

**RESUMEN DE DATOS**

**LOCALIZACIÓN**

Fecha y hora	<b>23 de enero de 2005; 13:06 HL</b>
Lugar	<b>Aeropuerto de Madrid-Barajas</b>

**AERONAVE**

Matrícula	<b>TF-ATI</b>
Tipo y modelo	<b>BOEING B747-300</b>
Explotador	<b>Iberia, L.A.E.</b>

**Motores**

Tipo y modelo	<b>GENERAL ELECTRIC CF6-80C2B1</b>
Número	<b>4</b>

**TRIPULACIÓN**

	Comandante	Copiloto	Mecánico de a bordo
Edad	<b>58 años</b>	<b>34 años</b>	<b>55 años</b>
Licencia	<b>ATPL</b>	<b>ATPL</b>	<b>Mecánico de a bordo</b>
Total horas de vuelo	<b>20.877 h</b>	<b>5.766 h</b>	<b>15.225 h</b>
Horas de vuelo en el tipo	<b>4.994 h</b>	<b>1.298 h</b>	<b>1.313 h</b>

**LESIONES**

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			<b>17</b>
Pasajeros			<b>318</b>
Otras personas			

**DAÑOS**

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

**DATOS DEL VUELO**

Tipo de operación	<b>Transporte aéreo comercial – Regular – Internacional – Pasajeros</b>
Fase del vuelo	<b>Carrera de despegue</b>

**INFORME**

Fecha de aprobación	<b>25 de julio de 2007</b>
---------------------	----------------------------

## Sinopsis

Propietario:	ILFC
Operador:	Iberia, L.A.E.
Aeronave:	Boeing B747-300, matrícula TF-ATI
Fecha y hora:	23 de enero de 2005, 13:06 HL
Lugar del incidente:	Aeropuerto de Madrid-Barajas
Personas a bordo:	335
Tipo de operación:	Transporte Aéreo Comercial – Regular – Internacional – Pasajeros

### Descripción

La tripulación abortó el despegue cuando en plena carrera sintió una vibración que iba en aumento y que se hizo muy violenta a partir de los 80 kt.

En el curso de la investigación se ha determinado que la vibración de la aeronave se produjo como consecuencia de una oscilación autosostenida de la dirección de la pata de morro, debida a un funcionamiento defectuoso de la válvula reguladora del sistema de dirección.

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Antecedentes del vuelo

El domingo 23 de enero de 2005 la aeronave B747-300, con matrícula TF-ATI, operada por Iberia, se disponía a despegar poco después de las 13:00 h<sup>1</sup> por la pista 36L del Aeropuerto de Madrid-Barajas. Realizaba el vuelo regular programado, IB-6501, y a bordo de la aeronave viajaban 318 pasajeros y una tripulación de 17 miembros, con destino Santo Domingo (SDQ).

Las condiciones meteorológicas eran VMC con viento ligero o en calma no había precipitación y con temperatura de 9 °C. La pista utilizada, de 4.350 m de longitud, estaba seca. El peso total al despegue de la aeronave, que cargaba 106.540 kg de combustible, era de 323.722 kg (el máximo estructural era de 377.842 kg). La operación de taxi se desarrolló normalmente recorriendo unos 3.500 m desde la

<sup>1</sup> Todas las horas son locales (HL). Para obtener las horas UTC, es necesario restar una hora de las horas locales.

posición de parking hasta la cabecera de la pista 36L; se entró en pista y se inició el despegue con dirección de las patas de fuselaje bloqueadas y centradas, y utilizando potencia reducida.

Al alcanzar 35 kt de velocidad la tripulación sintió vibraciones y trepidaciones que consideraron que eran las normales, debidas a las irregularidades de la superficie asfaltada. La visera del panel de instrumentos del comandante comenzó a vibrar pero se detuvo la oscilación amortiguadas por la mano del tripulante que la sujetaba.

La carrera de despegue continuó y cuando la velocidad alcanzaba 80 kt, cantada por el copiloto, las vibraciones de la visera y de los paneles de instrumentos aumentaron considerablemente. La aeronave daba oscilaciones transversales y bandazos anormales por lo que se decidió abortar el despegue.

Junto con las trepidaciones se apreciaron ruidos, olor de goma y desprendimiento de objetos. Los paneles de instrumentos se desencajaron. Las fuertes sacudidas dificultaban el accionamiento de los mandos y controles, y la palanca de dirección de las ruedas de morro golpeó la mano del comandante. No obstante, se consiguió detener la aeronave dentro de la pista. Durante la frenada las vibraciones fueron en aumento y no amainaron hasta detenerse completamente la aeronave.

Se declaró la emergencia y la tripulación avisó, de la alta temperatura de frenos alcanzada, a los servicios de bomberos que acudieron inmediatamente. Éstos confirmaron que no había fuego y escoltaron al avión a lo largo de unos 5.000 m, desde su salida por el final de la pista, calle Z-2, hasta el aparcamiento que se le asignó en la plataforma de la zona industrial, frente al hangar 3 de Iberia, hacia donde se desplazó por sus propios medios.

El pasaje fue informado tras el aborto de despegue de que volvían hacia el aparcamiento y allí fue desembarcado por las escaleras y las jardineras de los equipos de tierra, según los procedimientos normales.

Poco después de haberse detenido definitivamente la aeronave, debido a la alta temperatura de frenos, se dispararon los fusibles térmicos de las ruedas de las patas principal izquierda y de fuselaje, que se desinflaron.

## 1.2. Información personal

La tripulación técnica, reforzada para un vuelo previsto de ocho horas y media era de cinco tripulantes: el comandante, dos copilotos y dos oficiales técnicos de vuelo.

La tripulación de cabina de pasajeros estaba compuesta por un sobrecargo y 11 auxiliares.

### 1.3. Información de aeronave

#### 1.3.1. Célula

Fabricante:	Boeing
Modelo:	B747-300
Núm. de fabricación:	24107
Año de fabricación:	1988
Matrícula:	TF-ATI
Propietario:	ILFC
Explotador:	Iberia, L.A.E.

#### 1.3.2. Certificado de aeronavegabilidad

Número:	24107
Expedido por:	Icelandic Civil Aviation Administration
Fecha de expedición:	01-02-2000
Fecha de caducidad:	01-12-2005

#### 1.3.3. Registro de mantenimiento

Horas totales de vuelo:	66.707 h
Ciclos totales:	11.549

Las últimas revisiones de mantenimiento realizadas a la aeronave fueron las siguientes:

Última revisión A4:	El 29-12-2004 con 66.597 HV
Última revisión C (SP):	El 31-05-2004 con 64.620 HV
Última revisión C2:	El 16-03-2003 con 60.390 HV

La revisión A1, que se realiza cada 650 HV, comprende una inspección general del exterior y del interior de la aeronave con algunas áreas seleccionadas que se abren para permitir realizar distintos servicios. La revisión A4, cada 2.600 HV, tiene inspecciones, servicios y comprobaciones funcionales, adicionales a la A1.

La revisión C2 consiste en una inspección visual general del aspecto y seguridad de las instalaciones y de la estructura adyacente, en determinadas zonas de la aeronave,

completada con el servicio y las pruebas operacionales de diversos sistemas. Se realiza cada 11.000 horas de vuelo.

Particularmente, en las revisiones C2 se controla la holgura a torsión de la pata de morro: la holgura encontrada en la revisión de 16-03-2003 fue de 0,118" frente a un límite de 0,19".

En la revisión especial C(SP) de fecha 31-05-2004 sólo se inspeccionó visualmente las condiciones en las que se encontraba dicha pata de morro.

#### 1.3.4. *Pesos y centrado*

Para el despacho del vuelo IB-6501 se confeccionó una hoja de Carga & Centrado que estimaba un peso total al despegue de 322.544 kg frente al peso máximo autorizado al despegue de 377.842 kg.

Este peso se componía de:

Carga de pago total:	36.332 kg
Peso seco operativo:	179.672 kg
Peso de combustible a T.O.:	106.540 kg

El centro de gravedad en el despegue tenía la posición del 20,78% MAC. Los límites permitidos para el peso de despegue reseñado son: FWD 9,43%, AFT 32,05%.

Las anotaciones manuales de última hora, en la hoja de Carga y Centrado indican una disminución de 186 kg por dos pasajeros y su equipaje que no embarcaron y un peso de combustible al despegue de 108.000 kg. Ambas correcciones aplicadas al peso de despegue permiten estimarlo finalmente en 323.722 kg.

#### 1.3.5. *Tren de aterrizaje*

El tren de aterrizaje consta de dos patas principales en las alas, dos patas en el fuselaje y una pata de morro.

La pata de morro puede girar respecto a un eje vertical dotando a la aeronave de capacidad de dirección en tierra. Esta pata se compone de un cilindro exterior y de un cilindro interior, que al desplazarse axialmente dentro del exterior, provee funciones de amortiguación. Unas tijeras de torsión permiten el desplazamiento axial entre los dos cilindros pero evitan que las ruedas unidas al cilindro interior puedan cambiar su orientación respecto del collar de dirección unido al cilindro exterior.

La orientación del collar de dirección exterior se gobierna con los pedales o con el mando de dirección que mecánicamente desplazan una palanca de la válvula reguladora, la cual mediante dos actuadores hidráulicos hace pivotar la pata. La misión de la válvula reguladora es pues dirigir la presión de hidráulico al martinete adecuado a la dirección de giro solicitada por el piloto y adicionalmente centrar la rueda y amortiguar cualquier movimiento de zigzag que se presente. Un muelle interno de la válvula centra las ruedas en el caso de rotura de la transmisión del mando de los pedales o del «tiller» hasta la misma válvula.

Las holguras a torsión entre los distintos elementos, herrajes, tijeras de torsión, etc, pueden causar oscilaciones de la pata. Asimismo, una actuación alternante de presión de líquido hidráulico en los dos martinetes del sistema de dirección puede originar oscilaciones en la orientación de las ruedas de morro.

De las demás patas del tren de aterrizaje, las de fuselaje también poseen la capacidad de cambiar su orientación en los virajes en tierra para evitar desgastes fuertes en trayectorias con curvas muy cerradas. En la carrera de despegue y en condiciones anormales de su funcionamiento, se puede bloquear la orientación de las ruedas de fuselaje asegurándose de que están centradas.

#### 1.3.6. *Anormalidades en la salida*

La tripulación en sus declaraciones comentó que durante el «taxi-out» en Madrid, al hacer virajes pronunciados, no se encendían las luces de aviso de «GEAR NOT CENTERED» ni las luces «UNLOCKED» de las patas de «Body Gear» o de fuselaje. Desconectaron entonces el sistema, siguiendo el procedimiento anormal, para realizar el despegue con la dirección de las patas de fuselaje bloqueadas, y con la intención de anotar la anomalía en el parte de vuelo para su corrección en Santo Domingo. No hubo ningún otro aviso de mal funcionamiento de «anti-skid», «rudder-pedal steering», ni de ningún otro sistema que pudiera estar relacionado con el incidente.

#### 1.4. Información meteorológica

Los informes METAR del aeropuerto en las horas próximas al incidente fueron los siguientes:

```
METAR LEMD 231130Z 20002KT CAVOK 07/00 Q1020 NOSIG=  
METAR LEMD 231200Z VRB03KT CAVOK 08/M01 Q1019 NOSIG=  
METAR LEMD 231230Z 20001KT CAVOK 09/M02 Q1018 NOSIG=
```

Es decir, los vientos eran flojos, no hubo precipitaciones ni techo de nubes y la visibilidad era superior a 10 km.

Concretamente, las medidas de velocidad del viento en la cabecera de la pista 36 L, registradas en los anemocinemógrafos, fueron las siguientes:

Fecha	Hora	VMD2C36L	DMD2C36L	VMA10C36L
23-01-2005	12:30:00	03	170	05
23-01-2005	12:40:00	03	160	05
23-01-2005	12:50:00	03	160	05
23-01-2005	13:00:00	03	160	05
23-01-2005	13:10:00	03	150	05
23-01-2005	13:20:00	02	160	04
23-01-2005	13:30:00	02	150	04

Siendo:

- VMD2C36L, velocidad (nudos) media en los 2 minutos anteriores a HORA.
- DMD2C36L, dirección (grados) media en los 2 minutos anteriores a HORA.

## 1.5. Información de aeródromo

El Aeropuerto de Madrid-Barajas tiene una elevación de 609,6 m (2.000 ft) y dispone de varias pistas para las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves.

La pista utilizada por el vuelo del incidente IB-6501, era la pista 36L de 4.350 m de longitud y 60 m de anchura.

En el Apéndice B se muestra la carta del AIP, vigente en su día, para movimientos en tierra.

La aeronave partió de su posición de aparcamiento en la zona sur del aeropuerto. La rodadura hasta el umbral 36L tiene una longitud de unos 3.500 m.

Se ha marcado en la carta la zona de la pista entre las calles de rodadura V-1 y Z-1 donde se observaron huellas en zigzag de las ruedas de morro. También se indican los puntos en calle Z-2 donde se detuvo y desde donde fue escoltado hasta la posición final de parking.

## 1.6. Registradores de vuelo

La aeronave disponía de un registrador digital de datos de vuelo (DFDR) y de un registrador de voces en cabina (CVR), situados en la zona posterior del fuselaje. Se recuperaron los dos equipos sin daños.

### 1.6.1. Registrador digital de datos de vuelo (DFDR)

La aeronave tenía instalado un registrador digital de datos de vuelo de la marca Teledyne Controls, modelo 70-701YY.

El DFDR que se encontraba en perfecto estado, se llevó para su lectura al laboratorio de registradores de la compañía Iberia (STAR).

Se comprobó que la información grabada correspondía a una grabación correcta, excepto por la ausencia de datos en un periodo de 12 segundos a partir del instante en el que se registran anormales aceleraciones laterales y en el que se procedía a abortar el despegue.

En líneas generales en las grabaciones del DFDR se aprecia que, después de un carreteo desde su posición de aparcamiento, la aeronave se dirigió a la cabecera 36L.

- 13:06:30 Se inicia la carrera de despegue con potencia reducida alcanzando en seguida una aceleración longitudinal de unos 0,23 g.
- 13:06:54 Unos 24 segundos más tarde, cuando lleva una velocidad de 98,4 kt IAS, la aeronave reduce su potencia de despegue y comienza a frenar.
- 13:06:55 Todavía la velocidad de la aeronave aumenta en el segundo siguiente alcanzando la máxima en carrera de 98,9 kt IAS; su deceleración se hace 0,27 g y su ángulo de cabeceo pasa del valor de  $-0,9$  grados que mantuvo durante la aceleración, a  $-1,3$  grados.
- 13:06:56 Dos segundos después la velocidad se ha reducido considerablemente a 62 kt (aunque este valor puede ser espurio), cuando las reversas de los motores 3 y 4 ya están desplegadas. Las aceleraciones longitudinales y laterales, que se graban cada cuarto de segundo fluctúan entre  $\pm 1$  g dos veces en ese segundo.

A continuación, el DFDR deja de grabar durante 12 segundos y cuando reanuda la grabación la aeronave está prácticamente parada.

Los datos de las grabaciones LATG, LATA, LATB y LATC se han ordenado en una única sucesión respecto al tiempo y se ha representado en la figura 1.

Consultado el directorio de parámetros del registrador se ha comprobado que la amplitud o recorrido de los parámetros de aceleración lateral y longitudinal está acotado a  $\pm 1$  g. Magnitudes reales de esos parámetros experimentadas por una aeronave, mayores de 1 g en valor absoluto, no serían registradas.

De igual manera se han representado las evoluciones de las aceleraciones longitudinales en la figura 2.



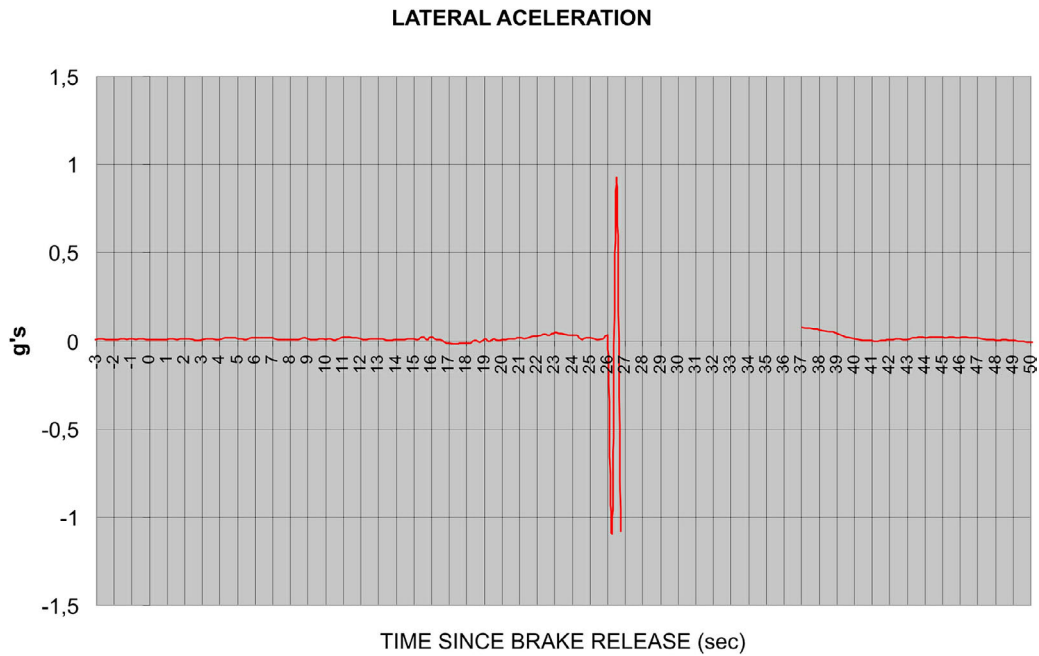


Figura 1. Gráfico de aceleración lateral

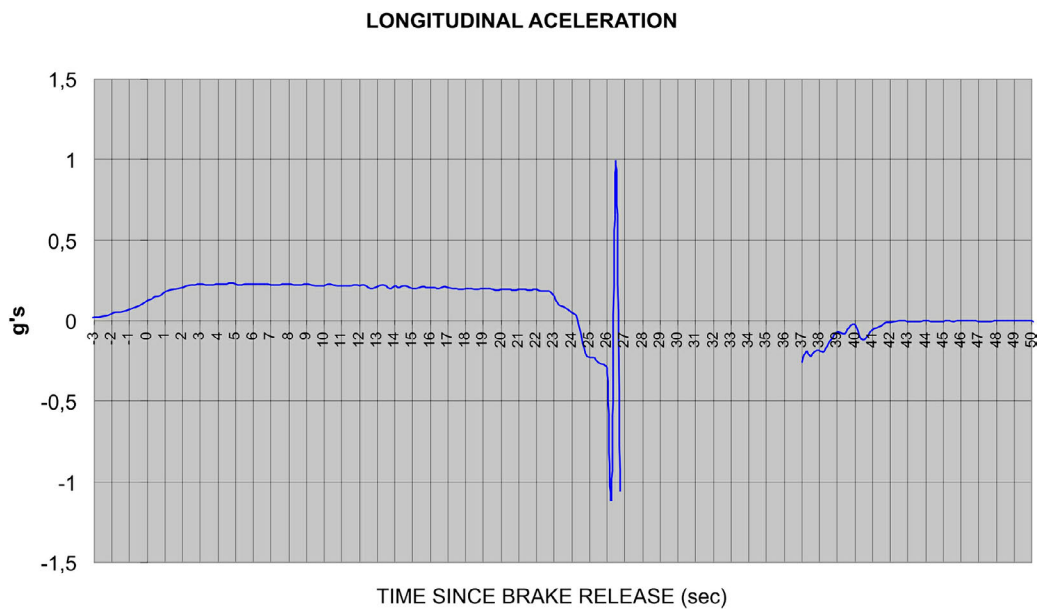


Figura 2. Gráfico de aceleración longitudinal

### Indicios de fallo durante el rodaje

Se debe resaltar que las grabaciones de las aceleraciones laterales durante el carreteo muestran valores superiores a  $\pm 0,2$  g en los instantes 12:56:40 y 13:00:00, cuando el avión se movía en esos momentos rectilíneamente por las calles de rodaje con velocidades no registradas, inferiores a 50 kt.

### 1.6.2. Registrador de voces en cabina (CVR)

La aeronave estaba dotada de un registrador de voces en cabina (CVR) Fairchild, modelo A100A, P/N 93-A100-80 y S/N 10394.

Se leyó en el laboratorio de sonido de la CIAIAC obteniéndose una grabación correcta en los cuatro canales; sin embargo, por haber estado funcionando durante más de los 30 minutos de su capacidad de grabación, hasta que se detuvo y evacuó la aeronave, la grabación no contenía sonidos y voces correspondientes al suceso.

## 1.7. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto

### 1.7.1. Daños en la aeronave

La aeronave fue inspeccionada por Mantenimiento de Iberia, realizándose entre otras, las comprobaciones por aterrizaje duro, comprobaciones por turbulencia, servicio del amortiguador del tren de morro, apriete de los cojinetes de las ruedas de tren de morro y holguras a torsión de la pata de morro. Esta holgura, medida después del incidente, fue de 0,11 in, frente a un límite de 0,19 permitido por el fabricante Boeing.

A excepción de los defectos encontrados en la válvula reguladora y tubos de transferencia a los que se refiere el punto 1.9, los defectos encontrados fueron los siguientes:

La aeronave sufrió diversos desperfectos en la cabina de vuelo, con paneles de instrumentos desencajados, instrumentos fuera de los paneles e incluso en el suelo, paneles de techo y carenados interiores caídos, tanto en la cabina de vuelo como en la de pasaje. La viga de soporte de techo entre las filas 43 y 44 estaba agrietada.

En el exterior de la aeronave se encontraron pequeñas anomalías tales como holguras en tren de morro, tomas de tierra rotas, panel en carenas de motor flojo y tornillos perdidos, tuerca desplazada en un soporte de motor. En la zona del tren de morro se detectó una fuga de hidráulico por los tubos de transferencia.

Los fusibles térmicos de todas las ruedas de la pata principal izquierda y de las



Figura 3. Panel del mecánico de a bordo

patas de fuselaje se dispararon a causa de la elevada temperatura de frenos alcanzada en el aborto de despegue.

No se apreciaron daños ni desgastes anormales en ninguno de los neumáticos de las ruedas principales ni de morro.

### 1.7.2. Huellas en la pista

La inspección de la pista 36L, posterior al incidente, por los servicios de mantenimiento del aeropuerto, descubrieron líneas en zigzag a lo largo del eje de la pista, causadas al parecer por las ruedas de morro, desde la intersección con la calle de rodaje V-1 hasta la calle Z-1.



Figura 4. Techo de cabina de pasajeros

## 1.8. Aspectos de supervivencia

Los anuncios al pasaje, la asistencia de la tripulación auxiliar y la pronta confirmación por los bomberos de que no había incendio permitieron un ordenado desembarco del pasaje sin que se produjeran situaciones de riesgo.

Funcionó adecuadamente la coordinación de los servicios aeroportuarios.

## 1.9. Ensayos e investigación

La investigación y los ensayos se centraron en el componente del sistema de dirección de la rueda de morro, válvula reguladora o «metering valve», primero en los talleres de componentes de Iberia y después en Parker, fabricante del componente, bajo la supervisión de Boeing.

### 1.9.1. Inspecciones y pruebas en talleres de Iberia

Una inspección inicial de la válvula reguladora de dirección, descubrió que había tenido fugas de hidráulico recientes y que el carrete de control no recobraba su posición central después de haber sido accionada manualmente. Todas las demás pruebas de actuación, flujo, recorrido y estanqueidad se completaron satisfactoriamente.

Después de desensamblada la válvula se comprobó que el muelle interior de centrado estaba desplazado más allá de su retén.

Se encontraron también pérdidas externas de fluido hidráulico entre uno de los tubos de transferencia de líquido hidráulico y el conjunto giratorio correspondiente.

### 1.9.2. *Inspecciones y pruebas en instalaciones del fabricante*

La válvula reguladora se envió a Parker, fabricante del componente, para su inspección y pruebas bajo la supervisión de Boeing.

Las pruebas se realizaron sin el muelle interior de centrado para evitar los posibles daños y alteraciones en el funcionamiento que un elemento suelto en el interior pudiera producir, y para tratar de reproducir la oscilación del carrete de control en las condiciones en las que estaba la válvula cuando ocurrió el incidente. Al desmontarse el pistón de la válvula de control se apreció una fuerza de fricción excesiva a pesar de que no presentaba marcas o arañazos profundos. La guía de la válvula de retroalimentación tenía arañazos profundos en el diámetro exterior. En el diámetro interior no los presentaba.

A causa, probablemente, de la excesiva fricción en la válvula de control estas pruebas no fueron capaces de reproducir la vibración.

Como resultado de estos trabajos, no se pudo determinar la causa del desplazamiento del muelle de centrado. Se comprobó que existía la posibilidad de que la condición de la válvula de control, especialmente en cuanto a las dimensiones de las áreas de los flujos de control y retroalimentación, y la alta fricción interna, fueran las causas iniciales del evento, por lo que era posible que el desplazamiento del muelle hubiera ocurrido como consecuencia de la vibración y no fuera su causa.

Asimismo, se consideró poco probable que otras investigaciones adicionales pudieran ser capaces de determinar cuál fue el desencadenante del suceso y, en consecuencia, se decidió dar por terminados los trabajos.

## 1.10. Información adicional

### 1.10.1. *Antecedentes*

El fabricante de la válvula de control, Parker, informó de que, una vez estudiados los historiales de devoluciones a taller de ese componente, solamente se encontró información sobre un caso similar en los treinta años de vida de ese diseño. En dicho caso, la «metering valve» devuelta tenía el muelle de centrado desplazado. La prueba en banco de esa válvula mostró que, después de una sollicitación a uno u otro lado, el carrete de control adquiría una oscilación autosostenida, con una frecuencia de uno a dos ciclos por segundo. Previamente a la publicación de este informe, Boeing y Parker

revisaron los registros de válvulas devueltas antes de julio de 2007 y encontraron dos casos: una de ellas devuelta por una fuerte vibración, el 12 de octubre de 2005, y la otra por vibración severa en el morro después del despegue, el 15 de diciembre de 2006; en ninguno de los casos se encontraron anomalías en el muelle interior de centrado.

## **2. ANÁLISIS**

### **2.1. Desarrollo del vuelo**

El domingo 23 de enero de 2005 se despacho el vuelo IB-6501 normalmente. Era un vuelo regular programado, y a bordo de la aeronave viajaban 318 pasajeros y una tripulación de 17 miembros, con destino Santo Domingo (SDQ). El peso y centrado de la aeronave B747-300 con matrícula TF-ATI estaban dentro de los límites establecidos, el viento era ligero y no había lluvia ni reducciones de la visibilidad.

### **2.2. Actuaciones de la aeronave**

En el rodaje y comienzo de la carrera de despegue por la pista 36L de Madrid-Barajas, la tripulación no advirtió ninguna anomalía. Sin embargo los datos grabados en el DFDR muestran ya alguna anomalía en las aceleraciones laterales y longitudinales en dos instantes del taxi de salida, desde el aparcamiento de salida hasta el umbral de la pista, que se pueden considerar como indicios de algún mal funcionamiento previo.

Más tarde, en plena carrera de despegue, la tripulación sintió una vibración antes de alcanzar 40 kt de velocidad, que iba en aumento y que se hizo muy violenta a partir de los 80 kt. Los datos del DFDR confirman la vibración con lecturas de aceleración lateral y longitudinal de  $\pm 1$  g que son las máximas capaces de ser registradas por los acelerómetros; es muy posible que las aceleraciones reales fueran superiores a esas magnitudes. En los momentos en los que se acababan de registrar esos parámetros, y quizá a causa de su elevado valor, el DFDR dejó de grabar durante unos 12 segundos, por lo que no se tienen datos de las condiciones en las que la aeronave fue frenada para abortar el despegue.

Se considera que las deflexiones de la ruedas de morro a uno y otro lado producían derrapes causantes de los registros de las fuerzas de aceleración laterales y longitudinales.

### **2.3. Actuaciones de la tripulación**

La tripulación abortó el despegue cuando la velocidad alcanzó los 99 kt. Las grandes dimensiones de la pista, 4.350 x 60 m, facilitaron la desaceleración de la aeronave

dentro del pavimento, a pesar de las complicaciones del control inducidas por las vibraciones y del alto peso de operación.

En la enérgica frenada se calentaron los conjuntos de frenos aunque no se ha reportado la temperatura que adquirieron. Los bomberos acudieron en seguida, comprobaron que no había incendio y escoltaron a la aeronave hasta el aparcamiento que le fue adjudicado, donde se procedió al desembarco del pasaje utilizando escaleras y jardineras con normalidad y serenidad.

#### 2.4. Origen de las vibraciones

Las marcas en zigzag dejadas por los neumáticos en el pavimento, observadas por personal del aeropuerto, descubrieron y pusieron de manifiesto desde el principio, que las fuertes vibraciones se originaron debido a un zigzagado de las ruedas de la pata de morro. Las comprobaciones de las holguras torsionales de los elementos de la pata, que estaban dentro de los límites de utilización indicados por el fabricante, eliminaron esa posible causa u origen de la vibración.

Sin embargo, al desmontar e inspeccionar la válvula reguladora del sistema de dirección de las ruedas de morro se encontró que no funcionaba adecuadamente: después de su accionamiento a derecha o a izquierda, la palanca de control no volvía a su posición neutra. La válvula se desmontó y se desensambló en los talleres del operador y se pudo comprobar que uno de los muelles interiores de centrado estaba desplazado fuera de su tope.

Para investigar la relación entre este defecto y la vibración sobrevenida se envió el componente a su fabricante donde fue sometido a diversas pruebas de funcionamiento. Las pruebas de la válvula, pusieron de manifiesto que:

1. Defectos de ajuste en los elementos de la válvula, tales como arañazos interiores, provocaban una excesiva fricción en el desplazamiento de la palanca de control.
2. Sometida la válvula a las presiones de trabajo y excitada mecánicamente no fue posible provocar una vibración automantenida de la palanca de control.
3. En los antecedentes históricos de devoluciones al fabricante de válvulas de regulación de ese mismo tipo, solamente se registró un caso similar de válvula con el muelle de centrado desplazado, la cual vibraba con una frecuencia de uno o dos ciclos por segundo.

Se estima que en este caso, también la frecuencia de la vibración fue del orden de 1,5 ciclos por segundo al observarse valores de  $-1\text{ g}$ ,  $+1\text{ g}$ ,  $-1\text{ g}$  en tres lecturas sucesivas espaciadas un cuarto de segundo. La fricción interna de la válvula, por defectos de arañazos producidos posiblemente en el propio incidente, impedían que la vibración pudiera ser reproducida en los ensayos realizados.

Se ha planteado en la investigación el objetivo de determinar si la vibración fue previa a la rotura del tope del muelle o si, por el contrario, el desplazamiento del muelle, fuera de su tope, fuera el factor determinante de la aparición de la vibración.

Los indicios de vibración observados en la grabación del DFDR durante el rodaje de la aeronave en el taxi desde el aparcamiento hasta la cabecera de la pista 36L hacen pensar que la vibración fue anterior a la rotura del tope interno del muelle de centrado. Sería después, en la carrera de despegue, cuando la vibración se hiciera más violenta, cuando se pudo producir el desplazamiento del muelle fuera de su tope.

Si esta suposición fuera la acertada, entonces, la causa de la vibración inicial habría que atribuirle, no al muelle desplazado, sino a la acción del líquido hidráulico propiciada por tolerancias extremas en los flujos de regulación y de «by-pass» así como por el grado de la fricción interna de la válvula.

Debido a que los fabricantes de la aeronave y del componente tan sólo tienen constancia de un caso similar a éste, en 30 años de vida de este diseño de válvula reguladora, parece que ambos eventos deben considerarse como casos aislados y no justifican en sí la realización de un estudio más profundo del fenómeno.

### 3. CONCLUSIÓN

#### 3.1. Conclusiones

- La tripulación de la aeronave estaba adecuadamente calificada, experimentada y físicamente bien. Todos sus miembros tenían sus licencias respectivas en vigor.
- La aeronave había sido mantenida de acuerdo con el programa de mantenimiento establecido y disponía de un certificado de aeronavegabilidad y un certificado de matrícula válidos.
- El peso y centrado de la aeronave estaban dentro de los límites establecidos.
- La dirección de la pata de morro adquirió una vibración autosostenida durante la carrera de despegue que hizo trepidar violentamente toda la aeronave; dicha trepidación fue notada especialmente en la cabina de vuelo.
- Se encontró que la válvula reguladora del sistema de dirección de la pata de morro tenía uno de los muelles de centrado desplazado fuera de su tope retén.

#### 3.2. Causas

La tripulación de la aeronave decidió abortar el despegue por estar ésta sometida a una fuerte vibración, producida como consecuencia de una oscilación autosostenida de la dirección de la pata de morro, debida a un funcionamiento defectuoso de la válvula reguladora del sistema de dirección.

Tras el incidente, dicha válvula mostraba uno de sus muelles internos de centrado desplazado. No ha sido posible determinar si la vibración se produjo como consecuencia de la posición anómala de ese muelle, o si fue debida a las condiciones de los flujos internos de regulación y de «by-pass» de esa válvula, y del nivel de fricción entre el pistón y su alojamiento.

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

El historial de averías de esta válvula a nivel mundial sólo registra un caso similar ocurrido con anterioridad, por lo que se considera que el presente caso es simplemente un nuevo suceso aislado que no cuestiona la reconocida fiabilidad del componente. Por todo ello no se estima procedente emitir recomendaciones de seguridad al respecto.



## **APÉNDICE**

### **Plano de aeródromo para el movimiento de aeronaves en tierra**

