Informe técnico

IN-005/2022

Incidente ocurrido el día 8 de febrero de 2022, a la aeronave BOEING B767-332ER, matrícula N1602, operada por Delta Air Lines, en UIR LECM (Galicia, España)



Advertencia

El presente informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas probables y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.6 del Reglamento (UE) nº 996/2010, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de octubre de 2010; el art.15 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea; y los arts. 1 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, ni prejuzga la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos por los que deben regirse las pruebas en un proceso judicial.

Consecuentemente, el uso que se haga de este informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.

Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil - CIAIAC

Subsecretaría Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana Gobierno de España

C∖ Fruela, 6 28011 Madrid España

NIPO: 796-23-088-0

INDICE

Adve	rtencia		2
INDIC	E		3
ABRE	VIATUR	AS	6
Sinop	sis		8
1.	IN	FORMACION SOBRE LOS HECHOS	. 10
	1.1.	Reseña del incidente	. 10
	1.1.1.	Información del vuelo anterior	. 10
	1.1.2.	Información del vuelo del incidente	. 10
	1.1.2.1	I. Crucero	. 10
	1.1.2.2	2. Descenso a la altitud de seguridad	. 11
	1.1.2.3	3. Continuación del vuelo y aterrizaje	. 12
	1.2.	Lesiones a personas	. 13
	1.3.	Daños sufridos por la aeronave	. 14
	1.4.	Otros daños	. 14
	1.5.	Información sobre el personal	. 14
	1.5.1.	Tripulación de vuelo	. 14
	1.5.2.	Tripulación auxiliar de cabina	. 16
	1.5.3.	Personal de mantenimiento	. 17
	1.6.	Información sobre la aeronave	. 17
	1.6.1.	Información general	. 17
	1.6.2.	Estado de aeronavegabilidad	. 18
	1.6.3.	Información sobre el sistema de control de la presurización	. 18
	1.6.4.	Información sobre el sistema de oxígeno	. 20
	1.6.5.	Información sobre el sistema de agua	. 21
	1.6.6.	Procedimiento de control automático de cabina inoperativo	. 21
	1.6.7.	Procedimiento de altitud de cabina excesiva o descompresión rápida	. 23
	1.6.8.	Procedimiento de respuesta ante una descompresión para TCP	. 25
	1.7.	Información meteorológica	. 26

	1.7.1.	Información de la situación meteorológica general	. 26
	1.7.2.	Información meteorológica en la zona del incidente	. 27
	1.8.	Ayudas para la navegación	29
	1.9.	Comunicaciones	. 29
	1.10.	Información de aeródromo	29
	1.11.	Registradores de vuelo	. 29
	1.11.1 INOP	. Despegue, ascenso a nivel de crucero final FL370 y aviso CABIN AUT 30	0
	1.11.2	. Activación del aviso CABIN ALTITUDE	31
	1.11.3	. Descenso desde FL340 hasta FL120 y declaración de emergencia	31
		. Vuelo a FL120, ascenso, crucero a FL280, descenso, aproximación y aje	33
	1.11.5	. Preservación de registradores de vuelo	33
	1.12.	Información sobre los restos de la aeronave	. 34
	1.13.	Información médica y patológica	. 34
	1.14.	Incendio	. 34
	1.15.	Aspectos relativos a la supervivencia	. 34
	1.16.	Ensayos e investigaciones	. 34
	1.16.1	. Inspección del sistema de presurización y pruebas en campo	34
	1.16.2	. BITE test de los controladores de presión de cabina en tierra	37
	1.16.3	. Prueba funcional de la OFV realizada por Honeywell	38
	1.17.	Información organizativa y de dirección	38
	1.18.	Información adicional	. 38
	1.18.1	. Información de sucesos similares	38
	1.18.2	. Información proporcionada por el fabricante del CPC	39
	1.18.3	. Acciones para la detección y solución de problemas	. 40
	1.18.4	. Información del boletín de servicio de Boeing 767-38A0073	. 40
	1.18.5	. Acciones del operador	41
	1.19.	Técnicas de investigación especiales	. 42
2.	AN	IÁLISIS	43
	2.1.	Análisis de la fuga	43

	2.2.	Análisis sobre la utilización de las abrazaderas de plástico 43
	2.3.	Análisis de la detección y grabación del fallo en la memoria del CPC 44
	2.4.	Análisis de la tarea 803 de 21-31 del FIM44
	2.5.	Análisis de la posición de la OFV y ubicación del hielo 45
	2.6.	Análisis de la gestión de la despresurización
	2.7.	Análisis de la continuación del vuelo
3.		CONCLUSIÓN47
	3.1.	Constataciones
	3.2.	Causas / Factores contribuyentes
4.		RECOMENDACIONES
5.		
		APÉNDICES
	5.1.	APÉNDICES 50 Componentes del sistema de presurización 50
	5.1. 5.2.	
		Componentes del sistema de presurización50
	5.2.	Componentes del sistema de presurización
	5.2.5.3.	Componentes del sistema de presurización

ABREVIATURAS

0.0	Crades Coloius (contigrados)			
°C	Grados Celsius (centígrados)			
ACARS	Corriente alterna			
ACARS	Sistema de direccionamiento e informe para comunicaciones de aeronaves			
ACC	Centro de control de área o control de área			
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología			
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea			
AMM	Manual de mantenimiento de la aeronave			
APU	Grupo auxiliar de energía			
ATC	Control de tránsito aéreo			
ATPL(A)	Licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión			
BITE	Equipo de pruebas integrado (Built-in test equipment)			
CAVOK	Condiciones de visibilidad de 10 km o más, ninguna nube por debajo de 5000 pies, ausencia de cumulonimbos y torrecúmulos y ningún fenómeno meteorológico significativo			
CAS	Velocidad aerodinámica calibrada			
CIAIAC	Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil			
CPC	Controlador de presión de cabina (Cabin pressure controller)			
CVR	Registrador de voces del puesto de pilotaje			
DC	Corriente continua			
EDDM	Indicador OACI del aeropuerto internacional de Munich-Franz Josef Strauss (Alemania)			
EICAS	Sistema de indicación de los parámetros del motor y de alerta a la tripulación			
FAA	Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos			
FAR	Reglamentos Federales de Aviación			
FCOM	Manual de operaciones de la tripulación de vuelo			
FCTM	Manual de entrenamiento de la tripulación de vuelo			
FDR	Registrador de datos de vuelo			
FIC	Centro de información de vuelo			
FIM	Manual de aislamiento de fallos			
FL	Nivel de vuelo			
ft	Pie(s)			
ft/min	Pies por minuto			
h	Hora(s)			
hPa	Hectopascal(es)			
IFR	Reglas de vuelo por instrumentos			
IPC	Catálogo ilustrado de piezas			
KATL	Indicador OACI del aeropuerto internacional Hartsfield-Jackson de Atlanta (Estados Unidos)			
KJFK	Indicador OACI del aeropuerto internacional John F. Kennedy (Nueva York, Estados Unidos)			
kg	Kilogramo(s)			
km	Kilómetro(s)			
km/h	Kilómetros por hora			
kt	Nudo(s)			
LEBL	Indicador OACI del aeropuerto de Josep Tarradellas Barcelona-El Prat (España)			
LECM	Madrid FIC/ACC			

LEMD	Indicador OACI del aeropuerto internacional Adolfo Suárez Madrid Barajas (España)
LEST	Indicador OACI del aeropuerto Santiago/ Rosalía de Castro (España)
NVM	Memoria no volátil
m	Metro(s)
M	Número de Mach
m ²	Metro(s) cuadrado(s)
MCC	Centro de Control de Mantenimiento
METAR	Informe meteorológico ordinario de aeródromo (en clave meteorológica aeronáutica)
MHz	Megahercio (s)
NM	Milla(s) naútica(s)
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OBM	Manual a bordo (On-Board Manual)
OFV	Válvula de salida de flujo (Outflow valve)
PF	Piloto a los mandos
PN	Número de parte
PM	Piloto monitorizando
psi	Libra (s) por pulgada cuadrada
PSU	Unidades de servicio a pasajero
QNH	Reglaje de la subescala del altímetro para obtener la elevación estando en tierra (reglaje de precisión para indicar la elevación por encima del nivel medio del mar)
QRH	Manual de Referencia Rápido (Quick Reference Handbook)
RD	Real Decreto
SB	Boletín de servicio (Service Bulletin)
SN	Número de serie
TCP	Tripulante (s) de cabina de pasajeros
TLB	Libro técnico de la aeronave
UE	Unión europea
UIR	Región superior de información de vuelo
UTC	Tiempo universal coordinado
Vmo/Mmo	Velocidad o número de Mach máximos permisibles de utilización
WAFC	Centro mundial de pronósticos de área

Informe técnico IN-005/2022

Propietario: Delta Air Lines

Operador: Delta Air Lines

Aeronave: BOEING B767-332ER, N1602

(Estados Unidos)

Fecha y hora del incidente: 8 de febrero de 2022, 6:24 h¹

Lugar del incidente: UIR LECM (Galicia)

Personas a bordo: 9 (tripulación), 59 (pasajeros)

Tipo de vuelo: Transporte aéreo comercial - Regular

Internacional – De pasajeros

Fase de vuelo: En ruta

Reglas de vuelo: IFR

Fecha de aprobación: 31 de mayo de 2023

Sinopsis

Resumen:

El martes 8 de febrero de 2022, la aeronave Boeing 767-332ER operada por Delta Air Lines realizaba un vuelo entre el Aeropuerto Internacional John F. Kennedy de Nueva York (Estados Unidos) y el Aeropuerto Internacional Adolfo Suárez Madrid Barajas (España).

En el libro técnico de la aeronave constaba que, durante el vuelo anterior, el control automático de la presurización había fallado y una vez en tierra mantenimiento había realizado las comprobaciones asociadas sin encontrar anomalías.

Cuando la aeronave sobrevolaba el océano Atlántico la tripulación recibió una indicación de fallo del sistema de presurización automático de cabina. A partir de

¹ Salvo indicación en contra, todas las horas en el presente informe están expresadas en hora UTC. La hora local en el aeropuerto de salida (Nueva York) se obtiene restando 5 h a la UTC. La hora local en el aeropuerto de destino (Madrid) se obtiene sumando 1 h a la UTC

ese momento, la tripulación empezó a controlar manualmente la presión de cabina² y continuó el vuelo. En la península ibérica, sobrevolando Galicia, la presión de la cabina descendió por la pérdida del control manual del sistema de presurización, la tripulación tuvo que hacer uso de las máscaras de oxígeno y las mascarillas de oxígeno se desplegaron para los pasajeros. La tripulación declaró emergencia y descendieron. Posteriormente, tras recuperar el control manual del sistema de presurización, la aeronave ascendió para continuar el vuelo y aterrizó en el aeropuerto de destino con normalidad.

Los ocupantes de la aeronave resultaron ilesos y la aeronave no sufrió daños.

Tras el vuelo mantenimiento inspeccionó la aeronave encontrando hielo en la válvula de salida de flujo y un tubo próximo a ella que perdía agua, junto a una abrazadera de plástico rota que ajustaba el tubo.

La investigación ha puesto de manifiesto como causa del incidente el agua procedente de una fuga de un tubo con una abrazadera rota, que al congelarse bloqueó las compuertas de la válvula de salida de flujo.

Se consideran como factores contribuyentes:

- La utilización de abrazaderas de plástico para ajustar tubos en las proximidades de la OFV (sección 46), cuyo deterioro ya había causado fugas con anterioridad en otros sucesos en el compartimento de aviónica (sección 41), donde habían sido reemplazadas por abrazaderas metálicas.
- La ausencia de fallo en el BITE test en tierra realizado antes del vuelo.
- La ausencia de una inspección visual de la OFV en la tarea 803 de 21-31 del FIM cuando el sistema de presurización automático queda inoperativo en vuelo, la operación manual funciona correctamente y el BITE test no proporciona fallo en tierra.

Se han emitido dos recomendaciones de seguridad al operador para trasladar las lecciones aprendidas en este suceso al personal de vuelo y al personal de mantenimiento.

Se ha emitido una recomendación al fabricante del controlador de presión para que valore las posibilidades de que el CPC pueda no registrar un blocaje de la OFV por un elemento externo y las implicaciones que conlleve.

Por último, se han emitido dos recomendaciones al fabricante de la aeronave, para que considere remplazar las abrazaderas de plástico y para que valore adoptar medidas adicionales en la tarea 803 de 21-31 del *FIM* cuando el BITE test no proporcione fallo en tierra, tras el fallo del sistema de presurización automático, con el control manual funcionando normalmente en vuelo.

² En el presente informe la presión en el interior de la cabina del avión se expresa en psi o en su equivalencia a altitud de cabina en ft.

1. INFORMACION SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del incidente

1.1.1. Información del vuelo anterior

El lunes 7 de febrero de 2022, la aeronave BOEING B767-332ER operada por Delta Air Lines y matrícula N1602 realizó un vuelo con origen el Aeropuerto de Josep Tarradellas Barcelona-El Prat (LEBL, España) y destino el Aeropuerto Internacional John F. Kennedy de Nueva York (KJFK, Estados Unidos).

Durante el vuelo, el sistema de control automático de la presurización quedó inoperativo produciendo un aviso CABIN AUTO INOP para la tripulación cuando la aeronave se encontraba en crucero a FL340. El vuelo se completó y aterrizó a las 20:01 h sin incidencias, controlando manualmente la presurización de la cabina.

La tripulación anotó esta incidencia en el libro técnico de la aeronave o TLB. Posteriormente, el personal de mantenimiento llevó a cabo las acciones para localizar y subsanar el fallo del sistema automático de presurización. Las pruebas realizadas por mantenimiento (BITE test) no mostraron indicaciones de fallo, no se encontraron antecedentes de fallos y el sistema funcionó con normalidad. A consecuencia de lo cual el avión se despachó para el siguiente vuelo con el sistema automático de presurización operativo.

1.1.2. Información del vuelo del incidente

Aproximadamente cuatro horas después, a las 00:44:04 h del martes 8 de febrero de 2022, la aeronave con matrícula N1602 e indicativo DAL126 despegó del Aeropuerto Internacional John F. Kennedy de Nueva York (KJFK, Estados Unidos) con destino el Aeropuerto Internacional Adolfo Suárez Madrid Barajas (LEMD, España) en un vuelo de transporte aéreo comercial de pasajeros.

La tripulación de vuelo estaba compuesta por tres pilotos, comandante bajo supervisión, comandante supervisor en línea y copiloto.

1.1.2.1. Crucero

A las 03:42:44 h, cuando la aeronave sobrevolaba el océano Atlántico a FL370, en la cabina de vuelo se encendió el aviso CABIN AUTO INOP indicando a los pilotos que el sistema automático de presurización había fallado. La cabina de vuelo en ese momento

estaba ocupada por el comandante supervisor en línea (PM) y el copiloto (PF). Según indicó la tripulación, se remitieron al *Manual de referencia rápida (QRH)*³, empezaron a controlar manualmente la presurización de la cabina y notificaron a mantenimiento a través de ACARS⁴. Mantenimiento les indicó que una de sus suposiciones era que la válvula de salida de flujo (OFV) estuviera afectada por una fuga de agua pero que podían moverla.

A las 06:24:44 h, cuando la aeronave sobrevolaba Galicia, se activó el aviso CABIN ALTITUDE⁵, indicando que se habían superado los 10000 ft de altitud de cabina.

Instantes después, a las 06:25:31 h ATC instruyó a la aeronave a descender a FL340. La cabina de vuelo, en ese momento estaba ocupada por el comandante bajo supervisión (PF) y el copiloto (PM). Colacionaron la instrucción recibida y comenzaron el descenso.

1.1.2.2. Descenso a la altitud de seguridad

Los pilotos habían comenzado las acciones de memoria del procedimiento de altitud de cabina excesiva, colocándose las máscaras de oxígeno y estableciendo comunicaciones entre ellos. El PM intentó controlar la altitud de cabina sin resultado satisfactorio, llegando a un valor de altitud de cabina próximo a los 15500 ft cuando la aeronave alcanzó el FL340. Instantes antes, en la cabina de pasajeros, las mascarillas de oxígeno de pasajeros y tripulación auxiliar de cabina se desplegaron automáticamente⁶.

Mientras tanto, los miembros de la tripulación de cabina o TCP, que se encontraban de pie finalizando el servicio de desayunos, se colocaron las mascarillas de oxígeno y se sentaron. Los TCP indicaron que todos los pasajeros estaban sentados en sus asientos y se habían colocado las mascarillas de oxígeno.

Aproximándose a FL340, a las 06:28:35 h, la tripulación de vuelo solicitó continuar descendiendo, tras lo cual fueron autorizados a descender a FL300.

³ Revisión del 27 de septiembre de 2021.

⁴ Es un sistema de comunicaciones codificadas (según la norma ARINC) entre una aeronave y una estación terrestre. Es utilizada en aviación por las aerolíneas y permite el control del estado del avión en vuelo, y realizar comunicaciones operativas y logísticas. El servicio de mantenimiento sabe antes de la llegada del avión su estado, sus averías eventuales y, por lo tanto, las intervenciones a efectuar.

⁵ De acuerdo con los datos extraídos del FDR. Los pilotos recuerdan este aviso en descenso a través de FL340.

⁶ Ver apartado 1.6.4

ATC preguntó a la aeronave si el motivo de continuar descendiendo era la turbulencia, a lo que la tripulación de vuelo contestó que estaban teniendo problemas con la presurización.

La altitud de cabina alcanzó aproximadamente los 18400 ft y a las 06:30:07 h, cuando la aeronave descendía a través del FL320 la tripulación de vuelo declaró emergencia solicitando descender a 10000 ft.

Mientras tanto, el comandante supervisor en línea que se encontraba en el área de descanso de la tripulación, tras observar que saltaban las máscaras de oxígeno de la cabina de pasajeros, se dirigió a la cabina de vuelo. Tras entrar en la cabina de vuelo el comandante bajo supervisión le informó de que había declarado emergencia y estaban descendiendo.

El comandante supervisor en línea pasó a ocupar el asiento derecho, el copiloto se sentó en el transportín y se volvieron a colocar las máscaras de oxígeno. Según manifestó, estuvo intentando controlar la OFV durante el descenso y antes de nivelar a FL120 recuperó el control manual de esta.

A las 06:35:13 h, se desactivó el aviso CABIN ALTITUDE⁷ y a las 06:36:48 h la aeronave alcanzaba y mantenía FL120. La altitud de la cabina había descendido a aproximadamente 8000 ft.

La tripulación de vuelo se puso en contacto con la tripulación de cabina para recabar información acerca del estado de la cabina de pasajeros. La tripulación de cabina les informó de que tanto los pasajeros como ellos mismos parecían estar bien y que no había constancia de que ninguno de ellos hubiera sufrido lesiones. A continuación, el comandante supervisor, a petición del comandante bajo supervisión, informó al jefe de cabina que continuarían el vuelo hasta Madrid y que emitiría un anuncio al pasaje para explicarles lo sucedido.

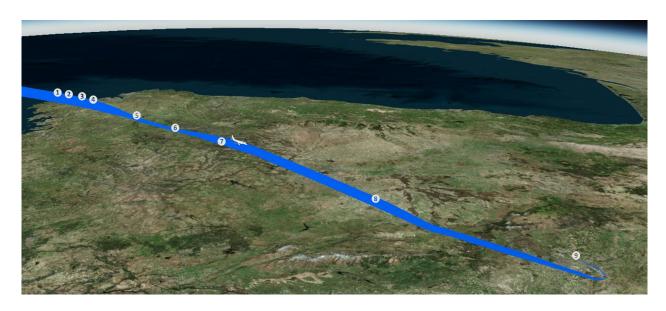
A las 06:39:08 h, la tripulación de vuelo informó a ATC que habían recuperado el control de la presurización dando por finalizada la emergencia.

1.1.2.3. Continuación del vuelo y aterrizaje

ATC les solicitó información acerca de sus intenciones y les preguntó si eran capaces de ascender, a lo que la tripulación les respondió afirmativamente. Posteriormente ATC autorizó a la aeronave a ascender a FL280.

⁷ Ver apartado 1.6.3

A las 06:44:56 h, la aeronave alcanzaba FL280, que mantuvo durante aproximadamente 13 minutos hasta las 06:57:59 h. A esa hora comenzó el descenso hacia LEMD donde aterrizó por la pista 32L a las 07:16:06 h. Durante este periodo no volvieron a tener incidencias con el control manual sobre la presurización.



(1)	06:24:44	FL370	Activación del aviso CABIN ALTITUDE
(2)	06:25:31	FL370	Solicitud de ATC para iniciar el descenso
	06:26:11	FL370	Comienzo del descenso
(3)	06:28:35	FL340	Posición estimada en la que se desplegaron las máscaras de oxígeno de los pasajeros
(4)	06:30:07	FL320	Declaración de emergencia
	06:31:07	FL300	Extensión de aerofrenos
(5)	06:36:15	FL120	Aeronave a FL120
(6)	06:39:42	FL120	Comienzo de ascenso a FL280
(7)	06:44:56	FL280	Aeronave a FL280
(8)	06:57:59	FL280	Inicio del descenso desde FL280
(9)	07:16:06	GND	Aterrizaje en LEMD

FIG. 1 TRAYECTORIA DEL VUELO DESDE LA ACTIVACIÓN DEL CABIN ALTITUD HASTA EL ATERRIZAJE.

1.2. Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales				
Lesionados graves				
Lesionados leves				
llesos	9	59	68	
TOTAL	9	59	68	

1.3. Daños sufridos por la aeronave

La aeronave no resultó dañada.

1.4. Otros daños

No hubo otros daños.

1.5. Información sobre el personal

1.5.1. Tripulación de vuelo

La tripulación de vuelo estaba compuesta por tres pilotos:

Comandante supervisor en línea

El comandante supervisor en línea, de 52 años, tenía licencia de piloto de transporte de línea aérea (ATPL (A)) expedida por la Federal Aviation Administration (FAA) con habilitación para B767 en vigor.

Así mismo disponía de certificado médico Clase 1 con fecha de último reconocimiento el 20 de diciembre de 2021 válido y en vigor en el momento del suceso.

Llevaba 22 años trabajando para el operador. Su experiencia total y reciente tanto en el tipo de la aeronave del incidente como en total en otros tipos era:

	Últimas 24 h (h)	Últimos 90 días (h)	Total (h)
Horas en el tipo	00:00	129:16	4540:00 ⁸
Totales	-	-	8835:00 ⁹

Había descansado 8 días antes del vuelo. Durante el vuelo actuó como PM e impartía entrenamiento al comandante bajo supervisión para su promoción a comandante del tipo B767.

El 22 de diciembre de 2021 recibió entrenamiento recurrente en la que parte del *syllabus* contiene operaciones anormales de presurización, incluyendo el descenso de emergencia

Comandante bajo supervisión

El comandante bajo supervisión, de 48 años, tenía licencia de piloto de transporte de línea aérea (ATPL (A)) expedida por la FAA con habilitación para B767 en vigor.

Igualmente disponía de certificado médico Clase 1 con fecha de último reconocimiento 18 de noviembre de 2021 válido y en vigor en el momento del suceso.

Llevaba 21 años trabajando para el operador. Su experiencia total y reciente tanto en el tipo de la aeronave del incidente como en total en otros tipos era:

	Últimas 24 h (h)	Últimos 90 días (h)	Total (h)
Horas en el tipo	00:00	38:01	5248:00 ⁸
Totales	-	-	12493:00 ¹⁰

Había descansado 7 días antes del vuelo. Durante el vuelo actuó como PF y recibía entrenamiento para su promoción a comandante del tipo B767 por parte del comandante supervisor en línea.

El 9 de enero de 2022 recibió entrenamiento recurrente en la que parte del syllabus contiene operaciones anormales de presurización, incluyendo el descenso de emergencia.

⁸ En el operador.

⁹ 8835 h en el operador y 12000 h aproximadamente en total informadas por el piloto.

¹⁰ 12493 h en el operador y 20000 h aproximadamente en total informadas por el piloto.

Copiloto

El copiloto, de 48 años, tenía licencia de piloto de transporte de línea aérea (ATPL (A)) expedida por la FAA con habilitación para B767 en vigor.

También disponía de certificado médico Clase 1 con fecha de último reconocimiento el 2 de diciembre 2021 válido y en vigor en el momento del suceso.

Llevaba 4 años trabajando para el operador. Su experiencia total y reciente tanto en el tipo de la aeronave del incidente como en total en otros tipos era:

	Últimas 24 h (h)	Últimos 90 días (h)	Total (h)
Horas en el tipo	00:00	171:06	2604:00 ¹¹
Totales	-	-	2604:00 ¹²

Había descansado 4 días antes del vuelo. El copiloto actuaba como piloto de relevo y ocupaba el asiento del piloto (PF o PM) que realizaba el periodo de descanso.

El 5 de febrero de 2022 recibió entrenamiento recurrente en la que parte del *syllabus* contiene operaciones anormales de presurización, incluyendo el descenso de emergencia.

1.5.2. Tripulación auxiliar de cabina

La tripulación auxiliar de cabina estaba formada por 6 TCP, un jefe de cabina y 5 auxiliares de vuelo.

El jefe de cabina de 60 años y que cubría la puerta 1L, tenía una experiencia de 32 años en el operador.

El tripulante de cabina de 51 años y que cubría la puerta 1R, tenía una experiencia de 24 años en el operador.

El tripulante de cabina de 53 años y que cubría la puerta MID-L-CENTER, tenía una experiencia de 2 años en el operador. Llevaba volando con otros operadores desde 1997.

El tripulante de cabina de 60 años y que cubría la puerta MID-R-CENTER, tenía una experiencia de 30 años en el operador.

-

¹¹ En el operador

¹² 2604 h en el operador y 20000 h aproximadamente en total informadas por el piloto.

El tripulante de cabina de 52 años y que cubría la puerta 2L, tenía una experiencia de 14 años en el operador.

El tripulante de cabina de 29 años y que cubría la puerta 2R, tenía una experiencia de 7 años en el operador.

Por la información proporcionada por el operador, todos ellos habían descansado como mínimo 6 días antes del vuelo, a excepción de el tripulante de cabina que cubría la puerta 2L que había descansado 89 h.

1.5.3. Personal de mantenimiento

El técnico de mantenimiento de 35 años que atendió la aeronave antes del vuelo contaba con 9 años de experiencia de trabajo para el operador.

Se consultó al operador sobre la edad y experiencia del coordinador del Centro de Control de Mantenimiento (MCC) que comunicaba con la aeronave durante el vuelo del incidente vía ACARS, pero a fecha de realización de este informe, esta información no fue aportada a la investigación.

1.6. Información sobre la aeronave

1.6.1. Información general

La aeronave B767-332ER, matrícula N1602, es un bimotor de medio y largo alcance de fuselaje ancho diseñado para el transporte de pasajeros y carga. El avión es un monoplano de ala baja con estructura metálica semimonocasco y tren de aterrizaje triciclo retráctil. Sus características generales son las siguientes:

•	Marca	BOEING COMPANY
•	Modelo	B767-332
•	Año de fabricación	1999
•	Número de serie	29694
•	Masa máxima al aterrizaje	145149 kg
•	Masa máxima al despegue	186880 kg
•	Masa máxima con combustible cero	133809 kg
•	Capacidad de pasajeros	216
•	Tipo de motor	CF6-80C2B6F
•	Información relativa al propietario y al explotador	Delta Air Lines
•	Envergadura	50,88 m
•	Longitud	54,94 m
•	Altura	15,85 m

Vmo/Mmo
Altitud máxima operativa
360 kt/ 0.86 M
43100 ft

En el momento del incidente la aeronave contaba con 99721,5 h y 13978 ciclos y los motores con:

Número de serie	Horas totales	Ciclos totales
706619	53957	9253
704233	91431	15396

1.6.2. Estado de aeronavegabilidad

La aeronave fue inscrita en el registro de matrícula de la FAA el 25 de enero de 1999 con fecha de vencimiento el 30 de junio de 2022.

Disponía de un certificado de aeronavegabilidad de categoría transporte expedido por la FAA el 22 de enero de 1999 con validez indefinida siempre y cuando se realice el mantenimiento preventivo y las modificaciones se realicen de acuerdo con la parte 21, 43 y 91 de las FAR.

Cabe destacar que la OFV instalada en la aeronave estaba identificada con PN 606832-1 Series 1 y SN 79-2452. La última inspección de esta y sus motores fue realizada el 10 de diciembre de 2021. La OFV se limpió, inspecciono y comprobó en ese momento.

Se consultó con el operador sobre los registros de mantenimiento sobre la línea de agua PN 79211-012 y la abrazadera PN CA62507-56BL, y este indicó que ambos correspondían a la instalación original.

1.6.3. Información sobre el sistema de control de la presurización

La sección 21-31-00 del *Manual de mantenimiento de la aeronave (AMM)*¹³ y en el capítulo 2 del *Manual de operaciones de la tripulación de vuelo (FCOM) de BOEING*¹⁴ proporcionan información sobre el sistema de control de presurización de cabina.

¹³ Revisión del 22 de diciembre de 2014.

¹⁴ Revisión del 18 de abril de 2021.

El sistema de control presurización proporciona una presión confortable y segura en el interior de la cabina durante el vuelo. Para conseguirlo, el sistema de aire acondicionado suministra un flujo constante de aire acondicionado a la cabina y el sistema de presurización regula la cantidad de aire que sale a través de la OFV al exterior.

El sistema de presurización tiene dos modos de funcionamiento, automático y manual.

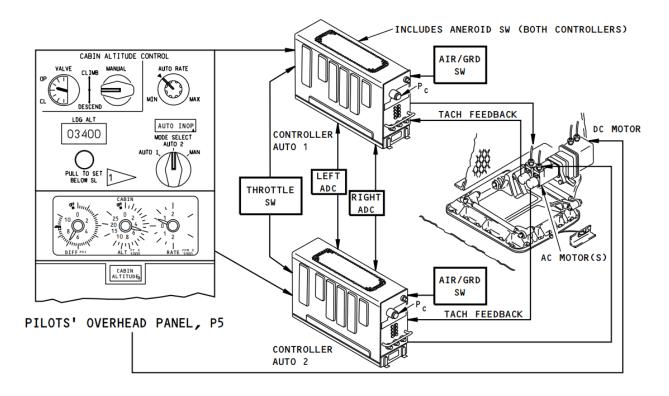


FIG. 2 SISTEMA DE CONTROL DE LA PRESURIZACIÓN¹⁵. IMAGEN CON COPYRIGHT © BOEING. REPRODUCIDA CON PERMISO.

El modo automático consta de dos controladores de presión (CONTROLLER AUTO 1 y CONTROLLER AUTO 2) que regulan automáticamente la presurización de la cabina a través de la OFV. Los controladores están programados para mantener una presión ideal dentro de la cabina en función de la altitud de vuelo de la aeronave.¹⁶

En caso de fallo del controlador de presión de cabina o CPC seleccionado, el control pasa automáticamente al otro controlador de presión.

Si ambos controladores automáticos de presión fallan, en la cabina de vuelo se activa el aviso CABIN AUTO INOP y la tripulación de vuelo puede controlar la OFV manualmente

¹⁵ Imagen extraída de la sección 21-31-00 del AMM (Figura 4/21-31-00-990-804).

¹⁶ Según la figura 7/21-31-00-990-809 del *AMM* de Boeing, a FL350 y FL370, que fueron los niveles de crucero, se mantienen aproximadamente 5300 ft y 6200 ft de altitud de cabina respectivamente.

desde el panel de presurización ubicado en el panel superior de la cabina de vuelo. ¹⁷ En este caso la *QRH* proporciona una guía para que los pilotos ajusten la altitud de cabina recomendada para cada altitud de vuelo.

Cuando la altitud de presión de cabina supera los 10.000 ft un sistema de advertencia de altitud de cabina excesiva alerta a la tripulación. Este aviso se desactiva cuando la altitud de cabina recupera 8500 ft.

Cabe destacar además que cada CPC viene equipado con la función Built in Test (BITE) que permite monitorizar la integridad del sistema y presentar los fallos registrados previamente o presentes. La realización de este test en tierra ayuda a mantenimiento, por ejemplo, a determinar cuál ha sido el fallo en el sistema que ha generado un determinado aviso en el EICAS¹⁸.

La memoria no volátil (NVM) del CPC almacena un fallo por vuelo y hasta los ocho vuelos previos. Esta memoria se borra manualmente al final del BITE test durante el reinicio (reset).

En el punto 5.1 proporciona información más detallada sobre los componentes del sistema.

1.6.4. Información sobre el sistema de oxígeno

El punto 1.40.6 del *FCOM* del BOEING 767-332ER describe el sistema de oxígeno. El sistema está compuesto por dos sistemas de oxígeno independientes, uno para la tripulación de vuelo y otro para los pasajeros. Además, en todo el avión hay botellas de oxígeno portátiles de emergencia.

El sistema de oxígeno para pasajeros, para puestos de la tripulación auxiliar de cabina y para los aseos, se suministra mediante generadores de oxígeno individuales. Las máscaras de oxígeno y los generadores de oxígeno están situados sobre cada grupo de asientos en unidades de servicio a pasajeros (PSU). Las máscaras caen automáticamente de las PSU si la altitud de la cabina supera los 14000 ft y también pueden desplegarse manualmente desde la cabina de vuelo pulsando el interruptor de oxígeno de pasajero. Una vez desplegadas, al tirar de las máscaras, el oxígeno fluye a través de ellas durante 12 minutos.

¹⁷ Ver apartado 1.6.6

¹⁸ Un vídeo de la realización del BITE test referenciado por el fabricante en su *Carta de información de servicio (SIL)* sobre el procedimiento de aislamiento de fallos y restablecimiento del CPC (Revisión 0 del 15 de junio de 2018) se puede encontrar en el siguiente link: https://www.youtube.com/watch?v=lzxcW5FuQUc

1.6.5. Información sobre el sistema de agua

La sección 38-10-00 del *AMM* proporciona información sobre el sistema de agua de la aeronave. Este sistema dispone de tres depósitos para almacenar agua potable.

Los tubos de suministro distribuyen agua potable desde el depósito de agua a los lavabos y los galleys. Estos tubos son flexibles, de teflón y con revestimiento de nailon reforzado. Los tubos de suministro van desde debajo del depósito de agua hasta justo por debajo del nivel del suelo. Estos tubos entran en todas las cocinas y los lavabos desde abajo o a través del componente.

Uno de los tubos de suministro de agua se localiza cerca de la OFV en la estación 1562.

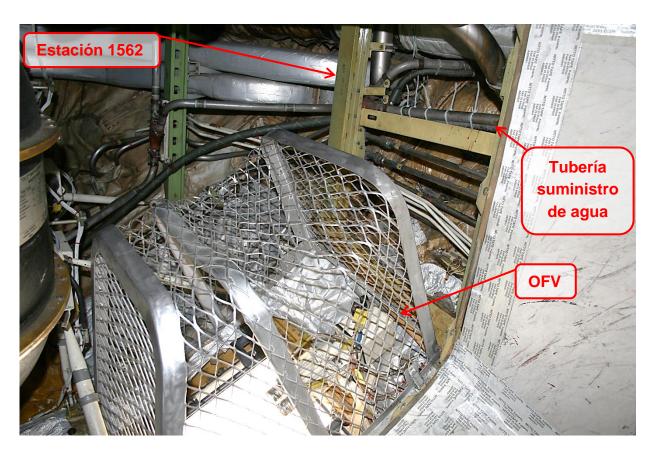
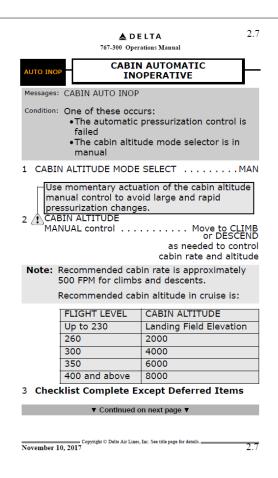


FIG. 3 POSICIÓN DE LA OFV Y LA TUBERÍA DE SUMINISTRO DE AGUA

1.6.6. Procedimiento de control automático de cabina inoperativo

La sección 2.7 del *QRH* del Boeing 767-332ER del operador contiene el procedimiento a seguir por parte la tripulación de vuelo en caso de activarse el aviso que alerta del fallo del control automático de la presurización. A continuación, se muestra un extracto de este:



CABIN ALTITUDE CONTROL CLIMB MANUAI AUTO RATE VAI VF DESCEND LDG ALT AUTO INOP 02970 MAN AUTO 1. PULL TO SET BELOW SL DIFF RATE CABIN ALTITUDE

FIG. 4 EXTRACTO DEL PROCEDIMIENTO CABIN AUTOMATIC INOPERATIVE.

FIG. 5 PANEL DE CONTROL, INDICACIÓN DE LA PRESURIZACIÓN Y DE LUZ DE ALTITUD DE CABINA¹⁹.

IMAGEN CON COPYRIGHT © BOEING. REPRODUCIDA CON PERMISO.

El procedimiento solicita que los pilotos posicionen el selector de modo en manual (MAN) y a través del interruptor de control manual de la altitud de cabina, controlen la altitud de cabina haciendo los ajustes necesarios para mantenerla en el rango deseado.

Al girar el interruptor hacia DESCEND se cierra la OFV y aumenta la presión de la cabina. Al girar el interruptor hacia CLIMB se abre la OFV y disminuye la presión de la cabina.

Como referencia, el procedimiento proporciona una guía con altitudes de cabina recomendadas para distintas altitudes de vuelo. En el caso de volar a FL350 la altitud de cabina recomendada es de 6000 ft y a FL400 o superior es de 8000 ft.

Los pilotos pueden verificar el resultado de estas acciones a través de los indicadores de altitud de cabina, régimen de ascenso/descenso y presión diferencial ubicados en el mismo panel.

¹⁹ Imagen extraída de la sección 21-31-00 del AMM (Figura 501/21-31-00-990-819).

1.6.7. Procedimiento de altitud de cabina excesiva o descompresión rápida

La sección 2.1 del *QRH* del Boeing 767-332ER del operador²⁰ contiene el procedimiento a seguir en caso de activarse el aviso de altitud de cabina y que fue empleado por los pilotos. A continuación, se muestra el procedimiento:

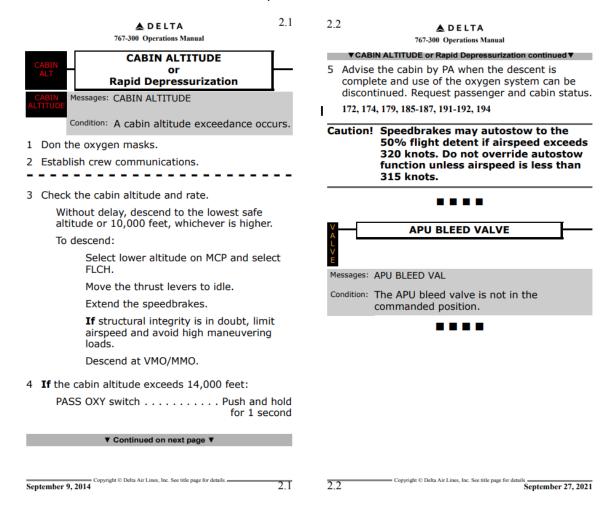


FIG. 6 PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN CASO DE AVISO DE ALTITUD

DE CABINA O DESPRESURIZACIÓN RÁPIDA

En primer lugar, el procedimiento requiere que los pilotos se coloquen las máscaras de oxígeno estableciendo la comunicación entre ambos. Estas dos primeras acciones se realizan de memoria. A continuación, el procedimiento solicita que se verifiquen los parámetros de altitud de cabina y su régimen de ascenso/descenso, de modo que los pilotos puedan determinar si la cabina es controlable o incontrolable (ver indicadores en

²⁰ En el procedimiento CABIN ALTITUDE or Rapid Depressurization facilitado por el fabricante, el descenso de emergencia se realiza cuando la cabina es incontrolable y forma parte de las acciones de memoria del procedimiento, como se puede ver en el apéndice 5.5.

figura 5). Además, puntualiza que se inicie el descenso sin demora a la mayor de las siguientes dos altitudes, 10000 ft o a la altitud de seguridad más baja disponible.

Si la altitud de cabina ha superado los 14000 ft se debe accionar el interruptor ubicado en la cabina de vuelo que despliega las máscaras de oxígeno de pasajeros. Por último, notificar a la cabina de pasajeros cuando el descenso haya finalizado y el uso del sistema de oxígeno ya no sea necesario además de recabar información acerca del estado de la cabina y pasajeros.

Adicionalmente, el capítulo 7.5 del Manual de entrenamiento de la tripulación de vuelo (FCTM) del operador²¹ contiene técnicas básicas y procedimientos sobre la realización de un descenso rápido o de emergencia motivado por una despresurización.

7.5.1 Rapid Descent Profile

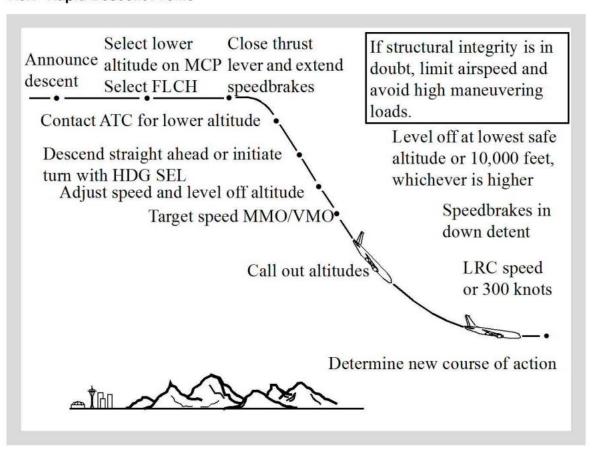


FIG. 7 EXTRACTO DEL FCTM DEL OPERADOR QUE CONTIENE EL PERFIL DE DESCENSO RÁPIDO O DE EMERGENCIA

Este manual explica, que una vez nivelada la aeronave tras el descenso se determine el nuevo plan de acción basándose en la meteorología, el oxígeno, el combustible restante, el estado médico de la tripulación y los pasajeros, el terreno y los aeropuertos disponibles.

²¹ Revisión 3.0.0 del 7 de junio de 2021.

Según relató la tripulación de vuelo, tras descender a la altitud de seguridad, FL120, decidieron continuar al destino (se encontraban aproximadamente a 250 NM) ya que las condiciones meteorológicas eran favorables y habían recuperado el control manual sobre la presurización. La tripulación de cabina les había informado que tanto los pasajeros como ellos mismos se encontraban bien.

Adicionalmente decidieron ascender, siendo autorizados a FL280. Según explicaron basaron su decisión en la optimización del combustible remanente, y a pesar de que ATC les había confirmado la altitud mínima de seguridad, FL120, consideraron también el vuelo a una altitud superior para mejor franqueamiento con el terreno.

No recuerdan haber adoptado medidas de coordinación para tratar el hecho de que las máscaras de oxígeno de la cabina de pasajeros se habían desplegado y los generadores de oxígeno se habían activado.

1.6.8. Procedimiento de respuesta ante una descompresión para TCP

En el punto 3.4.3 sobre Riesgos específicos y emergencias del *Manual de a bordo* (OBM²²) se encuentra el procedimiento de respuesta ante una descompresión para los TCP. A continuación, se muestra un extracto de este:

To respond to decompression:

- 1. Don nearest oxygen mask.
- 2. Sit down and fasten seat belt. If a vacant seat is not available, sit on an armrest and/or stabilize yourself wherever you are.
- 3. Instruct passengers to:
 - Remove face covering, don mask, sit down, and fasten seat belt.
 - · Adjust their own masks before assisting others.
 - · Remove eye glasses (as needed).
 - On the 717, instruct passengers to remove mask from open PSU panel.

NOTE: Use situational awareness to determine best method to instruct passengers (e.g., use of automatic decompression announcement, use of PA system to deliver announcement, shouting instructions).

NOTE: Passengers using a Portable Oxygen Concentrator (POC) should discontinue use of POC and use the O2 mask from the PSU.

To respond to decompression: (Continued)

- Once Captain indicates aircraft has reached a safe altitude, obtain PO₂ bottle and check cabin.
 - Visually check lavatories for passengers.
 - · Walk through cabin and reassure passengers.
 - · Check for structural damage or other potential danger.
 - · Reseat passengers as necessary.

NOTE: As needed, use PO_2 to administer oxygen to self, while checking cabin and assisting passengers.

- Check passengers and other crewmembers for injuries and administer first aid as needed (may include supplemental oxygen).
- 6. Report situation to flight deck crew.
- Have passengers place used oxygen masks in their seat pockets, if possible. Do not restow or attempt to pull masks out of PSI is
- Prepare cabin and passengers for landing, according to flight deck crew's instructions

FIG. 8 EXTRACTO DEL PROCEDIMIENTO DE RESPUESTA ANTE UNA DESCOMPRESIÓN PARA LOS TCP

En síntesis, el procedimiento indica, que los miembros de la tripulación de cabina se coloquen las máscaras de oxígeno y se sienten. Que Instruyan a los pasajeros para que

²² Revisión del 16 de marzo de 2021

se retiren las mascarillas para protegerse de la COVID19, se coloquen las mascarillas de oxígeno y se ajusten el cinturón de seguridad.

Una vez que el comandante les indique que la aeronave ha alcanzado una altitud segura, verifiquen el bienestar de los pasajeros y la integridad de la cabina. Se coordinen con la tripulación de vuelo y preparen la cabina para el aterrizaje según las instrucciones recibidas.

Según explicaron los miembros de la tripulación auxiliar de cabina el suceso tuvo lugar mientras estaban finalizando el servicio de desayunos. Tras activarse el anuncio al pasaje de perdida de presión, aseguraron los carritos y se sentaron colocándose las máscaras de oxígeno. Durante el descenso transmitieron a los pasajeros que se colocaran las máscaras de oxígeno. Tras recibir el mensaje del comandante de que el descenso había finalizado, equipados con las botellas de oxígeno portátiles verificaron el bienestar de los pasajeros constatando que todos ellos estaban bien.

El comandante supervisor en línea informó al jefe de cabina y explicó al pasaje lo sucedido. Según explicaron los TCP, la información al pasaje proporcionada por el comandante supervisor en línea tranquilizó y reconfortó al pasaje.

1.7. Información meteorológica

1.7.1. Información de la situación meteorológica general

Por la información suministrada por AEMET, la situación meteorológica en altura sobre el Atlántico Norte estaba regida por un chorro polar, ligeramente curvado ciclónicamente e intensidad máxima de 160 kt. Esta configuración creaba un entorno favorable para la presencia de turbulencia en niveles altos, que ocasionalmente podía ser fuerte hasta el FL420. En la cuenca atlántica, además, se diagnosticaban cumulonimbos aislados y embebidos cuyos topes alcanzaban el FL320.

Por otro lado, se diagnosticaba la presencia de una circulación anticiclónica cerrada sobre la Península, con un chorro cuasi zonal del oeste de intensidad 140 kt en el norte y otro chorro zonal del este sobre el golfo de Cádiz con intensidad 80 kt.

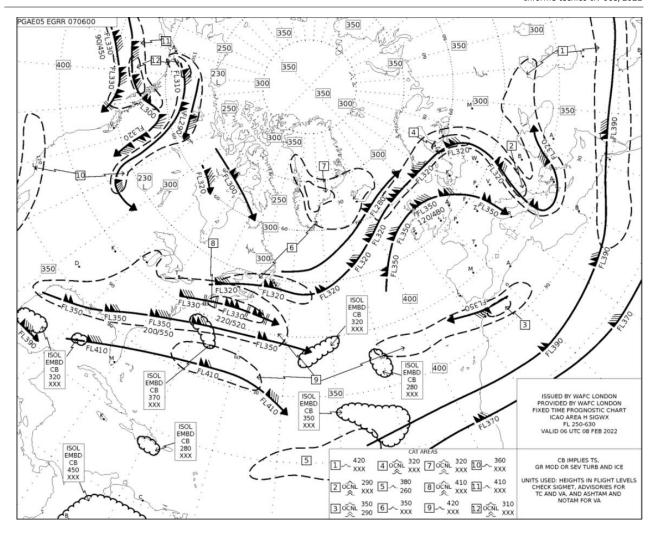


FIG. 9 MAPA DE FENÓMENOS SIGNIFICATIVOS PARA LOS FL 250 - FL 630 PARA EL 8 DE FEBRERO DE 2022 A LAS 06:00:00 H

PREVISTO POR EL WAFC DE LONDRES

En el Análisis de superficie de las 00:00:00 h (ver 5.3) se constata la presencia de un potente y extenso anticiclón centrado en Francia y una baja presión sobre el litoral atlántico marroquí y sahariano. En el extremo norte peninsular, se aprecia nubosidad de retención.

1.7.2. Información meteorológica en la zona del incidente.

Por la información proporcionada por AEMET, sobre la zona del incidente localmente se podía observar visibilidad reducida debido principalmente a la presencia de brumas o nieblas, e isocero localizada en el FL120. Adicionalmente y hacia el litoral norte, localmente se previó cielos nubosos con presencia de cúmulos y estratocúmulos con bases en los FL10 - FL 20 y topes en los FL 30 - FL 40, y turbulencia en niveles bajos entre la superficie y los FL 20 - FL 30.

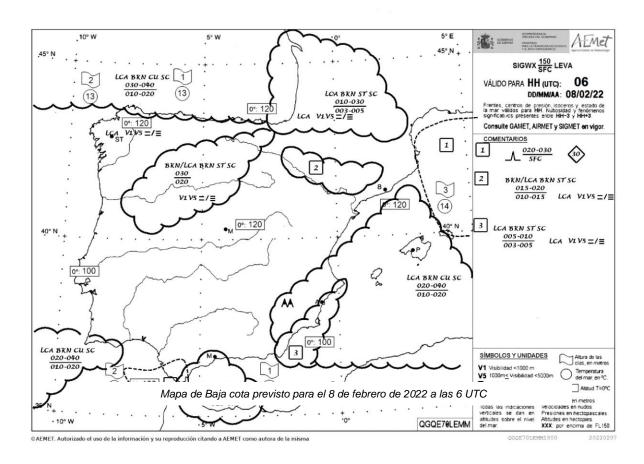


FIG. 10 BAJA COTA PREVISTO PARA EL 8 DE FEBRERO DE 2022 A LAS 06:00:00 H

Al encontrarse en las proximidades de la zona del incidente, se detalla el METAR del aeropuerto de Santiago de Compostela cuyas condiciones meteorológicas eran favorables:

METAR LEST 080630Z 10006KT CAVOK 05/03 Q1027 NOSIG=

El viento era de dirección 100º y con una intensidad de 6 kt. Visibilidad de 10 km o más, ausencia de nubes por debajo de la altura de referencia, ningún cumulonimbo o cúmulo en forma de torre, y ningún fenómeno significativo de importancia. La temperatura era de 5ºC, el punto de rocío 3 ºC y el QNH 1027 hPa. No se esperaban cambios significativos.

En el tramo de la ruta entre Santiago de Compostela y Madrid, la meteorología también era favorable y se sobrevolaba una zona de nubes del tipo estrato y estratocúmulo con base en los FL 20 y topes en los FL 30.

En el aeropuerto de destino, LEMD, las condiciones meteorológicas eran favorables. Los METAR del aeropuerto a las 06:30 UTC y 07:30 UTC fueron:

METAR LEMD 080630Z 36002KT CAVOK 01/M02 Q1030 NOSIG= METAR LEMD 080730Z 35002KT CAVOK 01/M03 Q1031 NOSIG= El viento era de componente N, con una intensidad de 2 kt. Visibilidad de 10 km o más, ausencia de nubes por debajo de la altura de referencia, ningún cumulonimbo o cúmulo en forma de torre, y ningún fenómeno significativo de importancia. La temperatura era de 1°C, el punto de rocío alternó entre -2 °C y - 3 °C y el QNH entre 1030 hPa y 1031 hPa. No se esperaban cambios significativos.

1.8. Ayudas para la navegación

No aplica.

1.9. Comunicaciones

Las comunicaciones más relevantes entre la tripulación de la aeronave y el servicio de control aéreo y un extracto traducido del contenido de los mensajes ACARS del vuelo con el centro de mantenimiento se han integrado en el apartado 1.11 de registradores de vuelo.

1.10. Información de aeródromo

No aplica.

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave estaba equipada con un registrador de datos de vuelo (FDR) y un registrador de voces del puesto de pilotaje (CVR) que graban las últimas 25 horas y 2 horas respectivamente.

El registrador de datos de vuelo (FDR) era del fabricante Fairchild, modelo F1000 con número de parte S800-2000-00 y número de serie 02415.

El registrador de voces del puesto de pilotaje (CVR) era del fabricante L3, modelo FA 2100 con número de parte 2100-1025-22 y número de serie 000926076.

La descarga de ambos registradores se realizó en el laboratorio de la CIAIAC. La información descargada del CVR no pudo ser utilizada en la investigación ya que el intervalo grabado no contenía el periodo en el que tuvo lugar la pérdida de presión.

A continuación, se va a presentar la información extraída segregada en diferentes fases. En este apartado también se integran las comunicaciones con ATC y las comunicaciones ACARS con el MCC. En el punto 5.4 se pueden encontrar los gráficos con la información extraída del FDR.

El piloto automático y el sistema de empuje automático estuvieron conectados durante todo el vuelo.

1.11.1. Despegue, ascenso a nivel de crucero final FL370 y aviso CABIN AUTO INOP

A las 00:44:04 h la aeronave despegó del aeropuerto KJFK en Nueva York.

A las 01:01:36 h la aeronave alcanzó FL350, que fue su nivel inicial de crucero. Mientras la aeronave volaba a FL350, la presión en el interior de la cabina²³ fue de 12 psi (5500 ft de altitud de cabina).

A las 02:17:16 h la aeronave abandonó FL350 en ascenso a FL370.

A las 02:18:56 h la aeronave alcanzó FL370 que fue el nivel de crucero final. La presión en el interior de la cabina era de 11,7 psi (6100 ft de altitud de cabina).

A las 03:42:44 h se activó el aviso CABIN AUTO INOP que indicaba que el sistema automático de presurización había fallado. Según declararon los pilotos la presurización pasó a controlarse de forma manual.

A las 03:59 h la tripulación de vuelo contactó vía ACARS con el MCC para informarles de que el sistema automático de presurización había fallado y que estaban controlando la presurización de modo manual. A partir de esta hora y hasta las 04:15 h cruzaron los siguientes mensajes:

- MCC les preguntó en qué modo estaban (AUTO 1 o AUTO 2) y si habían recibido algún mensaje de estatus.
- La tripulación de vuelo respondió que previamente estaban en AUTO 2, que AUTO 1 no funcionaba y que tenían control sobre la OFV, pero este no era suave.
- Desde MCC les contestaron que el motor DC de manual tiene más fuerza que el motor AC de AUTO y que su preocupación era que hubiera una fuga de agua en la válvula, pero que podían moverla.

²³ Este valor se graba cada 64 segundos en el registrador de datos de vuelo.

²⁴ El mensaje original fue: *OK....THE MANUAL DC MOTOR HAS MORE MUSCLE TO IT THAN AUTO AC MOTORS. MY CONCERN WAS THAT THERE MAY BE A WATER LEAK ON TO THE VALVE BUT YOU CAN MOVE IT.*

Desde que la presurización pasó a controlarse de forma manual hasta siete minutos antes de que activase el aviso CABIN ALTITUDE la presión en el interior de la cabina varió entre 10,3 psi mínimo y 11,9 psi máximo (aprox. entre máximo 9500 ft y mínimo 5700 ft de altitud de cabina).

1.11.2. Activación del aviso CABIN ALTITUDE

Aproximadamente a las 06:17:04 h, la aeronave volaba a FL370 y la presión en el interior de la cabina que era de 11,4 psi (6800 ft de altitud de cabina), comenzó a disminuir.

Siete minutos después, a las 06:24:44 h, la presión en el interior de la cabina se había reducido aproximadamente a 10,1 psi (10000 ft de altitud de cabina) y se activó el aviso CABIN ALTITUDE y MASTER WARNING. El aviso MASTER WARNING se desactivó 2 segundos después.

A las 06:25:31 h, ATC solicitó a la aeronave que iniciase descenso a FL340. La tripulación de vuelo colacionó la autorización.

Aproximadamente a las 06:26:11 h la aeronave comenzó el descenso desde FL370 a FL340.

- A las 06:26:40 h, mientras descendía a través de 36600 ft el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 9,3 psi (12100 ft de altitud de cabina).
- A las 06:27:44 h, mientras descendía a través de 35100 ft el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 8,9 psi (13200 ft de altitud de cabina).

Desde que la aeronave inició el descenso desde FL370 a FL340 la máxima velocidad vertical fue de -1792 ft/min.

A las 06:28:35 h la aeronave alcanzaba FL340. A esa misma hora, la aeronave solicitó descender a una altitud inferior y tuvo que repetir su solicitud a las 06:28:43 h, tras los cual ATC les autorizó a descender a FL300.

A las 06:28:47 h, el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 8,1 psi (15500 ft de altitud de cabina). Ya que las mascarillas de pasajeros se despliegan automáticamente cuando la altitud de cabina supera los 14000 ft, estas probablemente se debieron desplegar mientras la aeronave alcanzaba FL340.

1.11.3. Descenso desde FL340 hasta FL120 y declaración de emergencia.

A las 06:28:54 h ATC preguntó si tenían turbulencia. Los pilotos contestaron que no tenían turbulencia y que estaban teniendo algunas dificultades con la presurización de la cabina. La aeronave continuó el descenso a FL300.

- A las 06:29:51 h, en descenso a través de 32700 ft el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 7,2 psi (18400 ft de altitud de cabina).

A las 06:30:07 h los pilotos declararon emergencia y solicitaron descender a FL100. ATC pidió que les confirmara que solicitaban una altitud inferior y tras quince segundos les autorizó a descender a FL260. A continuación, otra aeronave en la frecuencia comunicó a ATC que el DAL126 había declarado emergencia y descendía a FL100 en descenso inmediato.

A las 06:30:12 h los motores pasaron a idle (43% N1)

A las 06:30:55 h, en descenso a través de 30400 ft el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 7 psi (19140 ft de altitud de cabina). A esa misma hora, ATC autorizó al vuelo DAL126 a descender inmediatamente.

A las 06:31:07 h, en descenso a través de FL300 se registró el despliegue de los aerofrenos.

- A las 06:31:59 h, en descenso a través de 25600 ft el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 7,4 psi (17800 ft de altitud de cabina).

La velocidad vertical durante el descenso alcanzó - 5573 ft/min. Durante el mismo la velocidad CAS máxima fue de 302 kt.

A las 6:32:47 h, El controlador de LECM informó a la aeronave que la altitud mínima de sector era FL120 y la tripulación de vuelo colacionó.

- A las 06:33:03 h, en descenso a través de 20700 ft el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 8,5 psi (14300 ft de altitud de cabina).
- A las 06:34:07 h, en descenso a través de 16600 ft el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 9,6 psi (11300 ft de altitud de cabina).

A las 06:34:45 h, en descenso a través de FL140 se comenzaron a replegar los aerofrenos

A las 06:35:11 h en descenso a través de FL130 el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 10,8 psi (8300 ft de altitud de cabina) y el aviso CABIN ALTITUDE se desactivó.

Por las entrevistas, se conoce que se dio el aviso a los pasajeros por megafonía, pero sin datos de CVR se desconoce en qué momento se produjo.

1.11.4. Vuelo a FL120, ascenso, crucero a FL280, descenso, aproximación y aterrizaje

A las 06:36:15 h, manteniendo FL120, el valor de la presión interior de la cabina fue de aproximadamente 10,7 psi, (8200 ft de altitud de cabina).

A las 06:39:08 h la tripulación de vuelo informó a ATC que la emergencia se había terminado y habían recuperado el control sobre el sistema de presurización.

ATC les solicitó información acerca de sus intenciones y les preguntó si eran capaces de ascender, a lo que la tripulación les respondió afirmativamente.

A las 06:39:26 ATC autorizó a la aeronave a ascender a FL280.

Tras haber mantenido FL120 aproximadamente durante 4 minutos, a las 06:39:42 h la aeronave comenzó a ascender a FL280.

A las 06:44:56 h, la aeronave alcanzó FL280, que mantuvo durante aproximadamente 13 minutos hasta las 06:57:59 h. A esa hora comenzó el descenso hacia LEMD donde aterrizó por la pista 32L a las 07:16:06 h.

Durante estas fases del vuelo, la altitud de cabina varió entre aproximadamente 9000 ft y 2000 ft.

1.11.5. Preservación de registradores de vuelo

El anexo 6 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional sobre Operación de aeronaves, parte I de transporte aéreo comercial internacional²⁵ establece:

11.6 GRABACIONES DE LOS REGISTRADORES DE VUELO En caso de que el avión se halle implicado en un accidente o incidente, el explotador se asegurará, en la medida de lo posible, de la conservación de todas las grabaciones que vengan al caso contenidas en los registradores de vuelo y, si fuese necesario, de los correspondientes registradores de vuelo, así como de su custodia, mientras se determina lo que ha de hacerse con ellos de conformidad con el Anexo 13

La información descargada del CVR no pudo ser utilizada en la investigación ya que el intervalo grabado no contenía el periodo en el que tuvo lugar la pérdida de presión. La grabación del CVR comenzaba una vez la aeronave estaba estacionada en tierra en el aeropuerto de LEMD.

²⁵ Decimosegunda edición de julio de 2022 e undécima edición de julio de 2018.

La investigación no ha podido tener acceso al *Manual de Operaciones de la organización* y por tanto no se ha podido acceder al procedimiento que el operador establece cuando ocurre un accidente o incidente grave.

1.12. Información sobre los restos de la aeronave

El aterrizaje se realizó sin incidencias. Tras el aterrizaje, la aeronave se detuvo en un estacionamiento y los pasajeros salieron por las salidas normales sin utilizar los medios de emergencia. La aeronave no resultó dañada.

1.13. Información médica y patológica

No aplicable.

1.14. Incendio

No hubo incendio.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

No aplicable.

1.16. Ensayos e investigaciones

1.16.1. Inspección del sistema de presurización y pruebas en campo

El día del incidente, a la llegada de la aeronave a Madrid, el personal de mantenimiento del operador informó de que se había encontrado hielo en OFV.

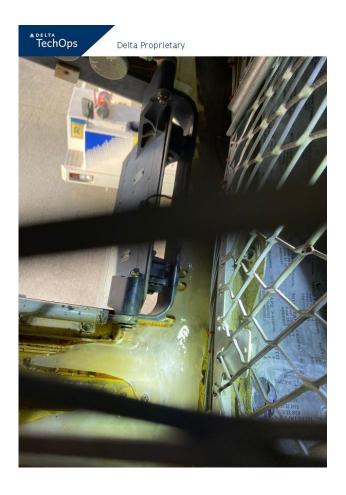


FIG. 11 RESTOS DE HIELO EN LA OFV²⁶

El 9 de febrero de 2022, durante la inspección de la aeronave por parte de la CIAIAC, se desmontó la jaula de protección de la OFV y se llevó a cabo una inspección visual de la misma. Además, se llevó a cabo una prueba funcional de la OFV instalada en la aeronave y esta funcionaba correctamente.

Durante la inspección, no fue posible inspeccionar el estado de las mascarillas de oxígeno tras el suceso, debido a que se habían plegado para preparar el avión para su regreso.

Posteriormente, el personal de mantenimiento del operador detectó un tubo con PN 79211-012 que perdía agua en el lateral izquierdo por debajo del galley trasero a la altura de la estación 1562 y una abrazadera de plástico con PN CA62507-56BL rota que ajustaba el tubo.

²⁶ Fotografía cedida por DELTA TechOps.

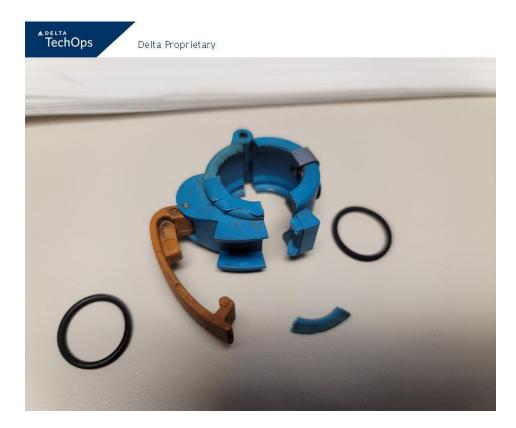


FIG. 12 ABRAZADERA²⁷

En la imagen de la figura 3 se muestra la ubicación de la tubería de suministro de agua, en esta zona se podía apreciar la fuga de agua, aunque no su procedencia exacta pues esta quedaba oculta. A continuación, se muestra la ubicación del tubo (número 90) y la abrazadera resaltada en rojo y ubicada en el detalle A en las siguientes imágenes:

-

²⁷ Fotografía cedida por DELTA TechOps.

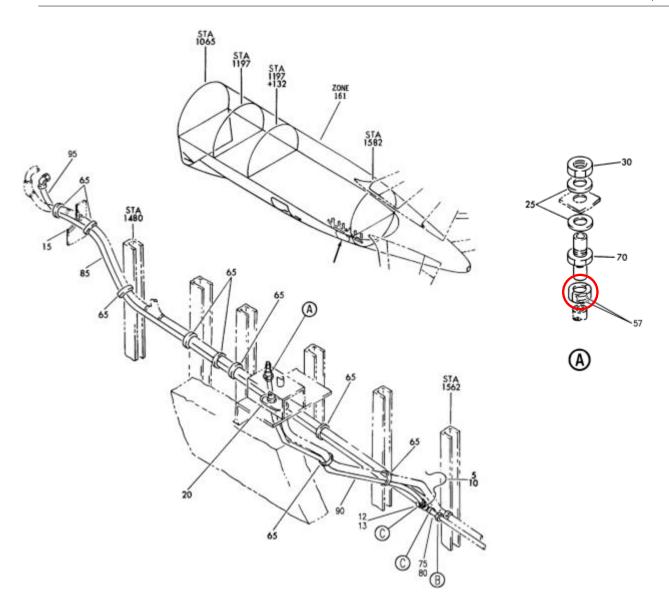


FIG. 13 UBICACIÓN DEL TUBO (NÚMERO 90) Y LA ABRAZADERA RESALTADA EN ROJO²⁸. IMÁGENES CON COPYRIGHT © BOEING.

REPRODUCIDA CON PERMISO.

1.16.2. BITE test de los controladores de presión de cabina en tierra

En la sección 21-31 del *Manual de mantenimiento de la aeronave (AMM)*, se puede encontrar la tarea *21-31-00-705-001 BITE Test – Automatic Cabin Pressure Controllers*, que consiste en una prueba en tierra, integrada en el CPC y que permite comprobar la integridad del sistema.

En el punto 5.2 se puede encontrar los pasos principales para realizar el BITE test.

_

²⁸ Imágenes extraídas de la sección 38-11-57-59 del *IPC*.

Este test se realizó en las siguientes ocasiones:

- El 7 de febrero de 2022, antes del inicio del vuelo del incidente, el personal de mantenimiento del operador llevó a cabo un BITE test en KJFK a cada controlador ya que en el vuelo previo el control automático de presión de cabina falló y el vuelo se continuó en manual. El personal de mantenimiento registró en el libro de la aeronave que no encontraron indicaciones de fallo, no pudieron duplicar el fallo y no encontraron antecedentes de fallos.
- El 9 de febrero de 2022 antes de la llegada de los investigadores de la CIAIAC, el personal de mantenimiento realizó un BITE test a cada controlador y no se obtuvo ningún fallo por la información proporcionada.
- Posteriormente, en presencia de la CIAIAC, durante la inspección que se llevó a cabo ese mismo día, el personal de mantenimiento volvió a realizar el BITE test, no se detectó ningún fallo y se borró la memoria de ambos CPC al finalizar.
- El BITE test de ambos controladores se repitió el 2 de marzo de 2022 cuando la aeronave ya había realizado más vuelos después del incidente y no se detectó ningún fallo.

1.16.3. Prueba funcional de la OFV realizada por Honeywell

El 2 de agosto de 2022 se llevó a cabo una inspección visual y una prueba funcional de la OFV en las instalaciones de Honeywell. No se observaron anomalías que impidieran el funcionamiento normal.

1.17. Información organizativa y de dirección

Durante la investigación, no se ha podido tener acceso al *Manual de Operaciones de la organización.*

1.18. Información adicional

1.18.1. Información de sucesos similares

Se consultó al operador sobre sucesos de similares características, Delta informó de otro suceso durante el vuelo DAL131 del 10 de febrero de 2022 con origen el Aeropuerto Internacional de Munich-Franz Josef Strauss (EDDM, Alemania) y destino el Aeropuerto Internacional Hartsfield-Jackson de Atlanta (KATL, Estados Unidos) con la aeronave con matrícula N172DZ correspondiente a un BOEING B767-332ER.

Durante el crucero, la tripulación de vuelo recibió una indicación AUTO INOP, tras consultar el *QRH*, esta comenzó a controlar manualmente la presurización de la cabina y se puso en contacto con mantenimiento.

Cuando se encontraban en crucero sobre Virginia Occidental, la tripulación de vuelo observó que la OFV había dejado de moverse y que la altitud de la cabina estaba aumentando, la tripulación de vuelo declaró una emergencia e inició un descenso.

La tripulación de vuelo observó que la altitud de la cabina no superó los 10500 ft y que las máscaras de oxígeno de los pasajeros no se habían desplegado, así que continuaron hasta KATL sin más incidentes.

El personal de mantenimiento inspeccionó la aeronave y observó hielo en las proximidades de la OFV y un conector de la línea de agua del galley roto. Mantenimiento sustituyó la OFV y el conector de la línea de agua.

1.18.2. Información proporcionada por el fabricante del CPC

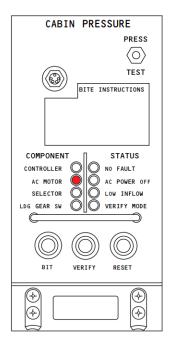
Dadas las condiciones del suceso, se consultó al fabricante del CPC.

El fabricante esperaría que el BITE test en tierra no detecte una avería presente, ya que la OFV habría dejado de estar bloqueada tras derretirse el hielo, pero indicó que cabría esperar la indicación de fallo tipo AC MOTOR ya que la válvula estuvo atascada en una posición concreta y no pudo ser controlada momentáneamente.

El fallo AC MOTOR según la SIL indica un problema con el circuito del motor de corriente alterna en la OFV que podría deberse a un problema con la OFV o, en algunos casos, con el circuito de salida de la CPC.

La tarea 803 de la sección 21-31 del *FIM*, cuando se enciende la luz de *AC MOTOR* al realizar el BITE test en tierra indica la necesidad de reemplazar el actuador de la OFV como primer paso para aislar el fallo.

FIG. 14 CONTROLADOR DE PRESIÓN DE CABINA²⁹. IMAGEN CON COPYRIGHT © BOEING. REPRODUCIDA CON PERMISO.



²⁹ Imagen extraída de la sección 21-31-00 del AMM (Figura 5/21-31-00-990-805).

1.18.3. Acciones para la detección y solución de problemas.

Se consultó con el operador para conocer los detalles de cómo se llevó a cabo el procedimiento para la detección y solución de problemas que se realizó en KJFK previa al vuelo del incidente.

Según la información proporcionada, la resolución de problemas se basó en el informe del piloto. El registro 7989996 del TLB indicaba "Cabina auto inop. Used manual to control cabin Alt".

El técnico de mantenimiento siguió la tarea 803 denominada EICAS Msg CABIN AUTO INOP Shows -Fault Isolation descrita en el Manual de Aislamiento de Fallos (FIM) 21-31 y el AMM 21-31. La tarea 803 con el mensaje EICAS CABIN AUTO INOP y la operación Manual funcionando normalmente, consistente en realizar un BITE test en ambos controladores y reiniciarlos al final de la prueba si no se ha detectado ningún fallo.

La tarea 803 requiere la inspección visual de la OFV sólo en el caso de que la operación manual no funcione normalmente.

Cabe destacar que durante la investigación se confirmó que el técnico en KJFK no consideró la posibilidad de una fuga de agua y no se llevó a cabo una inspección visual de la OFV.

1.18.4. Información del boletín de servicio de Boeing 767-38A0073

El 12 de noviembre de 2013, Boeing emitió el boletín de servicio 767-38A0073³⁰ para asegurar con su cumplimiento que las abrazaderas del sistema de agua potable en la sección 41 (sección delantera de la aeronave) no tuvieran fuga de agua sobre los equipos electrónicos del centro de equipamiento principal (MEC) pudiendo resultar en un cortocircuito y por tanto en una perdida potencial de varias funcionalidades esenciales para un vuelo seguro.

Con la incorporación de este boletín, las abrazaderas de plástico con PN CA6250()-56BL o PN CA6200()-56BL y de color azul fueron sustituidas por abrazaderas metálicas con PN 14C33-08 de color púrpura.

La aeronave con matrícula N1602 fue fabricada con abrazaderas de plástico y a fecha del incidente este boletín de servicio ya se había incorporado.

-

³⁰ Se publicó junto con los AD 2017-02-03 y 2018-01-02 para abordar la sustitución de abrazaderas de plástico en el centro de equipo principal (MEC) de la sección 41.

A continuación, se puede ver una imagen donde se puede observar las diferencias entre las abrazaderas. La primera es la de plástico y la segunda de metal.

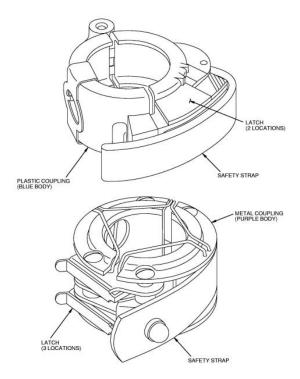


Fig. 15 Abrazadera de plástico y de metal del sistema de agua³¹. Imagen con Copyright © Boeing. Reproducida con permiso.

El *IPC* proporciona intercambiabilidad unidireccional de la serie CA625 de plástico a la serie 14C33 de metal, sin embargo, no hay publicaciones que aborden explícitamente la necesidad de dicho cambio para la sección 46 (sección en la que se encuentra la OFV).

1.18.5. Acciones del operador

Tras el incidente, el operador implementó las siguientes acciones para evitar que vuelva a ocurrir un incidente de este tipo.

En lo que respecta el sistema de presurización, Delta TechOps³², al identificar que las abrazaderas de la línea de agua rota asociada al incidente (aeronave con matrícula N1602) y al suceso del 10 de febrero de 2022 (aeronave con matrícula N172DZ) eran de plástico, desarrolló un plan para sustituir las abrazaderas de plástico por una abrazadera

-

³¹ Imagen extraída del apéndice B del boletín de servicio 767-38A0073.

³² Delta TechOps es la división de mantenimiento, reparación y revisión de Delta Air Lines.

de metal en las aeronaves B767-300/400. A fecha 9 de noviembre de 2022 ya se habían remplazado todas las abrazaderas de plástico de los aviones en servicio.

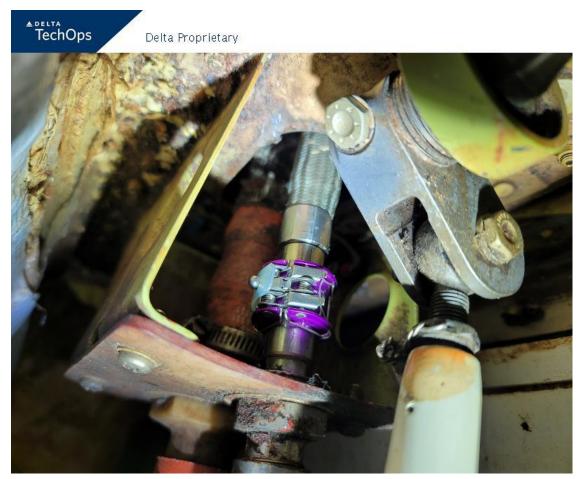


FIG. 16 ABRAZADERA DE METAL DE SUSTITUCIÓN.

Además, en los aviones de la serie 767-300 con racores en lugar de abrazaderas se limpiaron y purgaron los desagües para mitigar la posibilidad de desbordamiento. Todos los aviones que no estaban en servicio se someterían a las acciones de la campaña antes de volver al servicio.

El operador no ha informado que se hayan llevado a cabo otro tipo de acciones. No se proporcionó un informe de investigación interna tras el accidente.

1.19. Técnicas de investigación especiales

No requeridas.

2. ANÁLISIS

Se va a analizar la fuga, la utilización de abrazaderas de plástico, la detección y grabación del fallo en la memoria del CPC, la tarea 803 de 21-31 del *FIM*, la posición de la OFV y la ubicación del hielo, la gestión de la despresurización y la continuación del vuelo.

2.1. Análisis de la fuga

Tras el incidente el personal de mantenimiento del operador detectó una pérdida de agua por debajo del galley trasero de la aeronave y en su lateral izquierdo a la altura de la estación 1562 proveniente de un tubo (PN 79211-012) que contaba con una abrazadera de plástico (CA62507-56BL) rota que ajustaba el tubo.

En el vuelo de Barcelona a Nueva York, la fuga de agua pudo propiciar su acumulación y la formación de hielo que acabó bloqueando el movimiento de la OFV y dejando inoperativo el sistema de control automático de presurización. La tripulación pudo controlar la presión de la cabina con el control manual, por lo que el motor del modo manual (DC motor) fue capaz de mover la OFV y vencer el bloqueo por hielo.

Posteriormente, en el vuelo del incidente, de Nueva York a Madrid, la fuga de agua pudo ocasionar la formación de hielo bloqueando nuevamente el movimiento de la OFV, dejando inoperativo sistema de control automático de presurización y agravándose posteriormente la situación cuando el control manual tampoco fue capaz de vencer el bloqueo de la OFV por hielo.

2.2. Análisis sobre la utilización de las abrazaderas de plástico

En el boletín de servicio 767-38A0073 se identificó las consecuencias de una posible fuga de agua que pudiera afectar a los equipos electrónicos por una rotura de las abrazaderas de plástico en la sección delantera de la aeronave.

A pesar de que el *IPC* contemple la intercambiabilidad unidireccional de la serie CA625 de plástico a la serie 14C33 de metal, no hay publicaciones que aborden explícitamente la necesidad de dicho cambio para la sección en la que se encuentra la OFV (sección 46).

Tratándose la OFV de un equipo electromecánico, la utilización de abrazaderas de metal en las proximidades de esta también hubiera ayudado a mitigar las consecuencias de que una abrazadera rota provocara una fuga de agua que pudiera implicar el blocaje de la OFV.

El registro de otro suceso por parte del operador dos días después, donde la rotura de una abrazadera de plástico conllevó a la formación de hielo en la OFV y el fallo del sistema automático de presurización en vuelo, confirman la necesidad de utilizar abrazaderas de metal.

2.3. Análisis de la detección y grabación del fallo en la memoria del CPC

Según la información proporcionada por el fabricante del CPC, ante un blocaje de la OFV que diera lugar a una pérdida de control temporal de la misma, el BITE test en vuelo hubiera detectado y grabado en la memoria el fallo AC MOTOR.

En tierra, tanto el BITE test realizado por el operador antes del inicio del vuelo del incidente, motivado por el aviso CABIN AUTO INOP del vuelo previo, como el test llevado a cabo después del incidente, no proporcionaron fallo a la vista de la información recopilada.

El sistema había detectado el fallo en vuelo sin embargo no se ha podido recuperar el fallo en tierra posteriormente. Esta situación pudo deberse a que el fallo no se registró o que el BITE test en tierra no se ejecutó como indica la tarea. Considerando que el BITE test, comprueba la integridad del sistema, pero en estas dos ocasiones, una vez en tierra, no se pudo recuperar el fallo por blocaje de la OFV, se considera necesario que el fabricante del CPC valore la posibilidad y las consecuencias de que el sistema pueda estar dejando de registrar fallos ya que si se hubiera grabado el fallo (AC MOTOR) como era de esperar, la tarea 803 de 21-31 del *FIM* hubiera indicado la necesidad de reemplazar el actuador de la OFV como primer paso para aislar el fallo y por tanto hubiera ayudado posiblemente a localizar la presencia de agua antes. Así mismo ante la posibilidad de que el test no se haya ejecutado como indica la tarea se considera necesario que el operador difunda las lecciones aprendidas en este incidente a los técnicos de mantenimiento.

2.4. Análisis de la tarea 803 de 21-31 del FIM

Antes del vuelo del incidente y ante el fallo simultáneo de dos sistemas de control de presión independientes, con el sistema manual funcionando normalmente y un BITE test sin fallos grabados, cabría considerar la posibilidad de un fallo en los otros componentes comunes del sistema como podría ser la OFV a pesar de que la tarea 803 del *FIM* a través del BITE test determine que el sistema está bien.

Por lo tanto, en el caso de que el sistema de control automático de presión quede inoperativo, por el fallo de cada uno de los sistemas independientes de control, y con el control manual funcionando correctamente se considera necesario que el *FIM* contemple

inspecciones adicionales de tal manera que se hubiera podido identificar la presencia de agua antes del vuelo del incidente como podría ser una inspección visual de la OFV.

2.5. Análisis de la posición de la OFV y ubicación del hielo

Desde que falló el control automático de presión en el vuelo del incidente, se aprecia en las gráficas de la figura 23, que la presión en cabina descendía y ascendía indicando un control manual activo por parte de la tripulación para su control y por tanto la OFV respondía a los movimientos solicitados por la tripulación. A partir de las 06:17:04 la presión empezó a disminuir hasta alcanzar 10 psi a las 06:24:44, por lo que se considera que en este periodo de tiempo se bloqueó la OFV favoreciendo la despresurización. Se estima que el agua se congeló en el brazo de control o en el varillaje del actuador de la OFV impidiendo que los motores cerraran la OFV.

2.6. Análisis de la gestión de la despresurización

Durante el periodo que siguió a la activación del aviso que alertaba que se habían superado los 10000 ft de altitud de cabina, CABIN ALTITUDE, todos los ocupantes (pasajeros y tripulación) hicieron uso de las máscaras de oxígeno y la aeronave descendió a una altitud segura.

Por las declaraciones de ambos pilotos se conoce que ambos realizaron las acciones de memoria del procedimiento asociado al aviso CABIN ALTITUDE. Siguiendo el procedimiento, las acciones para comenzar la maniobra de descenso de emergencia, tras comprobar el régimen y la altitud de cabina, serían apremiantes, sin embargo, a pesar de haber perdido el control sobre la presurización, estas no tuvieron lugar hasta seis minutos tras su activación, en los cuales la altitud de cabina subió hasta 18400 ft, posiblemente por haberse focalizado en recuperar el control.

Según la lógica que despliega automáticamente las máscaras de oxígeno de la cabina de pasajeros y los datos de presión en el interior de la cabina grabados en el FDR, estas debieron desplegarse cuando la aeronave se encontraba cerca de FL340. A pesar de no realizar el descenso de emergencia a la Vmo, según indica el procedimiento CABIN ALTITUDE, la aeronave alcanzó FL120 aproximadamente siete minutos después, dentro de la capacidad de los generadores de oxígeno, durante los cuales los pasajeros y la tripulación auxiliar recibieron suministro de oxígeno por las máscaras.

El comandante supervisor en línea que se encontraba en la cabina de pasajeros, al ver que se desplegaban las máscaras de oxígeno, se dirigió a la cabina de vuelo y pasó a ocupar el asiento del copiloto. Aunque pensó que la mejor decisión era intercambiar posiciones, en esta situación y con la información recopilada durante la investigación, no parecieron concurrir circunstancias en las que el intercambio de asiento con el copiloto, cualificado, con experiencia y sin mediar incapacitación, contribuyese a recuperar el control sobre la presurización y completar la maniobra de descenso de emergencia. Mientras duró este intercambio solamente un piloto (el comandante bajo supervisión) se mantuvo en un asiento de pilotaje con la máscara de oxígeno colocada y a cargo de continuar con la maniobra de descenso de emergencia.

Esta situación se podría haber evitado ocupando el comandante supervisor el transportín mientras hacía uso de la máscara de oxígeno, asistiendo a los otros dos pilotos durante el desarrollo de la emergencia en los breves minutos que restaban para alcanzar la altitud de seguridad.

La falta de una grabación CVR que cubriera el periodo del incidente limitó el análisis de los acontecimientos de los hechos.

La tripulación auxiliar de cabina, que contaba con amplia experiencia, estaba finalizando el servicio de desayunos. Según relataron durante las entrevistas respondieron a la pérdida de presión según las acciones descritas en el apartado 1.6.8 garantizando el bienestar de los pasajeros.

Alcanzada la altitud de seguridad, el comandante supervisor en línea informó al jefe de cabina y explicó al pasaje lo sucedido. Durante las entrevistas los TCP explicaron que la información al pasaje proporcionada por el comandante supervisor en línea tranquilizó y reconfortó al pasaje.

2.7. Análisis de la continuación del vuelo

La tripulación de vuelo decidió continuar al destino Madrid, del que se encontraba aproximadamente a 250 NM con condiciones meteorológicas favorables. Ya que habían recuperado el control sobre la presurización decidieron ascender, siendo autorizados a FL280.

Según relataron, basaron esta decisión en la optimización del combustible remanente, y consideraron también el vuelo a una altitud superior para mejor franqueamiento con el terreno a pesar de que ATC les había informado de la altitud mínima a la que descender.

Durante el descenso de emergencia previo, los generadores de oxígeno de las máscaras usadas en la cabina de pasajeros se habían activado, cuya duración era limitada. Cabe destacar que el número de pasajeros a bordo era de 59, es decir aproximadamente solo una cuarta parte de los asientos de pasaje estaban ocupados. Durante la pérdida de presión en la cabina se activaron los generadores de oxígeno correspondientes a estos 59 asientos. La tripulación no recordaba haber adoptado medidas de coordinación8 al respecto.

Por otro lado, el sistema automático de presurización había fallado en dos vuelos seguidos y además en esta ocasión el control manual había fallado también temporalmente, lo cual era indicador de algún tipo de anomalía en el sistema de presurización, no siendo descartable la recurrencia del fallo en lo que restaba del vuelo.

Además, teniendo en cuenta que la tripulación había realizado recientemente el refresco de la formación del sistema de presurización, por todo ello se considera oportuno emitir una recomendación de seguridad al operador para que refuerce el entrenamiento de sus tripulaciones relacionado con la pérdida de presión en cabina, e incluya en el mismo las lecciones aprendidas en este suceso.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Constataciones

- Durante el vuelo anterior al del incidente el sistema de control automático de la presurización quedó inoperativo y se completó el vuelo mediante el control manual.
- El BITE test realizado en tierra previo al vuelo del incidente no proporciono ningún fallo y el avión fue despachado con el sistema de control automático de presurización operativo.
- Durante el vuelo del incidente el sistema de control automático de la presurización quedó inoperativo y posteriormente la tripulación perdió temporalmente el control manual de la presurización de la cabina.
- Desde la activación del aviso de altitud de cabina excesiva hasta que se comenzaron las acciones del descenso de emergencia transcurrieron seis minutos durante los cuales la altitud de cabina subió a 18400 ft.
- Las mascarillas de los pasajeros y de la tripulación auxiliar de cabina se desplegaron automáticamente.
- Durante el descenso de emergencia a FL120 no se seleccionó la Vmo.
- Desde la posición en la que se estima saltaron las máscaras, hasta que se alcanzó FL120, transcurrieron siete minutos, dentro de la capacidad de los generadores de oxígeno.
- Durante el descenso de emergencia el comandante supervisor en línea pasó a ocupar el asiento del copiloto.
- La altitud de cabina máxima alcanzada fue aproximadamente 19140 ft.

- La aeronave volvió a ascender a FL280 una vez finalizada la emergencia para continuar el vuelo, habiendo recuperado el control manual, con el sistema automático de presurización inoperativo.
- Durante la pérdida de presión en la cabina se activaron los generadores de oxígeno correspondientes a los 59 asientos ocupados. La tripulación no recordaba haber adoptado medidas de coordinación al respecto.
- Tras el vuelo, el personal de mantenimiento del operador informó que se había encontrado hielo en la OFV, un tubo con una fuga de agua y una abrazadera rota tras el vuelo del incidente.
- El BITE test realizado en tierra posterior al vuelo del incidente no proporcionó ningún fallo.
- No se observaron anomalías en la OFV del incidente que impidieran el funcionamiento normal.
- La falta de una grabación CVR que cubriera el periodo del incidente limitó el análisis de los acontecimientos de los hechos.

3.2. Causas / Factores contribuyentes

La investigación ha puesto de manifiesto como causa del incidente el agua procedente de una fuga de un tubo con una abrazadera rota, que al congelarse bloqueó las compuertas de la válvula de salida de flujo.

Se consideran como factores contribuyentes:

- La utilización de abrazaderas de plástico para ajustar tubos en las proximidades de la OFV (sección 46), cuyo deterioro ya había causado fugas con anterioridad en otros sucesos en el compartimento de aviónica (sección 41), donde habían sido reemplazadas por abrazaderas metálicas.
- La ausencia de fallo en el BITE test en tierra realizado antes del vuelo.
- La ausencia de una inspección visual de la OFV en la tarea 803 de 21-31 del FIM cuando el sistema de presurización automático queda inoperativo en vuelo, la operación manual funciona correctamente y el BITE test no proporciona fallo en tierra.

4. RECOMENDACIONES

Considerando que la recuperación del mensaje de fallo durante la realización del BITE test en tierra probablemente hubiera facilitado la detección de la presencia de hielo en la válvula de salida de flujo, se emite la siguiente recomendación:

REC 18/23. Se recomienda a Honeywell que valore la posibilidad de que el CPC pueda no registrar un blocaje de la OFV por un elemento externo y las implicaciones que conlleve.

Dado que el uso de abrazaderas metálicas en la sección delantera ayuda a evitar fugas de agua que puedan afectar a equipos electrónicos y en vista de que la rotura de la abrazadera de plástico próxima a la OFV provocó una fuga de agua que pudo provocar el blocaje esta, se emite la siguiente recomendación de seguridad:

REC 19/23. Se recomienda a BOEING que valore el reemplazo de las abrazaderas de plástico de la serie CA625 cuya rotura pueda afectar a la OFV.

Las tareas que se llevaron a cabo para la detección del fallo dadas las condiciones antes del vuelo del incidente pudieron cumplir el procedimiento del *FIM* pero no fueron suficientes para detectar la presencia del blocaje ante una ausencia de fallo en el BITE test, por ello se emite la siguiente recomendación de seguridad para contribuir a mejorar el aislamiento del problema.

REC 20/23. Se recomienda a BOEING que valore adoptar medidas adicionales en la tarea 803 de 21-31 del *FIM* cuando el sistema de presurización automático quede inoperativo en vuelo, la operación manual funcione correctamente y el BITE test no proporcione fallo en tierra para detectar un posible blocaje de la OFV.

Considerando que la recuperación del mensaje de fallo durante la realización del BITE test en tierra probablemente hubiera facilitado la detección de la presencia de hielo en la válvula de salida de flujo, se emite la siguiente recomendación:

REC 21/23. Se recomienda a Delta Air Lines, Inc. que transmita las lecciones aprendidas en este incidente a todo el personal involucrado en el mantenimiento.

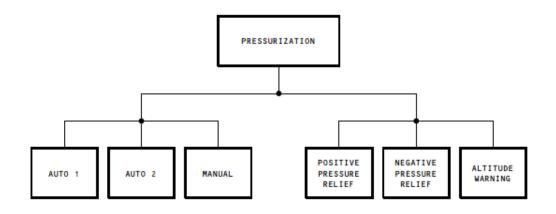
Durante la determinación del nuevo plan de acción tras alcanzar la altitud de seguridad y recuperar el control sobre la presurización, siendo significativo el estado del sistema de presurización y del sistema de oxígeno, considerando además que la tripulación de vuelo había realizado recientemente el entrenamiento de refresco relacionado con la presurización, se emite la siguiente recomendación de seguridad:

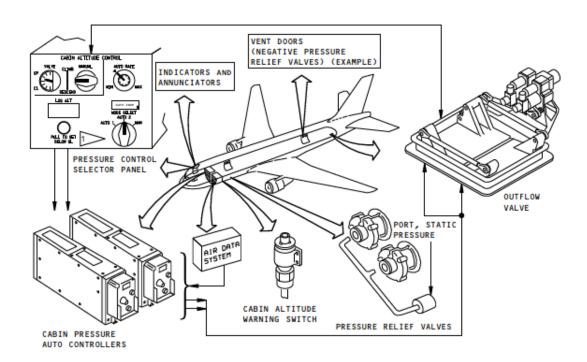
REC 22/23. Se recomienda a Delta Air Lines, Inc. que refuerce el entrenamiento de sus tripulaciones relacionado con la pérdida de presión en cabina, e incluya en el mismo las lecciones aprendidas en este suceso.

5. APÉNDICES

5.1. Componentes del sistema de presurización

A continuación, se representa un esquema del sistema de presurización:





1 IF INSTALLED 2027834 S00061352337_V1

FIG. 17 SISTEMA DE CONTROL DE PRESURIZACIÓN³³. IMAGEN CON COPYRIGHT © BOEING. REPRODUCIDA CON PERMISO.

³³ Imagen extraída de la sección 21-31-00 del *AMM* (Figura 1/21-31-00-990-801).

El sistema está formado por:

• Panel selector de la presión de cabina (pressure control selector panel): Está ubicado en el panel superior de los pilotos y consta de:

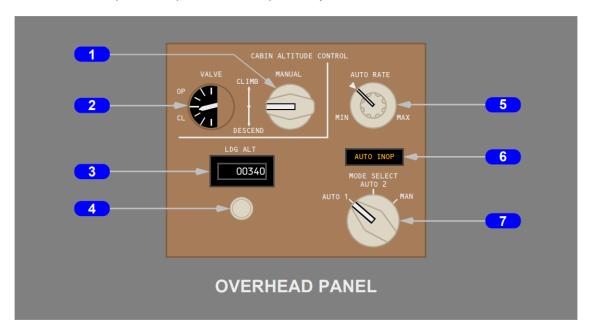


FIG. 18 PANEL DEL CONTROL DE LA ALTITUD DE CABINA³⁴. IMAGEN CON COPYRIGHT © BOEING. REPRODUCIDA CON PERMISO.

- Un interruptor de control manual (MANUAL) (1) para la altitud de cabina controla la posición de la OFV de la cabina con el selector de modo de altitud de la cabina (7) en modo manual (MAN). CLIMB mueve la OFV en sentido de apertura y DESCEND mueve la OFV en sentido de cierre.
- Un indicador de posición de la válvula (VALVE) (2) que muestra la posición de la OFV: OP (Abierta) y CL (Cerrada).
- Un selector de entrada de altitud de aterrizaje (LDG ALT) (4) que permite la selección de la altitud de aterrizaje por parte de la tripulación. La selección del rango de altitud de aterrizaje es de -1000 a +14000 ft. El indicador de la altitud de aterrizaje (3) muestra la altitud seleccionada.
- Un selector de entrada de régimen automático (AUTO RATE) (5) permite a la tripulación seleccionar el límite de régimen automático para la presurización de la cabina. El rango de selección es de 50 a 2000 ft/min para el ascenso, y de 30 a 1200 ft/min para el descenso. La posición marcada indica 500 ft/min de ascenso y 300 ft/min de descenso.
- Una luz de sistema automático inoperativo (AUTO INOP) (6) que se ilumina en ambar cuando las funciones de control de la altitud de cabina AUTO 1 y AUTO 2 están inoperativas y el modo MAN se ha seleccionado.
- Un selector de modo (MODE SELECT) (7) permite la selección de AUTO 1, AUTO 2 o MAN. AUTO 1 activa el control de altitud de la cabina Auto 1 para

_

³⁴ Imagen extraída del punto 2.10.7 del *FCOM*.

el funcionamiento automático y posiciona la válvula automáticamente. AUTO 2 activa el control de altitud de la cabina Auto 2 para el funcionamiento automático y posiciona la válvula automáticamente. Con MAN, la posición de la OFV es controlada por el control manual de altitud de la cabina y las luces AUTO INOP se iluminan.

Indicador de altitud de cabina:



FIG. 19 PANEL DE INDICACIÓN DE LA ALTITUD DE CABINA³⁵. IMAGEN CON COPYRIGHT © BOEING. REPRODUCIDA CON PERMISO.

Consta de un indicador de presión diferencial (1), un indicador de la altitud de cabina (2) y un indicador del régimen de ascenso o descenso de la altitud de cabina (3).

- Controladores de presión de cabina automáticos (cabin pressure auto controllers o CPC):
 Dos controladores idénticos pueden controlar la presurización del avión mediante la
 modulación de la OFV. Un controlador permanece en modo de espera, supervisando el
 funcionamiento del sistema. El controlador en espera asume el control del sistema si el
 controlador seleccionado falla. Ambos controladores reciben señales idénticas.
- Válvula de salida de flujo (outflow valve o OFV): Es del tipo de doble puerta. Las puertas y el marco de la válvula son de aluminio con un revestimiento de teflón para evitar el agarrotamiento y la fricción excesiva. Las barras de conexión en cada lado del marco de la válvula unen las puertas de proa y de popa. La válvula controla el flujo de aire de la cabina modulando las puertas de la válvula. La válvula se monta en la parte inferior izquierda del avión, inmediatamente después del compartimento de carga. Se instala una pantalla protectora de residuos sobre la válvula de salida de flujo para evitar la entrada de objetos extraños.
- Actuador de la válvula de salida de flujo (actuator): Se monta directamente en el marco de la válvula y acciona ambas puertas simultáneamente a través de un brazo de control y un varillaje. El actuador consta de dos motores idénticos de 115 V de corriente alterna y 400 Hz, cada uno con un tacómetro de retroalimentación, un motor de 28 V de corriente continua y una caja de engranajes. La caja de engranajes del motor de corriente continua también incluye un potenciómetro de retroalimentación e interruptores.

_

³⁵ Imagen extraída del punto 2.10.7 del *FCOM*.

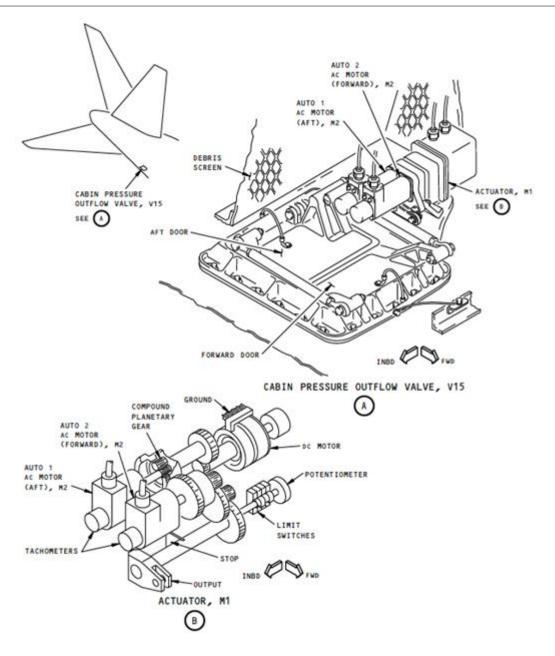


FIG. 20 OFV PARA LA PRESURIZACIÓN DE LA CABINA³⁶. IMAGEN CON COPYRIGHT © BOEING. REPRODUCIDA CON PERMISO.

 Las válvulas de alivio de presión positiva y las puertas de alivio de presión negativa protegen el fuselaje contra una diferencia de presión excesiva.

³⁶ Imagen extraída de la sección 21-31-00 del *AMM* (Figura 3/21-31-00-990-803).

5.2. Procedimiento para la realización del Bite test

Para hacer el BITE test en cada uno de los controladores de presión de cabina se siguen los siguientes pasos principalmente:

- 1. Girar el selector MODE SELECT en el panel de control superior del piloto a la posición AUTO 1 (AUTO 2).
- 2. Pulsar el botón PRESS TEST para comprobar el funcionamiento de las luces de avería de la parte frontal del controlador. Si no se enciende alguna luz de avería al pulsar el botón PRESS TEST, es necesario reemplazar el controlador.
- 3. Pulsar el botón BIT para consultar la memoria de fallos del controlador.
 - Si no hay fallos presentes en la memoria de fallos, la luz de NO FAULT se encenderá durante 30 segundos y luego se apagará.
 - Si existe un fallo en la memoria de fallos, la luz de fallo del componente correspondiente se encenderá durante 15-30 segundos y, a continuación, se apagará.
 - Pulsar el botón PRESS TEST en los 15 segundos siguientes a pulsar el botón BIT para visualizar los fallos de los vuelos anteriores.
- 4. Pulsar el botón VERIFY para consultar el estado actual del sistema.
 - La luz VERIFY MODE permanecerá encendida mientras que el test de verificación se realice (aproximadamente 10 segundos).
 - Al finalizar el test la luz VERIFY MODE se apagará y si no se detectan fallos, la luz NO FAULT se encenderá durante 30 segundos. En caso de encontrarse algún fallo, a luz del componente correspondiente se encenderá.
- 5. Para borrar los fallos en el controlador y reiniciar el controlador, pulsar VERIFY y después RESET.

5.3. Mapas meteorológicos

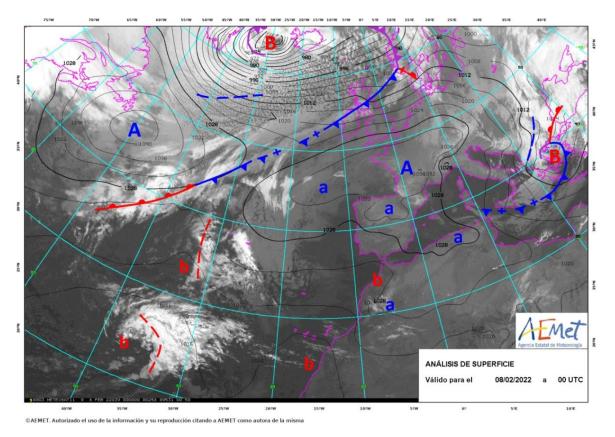


FIG. 21 GUÍA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO EN NIVELES MEDIOS Y ALTOS DE LAS 00:00:00 H DEL 8 DE FEBRERO DE 2022 COMBINADA CON LA IMAGEN DEL CANAL DE VAPOR DE AGUA DEL SATÉLITE METEOSAT

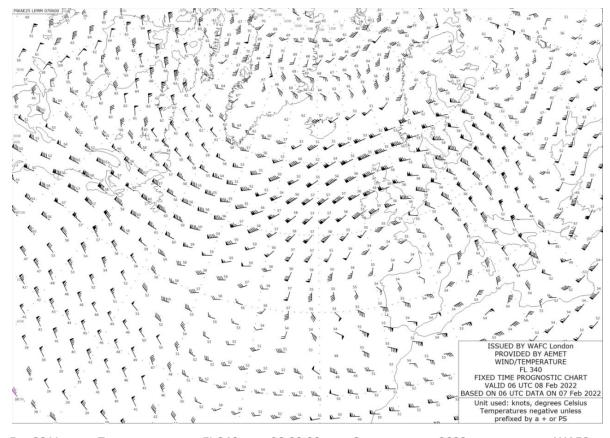


FIG. 22 VIENTO Y TEMPERATURA EN EL FL 340 A LAS 06:00:00 H DEL 8 DE FEBRERO DE 2022 PREVISTO POR EL WAFC DE LONDRES.

5.4. Gráficos extraídos del FDR

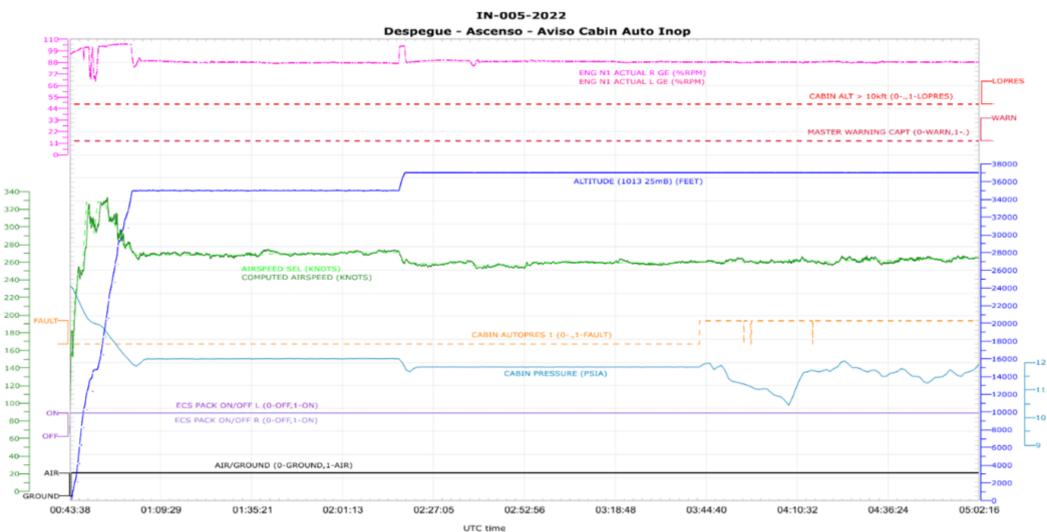


FIG. 23 PARÁMETROS DE VUELO DESDE EL DESPEGUE HASTA DESPUÉS DEL AVISO DE CABIN AUTO INOP.

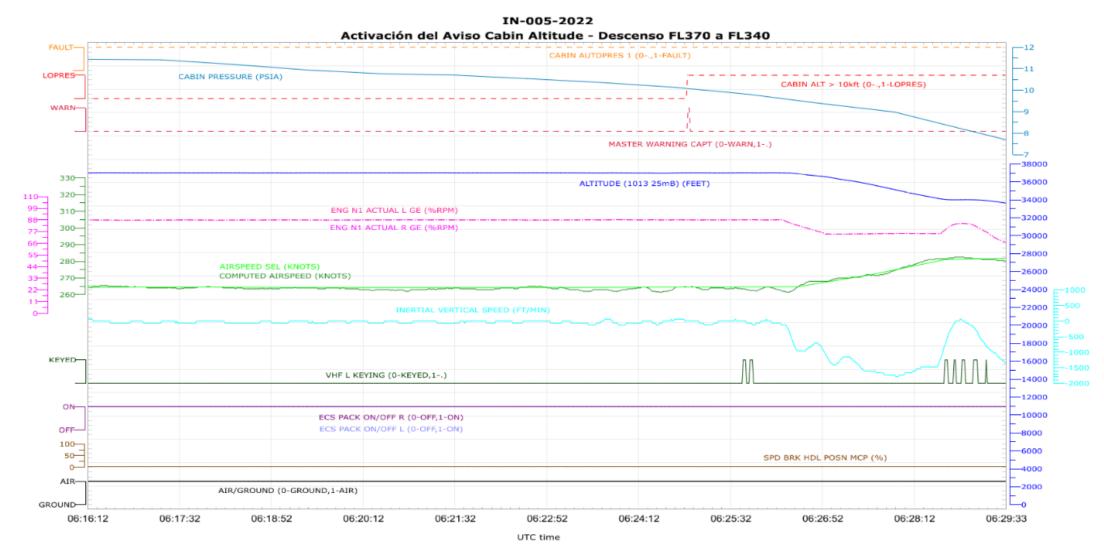


FIG. 24 PARÁMETROS DE VUELO DESDE LA ACTIVACIÓN DEL AVISO DE ALTITUD DE CABINA HASTA DESCENSO A FL340.

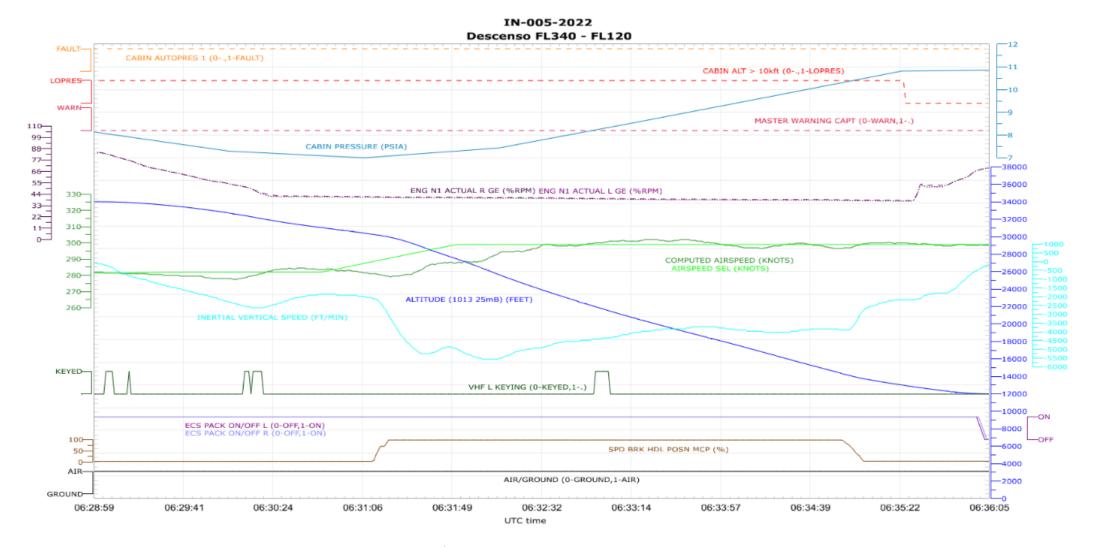


Fig. 25 Parámetros de vuelo durante el descenso de FL340 a FL120.

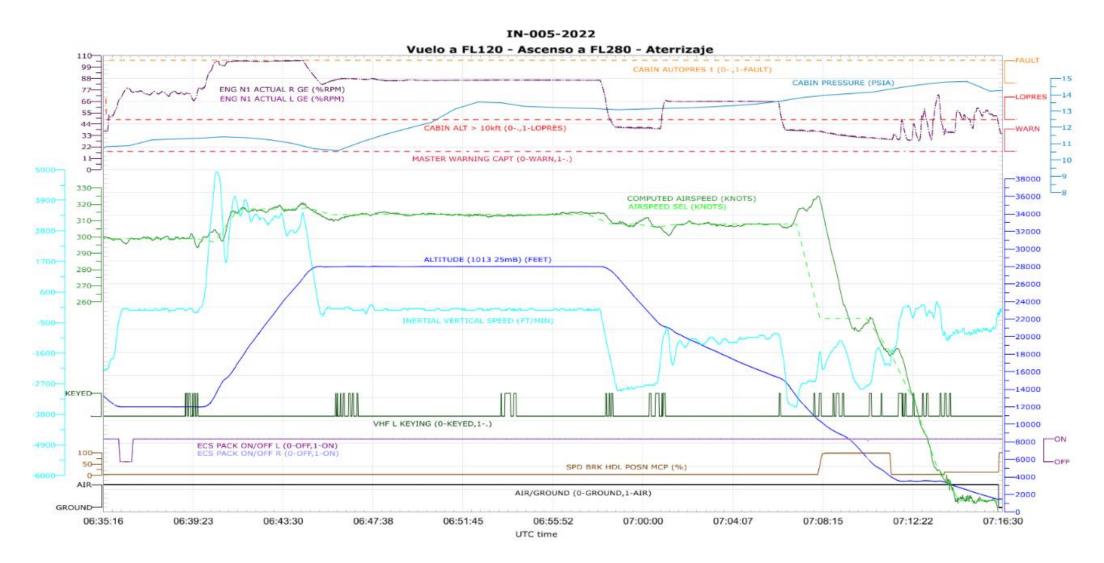
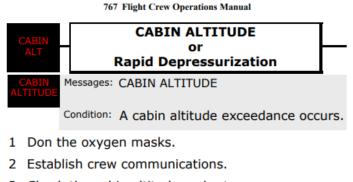


FIG. 26 PARÁMETROS DE VUELO A FL120, ASCENSO A FL280, DESCENSO Y ATERRIZAJE

5.5. Procedimiento de altitud de cabina o despresurización rápida

La sección 2.1 del *QRH*³⁷ del Boeing 767-332ER del fabricante contiene el procedimiento de altitud de cabina excesiva que se muestra a continuación:



- 3 Check the cabin altitude and rate.
- 4 If the cabin altitude is uncontrollable:

PASS OXY switch Push and hold for 1 second

Without delay, descend to the lowest safe altitude or 10,000 feet, whichever is higher.

To descend:

Move the thrust levers to idle

Extend the speedbrakes

If structural integrity is in doubt, limit airspeed and avoid high maneuvering loads.

Descend at VMO/MMO

FIG. 27 PROCEDIMIENTO DE ALTITUD DE CABINA O DESPRESURIZACIÓN RÁPIDA DEL FABRICANTE.

IMAGEN CON COPYRIGHT © BOEING. REPRODUCIDA CON PERMISO

³⁷ Revisión del 20 de febrero de 2014.