

# CIAIAC

COMISIÓN DE  
INVESTIGACIÓN  
DE **A**CCIDENTES  
E **I**NCIDENTES DE  
**A**VIACIÓN **C**IVIL

## Informe técnico IN-006/2020

Incidente ocurrido el día 3 de febrero de 2020, a la aeronave Boeing 767-375ER, matrícula C-GHOZ, operada por Air Canada, en el aeropuerto de Madrid - Adolfo Suárez (Madrid)



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA

Edita: Centro de Publicaciones  
Secretaría General Técnica  
Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana ©

NIPO: 796-22-092-5

Diseño y maquetación: Centro de Publicaciones

---

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63  
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: [ciaiac@mitma.es](mailto:ciaiac@mitma.es)  
<http://www.ciaiac.es>

C/ Fruela, 6  
28011 Madrid (España)

**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

<b>Abreviaturas</b> .....	4
<b>Sinopsis</b> .....	6
<b>1. INFORMACIÓN FACTUAL</b> .....	8
1.1. Antecedentes del vuelo .....	8
1.2. Lesiones personales .....	12
1.3. Daños a la aeronave.....	12
1.4. Otros daños.....	12
1.5. Información sobre el personal .....	12
1.6. Información sobre la aeronave .....	15
1.7. Información meteorológica.....	20
1.8. Ayudas a la navegación.....	20
1.9. Comunicaciones .....	20
1.10. Información de aeródromo.....	20
1.11. Registradores de vuelo .....	24
1.12. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto.....	32
1.13. Información médica y patológica .....	35
1.14. Incendio .....	36
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia.....	36
1.16. Ensayos e investigaciones.....	36
1.17. Información sobre organización y gestión.....	48
1.18. Información adicional.....	49
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces.....	52
<b>2. ANÁLISIS</b> .....	53
2.1. Origen del evento: fallo del neumático número 5 del tren principal.....	53
2.2. Presencia del objeto en la pista 36L.....	57
2.3. Gestión de la emergencia por parte de la tripulación .....	59
2.4. Gestión de la emergencia por parte de ATC .....	64
2.5. Gestión de la emergencia por parte del aeropuerto.....	68
<b>3. CONCLUSIONES</b> .....	69
3.1. Constataciones .....	69
3.2. Causas/Factores contribuyentes .....	70
<b>4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL</b> .....	71

### Abreviaturas

ACC	Centro de Control de Área
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AGL	Sobre el nivel del suelo
ATC	Control de tránsito aéreo
ATPL(A)	Licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión
CGA	Centro de gestión aeroportuaria
COAM	Coordinador de operaciones del área de movimiento
ECAO	Escuadrilla de circulación aérea operativa
FDR	Registrador de datos de vuelo
FOD	<i>Foreign object debris</i>
fpm	Pies por minuto
h	Hora(s)
IFR	Reglas de vuelo por instrumentos
kg	Kilogramo(s)
km	Kilómetro(s)
kt	Nudo(s)
L	Izquierda (identificación de pista)
LECM	Indicativo del centro de control de área de Madrid
LECU	Indicativo del aeropuerto de Madrid-Cuatro Vientos
LEMD	Indicativo del aeropuerto de Madrid-Barajas Adolfo Suárez
LEMDAIN	Indicativo del sector de aproximación inicial del TMA de Madrid, configuración Norte
LEMDDWN-WNN	Indicativo del sector integrado de despegues Oeste con el sector Oeste-Norte del TMA de Madrid, configuración Norte
m	Metro(s)
MCT	Potencia máxima continua
MHz	Megahercio
MLG	Tren principal de aterrizaje
min	Minuto(s)
mm	Milímetro(s)
MTOW	Peso máximo al despegue
NLG	Tren de morro
NM	Milla náutica
OJTI	Controlador instructor
p/n	Número de parte
PDC	Comprobaciones previas al despegue
PF	Piloto a los mandos
PNF	Piloto no a los mandos
psi	Libra por pulgada cuadrada
R	Derecha (identificación de pista)
s	Segundo(s)

## Informe técnico IN-006/2020

---

s/n	Número de serie
SSEI	Servicio de salvamento y extinción de incendios
SPP	Servicio de pista y plataforma
TCP	Tripulante de cabina de pasajeros
TOAM	Técnico de operaciones del área de movimiento
TOCA	Altitud de aceleración
TOGA	Potencia de despegue
UTC	Tiempo universal coordinado
WOW	Peso en ruedas ( <i>weight on wheels</i> )

### Sinopsis

Propietario y operador:	Air Canada
Aeronave:	Boeing 767-375ER, matrícula C-GHOZ
Fecha y hora del incidente:	Lunes, 3 de febrero de 2020, 14:58 hora local <sup>1</sup>
Lugar del incidente:	Aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez
Personas a bordo:	Tripulación: ocho, ilesos Pasajeros: 130, ilesos
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo comercial - internacional - de pasajeros
Reglas de vuelo:	IFR
Fase de vuelo:	Despegue
Fecha de aprobación:	30 de junio de 2021

### **Resumen del accidente**

El lunes 3 de febrero de 2020, la aeronave Boeing 767-375, matrícula C-GHOZ, operada por Air Canada con código de vuelo ACA837 iniciaba su operación desde el aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez (España) con destino el aeropuerto de Toronto Pearson (Canadá). A las 14:58:03, dos segundos antes de la rotación, se produjo la explosión del neumático y el desprendimiento de la banda de rodadura de la rueda número 5, correspondiente a la rueda trasera izquierda del tren de aterrizaje principal izquierdo. Durante el evento, varios fragmentos del neumático fueron ingeridos por el motor izquierdo (número 1), produciendo daños internos en el mismo.

La tripulación continuó con el despegue, paró el motor izquierdo y declaró emergencia, estando a 700 ft AGL en rumbo de pista. Tras diversas comunicaciones con ATC, la aeronave fue instruida a desplazarse hacia el sureste del aeropuerto, donde realizaría esperas a 5000 ft y luego a 8000 ft de altitud para consumir combustible y evitar realizar la toma en condiciones de sobrepeso. Durante este periodo de espera, se movilizó una aeronave militar del Ejército del Aire desde la base aérea de Torrejón de Ardoz, que permitió concretar la localización y el alcance de los daños en el tren de aterrizaje y en la aeronave.

---

<sup>1</sup> La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local obtenida del registrador de datos de vuelo (FDR). Con respecto a la referencia ATC, existe un desfase de cinco segundos, de tal manera que la hora FDR está cinco segundos adelantada con respecto a la referencia ATC.

A las 18:56 la aeronave había consumido el combustible necesario para realizar la toma e iniciaba la aproximación hacia la pista 32L del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez. El aterrizaje se produjo sin ninguna incidencia y la aeronave se detuvo en la pista a las 19:08, donde permaneció hasta que, mediante la aplicación de ventiladores, se consiguió bajar la temperatura de los frenos del tren de aterrizaje. Finalmente, la aeronave abandonaba la pista por sus propios medios a las 19:55, y a las 20:11 el pasaje desembarcaba de la aeronave de forma normal. No se produjeron daños ni lesiones a las personas a bordo.

La investigación ha determinado que la causa del incidente de la aeronave C-GHOZ fue la perforación del neumático número 5 del tren principal izquierdo por un objeto externo (FOD) afilado que se encontraba en la pista 36L del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez, y que produjo la explosión del neumático y otros fallos secundarios.

El informe contiene cuatro recomendaciones de seguridad: tres dirigidas a ENAIRE como proveedor de servicio de servicios de navegación aérea de las dependencias involucradas y una dirigida a AENA como proveedor del servicio de revisión de pista y plataforma del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez.



## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Antecedentes del vuelo

El lunes 3 de febrero de 2020, la aeronave Boeing 767-375, matrícula C-GHOZ, operada por Air Canada con código de vuelo ACA837 iniciaba su operación desde el aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez (España) con destino el aeropuerto de Toronto Pearson (Canadá).

A bordo se encontraban un total de 138 personas: dos pilotos (comandante y copiloto), seis tripulantes de cabina de pasajeros y 130 pasajeros. El vuelo acumulaba un retraso de dos horas debido a la presencia de un dron en la aproximación del aeropuerto de Madrid que había obligado a cancelar las operaciones. Una vez solucionado, el aeropuerto reanudó la actividad tras realizar una inspección de las pistas. A las 14:40:27 la aeronave, con un peso de 168,4 toneladas, inferior a las 183,8 toneladas de MTOW, rodaba desde el puesto de estacionamiento 72. Era la cuarta en la secuencia de salida. El rodaje duró 17 minutos y, a las 14:57:21, iniciaba la carrera de despegue desde la cabecera de la pista 36L, con potencia de despegue y flap 5, para realizar la salida instrumental ZMR5L. Las velocidades de referencia para el despegue eran 158 kt ( $V_1$ ), 160 kt ( $V_r$ ) y 166 kt ( $V_2$ ).

A las 14:58:00 la aeronave alcanzaba  $V_1$  (158 kt) y a las 14:58:03, dos segundos antes de la rotación, se produjo la explosión del neumático número 5, correspondiente a la rueda trasera izquierda del tren principal izquierdo. Las grabaciones de las cámaras de seguridad del aeropuerto permitieron confirmar que varios fragmentos desprendidos de la banda de rodadura fueron ingeridos por el motor izquierdo y, junto con los datos del registrador de datos de vuelo (FDR), se pudo reconstruir la siguiente secuencia, considerando como referencia  $t=+0$  s el momento en que se produjo la explosión del neumático (14:58:03).

$t=+0$  s explosión del neumático e ingesta por el motor izquierdo (14:58:03)



$t=+1,2$  s primera llamada (14:58:04)



$t=+2$  s inicio de la rotación (sensor tren de morro en modo AIRE) y segunda llamada (14:58:05)



Figura 1. Secuencia entre las 14:58:03 (explosión) y las 14:58:05 (inicio rotación)



Figura 2. Fragmento de neumático número 5 e ingesta por el motor (14:58:03, t=+0 s)

La aeronave continuó con el despegue a la vez que iniciaba el procedimiento de parada del motor izquierdo y declaraba emergencia por fallo de motor:

- t=+36 s desconexión del *AVT* (*autothrottle*)
- t=+39 s retraso de la palanca de potencia (*thrust lever*)
- t=+50 s declaración de socorro: "*MAYDAY MAYDAY MAYDAY with engine failure*"
- t=+62 s cierre de la válvula de combustible del motor (*engine fuel cut off valve*)

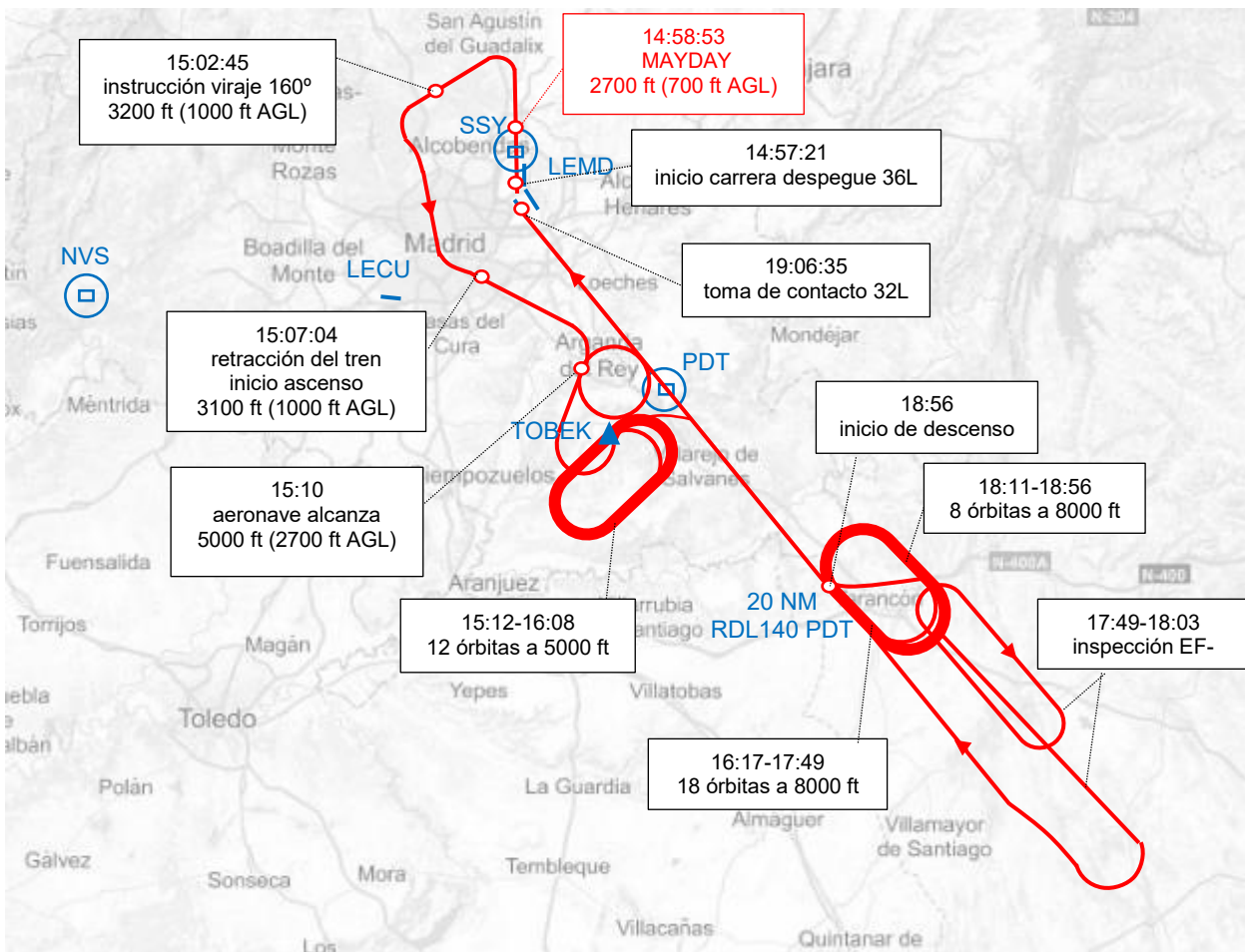


Figura 3. Trayectoria completa

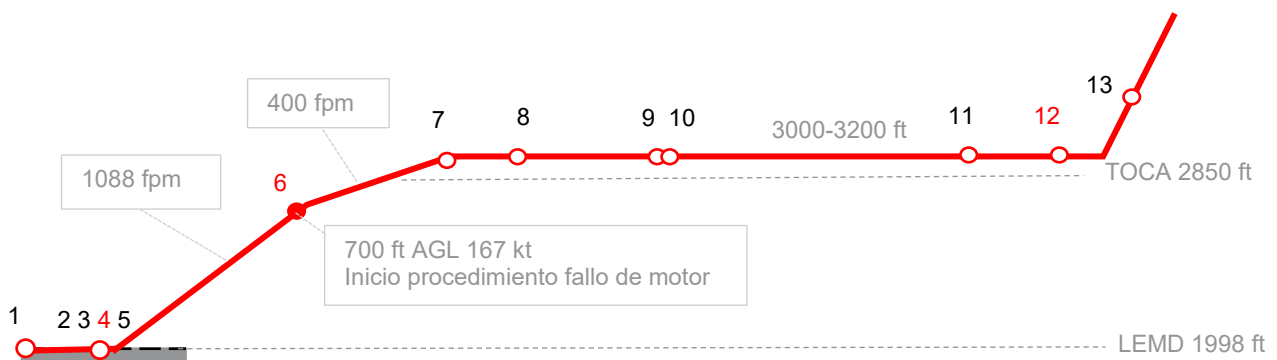
## Informe técnico IN-006/2020

La aeronave se mantuvo en rumbo de pista y en ascenso hasta superar la altitud de aceleración (2850 ft) y estabilizarse a 3000 ft (1000 ft AGL) para, posteriormente, virar hacia el suroeste hacia el DVOR/DME NVS (en adelante NVS). En el tramo hacia NVS, la aeronave realizó una serie de comunicaciones con ATC en las que confirmó que habían tenido una explosión del tren, que estaban con un solo motor, que tenían problemas para retraer el tren de aterrizaje y para ascender, y solicitaba vectores radar para dirigirse a una zona más baja.

ATC instruyó a la aeronave a virar a rumbo sur (160°) a las 15:02:45, estando la aeronave a 1000 ft AGL (3200 ft de altitud) sobre la localidad de Tres Cantos. A partir de este momento y durante 5 min, la aeronave se mantuvo a 3100 ft de altitud (1000 ft AGL), aumentó la velocidad y retrajo los flaps, sobrevolando el centro de Madrid.

A las 15:06:00, la aeronave solicitaba una zona para realizar esperas sin poder determinar el tiempo que iba a necesitar.

A las 15:07:04, la tripulación conseguía retraer el tren y comenzaba a ascender por encima de los 3100 ft de altitud (1000 ft AGL), notificando esta nueva condición a ATC.



<b>1</b>	14:57:21		inicio carrera despegue 36L LEMD TOGA + flap 5	
<b>2</b>	14:58:00		V <sub>1</sub> (158 kt)	
<b>3</b>	14:58:01		V <sub>r</sub> (160 kt)	
<b>4</b>	14:58:03	t=0 s	EVENTO 168 kt	
<b>5</b>	14:58:05	t=+2 s	V <sub>LOF</sub> 171 kt	
	14:58:20	t=+17 s	400 ft AGL – 167 kt	
<b>6</b>	14:58:39	t=+36 s	Inicio procedimiento	700 ft AGL 167 kt
<b>7</b>	14:59:24	t=+1 min 21 s	Inicio segmento nivelado a 3000-3200 ft y aumento de velocidad	
<b>8</b>	15:01:10	t=+3 min 07 s	Intento fallido de retracción del tren	3000 ft - 190 kt
<b>9</b>	15:03:30	t=+5 min 27 s	MCT	3000 ft - 210 kt
<b>10</b>	15:03:44	t=+5 min 41 s	retracción a flap 1 (V <sub>ref30</sub> +40)	3200 ft - 216 kt
<b>11</b>	15:06:16	t=+8 min 13 s	retracción a flap 0 (V <sub>ref30</sub> +60)	3200 ft - 230 kt
<b>12</b>	15:07:04	t=+9 min 01 s	retracción del tren	3200 ft - 230 kt
<b>13</b>	15:08:33	t=+10 min	ascenso a 5000 ft (V <sub>ref30</sub> +80)	240 kt

Figura 4. Esquema, no a escala, del perfil de ascenso

A las 15:10 la aeronave alcanzaba los 5000 ft de altitud y era instruida a dirigirse hacia TOBEK, donde realizaría, a esa misma altitud, un total de doce órbitas, entre las 15:12 y las 16:08. Finalizando las órbitas sobre este punto, la tripulación confirmó que necesitaría estar tres horas en vuelo para aminorar peso y que podrían hacerlo en cualquier punto.

A las 16:08 la aeronave abandonaba TOBEK para dirigirse a la milla 20 del radial 140 del DVOR/DME PDT (en adelante PDT) que la situaba a 36 NM de la pista, donde realizaría un total de 18 órbitas a 8000 ft de altitud, entre las 16:17 y las 17:49.

A las 17:49, la aeronave abandonaba la zona hacia el sureste para que un EF-18A del Ejército del Aire que había sido movilizadado de la base de Torrejón, inspeccionase el estado del tren. Esta inspección duró entre las 17:49 y las 18:03, y permitió confirmar el alcance y localización de los daños. A las 18:03 la tripulación volvía a retraer el tren y los flaps, desplegados para la inspección, y regresaba a la zona anterior para volver a completar ocho órbitas más a 8000 ft.

A las 18:56 la aeronave iniciaba la aproximación hacia la pista 32L, desde los 8000 ft en que había estado orbitando, y a 36 NM en aproximación final de la citada pista.

A las 19:03 la tripulación extendía el tren de aterrizaje.

La toma de contacto (sensores WOW en modo ON) se registró a las 19:06:35, con flaps 20 y con un peso de 142,9 toneladas. Dos minutos después la aeronave quedaba detenida en la pista, donde el servicio de salvamento y extinción de incendios del aeropuerto inició el enfriado de los frenos por medio de ventiladores (*fan*).

El pasaje permaneció en el avión durante casi una hora, hasta que a las 19:55 la aeronave iniciaba el rodaje por sus propios medios para abandonar la pista. A las 19:59 llegaba a su estacionamiento (estacionamientos 1 y 2) y a las 20:11 se iniciaba el desembarque del pasaje de forma normal, sin que ninguna persona a bordo resultase herida.



Figura 5. Tren principal izquierdo (visto desde atrás) tras el aterrizaje

## 1.2. Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales				
Lesionados graves				
Lesionados leves				
Ilesos	8	130	138	
Total	8	130	138	

## 1.3. Daños a la aeronave

La aeronave presentaba daños importantes en el tren principal izquierdo (rueda número 5, panel y sensor de inclinación) y motor izquierdo (interior del motor y carenados exteriores). De menor entidad se habían producido pequeños impactos en el carenado del flap número 3 (flap *fairing*) y en diversos paneles situados encima del tren principal izquierdo.

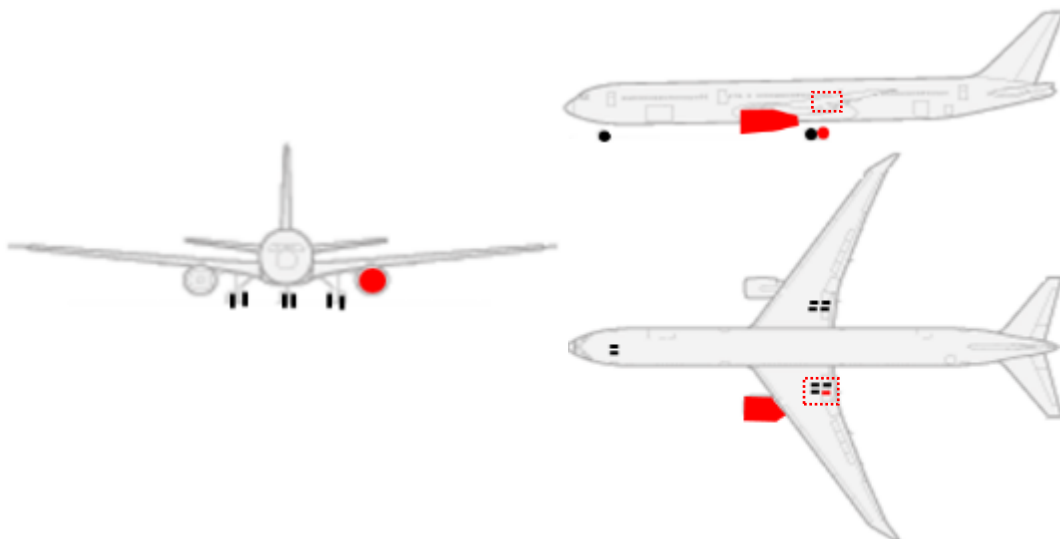


Figura 6. Daños a la aeronave

## 1.4. Otros daños

Ninguno.

## 1.5. Información sobre el personal

### 1.5.1 Información sobre el personal de la aeronave

El comandante tenía 52 años de edad. Tenía una licencia de ATOL(A) y habilitación en B767 en vigor. Acumulaba una experiencia total de 25000 h, de las cuales 13349:50 h realizadas con Air Canada. Su experiencia en B767 era de 1300 h.

El copiloto tenía 35 años de edad. Tenía una licencia de ATPL(A) y habilitación en B767 en vigor. Acumulaba una experiencia total de 6500 h, de las cuales 619:34 h realizadas con Air Canada. Su experiencia en B767 era de 619:34 h.

El sobrecargo tenía 52 años de edad y una experiencia de 31 años en Air Canada en el puesto.

Toda la tripulación de vuelo (dos pilotos y seis tripulantes de cabina) había dormido en un hotel en el centro de Madrid la noche anterior. Fueron recogidos en el hotel a las 11:45 y trasladados al aeropuerto, donde llegaron a las 12:10 aproximadamente.

### *1.5.2 Información sobre el personal de control*

En este incidente intervinieron dos dependencias ATC: la torre de control de Madrid-Barajas Adolfo Suárez y el ACC de Madrid, con diferentes sectores en cada uno de ellos. Se relacionan en el orden de interacción con la aeronave durante el evento:

1. En la torre de control de Madrid-Barajas Adolfo Suárez, en el momento del despegue se encontraban dos personas: un controlador local instructor (OJTI) y un controlador local en instrucción.

El controlador local instructor LCL36L tenía 47 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 16 de agosto de 2000. Su experiencia en la dependencia era de quince años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para control de aeródromo válida y en vigor hasta el 6 de octubre de 2020.

El controlador local en instrucción LCL36L tenía 40 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 1 de junio de 2010. El día del incidente no contaba aún con las anotaciones de unidad pertinentes, al no haber terminado su formación de unidad.

2. En el ACC de Madrid, Sector integrado LEMDDWN-WNN, se encontraban dos personas: un controlador ejecutivo y un controlador planificador.

El controlador ejecutivo tenía 64 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 15 de septiembre de 1983. Su experiencia en la dependencia era de diez años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para el control de vigilancia de aproximación válida y en vigor hasta el 18 de mayo de 2020.

El controlador planificador tenía 57 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 15 de febrero de 1993. Su experiencia en la dependencia era de ocho años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para aproximación válida y en vigor hasta el 10 de mayo de 2020.

3. En el ACC de Madrid, Sector LEMDAIN, se encontraban dos personas: un controlador ejecutivo y un controlador planificador.

El controlador ejecutivo tenía 45 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 18 de diciembre de 2002. Su experiencia en la dependencia era de diez años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para el control de vigilancia de aproximación válida y en vigor hasta el 4 de febrero de 2021.

El controlador planificador tenía 52 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 15 de septiembre de 1998. Su experiencia en la dependencia era de diez años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para el control de vigilancia de aproximación válida y en vigor hasta el 16 de octubre de 2020.

4. En el ACC de Madrid, Sector LEMDAIN, se produjo un relevo del controlador ejecutivo.

El controlador ejecutivo entrante tenía 60 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 30 de junio de 1997. Su experiencia en la dependencia era de diez años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para el control de vigilancia de aproximación válida y en vigor hasta el 23 de mayo de 2020.

5. En el ACC de Madrid, frecuencia 130,8 MHz<sup>2</sup>, se encontraba un controlador ejecutivo.

El controlador ejecutivo tenía 51 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 6 de julio de 2000. Su experiencia en la dependencia era de ocho años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para el control de vigilancia de aproximación válida y en vigor hasta el 2 de octubre de 2020.

6. En el ACC de Madrid, Sector LEMDAIN, se encontraba un controlador ejecutivo.

El controlador ejecutivo tenía 48 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 20 de diciembre de 2002. Su experiencia en la dependencia era de menos de un año. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para el control de vigilancia de aproximación válida y en vigor hasta el 10 de abril de 2020.

---

<sup>2</sup> Esta frecuencia no pertenece a ningún sector concreto. Es una frecuencia disponible para contingencias en el TMA de Madrid (AIP ENR 2.1-25).

7. En el ACC de Madrid, Sector LEMDAIN, se encontraba un controlador ejecutivo.

El controlador ejecutivo tenía 57 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 17 de junio de 1987. Su experiencia en la dependencia era de diez años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para el control de vigilancia de aproximación válida y en vigor hasta el 9 de octubre de 2020.

8. En la torre de control de Madrid-Barajas Adolfo Suárez, en el momento del aterrizaje se encontraban dos personas: un controlador local LCL32L y un controlador de rodadura.

El controlador local LCL32L tenía 50 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 26 de mayo de 2006. Su experiencia en la dependencia era de ocho años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para control de aeródromo válida y en vigor hasta el 2 de enero de 2021.

El controlador de rodadura tenía 47 años de edad, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 7 de abril de 1998. Su experiencia en la dependencia era de doce años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para control de aeródromo válida y en vigor hasta el 24 de noviembre de 2020.

### *1.5.3 Información sobre el personal del aeropuerto*

La información sobre el personal del servicio de pista y plataforma del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez que realizó la inspección de la pista 36L previa al vuelo es la siguiente:

El coordinador de operaciones del área de movimiento (COAM) tenía 56 años de edad. Tenía una experiencia en inspección de pistas de treinta años: los primeros diez años como TOAM y desde hacía veinte años como COAM.

El técnico de operaciones del área de movimiento (TOAM) tenía 53 años de edad. Acumulaba once años de experiencia como TOAM.

### **1.6. Información sobre la aeronave**

La aeronave modelo Boeing 767-375ER, matrícula C-GHOZ, s/n 24087, operada por Air Canada, acumulaba un total de 58889:42 h y 10099 ciclos. Contaba con dos motores General Electric CF6-80C2. El motor izquierdo (número 1) con s/n 702775, acumulaba 102022 h y 17592 ciclos. El derecho (número 2) con s/n 702385, acumulaba 113204 h y 6561 ciclos. No contaba con sistema de descarga rápida de combustible.

El vuelo del evento era el segundo del día: anteriormente había realizado el trayecto inverso Toronto-Madrid. El vuelo había durado 6h 49 min y había aterrizado en Madrid a las 12:11 sin ninguna incidencia.



### 1.6.1 Pesos de la aeronave durante el vuelo

Los máximos pesos de operación para esta aeronave eran los siguientes:

- Peso máximo de despegue (MTOW): 183800 kg.
- Peso máximo de aterrizaje (MLW): 145149 kg.

En el momento del despegue:

- Peso sin combustible: 116700 kg.
- Peso del combustible<sup>3</sup>: 51752 kg.
- Peso al despegue: 168452 kg.

En el momento del aterrizaje:

- Peso del combustible: 26223 kg.
- Peso al aterrizaje: 142923 kg.

### 1.6.2 Estado de la aeronave antes del despegue

Antes del despegue, la aeronave había sido inspeccionada en Madrid según el PDC (*predeparture check*). Los resultados del PDC no mostraron ninguna anomalía en el tren de aterrizaje. Esta inspección incluyó (*ítem 5, Aircraft exterior*):

- (1) *Check main nose gear tires for inflation pressure.*
- (2) *Visually inspect main and nose gear wheels for condition and integrity.*
- (3) *Inspect main and nose gear tires for wear.*

Los resultados de esta PDC antes del vuelo del ACA837 no registró ninguna anomalía o defecto relacionado con el estado del tren de aterrizaje y la medición de la presión de la rueda número 5 dio un valor de 220 psi, dentro del rango que define el manual de mantenimiento como presión normal.

La documentación de mantenimiento revisada (*defect detail reports, aircraft journey log, predeparture check, routine check*) no tenía anotados componentes o sistemas, relacionados con el tren de aterrizaje, que hubiesen estado inoperativos, diferidos o mostrado problemas previos relacionados con lo ocurrido durante el despegue.

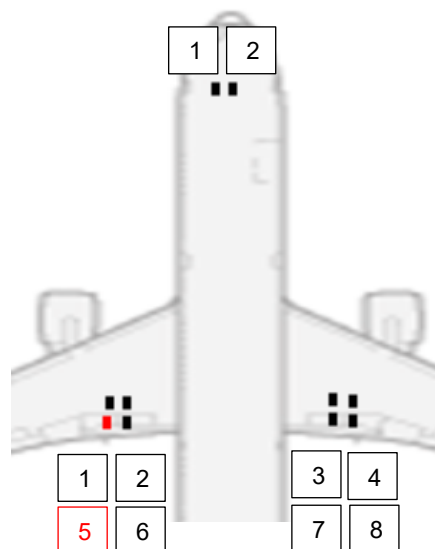
---

<sup>3</sup> Valores de peso del combustible en el despegue y en el aterrizaje obtenidos del FDR.

### 1.6.3 Rueda número 5

Cada una de las patas del tren de aterrizaje principal está formado por cuatro ruedas dispuestas en tándem: dos ruedas delanteras y dos traseras. La identificación de las mismas sigue el criterio que se muestra en la figura, de tal manera que la rueda número 5, que explotó durante el despegue, corresponde a la rueda trasera izquierda del tren principal izquierdo.

En el momento del incidente, el neumático de la rueda número 5 tenía un total de tres recauchutados (R03<sup>4</sup>) y 40 ciclos de vida. Su identificación era p/n 020-807-0 y s/n 7251R00109.



### 1.6.4 Estructura de la rueda

Con objeto de proporcionar una mejor comprensión de la información que se presenta a lo largo de los siguientes apartados, se describe brevemente estructura de las ruedas del tren principal.

La rueda está formada por dos semillantas de aleación de aluminio sobre las que se aloja el neumático. Cada una de estas tres partes (semillantas y neumático) tienen una vida operativa independiente, de tal forma que un neumático puede estar instalado en diferentes llantas y, por lo tanto, en diferentes aeronaves.

Las dos semillantas de la rueda contienen, además de la válvula de inflado, unos dispositivos para prevenir la explosión (*burst*) del neumático<sup>5</sup>. Estos dispositivos consisten en:

- una válvula de alivio de presión (*pressure relief valve*), situada en la semillanta exterior, que actúa entre 25,8 y 31,0 bar, y que libera por completo la presión en el interior del neumático.
- tres fusibles térmicos (*fuse plugs*) situados en la semillanta interior, que actúan a los 183°C, derritiendo un material eutéctico y liberando la presión del interior del neumático.

El neumático (*tyre*) está compuesto por:

- el cuerpo del neumático (*carcass o casing*), que es todo lo que no es banda de rodadura. Está compuesto por una serie de capas (*plies*) superpuestas en oblicuo, que dan resistencia y proporcionan una distribución uniforme de las cargas.
- la banda de rodadura (*tread*): de material de goma, es el elemento en contacto con el terreno. Es la parte que se somete a procesos de recauchutado.

<sup>4</sup> Esta referencia al número de procesos de recauchutado (*retreatment*) está impresa en el propio neumático.

<sup>5</sup> La normativa de certificación requiere la presencia de estos dispositivos. En el caso de la normativa europea es la CS 25.731 *Wheels*.

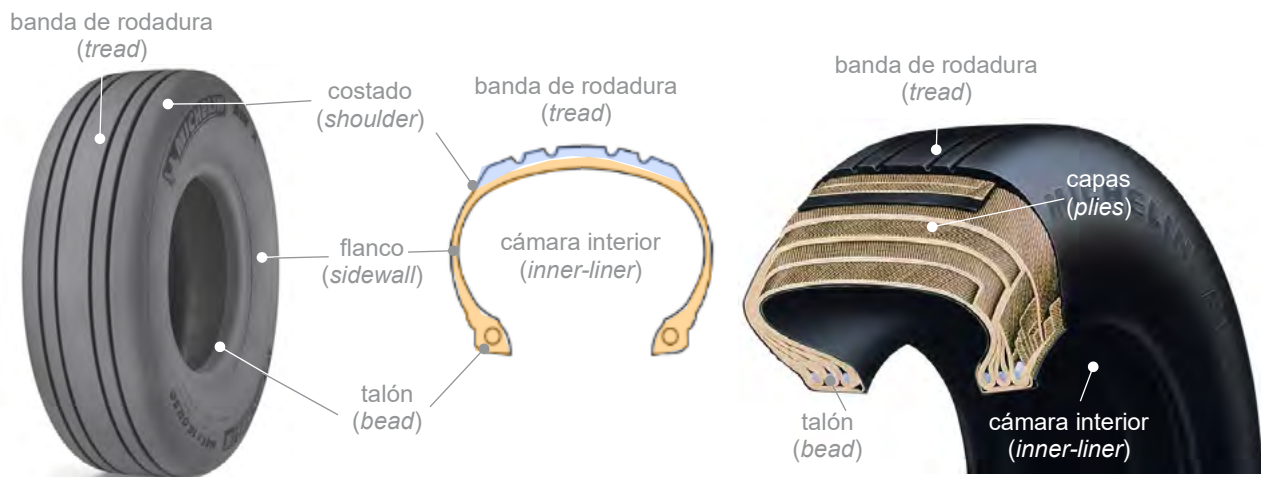


Figura 7. Localización de zonas y estructura interna del neumático

La banda de rodadura tiene cuatro surcos (*groove*) que facilitan la detección del nivel de desgaste y ayudan a la evacuación de calor y agua. Los surcos están identificados según su cercanía a la cara del neumático en la que se encuentra el número de serie del neumático. De interés se muestran los identificados como OSS (*Opposite Serial number Side*) y SS (*Serial number Side*).

En el caso de los neumáticos Michelin, el s/n está situado en uno de los flancos, mientras que otras marcas de identificación (p/n, tamaño, etc.) están duplicadas en ambos. Las marcas específicas de recauchutado (incluido la repetición del s/n y el nivel de recauchutado) se localizan en uno de los costados del neumático. De cara a los procesos de reconstrucción y análisis del neumático, este se divide virtualmente en 12 sectores idénticos, identificados en el flanco opuesto al número de serie, empezando por la junta de la cámara interior, tal como se muestra en la figura.



### 1.6.5 Servicios utilizados durante la escala en Madrid

Tras el aterrizaje precedente de Toronto a las 12:11, la aeronave estuvo estacionada en el puesto 72. Tuvo conectados la pasarela (12:21 a 14:16) y el servicio de 400 Hz (12:31 a 14:15), sin que quedase registrada ninguna incidencia durante este tiempo.

### 1.6.6 Procedimiento de despegue desde la pista 36L: ZMR5L

El procedimiento que estaba realizando la aeronave era la salida instrumental ZMR5L, publicado en el AIP. El operador utilizaba la publicación Jeppesen, que se presenta en la figura 8 y sobre la cual se ha resaltado la información de interés:

- Ascenso hasta SSY<sup>6</sup> en curso 001°M a o por encima de 2400 ft, viraje a la izquierda a velocidad máxima de 205 kt.
- A MD039, a o por encima de 5200 ft, viraje a la derecha, a 210 kt de velocidad máxima.
- A MD044, a o por encima de 7600 ft viraje a la izquierda.
- A DISKO, a o por encima de 12000 ft.
- A ZMR, a por encima de 13000 ft.

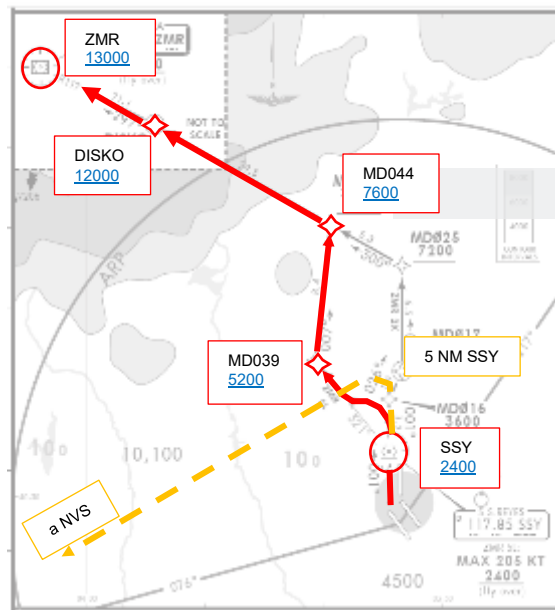


Figura 8. Procedimientos de despegue

### 1.6.7 Procedimiento de despegue desde la pista 36L en caso de fallo de motor

Para el caso de fallo de motor en despegue desde la pista 36L realizando la salida instrumental ZMR5L, el operador tenía definido un procedimiento, que se ha representado en la figura 8 en línea naranja discontinua junto con la salida normal (en rojo continuo):

- Si el fallo de motor se produce en un radio de 5 NM de SSY, continuar según se indica en la SID hasta alcanzar 5 NM SSY.
- Virar a la izquierda para proceder directo a NVS y realizar la espera según esté publicado.

If engine failure prior to a radius of D5.0 SSY or D9.4 BRA, continue as per SID until D5.0 SSY or D9.4 BRA, then LEFT turn and proceed direct to NVS VOR and hold as published.

<sup>6</sup> DVOR/DME SSY (en adelante SSY) situado en la prolongación de la pista 36L a 1 NM de distancia aproximadamente del final de la misma.

### 1.7. Información meteorológica

Durante el despegue<sup>7</sup> las condiciones meteorológicas eran las siguientes: día soleado, ausencia de nubosidad, visibilidad máxima y viento de 1 kt de intensidad y de 170° de dirección. La temperatura era de 17°C y el QNH era de 1030 hPa.

En el aterrizaje<sup>8</sup>, las condiciones se mantenían similares: viento de 5 kt y de dirección variable entre 150°-210°, visibilidad máxima, sin nubosidad, 14°C y QNH 1029 hPa.

### 1.8. Ayudas a la navegación

Todas las ayudas para la navegación y aterrizaje, así como los equipos de a bordo, estaban operativas y funcionaron correctamente. La información radar, las comunicaciones radio y los datos de los registradores de vuelo se han integrado en el apartado 1.11, para proporcionar una visión más completa del vuelo.

### 1.9. Comunicaciones

Las comunicaciones entre las diferentes dependencias de control y la aeronave se recuperaron para la investigación. Estas cubren la totalidad del vuelo y la información más relevante se presenta en el apartado 1.11. El registrador de voces de cabina estaba operativo y funcionando correctamente, pero debido a la duración del vuelo solo quedó grabado el último periodo antes de la finalización del vuelo. Las comunicaciones en cabina durante el evento, ocurrido durante el despegue, se regrabaron y, por lo tanto, no han podido ser analizadas.

### 1.10. Información de aeródromo

El aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez tiene una elevación de 609 m (1998 ft) y cuatro pistas, paralelas dos a dos. Las utilizadas por la aeronave del incidente fueron la 36L (DIM: 4179 m) para el despegue y la 32L (DIM: 3988 m) para el aterrizaje.

#### 1.10.1 Procedimiento de revisión de pista en LEMD

El aeropuerto de Madrid- Adolfo Suárez tiene establecido un procedimiento de revisión de pistas que está recogido en el documento PO-38 "Revisiones realizadas en pistas, calles de rodaje y plataforma por el Servicio de Pista y Plataforma". La versión 3, vigente en el momento del evento, tenía fecha de 30/08/2019. De interés para la investigación se ha extraído la siguiente información del procedimiento:

- *Las inspecciones de pista tienen como objeto detectar cualquier anomalía que pueda dificultar la operatividad y/o afectar a la seguridad de las operaciones.*
- *Las inspecciones de pistas serán realizadas por el Servicio de Pista y Plataforma.*
- *Las inspecciones deberán realizarse con dos vehículos del Servicio de Pista y Plataforma (situados a ambos lados del eje), a una velocidad aproximada y, en la medida de lo posible, no superior a 60 km/h, al objeto de facilitar la detección de cualquier incidencia.*

<sup>7</sup> METAR de las 14:00 UTC (15:00 hora local).

<sup>8</sup> METAR de las 18:00 UTC (19:00 hora local).

- Las inspecciones se realizarán recorriendo la pista en sentido contrario a su utilización.
- Cada vehículo se situará a unos 5 m del eje.
- Los aspectos a revisar en las inspecciones de pistas son:
  - detectar tornillos, herramientas o cualquier pieza.
  - determinar si hay materiales sueltos que puedan ser ingeridos por los motores de las aeronaves.
- Existen dos tipos de inspecciones: programadas y adicionales.
- Se definen un total de 4 inspecciones programadas diarias de cada pista:
  - 1ª revisión: 06:00 a 07:00.
  - 2ª revisión de la pista de SALIDAS: 13:00 a 13:30.
  - 3ª revisión de la pista de SALIDAS: 17:30 a 18:00.
  - 4ª revisión: 22:30 a 23:30.
- Las inspecciones adicionales pueden estar motivadas por accidentes o incidentes y después de cualquier condición inusual del aeropuerto.

El procedimiento tiene definidos unos registros, que debe cumplimentar y firmar el COAM como responsable de la inspección. Estos registros se cumplimentan para cada uno de los tramos en que se divide cada pista (por ejemplo, CABECERA 36L-Z6). Las anotaciones comprenden el estado de LIMPIEZA, BACHES y OBJETOS con un código de BIEN-REGULAR-MAL y SI-NO.

Los vehículos que se utilizan para realizar las inspecciones son vehículos tipo *pick-up*. En concreto, los utilizados en la revisión previa al despegue fueron los P19 y P20, de la marca Nissan Navara (TOAM) y Ford Ranger (COAM), respectivamente.

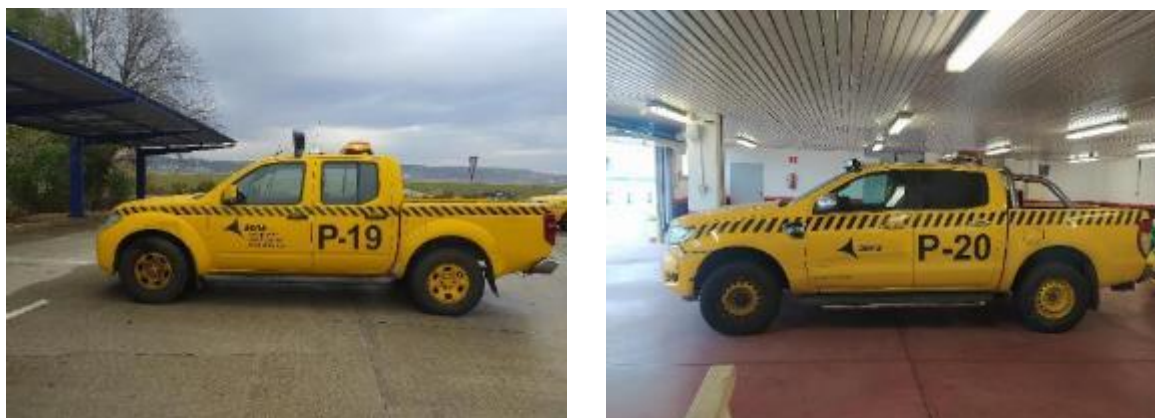


Figura 9. Vehículos utilizados en la revisión de la pista 36L

### 1.10.2 Revisiones de la pista previas al despegue

El aeropuerto estuvo cerrado al tráfico debido a la presencia de un dron en la aproximación. Tras quedar solucionada esta situación, se reanudaron las operaciones tras una inspección de las pistas, que coincidió con la segunda revisión programada del día. En concreto, la inspección se inició a las 14:06<sup>9</sup>, 50 minutos antes del inicio de la actividad por la pista 36L. Según quedó anotado en el registro de esta inspección no se detectó ningún objeto.

<sup>9</sup> Aunque sin influencia en el evento, la hora de firma del registro de esta inspección no coincidía con la hora real a la que se realizó la inspección.

### 1.10.3 Despegues previos por la pista 36L

Tras la revisión de pista a las 14:06, y anteriormente al despegue del vuelo ACA837, se produjeron tres salidas:

- 14:51: Despegue de la aeronave RYR5468.
- 14:53: Despegue de la aeronave RYR5995.
- 14:56: Despegue de la aeronave IBE6403.
- 14:58: Despegue de la aeronave del evento ACA837.

Las cámaras de vigilancia registraron los tres despegues anteriores. La visualización de los mismos confirmó que las tres aeronaves completaron la carrera de despegue sin incidencias. Ninguna de ellas reportó haber tenido ningún problema con el tren de aterrizaje. Se confirmó que los recorridos de despegue fueron superiores al realizado por el ACA837.

### 1.10.4 Revisión de la pista 36L tras al despegue

Tras la declaración de emergencia de la aeronave, el servicio de pista y plataforma realizó una revisión de la pista 36L. Los registros muestran que a las 15:04 entraba un vehículo en la pista y que dos minutos después, a las 15:06, informaba a TWR sobre la presencia de muchos trozos de rueda y desperdicios solicitando los servicios de una barredora. La retirada de restos y limpieza de la pista se prolongaría hasta las 17:45, en que la pista volvió a quedar operativa.

Los restos se habían dispersado a lo largo de unos 1400 m, a lo largo de la zona que se muestra en la figura 10 y consistían en:

- multitud de fragmentos de rueda de distintos tamaños: los más pequeños medían escasos centímetros de espesor y longitud y el mayor de ellos tenía más de un metro de longitud.
- material (*honey comb*) que, posteriormente, se identificó como perteneciente al carenado del motor (*nose cowl inlet*).





Figura 10. Dispersión de restos en la pista 36L

#### 1.10.5 Revisión de la pista 32L tras el aterrizaje

Tras la salida de la aeronave de la pista 32L a las 19:55, se realizó una revisión adicional de la pista, así como de todo el recorrido hasta el puesto de estacionamiento. En esta revisión se detectaron algunos restos de neumático. La pista 32L volvió a estar operativa a las 20:03.

#### 1.10.6 Efectos de la emergencia en la operatividad del aeropuerto

La operatividad del aeropuerto se vio afectada de diferente forma según se actualizaba la información sobre el tráfico en emergencia. Las pistas afectadas fueron la 36L, por contaminación de la pista tras el despegue, y la 32L por ser la pista elegida para aterrizar. La evolución fue la siguiente:

Los primeros minutos tras el despegue antes de iniciar las esperas:

- En espera de un aterrizaje inminente de la aeronave, se liberó de tráfico en rodaje la zona próxima al final de la pista 32L, en previsión de una posible salida de pista.
- Debido a la contaminación de la pista 36L, los tráficos en espera para despegue por la 36L fueron reencaminados a la 36R.
- Única pista en servicio para el despegue era la 36R y el resto de tráficos de llegada operaron por la pista 32R, dejando la pista 32L reservada para el ACA837.

Cuando el ACA837 decidió hacer esperas en TOBEK pero no se sabía el tiempo que iba a estar:

- La única pista en servicio para el despegue era la 36R, debido a que la 36L estaba en proceso de limpieza. La acumulación de aeronaves de salida en rodaje hacia la 36R alcanzó valores de hasta veinte, por lo que se tomaron medidas para reducir en algunos tramos el parámetro de despegues de cuarenta a diez aeronaves/hora. Este valor se volvió a aumentar posteriormente.
- La única pista para aterrizaje era la 32R.



Cuando el ACA837 confirmó que necesitaba continuar en espera por 3 h:

- Se volvió a reducir el parámetro de despegues para evitar la acumulación de tráficos en rodaje para la pista 36R. Pasada media hora se volvió a subir a cuarenta aeronaves/hora. La 36L seguía en inspección y limpieza.
- Se abrió la 32L para aterrizajes.
- El aeropuerto operaba con una pista para despegues y dos pistas para aterrizajes.

Cuando finalizó la inspección y limpieza de la pista 36L:

- Se abrió de nuevo la pista 36L para despegues.
- El aeropuerto operaba con las cuatro pistas abiertas, tras recibir confirmación a las 18:02 de que la aeronave estaría en vuelo 90 min más.

Antes de la aproximación:

- Se evitó el carreteo en las proximidades del final de pista de la 32L.

Después del aterrizaje:

- Pista 32L inoperativa por estar ocupada por la aeronave. Pista 32R operativa para llegadas.
- Pista 36L cerrada para despegues para evitar rodaje de aeronaves por la zona cercana a la aeronave. Pista 36R única abierta para despegues.

La operativa normal del aeropuerto con las cuatro pistas abiertas se recuperó a las 20:03. Durante el tiempo que duró la emergencia, se establecieron regulaciones al tráfico de llegada al aeropuerto en cuatro franjas horarias y se desviaron tres tráficos a los aeropuertos de Valencia y Zaragoza.

### 1.11. Registradores de vuelo

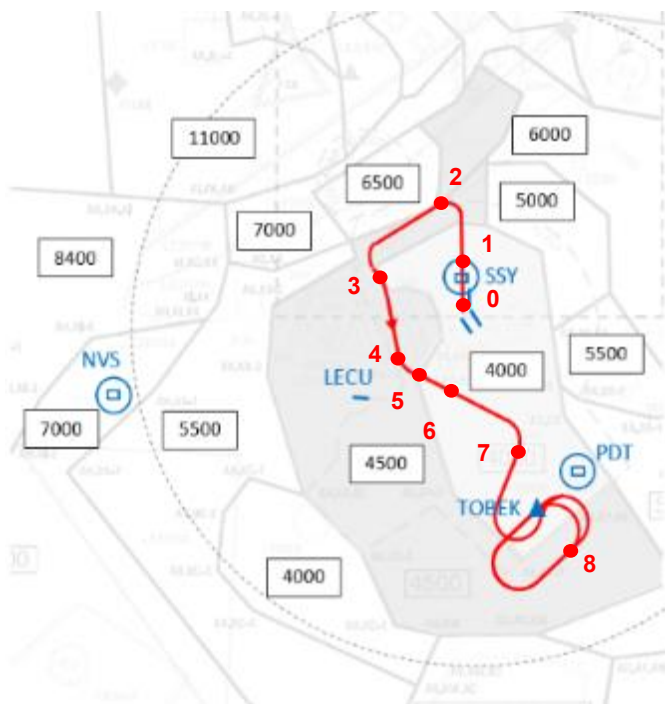
Se presenta integrada la información de los registradores de vuelo<sup>10</sup> y de los servicios de tránsito aéreo. El vuelo, desde el inicio de carrera de despegue hasta la finalización del recorrido de aterrizaje, duró 4 h 11 min. Desde el inicio del rodaje en despegue hasta la finalización del rodaje en la llegada, la duración fue de 5 h 19 min. La trayectoria completa se ha incluido en el apartado 1.1.

Este apartado se ha centrado en los primeros 18 minutos del vuelo, durante los cuales el vuelo se desarrolló por debajo de las altitudes mínimas de vigilancia sobre Madrid capital y en el que se aplicaron los procedimientos de emergencia. A partir de este momento, la aeronave pudo retraer el tren y ascender, por lo que el resto del vuelo se desarrolló sin eventos significativos.

La figura 11 presenta la trayectoria sobre la carta de altitud mínima de vigilancia ATC, donde se pueden observar las altitudes mínimas en cada zona que sobrevoló la aeronave.

<sup>10</sup> Registrador de datos de vuelo: p/n 980-4700-042, s/n SSFDR-10221.

Registrador de comunicaciones en cabina: p/n 980-6022-021, s/n 120-04321.



- (0) 14:57:21 inicio carrera de despegue
- (1) 14:58:39 Inicio del procedimiento de daño en motor (*items* 1, 2 3)
- (2) 15:01:10 Intento fallido de retracción del tren. 3200 ft (1000 ft AGL)
- (3) 15:04:45 Sobrevuelo de Madrid capital. 3100 ft (1000 ft AGL)
- (4) 15:06:22 Primera información sobre la presencia de restos de rueda en la pista. 3100 ft (1000 ft AGL)
- (5) 15:07:04 Retracción del tren. 3100 ft (1000 ft AGL)
- (6) 15:08:04 Aeronave por encima de la mínima de vigilancia ATC. 4100 ft (2000 ft AGL)
- (7) 15:10:00 Aeronave alcanza 5000 ft
- (8) 15:15:03 *Items* 4, 7 y 8 del procedimiento de daño en motor

Figura 11. Trayectoria hasta las 15:23 sobre la carta de altitud mínima de vigilancia ATC

Rodaje (17 min):

14:40:27 Inicio de rodaje desde el puesto de estacionamiento 72 hasta cabecera 36L.

Carrera de despegue:

- 14:57:13 Colación de autorización de despegue con calaje de flap 5.
- 14:57:16 Actuación sobre las palancas de potencia (*throttle lever*).
- 14:57:21 Inicio de la carrera de despegue por pista 36L (aeronave empieza a moverse).
- 14:57:25 AT MODE ENGAGED.
- 14:58:00 158 kt de CAS correspondiente a  $V_1$ .

Evento (t=+0 s) finalizando la carrera de despegue:

- 14:58:03 (t=+0 s) Explosión del neumático número 5. 168 kt de CAS. Aeronave todavía en carrera de despegue.
- 14:58:04 (t=+1 s) Anomalías en parámetros:
  - Disminución de N1 motor 1: 107% a 94%.
  - Incremento de la vibración en motor 1, hasta el valor (escalar) de 5.
  - Aumento de aceleraciones longitudinales y laterales.
  - Modificación momentánea del rumbo hacia la izquierda.
- 14:58:05 (t=+2 s) Inicio de la rotación. 171 kt de CAS.
- 14:58:06 (t=+3 s) Incremento de las N1 del motor 1 hasta el 118%, que se mantuvo más de medio minuto. Aeronave a 8 ft AGL.

### Aeronave en rumbo de pista e inicio del procedimiento de parada de motor (t=+36 s):

- 14:58:37 Llamada de TWR a la aeronave para transferirla. No hubo contestación.
- 14:58:39 (t=+36 s) A/T MODE NOT ENGAGED<sup>11</sup>. 2633 ft.
- 14:58:41 MASTER CAUTION ON (se mantuvo activo 3 min y 34 s, hasta las 15:02:15).
- 14:58:42 (t=+39 s) Retraso de la palanca de potencia del motor 1 (*throttle lever*)<sup>12</sup>. Aeronave a 2651 ft (653 ft AGL). Las vibraciones en el motor descendieron a 1.
- 14:58:48 Segunda llamada de TWR a la aeronave para transferirla: "ACA837 *contact departure 124,230 bye bye*". No hubo contestación.
- 14:58:53 (t=+50 s) 1ª comunicación del ACA837 con TWR tras el despegue: "Negative negative. MAYDAY MAYDAY MAYDAY with engine failure, stand by". La aeronave estaba a 700 ft AGL y 171 kt de CAS. Inmediatamente, TWR contactó con ACC para comunicar que el ACA que le iba a transferir tenía fallo de motor y canceló el siguiente despegue para dejar la pista 36L libre.
- 14:59:05 (t=+62 s) Corte de combustible del motor 1 (CUT OFF)<sup>13</sup>. 2781 ft y 172 kt de CAS.
- 14:59:24 2ª comunicación del ACA837 a TWR. Aeronave a 2900 ft (900 ft AGL) en rumbo de pista: "OK, ACA837, we have left engine failure, secured, requesting radar vectors". TWR acusaba recibo de la notificación de fallo de motor "engine failure understood" y le instruía a contactar con el siguiente sector DWN-WNN. Acto seguido TWR desviaba los tráficos en espera para despegar por la 36L hacia la 36R, con la intención de mantener la pista disponible en el caso de una eventual toma del ACA837.

### Viraje hacia el oeste hacia NVS:

- 15:00:44 1º contacto con el sector DWN-WNN. La aeronave estaba a 3000 ft y a 5 NM de SSY<sup>14</sup> e informaba sobre la emergencia e intenciones: "with engine failure, just climbing 3000 ft, left turn to NVS<sup>15</sup>". El controlador le preguntó por su capacidad de ascender a 5000 ft<sup>16</sup>. La respuesta del ACA837 fue "we are trying, we are trying, stand by". El controlador realizó gestiones para separar el ACA837 de un tráfico cercano al que informaba que el ACA "está intentando subir, pero de momento no puede". TWR confirmaba a CGA que el "ACA837 con fallo de motor en despegue" y además llamaba al SSEI informando que "el tráfico que acaba de despegar por la RWY36L declara emergencia por fallo de motor, tráfico AC837".
- 15:01:10 (t=+3 min 07 s) Actuación sobre la palanca del tren a UP, pero el tren no se retrajo. A los 4 s la palanca volvía a la posición de DOWN.
- 15:02:28 Aeronave establecida a 3200 ft (1000 ft AGL) en rumbo hacia NVS. Tras una nueva comunicación del controlador preguntando si podía subir o mantener contacto visual con el terreno, la aeronave informaba de lo siguiente: "We had a tyre explosion, the gear will not retract, we are single engine, please give us radar vectors to the lower area"

<sup>11</sup> Acción número 1 del procedimiento "ENGINE FIRE or Engine Severe Damage or Separation". Ver apartado 1.16.12.

<sup>12</sup> Acción número 2 del procedimiento "ENGINE FIRE or Engine Severe Damage or Separation". Ver apartado 1.16.12.

<sup>13</sup> Acción número 3 del procedimiento "ENGINE FIRE or Engine Severe Damage or Separation". Ver apartado 1.16.12.

<sup>14</sup> De acuerdo al procedimiento de fallo de motor en despegue. Ver apartado 1.6.7.

<sup>15</sup> El viraje a NVS responde al procedimiento de fallo de motor en despegue por la pista 36L. Ver apartado 1.6.7.

<sup>16</sup> Estaba en una zona con 4500 ft de altitud mínima de vigilancia ATC, limitando con una de 6500 ft.

### Instrucción de viraje hacia el sur:

- 15:02:45 La aeronave fue instruida a virar a rumbo 160°, ya que este rumbo procedía a la zona de menor altitud radar. En este momento se encontraba sobre Tres Cantos a 3200 ft de altitud y 1000 ft AGL.  
Tras esta instrucción, ACC informó a la TWR de Cuatro Vientos que el ACA iba hacia su zona, a 3000 ft, que no podía subir y que no se sabía lo que iba a hacer, de cara a posibles conflictos con los tráficos que estaban en vuelo, a las mismas altitudes que el ACA.
- 15:03:30 (t=+5 min 27 s) Modificación de potencia de TOGA a MCT.
- 15:03:44 (t=+5 min 41 s) Actuación sobre el flap a la posición 1. 216 kt CAS y 3200 ft.
- 15:04:11 Llamada de PAPA1 a TWR para ofrecerse a revisar la pista. PAPA1 fue autorizado a entrar en pista.

### Sobrevuelo de Madrid:

- 15:04:45 Aeronave establecida en rumbo 168°, a 3100 ft (1000 ft AGL), a 227 kt de GS, con el tren extendido, entrando en Madrid (en este momento estaba sobre la M-40, a la altura de la estación de Pitis).
- 15:05:23 Instrucción del sector DWN-WNN a rumbo 140°. En este momento la aeronave estaba sobre la estación de Antonio Machado, manteniendo 1000 ft AGL. La colación del rumbo fue errónea (120° en lugar de 140°) y no fue corregida por el controlador. La aeronave comunicaba de nuevo que no podía subir, que el tren estaba bloqueado abajo y que iban con un solo motor. El controlador le preguntó por sus intenciones (aterrizar o hacer esperas) y la tripulación contestó que preferían hacer esperas porque tenían múltiples emergencias. ATC volvió a insistir en la necesidad de ascender a 4000 ft<sup>17</sup> y la aeronave volvió a indicar que lo estaban intentando pero que no podían por el tren y el motor.  
Durante todas estas comunicaciones, que duraron hasta las 15:06:19 la aeronave estuvo sobrevolando el centro de Madrid, a 1000 ft AGL y 243 kt de GS, por la línea que une las estaciones Canal-Sevilla-Atocha.
- 15:06:16 (t=+8 min 13 s) Actuación sobre el flap a la posición 0 (UP). 230 kt CAS y 3200 ft.
- 15:06:22 (t=+8 min 19 s) Llamada de PAPA1 a TWR informando de que la presencia de "trozos de ruedas, plásticos, y un montón de desperdicios por toda la pista." Inmediatamente, TWR trasladaba esta información al sector DWN-WNN.
- 15:06:38 Aeronave establecida en rumbo 120° a 3100 ft en zona de 4000 ft de altitud mínima de vigilancia ATC.

### Retracción del tren e inicio del ascenso:

- 15:07:04 (t=+9 min 01 s) Actuación sobre la palanca del tren<sup>18</sup> y retracción del mismo. Indicación de tren arriba y bloqueado. La aeronave se encontraba sobre Vallecas a 1000 ft AGL en rumbo 120°. A partir de este momento inició el ascenso y notificó a ATC que había conseguido retraer el tren y que ahora podía ascender. ATC le solicitaría de nuevo ascender a 5000 ft y virar a 200°.

<sup>17</sup> Estaba en una zona de 4500 ft de altitud mínima de vigilancia ATC.

<sup>18</sup> El registrador no distingue entre la posición de UP y OFF ya que lo registra de forma única (UP/OFF). De acuerdo a la declaración del piloto, el procedimiento utilizado para retraer el tren requirió primero posicionarlo en UP y luego en OFF (procedimiento *Gear Lever Will Not Move Up, apartado 1.16.13*).

- 15:08:04 Aeronave a 4100 ft por primera vez por encima de la mínima de vigilancia ATC de la zona (4000 ft).
- 15:08:26 (t=+10 min 23 s) Comunicación de la aeronave a ATC confirmando de nuevo la emergencia y proporcionando más datos: "*engine failure, left side. Also left side gear, we are blown at least one tyre*".
- 15:09:12 Sobrevuelo de la localidad de Arganda del Rey, a 4800 ft y en ascenso.

### Aeronave establecida a 5000 ft:

- 15:10:00 Aeronave a 5000 ft de altitud y rumbo 200°. El sector DWN-WNN comunicaba a la torre de Cuatro Vientos que la aeronave ya podía ascender, que estaba a 5000 ft y que no ocupaba espacio aéreo de LECU. Instrucción de dirigirse a TOBEK, fijo de aproximación inicial para la aproximación a LEMD, y realizar órbitas en las proximidades de dicho punto, en espera de que la aeronave estuviese lista para aterrizar. En este momento, la aeronave no había precisado cuánto tiempo necesitaría para realizar sus comprobaciones.
- 15:12:37 Conexión del A/P 2 e inicio de los circuitos de espera.
- 15:15:03 (t=+17 min) Acción sobre el ENGINE FIRE SWITCH<sup>19</sup>, que pasó a la posición de PULLED en el registrador. Aeronave realizando esperas sobre TOBEK a 5000 ft.
- 15:15:28 (t=+17 min 25 s) Acción sobre el APU<sup>20</sup> que en el registrador se reflejó en un aumento de la temperatura EGT del APU.
- 15:15:33 (t=+17 min 30 s) Solicitud de TWR al SSP sobre posibilidad de confirmación de que los restos sean del ACA837 o del avión precedente al ACA837. El personal de tierra no supo determinarlo.

### Confirmación del tiempo de espera:

Durante las esperas en TOBEK, la aeronave dio diferentes informaciones sobre el tiempo de espera que necesitarían: inicialmente fueron 15-20 min (15:22:36), luego una hora (15:44:26) y por último tres horas (15:57:22). Ante estas informaciones el controlador del sector AIN, con el que había sido transferido:

- coordinó con Torrejón y con el resto de sectores para permitir las entradas a Madrid con la suficiente separación del ACA837, y
- decidió alejar a la aeronave de TOBEK (IAF) para no interferir en la operación de aproximación a LEMD y ascenderla a 8000 ft. Se decidió llevar al ACA837 a un punto referenciado respecto al DVOR/DME PDT (esperas a 20 NM al sur de PDT, en el radial 165 y más tarde en el radial 140). Las instrucciones requirieron varias comunicaciones para confirmar correctamente las referencias que les habían dado, así como confirmar los tiempos en los tramos de las esperas.

---

<sup>19</sup> Acción número 4 del procedimiento "ENGINE FIRE or Engine Severe Damage or Separation". Ver apartado 1.16.12.

<sup>20</sup> Acción número 7 y 8 del procedimiento "ENGINE FIRE or Engine Severe Damage or Separation". Ver apartado 1.16.12.

### Aeronave establecida a 8000 ft:

A las 16:08 (t=+1h 10 min) se tenía confirmación del técnico de mantenimiento de BAW de que los restos de motor y neumático eran del ACA837. A las 16:17:26 la aeronave alcanzaba 8000 ft y el punto de espera situado a 20 NM en el radial 140 de PDT, donde comenzaba a realizar esperas manteniendo esa altitud. A las 16:41:29 la aeronave fue transferida a la frecuencia 130.8 MHz, frecuencia disponible para contingencias en el TMA Madrid.

16:41:57 (t= +1h 43 min 54 s) El controlador informaba a la aeronave sobre la presencia de piezas en la pista y la tripulación preguntó si era posible determinar si pertenecen al tren principal o al delantero. ATC envió fotos de las piezas que habían recogido a la tripulación y, además, tuvo la iniciativa de desplegar un EF-18A de la base de Torrejón e intentar realizar una inspección visual del estado del tren.

A las 17:25 comenzaba la grabación del CVR. En este momento la tripulación estaba recordando lo sucedido durante el despegue y cumplimentando la documentación del vuelo con datos de peso, pasajeros, etc.

A las 17:30 la aeronave confirmaba a ATC que aterrizaría en dos horas.

### Despliegue del EF-18A:

Las coordinaciones con ECAO para la operación con una aeronave militar permitieron que uno de los EF-18A, que tenía vuelos programados para esa tarde, fuese activado. El tipo de vuelo que tendría que realizar con el ACA837 era similar a una misión de *scramble*. Estuvo inicialmente en contacto con ECAO y posteriormente fue transferido a control civil, en el que estaba en comunicación la aeronave.

La inspección, realizada entre las 17:49 y las 18:03, requirió la extensión del tren y de los flaps. La aeronave militar se situó debajo de la aeronave a ambos lados de la misma e inspeccionó el tren principal y el de morro. Pudo confirmar que una rueda del tren izquierdo estaba dañada, y que las otras tres, así como el tren derecho y el delantero, aparentemente parecían estar bien. El piloto del EF-18A tomó varias fotos, dos de las cuales se muestran en la figura 12. Tras finalizar la inspección, el tren se retrajo y quedó correctamente bloqueado.

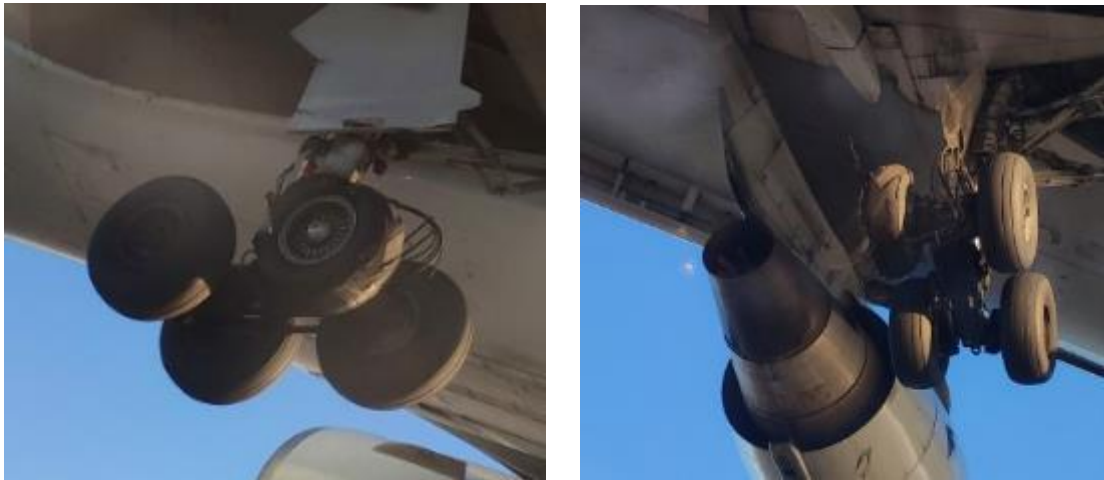


Figura 12. Fotografías tomadas por EF-18A

El CVR registró la preparación del vuelo con el EF-18A entre ambos pilotos, así como las dos comunicaciones que el comandante hizo al pasaje antes y después del acercamiento del EF-18A. En esta última comunicación informó al pasaje que habían perdido una rueda en despegue y que estarían una hora más de vuelo para quemar combustible. Todas las comunicaciones al pasaje fueron realizadas en inglés por el comandante y repetidas en francés, por el sobrecargo, y en castellano por un TCP.

A las 18:13 la aeronave confirmó a ATC que utilizarían la pista 32L y que requerían vehículos de emergencia a su llegada a la pista.

A las 18:15 y durante cinco minutos el CVR registró una conversación del comandante con el sobrecargo en cabina de vuelo, sobre la situación real que tenían (motor izquierdo apagado y daño en una rueda del tren), las intenciones respecto a la llegada y los riesgos que tenían el aterrizaje en cuanto a posibilidad de fuego en el lado izquierdo.

#### Aproximación y aterrizaje:

18:33:21 La aeronave informaba sobre la hora prevista de aterrizaje y la pista 32L por ser la más larga.  
A partir de este momento se escuchó a los pilotos confirmando y revisando datos y realizando el *briefing* de aterrizaje, en el que verbalizaron las intenciones de detenerse en pista y solicitar la revisión de la aeronave por parte de los servicios de emergencia en tierra. La tripulación revisó varias listas: *predescend checklist*, *single engine landing*, de nuevo la lista de *engine fire* y cálculos relacionados con el peso esperado en el aterrizaje, a la vez que se escuchaba pasar hojas. Finalizando esta revisión se escuchó al comandante preguntar al copiloto si tenía alguna sugerencia o comentario al respecto de todo lo anterior.

- 18:51:00 El comandante confirmaba con el sobrecargo que la cabina estaba asegurada y realizaba una nueva comunicación al pasaje advirtiéndole que una vez aterrizaran en Madrid verían luces de los vehículos de emergencia que se acercarían para comprobar el estado de la aeronave.
- 18:53:21 Tras volver a comprobar la *predescent checklist* y confirmar que estaba completa, el copiloto informaba a ATC que estaban listos para iniciar la aproximación, por lo que fue autorizado a la ILSZ de la 32L con QNH1029. Poco después era transferida al sector AIN, al que recordaba de nuevo que iban en emergencia con un solo motor.
- 18:59:00 Atenuación de las luces de cabina.
- 19:00:06 Aeronave a 20 NM alineada con la pista 32L y 5000 ft.
- 19:01:06 Aeronave a 16 NM sobre PDT. Conexión de A/P1 y AP/3 (el A/P 2 ya lo estaba). Armado del localizador.
- 19:03:06 La aeronave extendía el tren de aterrizaje. Calaje de flaps 20<sup>21</sup>. Realización de la lista de aterrizaje y comprobación de nuevo de las velocidades. La aeronave contactaba con TWR LEMD, y el controlador le informaba sobre una zona disponible de frenado (EMAS) al final de la pista, así como la distancia declarada de la pista. Tras recibir la autorización para aterrizar, la aeronave indicaba que, en caso de frustrada, ascenderían en rumbo de pista a 5000 ft.
- 19:05:32 Aeronave a 1000 ft y *call out* 1000 ft.
- 19:06:03 Aeronave a 500 ft, *call out* 500 ft y confirmación del copiloto de aeronave estabilizada.
- 19:06:14 Aeronave a 300 ft y solicitud del comandante de desconexión del autopiloto.
- 19:06:36 La aeronave realizaba la toma de contacto y registraba modo GROUND en los sensores del tren. A las 19:06:38 se registraba el despliegue de la reversa durante 25 segundos. No se utilizó el AUTOBRAKE. La vibración del motor izquierdo aumentó hasta 5 durante el recorrido de aterrizaje.
- 19:07:32 Aeronave detenida en pista. A las 19:08 se escuchaba a la tripulación completar la lista *after landing* y a las 19:09:13 se registraba en el FDR la luz de alta temperatura de frenos. Inmediatamente los bomberos se acercaron a la aeronave junto con el personal de mantenimiento para evaluar la situación de los frenos. La medición de temperatura por parte del servicio de bomberos fue de 475°C y en cabina la medición reportada por la tripulación fue de 8<sup>22</sup>. Finalmente se decidió utilizar ventiladores para enfriar los frenos, proceso que duró casi una hora. Mientras tanto, el pasaje se mantuvo a bordo, realizando el comandante una nueva a las 19:19 sobre la situación.
- 19:30:24 Finalización del CVR. Las últimas comunicaciones registradas a las 19:25 mostraban a la tripulación valorando el rodaje por sus propios medios en caso de que no hubiese mucha vibración (*shimmy*) y, en caso contrario optarían por el remolcado de la aeronave.
- 19:55:00 La aeronave iniciaba el rodaje por sus propios medios hasta su puesto de estacionamiento.
- 20:11:00 Desembarco del pasaje.

---

<sup>21</sup> Acción número 13 del procedimiento "ENGINE FIRE or Engine Severe Damage or Separation". Ver apartado 1.16.12.

<sup>22</sup> El indicador de *BRAKE TEMP* se ilumina en cabina cuando la temperatura de los frenos se encuentra en el rango de alta temperatura, esto es en el rango de 5 a 9, en una escala de 0 a 9. El rango de temperatura normal es de 3 a 4.



### Otros datos:

Se revisaron los cinco vuelos previos almacenados en el FDR, en busca de condiciones de operación que pudiesen producir de sobrecarga sobre el neumático. En concreto se revisaron los parámetros de peso, regímenes de giro en tierra cerrados, velocidades de toma y rodaje, tiempos de rodadura, aceleraciones verticales, laterales y longitudinales y actuaciones de frenos. Todos los valores se encontraban dentro de la normalidad.

### **1.12. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto**

La aeronave aterrizó normalmente y consiguió rodar hasta su estacionamiento final. Los daños se localizaban en el tren principal izquierdo, en el motor izquierdo y en diversos paneles de tren, intradós del plano izquierdo y motor izquierdo. No se identificaron daños ni perforaciones en el fuselaje ni en ningún sistema de la aeronave (tanques, sistema hidráulico, o sistema eléctrico), así como tampoco se produjeron pérdidas de fluidos. Las superficies de control mantuvieron su operatividad.

### Rueda número 5:

La rueda número 5 se mantenía unida a la estructura del tren. Presentaba pérdida de material en un 60% de la superficie total en la que había desaparecido por completo todo el neumático (*casing* y *tread*), llegándose a ver el talón (*bead*) en algunos puntos. En el 40% restante el cuerpo (*casing*) se mantenía, pero la banda de rodadura (*tread*) había desaparecido. Los fragmentos desprendidos se recuperaron de las pistas de despegue y aterrizaje, así como del interior del motor.

De todas las piezas recogidas, solo una se identificó como no perteneciente a la aeronave. Esta pieza, que se muestra en la figura, era metálica de dimensiones 45\*35\*6 mm y se mantenía inalterada y brillante, descartándose su interacción en el evento.



Los tamaños de los fragmentos recuperados variaban: desde el mayor de 132x40 cm de ancho hasta el más pequeño de 1x1 cm. El espesor de los mismos era también variable: había algunos correspondientes a la banda de rodadura, al cuerpo (*casing*) y otros que contenían toda la sección del neumático. Se identificaron igualmente fragmentos con cortes producidos por los álabes del motor. Todos los restos recuperados fueron preservados para su investigación posterior (apartado 1.16). El resto de las ruedas del tren principal izquierdo (número 1, 2 y 6) mantenían su integridad.



Figura 13. Restos de la rueda número 5

Sensor de inclinación (*tilt sensor*):

El sensor de proximidad de inclinación del tren izquierdo (*prox sensor target bracket*) se había desplazado, modificando la distancia (*gap*) entre el sensor y el objetivo del conjunto, quedando fuera de tolerancia.

Marcas de goma:

Se identificaban marcas de impacto de color negro en diferentes puntos entre el tren principal izquierdo y el motor. La orientación de las marcas, en todos los casos, indicaba un sentido de avance desde atrás (desde el tren) hacia delante (hacia el motor). Las zonas donde se habían producido impactos eran:

1. panel de protección del tren principal izquierdo
2. intradós del plano izquierdo
3. panel derecho de la reversa (*thrust reverse*)
4. carenado derecho del fan (*fan cowl*)
5. carenado de entrada del motor (*nose cowl inlet*)

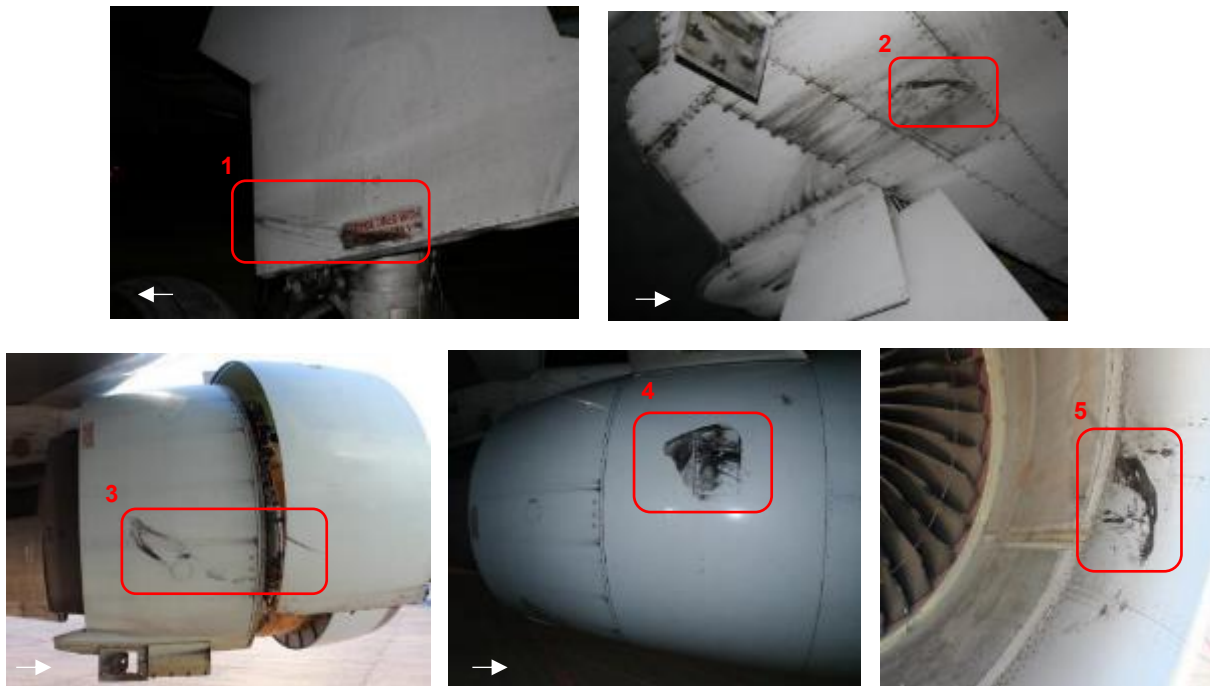


Figura 14. Marcas de goma (sentido de la flecha blanca: hacia delante de la aeronave)

#### Perforaciones:

Se identificaron dos perforaciones de pequeñas dimensiones (4\*4 cm) en el soporte del flap número 3 (*fairing flap support*) y en el panel de la reversa (*thrust reverser*), todas ellas realizadas en sentido de avance de atrás (tren) hacia delante (motor). El carenado de entrada del motor (*nose cowl inlet*) presentaba otra perforación de pequeñas dimensiones también producida de dentro del motor hacia fuera.

#### Motor izquierdo:

La inspección boroscópica realizada con posterioridad al motor mostró los siguientes daños internos:

- Módulo del fan (*fan/booster module*): *fan* y *fan track* presentaban daños importantes: se había perdido material de recubrimiento de la entrada del *fan* y todos los álabes del *fan* estaban dañados. Los álabes de la 2ª etapa del compresor de baja presión (LPC) presentaban arañazos (*scratches*) menores y restos de material ingerido. Los álabes de la 5ª etapa de LPC presentaban marcas indicando el desplazamiento del material ingerido, y uno de los álabes tenía una abolladura (*dent*) en el borde de salida. En el *booster* se identificaban todavía restos de material ingerido, así como daños de poca extensión (*minor tip curl*) en algunos álabes.



Figura 15. Daños en el fan

- Módulo del núcleo (*core module*): en la 1ª etapa del HPC había presencia de restos ingeridos. Las 14 etapas del HPC presentaban marcas dejadas por el paso de restos del neumático, marcas por impacto y arañazos (*scratches*). En algunas de las etapas se identificaban también impactos en el borde de ataque y/o salida (1, 4, 5 y 6). La etapa 8ª presentaba deformaciones o abolladuras (*dent*) dentro de límites. Por último, de mayor intensidad se habían producido cortes o muescas (*nick*) en las etapas 7, 11, 12 y 13, estando uno de los cortes de la etapa 11 fuera de límites. La cámara de combustión no presentaba daños ni obstrucciones en ninguno de los conductos. Tampoco se encontraron defectos en los álabes guía de la etapa 1ª de la HPT. En ninguno de los estatores se habían producido daños.
- Módulo de la turbina de alta presión (*HPT module*): en la 1ª etapa de la HPT se encontraban todavía evidencias de ingestión de objetos. El resto de la etapa no presentaba defectos significativos.
- Módulo de la turbina de baja presión (*LPT module*): los álabes de la 1ª etapa de la LPT presentaban una pequeña erosión. Los álabes guía de esta etapa tenían grietas (*craks*) fuera de límites. En los álabes de la etapa 2ª de la LPT había evidencias de ingestión de objetos. Las etapas 3, 4 y 5 estaban en buen estado.

#### Cabina:

Tras el aterrizaje se accedió a la cabina de pilotos y se identificó, de interés para la investigación: la manilla (*engine fire switch*) del motor izquierdo sacada, la bandera NO AUTOLAND y el GROUND PROXIMITY FLAP *switch* en OVRD.

### **1.13. Información médica y patológica**

Los servicios médicos estaban esperando a los pasajeros a su llegada. Ninguna de las 138 personas a bordo necesitó atención médica.

### 1.14. Incendio

No se produjo incendio.

### 1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Los aspectos relativos a la supervivencia en este incidente están relacionados únicamente con la gestión de la emergencia desde el punto de vista del aeropuerto. La ausencia de evacuación de emergencia, así como de daños en el compartimento de cabina que hubiesen afectado a la supervivencia del pasaje, no han precisado la realización de ningún análisis en estas áreas.

La activación del Plan de emergencia del aeropuerto se produjo en dos fases:

- 14:58: Llamada de la aeronave notificando la emergencia utilizando el término MAYDAY.
- 15:00: Alarma local aeronáutica.  
Esta fase se inició con la activación de la sirena en la torre de control y comunicaciones de TWR con CGA y el SSEI. En estas comunicaciones se transmitió la emergencia en los siguientes términos: *"el ACA837 con fallo de motor en despegue"* y *"declara emergencia por fallo de motor y regresa al campo"*. A las 15:25, el ejecutivo de servicio recibió confirmación de que la aeronave había declarado MAYDAY y elevó el nivel de alarma a general. Hasta este momento, se habían activado medios para la inspección y limpieza de la pista 36L.
- 15:29: Alarma general aeronáutica. Esta fase se desarrolló de acuerdo al Plan de emergencia del aeropuerto de Madrid.
- 20:02: Alarma local aeronáutica tras el rodaje fuera de pista de la aeronave por sus propios medios. En este periodo se produjo el desembarco del pasaje y tripulación a través de las escaleras normales de salida, sin que se produjese ninguna lesión.
- 20:15: Inicio del proceso de desactivación de Alarma local.
- 20:25: Finalización de la emergencia.

### 1.16. Ensayos e investigaciones

#### 1.16.1 Información proporcionada por la tripulación técnica: comandante y copiloto

Se entrevistó al comandante y al copiloto la mañana posterior al evento. La información proporcionada fue muy similar y describía la siguiente secuencia:

Sobre la rodadura:

- Era el primer vuelo del día para la tripulación al completo. Habían dormido en el mismo hotel y el autobús les había recogido para llevarles a todos al aeropuerto.
- La inspección prevuelo la había realizado mantenimiento.
- La rodadura la realizó el comandante como PF y el copiloto tomó los mandos en cabecera de pista para realizar el despegue.

- No hubo ninguna indicación anómala en cabina antes de la rotación.
- No recordaban haber visto nada en la pista durante la carrera de despegue.

Sobre la rotación y ascenso inicial:

- Durante la rotación durante la cual ocurrió:
  - un ruido (*bang*) de explosión en la parte trasera izquierda
  - vibración en el mando
  - desplazamiento lateral (*shimming*)
- Después de esto notaron olor a goma quemada, pero no humo. El olor desapareció pronto. Sobre el olor indicaron que no sabían si procedía del motor o de fuego en el tren de aterrizaje.
- Inmediatamente después, las N1 del motor izquierdo aumentaron por encima del máximo, indicando sobrevelocidad. El comandante, además, reportó haber visto vibraciones excesivas en este motor. No hubo indicación de fuego en el motor en ningún momento.
- Con estas indicaciones realizaron el procedimiento ENGINE FAILURE, parando y asegurando el motor izquierdo.
- Intentaron subir el tren en cuanto tuvieron régimen de ascenso positivo (*positive rate*) pero no lo consiguieron (creen que a 400 ft). No sabían el motivo.

Sobre el resto del vuelo:

- Viraron a la izquierda y solicitaron vectores.
- Les dirigieron hacia el sur, y en ese trayecto pudieron subir el tren utilizando el *landing gear lock override switch*.
- Estuvieron realizando esperas para consumir combustible. Durante las esperas fueron alternando como PF.
- Durante el vuelo no hubo avisos de problemas con ningún sistema.
- ATC les comunicó que habían encontrado restos de goma en la pista y, durante las esperas, les ofreció la posibilidad de que un EF-18A les hiciera una inspección visual desde el aire.
- Recalaron que hubo muy buena coordinación con el sobrecargo durante el vuelo que, en un momento del vuelo, les confirmó que se veían marcas de goma en el motor.
- El pasaje, a pesar de no tener sistema de entretenimiento, tuvo muy buen comportamiento y no recibieron por parte del sobrecargo noticias de problemas con el mismo.
- Todas las comunicaciones con el pasaje y el sobrecargo las realizó el comandante.
- La aproximación y aterrizaje la realizó el comandante como PF. No tuvieron ningún problema en el aterrizaje.

### 1.16.2 Información proporcionada por el sobrecargo (service director)

El sobrecargo fue entrevistado el día siguiente al evento. La información de interés para el evento proporcionada fue la siguiente:

Sobre el evento:

- Todo fue normal hasta el evento: la llegada al aeropuerto, el *briefing* con el personal de cabina y los pilotos y el embarque.
- Al final de la carrera de despegue notó como una explosión “*bang*” y cosas que se movían por debajo (su posición era la L1, situada en el asiento delantero izquierdo).
- Enseguida notaron un fuerte olor a goma y, además, el avión tenía un bajo régimen de ascenso, le costaba subir.
- Enseguida recibió llamadas de cuatro tripulantes de cabina que le confirmaron el olor a goma. Además del olor, el tripulante 0L situado en el plano izquierdo, le informó que veía una marca en el motor izquierdo<sup>23</sup> y que un pasajero de esa zona decía que el motor se estaba moviendo.

En ascenso:

- Con el avión en ascenso, llamó a cabina de pilotos para informar sobre el olor y la marca en el motor. Desde cabina le confirmaron que le llamarían más tarde.
- Mientras, hizo un anuncio al pasaje en francés y español.
- Poco después, el olor desapareció y todo se volvió “muy normal”: no había vibraciones, todo transcurría de forma “suave” y no había ningún ruido.

Durante el vuelo:

- Recibió la llamada del comandante y entró en la cabina. Le explicaron que habían tenido un problema con una rueda del tren de aterrizaje, que habían perdido un motor y que necesitaban realizar esperas. El sobrecargo pidió al comandante que hiciese un anuncio al pasaje. Esta primera comunicación se produjo a las 15:13 aproximadamente.
- Reunió a todo el personal de cabina en su puesto y les informó sobre la situación. Revisaron el procedimiento de ABNORMAL LANDING.
- Durante las esperas el sobrecargo realizó una segunda comunicación al pasaje, con la misma información que había transmitido el comandante previamente.
- Solicitó permiso para dar un servicio al pasaje, al que sirvieron bebidas y *snacks*.
- Hubo muchas comunicaciones entre el sobrecargo y el comandante que, en todo momento, les mantuvo informados. De hecho, cuando los pilotos recibieron confirmación por parte de ATC de que habían encontrado restos de goma en la pista, el comandante se lo trasladó al sobrecargo, aunque no al pasaje para no alertarles.

---

<sup>23</sup> La marca que venía era la identificada con el número 4 en la figura 14.

- Antes de acercarse el EF-18A, el comandante volvió a hacer una nueva comunicación al pasaje para informarles sobre lo que iba a ocurrir.
- El comandante les informó sobre los tiempos de espera y la evolución del vuelo. También les adelantó que, en principio, no habría evacuación. Cuando recibieron el aviso de 30 minutos antes de la toma, dejaron el servicio.
- Recibieron el aviso de preparar la cabina para el aterrizaje y este se produjo sin incidencias.

Durante el aterrizaje:

- Rodaron por la pista y se detuvieron.
- Realizó un aviso recordando al pasaje que permaneciesen sentados y bajaron las luces para acostumbrar al pasaje a la luz exterior (era de noche) por si acaso se iniciaba una evacuación.
- El comandante realizó un nuevo anuncio informando sobre lo que iba a ocurrir a continuación: la aparición de los bomberos y la necesidad de bajar la temperatura de frenos.
- Todo transcurrió bien y finalmente desembarcaron por el procedimiento normal.
- Hicieron un *debriefing* en el hotel: primero entre los tripulantes y luego con los pilotos.
- El sobrecargo resaltó que todos los comunicados del comandante al pasaje fueron muy tranquilizadores, con una información muy precisa y con una selección de términos muy adecuada.

### 1.16.3 Pruebas realizadas al tren de aterrizaje

Tras el evento, el sensor de inclinación del tren de aterrizaje fue reajustado. El tren se sometió a cuatro ciclos de extensión y retracción con resultado satisfactorio.

### 1.16.4 Eventos previos similares

Se recopiló información de eventos que tuviesen alguna similitud con el evento del ACA837 en cuanto a los siguientes parámetros: nivel de recauchutado, p/n del neumático, operador, fecha y lugar de los últimos mantenimientos, tipo de fallo, posición de la rueda y daños ocasionados en la aeronave. Se recopilaron un total de siete sucesos ocurridos a aeronaves B767 y B777 equipadas con neumáticos Michelin entre los años 2008 y 2019:

- Los niveles de recauchutados variaban entre R00 (nuevo) y R04.
- Los modos de fallo variaban: un evento con un desprendimiento parcial de la banda de rodadura, dos eventos con desprendimiento completo de la banda de rodadura, tres eventos de reventones (uno de ellos en el aterrizaje) y un evento con explosión y desprendimiento de la banda de rodadura en despegue (igual que el ACA837).
- Tres eventos se habían producido en la rueda exterior trasera izquierda.
- La extensión de los daños tras el fallo de la rueda era el siguiente: en dos eventos se había producido ingestión de partes de la rueda por el motor, en dos de ellos los daños se habían limitado al tren de aterrizaje y en uno de ellos habían afectado a los flaps.



- Respecto a la causa, en cuatro eventos no se pudo determinar la causa, en dos de ellos se consideró como posible un FOD y sólo en uno de ellos se confirmó un FOD como causa. En este único caso confirmado, el objeto que había producido el fallo tenía una forma circular de 35 mm de diámetro.

### 1.16.5 Historial de la rueda número 5

En el momento del incidente, el neumático de la rueda número 5 tenía un total de tres recauchutados (R03), 40 ciclos de vida, p/n 020-807-0 y s/n 7251R00109. Había sido fabricada (R00) el 13/09/2017 por Michelin en su fábrica de Norwood, Estados Unidos, después de lo cual había tenido la siguiente actividad:

- 31/12/2017: instalación en un avión de la compañía.
- 26/02/2018: desmontaje a los 191 ciclos por desgaste.
- 20/07/2018: primer recauchutado (R01) en la fábrica de Norwood de Michelin.
- 29/08/2018: instalación en un avión de la compañía.
- 01/12/2018: desmontaje a los 208 ciclos por desgaste y exposición de una capa.
- 28/01/2019: segundo recauchutado (R02) en la fábrica de Norwood de Michelin.
- 30/03/2019: instalación en un avión de la compañía.
- 19/07/2019: desmontaje a los 227 ciclos por desgaste.
- 02/12/2019: tercer recauchutado (R03) en la fábrica de Norwood de Michelin.
- 16/01/2020: instalación en la posición número 5 de la aeronave C-GHOZ.
- 03/02/2020: incidente en Madrid a los 40 ciclos.

### 1.16.6 Historial del resto de ruedas del tren principal izquierdo

Se revisó el historial de las ruedas del tren principal izquierdo, identificando que la rueda número 6 había sido sustituida en día 30/01/2020, es decir, tres días antes del evento. La revisión de los motivos de su retirada fue la presencia de dos cortes. Con objeto de poder identificar si estos cortes hubiesen podido afectar también a la rueda número 5, se recuperó la información sobre la rueda número 6. La extensión de los cortes (1 cm aproximadamente) permitió descartar que hubiesen podido afectar a la rueda número 5 también.



Figura 17. Cortes en la rueda número 6 (compañera de la 5) producidos el 30/01/2020

### 1.16.7 Historial de presiones de inflado

La tabla siguiente muestra las presiones de inflado de todas las ruedas del tren de aterrizaje de la aeronave C-GHOZ desde que la rueda número 5 fue instalada el 16/01/2020, tras su último recauchutado. Estos valores se han obtenido de los PDC (comprobaciones previas al despegue, *predeparture check*).

Fecha	Lugar	NLG (psi)		MLG (psi)							
		1	2	1	2	3	4	5	6	7	8
18/01/2020	Amsterdam	175	175	220	225	220	215	<b>220</b>	220	220	220
20/01/2020	Toronto	170	170	215	220	210	215	<b>220</b>	220	210	215
22/01/2020	Toronto	167	167	217	217	217	217	<b>215</b>	217	217	217
23/01/2020	Toronto	180	180	218	218	218	218	<b>218</b>	218	218	218
26/01/2020	Toronto	178	178	221	220	217	220	<b>221</b>	220	220	221
31/01/2020	Toronto	175	175	225	220	220	220	<b>225</b>	225	220	220
02/02/2020	Toronto	170	170	220	220	220	225	<b>225</b>	226	220	224
03/02/2020	Toronto	180	180	230	220	230	230	<b>230</b>	230	230	230
03/02/2020	Madrid	170	170	225	220	225	225	<b>220</b>	220	220	220

Figura 18. Presiones en el tren de aterrizaje desde el 18/01/2020

### 1.16.8 Revisión de procesos de fabricación y recauchutado

Se revisaron los registros correspondientes al proceso de fabricación inicial y las reparaciones posteriores del neumático, en concreto el último recauchutado realizado 40 ciclos antes del evento. Esta revisión incluyó las serografías que se realizan antes y después del proceso de recauchutado y que tienen como objeto confirmar que el neumático puede ser recauchutado y, una vez terminado el proceso, comprobar que no existen zonas no “pegadas” dentro del neumático y que serían origen de problemas de integridad posteriores. Esta revisión documental y gráfica no reveló disconformidades o anomalías.

### 1.16.9 Estado del resto de ruedas del tren principal izquierdo

Las otras tres ruedas del tren principal izquierdo (posiciones 1, 2 y 6) fueron preservadas para su inspección. Ninguna de ellas presentaba ningún daño o desperfecto que hubiese podido estar relacionado con el fallo de la rueda número 5. Todas habían mantenido su integridad.

### 1.16.10 Inspección de las válvulas y fusibles de las semillantas

Se comprobó el estado de la válvula de inflado, de la válvula de alivio de presión de la semillanta exterior y de los tres fusibles de temperatura la semillanta interior. Se encontraron en buen estado y ninguno de los dispositivos de seguridad se habían activado durante el evento.

### 1.16.11 Reconstrucción de los restos del neumático número 5

#### Inspección general de fragmentos:

La reconstrucción de los restos del neumático número 5 se realizó utilizando las referencias del apartado 1.6.4 (sectores del neumático y zonas dentro de la sección del neumático). Se realizó en varias fases. La primera de ellas consistió en una inspección general de todas las piezas recuperadas, como consecuencia de la cual se determinó que el desprendimiento de la banda de rodadura había sido un efecto secundario de la rotura del cuerpo del neumático.

#### Pertenencia a sectores:

La segunda fase se centró en clasificar las piezas según correspondían a las capas interiores del cuerpo del neumático y aquellas piezas que correspondían a las capas más exteriores del cuerpo. Además, se posicionaron cada uno de los fragmentos del cuerpo del neumático en el sector al que pertenecían. El resultado de esta reconstrucción reveló que todas las piezas pertenecían a los sectores 4 a 12, sin encontrarse ninguna de los sectores 1, 2 y 3.

#### Análisis de tipos de roturas:

Posteriormente, se analizó el tipo de rotura que presentaban. Se identificaba claramente un patrón de roturas en X, siguiendo los ángulos de superposición de las capas. Las roturas eran de dos tipos:

- Roturas directas (*direct ruptures*) de todas las capas (*plies*) en los fragmentos pertenecientes al sector 7. En estas roturas, todas las capas se habían roto de forma perpendicular a la superficie del neumático.
- Roturas escalonadas (*tapered ruptures*) en los fragmentos pertenecientes a los sectores 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11 y 12. En estas roturas, las capas se habían roto de forma escalonada y paulatina, mostrando una progresión entre capa y capa.



Figura 19. Roturas directas (izq) y escalonadas (der) en el cuerpo del neumático número 5

La representación gráfica de los fragmentos según las capas de rotura (internas en azul y externas en verde, en la figura 20) y su posicionamiento en el neumático, mostraba que en las zonas de roturas directas las líneas de corte entre piezas se encontraban más juntas, mientras que, en las zonas de rotura escalonada, las líneas de rotura se separaban.

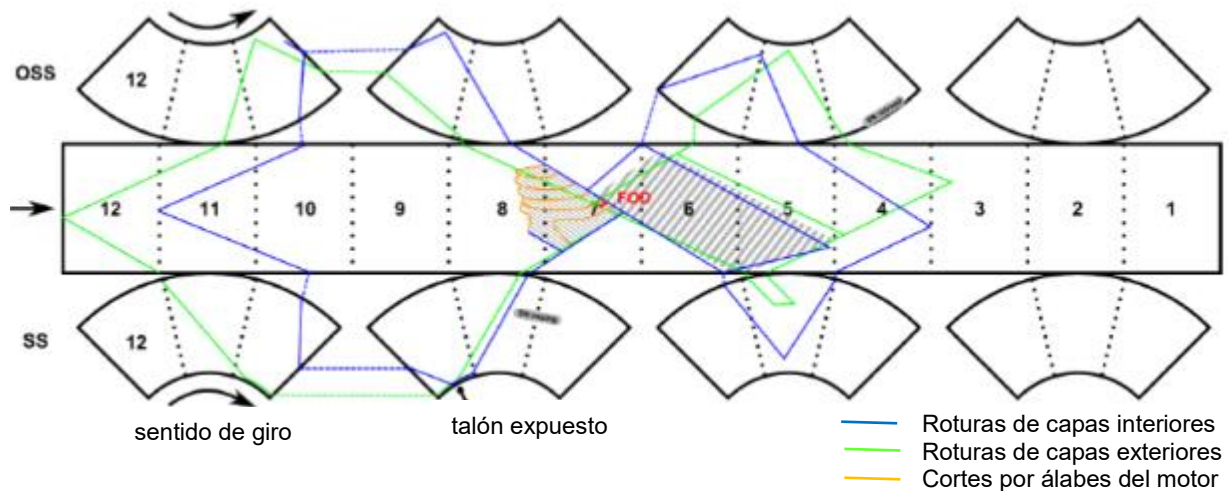


Figura 20. Reconstrucción del neumático número 5

### Sector 7:

La siguiente fase se centró en los fragmentos correspondientes al sector número 7, por ser el único donde se presentaban roturas de carácter directo y, por lo tanto, indicar la zona de iniciación del fallo. Se centró el análisis en dos piezas, denominadas A y B. Ambas eran contiguas y pertenecían a la zona central del sector 7:

- Pieza A: pertenecía al sector 7 y una pequeña porción del 8. Estaba formada por ocho pequeños fragmentos que presentaban cortes muy afilados en direcciones que diferían de las direcciones de rotura asociadas a la orientación de las capas. Estas ocho piezas encajaban entre sí y la reconstrucción mostró que pertenecían a una misma pieza que había sido ingerida por el motor y cuyos álabes habían producido los cortes.
- Pieza B: pertenecía al sector 7, 6 y una pequeña porción del 5. Esta no presentaba cortes ni había sido ingerida por el motor. Asociadas a esta pieza B se encontraron cuatro fragmentos de la banda de rodadura que, en la figura 21 imagen izquierda, se han superpuesto a la pieza B.

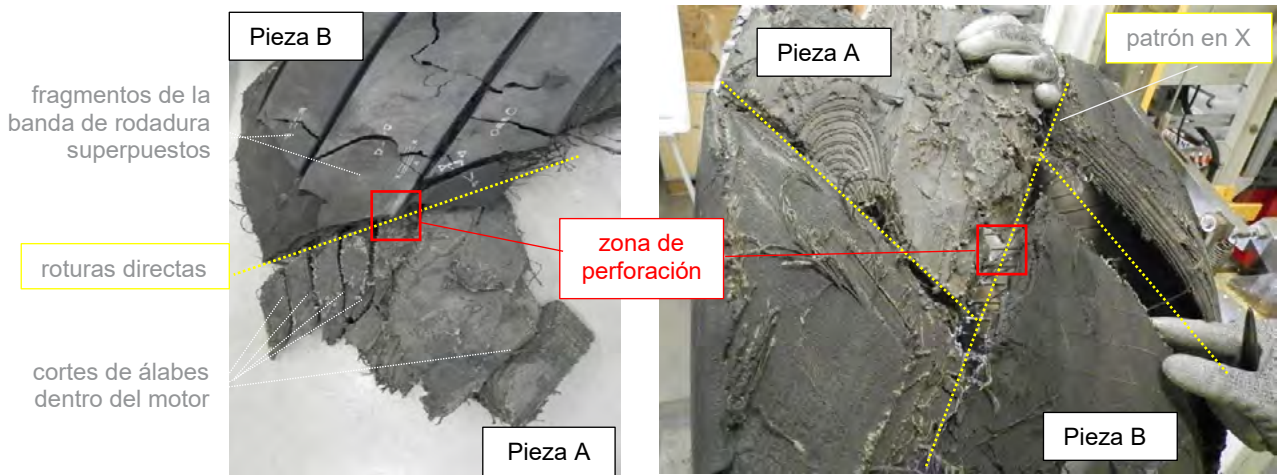


Figura 21. Piezas A y B del sector 7 vistas desde el exterior

La figura 21 muestra la superposición de las dos piezas A y B, las zonas de rotura directa entre las dos piezas y la reconstrucción de la sección 7 en el resto del neumático, donde, además, se observa el patrón de rotura en X.

La observación en detalle de estas piezas reveló marcas de perforación de la banda de rodadura y prácticamente la mayoría de las capas del cuerpo del neumático en la zona de unión entre la pieza A y la B. Estas marcas de perforación se encontraban en la pieza A, en la pieza B y en uno de los fragmentos de la banda de rodadura desprendida de la pieza B.

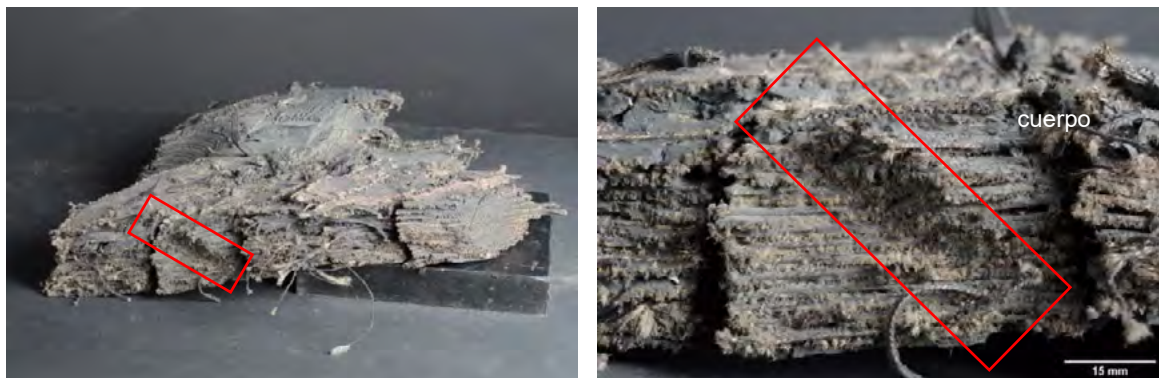


Figura 22. Perforación en la pieza A (cuerpo)



Figura 23. Perforación en la pieza B (cuerpo y banda de rodadura)

#### Análisis microscópico de la zona de perforación:

La última fase consistió en el análisis de la zona de perforación detectada entre las piezas A y B utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM). Se aplicó con distintos fines: en los fragmentos del cuerpo del neumático de las piezas A y B, para determinar los patrones de rotura de los filamentos que conforman las capas; y en el fragmento de la banda de rodadura de la pieza B, para determinar la dirección de perforación. Los resultados fueron los siguientes:

- El estudio de la pieza A presentaba muchos filamentos dañados, seguramente debido a su ingesta por el motor, sobre los que no fue posible determinar el modo de fallo. En los restantes se identificaron roturas de dos tipos: roturas por tensión<sup>24</sup>(*tension*) y por aplastamiento<sup>25</sup>(*crushing*).
- El estudio del cuerpo de la pieza B presentaba roturas por aplastamiento (*crushing*) en la zona de perforación y roturas por tensión (*tension*) en las zonas fuera de la perforación.
- El estudio de la banda de rodadura de la pieza B mostró que la deformación de la goma tenía una orientación muy clara hacia dentro de la pieza.

Las mediciones realizadas sobre la pieza B (figura 24) mostraron que la perforación tenía un ancho de aproximadamente 1,5 mm, y se extendía a lo largo de unos 70 mm (7 cm) atravesando la banda de rodadura y el cuerpo del neumático casi por completo en una trayectoria oblicua respecto a la superficie del neumático.

<sup>24</sup> Las roturas por tensión son roturas dúctiles generalmente debidas a fuerzas que exceden la resistencia del filamento. Típicamente estas roturas suceden tras la rotura local de algunos filamentos (bien por fatiga, compresión o por cortes y perforaciones externas) que afectan al resto de filamentos, incapaces de soportar la carga extra en las proximidades de la zona dañada.

<sup>25</sup> Las roturas por aplastamiento están típicamente relacionadas con la presión que ejerce un objeto externo sobre las capas.



Figura 24. Deformación del material en la banda de rodadura de la pieza B

### 1.16.12 Procedimiento de retracción del tren

El manual de referencia rápida (QRH) de Air Canada tiene el siguiente procedimiento para retraer el tren.

<b>Gear Lever Will Not Move Up</b>	
Condition: The landing gear lever cannot move to UP.	
1	Landing gear lever LOCK OVRD switch . . . . . Push and hold
2	Landing gear lever . . . . . UP
After landing gear retraction is complete:	
	Landing gear lever . . . . . OFF
■ ■ ■ ■	

El procedimiento inhibe el bloqueo del tren mediante el LOCK OVERRIDE SWITCH situado al lado de la palanca de actuación del tren. En condiciones normales, tras el despegue el tren principal se inclina (*tilt*) produciendo que los sensores de inclinación (*tilt sensors*) liberen el bloqueo del tren permitiendo la retracción. Este fue el procedimiento utilizado por la tripulación durante el evento.

El *Manual de Operación de la Aeronave* (AOM) establece en el apartado de Limitations-Landing Gear la limitación máxima de 270 KIAS para operar el tren. Esta velocidad es la máxima a la que se puede volar con el tren extendido.

Por último, la aeronave también permite extender el tren en emergencia, mediante la actuación del ALTERNATE GEAR EXTENDED SWITCH. La aplicación de este método es irreversible, es decir, no permite operar, en este caso, retraer el tren y tiene una limitación de velocidad de 250 KIAS. Durante el evento no fue necesario la utilización de este procedimiento.

1.16.13 Procedimiento de fallo de motor

El manual de referencia rápida (QRH) de Air Canada tiene los siguientes procedimientos a aplicar para los casos de daño severo en el motor. Se han marcado en rojo los pasos aplicables para el vuelo del ACA837, teniendo en cuenta que no hubo indicación de fuego en el motor, que no hubo vibraciones tras apagar el motor y que tampoco era necesario aplicar antihielo al plano.

**ENGINE FIRE  
or  
Engine Severe Damage or  
Separation**

Messages: L ENGINE FIRE      R ENGINE FIRE

Condition: One or more of these occur:

- Engine fire warning
- Airframe vibrations with abnormal engine indications
- Engine separation

**1** A/T ARM switch . . . . . OFF

**2** Thrust lever (affected side) . . . . . Confirm . . . . . Idle

**3** FUEL CONTROL switch (affected side) . . . . . Confirm . . . . . CUTOFF

**4** Engine fire switch (affected side) . . . . . Confirm . . . . . Pull

**5** If the engine fire warning light is illuminated:

Engine fire switch (affected side) . . . . . Rotate to the stop and hold for 1 second

If after 30 seconds the engine fire warning light stays illuminated:

Engine fire switch (affected side) . . . . . Rotate to the other stop and hold for 1 second

---

**6** If high airframe vibration occurs and continues after engine shutdown:

Without delay, reduce airspeed and descend to a safe altitude which results in an acceptable vibration level.

If high airframe vibration returns and further airspeed reduction and descent are not practical, increasing the airspeed may reduce the vibration.

▼ ENGINE FIRE or Engine Severe Damage or Separation continued ▼

**7** Choose one:

- ♦ APU is **available**:  
    ▶▶ Go to step 8
- ♦ APU is **not available**:  
    ▶▶ Go to step 9

**8** APU selector . . . . . START, then ON

**9** Transponder mode selector . . . . . TA ONLY

**10** Plan to land at the nearest suitable airport.

**11** If wing anti-ice required:  
    PACK control selector (affected side) . . . . . OFF  
    ISLNL switch (affected side) . . . . . On

**When wing anti-ice no longer required:**  
    L and R ISLNL switches . . . . . Off

**12** GND PROX FLAP OVRD switch . . . . . OVRD

**13** Use flaps 20 and VREF 20 for landing.

**14** Use flaps 5 for go-around.

**15** Check the Non-Normal Configuration Landing Distance tables for Engine Failure or Shutdown in the Performance Inflight-QRH chapter, or other approved source.

**16** Do **not** accomplish the following checklists:

- ENGINE BOTTLE
- ENGINE OVERHEAT
- ENGINE SHUTDOWN
- PACK OFF

**17** Checklist Complete Except Deferred Items

	Deferred Items
<b>Pre-Descent Checklist</b>	
Landing data . . . . .	VREF 20
<b>Landing Checklist</b>	
Flaps . . . . .	20

■ ■ ■ ■

▼ Continued on next page ▼

1.16.14 Procedimiento en caso de fallo de una rueda

En relación con el fallo de una rueda no existen definidos procedimientos como tal, pero sí existe información sobre esta situación. En concreto, dentro del capítulo de *Abnormal-Landing Gear*, del AOM, se incluye lo siguiente:



### TIRE FAILURE DURING OR AFTER TAKE-OFF

If the crew suspects a tire failure during take-off, the ATS facility serving the departing airport should be advised of the potential for tire pieces remaining on the runway. The crew should consider continuing to the destination unless there is an indication that other damage has occurred (non-normal engine indications, engine vibrations, hydraulic system failures or leaks etc).

Continuing to the destination allows the airplane weight to be reduced normally, and provide the crew an opportunity to plan and coordinate their arrival and landing when the workload is low.

### LANDING ON A FLAT TIRE

The 767 is designed so that the landing gear and remaining tire(s) have adequate strength to accommodate a flat nose gear tire or main gear tire. When the pilot is aware of a flat tire prior to landing, use normal approach and flare techniques, avoid landing overweight and use the center of the runway. Use differential braking as required for directional control. With a single tire failure, towing is not necessary unless unusual vibration is noticed or other failures have occurred.

In the case of a flat nose wheel tire, slowly and gently lower the nose wheel to the runway while braking lightly. Runway length permitting, use idle reverse thrust. Autobrakes may be used at the lower settings. Once the nose gear is down, vibration levels may be affected by increasing or decreasing control column back pressure. Maintain nose gear contact with the runway.

Flat main gear tire(s) cause a general loss of braking effectiveness and a yawing moment toward the flat tire with light or no braking and a yawing moment away from the flat tire if the brakes are applied harder. Maximum use of reverse thrust is recommended. Do not use autobrakes.

#### 1.16.15 Pruebas de detección de objetos

Tras la finalización del análisis del fallo de la rueda, se valoró la capacidad de detectar objetos de dimensiones tan reducidas como las que afectaron al AC837 (1,5 mm de diámetro y 7 cm de largo) con el aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez. En experiencia del servicio de pista y plataforma, la capacidad de detección de objetos de pequeñas dimensiones evidentemente, es muy limitada y depende de varios factores: la persona que realiza la inspección, la incidencia del sol, la textura superficial, la altura y anchura del objeto o el color. A pesar de que en el histórico de este servicio constaba la detección de objetos de pequeñas dimensiones (del orden de centímetros) que, por producir reflejos, o que aun siendo pequeños tenían varios centímetros de altura, como regla general, se consideraba bastante improbable detectar un objeto tan pequeño y de poco diámetro como el involucrado en el evento.

No obstante, se realizó una prueba depositando objetos de similares dimensiones sobre la pista con unas condiciones de luz similares a las del día del evento. Ninguno de los objetos fue detectado durante la inspección de pista.

### 1.17. Información sobre organización y gestión

#### 1.17.1 Manual operativo de LECM

ENAIRE tenía definidos los Planes de Respuesta ante Emergencia (S41-02-GUI-001-5.0) como parte del *Manual Operativo* de LECM, en los cuales se establecían unas pautas y

guías de actuación en caso de emergencias de las aeronaves. Este documento indicaba que el objetivo era establecer una guía de actuación para las emergencias más frecuentes, ya que era imposible enumerar todas las posibles situaciones o emergencias que se podían producir. Se habían establecido un total de 27 emergencias, consideradas como las más frecuentes. Para cada emergencia existía una ficha con información sobre situaciones que se pueden derivar de la emergencia, qué puede ocurrir en la aeronave durante la emergencia, qué actuaciones son aconsejables por parte de ATC y la información que puede ser necesaria para el piloto o controlador.

La emergencia nº 12 trataba el Fallo de Motor, *Engine failure/flareout* y la nº 25 Problemas del tren de aterrizaje-indicación insegura-sin tren de aterrizaje, de los que se han extraído las referencias referentes a la inspección de pista:

- Procedimiento nº 12: *"despejar la pista"*
- Procedimiento nº 12: *"después del aterrizaje, se autorizará la entrada en pista del vehículo (...) para efectuar una revisión de la misma"*
- Procedimiento nº 25: *"Despejar la pista (...) manteniéndola libre y segura"*

### 1.18. Información adicional

#### 1.18.1 Programa de gestión de riesgos de FOD (Foreign Object Debris)

FOD es definido en el Anexo 14 de la OACI como "objeto inanimado dentro del área de movimiento que no tiene una función operacional o aeronáutica y puede representar un peligro para las operaciones de las aeronaves". La normativa define la necesidad de que los riesgos asociados a la presencia de FOD se reduzcan o minimicen mediante la implantación de un Programa de gestión de riesgos de FOD para aquellos aeropuertos que deseen certificarse conforme al Reglamento UE 139/2014 de la Comisión. Dentro de este programa, se contemplan cuatro fases (prevención, detección, retirada y evaluación).

Además de producir costes de operación o mantenimiento elevados, los FOD tienen la capacidad potencial de dañar a las aeronaves durante las fases críticas de vuelo produciendo daños personales y materiales. El accidente más significativo debido a FOD, y que produjo un impulso en este ámbito, fue el accidente del Concorde en el aeropuerto Charles De Gaulle.

#### 1.18.2 Métodos de detección de FOD

El método de inspección visual es el método de detección más empleado por ser el que menos coste supone (tanto en maquinaria como en costes de operación). Este método se fundamenta en la capacidad visual de un operario que, a una velocidad determinada, realiza recorridos en la zona a inspeccionar. En función de la visibilidad, condiciones de luz, características del objeto, velocidad y atención del operario la capacidad de detección de objetos pequeños variará. En un intento de mejora de los procedimientos de detección se están desarrollando tecnologías para la detección, denominados de detección continua que emplean sensores radar (con requerimientos<sup>26</sup> de detección de objetos cilíndricos de

---

<sup>26</sup> Requisitos de la FAA.

3 cm de espesor y 3,8 cm de diámetro) y electro-ópticos (con requerimientos de detección de objetos de 2 cm). Estas tecnologías permiten la detección continua de objetos en cualquier condición meteorológica, pero tienen un coste mucho más elevado.

En el caso del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez, el método de detección son las inspecciones visuales y los métodos de retirada de FOD se realizan mediante barredoras.

### 1.18.3 Estudios sobre FOD (*Foreign Object Debris*)

Se han recopilado diferentes estudios y documentación<sup>27</sup> con el objetivo de determinar si el objeto que produjo el colapso del ACA837 era similar a los FOD habitualmente encontrado o si, por el contrario, se trató de un caso excepcional. Estos estudios contenían los siguientes datos de interés:

- Origen de los FOD: pueden generarse por el personal, por las infraestructuras del aeropuerto (pavimentos, luces, señales), por el entorno (animales, tormentas) y por las aeronaves y sus equipos.
- Estudio realizado en el aeropuerto de Charles de Gaulle durante un año:
  - Composición: el 60% eran de metal, el 18% de goma.
  - Color: casi el 50% eran oscuros.
  - Dimensiones más frecuentes: 3\*3 cm o menores.
- Estudio con 116 eventos por FOD reportados a la ATSB en un periodo de diez años:
  - 80% de los casos sin consecuencias en la operación.
  - 20% de los casos tuvieron consecuencias para la operación (14% maniobra de aproximación frustrada, 3% retorno al aeropuerto después del despegue, 2% despegue interrumpido, 1% desembarco de pasaje).
  - Los FOD más reportados fueron producidos por componentes de las aeronaves (pines de compuertas, reversas, etc.) que contribuyeron al 33% de los eventos.
- Estudio sobre la localización de los FOD realizado por la CAA durante diez meses:
  - 55% en plataformas
  - 30% en rodaduras
  - 15% en pistas

Dentro de los estudios más exhaustivos sobre la caracterización de FOD en aeropuertos internacionales está el realizado por la FAA en el aeropuerto de Chicago. Durante dos años se realizaron 79 inspecciones solo de las pistas y el material se clasificó, analizó, pesó y midió. Las inspecciones utilizaron tres métodos: inspecciones visuales por técnicos, barredoras y detectores magnéticos. Este estudio se centró en los FOD que eran peligrosos<sup>28</sup>:

---

<sup>27</sup> Realizados por la autoridad aeronáutica americana FAA, la autoridad aeronáutica de Reino Unido CAA, la comisión de investigación de accidentes de Australia ATSB y Eurocontrol.

<sup>28</sup> Caracterización desarrollada por CEAT (University of Illinois Center of Excellence for Airport Technology) basada en reportes de un operador americano, reportes informales de aeropuertos americanos y la experiencia en FOD del CEAT desde el año 2004.

- FOD peligroso: objetos con una dimensión superior a 2,5 cm, aunque la peligrosidad no puede únicamente asociarse al tamaño o material: por ejemplo, objetos densos de pequeño tamaño pueden ser peligrosos, mientras que objetos grandes de papel o plástico no.
- Tamaño de los FOD peligrosos según la dimensión mayor sea:
  - Pequeños: menores de 3,8 cm.
  - Medianos: entre 3,8 y 7,6 cm.
  - Grandes: aquellos cuya dimensión mayor superan los 7,6 cm.

Este estudio obtuvo las siguientes conclusiones:

- Respecto al total de FOD, los FOD peligrosos representaban una parte muy pequeña.
- N° de FOD peligrosos 1146: con un peso total de 244 kg.
- En términos de material y tamaño
  - FOD pequeños eran de metal.
  - FOD medianos eran de asfalto y hormigón.
  - FOD grandes eran alquitrán, asfalto, hormigón y vidrio.
- FOD peligrosos:
  - Pequeñas piezas metálicas. Estas suponían el 60% de los FOD peligrosos.
  - Fragmentos más grandes de asfalto, hormigón y alquitrán procedentes estos últimos del estado del pavimento, siendo estos últimos los de mayor presencia.
  - Piezas con pintura.

### 1.18.4 Actuaciones de la aeronave

En base a la documentación proporcionada por el operador Air Canada<sup>29</sup>, desarrollada sobre la información del fabricante Boeing, se han realizado varios cálculos con intención de estimar si las actuaciones de la aeronave durante el evento fueron las esperadas durante los minutos iniciales. Considerando el escenario particular para el vuelo del ACA837, con las condiciones peso, temperatura, altitud y presión, con un motor inoperativo y con el tren extendido, se ha obtenido un valor aproximado de 4000 ft como altitud en la que la aeronave sería capaz de mantener el vuelo nivelado y/o conseguir un régimen de ascenso residual de 100 fpm.

Por otra parte, la operación de una aeronave despachada con el tren de aterrizaje extendido supone una penalización en el peso de la aeronave que se ha estimado entre el 15 y el 20%. La aplicación de esta condición para el vuelo del ACA837 permite concluir que el evento se desarrolló con un exceso de peso inducido por la extensión del tren de aterrizaje, de entre 11-20 toneladas, condición que influye en las actuaciones de la aeronave.

---

<sup>29</sup> AOM *Supplementary techniques Landing Gear- engine inop – driftdown speed / level off altitude 100 fpm residual rate of climb.*

Por último, para un escenario similar, con el mismo peso, condiciones ambientales y con un fallo de motor, pero en el que el tren hubiese podido replegarse, los cálculos establecen que la aeronave habría sido capaz de ascender hasta una altitud de 20700 ft donde habría podido mantener el vuelo nivelado y/o conseguir un régimen de ascenso residual de 100 fpm.

### **1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces**

No aplicable.

## 2. ANÁLISIS

El lunes 3 de febrero de 2020, la aeronave Boeing 767-375 CGHOZ, despegaba desde el aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez (España) con destino el aeropuerto de Toronto Pearson (Canadá), cargada con 51,7 toneladas de combustible. Dos segundos antes de la rotación se produjo el fallo del neumático número 5 del tren principal. La tripulación continuó con el despegue gestionando, además de la navegación, la aparición de diferentes daños en la aeronave como consecuencia del fallo.

Tras 4 h 11 min de vuelo que permitieron disminuir el peso de la aeronave, esta aterrizaba con 26,2 toneladas de combustible en el aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez sin incidencias y sin producirse ningún daño personal.

El análisis de este evento se ha centrado en las causas que produjeron el fallo del neumático y en la gestión de la situación generada desde tres puntos de vista: tripulación, aeropuerto y ATC.

- 2.1: Origen del evento: fallo del neumático número 5 del tren principal.
- 2.2: Presencia del objeto en la pista 36L.
- 2.3: Gestión de la emergencia por parte de la tripulación.
- 2.4: Gestión de la emergencia por parte de ATC.
- 2.5: Gestión de la emergencia por parte del aeropuerto.

### 2.1. Origen del evento: fallo del neumático número 5 del tren principal

El origen del evento ocurrido a la aeronave C-GHOZ fue el fallo del neumático número 5 del tren principal a las 14:58:03, dos segundos antes del inicio de la rotación, finalizando la carrera de despegue. El tipo de fallo responde a una explosión (*burst*) del neumático seguido del desprendimiento de la banda de rodadura (*thrown tread*).

#### 2.1.1 Perforación por un objeto externo FOD

La investigación llevada a cabo sobre los restos recuperados del neumático permitió confirmar, con certeza, que la causa del fallo del neumático fue una perforación producida por un FOD<sup>30</sup>, es decir, por un objeto externo de las siguientes características:

- El objeto era un objeto afilado, que penetró desde fuera hacia dentro, y que logró perforar la banda de rodadura y prácticamente la totalidad del cuerpo del neumático.
- El objeto tenía un ángulo de inclinación en el momento en que perforó el neumático.
- Las dimensiones aproximadas eran de 1,5 mm de ancho y 70 mm de largo.

---

<sup>30</sup> FOD (*foreign object debris*).

### 2.1.2 Secuencia de la rotura

Las roturas observadas en cada una de las nueve secciones del neumático que se pudieron recuperar (roturas directas en la sección 7 y roturas escalonadas en el resto de secciones) permitieron ubicar el inicio del fallo en la sección 7. La energía necesaria para producir roturas directas (*direct ruptures*), en las que todas las capas del cuerpo del neumático fueron fracturadas a la vez, era muy alta. Este nivel de energía permitió descartar una condición de baja presión en el neumático en el momento del fallo. Además, este tipo de roturas son roturas "rápidas", entendidas como roturas que se produjeron en menos de una vuelta de la rueda.

Por el contrario, la presencia de roturas escalonadas (*tapered ruptures*) en el resto de secciones, y el aumento de la distancia entre la rotura de capas internas respecto a capas externas según aumentaba la distancia respecto a la sección 7, era indicativo de que la energía remanente en la rueda era menor, al haber sido ya liberada gran parte en la rotura inicial de la sección 7. Las roturas escalonadas se asocian a un proceso más lento de rotura, producido durante más de una vuelta de la rueda, y en las que se pudo observar la evolución de la rotura capa a capa.

Otra de las observaciones que corroboran la localización del inicio de la rotura, es el hecho de que las dos piezas A y B donde se inició la rotura fueron proyectadas en sentidos diferentes. La pieza A fue proyectada hacia delante e ingerida por el motor y, sin embargo, la pieza B se quedó sobre la pista.

No han encontrado discrepancias o elementos discordantes en los daños observados en la rueda, por lo que se concluye que todos los desperfectos fueron producidos en el mismo evento. En base a toda la información, se concluye que la rotura del neumático número 5 tuvo la siguiente secuencia:

- la perforación producida por el objeto externo debilitó la estructura del neumático desencadenando la explosión,
- la perforación se produjo estando el neumático presurizado a su valor nominal,
- la explosión se inició en la sección 7 produciendo la rotura de todas las capas del neumático en menos de una vuelta de la rueda,
- con la rotura del sector 7, se liberó energía de forma instantánea,
- las roturas progresaron a ambos lados de la sección 7, pero con menos energía que la inicial, produciendo roturas escalonadas en el resto de secciones, en un proceso que duró varias vueltas de rueda,
- por último, y como consecuencia de todo lo anterior, se produjo el desprendimiento de la banda de rodadura.

### 2.1.3 Condiciones descartadas en el fallo del neumático

Además de la perforación por un objeto externo, se analizó la posibilidad de que se hubiesen podido dar otros factores o condiciones que, por sí solos, o en combinación, hubiesen podido contribuir al fallo del neumático. La información recopilada permitió descartar las siguientes condiciones como de influencia en el evento:

### Condiciones meteorológicas:

- No se daban condiciones de viento cruzado extremas que hubiesen podido afectar a la geometría de la goma del neumático durante el rodaje en tierra.
- Tampoco la temperatura exterior era elevada como para afectar a la temperatura del neumático.

### Condiciones y geometría de las rodaduras y la pista:

- Se descartó la contribución de un posible fenómeno de abrasión de los pavimentos de las calles de rodaduras y la pista utilizadas.
- La geometría del recorrido de rodaje realizado por la aeronave no requirió ningún giro excesivamente cerrado, así como tampoco ninguna maniobra que implicara que la rueda tuviese que pivotar.

### Condiciones de los vuelos previos y del evento:

- Las aceleraciones registradas en los vuelos previos no mostraron situaciones de cargas excesivas previas ejercidas durante "tomas duras". Tampoco se habían producido velocidades de rodadura excesivas ni se habían dado temperaturas de frenos elevadas.
- La carga y centrado del vuelo del evento no indicaba condiciones favorables de cara a la sobrecarga del tren.
- La revisión de las presiones de inflado mostró que ninguna de las ruedas del tren (principal y de morro) presentaba baja presión, descartando, una posible condición de sobrecarga en el resto de las ruedas. Igualmente, tampoco se daban condiciones de sobrepresión que hubiese favorecido el estallido de la rueda.
- Los partes de vuelo no indicaban problemas previos con ningún otro elemento o sistema que hubiese podido afectar al tren.
- Por último, y relacionado con la operación, se revisó el tiempo transcurrido entre el aterrizaje previo y el despegue del evento, descartando que se hubiese producido un tiempo de enfriamiento inferior al necesario y que hubiese podido contribuir al aumento de la temperatura del neumático.

### Condiciones de fabricación, montaje y mantenimiento de la rueda:

- La revisión del historial de fabricación y mantenimiento de la rueda no mostró problemas o anomalías. En concreto, la revisión del último recauchutado, 40 ciclos antes de producirse el evento, no reveló defectos que hubiesen podido debilitar la estructura interna de la rueda.
- Se descartó un posible daño, no detectado, producido tres días del evento, durante el corte que sufrió la rueda número 6 (su colateral), y que obligó a la sustitución de esta.



- El estado de las válvulas y los fusibles de las semillantas de la rueda número 5, indicaban que se encontraban en buen estado y que no habían sido activados durante el evento, descartando que el fallo se hubiese producido por un exceso de temperatura o de presión interna, o una pérdida de presión a través de la válvula de inflado.
- El estado del resto de ruedas del tren principal derecho (1, 2 y 6) descartaban un problema de montaje o instalación del tren principal como conjunto.
- La revisión de antecedentes previos permitió descartar un problema repetitivo de fabricación debido a la extensión temporal entre eventos similares.

### 2.1.4 Relación temporal perforación-exposición del neumático

No en todos los casos de daños por objeto externo (FOD), el colapso final del neumático se produce inmediatamente después de la perforación. Dependiendo de la profundidad de la perforación, del perfil del objeto y de la energía del objeto durante la perforación, los daños internos variarán y, por lo tanto, la estructura interna del neumático resistirá más o menos. Esto lleva a situaciones en las que una aeronave puede sufrir la perforación por un objeto en un momento dado, pero no ser hasta varios aterrizajes y despegues después, cuando se produzca el evento.

En el caso del incidente del C-GHOZ, la forma estimada del objeto, las dimensiones, el ángulo de penetración, así como los signos de elevada energía en el momento de la rotura, permiten afirmar que el contacto con el objeto externo se produjo en el despegue desde LEMD, finalizando la carrera de despegue, y que este contacto produjo una rotura instantánea del neumático.

El hecho de que, en una configuración de ruedas paralelas, sea una de las traseras la afectada por el objeto y no las delanteras, como ocurrió en el incidente del C-GHOZ, es un fenómeno relativamente común en configuraciones de tren de aterrizaje similares (*multiple axles bogies*). De hecho, los casos similares recopilados siguen este mismo patrón. Se considera que la explicación más factible para entender este fenómeno, es que el objeto, inicialmente depositado en la pista, no afectó a la rueda número 1 por no tener ángulo de penetración adecuado. Sin embargo, la rueda número 1 fue capaz de levantar y proyectar hacia atrás el objeto, ofreciendo una posición y una energía inicial que favorecieron el contacto y penetración en la rueda número 5.

### 2.1.5 Daños secundarios al fallo del neumático

El fallo del neumático en el evento del C-GHOZ se produjo bajo las siguientes circunstancias: fue un fenómeno de explosión, con el neumático completamente presurizado y en el momento de máxima velocidad en tierra de la aeronave (finalizando la carrera de despegue con una velocidad de la aeronave de 176 kt de GS y 168 kt de CAS). Como consecuencia de estas circunstancias, varios fragmentos del neumático salieron proyectados en varias direcciones.

Se ha podido confirmar que los problemas más importantes observados en la aeronave (en motor izquierdo y sensor de inclinación), que condicionaron el resto del vuelo, fueron producidos por los fragmentos del neumático y, por lo tanto, son considerados fallos secundarios, descartando anomalías previas en la aeronave.

El más importante de entre todos los fallos secundarios fue el referente al motor. Los carenados laterales del motor evidenciaban marcas negras dejadas por la goma del neumático confirmando que varios fragmentos de la rueda fueron proyectados hacia delante. La alta velocidad de la rueda en el momento de la rotura permitió que estos fragmentos alcanzaran el área de influencia de succión del motor y fueran ingeridos por él. Las cámaras de vigilancia, además, permitieron confirmar que, al menos uno de los fragmentos ingeridos, era de gran tamaño. Los resultados de la inspección del motor confirmaron este hecho, donde se evidenció la presencia de restos de fragmentos en los primeros módulos, así como marcas de ingestión y daños en todos los módulos. A nivel operativo, las consecuencias de este daño secundario fueron un aumento de las vibraciones del motor y un aumento de N1, cuya gestión requirió el apagado del mismo y continuar el vuelo con un solo motor.

El segundo fallo secundario que condicionó el vuelo de la aeronave C-GHOZ fue el producido por alguno de los fragmentos que se desplazaron hacia arriba y hacia los lados y que afectó al sensor de inclinación del tren. El efecto sobre este sistema fue menor pero suficiente como para impedir que la tripulación pudiese retraer el tren en el ascenso inicial. El tren no tuvo más daños y su gestión durante el vuelo mediante el procedimiento alternativo de actuación del tren, permitió que este fuese operado sin más incidencias posteriormente.

No hubo ningún otro elemento afectado: el resto de neumáticos del tren izquierdo, incluso el neumático compañero (número 6) no quedaron afectados, el tren pudo retraerse y extenderse posteriormente, los flaps pudieron actuarse sin asimetrías y los sistemas hidráulicos y tanques de combustible no resultaron afectados. El resto de daños en forma de perforaciones y marcas fueron superficiales y de pequeño tamaño y profundidad, por lo que no afectaron a la operación de la aeronave ni ninguno de sus sistemas.

### **2.2. Presencia del objeto en la pista 36L**

El origen del evento fue una perforación del neumático número 5 producida por un objeto (FOD) afilado de 1,5 mm de diámetro por 7 cm de largo que se encontraba en la pista 36L del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez.

La operativa de la pista 36L mostró que desde la última revisión de pista 50 min antes del evento, la pista había sido utilizada por tres aeronaves. Estas aeronaves, además, habían rodado por la zona donde debía encontrarse el objeto que afectó al ACA837, ya que sus carreras de despegue habían sido más largas que la del ACA837. Esta operativa implica que:

- O bien el objeto estaba en la pista 36L, no fue detectado en la inspección de pista y, además no afectó a las tres aeronaves previas.
- O bien el objeto fue dejado en pista por la alguna de las tres aeronaves que utilizaron la pista anteriormente.

La investigación no ha podido determinar cuál de las dos opciones se dio en el accidente del ACA837 y ambas opciones, según la información recopilada sobre FOD en el apartado 1.18, se consideran igualmente posibles.

### Imposibilidad de detección del FOD:

En relación con la capacidad de detección de un objeto de estas características, la principal conclusión de la investigación es que, mediante la utilización de los métodos de inspección visual actualmente vigentes, es prácticamente imposible detectarlos, por lo que, de haber estado en la pista durante la inspección previa, no habría habido garantías de haber sido detectado y retirado.

La revisión de los procedimientos de inspección de pista del aeropuerto de Madrid mostró que eran completos y tenían correctamente definidos los procesos, medios a emplear y criterios a seguir. El personal que realizó las inspecciones, además, contaba con alta experiencia tanto en el aeropuerto como en la actividad. El problema radica en que se basan en inspecciones visuales, realizadas por una persona, desde un coche en movimiento que puede alcanzar hasta los 60 km/h, y que cubren zonas de 30 m de ancho.

Estas condiciones no suponen ninguna limitación para la detección de objetos de dimensiones y volúmenes significativos, pero sí para objetos más pequeños. A pesar de que, efectivamente, el SPP del aeropuerto de Madrid había sido capaz de detectar en el pasado objetos realmente pequeños, la conclusión general es que los métodos de inspección visuales tienen limitaciones inherentes a la condición humana que no permiten asegurar que sean detectados objetos de estas dimensiones.

### Presencia de FOD peligrosos:

Los resultados de estudios de FOD aplicados a este caso, permiten concluir que la presencia de FOD como el que produjo el colapso del ACA837 no es una situación excepcional. Los FOD considerados como peligrosos más frecuentes son objetos metálicos y pequeños, con dimensiones similares a las que presentaba el objeto del ACA837. De hecho, siguiendo la clasificación del estudio, el FOD del ACA837 sería clasificado como un FOD peligroso de tamaño medio.

Los estudios también reconocen que la presencia de estos FOD peligrosos suponen un pequeño porcentaje del total de FOD presentes en las pistas, y que en el 80% de los casos no implican consecuencias para la operación de las aeronaves, motivo por el cual, el principal método de detección de FOD sigue siendo en la mayoría de los aeropuertos, como en el de Madrid, el de detección visual.

Teniendo en cuenta ambos condicionantes (presencia del FOD de ACA837 no excepcional en los entornos aeropuertos, pero con bajas probabilidades de producir accidentes) no se emite ninguna recomendación respecto a la utilización de métodos de detección continua, que sí habrían permitido la detección del FOD del ACA837 en el aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez por las implicaciones económicas que supone. Sin embargo, respecto a los métodos

actualmente detectados de inspección visual, se propone una recomendación de seguridad dirigida al aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez para que estudie la posibilidad de mejora del procedimiento de inspección actual.

### 2.3. Gestión de la emergencia por parte de la tripulación

La explosión del neumático no fue conocida, de forma fehaciente, por la tripulación hasta tiempo después de ocurrir, cuando el vuelo se había estabilizado y se habían gestionado todas las emergencias a bordo. En cabina, el suceso se manifestó a través de los efectos secundarios que había producido la explosión: la situación a la que se enfrentó la tripulación fue el fallo del motor inmediatamente antes de la rotación, seguido por la imposibilidad de retraer el tren de aterrizaje.

La descripción del evento por la tripulación era coherente y consistente con los efectos que se confirmaron en el FDR respecto al neumático (aumento de aceleraciones y guiñada momentánea hacia la izquierda) y respecto al motor (aumento de vibración y de N1).

#### Decisión de continuar con el despegue:

La aparición del fallo de motor fue coincidente con la rotación, a 171 kt, muy por encima de la V1 (158 kt), por lo que continuar con el despegue era la única opción factible y abortarlo no estaba ya dentro de las opciones.

#### Selección e inicio del procedimiento de *ENGINE SEVERE DAMAGE*:

La aparición de efectos en el motor fue inmediata (entre uno y tres segundos después de ocurrir el fallo del neumático) coincidiendo con la rotación de la aeronave. Aunque no se dispone de las comunicaciones en cabina durante este momento, el FDR registró una actuación rápida por parte de la tripulación. A los 36 segundos de ocurrir el evento se estaba ejecutando la primera acción del procedimiento de daño severo en el motor (*ENGINE SEVERE DAMAGE*), lo que supone que en menos de medio minuto la tripulación había valorado los datos que estaba mostrando el motor y había decidido el procedimiento a aplicar.

El procedimiento seleccionado es el mismo para tres condiciones: fuego, daño severo o separación del motor. Las condiciones que describe el procedimiento para el caso de daño severo (*airframe vibrations with abnormal engine indications*) concordaban con los parámetros que tenía la tripulación en cabina, por lo que el procedimiento seleccionado para gestionar la situación fue el adecuado.

#### Fases en la ejecución del procedimiento *ENGINE SEVERE DAMAGE*:

El procedimiento contiene cuatro acciones iniciales a realizar de memoria (*memory items*) seguidas de otras diez a realizar. El FDR reveló que el procedimiento fue ejecutado en dos fases claramente separadas en el tiempo:

- Acciones 1, 2 y 3: ejecutadas inmediatamente a los 36, 39 y 62 segundos del evento.
- Acciones 4, 7 y 8: ejecutadas a los 17 min del evento.

Las tres primeras acciones fueron implementadas muy rápidamente, consiguiendo que, con el retraso de la palanca de potencia y el corte de combustible (acciones 2 y 3), las vibraciones desaparecieran. La estabilización del motor se pudo confirmar en el FDR, fue descrito por la tripulación de vuelo y cabina y así fue percibido por la tripulación que comunicó a ATC que el motor estaba "asegurado". La acción 4, referente a la actuación sobre la maneta del motor (*engine fire swith pull*) perteneciente a los *memory ítems*, y que debería haberse realizado de forma urgente, fue pospuesto hasta 17 minutos más tarde. Afortunadamente, esta actuación no tuvo consecuencias para la seguridad del vuelo, por la estabilización de los parámetros del motor izquierdo tras las tres primeras acciones, pero indica que el procedimiento no se ejecutó en la secuencia temporal que debía haberse realizado.

El resto de acciones no pudieron confirmarse en el FDR (por no existir parámetros asociados). Sí existe mención en el CVR de la revisión de todas acciones de este procedimiento por parte de la tripulación antes de planificar la toma y, en el caso de la acción 12, se pudo confirmar que se había actuado sobre este *switch* en la inspección de la cabina de vuelo tras el aterrizaje.

### Declaración de emergencia:

Cuando aparecieron los problemas de motor la aeronave se encontraba todavía en contacto con TWR que, en dos ocasiones, llamó a la aeronave para su transferencia. Estas llamadas no fueron contestadas ya que coincidieron con el momento en que la tripulación se encontraba valorando las anomalías que acaban de aparecer y a punto de iniciar el procedimiento *ENGINE SEVERE DAMAGE*, con una elevada carga de trabajo en cabina, tanto por la emergencia como por la fase de vuelo (ascenso inicial). A pesar de ello, la comunicación con ATC se realizó entre la ejecución de la acción 2 y 3 del procedimiento, a los 50 segundos del evento. Esta comunicación, además de rápida, fue completa en cuanto a contenido ya que incluyó la declaración de emergencia con el término *MAYDAY*, el tipo de emergencia que tenían (*engine failure*) y las necesidades inmediatas (*stand by*). La siguiente comunicación de la aeronave se realizó inmediatamente después de realizar la acción 3 del procedimiento de *ENGINE SEVERE DAMAGE*, y en esta se informaba ya que el motor estaba asegurado y se solicitaban vectores radar.

### Navegación:

La trayectoria seguida (vuelo en rumbo de pista hasta 5 NM de SSY y luego viraje hacia NVS) confirma que la tripulación siguió el procedimiento de despegue desde la pista 36L en caso de fallo de motor antes de SSY. El cambio en la ruta prevista (ZMR5L) hacia la nueva ruta fue notificado a ATC de forma temprana en el tiempo, en concreto antes de iniciar el viraje hacia NVS. Esta actuación se considera muy importante ya que ATC desconoce la ruta a seguir por una aeronave en emergencia y, en este caso, el ACA837 le informó de su intención de virar a NVS y no continuar hacia el norte, como era lo esperado.

### Dificultad para ganar altura:

Una de las características del vuelo del ACA837 fue su desarrollo a baja altura (a 1000 ft sobre el terreno), por debajo de los mínimos de vigilancia, durante 9 min de vuelo. La causa de la imposibilidad de ganar altura se encontraba en la combinación de la operación con un solo motor, y en la posición extendida del tren, combinado con peso correspondiente al de despegue. Los cálculos sobre las actuaciones de la aeronave muestran que la aeronave fue capaz de mantener el vuelo por encima de la altitud de aceleración y aumentar la velocidad. Por lo tanto, si bien la altitud de vuelo estuvo por debajo de los mínimos radar, la actuación de la aeronave resultó como se esperaba.

Respecto a la actuación del tren, el registrador mostró que:

- Hasta pasados 3 min, con la aeronave a 1000 ft AGL y en rumbo a NVS, la tripulación no intentó retraer el tren, a pesar de que en su declaración indicaron que realizaron un primer intento a 400 ft.
- Hasta pasados 9 min del evento, con la aeronave a 1000 ft AGL, no se realizó el procedimiento de retracción del tren alternativo con el que, finalmente, se pudo retraer el tren.

El comandante describió en la entrevista que tenían la sospecha un posible problema de alta temperatura en el tren debido al olor a goma quemada que habían tenido durante el despegue. Esta sospecha le llevó a tomar la decisión de posponer la retracción del tren con intención de enfriarlo y evitar posibles problemas posteriores en el compartimento del tren, que se hubiesen añadido al fallo del motor.

La situación de la aeronave fue trasladada en todas las comunicaciones a ATC, mostrando, además, la evolución de los problemas a los que fueron enfrentando: inicialmente notificaron fallo de motor, después comunicaron ir con un solo motor y, por último, además de solo tener un motor, comunicaron que no podían subir el tren y que no podían ascender. En todas las comunicaciones la aeronave trasladó sus necesidades a ATC: inicialmente vectores y posteriormente vectores para ir a una zona más baja, realizar esperas y gestionar las múltiples emergencias que tenían, en palabras de la tripulación.

La retracción del tren se consiguió de forma satisfactoria a los 9 min de vuelo, aplicando el procedimiento *GEAR LEVER WILL NOT MOVE UP*. La actuación sobre el LOCK OVRD SWITCH permitió puentear el bloqueo del tren producido por los daños en el sensor de inclinación, por lo que es consistente que se pudiese retraer el tren mediante este procedimiento. Tras la retracción, las indicaciones en cabina de tren arriba y bloqueo fueron las normales, por lo que la situación con el tren no generó más consecuencias a bordo. La actuación sobre el tren se realizaría en tres ocasiones posteriores (durante la inspección del EF-18A y durante la aproximación final) sin presentar problemas de indicación o de movimiento.

La posibilidad de ascender tras retraer el tren fue inmediatamente notificada a ATC y a partir de este momento la aeronave conseguía ascender por encima de los 1000 ft AGL, alejarse del núcleo urbano de Madrid, y seguir las instrucciones de ATC. Desde el punto de vista

de la gestión de la emergencia en cabina, a partir de este momento, la situación mejoró sustancialmente, notándose en el tono de voz de las comunicaciones con ATC.

### Fallo del neumático, valoración de la situación y resto del vuelo:

El fallo del neumático no fue un hecho que pudo ser confirmado en un primer momento. No existe ningún sensor que proporcione información en cabina por lo que inicialmente, la tripulación solo pudo intuir algún problema con el tren a partir de los indicios de olor a goma quemada, las marcas negras en el motor, los efectos momentáneos en guiñada y la información que le trasladó el sobrecargo. Es a partir del intento de retracción del tren cuando la tripulación comentó por primera vez el problema del tren (4 min después del evento) y a los 8 min volvió a confirmar que había explotado al menos un neumático.

ATC tuvo constancia de la presencia de restos en la pista a los 6 min tras el evento, pero todavía no sabían si era de esta aeronave o de alguna precedente y, por lo tanto, no transmitió esta información a la aeronave. Tuvo que transcurrir 1 h 43 min hasta que el personal de mantenimiento pudo confirmar que los restos de la pista eran del ACA837 y que esta información fuese trasladada a la aeronave.

A pesar de no tener confirmación hasta mucho más tarde, solo con los indicios iniciales la tripulación realizó una evaluación correcta de la situación y pospuso el aterrizaje inmediato a pesar de ser lo indicado en el procedimiento *SEVERE DAMAGE*. El fallo de un neumático no está considerado como un procedimiento de emergencia, sino que tiene consideración de procedimiento anormal (*abnormals*) y, por tanto, de menor entidad que el daño en el motor. Las indicaciones del *Manual de la aeronave* respecto a daños en ruedas permiten incluso la posibilidad de continuar hasta el destino, realizar una aproximación y recogida normales y rodaje sin necesidad de remolcado. Dentro de las pocas restricciones que establece está evitar aterrizar con sobrepeso, consideración que fue tomada y priorizada por la tripulación en la evaluación de la situación.

Esta evaluación se reflejó en la solicitud a ATC de realizar esperas, primero para terminar de gestionar las emergencias abiertas, y luego para quemar el combustible necesario. Esta forma de tomar las decisiones nada apresurada se reflejó también en las dos horas de CVR en que se pudieron analizar las comunicaciones en cabina. Ambos pilotos mostraron una conversación relajada y bidireccional, se les escuchó realizar en varias ocasiones una revisión de los procedimientos tanto realizados como pendientes, establecieron de forma clara y concisa las expectativas para el resto del vuelo y la toma, comentaron los posibles riesgos durante el aterrizaje, y fomentaron un ambiente en el que poder aclarar o comentar cualquier duda o preocupación respecto a la situación. No se detectó ningún problema de comunicación o falta de asertividad por parte de ninguna de las partes. Las listas de chequeo fueron realizadas de forma completa y el cambio de mandos de uno a otro piloto fue verbalizado correctamente. La aeronave fue configurada correctamente para la nueva situación y fueron tenidos en cuenta todas las nuevas condiciones (como por ejemplo no utilizar el *autobrake*).

La preparación del vuelo en su fase final, la más crítica una vez confirmaron con el EF-18A que los daños se limitaban únicamente a un neumático del tren principal, fue igual de completa que el resto de las fases. El *briefing* contempló una posible maniobra de aproximación frustrada que anticiparon a ATC para asegurarse la zona de ascenso inicial libre en caso de ejecutarse. Esto muestra que la tripulación no estaba focalizada en aterrizar a toda costa a pesar de las circunstancias.

Por último, las comunicaciones muestran que la tripulación intentó rodar por sus propios medios una vez en tierra y evitar evacuar la aeronave. Esto implicó que el pasaje, que llevaba en vuelo más de cuatro horas sin sistema de entretenimiento, tuviese que permanecer a bordo de la aeronave en la pista casi una hora más hasta que se enfriaron los frenos. La alternativa para acelerar el proceso de desembarco hubiese implicado realizar una evacuación con un lado de la aeronave inhabilitado por sobretemperatura en los frenos, por lo que la decisión de posponer el desembarco del pasaje se considera acertada.

### Coordinación con la cabina de pasaje:

Las descripciones realizadas sobre la evolución del vuelo por parte del sobrecargo indicaban que la gestión realizada por el comandante en relación con la cabina de vuelo fue completa y adecuada. Las dos últimas horas de grabación del CVR permitieron confirmar que esto fue así. Respecto a la tripulación de vuelo, a través del sobrecargo, el comandante proporcionó información completa y detallada sobre la naturaleza de la emergencia explicándole la situación real que tenían, las intenciones respecto al resto del vuelo, el tiempo estimado de vuelo restante y que, en principio, no se requería ninguna actuación o preparación especial para la toma. El sobrecargo fue informado de los riesgos que potencialmente podrían producirse en la toma y qué harían en este caso. En este sentido, la tripulación de cabina estuvo correctamente informada.

Las declaraciones coincidieron también en que la tripulación de cabina transmitió a la tripulación de vuelo lo que había ocurrido y veían (marcas de goma, olor, etc.) durante el despegue, información que ayudó a los pilotos a establecer un posible problema en una o varias ruedas del tren. Esta comunicación fue realizada cuando el sobrecargo consideró que la carga de trabajo en cabina sería menor. Por lo tanto, respecto a la interacción pilotos-tripulación de cabina se considera que fue adecuada y completa.

Respecto al pasaje, las comunicaciones realizadas por el comandante confirmaron que también estuvo correctamente informado. Antes de cualquier evento (como fue el vuelo junto con el EF-18A, el inicio de la aproximación, o la presencia de vehículos de emergencia y luces) el comandante anticipó al pasaje lo que iba a ocurrir para no crear alarma y tranquilizarles con las situaciones que iban a ocurrir. La información fue concreta, con el alcance adecuado y mantenida en el tiempo, lo que junto a la evolución "tranquila" del vuelo contribuyó a mantener la calma del pasaje. Las comunicaciones además fueron emitidas en inglés y traducidas al francés y al castellano, lo contribuyó a que todo el pasaje se sintiera adecuadamente informado.



### 2.4. Gestión de la emergencia por parte de ATC

Los momentos más críticos del vuelo fueron los primeros doce minutos en los que el avión realiza la llamada de socorro, es incapaz de ascender, no se sabía la capacidad de maniobra que tenía, iba con un solo motor y no se conocían las intenciones. Este periodo fue gestionado por dos unidades: el controlador de salidas de TWR Barajas y el controlador del sector DWN-WNN del ACC Madrid.

#### 2.4.1 Gestión de la emergencia por parte de TWR Barajas

Se valoran como positivos los siguientes aspectos de la gestión realizada por TWR:

- Respecto a la llamada de emergencia realizada por el ACA837 se destaca que el controlador respetó el "stand by" solicitado por la tripulación en la llamada inicial, no interrumpiendo a la aeronave. La utilización de este término por parte de las tripulaciones se produce cuando necesitan priorizar otras acciones antes que la comunicación, situación que se pudo comprobar en el FDR, ya que la tripulación estaba analizando todos los avisos que estaban apareciendo y aplicando el procedimiento de emergencia. Hasta que la aeronave no volvió a llamar, ATC no volvió a comunicarse con la aeronave.
- Además, la transmisión de información al siguiente controlador (sector DWN-WNN) se produjo de forma inmediata por parte del controlador de TWR. Esto se pudo comprobar en dos ocasiones: la primera a los 50 segundos, con la comunicación del fallo de motor y la segunda a los ocho minutos cuando el SPP confirmaba que la pista estaba llena restos.
- La transferencia de la aeronave a pesar de estar en emergencia se considera igualmente una decisión correcta. Aunque desde el punto de vista de control, se intentó no transferir tráfico en situaciones de emergencia, en este caso mantenerlo en la frecuencia de torre hubiese sido contraproducente, ya que la torre no disponía de información suficiente para asegurar la separación con otros tráfico en la zona y con el terreno. El controlador del sector DWN-WNN era el más adecuado para realizar esta gestión.
- Se preservó la pista 36L tras la notificación de emergencia, desviando todos los tráfico en espera para el despegue hacia la 36R.
- La gestión del tráfico en rodaje en las cercanías de las pistas permitió asegurar que la zona alrededor de las pistas que podría utilizar el ACA837 para aterrizar, se mantenían libre de tráfico, eliminando riesgos incluso en el caso de que se produjese una salida de pista durante la toma.
- Las comunicaciones con los servicios de emergencia desplegados durante la toma del aeropuerto fueron completas y adecuadas y permitieron mantener a todos los colectivos informados sobre las intenciones y necesidades de la aeronave en emergencia.

Como aspectos de mejora se consideran dos: la no solicitud de la inspección de pista tras el despegue y la comunicación de la emergencia al aeropuerto.

TWR no solicitó la revisión de la pista 36L tras la notificación de emergencia por parte del ACA837. En ese momento el controlador desconocía que el origen del evento había sido una explosión de un neumático y la información que manejaba en ese momento era un “*engine failure*”, información que por sí sola, no constituía un motivo claro o evidente como para sospechar la presencia de objetos en la pista. La emergencia, si bien está contemplada en Plan de Respuesta en Emergencia de ENAIRE, está descontextualizada de la fase de vuelo, por lo que solo contempla los posibles restos que puedan quedar en la pista tras el aterrizaje con un fallo de motor. Tanto en la emergencia de fallo de motor como en la de problemas con el tren, solo se predefinen inspecciones de pista tras el aterrizaje. La única particularidad es que esta emergencia fue comunicada en un momento muy cercano al despegue.

En este sentido, se emite una recomendación a ENAIRE para que, en el caso de emergencias notificadas en momentos cercanos al despegue y/o todavía en la frecuencia de torre (como fue en este caso), se valore la posibilidad de realizar inspecciones de pista para descartar la presencia de restos en la misma.

Fue el SPP el que, de forma proactiva, se ofreció a realizar una revisión de pista a los seis minutos del evento, tras comprobar que la pista se estaba reservando para una posible toma en emergencia del ACA837. A pesar de que el controlador se anticipó a las posibles necesidades de aterrizar por la pista 36L del ACA837 y la reservó, una toma por ella hubiese podido generar problemas adicionales debido a que se encontraba llena de restos del neumático. Gracias a la iniciativa del SPP de revisarla mientras llegaba el ACA837 se pudo determinar que era inservible para su uso.

La activación de la alarma desde TWR fue inmediata y prácticamente simultánea a la notificación. Sin embargo, la terminología utilizada en la transmisión de información desde TWR hacia el aeropuerto, no fue adecuada ya que manejó un término ambiguo de cara a las decisiones que el aeropuerto debía tomar. La terminología es fundamental, ya que determinará el nivel de alerta y, por lo tanto, los medios a movilizar. La terminología utilizada en el evento del ACA837 fue “emergencia” siendo un término ambiguo que no permite determinar qué tipo de actuaciones deben ser iniciadas. Esto se reflejó en que, durante treinta minutos, el nivel de alarma fue local hasta que el ejecutivo de servicio, media hora después, confirmaba que se había declarado un *MAYDAY* y elevaba el nivel de alarma a general. En el evento del ACA837 no tuvo consecuencias ya que la aeronave aterrizó sin incidencias y horas más tarde.

Con intención de reforzar la correcta terminología durante la transmisión de información en situaciones de emergencia, se emite una recomendación de seguridad a ENAIRE.

### 2.4.2 Gestión de la emergencia por parte del sector DWN-WNN

#### Sobrevuelo del núcleo urbano de Madrid

El controlador del sector DWN-WNN, de muy alta experiencia tanto en la actividad como en la dependencia, tuvo un papel complicado en la gestión de este evento y difícil de valorar. El hecho más relevante del vuelo en este sector fue el sobrevuelo de la capital

de Madrid a 1000 ft sobre el terreno. Desde el punto de vista de los resultados, esta situación no tuvo ninguna consecuencia ya que el vuelo, finalmente, transcurrió de forma satisfactoria, pero supuso un riesgo que, en otras circunstancias, podría haber afectado a personas y poblaciones.

La instrucción de viraje a rumbo sur (160°) que emitió el sector DWN-WNN a las 15:02:45, fue la que llevó a la aeronave a sobrevolar el núcleo urbano. Cuando emitió esta instrucción, el controlador tenía la siguiente información:

- que la aeronave estaba a 3000 ft en una zona de 4500 ft, limitando con una de 6500 ft, que no podía subir, que tenía fallo de motor, que habían tenido una explosión del neumático,
- que se encontraba al norte de Madrid, sobre Tres Cantos en rumbo suroeste hacia NVS, y
- le acababa de solicitar vectores para dirigirse a una zona más baja.

A estos condicionantes se añadieron las condiciones orográficas del terreno circundante al aeropuerto de Madrid. Por un lado, con la aeronave siendo incapaz de superar los 3000 ft, las áreas al oeste y norte de su posición presentaban un perfil orográfico en ascenso (mínimos desde los 5500 ft hasta los 11000 ft). Hacia el este, igualmente hubiese supuesto sobrevolar Madrid y los mínimos estaban en 5500 ft. La única zona más favorable teniendo en cuenta las limitaciones de *performance* de la aeronave era la sur, ya que dicha zona presenta las altitudes más bajas (4500 ft y 4000 ft). Por lo tanto, la instrucción a rumbo sur 160°, además de dirigirles a la zona más baja posible, permitía cumplir con la solicitud previa demandada por la tripulación de proceder a un área más baja.

Se considera que el criterio de la elevación del terreno y los mínimos de altitud, así como acercar la aeronave a la aproximación de LEMD (pistas 32R y 32L) para facilitar su entrada al aeropuerto fueron los dos criterios preponderantes a la hora de emitir esa instrucción. La decisión de dirigirle hacia la zona sur se considera una buena decisión, por los motivos anteriores. Sin embargo, en esta valoración no se consideró que esto implicaría sobrevolar Madrid, con los riesgos que esto podría haber implicado ya que se desconocía qué tipo de fallo se había producido y cómo iba a evolucionar (fallos no contenidos, fallos secundarios, desprendimiento de piezas, aterrizaje de emergencia, etc.). Es un escenario difícil de valorar con pocas alternativas viables: para haber separado la aeronave del núcleo urbano habría que haberla dirigido más hacia el oeste, manteniéndola en la zona de 4500 ft, alejándola de la aproximación a Madrid, y entrando en conflicto con el espacio aéreo del aeródromo de Cuatro Vientos. Además, hay que indicar que el controlador no tiene incorporados los núcleos geográficos en la presentación radar, por la cantidad de información extra que esto supondría. En conclusión, supuso una situación difícil de valorar y con un escenario complicado por la cantidad de restricciones y condicionantes que existían.

Posteriormente, el sector DWN-WNN emitió una nueva instrucción de viraje a rumbo 140°, que fue erróneamente colacionada (rumbo 120°) por la tripulación. A pesar de que esta colación no fue corregida por el controlador y que la aeronave fue convergiendo hacia el localizador de la pista 32L, no tuvo ninguna consecuencia por los siguientes motivos:

- La aeronave se mantuvo en todo momento con una separación lateral con dicho localizador superior a dos millas.
- Se realizó una labor coordinada entre los controladores con el objeto de no permitir realizar aproximaciones instrumentales en ambos localizadores a ningún tráfico, por lo que no existía en ese momento ninguna aeronave en las 25 millas.
- Al encontrarse la aeronave en ascenso a través de 4700 ft hubieran tenido separación vertical con las “hipotéticas” aeronaves que hubieran estado establecidas en el localizador de la pista 32L.
- El controlador actuó activamente preguntándoles si era posible que virasen a su derecha a rumbo 200°, siendo este consciente de la proximidad al localizador.

### Colaboración y coordinación con la aeronave y entre dependencias

Respecto al resto de la gestión realizada por este sector, el más crítico de la emergencia, se destaca que realizó una correcta coordinación con otras unidades que podrían estar afectada, como por ejemplo Cuatro Vientos. Se produjeron instrucciones de separación en relación a varios tráficos con los que podía entrar en conflicto y dio prioridad a las necesidades y peticiones que iba transmitiendo la aeronave: inicialmente se paró todo el tráfico en aproximación para permitir una entrada directa del ACA837, y cuando este indicó que necesitaba hacer esperas, se le mantuvo separado del resto del tráfico, pero en el entorno cercano para facilitar un acceso rápido en caso de ser necesario.

Las decisiones de mantenerlo inicialmente en TOBEK y posteriormente en el RDL de PDT se adaptaron a las estimaciones de tiempo que iba facilitando la aeronave y todos los sectores involucrados proporcionaron toda la ayuda que pudieron y fue solicitada. Se mantuvieron coordinaciones continuas entre LECM y LEMD actualizando la información y las estimaciones de tiempo que se iban recibiendo. Muestra de la colaboración y la actitud de ayuda por parte del servicio de control se comprobó, por ejemplo, en la propuesta de utilización de un avión militar para realizar una inspección del tren, o el envío de fotos recopiladas en redes sociales a la tripulación.

### Instrucciones para referenciar el punto de espera

La instrucción de dirigirse al segundo punto de espera haciendo referencia a una distancia en un radial de un punto de referencia con tiempos de alejamiento en circuito, generó varias comunicaciones para confirmar todas las instrucciones. Si bien es cierto que la instrucción era válida normativamente hablando, en otro momento de la emergencia hubiese sido contraproducente utilizar este tipo de referencia. En el caso del ACA837, cuando recibió estas referencias, la tripulación estaba más tranquila por lo que no tuvo ningún efecto, más allá del tiempo invertido en comunicaciones.

### Información sobre el neumático

El sector DWW-WNN tuvo conocimiento por parte de la aeronave en su segunda comunicación con ella a las 15:02:28. En esta comunicación la tripulación le informaba sobre un “tyre explosión”. Esta información no fue transmitida por este sector al aeropuerto, a pesar de la cercanía al despegue. Se ha emitido una recomendación a ENAIRE para que valore la utilidad de incorporar en los Planes de Respuesta a Emergencias la casuística de explosión de neumático y asegure que cualquier información de este tipo, conocida en la fase de vuelo que sea, sea transmitida al aeropuerto de origen por las implicaciones de contaminación de pista que puede involucrar.

### **2.5. Gestión de la emergencia por parte del aeropuerto**

Las conclusiones más importantes en relación con la emergencia se han tratado indirectamente en el apartado 2.4.1 Gestión de la emergencia por parte de TWR, donde se indicaban las consecuencias que supuso una incorrecta transmisión de la información al aeropuerto, y la actuación proactiva del SPP tras el despegue de la aeronave.

La gestión de la información que fue transmitida por parte de TWR al aeropuerto fue gestionada correctamente, activándose las fases correspondientes y los niveles de alerta adecuados a la información que tenían. Los medios movilizados fueron los adecuados a cada fase. La transmisión de información entre los servicios de emergencia también fue adecuada y, cuando la aeronave aterrizó, todos estaban preparados.

El propio análisis interno del aeropuerto concluyó con una serie de mejoras relacionadas, fundamentalmente, con la gestión del acceso a las salas y el mantenimiento de las que están definidas en el plan de actuación. En este sentido, no se considera necesario emitir ninguna recomendación de seguridad.

### **3. CONCLUSIONES**

#### **3.1. Constataciones**

General:

- La aeronave estuvo en vuelo 4 horas 11 minutos y en total 5 h 19 min.
- La aeronave despegó con un peso de 168452 kg, de los cuales 51752 eran de combustible.
- La aeronave aterrizó con un peso de 142923 kg, de los cuales 26223 kg eran de combustible.
- La aeronave no tenía sistema de eyección de combustible.

Sobre el evento:

- El evento ocurrió dos segundos antes de la rotación.
- El evento se produjo por un objeto afilado de 1,5 mm de diámetro y 70 mm de largo.
- El objeto se encontraba en la pista 36L.
- El objeto perforó el neumático número 5 del tren principal izquierdo y produjo su explosión inmediata.
- La explosión produjo fallos secundarios en el motor y en el tren de aterrizaje, además de daños menores en el fuselaje.
- El motor izquierdo ingirió fragmentos de la banda de rodadura del neumático que le produjeron un aumento de las vibraciones y de N1.
- El motor fue parado por la tripulación.
- El tren de aterrizaje sufrió daños en el sensor de inclinación que impedían su retracción.
- El tren de aterrizaje fue operado mediante el procedimiento de retracción alternativo del tren.

Sobre la gestión de la emergencia:

- La emergencia fue identificada y gestionada por la tripulación de forma inmediata.
- La emergencia fue comunicada de forma inmediata a ATC.
- La aeronave, tras el evento, alcanzó 3000 ft de altitud (1000 AGL).
- La aeronave se mantuvo a 3000 ft de altitud, por debajo de la altitud mínima de vigilancia ATC, durante 10 min.
- La aeronave consiguió superar la altitud mínima radar a los 10 min del evento.
- A los 15 min del evento la aeronave iniciaba esperas a 5000 y 8000 ft de altitud.
- La aeronave se mantuvo realizando esperas para consumir el combustible necesario que le permitiera hacer un aterrizaje con un peso dentro de límites.
- Se activó una aeronave militar (EF-18A) que permitió determinar la extensión y el alcance de los daños.

- La aproximación y aterrizaje fueron realizados con la aeronave correctamente configurada y en una aproximación estabilizada.
- La aeronave se detuvo en la pista tras 4 h 11 min de vuelo total.
- Los frenos se calentaron durante la toma y se enfriaron con unos ventiladores.
- El pasaje desembarcó de la aeronave por el procedimiento normal.
- ATC dio prioridad a las peticiones y necesidades que fue planteando la tripulación.

### **3.2. Causas/Factores contribuyentes**

Se considera que la causa del incidente de la aeronave C-GHOZ fue la perforación del neumático número 5 del tren principal izquierdo por un objeto externo (FOD) afilado que se encontraba en la pista 36L del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez, y que produjo la explosión del neumático y otros fallos secundarios.

#### **4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL**

El evento del ACA837 ha puesto de manifiesto que la presencia de objetos de pequeñas dimensiones en las pistas puede llegar a producir el colapso completo de un neumático. A este respecto las inspecciones de pista son la principal barrera para detectar la presencia de estos objetos. En el caso del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez, las inspecciones programadas tienen la característica de ser visuales, son realizadas desde un coche por un técnico y a unas velocidades que pueden llegar a los 60 km/h. Considerando que la implementación de otros medios de detección continua tiene costes económicos mucho mayores, se emite la siguiente recomendación:

REC38/21. Se recomienda a AENA, como proveedor del Servicio de Pista y Plataforma del Aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez que estudie la posibilidad de mejora del procedimiento de detección de FOD en pista.

Durante la gestión de la emergencia por parte de la dependencia de TWR, se han detectado dos aspectos de mejora relacionados con la terminología utilizada durante la transmisión de la emergencia al aeropuerto y con la iniciativa de revisión de la pista, que son objeto de las siguientes recomendaciones:

REC39/21. Se recomienda a ENAIRE, como proveedor de servicios de navegación aérea de TWR del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez que incorpore este accidente a los planes de formación continua de la dependencia para reforzar la importancia de la utilización de la terminología correcta a la hora de transmitir situaciones de alarma al aeropuerto, con el objeto de que se activen los planes de actuación adecuados.

REC40/21. Se recomienda a ENAIRE, como proveedor de servicios de navegación aérea de TWR del aeropuerto de Madrid-Adolfo Suárez, que valore la posibilidad de incorporar en el Plan de Respuesta ante Emergencia la posible necesidad de realizar una inspección de pista cuando la emergencia se notifica en un momento muy cercano al despegue.

REC41/21. Se recomienda a ENAIRE, como proveedor de servicios de navegación aérea, que valore la posibilidad de incorporar en el Plan de Respuesta ante Emergencia la casuística específica de explosión de neumático en la que se incluya que, ante cualquier notificación de este tipo en la fase de vuelo que sea, se requiera una inspección de pista en el aeropuerto de origen.