde apoyan la arandela y la tuerca, funciona como un tornillo pasante.
- En cuanto al mantenimiento: el proceso para unir las piezas requiere no solo del uso del conjunto tornillo-arandela-tuerca, sino que antes debe encajarse el buje dentro de las semillantas; el tornillo no se desenrosca nunca del buje, y para todo este proceso no existen instrucciones específicas y claras que aseguren que la unión es solidaria.

En base a todo lo anterior, se ha concluido que el origen de la pérdida de par de la unión roscada que ha generado la fatiga de los tornillos reside en los siguientes tres factores:

- En la pérdida de características de frenado de la tuerca autofrenante debido a su reutilización. Esta pérdida de rozamiento entre los hilos de rosca de la tuerca y los del tornillo se traduce en el aflojamiento de la tuerca en cuanto el conjunto se somete a las vibraciones propias del tren de aterrizaje.
- En el desplazamiento del tornillo durante los procesos de apriete de la tuerca.
- En un ajuste incompleto o no simétrico del buje dentro de las semillantas. Durante el proceso de montaje se utiliza un mazo de goma y los propios tornillos como guías para centrar longitudinalmente las dos piezas. Si este ajuste no es completo o tiene algún desalineamiento en algún punto, se produciría también una menor longitud del tornillo remanente por detrás de las semillantas y el conjunto trabajaría con unas condiciones de par de apriete diferentes a las diseñadas. Si bien este factor se considera menos probable que los anteriores, se ha incluido como modo de fallo de la unión.

Todos estos factores, en conjunto o individualmente, producirían la pérdida de par de apriete y que la unión roscada no se mantuviese solidaria, generando movimientos relativos entre los elementos del conjunto y cargas (de flexión y de tracción) no previstas en el tornillo.

2.3. Contribución de los procedimientos de mantenimiento

Todos los factores identificados como origen de la pérdida del par de apriete de la unión roscada están directamente relacionados con el mantenimiento. Las intervenciones de mantenimiento sobre la unión roscada buje-semillantas se producen únicamente durante el cambio de neumático, para el cual se utilizan los procedimientos: 8.5.1 (*Tire Change*) e, indirectamente, 8.3.3 (*Removal of Main Landing Gear Wheel*) del Manual de Mantenimiento del fabricante.

El contenido de estos procedimientos está relacionado con los factores de origen de la fatiga de los tornillos:

- En relación con la pérdida de eficacia de frenado de las tuercas, el procedimiento no indica la prohibición de reutilización de las tuercas autofrenantes porque, de hecho, ni las menciona. Por otra parte, aplicando el capítulo 15 del Manual de Mantenimiento, tampoco se obtiene esta conclusión de forma directa ni intuitiva. En el caso concreto de la aeronave EC-NKP, las tuercas se habían reutilizado en tres ocasiones. Al igual que para otras tuercas del tren sí se indica la necesidad de desecharlas en cada intervención, esta advertencia debería incluirse en este caso, si bien la buena praxis en el mantenimiento aeronáutico aconseja la no reutilización de tuercas autoblocantes. Además, el par de apriete de esta tuerca no está especificado en el procedimiento.
- En relación con el desplazamiento del tornillo durante los procesos de apriete de las tuercas, el procedimiento no menciona el paso correspondiente a la unión del buje con las semillantas. Por lo tanto, no está incluida ninguna actuación específica para asegurar el correcto asiento de la cabeza del tornillo en el buje ni tampoco el par de apriete que debe aplicarse al tornillo.
- En relación con el ajuste del buje dentro de las semillantas, el procedimiento no define nada al respecto y, como ocurría con los puntos anteriores, no existen pautas para asegurarse una adecuada unión entre las piezas.

Además de la ausencia de la información que afecta a la unión del buje y las semillantas anterior, la revisión documental y práctica de los procedimientos ha identificado algunas erratas o inconsistencias de menor calado, tal y como se indica en el apartado 1.16.4. En este sentido se emiten tres recomendaciones a Czech Aircraft Group centradas en la modificación y difusión de las instrucciones de mantenimiento.

2.4. Secuencia de roturas tras la fractura de los tornillos

Siguiendo la secuencia de fracturas que se indicaba en el apartado 2.1, cuando el tornillo número 3 se fracturó por completo, el buje quedó agarrado a las semillantas únicamente con los tornillos 2 y 1. Esto permitió un cierto movimiento relativo circular en torno al eje de la rueda entre las superficies del buje y la semillanta interna, lo que se reflejó en las marcas de rozamiento lineales circulares generadas. De igual forma, la gran ovalización del orificio 2 se asocia a un daño secundario generado en las últimas etapas del proceso de fallo.

Por último, cuando el tornillo 2 se fracturó por completo, sólo quedó el tornillo 1 soportando la unión del buje a las semillantas. Los daños identificados en las caras internas de la semillanta interna se consideran producidos en esta última etapa, en la que el buje se fue separando de las semillantas e impactó contra ésta hasta desprenderse por completo la rueda con la fractura de este último tornillo.

Una vez fracturados todos los tornillos en el inicio de la carrea de despegue, la rueda salió rodando sin sufrir más daños. Como consecuencia, el tren derecho quedó apoyado sobre el disco de freno, lo que concuerda con la sensación de la tripulación de que el plano derecho se “caía”. Los daños identificados en el disco de freno confirman que el avance de la aeronave debió ser breve en tiempo y en distancia, puesto que la pérdida de material es pequeña, en comparación

con otros eventos en los que el arrastre se ha mantenido en el tiempo¹². Estas evidencias son consistentes con la descripción realizada por la tripulación del desarrollo del accidente.

En conclusión:

- los daños identificados en el buje y en la semillanta interna se consideran consistentes con la secuencia de rotura de los tornillos.
- los daños producidos en la aeronave se produjeron como consecuencia del evento.
- los daños son consistentes con la descripción de la tripulación.

2.5. Referencia temporal de la fractura de los tornillos

La secuencia de rotura de los tornillos (3-2-1) y la recuperación de los fragmentos de los tornillos 1 y 3 a lo largo de la trayectoria de rodaje, permiten afirmar que la fractura completa de los tres tornillos se produjo en el último trayecto, descartando que la aeronave hubiese realizado vuelos previos sin alguno de los tres tornillos.

La rotura del tornillo 3, por tanto, se produjo en el inicio del rodaje. La rueda que, a partir de este momento, operaba con dos tornillos, aguantó durante toda la rodadura, favorecida por la baja velocidad de giro, hasta el inicio de la carrera de despegue. Una vez en pista, el aumento de la velocidad tras aplicar potencia aceleró el proceso de rotura de los otros dos tornillos y produjo la separación completa de la rueda.

Si bien la unión roscada trabajando con un tornillo menos generaría vibraciones, se considera que éstas serían continuadas y no desaparecerían, por lo que se descarta que la vibración momentánea reportada por la tripulación antes de llegar al punto de espera fuese producida por la rueda.

¹² Informe CIAIAC A-022/2021.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Constataciones

Sobre el evento:

- La aeronave EC-NKP sufrió el desprendimiento de la rueda derecha durante el recorrido de despegue.
- El desprendimiento de la rueda se produjo por la fractura de los tres tornillos (p/n MSC.31-18X1.25SHCS) que unen el buje a las semillantas.
- Los aspectos meteorológicos, la operación y rodaje previo al evento, y la experiencia y condiciones de la tripulación no tuvieron influencia en el evento.
- Todos los daños son consistentes con el evento y producidos como consecuencia de éste

Sobre la fractura de los tornillos:

- Los conjuntos tornillos-tuercas-arandelas fueron reutilizados en tres ocasiones.
- El evento se inició con la fractura de dos de los tres tornillos debido por un mecanismo de fatiga a flexión unilateral. El tercero rompió por un mecanismo de tracción pura, tras fracturarse los dos anteriores.
- Se identificó una alta concentración de esfuerzos en la zona de unión del buje con la semillanta interna.
- La unión roscada buje-semillantas presentaba marcas de movimiento relativo entre sus partes y una configuración incorrecta de las tuercas respecto a los tornillos, no sólo en la aeronave EC-NKP sino en otras aeronaves inspeccionadas.
- Las únicas actuaciones de mantenimiento sobre la unión roscada buje-semillantas se producen en los cambios de neumático (procedimiento 8.5.1 *Tire Change*).
- La rueda derecha de la aeronave EC-NKP había tenido tres cambios de neumáticos previos al evento.
- La rotura de los tres tornillos se produjo en el último vuelo.

Sobre el Manual de Mantenimiento:

- El Manual de Mantenimiento (procedimiento 8.5.1 *Tire Change*) no incluía ninguna instrucción de mantenimiento sobre el montaje y desmontaje de la unión roscada buje-semillantas.
- El Manual de Mantenimiento (procedimiento 8.5.1 *Tire Change*) no especificaba la prohibición de reutilizar las tuercas autofrenantes ni el par de apriete a aplicar en la unión roscada.

3.2. Causas/Factores contribuyentes

La causa del accidente de la aeronave EC-NKP fue la degradación, por pérdida del par de apriete, de la unión roscada del buje de la rueda (*hub*) y las semillantas (*inner and outer wheel rim*) que se produjo tras tres operaciones de cambio de neumático (procedimiento 8.5.1 *Tire Change* del Manual de Mantenimiento). Esta degradación del conjunto generó fatiga en dos de los tres tornillos que acabaron fracturándose y produciendo la separación de la rueda derecha del tren principal.

Se considera como factor contribuyente la falta de mención explícita sobre la no reutilización de tuercas autoblocantes en las instrucciones de mantenimiento para el montaje y desmontaje de este conjunto roscado en el procedimiento 8.5.1 *Tire Change* del Manual de Mantenimiento.

4. RECOMENDACIONES

La investigación ha determinado que la falta de instrucciones en los procedimientos 8.5.1 y, asociado a él, el procedimiento 8.3.3, del Manual de Mantenimiento del fabricante Czech Aircraft Group, ha generado la degradación de la unión roscada del buje y las semillantas hasta producir su fallo completo por fatiga en los tornillos. Este estado se ha detectado no solo en la aeronave EC-NKP, si no en otras aeronaves tanto del mismo operador como de otro operador diferente, indicativo de ser un problema que afecta a todos los modelos PS28 Cruiser.

Con el objetivo de que estos procedimientos incluyan las instrucciones necesarias que aseguren que la unión roscada se mantiene en el mismo estado que el de diseño y no pierde par de apriete, se emiten las siguientes recomendaciones al fabricante.

REC25/22. Se recomienda a Czech Aircraft Group, como fabricante, que modifique el procedimiento CR-MM 8.5.1 *Tire Change* y la figura 8-16 del Manual de Mantenimiento de la aeronave PS28 Cruiser, considerando las observaciones que se incluyen en apartado 1.16.4 de este informe, para asegurar que se eliminan los tres factores de origen de la pérdida de par de apriete de la unión roscada buje-semillantas:

1. Incluir en el procedimiento que prohibición de reutilización de las tuercas autofrenantes y arandelas.
2. Incluir las acciones necesarias para asegurar el correcto contacto de la cabeza del tornillo en el buje durante el apriete de las tuercas para evitar desplazamientos del tornillo.
3. Incluir las acciones necesarias para asegurar el correcto acoplamiento del buje dentro de las semillantas de forma que quede alineado y perfectamente junto para evitar separaciones en la unión.

REC26/22. Se recomienda a Czech Aircraft Group, como fabricante, que modifique el procedimiento CR-MM 8.3.3 *Removal of Main Landing Gear Wheel* y la figura 8-7 del Manual de Mantenimiento de la aeronave PS28 Cruiser, considerando las observaciones que se incluyen en apartado 1.16.4 de este informe:

La degradación de la unión roscada buje-semillantas, por alguno o todos de los tres factores descritos en el análisis (tuerca, tornillo o acoplamiento), es fácilmente detectable mediante la comprobación visual del número de hilos de rosca libres por encima de la tuerca autofrenante. Con objeto de difundir y detectar, de forma preventiva, este modo de fallo de la unión roscada a los usuarios de las aeronaves PS28 Cruiser, hasta la implantación de las recomendaciones anteriores, se emite la siguiente recomendación de seguridad al fabricante.

REC27/22. Se recomienda a Czech Aircraft Group, como fabricante de las aeronaves PS28 Cruiser, que divulgue información a los usuarios, utilizando el medio que considere más adecuado, sobre:

1. La detección del correcto estado de la unión roscada buje-semillantas mediante la comprobación de la posición de la tuerca autofrenante (p/n MSC.31-18NYLOCK),

respecto al tornillo (p/n MSC.31-18X1.25SHCS), teniendo en cuenta que una correcta instalación debe dejar 2 hilos de rosca libres por encima de la tuerca.

2. La prohibición de reutilizar las tuercas autofrenantes (p/n MSC.31-18NYLOCK) del conjunto de rueda y freno (*main wheel and brake assembly*) MATCO MHE51CZ.

Acciones de seguridad ya adoptadas

El operador Flyschool, al que se le trasladaron las conclusiones de la investigación durante el transcurso de la misma, adoptó de forma inmediata, medidas para detectar y evitar el fallo de la unión roscada buje-semillanta:

- Incorporó en el procedimiento 8.5.1 de cambio del neumático del Manual de Mantenimiento, la obligatoriedad de desechar las tuercas y arandelas instaladas e instalar unas nuevas cada vez que se realice este procedimiento.
- Emitió un comunicado de seguridad operacional (CSO 2022-01, del 20/02/2022, denominado “Inspección visual PS28”) dirigido a todas las tripulaciones para que comprobasen, antes de cada vuelo, que las tuercas de las ruedas del tren principal dejaban por encima 2 hilos de rosca libres.

El operador adicional al que se consultó adoptó también medidas idénticas en la inspección prevuelo, para detectar el estado de la unión roscada a través de la comprobación del número de hilos de rosca libres.

ANEXO
COMENTARIOS AL INFORME ENVIADOS POR
CZECH AIRCRAFT GRUP (CAG)

Review and comments of accident final report A-003-2022

Dear

thank you for the opportunity to comment draft of the accident final report A-003-2022 involving PS - 28, registration EC-NKP, SN C0661.

First of all, please be aware that continued airworthiness support was transferred from Czech Sport Aircraft to Czech Aircraft Group as per the NOT-CR-011.

<https://cruiseraircraft.cz/wp-content/uploads/2020/12/NOT-CR-011.pdf>

In general:

The Czech Aircraft Group (CAG) is not convinced that the insufficient instructions provided in procedures 8.5.1 and 8.3.3 of the CR-MM-1-0-00 PS-28 Maintenance Manual is direct cause of deterioration of the nut and bolt fatigue.

The CAG company has not registered a question or complaint about this chapter of the MM from Flyschool Air Academy, the maintenance center at Casarrubios del Monte (Toledo), or any other customers nor question or complaint about zero shown thread above the nut.

Chapter 1.1

Assumes, that brakes were checked with satisfactory results. According to provided measurement in the document title: Medidas de espesor.pdf the disk was worn below limit 4,25mm in most of measured points.



1	2	3	A	B	C	D	E
4,14	4,10	4,22	4,76	4,17	4,40	5,42	5,43

Notwithstanding that condition of brake disk is not the direct cause of the incident, if chapter 1.1 is dealing with brake system, it would be appropriate to provide all information obtained.

Chapter 1.6.3

Specifies the **correct** tightening torque was used by the Flyschool technicians. Nevertheless the chapter 1.16.4 of A-003-2022 defines that the value of correct torque is not specified in Maintenance Manual.

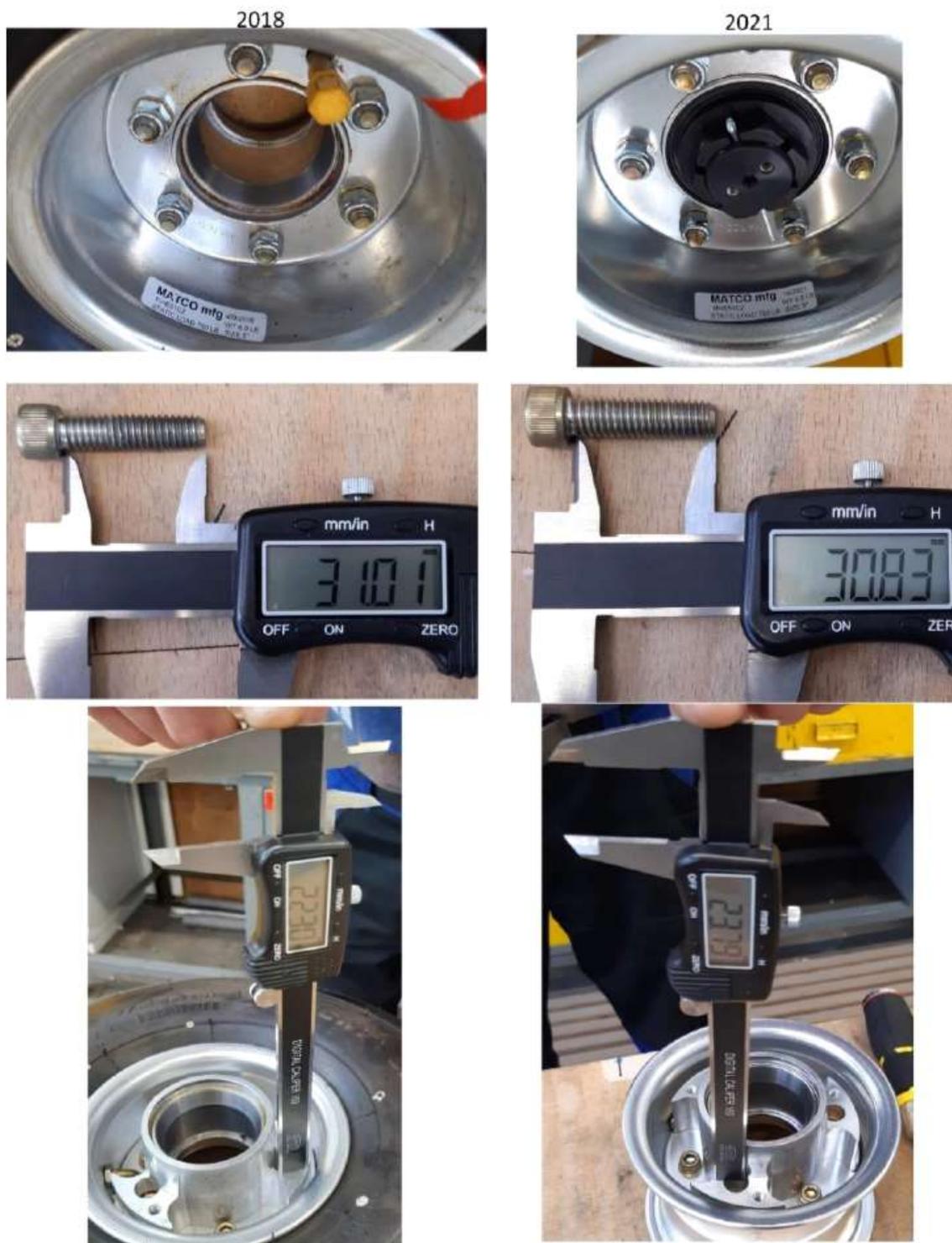
Chapter 1.6.5

Summarizes that aircraft right tire got changed 3 times and still same Bolts, Nuts and Washers were used. That is directly in contradiction with chapter 15 of the MM. Chapter 15 specifies that all repairs to the aircraft must be carried out in accordance with FAA Advisory Circular AC 43.13-1B therefore all self-locking nuts have to be used only once.

Chapter 1.16.2

The description in Figure 8 indicates that the EC-NKP has 0 threads shown above the nut. In spite of this claim Figure 4 shows the same bolts in perpendicular view and the 1 thread above a nut is clearly visible.

Nonetheless, the difference in shown threads is not causing the bolt's fatigue, but by the design change made by the wheel manufacturer the Matco company. CAG questioned a manufacturer Matco company and it was confirmed that in March 2019 the hub was redesigned. The countersink on the hub was increased by 0.060 in. **The only difference on the MHE51CZ is the extra threads past the end of the nut.** Therefore, the concept of checking one or two shown threads above is false.



Chapter 1.16.4

The CAG company has not registered a question or complaint about this chapter of the MM from Flyschool Air Academy, the maintenance center at Casarrubios del Monte (Toledo), or any other customers nor question or complaint about zero shown thread above the nut. However, the section of CR-MM-1-0-00 PS-28 Maintenance Manual has space for improvement and it will be updated.

Chapter 2.1

Deals with the sequence of bolt failure. Sequence based on beach marks is a logical way. On the other hand, sequences #3 - #2 - #1 do not correspond with large elongation only in hole #2 in the disk (rim). Large elongation only in hole #2 suggests that the last holding bolt was #2. Moreover, the report miss the information witch bolt fragment was found in point 8 of Figure 1 and which bolt fragment was found in point 6 of Figure 1.

Chapter 2.2

As described in the comment for chapter 1.16.2 the amount of shown threads is caused by the design change of the manufacture Matco company made in 03/2019.

There is specified that bolts were further compounded by bending loads. According to the provided technical drawings, there is a flange contact between the hub and outer wheel disc preventing this possible bend loading of the bolts, even in case of loosen nuts.

In chapter 2.2, pg. 19 states, that thread joint between bolt and hub is "solid". The joint is not solid therefore the common practice to secure bolts against rotation during nut lossing. Also, it is common sense if zero thread is shown above a nut, the mechanic closely observes the joint, and if the bolt's head is tightened all the way down to the bottom of the pocket hole in the hub.

Has been received MATCO manufacturer's statement on the matter of EC-NKP, SN C0661 incident?