

# CIAIAC

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

## Informe técnico A-008/2013

Accidente ocurrido el día 22 de marzo de 2013, a la aeronave BOEING B-757-300, matrícula D-ABOC, operada por Condor, en el Aeropuerto de Gran Canaria



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO



# Informe técnico

## A-008/2013

---

**Accidente ocurrido el día 22 de marzo de 2013,  
a la aeronave BOEING B-757-300,  
matrícula D-ABOC, operada por Condor,  
en el Aeropuerto de Gran Canaria**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
DE ACCIDENTES E INCIDENTES  
DE AVIACIÓN CIVIL

Edita: Centro de Publicaciones  
Secretaría General Técnica  
Ministerio de Fomento ©

NIPO: 161-16-305-X

Diseño, maquetación e impresión: 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@fomento.es](mailto:ciaiac@fomento.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. 5.5 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, 4 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> .....	vii
<b>Sinopsis</b> .....	ix
<b>1. Información factual</b> .....	1
1.1. Antecedentes del vuelo .....	1
1.2. Lesiones personales .....	3
1.3. Daños a la aeronave .....	4
1.4. Otros daños .....	4
1.5. Información sobre el personal .....	4
1.5.1. Comandante .....	4
1.5.2. Copiloto .....	5
1.5.3. TCP-1 .....	5
1.5.4. TCP-2 .....	6
1.5.5. TCP-3 .....	6
1.5.6. TCP-4 .....	6
1.5.7. TCP-5 .....	6
1.5.8. TCP-6 .....	7
1.6. Información sobre la aeronave .....	7
1.6.1. Información general .....	7
1.6.2. Información de mantenimiento .....	8
1.6.2.1. Relación de diferidos (HIL) .....	8
1.6.3. Antecedentes de olor en la cabina de la aeronave .....	8
1.6.4. Descripción del sistema de control ambiental de cabina .....	9
1.6.5. Inspección de la aeronave en el aeropuerto de Gran Canaria .....	10
1.6.6. Vuelo de posicionamiento hasta el aeropuerto de Frankfurt .....	10
1.6.7. Inspección en el aeropuerto de Frankfurt .....	14
1.7. Información meteorológica .....	17
1.8. Ayudas para la navegación .....	17
1.9. Comunicaciones .....	17
1.10. Información de aeródromo .....	18
1.11. Registradores de vuelo .....	18
1.11.1. Registrador de datos de vuelo .....	18
1.11.2. Registrador de voces en cabina .....	20
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto .....	20
1.13. Información médica y patológica .....	20
1.13.1. Comandante .....	21
1.13.2. Copiloto .....	21
1.13.3. TCP-1 (1L) .....	21
1.13.4. TCP-2 (4R) .....	22
1.13.5. TCP-3 (4L) .....	22
1.13.6. TCP-4 (5L) .....	22
1.13.7. TCP-5 (2R) .....	23
1.13.8. TCP-6 (2L) .....	24
1.14. Incendio .....	25
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia .....	25
1.16. Ensayos e investigaciones .....	25

1.16.1.	Análisis de muestras de aire de cabina .....	25
1.16.1.1.	Análisis de los sucesos iniciales .....	26
1.16.1.2.	Análisis del aire inspeccionado en tierra en Las Palmas .....	26
1.16.1.3.	Análisis de muestras de aire del vuelo de posicionamiento.....	26
1.16.1.4.	Análisis de las muestras de aire de tierra y vuelo .....	27
1.16.2.	Análisis de muestras de líquidos utilizados en el deshielo de aeronaves.....	28
1.16.3.	Inspección del APU .....	28
1.17.	Información sobre organización y gestión.....	30
1.18.	Información adicional.....	30
1.18.1.	Declaración del comandante.....	30
1.18.2.	Declaración del copiloto.....	33
1.18.3.	Declaraciones de la tripulación de cabina de pasajeros.....	34
1.18.4.	Límites de exposición a agentes químicos.....	34
1.18.5.	Antecedentes.....	38
1.18.5.1.	Report 1/2004. Report on the incident to BAe-146, G-JEAK .....	38
1.18.5.2.	Estudio sobre ocurrencias reportadas en conjunto con la calidad del aire de cabina. BFU .....	39
1.18.6.	Investigaciones realizadas en U.K.....	41
1.18.7.	Posicionamientos sobre la calidad del aire de cabina.....	43
1.18.7.1.	Posicionamientos a favor de la existencia de la contaminación del aire de cabina .....	44
1.18.7.2.	Posicionamientos en contra de la existencia de la contaminación del aire de cabina y del "síndrome aerotóxico" .....	45
1.18.7.3.	Posicionamientos a favor de continuar la investigación.....	47
1.18.7.4.	Posición de EASA .....	48
1.18.8.	Incidencia de los eventos de humo/olor en Alemania y el Reino Unido.....	50
1.18.9.	Síntomas de intoxicación .....	51
1.18.9.1.	Intoxicación por organofosforados.....	51
1.18.9.2.	Intoxicación por glicol .....	53
1.18.9.3.	Uso de compuestos organofosforados en aceites de motor .....	54
1.19.	Técnicas de investigación útiles o eficaces .....	54
<b>2.</b>	<b>Análisis</b> .....	<b>55</b>
2.1.	Del suceso.....	55
2.2.	Investigación sobre la aeronave.....	55
2.3.	Información médica sobre la tripulación.....	58
2.4.	Intoxicación. Relación causa-efecto .....	59
2.5.	Antecedentes en los que parece haber una relación causa-efecto .....	60
2.6.	Situación actual.....	60
<b>3.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>63</b>
3.1.	Constataciones .....	63
3.2.	Causas/Factores contribuyentes.....	64
<b>4.</b>	<b>Recomendaciones de seguridad operacional</b> .....	<b>65</b>



## Abreviaturas

°	Grado(s), minuto(s) y segundo(s) sexagesimal(es)
°C	Grado(s) centígrado(s)
%	Tanto por ciento
AAIB	Autoridad de investigación de accidentes de aviación del Reino Unido
AAME	Asociación de examinadores aeromédicos (Reino Unido)
APU	Unidad auxiliar de potencia
AQM	Monitor de calidad del aire
ARP	Práctica Aeroespacial Recomendada
ASD-STAN	Asociación Europea de Industrial Aeroespaciales y de Defensa – Estandarización “Aerospace and Defense Industries Association of Europe – Standardization”
ATPL(A)	Licencia de piloto de línea aérea (avión)
AV	Auroventricular
ATC	Control de tránsito aéreo
BALPA	Asociación británica de pilotos de línea aérea
BFU	Autoridad de investigación de accidentes de aviación de Alemania
BRE	Institución de investigación de la edificación del Reino Unido
BUN	Nitrógeno ureico
Ca <sup>2+</sup>	Ion calcio
CAA	Autoridad de aviación civil del Reino Unido
CAAS	Autoridad de aviación civil de Singapur
CFR	Código de regulaciones federales (Estados Unidos)
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COT	Comité sobre toxicidad (Reino Unido)
CPL(A)	Licencia de piloto comercial (avión)
CSIM	Gestión del estrés postraumático
CVR	Registrador de voces en cabina
Dept	Departamento
DoCP	Di-orto cresil fosfato
EASA	Agencia europea de seguridad aérea
EC	Corta duración
ECG	Electrocardiograma
EMG/ENG	Electromiograma/electroneurograma
EMGFS	Electromiograma de fibra simple
ESAM	Sociedad europea de medicina aeroespacial
eV	Electrónvoltio
FAA	Agencia federal de aviación de los Estados Unidos
FDR	Registrador de datos de vuelo
FH	Horas de vuelo
FL	Nivel de vuelo
FMS	Sistema de gestión de vuelo
ft	Pie/s
ft/min	Pie(s)/minuto(s)
GCAQE	Global cabin air quality executive
h	Hora(s)
HAM	Aeropuerto de Hamburgo
HEPA	Filtro de partículas en aire de alta eficiencia
hft	Hectopie(s)
HIL	Relación de diferidos
hPa	Hectopascal(es)
H-TWA	Horas-tiempo medio ponderado
IATA	Asociación internacional de transporte aéreo
IFE	Atención al pasaje
IgG	Inmunoglobulina G
IgM	Inmunoglobulina M
ILS	Sistema instrumental de aproximación
INSHT	Instituto nacional de salud e higiene en el trabajo de España
IOM	Instituto de medicina en el trabajo del Reino Unido

## Informe técnico A-008/2013

---

IPCS/OMS	Programa internacional de seguridad química de la Organización Mundial de la Salud
IR(A)	Vuelo instrumental
Kg	Kilogramo(s)
kHz	Kilohercio(s)
Kt	Nudo(s)
LD	Límites de desviación
LPA	Aeropuerto de Gran Canaria
m	Metro/s
METAR	Informe meteorológico de aeródromo
MHz	Megahercio
Min	Minuto/s
MoCP	Mono-orto cresil fosfato
MTOW	Peso Máximo al Despegue (Maximum Take-Off Weight)
N2	Velocidad de rotación del eje de presión intermedia (rpm)
N3	Velocidad de rotación del eje de alta presión (rpm)
N	Norte
NNE	Norte nordeste
NM	Milla(s) náutica(s)
NPIS	Servicio nacional de información sobre tóxicos del Reino Unido
NTE	Esterasa neuropática
NW	Noroeste
O2	Oxígeno
OF	Organofosforado
OPIDN	Neurotoxicidad retardada inducida por organofosforados
OSHA	Administración de salud e higiene en el trabajo de los Estados Unidos
PEL	Límite permisible de exposición
PF	Piloto a los mandos
Ph.D	Título de Doctor
PM	Piloto de monitorización
P/N	Número de parte
ppb	Partes por billón (americano), que equivale a 1000 millones
ppm	Partes por millón
PR	Intervalo entre el inicio de la onda P hasta el inicio de la onda Q o de la onda R (electrocardiograma)
QNH	Reglaje de la subescala del altímetro para obtener elevación estando en tierra
QT	Tiempo comprendido entre la despolarización y la repolarización ventricular
S	Sur
s	Segundo(s)
SAE	Sociedad de Ingenieros de Automoción
S/N	Número de serie
SNC	Sistema Nervioso Central
SVOC	Compuestos orgánicos semivolátiles
TBP	Tri-butil fosfato
TCE	Tri-cloro-etil fosfato
TCP	Tripulante de cabina de Pasajeros
TCP <sub>1</sub>	Tri-cresil fosfato
TIC	Tentatively identified compounds. Son compuestos que pueden ser detectados por métodos analíticos, pero cuya concentración requiere pruebas adicionales para ser determinada
TLB	Libro de registro técnico
TOCP	Tri-orto-cresil fosfato
TOVC	Total de compuestos orgánicos volátiles
TWA	Horas – tiempo medio ponderado
TWR	Torre de control
U.K	Reino Unido
UFO	“Unabhängige Flugbegleiter Organisation” - Organización independiente de tripulantes de cabina de Alemania
UTC	Tiempo universal coordinado
VLA-ED®	Valor límite ambiental-exposición diaria
VOC	Compuestos orgánicos volátiles
W/O	Orden de trabajo

## Sinopsis

Operador:	Condor Flugdienst GmbH
Aeronave:	Boeing B-757-300
Fecha y hora del accidente:	22 de marzo de 2013, 16:10 UTC <sup>1</sup>
Lugar del accidente:	Aeropuerto de Gran Canaria
Personas a bordo:	8 tripulantes (1 herido grave, 2 heridos leves, 5 ilesos) 242 pasajeros, ilesos
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo-Regular-Internacional-Pasajeros
Fecha de aprobación:	31 de mayo de 2016

### Resumen del suceso

Durante la aproximación al aeropuerto de Gran Canaria se percibió un fuerte olor en las cabinas de vuelo y pasaje. Coincidiendo con el evento de olor, varios tripulantes notaron afecciones físicas. Se completó la aproximación aterrizando la aeronave sin novedad.

La tripulación decidió realizar una prueba del sistema de aire acondicionado antes de realizar el embarque del pasaje del siguiente vuelo.

Nada más iniciar la prueba se percibió un fuerte olor, y segundos después la tripulación de cabina notificó que los dos tripulantes que se encontraban en la posición 2L/R tenían problemas físicos.

La tripulación procedió a desconectar inmediatamente el pack de aire acondicionado y el sangrado del APU y se abrieron todas las puertas de la aeronave para facilitar su ventilación. Se suministró oxígeno a los dos tripulantes de cabina y solicitaron a la torre de control que enviase una ambulancia, que evacuó a ambos miembros de la tripulación hasta el servicio médico del aeropuerto, donde fueron atendidos inicialmente, siendo después trasladados hasta un centro hospitalario.

Los dos tripulantes de cabina que resultaron más afectadas continuaban, a la fecha de redacción de este informe, incapacitados para trabajar.

---

<sup>1</sup> La referencia horaria utilizada en este informe es la hora UTC, salvo que se especifique expresamente lo contrario. La hora local coincide con la hora UTC.

La investigación de este accidente ha determinado que hay evidencias circunstanciales que sugerirían que varios miembros de la tripulación resultaron afectados por una contaminación del aire de cabina que estaba siendo suministrado por el sistema de aire acondicionado de la aeronave.

A la fecha de redacción de este informe, la investigación no ha sido capaz de encontrar ningún indicio acerca de cuál pudo ser la fuente de esa posible contaminación, ni sobre cual pudo ser el hipotético compuesto tóxico.

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Antecedentes del vuelo

La aeronave Boeing B-757-300, matrícula D-ABOC, despegó a las 10:44 UTC del 22/03/2013, del aeropuerto de Hamburgo (Alemania) para cubrir el vuelo DE5944 con destino el aeropuerto de Gran Canaria. La aeronave fue sometida a tratamiento de deshielo inmediatamente antes del despegue. A bordo se encontraban 8 tripulantes y 242 pasajeros.

Las fases de despegue, ascenso y crucero del vuelo se desarrollaron con completa normalidad y la aeronave inició la aproximación al aeropuerto de destino. Cuando se encontraba descendiendo, a unos 6000 ft de altitud, la tripulación percibió un fuerte olor que aparentemente procedía de las salidas de aire acondicionado. El sobrecargo se comunicó con sus compañeros, que también habían notado el olor. A continuación llamó a la cabina para informar de que en la cabina de pasajeros se percibía un fuerte olor. Éste le hacía sentirse mareado y temía desvanecerse.

Aproximadamente 2 minutos después, el copiloto notificó al comandante que se sentía algo inseguro físicamente al encontrarse ligeramente mareado. El comandante le sugirió que utilizara la máscara de oxígeno. El copiloto estuvo de acuerdo y se puso la máscara, notando una inmediata mejoría. La tripulación completó el aterrizaje sin ninguna otra incidencia. El copiloto se quitó la máscara durante el rodaje.

Se desembarcó el pasaje y se iniciaron las tareas para el siguiente vuelo de la aeronave, cuyo destino era Hamburgo.

La tripulación celebró una reunión. En ella el comandante pidió a cada uno de los tripulantes que indicase su estado físico, de mejor a peor, en una escala de 1 a 5, en la que 5 significaba "muy mal". El resultado fue el siguiente:

— 1L: 3 o 4.

— 2L: 4.

— 2R: no se definió.

— 4L: 2.

— 4R: 2.

— 5L: 3.

Todos ellos reportaban dolor de cabeza y náuseas.

Entre tanto, la tripulación contactó con el departamento de mantenimiento de la compañía, que dio instrucciones para que técnicos de mantenimiento revisasen los motores, por posible impacto de aves, así como los niveles de aceite e hidráulico, líneas de conducción de agua/residuos y los filtros HEPA<sup>2</sup>, sin que se encontrase ninguna anomalía. Tras ello, la tripulación decidió hacer una prueba del sistema de aire acondicionado.

Tres de los tripulantes manifestaron su deseo de no estar a bordo de la aeronave durante la prueba que vino después, aunque no fue posible debido a la escasez de tiempo disponible para terminar de preparar el vuelo. Dado que la prueba de motores tenía que llevarse a cabo en una posición de parking remota, se pidió a la tripulación que permaneciera a bordo y en sus puestos para dar información a la cabina y estar disponibles después para un embarque rápido de los pasajeros.

Coordinaron con la torre de control, que les autorizó la realización de las pruebas en la posición R1, que está próxima a la cabecera 03L. Un tractor remolcó la aeronave hasta esa posición, durante el rodaje la aeronave sólo tenía en marcha el APU. A bordo de la misma se encontraba la totalidad de la tripulación, un técnico de mantenimiento y un operario de la base del operador en Gran Canaria. Cada miembro de la tripulación se encontraba en su posición, con el fin de que pudiera reportar inmediatamente cualquier circunstancia anómala que detectase. Una vez en R1 conectaron el sangrado de APU y el pack izquierdo de aire acondicionado. Nada más hacerlo se percibió un fuerte olor, y segundos después la tripulación de cabina notificó que los dos tripulantes que se encontraban en la posición 2L/R tenían problemas físicos.

Desconectaron inmediatamente el pack de aire acondicionado y el sangrado del APU y abrieron todas las puertas de la aeronave para facilitar su ventilación. Se suministró oxígeno a los dos tripulantes de cabina y solicitaron a la torre de control que enviase una ambulancia, que evacuó a ambos miembros de la tripulación hasta el servicio médico del aeropuerto, donde fueron atendidos inicialmente. Posteriormente fueron trasladados hasta un centro hospitalario, en el que permanecieron hasta las primeras horas del día siguiente.

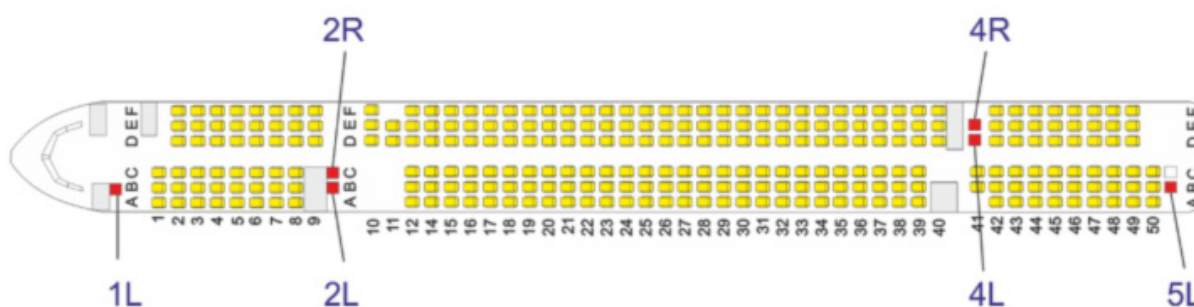


Figura 1. Mapa de asientos de la aeronave en el que se han indicado las posiciones que ocupaban los tripulantes de cabina

<sup>2</sup> Filtro de partículas en aire de alta eficiencia. Acrónimo de "High Efficiency Particulate Air".

El vuelo previsto de la aeronave hasta Hamburgo hubo de ser cancelado, y se programó un nuevo vuelo para el día siguiente con una aeronave distinta que fue desplazada desde Alemania.

## 1.2. Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales				
Lesionados graves	1			
Lesionados leves	2			No se aplica
Ilesos	5	242		No se aplica
TOTAL	8	242		

Durante el mes de abril de 2013 se produjo un empeoramiento en el estado de salud del tripulante de cabina de pasajeros que ocupaba la posición 2R durante el vuelo y la prueba de motor del día 22/03/2013, que requirió su hospitalización. Los síntomas físicos que mostraba eran: debilidad muscular general acentuada proximal en las extremidades inferiores y dificultades para andar, trastornos de la sensibilidad y una reducción de la concentración con cansancio generalizado.



Figura 2. Fotografía de la aeronave en el aeropuerto de Gran Canaria

Recibió el alta hospitalaria para continuar tratamiento ambulatorio. La evolución posterior de su estado de salud no fue satisfactoria, persistiendo los síntomas, con periodos de agravamiento que requirieron nuevos ingresos hospitalarios.

Aunque las pruebas a las que ha sido sometida durante este tiempo no han permitido identificar la causa de los síntomas que presenta, el informe médico del hospital apuntaba a una intoxicación por algún tipo de neurotoxina.

El tripulante que ocupaba la posición 1L inicialmente se sintió sólo mareado, pero no tuvo síntomas severos inmediatamente después del suceso. Esto cambió el día siguiente cuando empezó a sufrir síntomas de múltiples parestesias, trastornos cognitivos, erupciones en la piel, fatiga crónica, agotamiento rápido, insomnio y sudores nocturnos.

A fecha de redacción de este informe ambos tripulantes continuaban incapacitados para desarrollar la actividad de vuelo.

El día después del suceso, el operador intentó contactar con todos los pasajeros del vuelo e inicialmente lo consiguió con treinta de ellos. Sólo uno se quejó de una leve indisposición.

### **1.3. Daños a la aeronave**

La aeronave no tuvo daños derivados del suceso.

### **1.4. Otros daños**

No hubo otros daños.

### **1.5. Información sobre el personal**

#### **1.5.1. Comandante**

- Edad: 35 años
- Nacionalidad: alemana
- Licencia: ATPL(A), válida hasta el 28/06/2015
- Habilitaciones:
  - o B757/B767, válida hasta 21/12/2013



- IR, válida hasta 21/12/2013
- Certificado médico de clase 1, válido hasta el 21/02/2014
- Experiencia total de vuelo: 7346 h
- Experiencia en la aeronave del tipo del accidente: 544:6 h
- Actividad desarrollada durante los 7 días previos: 26:59 h

### 1.5.2. Copiloto

- Edad: 39 años
- Nacionalidad: alemana
- Licencia: CPL(A), válida hasta el 20/09/2017
- Habilitaciones:
  - B757, válida hasta 31/08/2013
  - IR, válida hasta 31/08/2013
- Certificado médico de clase 1, válido hasta el 5/05/2013
- Experiencia total de vuelo: 597 h
- Experiencia en la aeronave del tipo del accidente: 343:23 h
- Actividad desarrollada durante los 7 días previos al del suceso: 1:05 h

### 1.5.3. TCP-1

- Edad: 48 años
- Nacionalidad: alemana
- Licencia: B757/B767
- Experiencia total de vuelo: 2013 h
- Posición durante el vuelo del suceso: 1L
- Actividad desarrollada durante los 7 días previos al del suceso: 25:44 h

### **1.5.4. TCP-2**

- Edad: 19 años
- Nacionalidad: alemana
- Licencia: B757/B767
- Experiencia total de vuelo: 709 h
- Posición durante el vuelo del suceso: 4R
- Actividad desarrollada durante los 7 días previos al del suceso: 00:00 h

### **1.5.5. TCP-3**

- Edad: 35 años
- Nacionalidad: alemana
- Licencia: B757/B767/A320
- Experiencia total de vuelo: 1574 h
- Posición durante el vuelo del suceso: 4L
- Actividad desarrollada durante los 7 días previos al del suceso: 23:18 h

### **1.5.6. TCP-4**

- Edad: 44 años
- Nacionalidad: alemana
- Licencia: B757/B767
- Experiencia total de vuelo: 2908 h
- Posición durante el vuelo del suceso: 5L
- Actividad desarrollada durante los 7 días previos al del suceso: 21:52 h

### **1.5.7. TCP-5**

- Edad: 37 años

- Nacionalidad: alemana
- Licencia: B757/B767
- Experiencia total de vuelo: 186 h
- Posición durante el vuelo del suceso: 2R
- Actividad desarrollada durante los 7 días previos al del suceso: 00:00 h

#### **1.5.8. TCP-6**

- Edad: 23 años
- Nacionalidad: alemana
- Licencia: B757/B767
- Experiencia total de vuelo: 215 h
- Posición durante el vuelo del suceso: 2L
- Actividad desarrollada durante los 7 días previos al del suceso: 20:15 h

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

#### **1.6.1. Información general**

- Marca: Boeing.
- Modelo: B-757-300
- Número de serie: 29015
- Año de construcción: 1998
- Certificado de aeronavegabilidad: válido hasta 19/10/2013
- Horas totales de vuelo: 43365 h
- Ciclos: 15478
- Motores, número/marca y modelo: dos (2)/Rolls Royce RB211

Motor número	s/n	Horas totales	Ciclos totales	Horas - ciclos en la última revisión general y fecha de su realización	
1	31718	28941	10676	23740 – 8977	julio 2011
2	31553	41541	16335	32261 – 13331	febrero 2010

### 1.6.2. Información de mantenimiento

La última inspección de mantenimiento que se le había realizado a la aeronave fue del tipo "Ramp check + 100FH ítems", que se llevó a cabo el 22/03/2013, el mismo día del suceso, en Hamburgo con anterioridad al comienzo del vuelo entre este aeropuerto y el de Gran Canaria.

En ese momento la aeronave tenía un total de 43360 horas de vuelo.

#### 1.6.2.1. Relación de diferidos (HIL)

Contenía las siguientes cuatro anotaciones:

- W/O 6309975. Es un aviso a las tripulaciones sobre vibraciones en la cabina. Explica que cuando las palancas de motores son retrasadas hasta posiciones próximas a ralentí las vibraciones N3 de motor pueden incrementarse temporalmente por encima de 2,5 unidades y que cuando el motor se estabiliza las vibraciones bajan por debajo de 2,5. El incremento transitorio de las vibraciones debe considerarse normal y no requiere ninguna acción.
- W/O 6362172. Se avisa a las tripulaciones de que se ha cambiado la moqueta del piso de la cabina, así como el suelo de las cocinas y de los aseos, a consecuencia de lo cual puede notarse un ligero olor a adhesivo, que no es anormal.
- W/O 6360174. Se avisa a las tripulaciones de que se ha instalado un nuevo software en el panel de IFE.
- W/O 6360675. Informa sobre un "ítem" abierto en relación al deterioro o pérdida de placas en cabina.

### 1.6.3. Antecedentes de olor en la cabina de la aeronave

El 9 de junio de 2012 esta aeronave se encontraba realizando el vuelo DE6512 entre Dusseldorf (Alemania) y Antalya (Turquía). Estando la aeronave volando establecida a FL350 la

tripulación notó olor a plástico fuertemente quemado, acompañado por un súbito calor en la cabina de pilotaje y en las cocinas delantera y trasera. Se declaró emergencia y los pilotos decidieron desviarse al aeropuerto de Nuremberg (Alemania), que se encontraba a unas 45 NM al sureste de su posición, donde aterrizó después.

Los servicios de emergencia del aeropuerto no encontraron ninguna evidencia o traza de fuego o humo, aunque sí confirmaron haber apreciado la existencia de un olor anormal en la cabina.

#### **1.6.4. Descripción del sistema de control ambiental de cabina**

Las aeronaves de transporte vuelan en la fase de crucero a altitudes comprendidas entre 30000 ft y 40000 ft. A esas altitudes la temperatura exterior suele estar comprendida entre -45°C y -55°C, en tanto que la presión barométrica es una cuarta parte de la que hay a nivel del mar.

Esas condiciones ambientales no permitirían la supervivencia de las personas, por lo que se hace necesario que las aeronaves dispongan de sistemas que acondicionen el aire dentro de la cabina para adecuarlo a las necesidades de las personas. Esto se consigue mediante la presurización de cabina.

Este sistema se encarga de mantener la presión del aire dentro de la cabina nunca por debajo de 750 hPa, que equivale a una altitud de presión de 2440 m, y a una temperatura de unos 20°C. La humedad relativa del aire de cabina es muy baja, entre el 5% y el 20%. El aire de la cabina se renueva unas 15 veces a la hora.

El sistema de control ambiental de cabina se alimenta de aire de sangrado que se extrae de los compresores de los motores o del APU. Su temperatura suele ser 200°C y su presión de 3100 hPa.

Este sistema de control ambiental reduce la presión y la temperatura del aire de sangrado antes de introducirlo en la cabina, y se encarga de mantener el aire a una presión adecuada dentro del avión independientemente de la altitud de vuelo a la que se encuentre la aeronave.

Las aeronaves de transporte y sus componentes están sujetos a especificaciones de certificación, que deben ser seguidos por los fabricantes. Esto también es aplicable al sistema de control medioambiental, el cual debe cumplir con las especificaciones de pureza de aire en cabina. El aire de la cabina tiene que estar libre de concentraciones dañinas o peligrosas de vapores y gases.

Estos requisitos (CS-25) han de ser aplicados en la construcción de las aeronaves, pero no en los motores en sí, aunque el aire de sangrado proviene del motor.

### **1.6.5. Inspección de la aeronave en el aeropuerto de Gran Canaria**

La aeronave que envió el operador para sustituir a la del suceso trasladó a varios técnicos de la compañía, con el propósito de someter el avión a una revisión profunda, para lo que llevaban equipo apropiado.

Estos técnicos, en presencia de 2 investigadores de la CIAIAC, realizaron una inspección exhaustiva de la aeronave, sin encontrar ninguna anomalía. Tras ello, se decidió repetir fielmente las pruebas hechas por la tripulación, para comprobar si volvía a percibirse el olor. Durante estas pruebas se dispuso de un equipo detector de olores "aerotracer" que había sido traído por los técnicos del operador. Esta unidad está diseñada para detectar componentes orgánicos volátiles que se encuentran en los productos de la aviación, incluyendo específicamente los aceites lubricantes. Se hizo una primera prueba con este equipo conectando únicamente el ventilador de recirculación, registrando trazas de glicol y de "Pattex", que es un adhesivo.

Una vez en R-1, con el APU en marcha, se conectó el sangrado de APU y el pack izquierdo de aire acondicionado. Ninguna de las personas que se encontraban a bordo percibió ningún olor extraño, ni sufrieron alteración física alguna. Asimismo, el sensor de olores tampoco detectó nada anómalo, ni siquiera trazas de los componentes que detectó al inicio.

A continuación se procedió a probar el sistema de aire acondicionado con el resto de posibles combinaciones de sangrado de motores/APU y packs de aire acondicionado, y en toda la gama de potencia de motores (desde ralentí a potencia de despegue) sin que se detectara nada anormal. La duración de estas pruebas fue de 50 minutos.

Se revisaron de nuevo los motores, los conductos de aire acondicionado, líneas de hidráulico, APU, etc. El único hallazgo reseñable fue que se encontraron unos 5 litros de glicol derramados en el compartimento del APU, que fueron retirados, y que posiblemente procedían del tratamiento de deshielo realizado en el aeropuerto de Hamburgo.

### **1.6.6. Vuelo de posicionamiento hasta el aeropuerto de Frankfurt**

El día 26 de marzo, cuatro días después del suceso, se realizó un vuelo de posicionamiento "ferry" hasta el aeropuerto de Frankfurt, donde tiene su base el operador, con una tripulación completa y distinta de la del suceso.

A bordo iban también los técnicos de la compañía que se habían desplazado para inspeccionar la aeronave así como todo el equipo que habían llevado, entre los que había dos sensores: "Aerotracer" y "Graywolf", que estuvieron operando durante todo el vuelo.

**TVOC-Measurement on ground and until Climb-Out phase  
 (note: different scale for easier differentiation)  
 Increase of TVOC (with Packs OFF/Bleeds OFF) correlates with perceived smell in A/C**

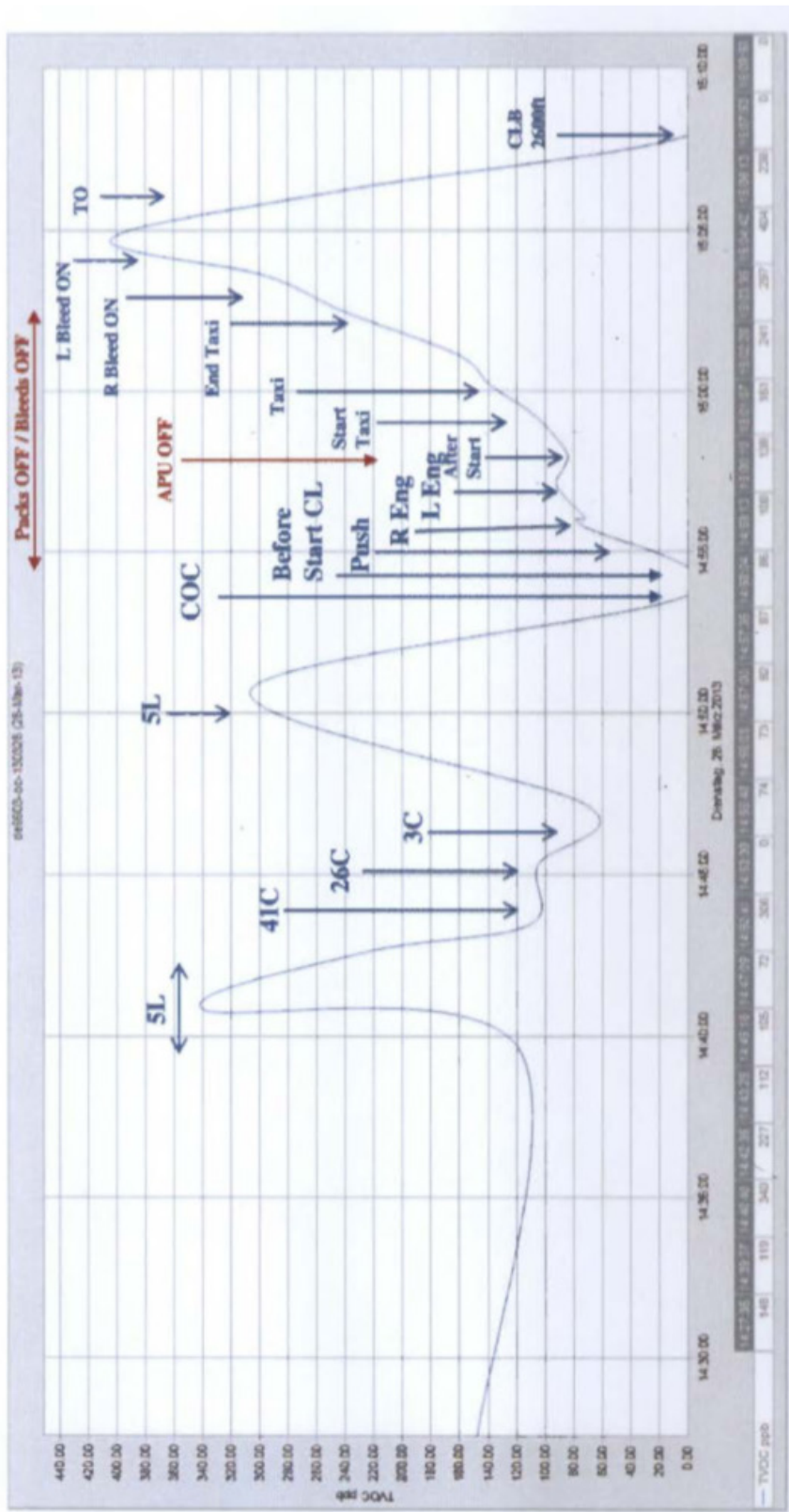


Figura 3. Gráfico con las mediciones de TVOC del sensor Graywolf desde el momento en que la tripulación accedió a la aeronave hasta la fase inicial de ascenso



## Comparison of TVOC and CO – whole flight

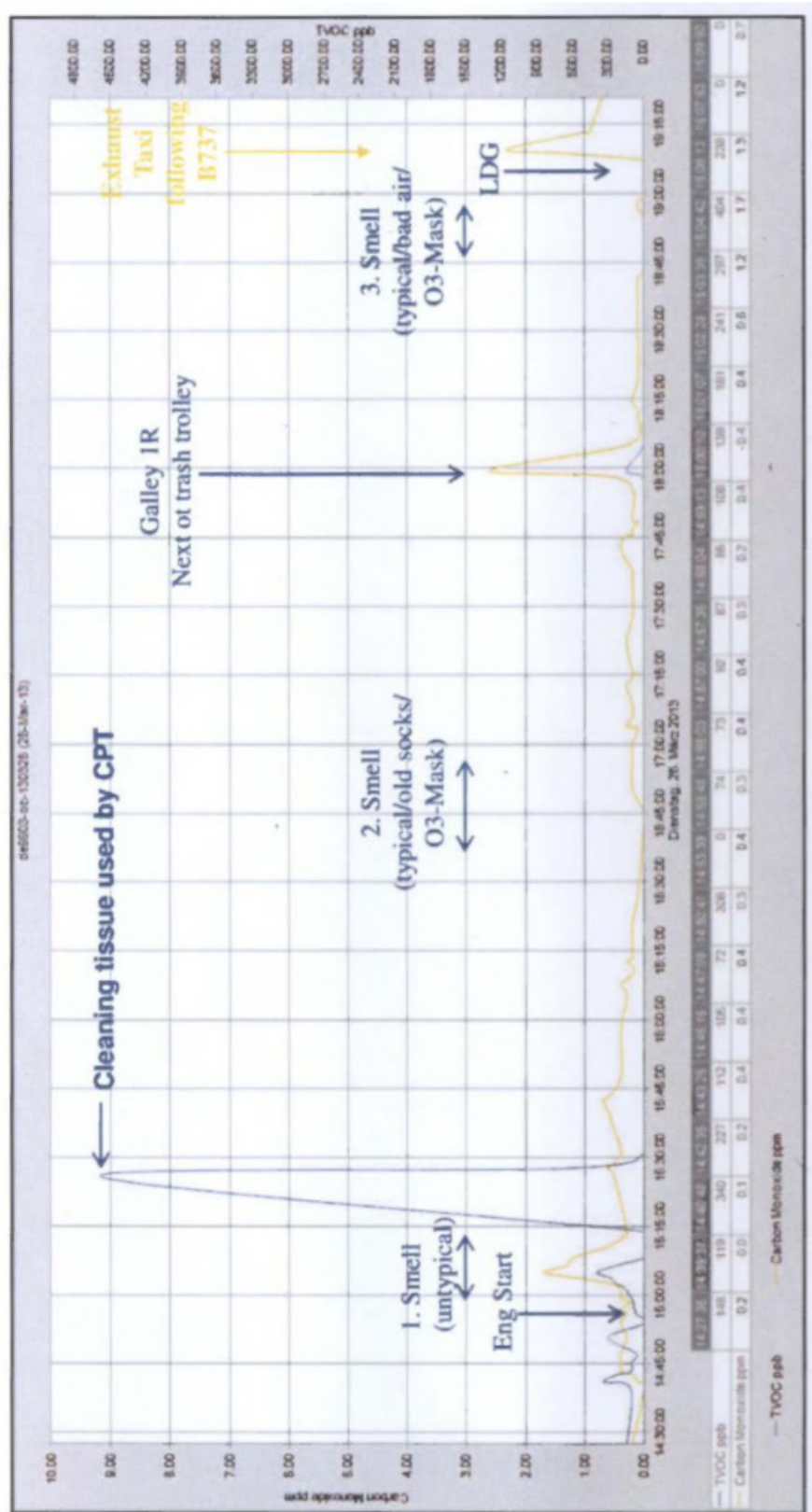


Figura 4. Comparación de las mediciones de TVOC y CO durante la totalidad del vuelo



Cuando accedieron a la aeronave para iniciar el vuelo no percibieron ningún olor no habitual. Ninguno de los ocupantes percibió ningún síntoma físico durante este lapso de tiempo.

Durante el rodaje volvió a percibirse olor, aunque cesó unos 3 minutos después de conectar los packs de aire acondicionado.

El sensor Graywolf captó incrementos de TVOC coincidiendo aproximadamente con los momentos en los que el olor extraño fue percibido por los ocupantes.

Cuando llevaban alrededor de 1:40 h de vuelo entraron en un área de ligera turbulencia, e inmediatamente después se percibió un fuerte olor en toda la cabina, de tal intensidad que ambos pilotos decidieron hacer uso de las máscaras de oxígeno.

Aun así el copiloto notó adormecimiento en la lengua e irritación en la garganta. Estos mismos síntomas fueron reportados también por el sobrecargo.

La turbulencia cesó después de unos 10 minutos, e inmediatamente después desapareció el olor, por lo que los pilotos se quitaron las máscaras de oxígeno. Los síntomas en lengua y garganta percibidos por el copiloto y el sobrecargo desaparecieron igualmente.

En el descenso al aeropuerto de Frankfurt volvió a percibirse el olor, y ambos pilotos se pusieron de nuevo las máscaras de oxígeno. El sobrecargo percibió adormecimiento en los dedos. El olor cesó a unos 6000 ft de altitud, completándose el aterrizaje sin ninguna novedad.

Nadie entre el resto de las personas que iba a bordo notó ningún síntoma físico durante los dos eventos de olor que hubo durante el vuelo.

Tras el aterrizaje, el operador propuso que todas las personas que iban a bordo fueran sometidas a una exploración médica. Esta propuesta fue desechada debido a que en ese momento ya habían desaparecido los síntomas en todas las personas que los habían experimentado.

Ninguno de los dos sensores, "graywolf" y "aerotracer", dieron indicaciones de presencia de TVOC's y/o compuestos procedentes de productos de aviación, durante los dos últimos eventos de olor (segundo y tercero) percibidos durante el vuelo.

La causa de que el Graywolf no diera ninguna indicación durante estas fases pudo deberse a que el olor fuese causado por alguno de los grupos de compuestos que no son ionizados por la sonda del equipo, y que son aquellos cuya energía de ionización es superior a 10,6 eV. Ejemplos de tales compuestos son los siguientes:

- Clorodifluorometano
- Cloroformo
- Diclorodifluorometano
- Formaldehído
- Metano
- Metanol
- Nitroetano
- Nitrometano
- Nitropropano, 2-
- Propano
- Tetrafluorometano

### 1.6.7. *Inspección en el aeropuerto de Frankfurt*

La aeronave aterrizó en el aeropuerto de Frankfurt en la tarde del 26/03/2013.

En la mañana del día siguiente, Condor solicitó al servicio de extinción de incendios del aeropuerto la realización de medidas del aire de la cabina de la aeronave. La compañía les informó que durante el vuelo a Frankfurt la tripulación había notado un indefinible olor entre dulzón y acre, y alguno de ellos había sufrido dolores de cabeza y adormecimiento de las yemas de los dedos

Ese mismo día personal del servicio de extinción de incendios fue hasta la aeronave, que había permanecido durante la noche aparcada en la plataforma. Cuando llegaron las puertas de la aeronave estaban abiertas. La temperatura en el interior de la aeronave era de 9°C. Las conclusiones de la inspección fueron las siguientes:

- No se detectó ningún olor específico en el interior de la aeronave.
- El equipo portátil de detección de gas no registró nada inusual.
- Tomaron varias muestras de aire que fueron enviadas a un laboratorio. Los resultados mostraron que sólo se habían detectado trazas de tetracloroetileno, que es un compuesto utilizado habitualmente en adhesivos o productos de limpieza. Su olor es dulzón y podría cuadrar con el olor descrito por la tripulación.

No obstante, indicaron que debido al tiempo que había transcurrido desde el evento, la fiabilidad de estos datos sería baja.

Después de retornar al aeropuerto de Frankfurt, se realizaron tres vuelos de prueba más, sin ninguna incidencia.

Se decidió hacer otro vuelo de prueba, pero realizando tratamiento de deshielo previamente a su inicio, para hacer las condiciones más parecidas a las del vuelo del suceso, en el que se realizó tratamiento de deshielo. Durante el tratamiento de deshielo el APU se encontraba encendido. Una gran cantidad de líquido de deshielo fue aplicada intencionalmente en la entrada del APU.

En esta ocasión sí se produjo una apreciable entrada de humo en la cabina, tanto en tierra con el APU suministrando aire a los paquetes de aire acondicionado, como en vuelo con suministro de aire procedente de los motores. El Graywolf mostró un aumento en los valores de TVOC.

Solamente una de los ocupantes de la aeronave tuvo algún síntoma físico durante el suceso, que consistió concretamente en dolor de cabeza. Esta persona hizo uso de la máscara de oxígeno, sintiéndose mejor inmediatamente después de ello. Ninguna otra persona de las que se encontraban a bordo notó síntoma alguno, ni hizo uso del oxígeno.

A la vista de los resultados de esta prueba, el operador decidió prohibir el procedimiento de deshielo con el APU en marcha.

Posteriormente, el operador requirió el apoyo del fabricante de la aeronave, Boeing, que desplazó un equipo de técnicos hasta el aeropuerto de Frankfurt, donde tiene su base el operador.

Se tomaron muestras de aire del interior de las cabinas de pilotaje y del pasaje, tanto con la aeronave en tierra, como en vuelo<sup>3</sup>.

Este equipo inspeccionó la aeronave, comprobando que en el interior de la cabina se percibía un olor especial. Aunque la fuente del olor no pudo ser determinada, por precaución se tomó la decisión de reemplazar los elementos principales del sistema de aire acondicionado y el APU, así como realizar una limpieza de la cabina.

Estos elementos fueron inspeccionados después, aunque no se encontró nada reseñable.

Posteriormente se realizaron varios vuelos de prueba sin que se percibiera ningún olor extraño en cabina, y sin que ninguno de los ocupantes sintiera ningún síntoma.

---

<sup>3</sup> Con excepción de los análisis hechos durante la inspección en el aeropuerto de Gran Canaria, las medidas y tomas de muestras fueron llevadas a cabo sin la supervisión de una autoridad de investigación

# Overview TVOC/CO/RH Measurement – whole flight

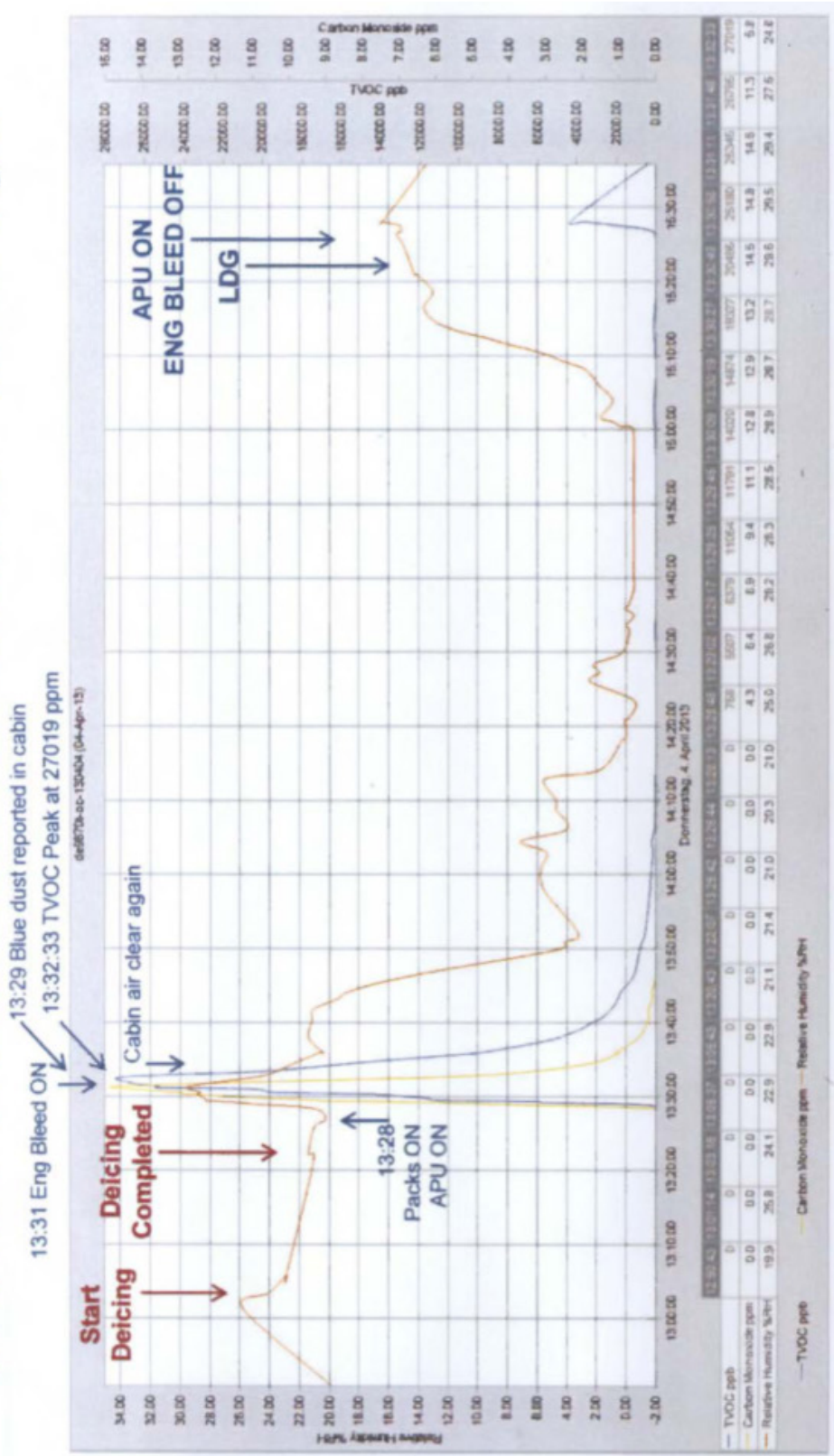


Figura 5. Mediciones de TVOC, CO y humedad relativa durante el vuelo de fecha 04/04/13 en el que previamente se había realizado tratamiento de deshielo

La aeronave retornó al servicio. De acuerdo con los datos suministrados por las autoridades alemanas, durante el resto del año 2013 hubo otros cinco sucesos de olor/emanaciones/humo reportados por las tripulaciones que volaban esta aeronave.

### 1.7. Información meteorológica

La situación meteorológica en la isla de Gran Canaria el día del suceso era de: intervalos nubosos; probabilidad de lluvias débiles ocasionales, principalmente en el norte; viento del noroeste moderado con intervalos de fuerte, afectando a la mitad norte y nordeste (incluida la capital), desde costa a cumbres; mientras en el resto de la isla predominaría el viento variable flojo, con brisas en costas. Al final del día, el viento giraría a norte moderado, con intervalos de fuerte en el este y oeste, manteniéndose flojos en el sur, y disminuyendo en el norte.

En el resto del archipiélago las condiciones meteorológicas más significativas fueron las siguientes: velocidad media generalizada del viento en superficie superior a 30 nudos (kt) al noroeste del Teide; turbulencia moderada entre 60 y 110 hectopies (hft) al norte de 27'30'N; zonas extensas de cielo nuboso, con base entre 30 y 35 hft, y cima 70-80 hft, al NW de La Palma, N de El Hierro, La Gomera y Tenerife.

Los Metar's del aeropuerto de Gran Canaria emitidos entre las 15:30 h y las 19:30 h del día del suceso fueron los siguientes:

GCLP 221530Z 03019KT 9999 FEW025 BKN035 20/12 Q1015 NOSIG

GCLP 221600Z 01016KT 9999 FEW025 BKN045 20/11 Q1015 NOSIG

GCLP 221630Z 02016KT 350V050 9999 FEW025 BKN045 21/11 Q1015 NOSIG

GCLP 221700Z 02018KT 9999 FEW025 BKN042 20/10 Q1015 NOSIG

GCLP 221730Z 36015KT 320V020 9999 FEW025 BKN045 20/10 Q1015 NOSIG

GCLP 221800Z 36015KT 9999 FEW025 BKN042 20/10 Q1015 NOSIG

GCLP 221830Z 36014KT 9999 FEW025 BKN042 20/10 Q1016 NOSIG

GCLP 221900Z 36013KT 320V020 9999 FEW025 BKN042 19/10 Q1016 NOSIG

GCLP 221930Z 35013KT 9999 FEW025 BKN042 19/10 Q1016 NOSIG

### 1.8. Ayudas para la navegación

No es de aplicación.

### 1.9. Comunicaciones

La primera comunicación con control de aproximación se produjo a las 15:49:19 h, encontrándose la aeronave en ese momento pasando FL195 en descenso a FL130.

El resto de las comunicaciones mantenidas entre la aeronave y las dependencias ATC de aproximación y torre de control son plenamente normales, no aportando ninguna información de relevancia para la investigación del suceso.

La última comunicación tuvo lugar a las 16:06:53 h, momento en el que el controlador indica al piloto que siga al señalero hasta la posición T04.

A las 17:51:39 la tripulación llamó a la torre de control indicando que tenían problemas técnicos y que querían hacer una prueba de motor amplia.

Tras ello se produjeron varias comunicaciones entre diversas dependencias del aeropuerto y la tripulación para coordinar las pruebas.

A continuación se reflejan las comunicaciones más relevantes que se produjeron posteriormente:

A las 18:12:33 el controlador autorizó el retroceso (push-back) de la aeronave.

A las 18:35:17 la tripulación llamó a la torre de control para solicitar autorización para iniciar las pruebas, que fue concedida inmediatamente.

A las 18:36:08 la tripulación notifica al controlador que tienen problemas adicionales y que no pueden proceder al arranque los motores.

A las 18:41:12 llaman a la torre solicitando el envío de una ambulancia.

Tras ser evacuados los tres miembros de la tripulación afectados, se retomaron las pruebas sobre la aeronave.

A las 19:34:11 la tripulación llama a torre para informar de que han finalizado las pruebas.

Finalmente, a las 19:49:24 el señalero llama a TWR para informar que ha finalizado el rodaje de la aeronave hasta la posición T14, en la que quedará estacionada.

### **1.10. Información de aeródromo**

No es de aplicación.

### **1.11. Registradores de vuelo**

#### **1.11.1. Registrador de datos de vuelo**

La aeronave estaba equipada con un registrador de datos de vuelo de estado sólido, de marca Allied Signal, con P/N 980-4700-042, S/N: 5613, que registra algo más de 1000 parámetros de vuelo, que fue descargado en el laboratorio de la CIAIAC.

Se comprobó que contenía información válida del vuelo del suceso.

La revisión de la información del registrador no ha revelado evidencia de anomalía alguna.

La figura 6 contiene un gráfico con la evolución de los valores de varios parámetros del aire exterior: altitud de presión, temperatura exterior, presión total, presión estática; así como de sistemas de la propia aeronave: N2 de ambos motores, posición de las válvulas de sangrado de motores, indicaciones de fallo de presión automática de cabina, y de congruencia de las posiciones de las válvulas de sangrado del APU y de aislamiento de sangrado. El gráfico abarca desde el momento en que la aeronave se encontraba en aproximación a 10.000 ft de altitud hasta instantes después de su aterrizaje.

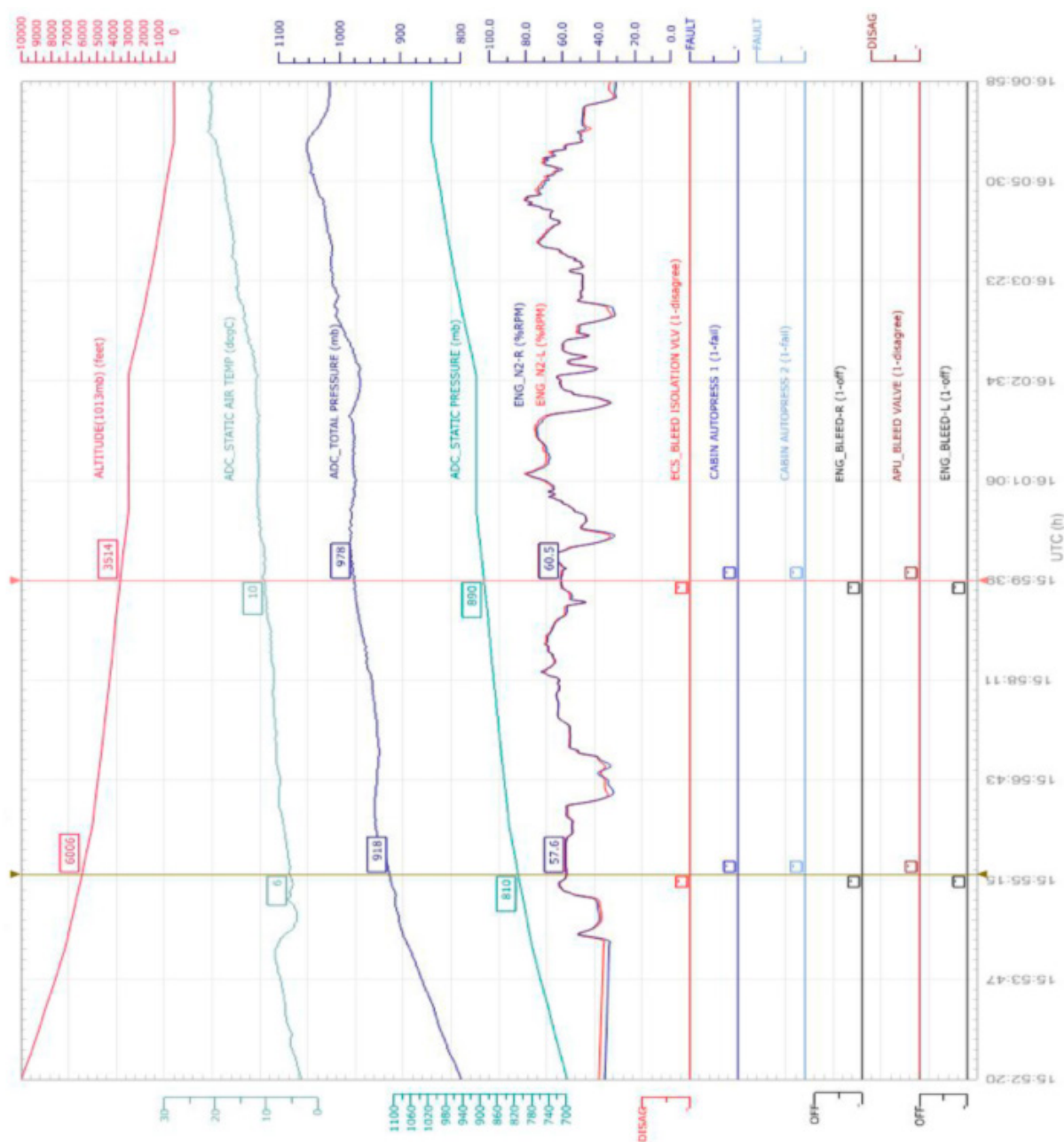


Figura 6. Gráfico con la evolución de varios parámetros durante la aproximación



### **1.11.2. Registrador de voces en cabina**

La aeronave disponía de un registrador de voces en cabina (CVR) de estado sólido, de la marca Allied Signal, con P/N: 980-6022-001 y S/N: 1055, que grababa cuatro canales. Los canales 1 y 2 y 3 graban en alta calidad las señales procedentes de los micrófonos de comunicaciones de los tripulantes y del sistema de avisos al pasaje. Tienen una duración de 30 minutos cada uno. En el cuarto canal se registran, en calidad media, los sonidos captados por el micrófono de ambiente, siendo su duración de 2 horas.

Se comprobó que el registrador contenía grabaciones del vuelo del suceso, aunque comenzaban después de haber ocurrido el mismo. Esto se debió a que después del accidente el registrador continuó grabando durante más tiempo del que registra, lo que hizo que se perdiera la información anterior.

La mayor parte de las conversaciones registradas estaban en idioma alemán. Solamente se encontraban en inglés las comunicaciones con ATC y alguna conversación mantenida con personal de mantenimiento.

Las grabaciones fueron revisadas por el Investigador Acreditado de la Oficina Federal de investigación de accidentes de aviación de Alemania (BFU), concluyendo que las mismas no contenían información de utilidad para la investigación.

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

No es de aplicación.

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

Los dos tripulantes de cabina de pasajeros y el copiloto que resultaron afectados inmediatamente tras el suceso, fueron llevados en primera instancia al servicio médico del aeropuerto de Gran Canaria. De aquí fueron trasladados por personal de la compañía de handling hasta una clínica de la ciudad de Las Palmas. Debido a lo tardío de la hora, el laboratorio de esta clínica ya estaba cerrado, no siendo posible realizar ninguna analítica. Por este motivo fueron trasladados nuevamente y llevados a la Clínica del Perpetuo Socorro, donde fueron atendidos en el servicio de urgencias. Los tres dejaron el hospital después de medianoche y se fueron al hotel donde mantuvieron una reunión de carácter operacional sobre el suceso, junto con los otros miembros de la tripulación.



### 1.13.1. Comandante

El comandante no experimentó ningún síntoma durante el evento, por lo que no requirió asistencia médica en Las Palmas. Al día siguiente, una vez en Hamburgo, fue al hospital por precaución con otros dos miembros de la tripulación. No fue visto por ningún médico esa noche, pero los análisis de sangre y orina que se le hicieron fueron evaluados como normales.

Continuó volando.

Más o menos una semana después experimentó ligeros síntomas neurológicos en las manos y en las rodillas, que desaparecieron después de unos cuantos días y de seis semanas, respectivamente. Desde entonces no tiene síntomas (ver 1.18.1).

### 1.13.2. Copiloto

No presentaba síntomas.

Ni la exploración física, ni ninguna de las pruebas de diagnóstico que se le realizaron revelaron ningún dato anómalo o relevante.

- Exploración física: normal.
- Hemograma: normal.
- Colinesterasa sérica: normal.
- Orina: normal.
- Gasometría venosa: normal.

Tampoco fue visto por ningún médico esa noche en el hospital, pero se le hicieron análisis de sangre y orina. Los resultados de ambos análisis fueron evaluados como normales.

Continuó sin síntomas y siguió volando.

### 1.13.3. TCP-1 (1L)

No pidió asistencia médica en Las Palmas. Al llegar a Hamburgo al día siguiente, fue al hospital junto con otros tres miembros de la tripulación.

No fue vista por ningún médico esa noche, pero los resultados de los análisis de sangre y orina realizados fueron evaluados como normales.

El día siguiente (domingo) tuvo varios síntomas neurológicos y cognitivos. El lunes fue a ver a su médico de familia, que le dio la baja indicando que no estaba en condiciones de volar.

Nunca se recobró y finalmente quedó como incapacitado para trabajar indefinidamente.

### **1.13.4. TCP-2 (4R)**

Este auxiliar de vuelo no pidió tratamiento médico en Las Palmas. Después de llegar a Hamburgo al día siguiente fue al hospital y le dieron la baja indicando que no estaba en condiciones de volar hasta el 26 de marzo de 2013.

Se recuperó totalmente y permanece sin síntoma alguno.

### **1.13.5. TCP-3 (4L)**

Este auxiliar de vuelo no pidió tratamiento médico en Las Palmas. Después de llegar a Hamburgo al día siguiente fue al hospital junto con el TCP-2.

Se sentía un poco agitado y utilizó sus siguientes días libres para recuperarse.

Tras esos días, volvió a volar y permanece libre de síntomas.

### **1.13.6. TCP-4 (5L)**

Este auxiliar de vuelo no pidió tratamiento médico en Las Palmas. Después de llegar a Hamburgo al día siguiente fue al hospital con tres de sus compañeros de tripulación.

No fue visto por ningún médico esa noche, pero los análisis de sangre y orina que se le practicaron no revelaron nada anormal.

El día siguiente fue a un especialista de seguro de accidentes (obligatorio en Alemania) y después a su médico de cabecera, donde le fue entregada una baja de incapacidad para volar hasta el 2 de abril de 2013.

Se recuperó completamente y permanece libre de síntomas.

### 1.13.7. TCP-5 (2R)

Recibió un tratamiento médico inicial en un hospital en Las Palmas.

La exploración general era normal. La saturación de O<sub>2</sub> es del 98%.

Exploración de extremidades normal.

Exploración neurológica. Inestabilidad de la marcha con aumento de la base de sustentación, flexión de las rodillas, discreta lateralización izquierda al cerrar los ojos, que corrige.

- Hemograma: normal
- Colinesterasa sérica: normal
- Orina: normal
- Gasometría venosa: normal
- Carboxihemoglobina: 3%

El juicio clínico era trastorno de la marcha y el equilibrio.

Después de llegar a Hamburgo al siguiente día fue al hospital con sus compañeros de tripulación. En la exploración neurológica a la que fue sometido se destacó debilitamiento muscular proximal y parestesias en miembros inferiores, así como andar torpe y cansado. Su diagnóstico fue "polineuropatía debido a otros agentes tóxicos". Aunque el hospital quería que quedara ingresado insistió en ser llevado a su casa a Berlín. Se le puso en un taxi que la llevó a Berlín, donde llegó a las cuatro de la madrugada. Después de un sueño corto fue al hospital Charité por la mañana donde quedó ingresada hasta el 28 de marzo de 2013.

Asimismo, se le realizó un electromiograma/electroneurograma (EMG/ENG) convencional, que resultó normal, así como un EMG de fibra simple (EMGFS) patológico.

El 15 de abril ingresó de nuevo en este mismo hospital.

Exploración física y neurológica normales (incluida motricidad y coordinación) excepto la marcha y estática; andar lento y arrastrado, inseguro, incapaz de sostenerse con un solo pie, incapaz de caminar sobre una línea. Unterberger<sup>4</sup> no superado. Palhipoestesia<sup>5</sup> 5/8 en extremidad inferior.

Los análisis químicos de laboratorio resultaron normales (no incluían colinesterasa).

---

<sup>4</sup> La prueba de Unterberger explora el equilibrio. El paciente se coloca de pie, con los ojos cerrados y se le invita a marcar el paso, pero sin moverse del sitio.

<sup>5</sup> Es una reducción patológica de la sensibilidad.

Se le realizó una resonancia magnética cerebral con mínima gliosis inespecífica en la sustancia blanca frontal izquierda, irrelevante. También se le realizó un nuevo EMGFS, mostrando una ligera disfunción de la transmisión neuromuscular.

El diagnóstico de este hospital fue:

Como evaluación global, teniendo en cuenta la bibliografía existente, tras consultar la anamnesis y el cuadro clínico de la paciente, todo indica una intoxicación por fosfato de tricresilo. Como prueba de ello también cuentan las anomalías halladas en el análisis EMG de fibra única, ya que el metabolito tóxico del fosfato de tricresilo es un inhibidor irreversible de la acetilcolinesterasa, lo cual puede producir una disfunción de la transmisión neuromuscular provocada por el fosfato de tricresilo.

No obstante, en el propio informe se reconoce que la prueba de una intoxicación por fosfato de tricresilo es difícil de demostrar con las técnicas actualmente disponibles.

Una muestra de sangre de este tripulante de cabina fue enviada al Dr Abu-Donia de los Estados Unidos, que está especializado en investigación sobre intoxicaciones por neurotoxinas, concretamente en la determinación de metodologías para identificar la presencia de daños en el sistema nervioso que suelen producir estas sustancias.

El Dr. Abou-Donia informó que había analizado la presencia en la paciente, en relación con sujetos control sanos<sup>6</sup>, de diversos autoanticuerpos contra proteínas específicas del Sistema Nervioso asociadas con neurogénesis, mielogénesis y gliogénesis. En el informe se afirma que dichos autoanticuerpos estaban significativamente elevados en relación con los controles sanos. En la tabla de resultados los mayores porcentajes de aumento en relación con el grupo control corresponden a los autoanticuerpos contra proteínas de la mielogénesis seguido de la gliogénesis.

Según se concluye, dichos resultados no son diagnósticos de ninguna enfermedad específica. Sin embargo, según el Dr. Abou-Donia, si existe el antecedente de exposición a compuestos químicos y sintomatología neurológica, puede usarse para apoyar el diagnóstico de daño cerebral inducido por sustancias químicas. Y que el aumento de esos anticuerpos en el suero de la paciente es compatible con daño neuronal.

### 1.13.8. TCP-6 (2L)

Recibió tratamiento médico inicial en un hospital en Las Palmas.

La exploración general fue normal. La saturación de O<sub>2</sub> era del 98%.

Exploración de extremidades normal.

---

<sup>6</sup> No se conoce el tamaño del grupo control. Ni se especifica si los anticuerpos son del tipo IgG o IgM (de fase aguda).

Exploración neurológica. Inestabilidad de la marcha con aumento de la base de sustentación, discreta lateralización izquierda al cerrar los ojos, que corrige.

- Hemograma: normal
- Colinesterasa sérica: normal
- Orina: normal
- Gasometría venosa: normal

Después de llegar a Hamburgo al día siguiente fue al hospital donde quedó ingresado esa noche. Su diagnóstico fue "polineuropatía debido a otros agentes tóxicos". Dejó el hospital al siguiente día con una baja de incapacidad para trabajar hasta el 2 de abril de 2013.

Debido a los continuos problemas de salud, fue a ver a su médico que le diagnosticó una grave reducción de los parámetros funcionales de los pulmones.

Enseguida volvió al trabajo de nuevo. En uno de sus vuelos con un B-757 de la compañía sufrió una recaída grave de la dolencia del pulmón. Fue a tratarse el pulmón y decidió cambiar a otro tipo de aeronave. Mientras siguió volando su estado de salud empeoró y a menudo tenía que darse de baja por enfermedad. A final de año se le acababa su contrato de trabajo.

Solamente hizo un intento más con otra compañía en la que pretendía realizar solamente vuelos de larga distancia. Dado que su miedo a otra recaída médica se incrementó finalmente abandonó el trabajo como auxiliar de vuelo para siempre y ahora trabaja en el negocio de sus padres.

#### **1.14. Incendio**

No hubo incendio.

#### **1.15. Aspectos relativos a la supervivencia**

No es de aplicación.

#### **1.16. Ensayos e investigaciones**

##### **1.16.1. Análisis de muestras de aire de cabina**

Varias muestras de aire de las cabinas de vuelo y pasajeros fueron analizados por sensores de gas electroquímicos (Aerotracer, Greywolf) y cromatografía de gases (ver secciones 1.6.6. y 1.6.7).

### 1.16.1.1. *Análisis de los sucesos iniciales*

De la primera aproximación al aeropuerto de Gran Canaria el 22 de marzo de 2013 no hay datos disponibles de monitorización del aire en cabina que cubran el primer suceso de emanaciones. Esto mismo sigue siendo válido para los siguientes tests de los motores y del APU con diferente potencia y con diferentes configuraciones de aire acondicionado por la tripulación de vuelo y por un mecánico en tierra en Gran Canaria, una vez que la tripulación de cabina había abandonado la aeronave. Estos tests fueron detenidos por orden del BFU y la aeronave fue asegurada.

### 1.16.1.2. *Análisis del aire inspeccionado en tierra en Las Palmas*

Después de eso la aeronave fue sometida a una inspección más detallada en presencia de investigadores de la CIAIAC (ver 1.6.5.). La monitorización del aire en cabina fue llevada a cabo usando un detector de emanaciones Aerotracer con diferentes potencias y configuraciones para los motores, el APU y el sistema de aire acondicionado. Los test iniciales se detectaron trazas de glicol y de un adhesivo. En los siguientes test no se localizó ninguna traza de ningún contaminante.

En una siguiente inspección del APU se retiraron de la bandeja del APU aproximadamente 5 litros de líquido de deshielo (principalmente propilene glicol).

### 1.16.1.3. *Análisis de muestras de aire del vuelo de posicionamiento*

El 26 de marzo de 2013 se llevó a cabo un vuelo de posicionamiento al aeropuerto de Frackfurt/Main en Alemania. Durante este vuelo se observaron tres sucesos relacionados con emanaciones.

El primer olor extraño apareció durante el rodaje, pero desapareció como a los 3 minutos de que se conectaran los packs de aire acondicionado durante la fase de ascenso inicial. TVOC habían sido registrados por el sensor Greywolf (ver figura 3). No se documentó ningún otro síntoma ni en la tripulación ni en los pasajeros. No hay datos disponibles del sistema Aerotracer.

El segundo suceso de emanación ocurrió durante la fase de crucero mientras volaban con ligeras turbulencias. En los siguientes diez minutos la tripulación se puso las máscaras de oxígeno debido a la aparición de síntomas.

El tercer y último suceso de emanaciones sucedió durante el descenso al aeropuerto de Frankfurt/Main. Los pilotos otra vez se pudieron las máscaras de oxígeno hasta que el olor desapareció cuando pasaron los 6000 pies.

Durante los dos últimos sucesos de emanaciones ninguno de los dos aparatos medidores indicó la presencia de TVOC.

1.16.1.4. *Análisis de las muestras de aire de tierra y vuelo*

Después de que la aeronave volvió a Frackfurt/Main se llevaron a cabo test adicionales (ver punto 1.6.7). Con anterioridad a uno de estos vuelos de prueba se aplicó un tratamiento de deshielo. En este vuelo entró humo en cabina y una persona experimentó síntomas (dolor de cabeza) que inmediatamente se aliviaron después de ponerse la máscara de oxígeno. De acuerdo con la figura 5 el valor máximo de TVOC alcanzó 27,019 ppb en este vuelo.

Las muestras de aire que habían sido tomadas de la cabina de la aeronave fueron analizadas posteriormente mediante cromatografía de gases, identificándose los siguientes compuestos, en las concentraciones máximas reflejadas:

<u>Compuesto</u>	<u>Máxima concentración (ppb)</u>
Acetona (Acetone) . . . . .	429
Benceno (Benzene) . . . . .	2,49
Benzene, 1-ethyl-3-methyl . . . . .	7,2
Cloruro de bencilo (Benzyl Chloride) . . . . .	0,42
Bromuro de metilo (Bromomethane) . . . . .	2,8
Butanona (Butanone, 2-; MEK) . . . . .	289
Etilbenceno (Butoxy ethyl acetate, 2-; 1-methyl-4-(1-methylethyl)-benzene). . . . .	16,6
Clorobenceno (Chlorobenzene). . . . .	11,2
Decano (Decane). . . . .	15,2
Dodecano (Dodecane). . . . .	22,7
Acetato de etilo (Ethyl Acetate) . . . . .	48,7
Etilbenceno (Ethylbenzene) . . . . .	2,54
Heptano (Heptane) . . . . .	3,57
Hexadecenal, 7- . . . . .	13,5
Hexano (Hexane). . . . .	40,3
Metilisobutilcetona (Methyl isobutyl ketone) . . . . .	6,31
Cloruro de metileno (Methylene Chloride). . . . .	7,8
Nonanal . . . . .	1,7

<u>Compuesto</u>	<u>Máxima concentración (ppb)</u>
Estireno (Styrene) . . . . .	14,3
Tetracloroetileno (Tetrachloroethylene). . . . .	150
Tetrahidrofurano (Tetrahydrofuran) . . . . .	11,9
Tolueno (Toluene) . . . . .	98,3
1,2,3-Trimetilbenceno (Trimethyl benzene, 1,2, 3) . . . . .	28,2
1,2,4-Trimetilbenceno (Trimethyl benzene, 1,2,4) . . . . .	3
1,3,5-Trimetilbenceno (Trimethyl benzene, 1,3,5) . . . . .	28,2
Undecanal. . . . .	2,8
Undecano (Undecane). . . . .	29,8
Acetato de vinilo (Vinyl Acetate) . . . . .	42,4
o-Xileno (Xylene, o-) . . . . .	17,9

### 1.16.2. *Análisis de muestras de líquidos utilizados en el deshielo de aeronaves*

Se enviaron cuatro muestras de diferentes líquidos utilizados en el deshielo de aeronaves “de-icing” a un laboratorio, en el que fueron analizadas mediante cromatografía de gases/espectrometría de masas, con objeto de determinar qué compuestos volátiles orgánicos (VOC) desprendían al ser calentados a 200°C.

Los resultados fueron que no se detectó ningún compuesto diferente de glicol, al calentarlo a 200°C, que es el principal componente de los líquidos de deshielo, cuya toxicidad está descrita en el punto 1.18.9.2.

### 1.16.3. *Inspección del APU*

El APU fue enviado a las instalaciones que su fabricante, Honeywell Aerospace, tiene en Phoenix (Estados Unidos), para su evaluación.

El APU fue analizado usando varios métodos para evaluar si había presencia de contaminantes generados por el motor.

Las pruebas consistieron en la monitorización del aire simultáneamente en la entrada al APU y en el sangrado de motor, con vistas a detectar la presencia de componentes que pudieran haber sido generados por el motor, así como en la toma de muestras en estos dos puntos. Estas pruebas y toma de muestras se llevaron a cabo en tres estados de operación del APU diferentes: mínimo control ambiental; máximo control ambiental y arranque de motor principal.



Las muestras fueron analizadas utilizando cuatro técnicas diferentes: monitorización de la calidad del aire (AQM<sup>7</sup>), cromatografía líquida de alta eficacia, cromatografía de gases y espectrometría de masas.

Asimismo, parte del aire captado a la entrada del motor y en el sangrado fue conducido hasta una dependencia aneja, con objeto de que fuera evaluado olfativamente por un grupo de 8 personas que se encontraban en la misma.

Los resultados fueron los siguientes:

- El AQM identificó varios picos de concentración de CO<sub>2</sub> en el aire de sangrado por encima del contenido en la entrada de motor. Todos ellos se registraron durante el estado "arranque de motor principal". Dos de ellos se encontraban en el rango de 3-15 ppm, otro era de 5 ppm y el cuarto de 25 ppm.

De acuerdo con la experiencia del fabricante, los picos de CO<sub>2</sub> por debajo de 10 ppm, raramente generan quejas debido al olor.

- Se detectó la presencia de formaldehído y acetaldehído en todas las muestras, excepto en las tomadas durante el estado "arranque de motor principal". Los valores medidos de estos compuestos estuvieron comprendidos entre 4,1 y 6,3 ppb<sup>8</sup>; y entre 1,8 y 2,5 ppb, respectivamente. Estos valores están muy por debajo de los umbrales de percepción de olor, que son 830 ppb para el formaldehído y 50 ppb para el acetaldehído. Asimismo, dichos valores son inferiores a 1/10 del límite de exposición permisible para un periodo medio ponderado de 8 horas (PEL<sup>9</sup>), de acuerdo con la "US Occupational Safety and Health Administration (OSHA)".
- Se detectó la presencia de isómeros de fosfato de tricresilo (TCP<sub>1</sub>) solamente en el estado "arranque de motor principal", en el rango 0,0090 – 0,255 ppb. Estos niveles están muy por debajo del OSHA-PEL, que es de 6,6 ppb.
- Se detectaron trazas de múltiples compuestos y TIC's<sup>10</sup>. Los niveles más elevados correspondían a alcohol isopropílico (2-propanol), acetona, etilcetona, tolueno y sulfuro de carbono y estaban por debajo de los umbrales de percepción de olor.
- El único olor reportado por alguno de los participantes se refería a olor a "sucio", sin que hubiera ninguna referencia a olor a "aceite".

---

<sup>7</sup> Air quality monitor

<sup>8</sup> Partes por billón (americano), que equivale a mil millones.

<sup>9</sup> Permissible exposure limit

<sup>10</sup> Tentatively identified compounds. Son compuestos que pueden ser detectados por métodos analíticos, pero cuya concentración requiere pruebas adicionales para ser determinada.

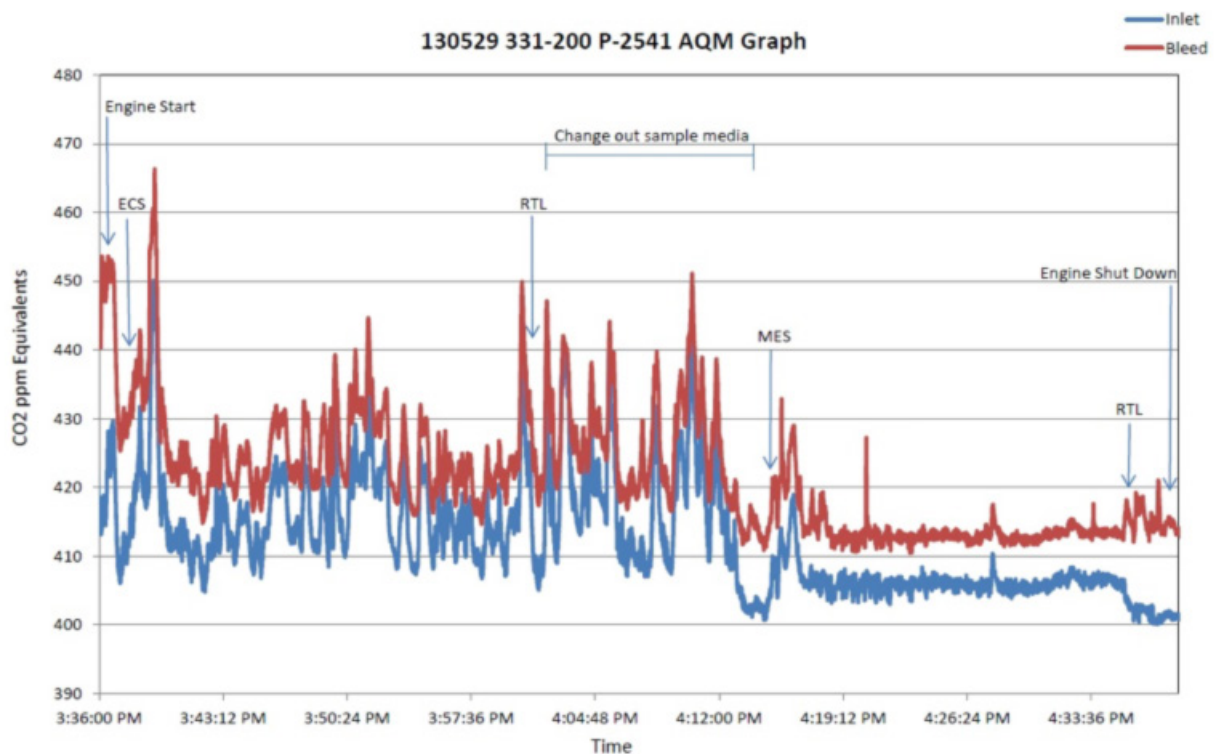


Figura 7. Gráfico de resultados del AQM.

### 1.17. Información sobre organización y gestión

No es de aplicación.

### 1.18. Información adicional

#### 1.18.1. Declaración del comandante

El vuelo tenía como indicativo DE5944 y despegó desde Hamburgo (HAM) a Las Palmas de Gran Canaria (LPA) a las 10:44 UTC con una demora de 9 minutos sobre el tiempo previsto después de haber sido sometido a deshielo.

La aeronave partió con dos diferidos en el HIL (ver punto 1.6.2.1). El capitán había solicitado a un técnico que subiera a bordo porque había un sonido como de zumbido en la puerta 1R (TLB). El personal de a bordo se componía de 8 tripulantes y 242 pasajeros.

Habían cargado 24,5 toneladas de combustible en el que se incluían 706 kg de combustible extra. Ejerció la función de piloto a los mandos (PF) mientras que el copiloto realizaba las labores de monitorización (PM) de la operación.

El vuelo transcurrió sin incidencias hasta la fase de aproximación. Fueron autorizados por ATC a llevar a cabo la maniobra estándar de llegada SAMAR4C la cual planearon intro-

duciendo los datos en el FMS junto con la aproximación ILS Z a la pista 03L. Realizaron el "briefing" de aproximación y ejecutaron los puntos correspondientes a los procedimientos normales de descenso.

Canarias App les autorizó a descender a 4000 pies siguiendo vectores radar con una instrucción de mantener rumbo 165 al este de la isla.

Al pasar aproximadamente 6000 pies se advirtió un fuerte olor repentino que procedía de las salidas del aire acondicionado que coincidió con el paso a través de una capa delgada de nubes.

Él fue el primero que lo advirtió y se lo notificó al copiloto quien confirmó unos segundos más tarde que él también apreciaba el olor. Inmediatamente después, el Jefe de Cabina llamó a la tripulación técnica para informar que habían percibido el olor también en la cabina de pasaje.

Aproximadamente 2 minutos más tarde el Copiloto le informó que se sentía un poco inseguro sobre su estado de salud mencionando que se encontraba un poco mareado.

Aconsejó al copiloto que utilizara la máscara de oxígeno como medida preventiva, lo que éste realizó sintiendo una mejoría inmediata. No hubo incapacitación de ningún tripulante técnico en ningún momento.

Él no sufrió ningún síntoma y aterrizó el avión con seguridad realizando una aproximación ILS estabilizada a la pista 03L. La hora de toma de tierra fue las 17:04 UTC.

El Copiloto se quitó la máscara durante el rodaje y anotó una hora de calzos de llegada al punto de estacionamiento 4 a las 17:10 UTC con 5 toneladas de combustible remanente. Los pasajeros desembarcaron normalmente por pasarela al edificio Terminal.

Indicó no haber advertido ninguna indicación anormal en los motores durante el evento.

Decidieron no declarar emergencia por incapacitación de tripulante ya que el copiloto no se sintió impedido para realizar sus funciones en ningún momento y no conocían, en ese momento, que en cabina de pasajeros hubiera tenido algún efecto en los otros tripulantes.

Una vez desembarcado el pasaje la tripulación realizó las labores de preparación para el siguiente salto (revisión exterior, reabastecimiento de combustible, limpieza, etc.), pero el personal de tierra fue informado de que no estaban listos para un nuevo embarque.

Toda la tripulación se reunió y los tripulantes informaron de su impresión personal sobre el evento de olor no identificado y si éste les había causado algún problema físico.

Coordinó con su estación en Frankfurt las posibles acciones a realizar para aislar el problema. Se hicieron comprobaciones ante la posibilidad de un posible impacto con pájaro,

se miraron los niveles de aceite de los motores y APU ante la posibilidad de un exceso de llenado de los depósitos, se revisaron los conductos de agua potable y sanitaria y se comprobó el estado de los filtros HEPA en el compartimento delantero. No se encontró ninguna evidencia tras estas comprobaciones.

La siguiente prueba que plantearon fue una comprobación con configuraciones diferentes de aire acondicionado con los paquetes conectados al motor en diferentes regímenes. También se probaría la configuración de paquetes conectados al APU.

Después de coordinar con la Torre del aeropuerto, la aeronave fue remolcada a la posición R1 próxima a la pista 03L. Una vez en esta posición todos los miembros de la tripulación se sentaron en sus respectivas posiciones de tal forma que pudieran informar de si el olor reaparecía de nuevo durante la prueba y su procedencia.

Indicó que evaluaron el riesgo de posible peligro para los miembros de la tripulación a bordo antes de conectar nada y acordaron apagar todos los sangrados y los paquetes de aire inmediatamente en caso de que el olor fuera apreciado de nuevo.

En el momento en que conectaron el sangrado del APU al paquete izquierdo el olor apareció intensamente de nuevo y, segundos más tarde, recibieron la llamada de la cabina de pasaje indicando la aparición del olor y problemas de salud de los dos tripulantes sentados en la posición 2L/R. Todos los sangrados y paquetes fueron desconectados y solicitó que abrieran puertas para facilitar la ventilación.

Cuando abandonó la cabina de mando para comprobar el estado de los dos tripulantes afectados, estos ya estaban usando las botellas de oxígeno portátil a alto flujo permaneciendo ambos conscientes.

El Copiloto llamó a la Torre solicitando un servicio de ambulancia y escaleras portátiles para abandonar el avión en esa posición remota. El servicio acudió allí en unos 15 minutos llevando a los dos tripulantes afectados acompañados de uno de sus compañeros al servicio médico del aeropuerto.

Los restantes tripulantes fueron llevados a la terminal con un autobús mientras que los tripulantes técnicos permanecieron a bordo junto con los técnicos de mantenimiento para realizar la prueba de motor y localizar la fuente del olor. Realizaron la prueba con los motores en marcha y diferentes configuraciones de sangrado y de paquetes de aire donde el olor aparecía y se iba sin dar evidencia que ayudara a aislar el problema.

Durante esta prueba recibieron instrucciones telefónicas desde Frankfurt procedentes del BFU de parar todas las acciones de mantenimiento, trasladar la aeronave a un punto de estacionamiento y dejarla sellada a la espera del equipo de investigación.

En la terminal se encontraron con los miembros de la tripulación auxiliar no afectados que fueron trasladados al hotel tras un corto briefing.

Los tripulantes técnicos se dirigieron a un hospital para que el copiloto se sometiera a examen médico así como para cuidar a los dos tripulantes heridos. Una vez allí, el tripulante auxiliar que estaba de acompañante, fue enviado al hotel mientras que, tras una larga noche y tras pasar algunos exámenes, los tripulantes afectados llegaron al hotel a las 03:30 hora local.

El equipo CISM (Critical Incident Stress Management) fue informado para que se encontrara con los tripulantes a su vuelta a Hamburgo prevista para el día siguiente por la tarde.

En el momento de la recogida para el vuelo en posición a Hamburgo todos los tripulantes sufrían síntomas como falta de descanso, náuseas, hormigueo y los dos tripulantes más seriamente afectados se quejaban de falta de sensibilidad en piernas y pies. Solo podían andar con ayuda.

Después de llegar a Hamburgo realizaron un briefing breve con el equipo CISM y fueron trasladados a diferentes hospitales acompañados por miembros del equipo.

Todos los tripulantes fueron examinados y llevados a sus domicilios por diferentes vehículos de transporte terrestre.

Durante el mes de julio se le preguntó si había notado alguna variación en su estado de salud respondiendo que una semana después del suceso experimentó un dolor anormal en las articulaciones de las rodillas y de los dedos de las manos durante la noche. Las rodillas las recuperó al cabo de 2-3 días, pero las manos y la parte baja de los brazos estuvieron afectados por molestias ligeras de sensibilidad y cosquilleos durante 6 semanas. Describió la sensación como si las manos se quedaran dormidas constantemente y durante varias situaciones diarias. No tuvo pérdida de fuerza y las habilidades motoras estuvieron intactas. En ningún momento le clasificaron como incapaz para trabajar o para volar.

De acuerdo con sus médicos, estas disfunciones podían no haber tenido un origen físico.

Los análisis de sangre directamente después del suceso así como los que se hizo más tarde no revelaron nada anormal.

Los síntomas cesaron a partir de la mitad del mes de mayo.

### **1.18.2. Declaración del copiloto**

Su declaración coincidió en lo fundamental con la del comandante.

Con respecto a su estado de salud, el copiloto manifestó que no había detectado ninguna variación en su estado de salud después del suceso. Que se había sentido bien constantemente.

### **1.18.3. Declaraciones de la tripulación de cabina de pasajeros**

Cinco de los seis miembros de la tripulación de cabina de pasajeros fueron entrevistados por el representante acreditado del BFU en la investigación durante el mes posterior al suceso.

El sexto componente no pudo ser entrevistado en esa fecha debido a su estado de salud, aunque sí pudo serlo en el mes de julio.

Las declaraciones fueron coincidentes en sus puntos principales, por lo que se ha decidido unificarlas en un solo relato.

Indicaron que unos 20 minutos antes de aterrizar percibieron un olor acre "químico". El jefe de cabina, que se encontraba en la zona de servicio (galley) delantera comenzó a sentirse mal llegando a temer que perdiera el conocimiento.

Los dos TCP's que estaban en la zona de servicio trasera describieron el olor como fuerte y acre y parecido a "calcetines viejos".

Los dos TCP's que estaban en la posición 2, enfrente de la fila 12, notaron el olor 10 minutos antes del aterrizaje. Añadieron que había muchos niños a bordo y que el vuelo había sido un poco "movido", por lo que inicialmente pensaron que el origen del olor podía ser los pañales. Ya durante la aproximación se sintieron mareados y con malestar lo cual continuó después del aterrizaje y mientras estaban rodando hasta el estacionamiento.

Ambos tripulantes de cabina se sintieron inusualmente mal. Tuvieron que sentarse y mantenerse en silencio durante el resto del vuelo mientras trataban con el pasaje. Solamente después del aterrizaje intercambiaron algunas palabras sobre cómo se sentían en ese momento.

Durante el desembarco del pasaje ambos tripulantes de cabina ofrecieron chocolate en la puerta. Normalmente los pasajeros aceptan este pequeño detalle de despedida de muy buena gana, pero esta vez muy pocos cogieron el chocolate. Sin embargo nadie se quejó del olor, ni de nada relacionado con eso.

Después de que todos los pasajeros habían abandonado la aeronave, uno de los tripulantes de cabina tuvo que vomitar.

### **1.18.4. Límites de exposición a agentes químicos**

La Directiva 98/24/CE relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, establece dis-

posiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad debidos o que puedan derivarse de los efectos de los agentes químicos que estén presentes en el lugar de trabajo o de cualquier actividad con agentes químicos.

El artículo 3, apartado 2, de dicha Directiva establece que la Comisión, tras consultar previamente al Comité consultivo para la seguridad, la higiene y la protección de la salud en el centro de trabajo, propondrá unos objetivos europeos en forma de valores límite de exposición profesional indicativos, que se establecerán a escala comunitaria, para la protección de los trabajadores contra los riesgos químicos.

El apartado 3 del mismo artículo 3 determina que los Estados miembros establecerán un valor límite de exposición profesional nacional para todo agente químico que tenga fijado un valor límite indicativo de exposición profesional a escala comunitaria, teniendo en cuenta el valor límite comunitario y determinando su naturaleza de conformidad con la legislación y la práctica nacionales.

Los valores límite de exposición profesional indicativos han sido publicados a través de 3 Directivas: 2000/39/EC, 2006/15/EC y 2009/61/EC.

España ha ido dando cumplimiento al apartado 3 de la Directiva 98/24/CE anteriormente indicado, mediante la publicación periódica por parte del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), que es un organismo perteneciente al Ministerio de Empleo y Seguridad Social, de los límites nacionales.

Así, el documento "Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2013", recoge los valores límite adoptados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) para el año 2013.

En el mismo se establecen las siguientes dos categorías de valores límite ambientales (VLA):

- Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED®). Es el valor de referencia para la Exposición Diaria (ED). Los VLA-ED® representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.
- Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC®). Es el valor de referencia para la Exposición de Corta Duración (EC). El VLA-EC® no debe ser superado por ninguna EC a lo largo de la jornada laboral. Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el VLA-EC® constituye un complemento del VLA-ED® y, por tanto, la exposición a estos agentes habrá de valorarse en relación con ambos límites. En cam-

bio, a los agentes químicos de efectos principalmente agudos como, por ejemplo, los gases irritantes, sólo se les asigna para su valoración un VLA-EC®.

Además de estos, la normativa establece “Límites de Desviación (LD)”. Para muchos agentes químicos que tienen asignado un VLA-ED®, no se dispone de un VLA-EC®. Sin embargo es necesario controlar las desviaciones por encima del VLA-ED®, aun cuando este valor se encuentre dentro de los límites recomendados. En estos casos se aplican los límites de desviación. Estos límites de desviación (LD) se han establecido mediante consideraciones de carácter estadístico, a través del estudio de la variabilidad observada en gran número de mediciones, para determinar las exposiciones de corta duración en los procesos industriales reales. Las desviaciones en los niveles de exposición de los trabajadores podrán ser superiores al valor 3xVLA-ED® durante no más de un total de 30 minutos en una jornada de trabajo, no debiendo sobrepasar bajo ninguna circunstancia el valor 5xVLA-ED®.

En los Estados Unidos los límites de contaminantes en el aire están recogidos en el CFR29 (Code of Federal Regulations), parte 1910, subparte Z.

La siguiente tabla recoge los valores límite para los compuestos encontrados en las muestras de aire tomadas en la cabina de la aeronave, establecidos en las regulaciones española y estadounidense. El símbolo – indica que el compuesto de que se trate no está incluido en el listado.

Compuesto	España		Estados Unidos
	VLA-ED® (ppm)	VLA-EC® (ppm)	8H-TWA <sup>11</sup> (ppm)
Acetona	500	-	1000
Benceno	1	-	1
Benceno, 1-etil-3-metil	-	-	-
Cloruro de bencilo	1	-	1
Bromuro de metilo	1	-	-
Butanona	200	300	200
Etilbenceno	100	200	100
Clorobenceno	5	15	75
Decano	-	-	-
Dodecano	-	-	-
Acetato de etilo	400	-	400
Heptano	500	-	500
Hexadecenal, 7-	-	-	-
Hexano	500	1000	500

<sup>11</sup> 8 Horas-tiempo medio ponderado.



Compuesto	España		Estados Unidos
	VLA-ED® (ppm)	VLA-EC® (ppm)	8H-TWA <sup>11</sup> (ppm)
Metilisobutilcetona	20	50	100
Cloruro de metileno	50	-	25
Nonanal	-	-	-
Estireno	20	40	100
Tetracloroetileno	25	100	100
Tetrahidrofurano	50	100	200
Tolueno	50	100	200
1,2,3-Trimetilbenceno	20	-	-
1,2,4-Trimetilbenceno	20	-	-
1,3,5-Trimetilbenceno	20	-	-
Undecanal	-	-	-
Undecano	-	-	-
Acetato de vinilo	5	-	10
o-Xileno	50	100	100

De acuerdo con las leyes alemanas e internacionales las cabinas de las aeronaves están sujetas a revisión por contaminación interna<sup>12</sup>. Por eso en la legislación alemana no se aplican los valores límite ocupacionales diseñados para materiales peligrosos en lugares de trabajo<sup>13</sup>.

Los valores guía para monitorizar la contaminación interior fueron emitidos por la Umweltbundesamt (Agencia alemana de protección medioambiental) en 1999<sup>14</sup>. De acuerdo con este documento, las concentraciones de TOVC de 200 – 3.000 µg/m<sup>3</sup> pueden causar irritación o malestar; las concentraciones de 3.000 – 25.000 µg/m<sup>3</sup> pueden dar lugar a reacciones neurotóxicas, como por ejemplo dolor de cabeza, y las concentraciones de más de 25.000 pueden causar reacciones inflamatorias e incapacidades de las funciones pulmonares en los humanos.

La guía alemana se ve apoyada por investigadores internacionales que definen 3.000 µg/m<sup>3</sup> como el valor umbral superior de TOVC para la exposición humana<sup>15</sup>

<sup>12</sup> DIN EN ISO 16000-1 2006. Innenraumluftverunreinigungen – Teil 1: Allgemeine Aspekte der Probeentnahmestrategie. Beuth, Berlin

<sup>13</sup> Bekanntmachung des Bundesumweltamtes 2014. Ermittlung und Beurteilung chemischer Verunreinigungen der Luft von Innenraumarbeitsplätzen (ohne Tätigkeit mit Gefahrstoffen). Bundesgesetzblatt 57: 1002-1018.

<sup>14</sup> Seifert, B. (1999) Richtwerte für die Innenraumluft – Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigenorganischen Verbindungen (TVOC-Wert). Bundesgesundheitsbl. – Gesundheitsforsch. – Gesundheitsschutz 42:270-278

<sup>15</sup> Mølhave, L., Grønkaer Jenden, J., and Larsen, S. (1991) Subjective reactions to volatile organic compounds as air pollutants. Atmospheric Environment 25A: 1283-1293

### 1.18.5. Antecedentes

Durante los últimos años han tenido lugar bastantes incidentes relacionados con eventos de olor en la cabina, que han dado lugar a la emisión de recomendaciones de seguridad operacional.

En los apartados siguientes se incluyen resúmenes de los informes sobre los sucesos que se han considerado significativos, o en los que están involucradas aeronaves del mismo tipo que la del suceso analizado en este informe, así como sobre un estudio general que realizó el BFU sobre este tema.

#### 1.18.5.1. Report 1/2004. Report on the incident to BAe-146, G-JEAK

Durante la aproximación de una aeronave BAe-146-200 al aeropuerto de Birmingham el 5/11/2000 comenzó a apreciarse un fuerte olor a aceite dentro de la cabina de pasajeros.

El copiloto salió de la cabina para comprobar la situación, y poco después comenzó a sentir náuseas. Los síntomas y dificultades físicas del copiloto fueron en aumento. El comandante le recomendó que hiciera uso de la máscara de oxígeno, cosa que hizo, aunque a pesar de ello fue incapaz de realizar sus tareas, no pudiendo intervenir durante el resto del vuelo.

El comandante también comenzó a sentir síntomas, aunque más livianos que los del copiloto, lo que le permitió finalizar la operación.

La investigación de este suceso reveló la existencia de una fuga de aceite del APU, causada por el fallo de un sello, que posibilitó que parte del aceite derramado fuera ingerido por el APU y que, consecuentemente, vapores del aceite entrasen en la cabina a través del sistema de control de ambiente (sangrado).

El informe indica asimismo que durante la investigación se reportaron sucesos similares en otros tipos de aeronaves, por lo que el informe se amplió para tratar en cierta medida, esos otros sucesos, que corresponden a los siguientes tipos de aeronaves:

- 9 casos de aeronaves BAe 146.
- 10 casos de Boeing B757.
- 1 caso de aeronave Boeing B737.
- 3 casos de aeronaves Fokker 100.

Con este informe se emitieron cinco recomendaciones de seguridad operacional.

Concretamente la 2001-5 iba dirigida a la FAA como autoridad de certificación del tipo de aeronave Boeing 757, para que, conjuntamente con Boeing, tomase acciones para requerir a los operadores de ese tipo de aeronave que se asegurasen de que los estándares de mantenimiento y modificación del sistema de aire acondicionado, motores y APU de la aeronave fueran tales que se evitase la contaminación del aire suministrado a la aeronave por aceite del motor o del APU o cualquier otras sustancia potencialmente peligrosa.

Boeing reconoció que si bien todos los modelos de aeronaves experimentaban ocasionalmente eventos de olores o humos por causas diversas, la revisión de los datos de que disponía indicaba que el Boeing B-757-200 con motores Rolls-Royce RB211-535C parecía tener un número de incidencias mayor del esperable. Asimismo, indicaba que la mayor parte de las aeronaves de ese tipo eran operadas por British Airways.

Se formó un equipo de trabajo compuesto por Boeing, Rolls Royce (fabricante de los motores), Honeywell (fabricante del APU) y GE-Wales (compañía responsable de las revisiones generales de los motores 535C de British Airways) para examinar el problema. Concluyeron que los olores eran causados por pérdidas de aceite del motor. Aunque el APU aparecía como contribuyente en alguno de los eventos, se había encontrado que su contribución en aquellos que habían afectado a los B-757-200 con motores RB211-535C, había sido despreciable.

Como resultado de estos trabajos se llevó a cabo una mejora de los procedimientos de revisión general de los motores y de relleno de aceite, así como la re-enfatización de los procedimientos de uso de oxígeno por parte de las tripulaciones de British Airways.

La FAA consideró que las medidas adoptadas daban satisfacción a lo requerido por la recomendación de seguridad, considerándola, por tanto, cerrada.

#### *1.18.5.2. Estudio sobre ocurrencias reportadas en conjunto con la calidad del aire de cabina. BFU*

Como consecuencia del incremento del número de reportes relacionados con "olor" en cabina, la autoridad federal de investigación de accidentes de la república de Alemania llevó a cabo un estudio basado en 845 accidentes, incidentes graves e incidentes reportados entre 2006 y 2013.

En 663 de los casos se pudo establecer una relación con el aire en cabina. En los 180 restantes se describieron daños físicos que no estaban conectados con la calidad del aire de cabina (dedo del pie roto, mano quemada, etc.).

En el estudio las ocurrencias fueron divididas en cuatro categorías:

- Eventos de emanaciones que afectaron la seguridad del vuelo.
- Eventos de emanaciones que posiblemente afectaron la seguridad ocupacional de miembros de las tripulaciones de vuelo.
- Eventos de emanaciones que afectaron el confort de los ocupantes.
- Eventos de emanaciones y posibles efectos a largo plazo en los ocupantes.

Los datos del estudio, revelaron que en varios casos se cumplieron los criterios para calificar un suceso como incidente grave, debido a que las tripulaciones decidieron hacer uso de las máscaras de oxígeno, o un miembro de la tripulación técnica resultó parcialmente incapacitado.

En muy pocos casos el margen de seguridad se redujo tanto como para que pudieran considerarse que la probabilidad de que se produjera un accidente fuera alta, en términos de definición legal.

Hubo claros indicios de daños en la salud, en términos de salud laboral, que afectaron a tripulantes técnicos y de cabina de pasajeros. La afección a pasajeros sólo se reflejó en algún informe individual.

En 10 de los eventos reportados al BFU, la persona afectada indicó que padecía síntomas a largo plazo. Todos estos casos fueron eventos de emanaciones en los que se reportó olor a aceite o a "calcetines sucios".

El BFU indicaba en este estudio que con los medios actuales y los métodos de investigación de accidentes no es posible investigar incidentes de este tipo que datan de tiempo atrás. La opinión del BFU era que debían utilizarse los principios de la toxicología clínica a fin de clarificar los posibles efectos a largo plazo de estos eventos.

Finalmente se concluía que, de los datos manejados en el estudio, se desprendería que no había habido una reducción significativa de la seguridad de vuelo. Asimismo, añadía que se había constatado que los eventos de emanaciones habían ocurrido y que podían producir daños sobre la salud, pero que no podían evaluarse los posibles efectos a largo plazo de los eventos de emanaciones.

Como resultado del estudio el BFU emitió cuatro recomendaciones de seguridad, relacionadas con los siguientes aspectos:

- Mejora de la identificación y acciones para evitar el posible riesgo sobre la salud debido a contaminación de aire de cabina.
- Estandarización de los procedimientos de notificación.
- Mejora de los métodos de comprobación de cumplimiento de la calidad de aire de

cabina durante el proceso de certificación de aviones de transporte.

- Evaluación por una institución cualificada de la posible relación entre daños a largo plazo a la salud y eventos de humo.

#### 1.18.6. Investigaciones realizadas en U.K

La asociación británica de pilotos de línea aérea "British Airline Pilots Association" (BALPA) lleva más de 10 años trabajando en el conocimiento y evaluación de los aspectos científicos relacionados con el aire de cabina.

Esta asociación ha invertido considerables fondos en la investigación de la posible interrelación entre la posible contaminación del aire de cabina y enfermedades de las tripulaciones de vuelo. A pesar de ello, reconocen que no se han encontrado evidencias consistentes, creíbles y que cumplan criterios científicos de esa relación.

A la vista de la creciente preocupación existente sobre esta materia, el departamento de transportes del Reino Unido decidió acometer un estudio sobre ello, cuya realización le fue encargada al Instituto de medio ambiente y salud de la Universidad de Cranfield.

En el marco de este estudio se realizaron mediciones acerca de la calidad del aire de cabina en el curso de 100 vuelos. En ninguno de ellos se produjeron eventos de humo, ni se alcanzaron las condiciones para activar los procedimientos de notificación de incidentes. Los hallazgos más significativos fueron los siguientes:

- La mayor parte de los VOC/SVOC detectados fueron limoneno y tolueno.
- La mayor parte de la media de concentraciones de TVOC medidas fueron inferiores a 2 ppm. Hubo evidencias de incrementos de TVOC coincidiendo con algún reporte respecto a la calidad del aire.
- Se recogieron un total de 30 muestras de aire durante episodios en los que se detectó olor, y también cuando se produjeron cambios en las lecturas de los monitores. Las concentraciones de los compuestos medidos no se diferenciaron de las muestras tomadas rutinariamente durante diferentes fases del vuelo. Hubo evidencias de asociación entre algunos picos de TVOC y algunos eventos, aunque la mayor parte de los picos registrados no estuvieron asociados a ningún evento.
- Los niveles de monóxido de carbono y tolueno no excedieron los límites de seguridad, salud o confort descritos en el estándar europeo "Aircraft internal air quality standards, criteria and determination methods"<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> Documento de referencia BS-EN-4618 de la British Standards Institution.

- Las concentraciones medidas de otros contaminantes tales como TCE, TBP, TOCP, xileno, limoneno, tolueno, CO, etc., estuvieron por debajo de los límites de exposición en el trabajo.
- Las concentraciones de tolueno, limoneno, xileno, undecano and TCE medidas en el aire de cabina de aeronaves fueron de magnitud similar a los existentes en las casas de los países desarrollados. Las concentraciones de CO son a menudo superiores a las que se registran en las cabinas de las aeronaves. En cuanto al TCP y TBP, el informe indicaba que no había suficientes datos para establecer comparaciones.
- Las muestras tomadas durante eventos de calidad del aire no contenían concentraciones elevadas de ninguno de los contaminantes medidos.
- No hubo evidencias de que la concentración de ninguno de los contaminantes monitorizados excediera los estándares de salud y seguridad de las guías disponibles.

El Comité de Toxicidad de productos químicos en alimentación, productos de consumo y medioambiente "Committee on Toxicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment" (COT), es un comité científico independiente que asesora a la Agencia de Estándares de Alimentación, al Departamento de Salud y otros departamentos gubernamentales y Agencias del Reino Unido en asuntos relacionados con la toxicidad de los productos químicos.

Este comité fue requerido en el año 2007 para asesorar al Departamento de Transportes en relación con la calidad del aire de cabina, labor que continua desarrollando hasta la actualidad.

En la última reunión de este Comité, que tuvo lugar a finales de 2013, revisaron cuatro proyectos de investigación sobre esta materia: "Cranfield University 2008, 2009; Institute of Environment and Health 2011 a/b; Institute of Occupational Medicine 2012". El Comité también tuvo en consideración artículos publicados en literatura científica desde 2007.

Basándose tanto en la información que previamente habían considerado, como en los nuevos proyectos, el COT estableció un total de trece conclusiones.

- La contaminación del aire de cabina por componentes y/o productos de combustión de aceite de motor, incluyendo triareno fosfatos, ocurren, y picos de exposición alta han sido registrados durante episodios que duraron unos segundos.
- Ha habido episodios de enfermedad aguda, a veces severamente incapacitantes, con relación temporal con los episodios de contaminación percibidos.
- Hay un número de tripulantes con enfermedades incapacitantes de largo plazo, que atribuyen su causa a contaminación de aire de cabina por aceites de motor o productos de su combustión.

- Las enfermedades agudas que han ocurrido relacionadas con episodios percibidos de contaminación pueden reflejar el efecto tóxico de uno a más agentes químicos, pero también podrían haber sido debidos al efecto nocebo<sup>17</sup>.
- Mientras que hay una fuerte evidencia científica de que el efecto nocebo puede producir enfermedades a partir de exposiciones ambientales percibidas como nocivas, no hay forma simple y fiable para establecer que la respuesta al nocebo sea responsable de casos particulares de enfermedades.
- Los patrones de enfermedad que han sido reportados tras eventos de humo no son conformes con los que cabría esperar de una exposición a triaryl phosphates tales como el o-TCP<sub>1</sub>.
- El COT considera que es improbable que las enfermedades que han sido reportadas, y que tenían una relación temporal con incidentes de humo, hayan sido producidas por un mecanismo tóxico.
- Las decisiones de acometer investigaciones futuras habrán de valorar el equilibrio entre la probabilidad de obtener información útil para gestionar el problema y el coste de su realización.
- Una posibilidad podría basarse en recoger mejor información. Esto requeriría que las aerolíneas recogieran y mantuvieran determinada información de todos sus vuelos.
- Como ampliación del estudio indicado en el párrafo anterior podría utilizarse un enfoque de tipo caso-control para investigar las asociaciones de incidentes de humo con parámetros operacionales.
- Otra posible extensión para un estudio sistemático de los incidentes de humo sería recoger y almacenar muestras de orina, y posiblemente sangre, de tripulantes dentro de las 48 h tras un suceso de este tipo. Podrían ser entonces analizadas en busca de biomarcadores de potenciales contaminantes tóxicos, como se muestra en los estudios de Schindler *et al.* (2013) y Liyasova *et al.* (2011).
- Desde 2007 ha habido avances significativos en la tecnología de monitorización de aire, y en teoría sería posible desarrollar un sistema compacto que detectara partículas continuamente y activara otros instrumentos de recogida de muestras en caso de que se produjera un incidente de humo. Estas muestras podrían ser utilizadas para identificar cualquier compuesto químico cuya concentración fuese elevada.

#### 1.18.7. Posicionamientos sobre la calidad del aire de cabina

Los sucesos de humo en aeronaves y su potencial impacto en la salud han recibido una atención significativa al menos en la última década. Actualmente hay dos corrientes prin-

---

<sup>17</sup> Es el empeoramiento de los síntomas o signos de una enfermedad por la expectativa, consciente o no, de efectos negativos de una medida terapéutica

cipales de opinión sobre la existencia de la contaminación sistemática del aire en cabina, con posicionamientos prácticamente opuestos.

Una de ellas sostiene la existencia de contaminación sistemática del aire de cabina por aceite y/o otros fluidos de motor, que estaría produciendo efectos adversos sobre la salud de las tripulaciones y los pasajeros, que han recibido la denominación de "síndrome aerotóxico".

De otra parte, hay otra corriente que propugna la inexistencia de evidencias de que se estén produciendo tales efectos sobre la salud, de forma generalizada, admitiendo únicamente la existencia de casos aislados de intoxicación y no aceptando el uso del término "síndrome aerotóxico". Para apoyar esta teoría, el grupo se basa en gran parte en la recomendación del Consejo Nacional de Investigación que no contempla el término "síndrome aerotóxico" como viable, debido a la falta de datos que lo sustenten. Este grupo además mantiene que los efectos de tales casos son irritación transitoria, sin que haya consecuencias para la salud serias ni a largo plazo

Hay además una tercera corriente que sostiene que el conocimiento actual que se tiene acerca de esta materia no es suficiente para afirmar o desmentir su existencia, considerando, por tanto, que es necesario llevar a cabo más investigaciones.

### *1.18.7.1. Posicionamientos a favor de la existencia de la contaminación del aire de cabina*

La Global Cabin Air Quality Executive (GCAQE) es una organización de la que son miembros asociaciones de pilotos, de tripulaciones de cabina de pasajeros, sindicatos, etc., de Europa, América y Australia, cuyo objetivo primordial es la mejora de la calidad del aire de cabina.

Esta organización sostiene que el aire con el que se presurizan las cabinas de todas las aeronaves, a excepción del Boeing 787, se toma directamente de los motores (aire de sangrado). Indican que este aire está contaminado con aceite de motor y/o líquido hidráulico, que contiene sustancias químicas nocivas y se introduce en la cabina sin filtrar.

Dicha contaminación no se produce únicamente por derrames ocasionales, sino que por el contrario, debido a que los sellos no son totalmente estancos siempre existe un flujo de estos fluidos que se mezcla con el aire en el interior del compresor. Este aire se calienta por efecto de la compresión, pudiendo alcanzar temperaturas elevadas, a consecuencia de las cuales se pueden producir procesos de pirólisis del aceite, que dan como resultado otros compuestos químicos. El aire que se introduce en la cabina para su presurización se obtiene del compresor mediante un sangrado.

Defienden que la exposición a mezclas complejas de agentes químicos suele tener efectos sinérgicos, cuya toxicidad no ha sido nunca evaluada. Asimismo, defienden que los están-



dares de exposición a agentes químicos no son aplicables en altitud, además de que sólo son de aplicación para un solo agente, pero no para mezclas complejas.

Afirman que la exposición al aire contaminado tendrá mayores o menores efectos sobre un individuo cualquiera, tanto a corto como a largo plazo, en función de otros factores tales como: niveles y tipos de agentes químicos presentes durante la exposición, historial previo de exposiciones diferentes a aire contaminado, factores genéticos, edad, condiciones médicas, medicación, etc.

Manifiestan, asimismo, que han sido reportados efectos sobre la salud, a corto y a largo plazo, tanto por tripulantes como por pasajeros debidos a la exposición a aire contaminado.

La solución que propugna esta organización es la modificación del diseño de los sistemas de aire acondicionado de las aeronaves, a fin de que no utilicen aire de sangrado de los motores o el APU.

La "Aerotoxic Association" es una asociación fundada en el año 2007 en el Reino Unido por un grupo de tripulantes cuyas carreras profesionales se vieron supuestamente afectadas por la contaminación del aire de cabina. Esta asociación también defiende la existencia de dicha contaminación, así como la existencia de efectos negativos sobre la salud, achacables a esa contaminación, que han sido denominados "síndrome aerotóxico".

Este término fue utilizado por primera vez en el estudio: "Aerotoxic Syndrome: Adverse health effects following exposure to jet oil mist during commercial flights", cuyos autores son el Dr Harry Hoffman, el Professor Chris Winder y Jean Christophe Balouet, Ph.D.

Esta asociación propugna la adopción de soluciones similares a las propuestas por la GCA-QE.

#### *1.18.7.2. Posicionamientos en contra de la existencia de la contaminación del aire de cabina y del "síndrome aerotóxico"*

Hay otra corriente de opinión que sostiene que aunque desde 1999 ha habido un aumento de los incidentes de humo/olor en vuelo reportados, el número de tripulantes que han informado que han sufrido efectos adversos sobre su salud asociados a esos eventos, ha sido pequeño.

Ejemplo de esta corriente puede ser el estudio del Profesor Michael Bagshaw titulado "Health Effects of Contaminants in aircraft Cabin Air"<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> <http://www.gapan.org/file/1277/air-contamination-health-effects-report-oct-13.pdf>

En este estudio el profesor Bagshaw expone que desde el año 1999 se ha producido un incremento de los eventos de humo/olor en vuelo reportados en los que ha habido un pequeño número de tripulantes que han informado sobre efectos adversos sobre su salud, asociados a dichos eventos.

Indica que en las primeras versiones de las aeronaves BAe 146 y Boeing 757 se identificó la causa de la contaminación del aire de sangrado por aceite de motor y se implementaron soluciones apropiadas.

Con respecto a los efectos tóxicos de los organofosfatos, manifiesta que son específicos y se deben a la disfunción de la transmisión neuronal en los nervios periféricos, que puede producir debilidad muscular y parálisis. En términos de toxicología médica es imposible explicar la amplia variedad de síntomas reportados por algunos tripulantes como el resultado de una exposición a TCP<sub>1</sub>.

Según se indica en el informe, un síndrome se define como un conjunto de síntomas que se producen de forma simultánea en una enfermedad, alteración o trastorno.

Los individuos que han reportado estar afectados por el "síndrome aerotóxico" han descrito un amplio rango de síntomas individuales, que no tienen consistencia suficiente para cumplir los requisitos de definición de síndrome médico.

Con respecto a este "síndrome", añade que la "Aerospace Medical Association" revisó las evidencias científicas y concluyó que no tenían consistencia y objetividad suficiente para apoyar el establecimiento de un síndrome claramente definido. Un apoyo adicional lo presenta el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos, que concluye que "la evidencia no garantiza la designación de un síndrome específico relacionado con la exposición a varios agentes físicos (como por ejemplo las nieblas y el humo) y los productos de descomposición derivados de fugas de aceite de motor y fluidos hidráulicos. El comité recomienda que hasta que se disponga de dicha información, la designación de "síndrome aerotóxico" no debe ser usada para síntomas coincidentes reportados sobre contaminación de aire en cabina".

Los síntomas reportados por algunos tripulantes que habían estado expuestos a eventos de humos/olores en cabina, especialmente cuando hicieron uso de las máscaras de oxígeno, son similares a los que se producen en casos de hiperventilación. Obviamente no todos los casos de "síndrome aerotóxico" son causados por hiperventilación, pero puede ser una explicación plausible para algunos de ellos.

El informe sostiene que de acuerdo a las evidencias científicas de que se dispone (a fecha del informe), las cantidades de organofosfatos a las que podrían verse expuestos los tripulantes, son insuficientes para producir neurotoxicidad.

Asimismo, las investigaciones sobre aire en cabina llevadas en varios países no han detectado niveles de  $TCP_1$  por encima de los valores límites ocupacionales, actualmente establecidos y validados.

#### *1.18.7.3. Posicionamientos a favor de continuar la investigación*

El "Building Research Establishment" (BRE) promovió la celebración en el año 2012 de un seminario sobre calidad de aire en cabina, "BRE Cabin Air Quality Workshop" en el que participaron las siguientes organizaciones de aviación, salud y toxicología.

- Air Accident Investigation Branch (AAIB), Reino Unido.
- ASD-STAN, Bélgica.
- Airbus.
- British Airline Pilots Association (BALPA), Reino Unido.
- Association of Aviation Medical Examiners (AAME), Reino Unido.
- The Boeing Company, Estados Unidos.
- European Society of Aerospace Medicine (ESAM)
- Building Research Establishment Limited (BRE), Reino Unido.
- AsMA Air Transport Medicine Committee.
- Civil Aviation Authority Aviation Health Unit (CAA), Reino Unido.
- Civil Aviation Authority of Singapore (CAAS), Singapur.
- GE Aviation, Estados Unidos.
- Honeywell, Estados Unidos.
- Institute of Occupational Medicine (IOM), Reino Unido.
- International Air Transport Association (IATA), Canadá.
- Intertox, Estados Unidos.
- National Poisons Information Service (NPIS), Reino Unido.
- University College London, Dept of Chemistry, Reino Unido.

La celebración del seminario estaba motivada por la preocupación existente entre las tripulaciones por el impacto que sobre la seguridad de vuelo puede tener la exposición a contaminantes en el aire de cabina y que pueden causar efectos adversos sobre la salud, tanto a corto como a largo plazo. De acuerdo con la opinión de las tripulaciones, la fuente de la supuesta contaminación sería aceite de motor y líquido hidráulico, que entraría a la cabina a través del aire de sangrado.

Las conclusiones más significativas de este seminario fueron las siguientes:

- Tras revisar las evidencias asociadas a eventos de humo/olor en cabina, concluyeron que no hay publicados estudios de evaluación (peer review) sobre envenenamientos agudos por organofosfatos, con confirmación analítica del diagnóstico tras eventos de humo/olor. De forma similar, tampoco hay informes de evaluación de neuropatías retardadas inducidas por organofosfatos, sin que haya evidencias de la asociación entre la exposición al humo/olor y daños neuronales a corto o largo plazo.
- Se observó la falta de claridad y consistencia en las definiciones y terminología utilizada en los reportes que dificulta la determinación de la verdadera incidencia del suceso.
- Se precisa una estandarización de la metodología y procedimientos de recogida y analítica de muestras llevados a cabo al realizar las mediciones de calidad de aire de cabina.
- Es necesaria una guía para la evaluación médica de los miembros de las tripulaciones tras un evento de humo/olor.
- Se hicieron varias recomendaciones entre las que se incluía la evaluación de riesgos y la armonización y estandarización de la investigación de estas ocurrencias y los efectos sobre la salud de la contaminación del aire de sangrado.
- A la vista de las conclusiones del Committee on Toxicity en su revisión de las investigaciones hechas por la Universidad de Cranfield y el Institute of Occupational Medicine, se recomendó que se considerase la necesidad de profundizar en la investigación de esta materia.

#### 1.18.7.4. Posición de EASA

El 27 de enero de 2012 EASA emitió la decisión nº 2012/001/R sobre finalización de la tarea de reglamentación 25.035 acerca de la calidad del aire de cabina en aeronaves grandes.

En el preámbulo de dicha decisión EASA manifiesta que es consciente de la preocupación existente entre varios grupos de interés (pilotos, tripulantes de cabina, sindicatos, asociaciones de pasajeros, etc.) sobre los riesgos de contaminación del aire de cabina, en particular, por el riesgo de contaminación por lubricantes o líquido hidráulico utilizados en motores y APU de aeronaves que utilizan aire de sangrado para el sistema de aire acondicionado.

Indica asimismo que existen opiniones contradictorias entre las diferentes partes.

Por otra parte, añada que la Agencia está obligada a actualizar las bases de certificación de aeronaves, teniendo en cuenta la experiencia adquirida y el progreso científico y tecnológico. En base a ello, EASA realizó una amplia consulta entre las diferentes partes interesadas.

La agencia tuvo asimismo en cuenta el estudio de la Universidad de Cranfield.

En base a toda esa información la Agencia concluyó que no hay evidencias de que haya ningún problema de seguridad que justifique una inmediata acción general sobre la reglamentación.

La Agencia también entiende que no ha sido establecida la existencia de una relación causal entre síntomas físicos reportados y contaminación por aceite o líquido hidráulico. Dado que no hay evidencia científica concluyente, la Agencia no puede justificar un cambio en la reglamentación relativa a las especificaciones de certificación.

La decisión concluye dando por terminada la tarea 25.035, sobre calidad de aire en cabina en aeronaves grandes, sin enmendar ninguna regulación de EASA.

Aunque la Agencia no ha detectado ninguna justificación para iniciar un cambio en la regulación, este asunto seguirá siendo monitorizado. Se han emitido algunas recomendaciones en el documento CRD al A-NPA 2009-10 para mejorar el conocimiento sobre los problemas de salud debidos a exposición, así como sobre las tecnologías de filtrado y monitorización de aire de sangrado.

Si en el futuro se dispone de nuevos elementos que evidencien que las ocurrencias de contaminación de aire de sangrado de motores o de unidades auxiliares de potencia (APU) constituyen una amenaza seria para la salud o la seguridad operacional, entonces la Agencia tomaría las acciones correctivas apropiadas, que podrían incluir la consideración de la introducción de cambios regulatorios. EASA asegura una monitorización continua de este tema, en lo que se refiere a sucesos reportados y a desarrollo del conocimiento científico. La atención primordial de EASA está dirigida a la seguridad operacional, aunque los aspectos sobre la salud también son considerados seriamente.

EASA está llevando a cabo dos estudios para mejorar el conocimiento sobre los contaminantes presentes en vuelos comerciales y sobre la toxicidad de los aceites de motores de turbina:

1. Campaña de mediciones en vuelo (referencia EASA.2014.OP.16).

Propósito: cumplimentar un conocimiento disponible relevantes sobre los contaminantes de aire de cabina presentes durante las operaciones comerciales.

Duración: desde febrero de 2015 hasta el cuarto cuatrimestre de 2016.

Actividades: se han planeado 60 vuelos con mediciones de contaminantes de aire (cabina de pasaje y de pilotaje). Los vuelos empezaron en julio de 2015. Se ha involucrado varios tipos de aeronaves y de motores (aeronaves de corto y largo alcance).

2. Caracterización de la toxicidad de los aceites de motores de turbina de aviación después de la pirolisis (referencia EASA.2015.HVP.23).

Propósito: mejorar el conocimiento sobre la toxicidad de los aceites de aviación y apoyar el análisis de contaminación de aire en cabina de pasaje y de pilotaje (como por ejemplo la campaña de mediciones en vuelo mencionada en 1).

Duración: desde noviembre de 2015 a septiembre de 2016.

Actividades: caracterización de la toxicidad del aceite de motor o del APU basado en test in vitro después de un proceso de pirolisis.

EASA también está apoyando a la Comisión Europea para preparar una convocatoria para un proyecto a gran escala. Este proyecto, que debería ser iniciado en 2016, será la continuación de la campaña de mediciones en vuelo de EASA, basándose en mediciones en vuelo adicionales y deberá también investigar otros aspectos como la contaminación de los sistemas de aire acondicionado, la contribución del equipamiento o de los interiores de la cabina al nivel de contaminación de aire y métodos de evaluación de riesgos para la salud.

EASA apoya al organismo de estandarización SAE a través de una participación activa en los borradores de trabajo de informes de prácticas recomendadas aeroespaciales e información aeroespacial. EASA contribuye al desarrollo de la ARP con el procedimiento para el muestreo y la medición de contaminantes generados por el motor y APU en suministros de aire de sangrado de motores de aviación (SAE ARP4418). Además, EASA participa en el proyecto del comité europeo de estandarización llamado "calidad del aire de cabina en aeronaves civiles-agentes químicos" (CEN TC436), el cual intenta un estándar europeo para establecer unos límites adecuados en los cuales los pilotos deberían ser notificados de la presencia de contaminantes en el suministro de aire que puedan requerir su intervención, así como los límites de detección adecuados para las mediciones.

### **1.18.8. Incidencia de los eventos de humo/olor en Alemania y el Reino Unido**

Durante los últimos años se ha producido un incremento de la sensibilidad en varios países europeos, principalmente en Reino Unido y Alemania, respecto a los incidentes de humo/olor en cabina.

De hecho, el número de sucesos reportados en estos países ha crecido de manera importante durante este periodo de tiempo. A la par de ello, se ha venido registrando un incremento de la preocupación por este tema entre las tripulaciones.

Sirva como ejemplo la “Unabhängige Flugbegleiter Organisation” (UFO), que es una organización independiente de tripulantes de cabina de Alemania, que tiene editado un folleto/guía sobre eventos de olor en cabina, dirigido a las tripulaciones de cabina de pasajeros, con información sobre los síntomas en los primeros momentos, así como sobre los efectos a largo plazo sobre la salud debidos a neurotoxicidad, e instrucciones y consejos a seguir en caso de producirse eventos de olor en cabina.

Por el contrario, en otros países del entorno, como España, no se está apreciando una variación significativa de esta tendencia, manteniéndose bastante bajo el número de casos reportados de olor en cabina. Además, la mayor parte de los casos reportados afectan a aeronaves de operadores de los países en los que existe un mayor grado de sensibilización hacia estos eventos.

### **1.18.9. Síntomas de intoxicación**

#### **1.18.9.1. Intoxicación por organofosforados**

Los compuestos organofosforados son derivados del ácido fosfórico, y son inhibidores de la enzima acetilcolinesterasa en las sinapsis nerviosas y en los eritrocitos. También inhiben la butirilcolinesterasa (también denominada colinesterasa sérica), así como otras hidrolasas de ésteres carboxílicos. En el caso de algunos organofosforados se inhibe también la esterasa neuropática o neurotóxica (NTE) y esta inhibición, (junto con el incremento del Ca<sup>2+</sup> intracelular por alteración de la enzima calcio-calmodulina-quinasa II), parecen constituir el mecanismo de producción de la neuropatía retardada.

La enzima acetilcolinesterasa se encarga de destruir el neurotransmisor acetilcolina en la sinapsis. Su inactivación por el compuesto OF produce un aumento de acetilcolina en el receptor y, por tanto, un exceso de manifestaciones colinérgicas (tanto nicotínicas como muscarínicas, centrales y periféricas).

Las manifestaciones clínicas que puede producir son<sup>19 20</sup>:

- Síndrome colinérgico:

---

<sup>19</sup> A. Pino et al. Intoxicación por Organofosforados. Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos y Neonatal del Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Sociedad Española de Cuidados Intensivos Pediátricos SECIP: [www.secip.com/publicaciones/protocolos/doc\\_download/204-intoxicacion-por-organofosforados](http://www.secip.com/publicaciones/protocolos/doc_download/204-intoxicacion-por-organofosforados) intoxicación por organofosforados

<sup>20</sup> Gervilla Caño J et al. Intoxicación por organofosforados. SEMERGEN. 2007;33(1):21-3

- Afectación muscarínica (hiperexcitabilidad general del vago): dolor abdominal, vómitos, diarrea e incontinencia fecal; broncoconstricción y micciones involuntarias; miosis y parálisis de la acomodación; aumento de todas las secreciones (broncorrea, sudoración, salivación, lagrimeo, hipersecreción gástrica, intestinal y pancreática); vasodilatación periférica con rubor e hipotensión arterial; alteraciones de la conducción auriculoventricular y bradicardia sinusal.
- Afectación nicotínica (por estimulación de fibras motoras): astenia intensa, fasciculaciones, sacudidas musculares, paresias y parálisis; taquicardia, vasoconstricción periférica, hipertensión arterial, hiperexcitabilidad miocárdica; hiperpotasemia, hiperlactacidemia e hiperglucemia.
- Afectación central: cefalea, convulsiones, confusión, coma, depresión respiratoria y alteraciones hemodinámicas.
- Síndrome intermedio: de aparición a las 24-96 horas de la clínica aguda (hasta el 6º día): parálisis de la musculatura proximal de las extremidades y del tórax con compromiso respiratorio.
- Polineuropatía retardada sensitivo-motora o “neurotoxicidad retardada inducida por organofosforados” (OPIDN) que se presenta a los 7-14 días después de la exposición.
  - Sistema nervioso periférico: se inicia en las extremidades inferiores en forma de calambres y parestias no dolorosas que progresan hacia un cuadro típico de segunda motoneurona o inferior, de evolución retrógrada, centrípeta y ascendente (parálisis flácida e hiporreflexia).
  - Sistema nervioso autónomo: frialdad y sudoración en extremidades inferiores.
  - Sistema nervioso central: síndrome piramidal o de primera motoneurona o superior, con signos de espasticidad e hiperactividad de los reflejos tendinosos profundos, excepto el aquileo.
- Afectación a largo plazo: cuadros neuropsicológicos crónicos inespecíficos, no confirmados.

La toxicidad es variable, dependiendo del agente, la dosis absorbida, su afinidad por la enzima y la duración de la exposición. Los síntomas se combinan de forma diferente, dando lugar a formas clínicas leves, moderadas y graves.

Se puede clasificar la gravedad en grados, según el Phone Score del Programa Internacional de Seguridad Química de la Organización Mundial de la Salud (IPCS/OMS):

- Grado 0: no intoxicación
- Grado 1: intoxicación leve: síntomas irritativos y/o síndrome muscarínico incompleto.



- Grado 2: intoxicación moderada: síntomas muscarínicos y nicotínicos.
- Grado 3: intoxicación severa: asocian compromiso cardiovascular, respiratorio y/o del SNC, requiriendo soporte de funciones vitales.
- Grado 4: muerte

Las formas leves quedan reducidas a un estado nauseoso, con cefalea, vértigo, debilidad muscular y puede haber pérdida de la agudeza visual (por la miosis). En las formas moderadas pueden aparecer congestión facial, náuseas, vómitos, calambres abdominales, estímulo exocrino (salivación, lagrimeo, sudor), dolor ocular, fotofobia, temblores musculares.

El diagnóstico precisa:

- Historia clínica y de exposición al tóxico.
- Sintomatología clínica y en algunos OF el olor característico a ajo.
- Exploraciones complementarias:
  - Reducción de la actividad de la acetilcolinesterasa plasmática o intraeritrocitaria. La correlación entre niveles de colinesteras y la clínica leve o moderadas es mala y de difícil interpretación. La colinesterasa intraeritrocitaria correlaciona algo mejor con la clínica.
  - ECG de 12 derivaciones (alargamiento del QTc, bradicardia o taquicardia sinusal, bloqueos AV, extrasístoles ventriculares, taquicardia ventricular tipo torsades, PR alargado...).
  - Analítica sanguínea: electrolitos, glucosa, BUN, transaminasas hepáticas, etc.
  - Gasometría. Pulsioximetría.
  - Radiología de tórax (casos graves).

La mayoría de los pacientes se recuperan sin secuelas, si bien es conveniente la observación hospitalaria y el control posterior en Atención Primaria. Se debe vigilar la aparición del síndrome intermedio y la OPIDN. Los casos con síntomas prolongados están en general relacionados con exposiciones prolongadas.

#### 1.18.9.2. *Intoxicación por glicol*

El glicol usado en los líquidos de deshielo es tóxico por ingestión, pudiendo producir síntomas como náuseas, vómitos, convulsiones, estupor o incluso coma.

Su inhalación produce sobre todo síntomas irritativos respiratorios y tal vez en los ojos, así como dolor de cabeza.

### 1.18.9.3. *Uso de compuestos organofosforados en aceites de motor*

Los aceites de los motores contienen hidrocarburos sintéticos y aditivos, incluyendo un compuesto organofosforado llamado tricresil fosfato (TCP<sub>1</sub>) como lubricante de alta presión.

El TCP<sub>1</sub> puede ser tóxico a corto y largo plazo, con efectos sobre el sistema nervioso, entre otros. La neurotoxicidad de TCP<sub>1</sub> se debe a su isómero orto: tri-orto-cresil-fosfato (ToCP o ToCP). Este isómero deteriora la función sináptica neuromuscular y en los nervios periféricos, si bien no parece tener efectos centrales de carácter cognitivo.

Otros isómeros incluyen: MoCP (mono-ortho-4 cresyl phosphate) y DoCP (di-ortho-cresyl phosphate) con toxicidad similar. Los isómeros para y meta no son tóxicos en humanos.

La concentración de TCP<sub>1</sub> en aceites de motor de aviación varía, pero normalmente es menor del 3%. La ToCP es menos del 0,2% del total del TCP<sub>1</sub>. Por tanto, la concentración total de ToCP en aceite de motor es menor que el 0,006% del total del aceite del motor.

Diversos estudios han demostrado que incluso en incidentes con olores en cabina, la cantidad de TCP<sub>1</sub> e isómeros registrados en el aire ha estado siempre por debajo de los umbrales de exposición recomendados por diversas organizaciones de seguridad e higiene laboral. Sin embargo, en 2007, el Comité Toxicológico del Reino Unido, en una evaluación realizada a petición del Departamento de Transporte concluyó que, si bien no se pudo identificar la relación causal entre la presencia de dichos gases contaminantes y la salud de las tripulaciones, el hecho de que existieran casos con una estrecha relación temporal de presencia de gases/humos y efectos agudos en la salud, hacía pensar que podría existir una relación entre ambos.

Actualmente hay alguna compañía fabricante que está investigando en el desarrollo de aceites de motor sin TCP<sub>1</sub>.

De hecho, la empresa francesa NYCO fabrica y comercializa un aceite de estas características, aunque solamente está certificado para ser usado en las unidades auxiliares de potencia (APU).

## 1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No es de aplicación.

## 2. ANALISIS

### 2.1. Del suceso

Se ha constatado que durante la aproximación de la aeronave al aeropuerto de Gran Canaria se produjo un episodio de olor en cabina que fue apreciado por todos los tripulantes, y que les produjo cierto malestar físico.

En cambio no parece que este olor tuviese gran incidencia sobre el pasaje, ya que no se registró ninguna queja por parte de ningún pasajero durante el desembarque o en los siguientes días. No obstante, existen explicaciones razonables a ello:

Explicación fisiológica: los tripulantes de cabina suelen estar físicamente más activos que los pasajeros. Por este motivo tienden a tener un régimen respiratorio más alto. Cada respiración por tanto puede suponer la inhalación de una dosis de una hipotética sustancia tóxica que estuviera en el aire.

Explicación psicológica: los pasajeros tienden a atribuir la causa de cualquier malestar individual bien a las náuseas por los movimientos de la aeronave o a cualquier circunstancia o condición previa, como por ejemplo haber estado de celebración hasta tarde la noche anterior. En el momento en que ocurrió este accidente la mayor parte de los pasajeros no habrían asumido que pudiera haber alguna conexión entre el olor en cabina y un malestar individual.

El servicio médico del aeropuerto tampoco atendió a pasajero alguno, y no hay ninguna evidencia concluyente de que después del vuelo ninguno de ellos haya estado afectado.

Tras el desembarque del pasaje, los miembros de la tripulación de cabina fueron preguntados por su estado físico, respondiendo 5 de los 6 que, en mayor o menor medida, se encontraban todavía afectados físicamente por el suceso.

Durante la realización de las pruebas que se hicieron antes de iniciar el vuelo de regreso a Alemania, volvió a percibirse el olor y se produjo un incremento de las afecciones físicas de alguno de los tripulantes de cabina.

La coincidencia temporal de los eventos de olor y la aparición y agudización de las afecciones físicas de los tripulantes requiere ser considerada. Podría indicar la presencia de una relación causa-efecto entre ellos. Aunque también podría ser debida a un efecto nocebo.

### 2.2. Investigación sobre la aeronave

Durante las pruebas funcionales del sistema de aire acondicionado que se realizaron en el aeropuerto de Gran Canaria, no se reprodujo el episodio de olor en cabina. Ninguna de

las personas que estaban a bordo de la aeronave notó olor extraño, así como tampoco sintieron ningún síntoma físico.

La inspección de la aeronave que se llevó a cabo en el aeropuerto de Gran Canaria, tanto antes como después de las pruebas funcionales, no reveló ninguna información acerca del posible origen del olor, ni se detectó ninguna evidencia de que se hubiera producido derrame alguno de aceite de los motores y APU, ni de líquido hidráulico. El único hallazgo reseñable fueron los 5 litros de líquido de deshielo que se encontraron en la bandeja del APU.

Posiblemente este líquido procedía del tratamiento de deshielo que se le realizó en el aeropuerto de Hamburgo al inicio del vuelo en el que ocurrió el suceso.

Durante el posterior vuelo de posicionamiento al aeropuerto de Frankfurt se reprodujo el episodio de olor en tres ocasiones. El primero fue en el rodaje, durante el que los ocupantes percibieron un olor extraño, pero sin notar ningún síntoma físico. El "Greywolf" captó un incremento de TVOC coincidiendo con el olor.

Los otros dos episodios se produjeron durante el vuelo. De la declaración de los ocupantes se desprende que el olor fue mucho más intenso que el que se había percibido durante el rodaje. Además varios de los ocupantes notaron síntomas físicos: irritación en lengua y garganta y adormecimiento de los extremos de los dedos, que remitieron poco después de cesar el olor. Por el contrario, ninguno de los dos sensores registró variación alguna.

A la vista de las diferencias entre el primer episodio y los dos siguientes, cabe deducir que posiblemente tuvieron orígenes diferentes.

El primero no tuvo ninguna incidencia física, siendo detectado por los ocupantes sólo a nivel olfativo y por uno de los sensores, que registró un aumento de TVOC. Este episodio pudo tener su origen en la entrada a la cabina de humo de combustión de otra aeronave, u otro tipo de contaminación del aire exterior.

En cambio en los otros dos episodios parece que la intensidad del olor fue bastante mayor que la que hubo durante el rodaje, aunque los sensores no registraron ninguna variación. En cuanto a las afecciones físicas, conviene resaltar el hecho de que fueron pasajeras, desapareciendo totalmente después de cesar el olor. Alguno de los síntomas percibidos, irritación de lengua y garganta, podrían ser compatibles con una contaminación del aire por glicol. No sería descartable que hubiese quedado líquido de deshielo en alguna otra zona de la aeronave, además de la bandeja del APU, y que se hubiese desplazado durante el vuelo hasta introducirse en el sistema de aire acondicionado.

Por el contrario, el glicol no pudo producir los síntomas de adormecimiento percibidos. Además, hay que tener en cuenta que de haber entrado líquido de deshielo en la cabina,

debería haber sido detectado por el sensor "aerotracer", lo que no ocurrió. Esto llevaría a descartar el líquido de deshielo como origen tanto del olor, como de los síntomas físicos.

El hecho de que estos síntomas cesaron inmediatamente después de haber desaparecido el olor, podría ser indicativo de un origen psicossomático<sup>21</sup>.

En este sentido, conviene recordar que los ocupantes de la aeronave eran conocedores del evento que había ocurrido en el vuelo anterior, así como de los detalles de los síntomas percibidos por los tripulantes afectados. La percepción de un olor intenso, unida a la aparición de irritación, pudo producir una situación de estrés tal, que hiciera que los afectados empezaran a "sentir" el resto de afecciones, es decir, las sensaciones de adormecimiento.

A ello también pudo contribuir el estado de sensibilización respecto a eventos de olor que existe actualmente en Alemania.

No obstante, estos síntomas pudieron ser reales, aunque de ser así, el mecanismo que lo produjo debió ser diferente del que intervino en el vuelo del suceso, a la vista de la gran diferencia entre las afecciones producidas en uno y otro caso.

El operador realizó una prueba tras haber hecho un tratamiento de deshielo, que permitió constatar que el líquido utilizado en el tratamiento podía introducirse en la cabina a través del sistema de aire acondicionado. Si bien esta prueba demuestra que esa contaminación se puede producir, y que, consecuentemente, podría afectar adversamente a la calidad del aire de cabina, no sirve para identificar el líquido de deshielo como causante del accidente, ya que este compuesto no produce las afecciones sobre la salud sufridas por los tripulantes afectados, tanto en su estado en condiciones ambientales normales, como cuando es calentado hasta 200°C.

El resto de inspecciones y pruebas llevadas a cabo en las instalaciones del operador, con apoyo del fabricante, no revelaron ningún indicio sobre cual pudo ser el origen de los olores.

Tras ello se remplazaron muchos elementos del sistema de aire acondicionado y se realizó una limpieza de la cabina, como medida preventiva.

La aeronave retornó al servicio con posterioridad.

Esta circunstancia podría dar pie al establecimiento de la hipótesis de que la fuente del olor podría encontrarse en alguno de los elementos del sistema de aire acondicionado que fueron reemplazados, o bien en compuestos que se habrían ido depositando sobre los paneles de revestimiento de la cabina, combinados con alguna otra circunstancia como pudo ser el olor del adhesivo utilizado durante la reposición de la moqueta, etc., aunque tampoco permitiría descartar que se debiera a un hecho puntual.

---

<sup>21</sup> Se define como psicossomático un proceso de origen psíquico que tiene influencia en lo somático, en lo corpóreo.

En conclusión, las investigaciones realizadas sobre la aeronave no han aportado ninguna evidencia que aporte indicio alguno sobre cual pudo ser la fuente del olor experimentado.

Por otra parte, en las pruebas llevadas a cabo con los sensores, así como en los análisis realizados sobre muestras de aire de cabina, test del APU, etc., no se ha detectado la presencia de ningún compuesto en concentración suficiente para producir los síntomas físicos descritos, de acuerdo con los valores de los umbrales que actualmente se consideran aceptables.

### **2.3. Información médica sobre la tripulación**

Una de las circunstancias que llama la atención en primer término es la gran diferencia que hay entre los grados de afección sufridos por los miembros de la tripulación, tanto en lo que se refiere a los síntomas agudos, como en los de largo plazo.

Ello podría deberse a múltiples causas, como por ejemplo, diferencias en la sensibilización a determinados compuestos, exposiciones previas, estado de salud, diferencias psicológicas, etc. También podría obedecer a que el supuesto contaminante no se hubiera mezclado homogéneamente con toda la masa de aire del sistema. Debido a este hecho, podría haber habido grandes diferencias de la concentración del contaminante entre las salidas del sistema, lo que podría haber favorecido que afectase más a unos tripulantes que a otros.

Los síntomas reportados por el tripulante que ocupaba la posición 2R, en especial tras el segundo episodio, parecen compatibles a una exposición a organofosforados.

En el segundo electromiograma de fibra simple (EMGFS) que se le realizó al tripulante que ocupaba la posición 2R, se detectó una ligera disfunción de la transmisión neuromuscular.

El estudio de fibra simple es una exploración que se realiza con una aguja especial, que es capaz de explorar una fibra muscular aislada (el estudio EMG normal estudia unidades motoras, que están compuestas de varias fibras musculares). Las dos indicaciones fundamentales son la detección de cambios en la estructura de la Unidad Motora y el estudio de la transmisión neuromuscular. Para que el músculo se contraiga es necesario un estímulo del nervio, lo que libera una cantidad de AcetilColina en la unión entre el nervio y el músculo -la placa neuromuscular-. En una situación normal hay AcetilColina suficiente para producir la contracción muscular repetidas veces. En el estudio de fibra simple o jitter lo que se hace es estimular el nervio cerca del músculo de forma repetida, y se mide el tiempo que tarda en producirse la contracción muscular. Si el músculo es normal se contraerá siempre tras el mismo tiempo de estimular el nervio, porque hay AcetilColina suficiente para producir cada contracción. Si no hay suficiente AcetilColina tras unos po-

cos estímulos en el nervio puede retrasarse la contracción muscular, o incluso no aparecer. Este fenómeno se llama aumento en la variabilidad de la contracción muscular, y se ve en prácticamente todos los casos de problemas de placa motora.

El conjunto de pruebas e informes médicos de que se dispone hasta este momento de esta tripulante, parece acreditar la existencia de afecciones físicas y cognitivas compatibles con una intoxicación por algún tipo de neurotoxina.

#### **2.4. Intoxicación. Relación causa-efecto**

El diagnóstico del hospital de Berlín donde fue atendido el tripulante 2R, apunta al fosfato de tricresilo (TCP<sub>1</sub>) como causa de la intoxicación, basándose únicamente en el hecho de que los síntomas que produce la intoxicación por este compuesto son similares a los que padece el tripulante. No obstante, en el mismo diagnóstico se reconoce que es difícil, sino inviable, demostrar que el TCP<sub>1</sub> es el causante de la intoxicación.

El informe del Dr Abou-Donia refrendaría el diagnóstico de daños neuronales, mediante la presencia de anticuerpos anti proteínas del sistema nervioso. No obstante, no se dispone de detalles concretos de los ensayos. Asimismo, como afirma el propio Dr Abou-Donia, esta prueba es del todo inespecífica, lo que quiere decir que sólo posibilitaría acreditar el efecto (daños neuronales por intoxicación), pero no sirve para identificar sus causas (toxina).

Los análisis de sangre efectuados al copiloto y a los tripulantes 2R y 2L el mismo día del accidente en la Clínica del Perpetuo Socorro, incluían la determinación de colinesterasa sérica. Los resultados de los tres tripulantes arrojaron valores normales.

Como se indica en el apartado 1.18.9.1, los compuestos organofosforados, como es el TCP<sub>1</sub>, son inhibidores de la enzima acetilcolinesterasa en las sinapsis nerviosas y en los eritrocitos, así como de la butirilcolinesterasa, también denominada colinesterasa sérica.

El hecho de que los valores de la colinesterasa sérica determinados en los análisis hechos el día del accidente fueran normales, apuntarían a descartar la intervención de compuestos organofosforados en la intoxicación.

No obstante, conviene señalar que los valores de la colinesterasa sérica no son indicadores concluyentes de la intervención de compuestos organofosforados. Por este motivo, los resultados de los análisis deben tomarse con reserva, no pudiendo servir de base para descartar plenamente la presencia de este tipo de compuestos.

Por el contrario, los valores de la colinesterasa eritrocitaria sí se considera representativos. En este caso los valores de la colinesterasa se obtienen de células (eritrocitos), en lugar de

hacerlo del suero (sérica). Su determinación es bastante más compleja que sobre suero, y de hecho, únicamente la realizan algunos laboratorios especializados, por lo que no es usual disponer de este dato.

En las analíticas realizadas en Gran Canaria no se determinó la colinestrasa sobre célula, no teniéndose tampoco constancia que se hicieran posteriormente en Alemania.

Ninguno de los datos de que se dispone han posibilitado la identificación del agente tóxico, así como tampoco han permitido afirmar, ni desmentir, que la intoxicación fuera causada por el fosfato de tricresilo.

### **2.5. Antecedentes en los que parece haber una relación causa-efecto**

La mayor parte, sino la totalidad, de los casos en los que parece haber una relación directa causa-efecto entre la aeronave y efectos sobre la salud en las personas, se ha tratado de eventos en los se ha producido una contaminación puntual del aire de la cabina debido a derrames de alguno de los fluidos usados en la aeronave, causados bien por fallos de material, tales como roturas de sellos, o bien por incorrectas prácticas de mantenimiento, etc.

Alguno de estos casos afectó a aeronaves del mismo tipo que la del suceso analizado en este informe, que dio lugar a la emisión de una recomendación de seguridad operacional. A resultas de ello, se adoptaron medidas de mejora de las prácticas de mantenimiento cuyo fin era evitar fuere se pudiera contaminar el aire de sangrado por derrames de aceite procedentes de los motores, a causa de incorrectas operaciones de mantenimiento.

No se tiene constancia de que hasta la fecha haya habido ningún caso en el que se haya determinado que se hayan producido afecciones sobre la salud de las personas, como consecuencia de la exposición reiterada a aire de cabina de calidad estándar. Entendiendo como tal, un aire suministrado por el sistema de aire acondicionado procedente de sangrado de motor o APU, estando operando estos equipos en condiciones normales de operación, y sin que se hayan producido derrames de aceite, líquido hidráulico, etc.

### **2.6. Situación actual**

Como se ha reflejado en varios subapartados del punto 1.18, actualmente existe una gran controversia acerca de la posible contaminación del aire de cabina en las aeronaves y su incidencia sobre la salud de las personas.

De la información disponible se desprende que en los últimos años se está produciendo un incremento del número de casos reportados de incidencias sobre la salud por supuesta



exposición de contaminantes en cabina, que dan como resultado síntomas físicos y cognitivos. Esto podría deberse a un aumento de los casos o bien al incremento de los reportes a causa de la acentuación de la sensibilización de las tripulaciones hacia estos temas.

Aparentemente, ninguna de las partes pone en tela de juicio la toxicidad de determinados compuestos presentes en los aceites de motor, tales como el TCP<sub>1</sub>. Las diferencias se refieren principalmente a los efectos acumulativos de la exposición a pequeñas concentraciones de estos compuestos, a los efectos de la altura y a los mismos umbrales de toxicidad, ya que sostienen que estos están establecidos en base a la exposición de un único agente tóxico, mientras que en el aire de cabina pueda haber multitud de ellos.

Si bien el desarrollo de aceites de motor libres de TCP<sub>1</sub> minimizaría el riesgo de contaminación del aire de cabina por organofosforados, no constituiría una solución completa a este problema, ya que persistiría la posibilidad de que se produjese una contaminación por otros agentes tóxicos.

Los estudios e investigaciones que se han llevado a cabo hasta la fecha no han arrojado conclusiones definitivas sobre la incidencia del aire de cabina sobre la salud. Es más, en varios de ellos se recomienda que se continúe la investigación, habiendo de hecho varias iniciativas de este tipo en marcha.

Tampoco se ha realizado ningún estudio epidemiológico que permita conocer de un modo científico cual es el impacto real del aire de cabina sobre la salud de las personas.

Vista la preocupación que sobre este tema existe entre los diferentes actores aeronáuticos, así como el aumento de los supuestos casos de afecciones físicas por contaminación del aire de cabina y el escaso conocimiento real sobre la incidencia de la calidad del aire de cabina sobre la salud, parece que sería aconsejable continuar los estudios e investigaciones que permitan tener un conocimiento adecuado de esta materia.

Varios países ya han acometido estudios e investigaciones en esta materia, aunque no han llegado a ninguna conclusión definitiva, por lo que se han formulado varias recomendaciones para que se continúe investigando, y, de hecho, actualmente hay varios estudios en marcha.

Por este motivo se emite una recomendación de seguridad operacional dirigida a la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para que monitorice investigaciones y/o estudios dirigidos por organizaciones representativas de las autoridades de aviación civil, la industria, e instituciones académicas y de investigación para determinar el impacto real que la exposición al aire de cabina contaminado puede tener sobre la salud de las personas y tome acciones para mejorar la seguridad, de ser necesario.



### 3. CONCLUSIONES

#### 3.1. Constataciones

- Los miembros de la tripulación eran titulares de licencias y estaban calificados para el vuelo de conformidad con la reglamentación vigente.
- Los registros de mantenimiento indicaban que la aeronave estaba equipada y había recibido mantenimiento de acuerdo con la reglamentación y los procedimientos aprobados en vigor.
- Durante la aproximación al aeropuerto de Gran Canaria se produjo un evento de olor en cabina.
- Coincidiendo con el episodio de olor varios miembros de la tripulación notaron afecciones físicas.
- Tras el aterrizaje y desembarque del pasaje se realizó una inspección de la aeronave en la que no se detectó ninguna anomalía, ni evidencia sobre el origen del olor.
- La tripulación decidió realizar una prueba del sistema de aire acondicionado de la aeronave, previamente al inicio del siguiente vuelo.
- Durante esta prueba se reprodujo el olor, aún con más intensidad.
- Coincidiendo con el episodio de olor, se reprodujeron las afecciones físicas en varios miembros de la tripulación, incluso de forma más virulenta.
- El copiloto y dos tripulantes de cabina fueron llevados a un hospital, donde permanecieron atendidos durante varias horas.
- Los dos tripulantes de cabina tenían síntomas neurológicos: trastorno de la marcha y el equilibrio y deficiencias cognitivas.
- El copiloto se encontraba asintomático.
- Las pruebas y análisis realizados a los miembros de la tripulación hasta el momento de elaborar este informe no han aportado información acerca del agente que produjo los síntomas físicos y cognitivos.
- Las inspecciones posteriores de la aeronave no revelaron ninguna evidencia o indicio sobre el origen del olor.

- No siempre hubo correlación entre los episodios de olor y las indicaciones del Aerotra- cer/GreyWolf.
- Hasta la fecha no hay ninguna evidencia de que el líquido de deshielo (glicol) pueda haber causado el olor o los síntomas.
- Después de reemplazarse partes del sistema de aire acondicionado, el APU y limpiarse la cabina, la aeronave retornó al servicio.
- Inmediatamente después de retornar a Hamburgo, un tercer tripulante de cabina enfermó. El estado de salud de los tres tripulantes de cabina empeoró días después del accidente. Uno de ellos hubo de ser ingresado tres veces en un hospital. La primera vez fue desde el 24 de abril hasta el 28 de abril. Dos de los tripulantes de cabina quedaron incapacitados para volar o trabajar, en tanto que el tercero dejó el trabajo, después de sufrir una recaída.
- Actualmente existe una gran controversia acerca de la posible contaminación del aire de cabina en las aeronaves, y su incidencia sobre la salud de las personas.
- Los estudios e investigaciones realizados hasta la fecha no han proporcionado conocimiento suficiente para valorar la calidad del aire de cabina y su incidencia sobre la salud.

### 3.2. Causas/factores contribuyentes

La investigación de este suceso ha revelado unas evidencias circunstanciales que sugerirían que varios miembros de la tripulación resultaron afectados por una contaminación del aire de cabina que estaba siendo suministrado por el sistema de aire acondicionado de la aeronave.

Tras varias pruebas y análisis realizados hasta la fecha, la investigación no ha llegado a resultados concluyentes acerca de cuál pudo ser la fuente de esa posible contaminación, ni sobre cual pudo ser el hipotético compuesto tóxico.

#### **4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL**

**REC. 15/2016.** Se recomienda a la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que monitorice investigaciones y/o estudios dirigidos por organizaciones representativas de las autoridades de aviación civil, la industria, e instituciones académicas y de investigación para determinar el impacto real que la exposición al aire de cabina contaminado puede tener sobre la salud de las personas y tome acciones para mejorar la seguridad, de ser necesario.

