

**RESUMEN DE DATOS**
**LOCALIZACIÓN**

|              |                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------|
| Fecha y hora | <b>Sábado, 15 de julio de 2006; 10:30 h UTC</b> |
| Lugar        | <b>Aeropuerto de Madrid-Barajas (Madrid)</b>    |

**AERONAVES**

|               |                                    |                        |
|---------------|------------------------------------|------------------------|
| Matrícula     | <b>HS-TGY</b>                      | <b>F-GOHC</b>          |
| Tipo y modelo | <b>BOEING B747-400</b>             | <b>EMBRAER EMB-135</b> |
| Explotador    | <b>Thai International Airlines</b> | <b>Régional</b>        |

**Motores**

|               |                     |                                |
|---------------|---------------------|--------------------------------|
| Tipo y modelo | <b>CF6-80C2 B1F</b> | <b>ROLLS-ROYCE AE 3007A1/3</b> |
| Número        | <b>4</b>            | <b>2</b>                       |

**TRIPULACIÓN**
**Piloto al mando**

|                           |                 |                |
|---------------------------|-----------------|----------------|
| Edad                      | <b>58 años</b>  | <b>42 años</b> |
| Licencia                  | <b>ATPL</b>     | <b>ATPL</b>    |
| Total horas de vuelo      | <b>20.000 h</b> | <b>9.000 h</b> |
| Horas de vuelo en el tipo | <b>6.187 h</b>  | <b>3.500 h</b> |

**LESIONES**

|                | Muertos | Graves | Leves/ilesos | Muertos | Graves | Leves/ilesos |
|----------------|---------|--------|--------------|---------|--------|--------------|
| Tripulación    |         |        | <b>20</b>    |         |        | <b>3</b>     |
| Pasajeros      |         |        | <b>310</b>   |         |        |              |
| Otras personas |         |        |              |         |        |              |

**DAÑOS**

|             |                |                    |
|-------------|----------------|--------------------|
| Aeronave    | <b>Menores</b> | <b>Importantes</b> |
| Otros daños | <b>Ninguno</b> | <b>Ninguno</b>     |

**DATOS DEL VUELO**

|                   |                                                                        |                                                                        |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Tipo de operación | <b>Transporte aéreo comercial – Internacional regular de pasajeros</b> | <b>Transporte aéreo comercial – Internacional regular de pasajeros</b> |
| Fase del vuelo    | <b>Rodaje</b>                                                          | <b>Estacionado – Motores no operando</b>                               |

**INFORME**

|                     |                              |
|---------------------|------------------------------|
| Fecha de aprobación | <b>24 de octubre de 2007</b> |
|---------------------|------------------------------|

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Reseña del vuelo

El Boeing B747-400 había aterrizado en el Aeropuerto de Madrid-Barajas (LEMD) aquella mañana tras un vuelo desde Roma. El avión estaba estacionado en la posición 73. Sobre las 9:39 h<sup>1</sup> la tripulación, que era la misma del vuelo previo, solicitó autorización para un vuelo de vuelta a Roma con el distintivo radio THA943. Había buena visibilidad en aquel día cálido y soleado de verano. Todas las calles de rodaje y las pistas estaban secas. La tripulación no había desembarcado del avión. Habían recibido todos los NOTAM e información aplicable tras aterrizar en LEMD. En particular, tenían a bordo el NOTAM C4125, que estaba en vigor desde las 6:00 h del 5-7-2006 hasta las 12:00 h del 21-08-2006 que decía: «WIP ON PORTION OF TWY I-8 BETWEEN STAND T12 AND T13, MAX ACFT FOR TAXIING IS A321, STANDS T12 AND T13 CLOSED».

Recibieron autorización para puesta en marcha de acuerdo al slot 10:05 desde la pista 36R y se les dijo que contactaran con «rodaje» o «ground». A las 9:56 h el controlador de tráfico aéreo (ATCO) de rodaje les dijo que su plan de vuelo había sido revisado y que se preveía un nuevo slot a las 12:08. A las 10:18 h el ATC les informó que había disponible un nuevo slot con hora de salida las 10:51 h, y se les pidió que llamase cuando estuviesen dispuestos para el rodaje de acuerdo a este nuevo slot. Tras el accidente, la tripulación declaró que no tenían prisa o presión para el despegue subsiguiente. El vuelo a Roma dura unas 2 h. Estaba previsto que ellos se quedasen en Roma mientras otra tripulación hacía el nuevo tramo Roma-Bangkok.

A las 10:20:24 h el copiloto de la aeronave, que llevaba las comunicaciones radio, solicitó retroceso y puesta en marcha, lo cual fue autorizado 7 s más tarde. El piloto al mando fue el piloto a los mandos durante el rodaje subsiguiente.

A las 10:25:11 h se requirió a la aeronave que rodara «VIA MIKE, HOLDING POINT THREE SIX RIGHT» (es decir, a lo largo de Mike (calle de rodaje «M»), ir al punto de espera de la pista tres seis derecha). Sin embargo, en esos momentos otro avión (un Boeing B767) solicitó retroceso en la pasarela (o «finger») T-1, y por lo tanto, a las 10:26:03 h el ATCO pidió a la tripulación del B747: «...ARE YOU ABLE TO TAXI VIA CHARLIE FOUR AND THEN MIKE TO THE RIGHT?» (es decir, si podían rodar a través de la calle «C-4» y después coger las calles «M» hacia la derecha). La tripulación respondió «OK TAKE CHARLIE FOUR AND MIKE THAI NINE FOUR THREE» a las 10:26:09 h y el ATCO replicó «THANK YOU» a las 10:26:13 h.

Ya no hubo ninguna comunicación entre la aeronave B747 y el ATCO hasta las 10:30:50 h, cuando la tripulación llamó al ATC de rodaje («GROUND THAI NINE FOUR THREE»).

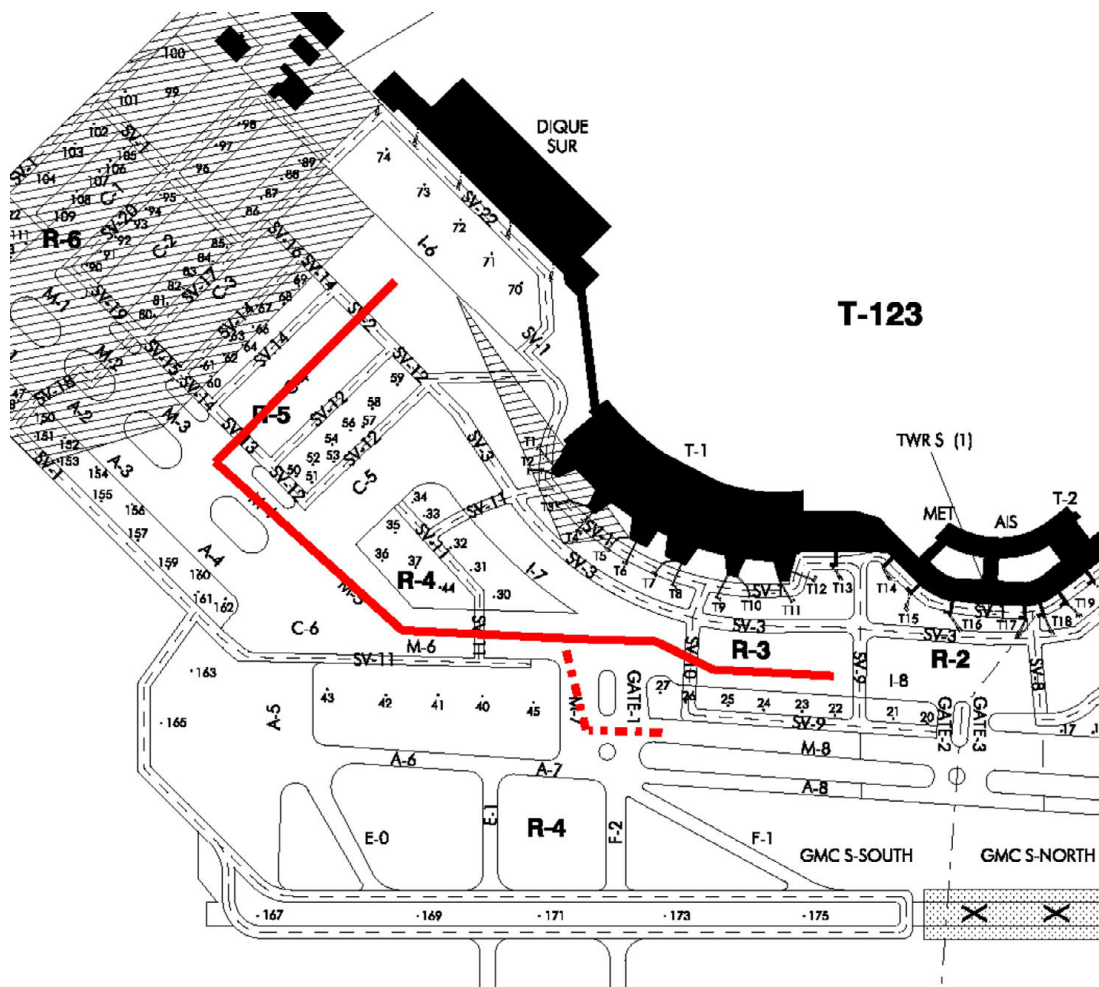
---

<sup>1</sup> Todas las horas en este informe están en hora UTC.

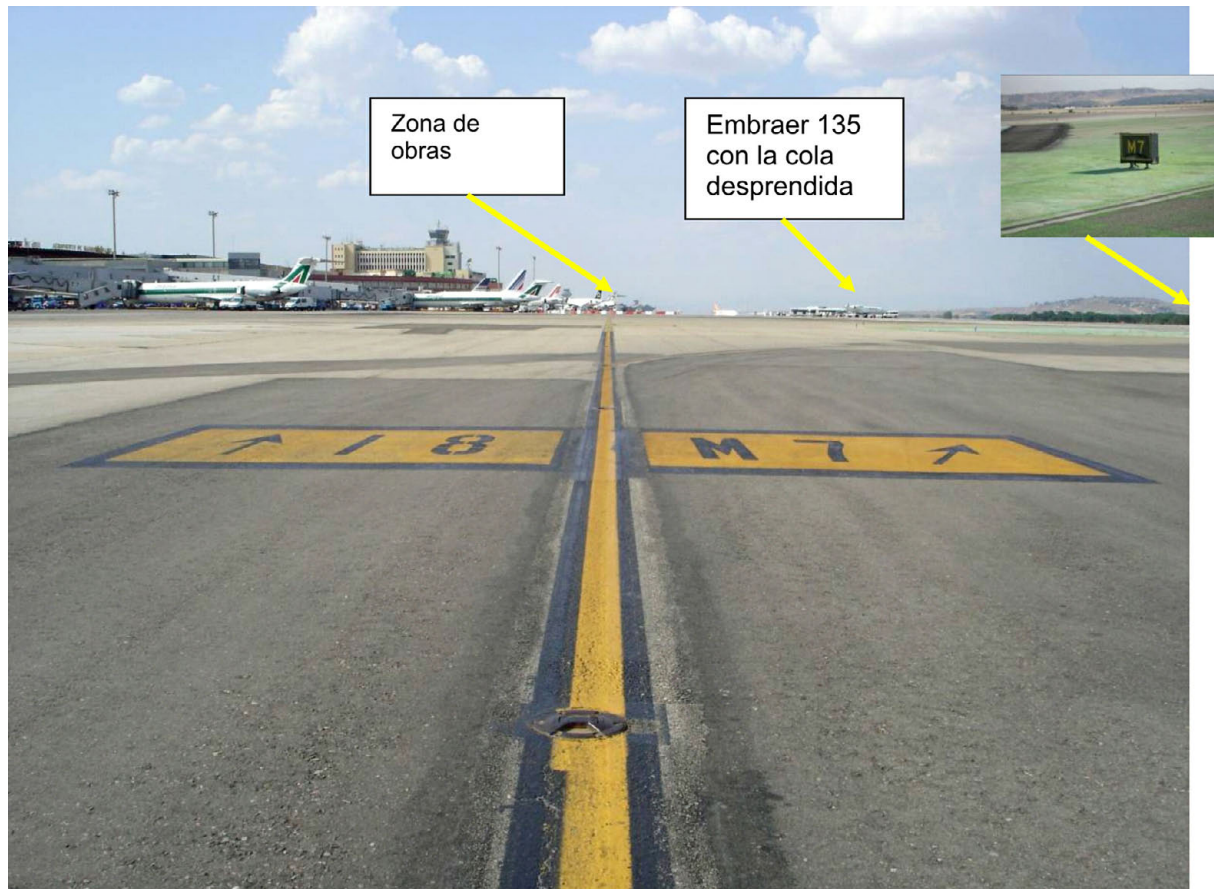
La respuesta del ATCO fue: «THAI NINE FOUR THREE YOU WERE CLEARED TO TAXI VIA MIKE. THAT'S NOT MIKE, THAT'S INNER TAXIWAY AND I'M AFFRAID IS NOT POSSIBLE TO TAXI, TO CONTINUE TAXIING... STAND BY, PLEASE». La tripulación contestó «WE HIT THE AIRCRAFT THAI NINE FOUR THREE» a las 10:31:07 h.

La disposición de la parte relevante del Aeropuerto de Madrid-Barajas se muestra en la figura 1. El avión había seguido la trayectoria aproximada mostrada mediante una línea continua en la figura 1. Para seguir la calle de rodaje M, debería haber girado a la derecha (como se muestra por una línea de puntos en la figura 1) cuando encontró la marca en el suelo (véase figura 2) pero en cambio siguió recto hacia la calle I.

Las obras en la calle de rodaje I habían llevado a que se borrara la línea de eje original y a que se definiese una nueva línea de eje de calle de rodaje desviada a la derecha para salvar una isleta de pavimento que estaba siendo modificada (véase figura 5).



**Figura 1.** Trayectoria aproximada del avión (línea continua) en comparación con la que debería haber seguido (línea de puntos) de acuerdo a las instrucciones de rodaje del AIP desde la Rampa 5 hasta la pista 36R. El ATC ofreció específicamente al avión rodar inicialmente a través de C-4



**Figura 2.** Marca horizontal en la unión de las calles de rodaje M6 y M7 vista a nivel de la pista. A la izquierda se ve la torre de control Sur. En el centro, al fondo, se puede ver la zona de obras y la aeronave Embraer con daños. A la derecha, fuera de la vista de la foto, había un letrero vertical indicando M-7

Por esta razón, habían un NOTAM en vigor que decía que el máximo tamaño de aeronave permisible en la calle de rodaje I era el del Airbus A-321. Este NOTAM estaba disponible para la tripulación a bordo del avión antes del vuelo.

Según el avión se iba desviando de la línea normal de eje de calle, siguiendo la nueva línea modificada, la tripulación tuvo dudas de que podrían salvar el avión EMB-135 estacionado en la posición 22 a la derecha de la calle en esa zona. El copiloto podía ver la punta del plano derecho del B747 desde su asiento en el lado derecho de la cabina (véase figura 6). Ambos tripulantes recordaban que estaban rodando con mucho cuidado en esos momentos puesto que el paso se iba estrechando.

Los datos del FDR mostraron que la velocidad respecto al suelo era de unos 6-8 kt en esos momentos.

El comandante declaró que entendió que el copiloto pensaba que su plano derecho podría salvar el avión estacionado. El copiloto recordaba que dijo que probablemente podrían pasar pero con poco margen. Declaró que en un momento dado dijo «¡Para!»



Figura 3. Letreros verticales de M-7 y GATE 1 vistos a nivel del suelo desde la intersección M-6/M-7



Figura 4. Marca horizontal mostrando el giro a M-7 para los aviones que ruedan en sentido contrario al seguido por el B-747. La zona de obras y el EMB-135 dañado se señalan con flechas blancas



**Figura 5.** Detalle de la zona del accidente. La línea original del eje de la calle I-8 se muestra en color azul. Estaba desplazado 11 m a la derecha, como se marca con línea de puntos, debido a las obras que había en la zona, envuelta por una línea morada en el gráfico. De acuerdo a las instrucciones de rodaje del AIP, el avión debería haber girado a la derecha hacia M-7 tras pasar la intersección M-6/M-7, como se muestra en la figura

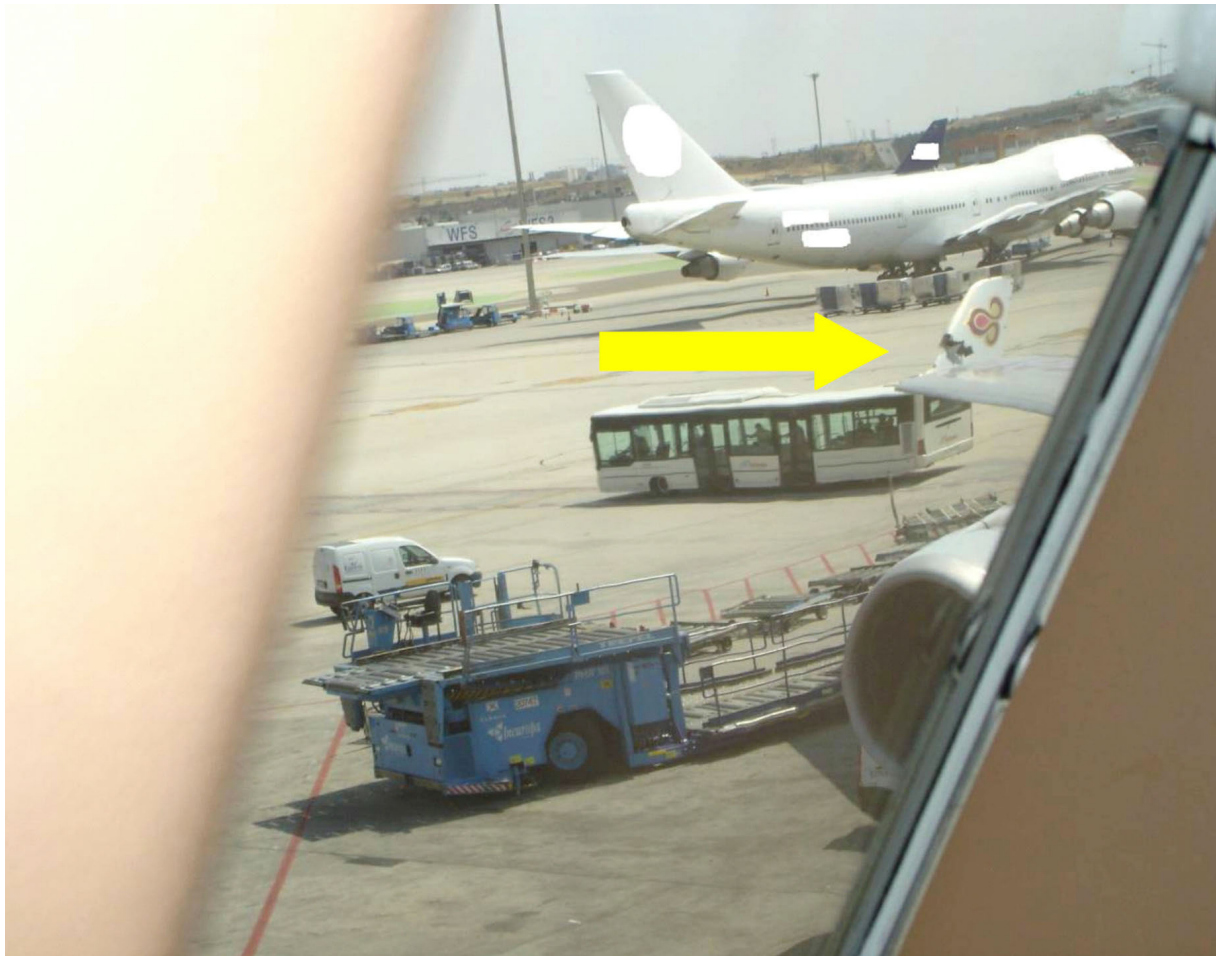


Figura 6. Vista desde el lado del copiloto de la punta del plano del avión del accidente

(«Stop!») y aplicó frenos, pero el avión ya estaba muy cerca del EMB-135 y golpearon su cola en T que se desprendió por completo y cayó al suelo. El B747 sufrió daños en su «winglet» derecho. En dos segundos la velocidad pasó de 6 a 0 kt, con  $-0,434$  g de aceleración longitudinal grabada en algún momento cuando se aplicaron frenos. La aceleración lateral alcanzó  $-0,075$  g a las 10:30:38 h lo que podría corresponder al momento de la colisión. La aceleración vertical más alta grabada fue 1,113 g a las 10:30:41 h, cuando el avión se detuvo por completo.

En esos momentos, a bordo del EMB-135 estaban el piloto al mando, el copiloto y una tripulante de cabina, y estaban esperando la llegada de los pasajeros que venían en autobús para embarcar para el próximo vuelo. El avión estaba energizado en esos momentos, pero los motores no se habían puesto en marcha y la radio estaba apagada. La puerta de carga estaba abierta pero no había nadie trabajando en tierra en esa zona. El comandante sintió el golpe y un fuerte movimiento del fuselaje. Cuando se dieron cuenta de que su avión había sido golpeado procedieron a cortar toda la corriente.

El ATCO llamó al personal del aeropuerto para evaluar la situación. A las 10:32:17 h les dijo a la tripulación del B747: «YOU WERE CLEARED VIA MIKE TAXIWAY. I DIDN'T SEE YOU BEFORE TO ADVISE YOU SIR».

La tripulación detuvo los motores aproximadamente a las 10:36:40 h pero encendió la unidad auxiliar de potencia para mantener los servicios necesarios para el avión y los pasajeros a bordo. El B747 fue más tarde remolcado a otra zona de estacionamiento y el «winglet» dañado fue desmontado. Al día siguiente realizó un vuelo comercial remunerado. El EMB-135 había sufrido daños estructurales importantes.

Cuando, más tarde a lo largo de la mañana, se notificó por teléfono el accidente a la CIAIAC, se requirió de inmediato que los registradores de vuelo se preservaran porque serían necesarios para la investigación. Sin embargo, el registrador de voz en cabina permaneció energizado durante más de dos horas tras el suceso y por lo tanto la información relevante se había regrabado (véase sección 1.3 más abajo).

## 1.2. Información personal

### 1.2.1. *Piloto al mando del B747*

|                                           |                                                        |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| Sexo, edad:                               | Varón, 58 años                                         |
| Nacionalidad:                             | Tailandia                                              |
| Licencia:                                 | ATPL                                                   |
| Habilitación de tipo:                     | PIC B747. Era comandante de B747 desde hacía tres años |
| Horas totales de vuelo:                   | 20.000 h                                               |
| Horas en el tipo:                         | 6.187 h (todas ellas como comandante)                  |
| Horas durante los últimos 30 días:        | 79 h                                                   |
| Horas durante los últimos 7 días:         | 14 h                                                   |
| Horas en las últimas 72 h:                | 13 h                                                   |
| Comienzo del período de actividad actual: | 5:45 h                                                 |
| Período de descanso previo:               | 46 h                                                   |

El comandante había volado previamente al Aeropuerto de Madrid-Barajas el 25-3-2006 y había partido de nuevo el 30-3-2006. En el último año, había volado a Madrid tres veces, incluyendo el vuelo del día del accidente.

### 1.2.2. Copiloto del B747

|                                           |                                                               |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Sexo, edad:                               | Varón, 34 años                                                |
| Nacionalidad:                             | Tailandia                                                     |
| Licencia:                                 | ATPL                                                          |
| Habilitación de tipo:                     | Copiloto de B747. Era copiloto de B747 desde hacía cinco años |
| Horas totales de vuelo:                   | 9.000 h                                                       |
| Horas en el tipo:                         | 500 h (como copiloto)                                         |
| Horas durante los últimos 30 días:        | 89 h                                                          |
| Horas durante los últimos 7 días:         | 36 h                                                          |
| Horas en las últimas 72 h:                | 13 h                                                          |
| Comienzo del período de actividad actual: | 5:45 h                                                        |
| Período de descanso previo:               | 46 h                                                          |

El copiloto había volado previamente al aeropuerto de Madrid-Barajas en marzo de 2006 (no con el comandante del vuelo del accidente). Durante el último año, había volado a Madrid dos veces, incluyendo el vuelo del día del accidente.

### 1.2.3. Controlador de tráfico aéreo de movimiento en tierra («ground» ATCO)

|                                           |                                                                                                               |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sexo, edad:                               | Mujer, 47 años                                                                                                |
| Nacionalidad:                             | España                                                                                                        |
| Licencia:                                 | Controlador de tráfico aéreo                                                                                  |
| Habilitaciones:                           | La primera habilitación la obtuvo en 1990. La habilitación de Aeródromo para Madrid-Barajas la obtuvo en 1995 |
| Examen médico:                            | Válido hasta el 13-9-2006                                                                                     |
| Experiencia en la posición actual:        | Más de 11 años                                                                                                |
| Comienzo del período actual de actividad: | 7:00 h UTC (9:00 h local time)                                                                                |
| Descanso previo:                          | 19 h                                                                                                          |

### 1.3. Registradores de vuelo

#### 1.3.1. Registrador de voz en cabina (CVR)

El avión B747 tenía un registrador de voz en cabina (CVR) de estado sólido Allied Signal 980-6022-001, S/N 1605. Graba 30 minutos de sonido digital en cuatro canales (CM-1, CM-2, CM-3 y micrófono de área en cabina) y dos horas de sonido digital en otros dos ficheros adicionales. Uno de esos ficheros («mixer») graba todos juntos los canales CM-1, CM-2 y CM-3 durante las dos últimas horas, y el otro fichero («full») graba los sonidos del micrófono de área durante las dos últimas horas.

El CVR fue descargado y se encontró que la información relativa al momento del choque se había regrabado debido a que había permanecido energizado durante más de dos horas después.

La tripulación de vuelo declaró que no eran conscientes de la existencia de procedimientos para la tripulación o para el personal de mantenimiento en tierra para desconectar el CVR después de un incidente para preservar los datos. No hay ningún corta-circuito al alcance inmediato de la tripulación para detener la grabación del CVR mientras el avión está energizado.

#### 1.3.2. Registrador de datos de vuelo (FDR)

La aeronave B747 disponía de un FDR de estado sólido Allied Signal P/N 980-4700-042, S/N 1605. Se descargaron los datos y se encontró que el momento del accidente se había grabado correctamente y los parámetros relevantes fueron de utilidad para la investigación.

La figura 7 muestra dos gráficos con los parámetros más importantes del FDR. El primer gráfico muestra el movimiento del avión desde que empezó a rodar hacia delante, cuando la tripulación dijo por radio: «OK TAKE CHARLIE FOUR AND MIKE THAI NINE FOUR THREE». El otro gráfico muestra en detalle el último minuto antes del impacto, después del momento aproximado en el que la aeronave pasó frente a la calle «Gate 1».

Desde que el avión empezó el rodaje, realizó un movimiento continuo, es decir, no pararon en ninguna intersección hasta que aplicaron frenos tras la colisión. El retroceso y rodaje fueron normales. A las 10:30:00 h la velocidad de la aeronave era 15 kt lo cual es normal para la operación que se estaba realizando. Conforme se aproximaba a la zona de I-8 que tenía desviada la línea de eje de calle, redujo su velocidad a 6-8 kt mientras giraba. A las 10:30:41 h la velocidad era cero porque ya se había producido el impacto y la tripulación aplicó frenos. El resto del rodaje había sido normal.

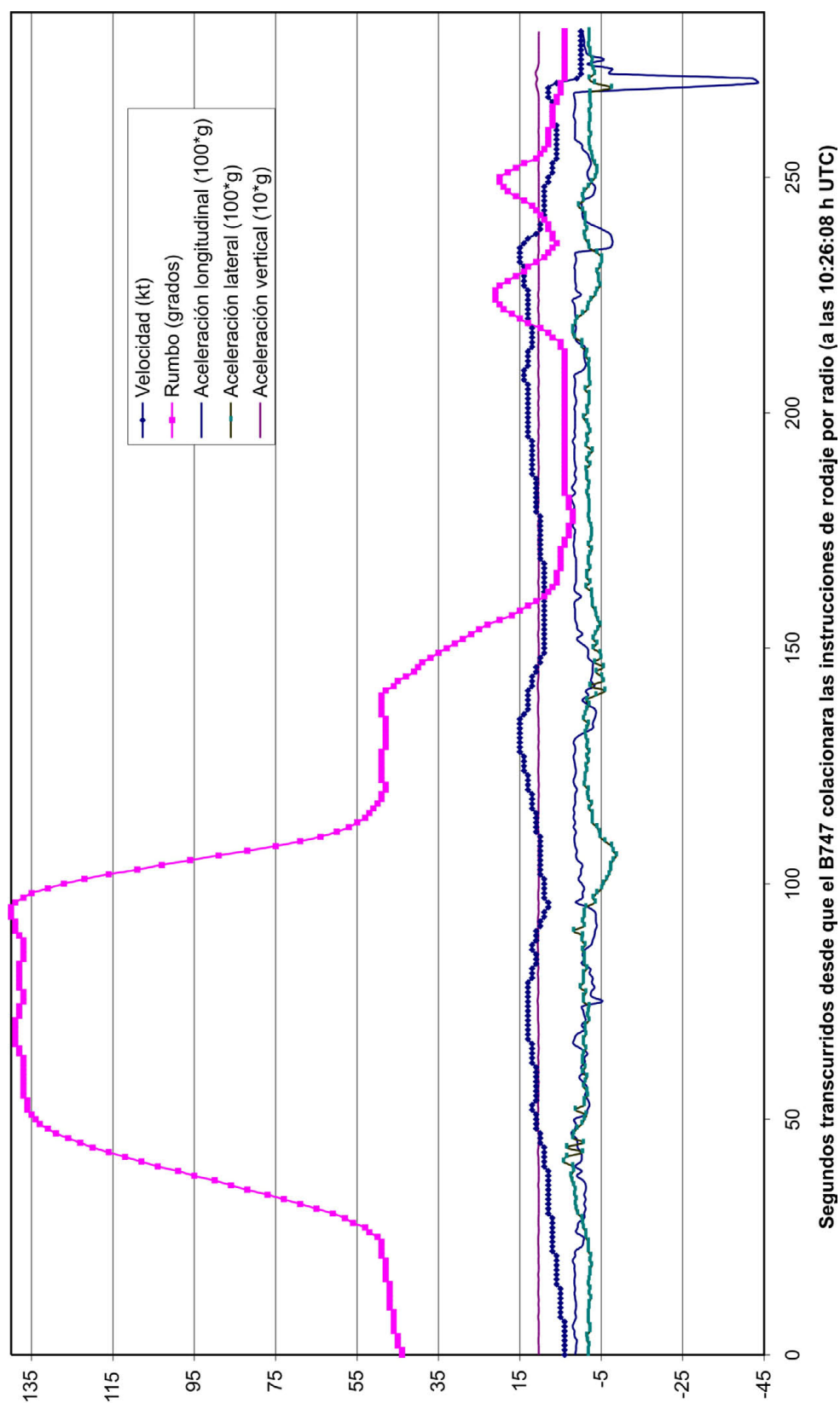


Figura 7. Gráfico extraído de los datos del FDR. El rumbo muestra los giros realizados por la aeronave. La aceleración longitudinal negativa indica que se aplicaron frenos

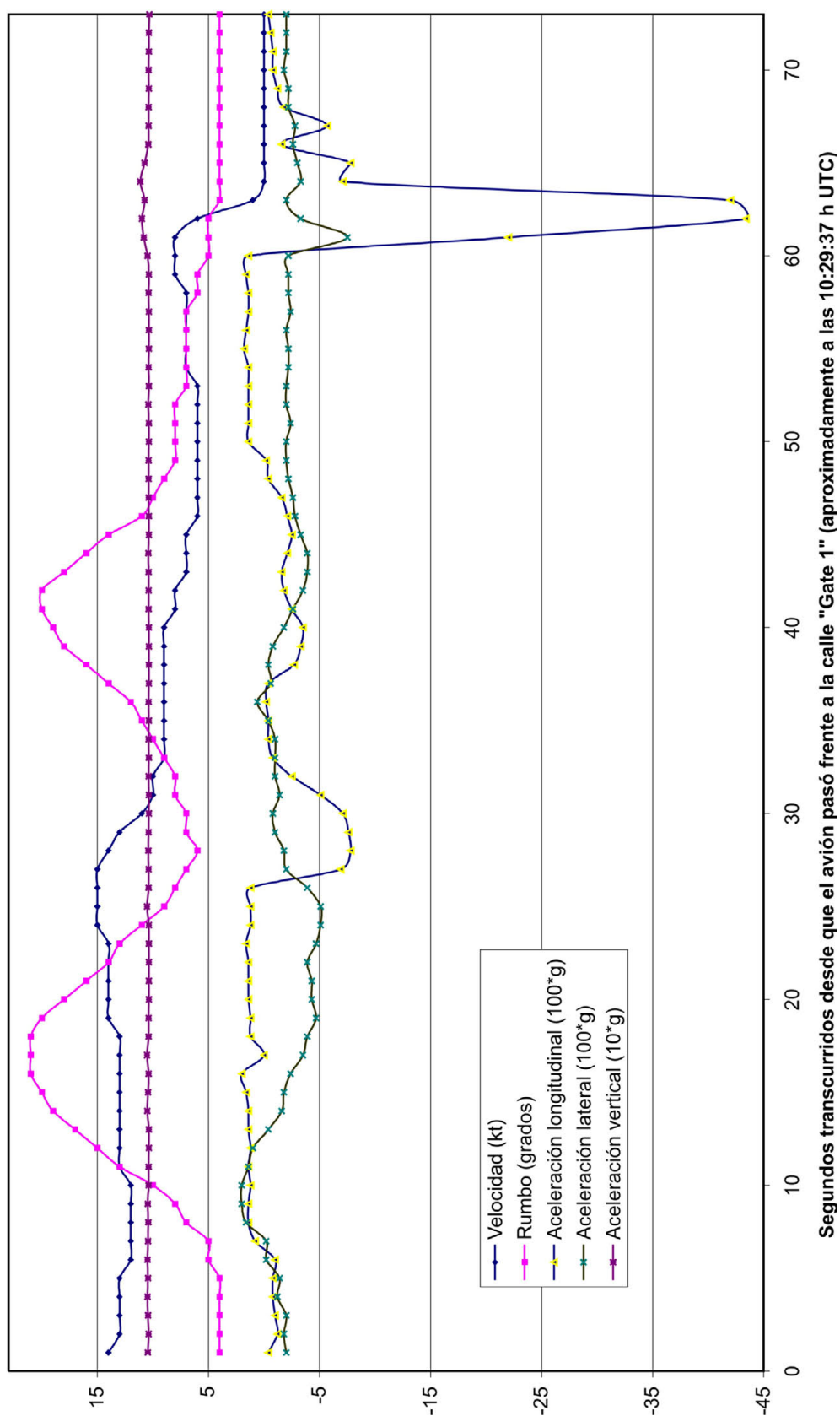


Figura 7. Continuación

#### 1.4. Procedimientos operacionales

El manual de operaciones de vuelo (FOM) del operador, sección 3.1.5, 8.3, edición 2, efectiva el 24 de mayo de 2002, contenía procedimientos y guías para el rodaje. Indicaba que:

«The P-i-C [pilot in command] is solely responsible for ensuring that the aircraft does not come in contact with any object while being maneuvered under its own power...Checklist reading shall not be initiated nor continued until taxi orientation assistance is no longer necessary. This is of particular importance when operating in adverse conditions, i.e., low visibility, unfamiliar airport, congested area, etc. All pilots must have the airport chart readily available when taxiing. The aircraft shall normally not be taxied closer than one-quarter wingspan from any hindrance. Taxi guidelines/markings do not always ensure adequate hindrance clearance and shall be used with caution. Whenever doubt exists, request assistance from ground. During taxiing, it is the duty of the pilot occupying the RP seat to inform the LP any time the aircraft comes closer than one-quarter wingspan to the obstruction on the right side of the aircraft. RP shall also assist LP by advising taxiway name and direction, where appropriate...The aircraft should not taxi or hold so close to an active runway that a danger of collision exists, in case a landing or departing aircraft is leaving the runway... Taxi guidelines vary from place to place and do not always ensure adequate hindrance free clearance. They shall be used with caution as a guidance to aircraft positioning.»

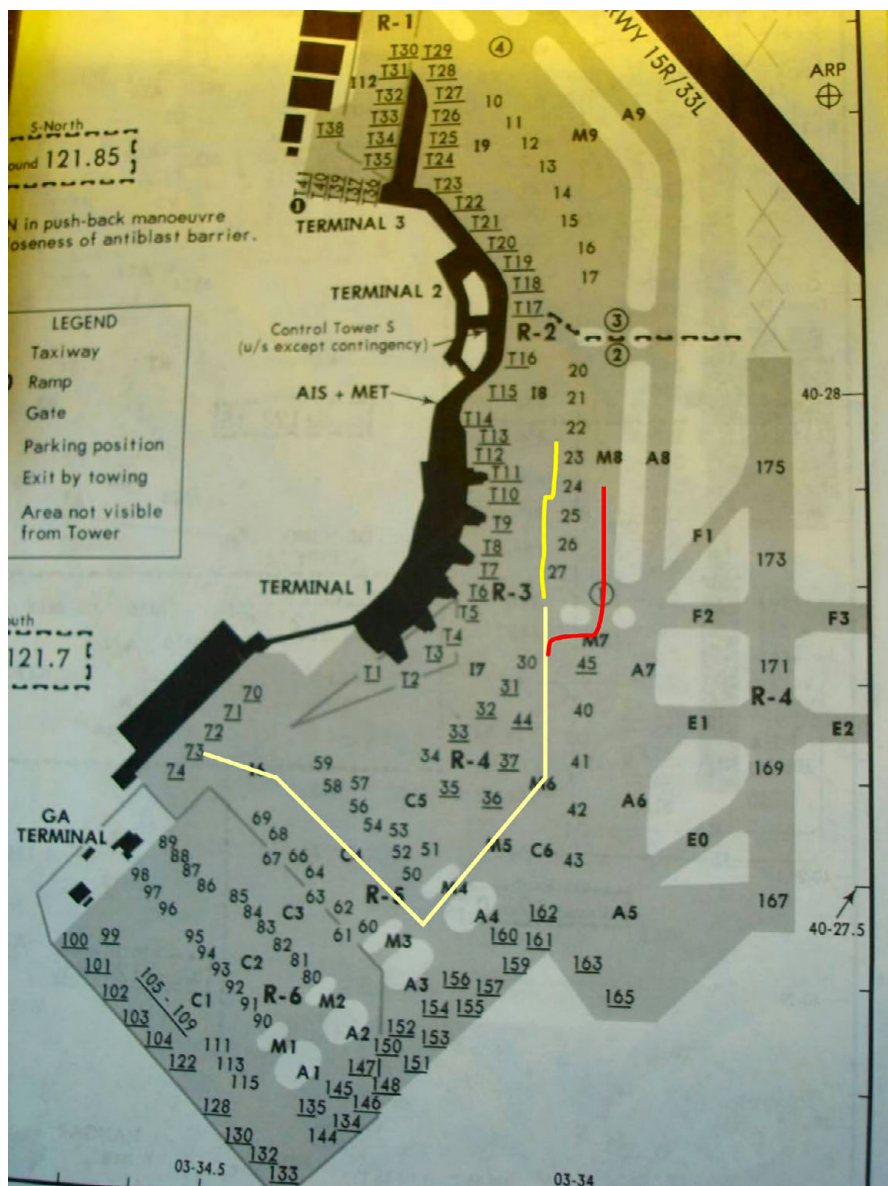
El manual de operaciones de la aeronave (AOM) del operador, sección 3.3.1 «Flight procedures, taxiing», edición 3, efectiva el 15 de Mayo de 2001, también tenía procedimientos para maniobrar el B747-400 en tierra. Indicaba que:

«Taxi with caution. Due to the flight deck height above ground, the aircraft appears to be moving slower than actual. Therefore, there is a tendency to taxi faster than desired. This is particularly true when turning off the runway after landing... Because of the shape of the fuselage and location of the flight deck, there is a large area near the aircraft where objects on the ground cannot be seen. This is particularly true when looking across the flight deck. Exercise particular caution when maneuvering in congested areas... **Note:** Do not divert from the primary task of safely taxiing the aircraft. The flight crew should avoid all unnecessary activities and duties that can be performed at another time. Whenever in doubt, STOP.»

El FOM también tenía procedimientos para el uso de registradores de datos y de voz en la página 5 de la sección 3.2.1, edición 3, efectiva el 31 de Octubre de 2002, la cual decía: «...en el caso de que ocurra un suceso de naturaleza seria (accidente o incidente importante), el PIC asegurará que tanto el registrador de datos como el de voz en cabina se desmontan y se mantienen en lugar seguro para la investigación subsiguiente... Tener en cuenta que el registrador de voces normalmente continuará grabando tras el estacionamiento. Para preservar la grabación durante un accidente/incidente, es necesario tirar del cortacircuitos inmediatamente después del estacionamiento».

La tripulación tenía a bordo un plano Jeppesen del aeropuerto de Madrid-Barajas (véase figura 8). El nivel de detalle del área de movimientos en tierra de este plano era mucho menor que el del AIP España (véase figura 1).

La compañía realizaba un vuelo diario al aeropuerto de Madrid. El aeropuerto estaba considerado como Tipo B, es decir, un aeropuerto moderadamente complicado para operar en él. Por lo tanto, la compañía requería que sus tripulaciones de vuelo hubieran volado allí al menos una vez en los 12 meses precedentes. Tanto el comandante como el copiloto habían volado previamente a Madrid en Marzo de 2006, unos cuatro meses antes del accidente.



**Figura 8.** Plano Jeppesen que iba a bordo. El camino que siguieron realmente se muestra en amarillo. El camino que debería haber seguido el B747 se muestra en rojo. El plano Jeppesen incluye un número 1 dentro de un círculo, indicando la calle «Gate 1»

## 1.5. Información del aeropuerto

El Aeropuerto de Madrid-Barajas tiene cuatro pistas. El tráfico a y desde la plataforma sur usa las calles de rodaje I, M y A. La calle I (interior o «inner») es la más cercana a los edificios de la terminal y la calle A es la más lejana. Para seguir continuamente cada calle de rodaje partiendo de las posiciones de estacionamiento en las zonas R-4 y R-5, se necesitan realizar varios giros de 90° es decir, las calles no siguen una línea continua y suave.

La calle M tenía señales tanto horizontales como verticales. Esas señales tenían la forma y el color adecuados. Hacia el final de la calle M-6 había señales horizontales con flechas para mostrar la dirección a M-7 o a I-8 (véase figura 2). La flecha de la señal de M-7 estaba a 45° y por lo tanto no cumplía con la regla que requiere una flecha a 90° para calles que son perpendiculares.

También había un letrero vertical con la leyenda «M-7» a la derecha de la intersección M-6/M-7 (véanse figuras 2 y 3).

Había otro letrero vertical que mostraba «GATE 1» en la siguiente intersección de calles de rodaje (véase figura 3). La posición de la calle «GATE 1» puede verse en el plano del AIP en la figura 1 y en el plano Jeppesen en la figura 8.

Después de la marca horizontal M-7/I-8, ya no había ninguna otra marca horizontal indicando I-8 hasta llegar a la zona de obras. Había marcas con flechas mostrando la dirección de «I-7», «M-7» y «GATE 1» que avisaban que había que girar para acceder a esas calles pero estaban dirigidos a los aviones que rodaran en el sentido opuesto, y por lo tanto la tripulación del B747 sólo podía ver esas marcas al revés como se muestra en la figura 4.

Había obras que se estaban llevando a cabo en la calle I-8 en el día del accidente. Esta calle tiene una anchura de 76 m. El dibujo de la figura 5 muestra la distribución de las obras que había obligado a la modificación de la línea central de la calle de rodaje que estaba desplazada 11 m a la derecha dejando 27 m de distancia disponible desde la nueva línea central hasta la posición de aparcamiento del EMB-135.

Por lo tanto, I-8 tenía la limitación del A-321 como avión más grande que podía usar esa calle de rodaje, ya que la distancia realmente disponible para el rodaje era 54 m. El Anexo 14 de OACI, párrafo 3.10.2, requiere una anchura de franja de calle de rodaje de 52 m para un avión de letra de clave C como el A-321 (la envergadura de ese avión es 34.1 m).

Las posiciones de estacionamiento 20 a 25 no habían sido cerradas y el avión F-GOHC estaba aparcado en el puesto 22. No había señales provisionales adicionales instaladas como consecuencia de las obras.

Cuando se le preguntó, el aeropuerto no proporcionó ningún informe o notificación oficial que pudiera tener sobre otras grandes aeronaves que hubieran equivocado la calle de rodaje correcta y hubieran entrado inadvertidamente en la calle de rodaje I-8 en los meses previos.

El Aeropuerto de Madrid-Barajas no disponía de un sistema de iluminación selectiva de línea central de calles de rodaje, en el cual un sistema aeroportuario centralizado enciende las luces verdes de eje de calle de rodaje que se deben usar para seguir una autorización de rodaje dada por el ATC. No había planes o intención de instalar tal sistema en el futuro.

## 1.6. Información sobre ATC

El Aeropuerto de Madrid-Barajas tiene tres torres de control de tráfico aéreo. Hay cuatro áreas de control de movimientos en tierra (GMC): GMC-Oeste, GMC-Este, GMC-Central y GMC-Sur. Cada área a su vez se divide en dos sectores (norte y sur) y por lo tanto hay un total de 8 frecuencias radio para el control de movimientos en tierra. Los diferentes sectores están marcados por líneas discontinuas en el plano de aeródromo para movimientos en tierra del AIP (véase figura 1).

La torre de control sur se usa sólo para control de movimientos en tierra en la parte más al sur del aeropuerto. El área a controlar se divide en dos sectores: GMC-S-Sur (121.7 MHz) y GMC-S-Norte (121.85 MHz).

Normalmente hay tres controladores de tráfico aéreo en la torre de control sur en cada momento. Uno de los ATCO controla el sector norte (121.85 MHz), otro el sector sur (121.70 MHz) y el tercero actúa como supervisor. También suele haber en la torre otro técnico para ayudar con la gestión de planes de vuelo, fichas de progresión y otras tareas no relacionadas con la radio. El área más congestionada en cuanto a movimientos en tierra en el sector de la torre de control sur está situada a la izquierda de la torre, con varias intersecciones de calles de rodaje que reciben tráfico de salida y de entrada.

Dependiendo del tráfico previsto o de circunstancias concretas, en ciertos periodos de tiempo de algunos días ambas frecuencias de GMC-S se unifican en la frecuencia única 121.85 MHz y ambos sectores GMC-S-Sur y GMC-S-Norte pasan a ser gestionados por el mismo ATCO. Esto sucede en condiciones de poco tráfico, y esta disposición evita a las aeronaves que ruedan la necesidad de hacer un cambio de frecuencia al pasar de GMC-S-Sur a GMC-S-Norte.

Ésta era la configuración que se estaba usando el día del accidente. Inicialmente se habían asignado cuatro ATCO al servicio. Sin embargo, el día anterior uno de los controladores fue asignado a la torre de control norte. Por lo tanto, finalmente había tres ATCO cubriendo el servicio el día del accidente. La planificación de trabajo de cada

uno era trabajar controlando aeronaves durante una hora, después actuar como asistente (realizando ciertas labores de coordinación), y después tener un descanso de otra hora.

En el momento de la colisión, en la torre había dos controladoras y otro técnico no relacionado con tareas de control. Por lo tanto, el departamento de Autorizaciones («Clearance») de Madrid-Barajas desde el principio le indicó al avión B747 que contactara con 121.85 MHz (la única frecuencia disponible), aunque estaba estacionado en la parte sur del sector.

Sólo una de las controladoras estaba hablando por radio y mirando fuera para controlar las aeronaves. La otra controladora realizaba labores de apoyo. El técnico no estaba mirando hacia fuera puesto que ésa no era su función en cualquier caso. Es una sala de control visual y la zona del accidente es visible desde el fanal (véanse figuras 1 y 2 para observar la posición de la torre respecto al lugar del accidente).

En el momento del accidente había al menos 5 aeronaves rodando en el área controlada por la torre de control sur.

Tras la autorización para rodar a la pista 36R vía Mike que se dio al B747, la ATCO estaba también ocupándose de las otras aeronaves, en la zona de T29 y T31, es decir, mirando hacia el lado izquierdo de la torre. Cuando vio de nuevo al B747, se sorprendió de que estuviera en la zona de obras de la I-8 y le avisó que no le estaba permitido rodar allí. Sin embargo, en ese momento ya había ocurrido el accidente. Como se ha indicado más arriba, transcurrieron 4 min y 37 s desde la última comunicación («THANK YOU») hasta el momento en que la tripulación llamó de nuevo al ATC, probablemente para informar que habían tenido un accidente.

Hay varias zonas de la plataforma que no se pueden ver desde la torre de control sur y están marcadas como zonas ciegas en el plano de aeródromo para movimientos en tierra del AIP (véase figura 1). El área donde el accidente ocurrió está relativamente cerca de la torre y no está marcada como ciega en el AIP. El radar de superficie se presenta en pantallas en el fanal. No hay requisito para usar el radar de superficie bajo condiciones visuales, como había el día del accidente. La controladora estaba mirando fuera para controlar las aeronaves ya que era un día con visibilidad perfecta.

### **1.7. Regulaciones aplicables al control de movimientos en tierra**

El «Reglamento de Circulación Aérea» en vigor en España en el momento del accidente incluía la siguiente información:

El «Servicio de control de tránsito aéreo» se define como un servicio suministrado con el fin de:

1. Prevenir colisiones:
  - a) Entre aeronaves, y
  - b) En el área de maniobras, entre aeronaves y obstáculos;
2. Acelerar y mantener ordenadamente el movimiento del tránsito aéreo.

El área de maniobras se define como: «Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y el rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas».

La Sección 4.5 «Servicio de control de aeródromo» incluía los siguientes párrafos referidos a las funciones de control:

«4.5.4.1. Los controladores de aeródromo mantendrán vigilancia constante sobre todas las operaciones visibles de vuelo que se efectúen en el aeródromo o en sus cercanías, incluso de las aeronaves, vehículos y personal que se encuentren en el área de maniobras, y controlarán este tránsito de acuerdo con los procedimientos que aquí se formulan y con todas las disposiciones aplicables de tránsito aéreo.»

«4.5.10. Control de las aeronaves en rodaje.

4.5.10.1. Durante el rodaje la visión del piloto es limitada. Es necesario por lo tanto, que las dependencias de control de aeródromo cursen instrucciones concisas y suficiente información al piloto para ayudarle a determinar la debida vía de rodaje e impedir colisiones con otras aeronaves u objetos.»

En un párrafo del ADJUNTO 3 de Reglamento de Circulación Aérea, dedicado al «RADAR DE MOVIMIENTO EN LA SUPERFICIE» (SMR), que debe ser usado dentro de sus limitaciones en condiciones de baja visibilidad, por la noche o cuando se considere necesario, se indica que: «Independientemente de la información recibida del controlador, derivada del uso del SMR, el piloto es responsable del rodaje hasta el límite de autorización especificado por el controlador y de evitar colisiones con otras aeronaves u objetos».

Este radar no se utiliza normalmente bajo condiciones visuales como había el día del accidente.

El AIP España para el Aeropuerto de Madrid-Barajas indicaba:

«MOVIMIENTO EN SUPERFICIE.

A.- A excepción de los vehículos de salvamento y extinción de incendios en el desarrollo de sus misiones específicas, todos los movimientos en superficie de aeronaves, aeronaves remolcadas, personas y vehículos en el área de maniobras están sujetos a autorización previa del ATC.

B.- El Control de Movimiento de Superficie de Barajas (GMC) es responsable de:

- a) El control de todos los movimientos de aeronaves, personas y vehículos que se efectúen en el área de maniobras a excepción de la pista o pistas en uso.
- b) Expedir autorizaciones e instrucciones para el retroceso remolcado y rodaje de las aeronaves.
- c) Comunicar a las aeronaves las posiciones de estacionamiento que asigne el Centro de Gestión Aeroportuaria (CGA).

...C.- A menos que el GMC indique otra ruta distinta, las aeronaves efectuarán el rodaje siguiendo la RUTA DE RODAJE NORMALIZADA apropiada de entre las que figuran a continuación.

#### **A RWY 36R desde T123:**

Las mismas rutas que llevan hacia la RWY 36L, hasta M-17. Desde M-18, ..., M-31, NY-13, Y-1 ó M-18, ..., M-32, N-13, Y-2 ó M-18, ..., M-33, B-13, Y-3.

#### **A RWY 36L desde T123:**

R7: E-3, F-4, F-3, F-2, Gate 1, M-8, ..., M-17, R-5 ó R-6 ó R-7, R-8, Z-2. Estacionamientos 201, 202, 204, 206, 207, 209, 211, 214 y 218 directo a E-2, F-4, F-3, F-2, Gate 1, M-8, F-2, Gate 1, M-8, ..., M-17, R-5 ó R-6 ó R-7, R-8, Z-2.

R6 hasta R3: Las mismas rutas que hacia la RWY 33L hasta la calle M-7, M-8, ..., M-17, R-5 ó R-6 ó R-7, R-8, Z-2.

...

#### **A RWY 33L desde:**

R7: E-3, E-4. Estacionamientos 201, 202, 204, 206, 207, 209, 211, 214 y 218 directo a E-2, E-3, E-4.

R6: C-1 ó C-3, calle M-1 ... M-7, A-7, E-1,..., E-4; ó bien (estacionamientos 86 a 89, ambos inclusive) I-6, C-5, M-5, M-7, A-7, E-1,..., E-4.

R5: C-3 ó C-5, calle M3 ... M-7, A-7, E-1,..., E-4; ó bien (estacionamientos 73, 74 y 69) I-6, C-5, M-5, M-7, A-7, E-1,..., E-4.

## 2. ANÁLISIS

### 2.1. Preparación del vuelo

De acuerdo a sus declaraciones, durante la preparación del vuelo antes de partir hacia Roma, la tripulación de vuelo del B747 no estaba apresurada. Estaban adecuadamente descansados y no había presión para cumplir con las limitaciones de periodos de actividad aérea.

Habían recibido a bordo los NOTAM apropiados, incluyendo uno que avisaba que no estaba permitido a los aviones grandes entrar en la calle de rodaje I-8 debido a obras. Sin embargo, había muchos NOTAM en vigor. Hubiera sido de utilidad que el despacho de vuelo hubiera remarcado esta importante información a la tripulación en el briefing de salida, para llamar su atención respecto a la restricción de esta zona o calle de rodaje. Por lo tanto, se emite una recomendación de seguridad al respecto.

Sólo había una frecuencia de ATC disponible para el control de movimiento de superficie en la parte sur del aeropuerto, y la tripulación realizó los contactos radio apropiados con las dependencias de autorización y de rodaje.

De acuerdo a la información proporcionada en las secciones previas, parece que la tripulación fue correctamente autorizada por el ATC a rodar a la pista 36R «vía M». De acuerdo al AIP, aunque era necesario leerlo en tres pasos diferentes, esto implicaba seguir I-6, C-5, M-5, M-7, M-8, ...M-17, M-18, ..., M-31, NY-13, Y-1 o M-18, ..., M-32, N-13, Y-2 o M-18, ..., M-33, B-13, y Y-3. Estas instrucciones no mencionaban la calle M-6. El camino a seguir era complejo e implicaba dos giros consecutivos de 90° para seguir las calles M. Parece que estas instrucciones no fueron revisadas por la tripulación para preparar adecuadamente el rodaje. En cualquier caso, se emite una recomendación de seguridad a AENA para revisar la distribución de estas instrucciones para hacerlas más directamente asequibles a la tripulación.

### 2.2. Maniobra de rodaje

Al principio hubo una ligera desviación de las instrucciones de rodaje publicadas porque, debido a la presencia de otra aeronave, el ATC ofreció a la tripulación del B747 usar la C-4 en lugar de usar I-6 y C-5, y ellos aceptaron esta oferta.

Durante el rodaje, se han identificado los siguientes tres momentos en los que se produjeron errores y en los que se podría haber evitado el accidente si se hubieran producido avisos adecuados.

- a) Cuando, entre M-5 y M-7 la tripulación no ejecutó un giro de 90° en la intersección M-6/M-7 y continuaron rectos hacia I-8.

- b) Cuando entraron en la zona de obras que obligaba a desviarse al lado derecho de la línea de eje de calle. Si se hubiera recordado en la cabina de vuelo el NOTAM que restringía el uso de I-8 debido a obras, se podría haber detenido el avión cuando se observaron vallas de obras.
- c) Cuando se aproximaron a la posición de estacionamiento del Embraer 135. Si se hubiera considerado que la distancia libre entre ambas aeronaves era peligrosa o dudosa, el avión podría haber sido detenido allí mismo en aplicación de los procedimientos operacionales de la compañía.

Para avisar del giro que se requería según el punto a) anterior, las siguientes instalaciones estaban disponibles:

- El plano que la tripulación tenía a bordo (véase figura 8). Se ha determinado que este plano no tenía suficiente detalle para permitir un posicionamiento adecuado de la aeronave en la compleja distribución del aeropuerto de Madrid-Barajas. En particular, varias zonas de plataforma conflictivas, tales como las cercanas a M-6, M-7 o M-8. Los planos de aeropuertos usados por las tripulaciones deberían permitir localizar rápida y fácilmente cualquier zona del aeropuerto restringida o prohibida, para poder evitarlas. En este sentido, se emite una recomendación de seguridad al operador.
- La señal horizontal pintada en el suelo (véase figura 2). Se ha determinado que, aunque la señal no cumplía exactamente con las normas del manual de AENA (es decir, la flecha que apuntaba hacia M-7 formaba 45° con el eje de la calle en lugar de 90°) era suficiente para avisar a la tripulación que había que hacer un giro. En cualquier caso, AENA debería asegurar que todas las señales del aeropuerto de Madrid-Barajas están de acuerdo con la normativa aplicable y se emite una recomendación de seguridad al respecto.
- La señal vertical de M-7 situada en el lado izquierdo de esta calle (véase figura 2). Esta señal cumplía con las normas requeridas. Sin embargo, su tamaño impide que se pueda ver hasta que no se está relativamente cerca de él.

Había otro letrero vertical «GATE 1» que también podría haber avisado a la tripulación de que no se estaba siguiendo el camino correcto.

La tripulación no vio las señales y no siguió adecuadamente las instrucciones de rodaje publicadas. La ausencia de grabación del CVR impidió el evaluar las condiciones en la cabina o identificar cualquier distracción que pudiera haber afectado a la tripulación en esos momentos. Aunque el operador tenía procedimientos adecuados en vigor para preservar los registradores tras un incidente, parece que los miembros de la tripulación no eran conscientes de ello. Por lo tanto, se emite una recomendación de seguridad al respecto.

Para evitar la situación descrita en el punto b) anterior, además de usar los NOTAM para avisar a las tripulaciones afectadas, una medida de seguridad útil podría haber sido proporcionar señales visuales provisionales para avisar de la máxima envergadura

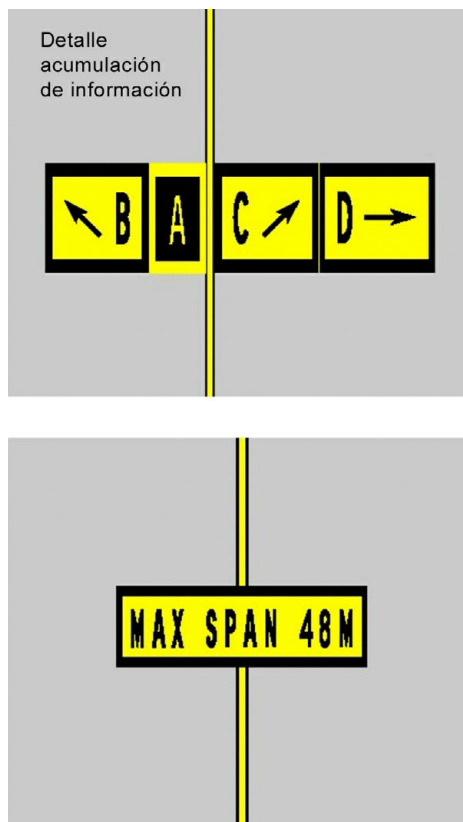


Figura 9. Señales del manual de AENA<sup>2</sup>

permitida en esa calle (en este caso, el Airbus A-321 era el mayor avión permitido en la I-8). AENA ya tiene señales normalizadas para este propósito (véase figura 9), por lo que se emite una recomendación de seguridad al respecto.

El desplazamiento de la línea central reducía los márgenes de distancia de seguridad incluso para aviones con envergadura inferior a la permitida por el NOTAM. Por lo tanto, otra posible medida de seguridad hubiera sido cancelar las posiciones de estacionamiento en la zona durante el tiempo que duraran las obras. Sin embargo, las posiciones de aparcamiento están muy demandadas en los grandes aeropuertos y es normal que se hicieran esfuerzos para usar al máximo todas las disponibles.

También un sistema selectivo de iluminación de eje de calle de rodaje hubiera reducido la posibilidad de errores al rodar desde una posición hasta la pista activa.

Para evitar la situación del punto c) anterior, habría sido conveniente que el operador incluyera este aspecto en su entrenamiento de Gestión de Recursos de la Tripulación para remarcar más la necesidad de detener el avión en cuanto haya dudas de la distancia con obstáculos al rodar en superficie, teniendo en cuenta que hay limitaciones de la capacidad de las tripulaciones de grandes aeronaves de vigilar la separación de las puntas de los planos con obstáculos, particularmente en aquéllos con ala en flecha.

### 2.3. Supervisión del ATC

Cuando la aeronave afrontó las situaciones b) y c) anteriores, había otra barrera de protección que podría haber evitado el accidente, si el personal del ATC o algún personal del aeropuerto u observador hubiera notado la situación inusual de ver a un B747 entrando en la calle I-8 (especialmente en presencia de obras) y hubiera avisado a la tripulación para que parase. Cuando la ATCO vio el avión después de que le llamara la tripulación, era demasiado tarde y el accidente ya había ocurrido.

El avión estuvo rodando por la calle equivocada durante unos 400 m, con una velocidad media de 13 kt, es decir, pudo haber pasado aproximadamente un minuto en esas

<sup>2</sup> Manual Normativo de Señalización en Área de Movimiento Edición, enero 2001, AENA.

condiciones. Desgraciadamente, en ese momento la única ATCO a cargo del movimiento de superficie sur estaba mirando al otro lado del aeropuerto.

El ATIS no incluía ninguna mención a la zona restringida de I-8. Las instrucciones de rodaje proporcionadas por la ATCO tampoco mencionaban esta restricción, como era normal en todas las comunicaciones para control de movimientos en superficie. El ATC informó que siempre hay un gran número de condiciones especiales que afectan al aeropuerto, y no es viable incluir toda esa información en las comunicaciones radio para recordárselas a los pilotos. Esto se deja para los NOTAM emitidos por el aeropuerto. Sin embargo, se considera útil que al menos una referencia a esta información se incluyese en los informes ATIS y se emite una recomendación al respecto.

El avión estaba llevando a cabo una «operación de vuelo visible» en el área de maniobras (una calle para rodar a la pista). Por lo tanto, debería haber sido objeto de una «vigilancia constante» de acuerdo a la sección 4.5.4.1 del Reglamento de Circulación Aérea. Es obvio que en la práctica es imposible mantener un contacto visual constante con todos las aviones que ruedan en un gran aeropuerto. Sería necesario tener un ATCO para cada aeronave en el área. Sin embargo, la intención de las regulaciones es tener la máxima supervisión de las operaciones como sea posible desde la torre de control. La condición de frecuencia unificada del GMC en el momento del accidente incluía sólo un ATCO trabajando con los dos sectores de la parte sur del aeropuerto, y por lo tanto la supervisión global quedaba reducida. Esto se debió a la reducida carga de trabajo de tráfico esperada aquel día, y también tenía el beneficio de evitar un cambio adicional de frecuencia a las tripulaciones de vuelo. En cualquier caso, sería recomendable que las condiciones para unificar las frecuencias en el control sur de movimiento de superficie fueran cuidadosamente revisadas y se emite una recomendación de seguridad a AENA para que asegure que este control tiene siempre los recursos necesarios para proporcionar el nivel más alto posible de vigilancia de las operaciones.

### 3. CONCLUSIÓN

#### 3.1. Conclusiones

- La tripulación estaba adecuadamente calificada y descansada para el vuelo.
- El avión B747 HS-TGY fue autorizado correctamente a rodar hasta la pista 36R.
- El avión entró inadvertidamente en la calle de rodaje I-8. Esta calle no estaba incluida en la ruta estándar de rodaje a la pista 36 publicada en el AIP. La disposición de las instrucciones de rodaje en el Aeropuerto de Madrid Barajas del AIP se considera compleja.
- Adicionalmente, en el momento del accidente la calle I-8 estaba autorizada para uso sólo por aviones con una envergadura máxima igual o inferior a la del A-321 porque, debido a obras, una desviación de la línea central de ese calle había reducido la anchura disponible en ella.

- La restricción de uso de la calle I-8 había sido publicada a través del NOTAM 4125/06, que estaba a bordo de la aeronave en el momento del despacho. La restricción de la calle no estaba incluida en la información dada por el ATIS.
- El plano del aeropuerto del AIP era correcto y tenía suficiente detalle para identificar adecuadamente cada calle de rodaje.
- El plano Jeppesen proporcionado por el operador a su tripulación no tenía suficiente detalle para identificar fácilmente la ruta de rodaje adecuada.
- Las señales horizontales y verticales que mostraban la calle M-7 eran adecuadas en tamaño, color y situación. Sin embargo, la señal horizontal que mostraba la necesidad de realizar un giro a la derecha para entrar en M-7 tenía una flecha a 45° en lugar de a 90° como se requiere en las normas de AENA.
- El plano derecho del B747 golpeó la cola del EMB-135, que estaba estacionado correctamente, debido a la separación insuficiente entre ambas aeronaves.
- El control de tráfico aéreo de rodadura del Aeropuerto de Madrid-Barajas no vigiló el avance del avión después de que entrara inadvertidamente y continuara rodando por la calle I-8.
- El avión realizaba una «operación de vuelo visible» en el área de maniobras (una calle de rodaje para dirigirse a la pista). Por lo tanto, debería haber estado sujeta a una «vigilancia constante» según la sección 4.5.4.1 del Reglamento de Circulación Aérea.
- Había sólo un controlador de tráfico aéreo en frecuencia controlando el rodaje de las aeronaves en esos momentos en la torre Sur de Madrid-Barajas porque las frecuencias de los dos sectores sur de rodaje se habían unificado.
- La tripulación del B747 tenía dudas sobre la distancia disponible según se acercaban al EMB-135. Sin embargo, desde la cabina de un gran avión con ala en flecha como éste, era difícil juzgar la distancia exacta.
- La tripulación de vuelo no siguió adecuadamente las instrucciones del Manual de Operaciones en Vuelo (FOM) del operador, que indicaba: «normalmente no se hará rodar al avión cerca de cualquier obstáculo a una distancia menor que un cuarto de envergadura del ala. La marcas y guías de rodaje no siempre aseguran suficiente margen de distancia con obstáculos y se usarán con precaución. Siempre que exista duda, solicitar asistencia del personal de tierra».

### 3.2. Causa

Se considera que el accidente probablemente ocurrió porque, después de que el avión B747 entrara inadvertidamente en la calle de rodaje I-8, la tripulación de vuelo no evaluó adecuadamente la falta de margen de distancia entre el plano derecho de su avión y la cola de un avión que estaba estacionado en el lado derecho de la calle.

El servicio de control de tráfico aéreo no pudo avisar a la tripulación que habían entrado en la calle I-8 porque el avance de la aeronave no fue vigilado durante más de un minuto.

#### 4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

- REC 43/07.** Se recomienda a Thai Airways International que modifique sus procedimientos de despacho de vuelo para asegurar que la información relevante de rodaje se destaque y se comenta específicamente a las tripulaciones de vuelo.
- REC 44/07.** Se recomienda a Thai Airways International que asegure que los planos de movimiento de superficie proporcionados a sus tripulaciones de vuelo tienen el adecuado detalle para facilitar el cumplimiento preciso con las instrucciones del ATC.
- REC 45/07.** Se recomienda a Thai Airways International que las circunstancias de este accidente se utilicen en el entrenamiento de Gestión de Recursos de Tripulación para subrayar más con profundidad la necesidad de detener la aeronave en cualquier momento en el que haya una duda en el margen de distancia con obstáculos mientras se rueda en tierra.
- REC 46/07.** Se recomienda a Thai Airways International que se recuerde a las tripulaciones de vuelo el procedimiento que se debe aplicar tras un incidente o accidente para preservar los datos grabados en los registradores de vuelo.
- REC 47/07.** Se recomienda a AENA que revise las instrucciones de rodaje del AIP para el Aeropuerto de Madrid-Barajas para proporcionar un conjunto separado e independiente de instrucciones para rodar desde cada área terminal hasta cada cabecera de pista.
- REC 48/07.** Se recomienda a AENA que revise las señales horizontales del Aeropuerto de Madrid-Barajas para asegurar que cumplen con las normas aplicables.
- REC 49/07.** Se recomienda a AENA que establezca procedimientos para asegurar que en las zonas del área de maniobras en las que se realicen obras se colocan señales provisionales adecuadas que muestren claramente a las tripulaciones las restricciones de aeronaves que les afecten.
- REC 50/07.** Se recomienda a AENA que el ATIS incluya referencia a zonas cerradas o restringidas al rodaje de aeronaves en el Aeropuerto de Madrid-Barajas.
- REC 51/07.** Se recomienda a AENA que establezca procedimientos adecuados para unificar las frecuencias del control de movimiento de superficie en la parte sur del Aeropuerto de Madrid-Barajas para asegurar que se proporciona en todo momento el nivel de vigilancia de las aeronaves que ruedan más alto que sea posible en la práctica.