

INFORME DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Expediente: EX-2022-20674875- -APN-DNISAE#JST

Suceso: Incidente grave

Título: Despresurización de cabina. Boeing 737-8MB, matrícula LV-FXQ, nivel de vuelo 360, lateral localidad de Recreo, provincia de Santiago del Estero

Fecha y hora del suceso: 4 de marzo de 2022 a las 17:05 horas (UTC)

Dirección Nacional de Investigación de Sucesos Aeronáuticos

Junta de Seguridad en el Transporte

Florida 361

Argentina, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, C1005AAG

(54+11) 4382-8890/91

info@jst.gob.ar

Publicado por la JST. En caso de utilizar este material de forma total o parcial se sugiere citar según el siguiente formato: Aviación. Incidente grave. LV-FXQ. Nivel de vuelo 360, Recreo, provincia de Santiago del Estero. Fuente: Junta de Seguridad en el Transporte, 2024.

El presente informe se encuentra disponible en www.argentina.gob.ar/jst

ÍNDICE

SOBRE LA JST	5
SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN	6
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	8
SINOPSIS	10
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS	11
1.1 Reseña del vuelo	11
1.2 Lesiones a personas	11
1.3 Daños en la aeronave	11
1.4 Otros daños	12
1.5 Información sobre el personal	12
1.6 Información sobre la aeronave	14
1.7 Información meteorológica	22
1.8 Ayudas a la navegación	23
1.9 Comunicaciones	23
1.10 Información sobre el lugar del suceso.....	23
1.11 Registradores de vuelo	24
1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	27
1.13 Información médica y patológica	27
1.14 Incendio.....	27
1.15 Supervivencia	27

1.16	Ensayos e investigaciones	29
1.17	Información orgánica y de dirección.....	35
1.18	Información adicional.....	35
1.19	Técnicas de investigaciones útiles o eficaces	35
2.	ANÁLISIS.....	36
2.1	Introducción.....	36
2.2	Aspectos técnicos-operativos	36
3.	CONCLUSIONES.....	42
3.1	Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente	42
3.2	Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación	43
4.	ACCIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL	44
5.	APÉNDICES	45

SOBRE LA JST

La misión de la Junta de Seguridad en el Transporte (JST) es mejorar la seguridad a través de la investigación de accidentes e incidentes y la emisión de recomendaciones de acciones eficaces. Mediante la investigación sistémica de los factores desencadenantes, se evita la ocurrencia de accidentes e incidentes de transporte en el futuro.

De conformidad con la [Ley N.º 27.514](#) de seguridad en el transporte, la investigación de todo suceso tiene un carácter estrictamente técnico y las conclusiones no deben generar presunción de culpa ni responsabilidad administrativa, civil o penal.

Según el artículo 26 de la [Ley N.º 27.514](#), la JST puede realizar estudios específicos, investigaciones y reportes especiales acerca de la seguridad en el transporte.

Esta investigación ha sido efectuada con el único objetivo de prevenir accidentes e incidentes, según lo estipula la ley de creación de la JST.

Los resultados de este Informe de Seguridad Operacional no condicionan ni prejuzgan investigaciones paralelas de índole administrativa o judicial que pudieran ser iniciadas por otros organismos u organizaciones con relación al presente suceso.

SOBRE EL MODELO SISTÉMICO DE INVESTIGACIÓN

La JST ha adoptado el modelo sistémico para el análisis de los accidentes e incidentes de transporte modales, multimodales y de infraestructura conexa.

El modelo ha sido ampliamente adoptado, como así también validado y difundido por organismos líderes en la investigación de accidentes e incidentes a nivel internacional.

Las premisas centrales del modelo sistémico de investigación de accidentes son las siguientes:

- Las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea o las fallas técnicas del equipamiento constituyen los factores desencadenantes e inmediatos del evento. Estos constituyen el punto de partida de la investigación y son analizados con referencia a las defensas del sistema de transporte junto a otros factores, que en muchos casos se encuentran alejados en tiempo y espacio del momento preciso de desencadenamiento del evento.
- Las defensas del sistema de transporte procuran detectar, contener y ayudar a recuperar las consecuencias de las acciones u omisiones del personal operativo de primera línea o las fallas técnicas del equipamiento. Las defensas se agrupan bajo tres entidades genéricas: tecnología, normativa (incluyendo procedimientos) y entrenamiento.
- Los factores que permiten comprender el desempeño del personal operativo de primera línea o la ocurrencia de fallas técnicas, así como explicar las fallas en las defensas, están generalmente alejados en el tiempo y el espacio del momento de desencadenamiento del evento. Son denominados factores sistémicos, y están vinculados estrechamente a elementos tales como, por ejemplo, el contexto de la operación, las normas y procedimientos, la capacitación del personal, la gestión de la seguridad operacional por parte de la organización a la que reporta el personal operativo y la infraestructura.

En consecuencia, la investigación basada en el modelo sistémico tiene el objetivo de identificar los factores relacionados con el accidente, así como otros factores de riesgo de seguridad operacional que, aunque no guarden una relación de causalidad con el suceso investigado, tienen potencial desencadenante bajo otras circunstancias operativas. De esta manera, la investigación sistémica buscará mitigar riesgos y prevenir accidentes e incidentes

a partir de Recomendaciones de Seguridad Operacional (RSO) que promuevan acciones viables, prácticas y efectivas.

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS¹

CEAC: Centro de Entrenamiento de Aeronáutica Civil

CEFEPRA: Centro de Formación y Entrenamiento de Pilotos de la República Argentina

CESA: Certificado de Explotador de Servicios Aaéreos

CPC: Controlador de presión de cabina

CRM: *Cockpit resource management* (gerenciamiento de recursos de cabina)

CVR: *Cockpit voice recorder* (grabadora de voces de cabina)

FCOM: *Flight crew operations manual* (manual de operación de la tripulación de vuelo)

FDR: *Flight Data Recorder*. (grabadora de datos de vuelo)

FL: Flight Level (nivel de vuelo)

GFS: Sistema de pronóstico global

IAC: Investigador a Cargo

ISA: Atmósfera estándar internacional

JST: Junta de Seguridad en el Transporte

MSL: Nivel medio del mar

OACI: Organización de Aviación Civil Internacional

OFV: *Outflow valve* (válvula de flujo de salida)

PA: *Passenger address* (sistema de anuncio a los pasajeros)

PM: *Pilot monitoring* (piloto que asiste)

PF: *Pilot flying* (piloto al mando)

PSI: Libra por pulgada cuadrada

QAR: Registrador de datos de vuelo de acceso rápido

¹ Con el propósito de facilitar la lectura del presente informe, se aclaran por única vez las siglas y abreviaturas utilizadas.

QRH: *Quick Reference Handbook* (manual de referencia rápida)

RAAC: Regulaciones Argentinas de Aviación Civil

RTV: Registro técnico de vuelo

SMS: Sistema de gestión de la seguridad operacional

SSM: System Schematic Manual (Manual de esquemas de sistemas)

TCP: Tripulante de cabina de pasajeros

UTC: Tiempo Universal Coordinado

SINOPSIS

Este informe detalla los hechos y circunstancias en torno al incidente grave experimentado por la aeronave LV-FXQ, un Boeing 737-8MB, en nivel de vuelo 360, próximo a la localidad de Recreo (provincia de Santiago del Estero) el 4 de marzo de 2022, a las 17:05 horas², durante un vuelo de aviación comercial regular.

El informe presenta cuestiones relacionadas con el funcionamiento y la operación del sistema de presurización, así como el desempeño operativo de la tripulación de mando.

El informe incluye una Acción de Seguridad Operacional.



Figura 1. Imagen de la aeronave LV-FXQ. Fuente: investigación JST

² Todas las horas están expresadas en Tiempo Universal Coordinado (UTC), que para el lugar y fecha del accidente corresponde al huso horario -3.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1 Reseña del vuelo

El 4 de marzo de 2022, la aeronave matrícula LV-FXQ, un Boeing B-737-800 operado por Aerolíneas Argentinas S.A., despegó a las 16:47 horas del Aeropuerto Internacional Ingeniero Aeronáutico Ambrosio Luis Vicente Taravella (Córdoba, provincia de Córdoba) con destino al Aeropuerto Internacional General Don Martín Miguel de Güemes (Salta, provincia de Salta) en cumplimiento del vuelo AR1516 de aviación comercial regular.

Luego de 18 minutos de vuelo en condiciones meteorológicas visuales, una vez alcanzado el nivel de vuelo (FL) 360 y lateral a la localidad de Recreo (provincia de Santiago del Estero), ocurrió la despresurización de la cabina. Como consecuencia de ello, la tripulación realizó un descenso de emergencia y retornó al aeropuerto de partida.

1.2 Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Otros	Total
Mortales	0	0	0	0
Graves	0	0	0	0
Leves	0	1	0	1
Ninguna	6	139	0	145

Tabla 1

1.3 Daños en la aeronave

1.3.1 Célula

Sin daños.

1.3.2 Motor

Sin daños.

1.4 Otros daños

No hubo.

1.5 Información sobre el personal

La certificación del comandante cumplía con la reglamentación vigente.

Comandante	
Sexo	Masculino
Edad	57 años
Nacionalidad	Argentino
Licencias	Transporte de línea aérea avión
Habilitaciones	Vuelo nocturno Vuelo por instrumentos Monomotores y multimotores terrestres Piloto B738
Certificación médica aeronáutica	Clase I Válida hasta el 30/09/2022

Tabla 2

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	12.220,0	5.022,9
Últimos 90 días	121,6	121,6
Últimas 24 horas	2,6	2,6
En el día del suceso	2,6	2,6

Tabla 3

El último control de eficiencia³ en simulador realizado por el comandante fue el 6 de diciembre de 2021 en el Centro de Formación y Entrenamiento de Pilotos de la República Argentina

³ La RAAC Parte 121, referente a las Operaciones Regulares Internas e Internacionales. Operaciones Suplementarias, establece en el punto 121.441, referente al Control de Eficiencia (es el entrenamiento periódico obligatorio en simulador) que: (a) Ningún explotador puede emplear una persona ni persona alguna puede desempeñarse como piloto a menos que esa persona haya completado satisfactoriamente un control de eficiencia o un curso aprobado de instrucción en simulador.

(CEFEPPRA). En esa ocasión, entre otras maniobras practicadas y conforme al manual de referencia rápida (QRH⁴) de la empresa, se incluyeron las siguientes emergencias:

- CABIN ALTITUDE WARNING or rapid depressurization (alarma de altitud de cabina o despresurización rápida)
- Emergency Descent (descenso de emergencia)

El último curso de Gerenciamiento de Recursos de Cabina (CRM) lo realizó el 7 de abril de 2021 y el de mercancías peligrosas el 17 de julio de 2020. El piloto obtuvo una calificación de nivel 5 en inglés, válida hasta el 5 de enero de 2023.

La certificación del primer oficial cumplía con la reglamentación vigente.

Primer oficial	
Sexo	Masculino
Edad	49 años
Nacionalidad	Argentino
Licencias	Piloto comercial de primera clase de avión
Habilitaciones	Vuelo nocturno Vuelo por instrumentos Monomotores y multimotores terrestres Copiloto B738
Certificación médica aeronáutica	Clase I Válida hasta el 30/11/2022

Tabla 4

Su experiencia era la siguiente:

Horas de vuelo	General	En el tipo
Total general	5.373,2	4.200
Últimos 90 días	140,1	140,1
Últimas 24 horas	2,6	2,6
En el día del suceso	2,6	2,6

Tabla 5

⁴ QRH: documento emitido por el fabricante de la aeronave, que contiene las indicaciones resumidas de operación de un determinado sistema.

El último control de eficiencia en simulador realizado por el primer oficial fue el 10 de octubre de 2021 en el CEFEPRA. Al igual que el comandante, en esa oportunidad, entre otras maniobras realizadas se practicaron "CABIN ALTITUDE WARNING or rapid depressurization" y "Emergency Descent", de acuerdo con lo establecido en la QRH de la empresa. El último curso de CRM antes del suceso lo realizó el 14 de julio de 2021 y el de mercancías peligrosas el 16 de julio de 2021. El primer oficial obtuvo una calificación de nivel 4 en inglés, válida hasta el 15 de agosto de 2022.

Entrenamiento en simulador de los pilotos

Los pilotos de la empresa recibían su entrenamiento y capacitación aeronáutica en el CEFEPRA, ubicado en la planta industrial Ezeiza del Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini (provincia de Buenos Aires). El CEFEPRA se encontraba aprobado como Centro de Entrenamiento de Aeronáutica Civil (CEAC) conforme las Regulaciones Argentinas de Aviación Civil (RAAC) Parte 142 y era propiedad de Aerolíneas Argentinas S.A. El centro contaba con siete aulas para dictado de cursos, un auditorio para 120 personas y salas para albergar simuladores dinámicos y estáticos.

El simulador dinámico de CEFEPRA, modelo Boeing 737-800 W, tenía su propio certificado de aprobación de simulador sintético de vuelo emitido por ANAC. Este simulador fue inspeccionado y evaluado, y recibió la calificación de nivel "D". El certificado tenía validez hasta el 25 de septiembre de 2022, a menos que fuera revocado, suspendido o anulado. Con esta certificación, los pilotos entrenados en el simulador podían integrarse a la operación de la aeronave sin necesidad de instrucción en vuelo.

La tripulación del vuelo del suceso había completado su última instrucción periódica en simuladores nivel "D".

1.6 Información sobre la aeronave

La aeronave estaba certificada de conformidad con la reglamentación vigente y mantenida de acuerdo con el plan de mantenimiento del fabricante.

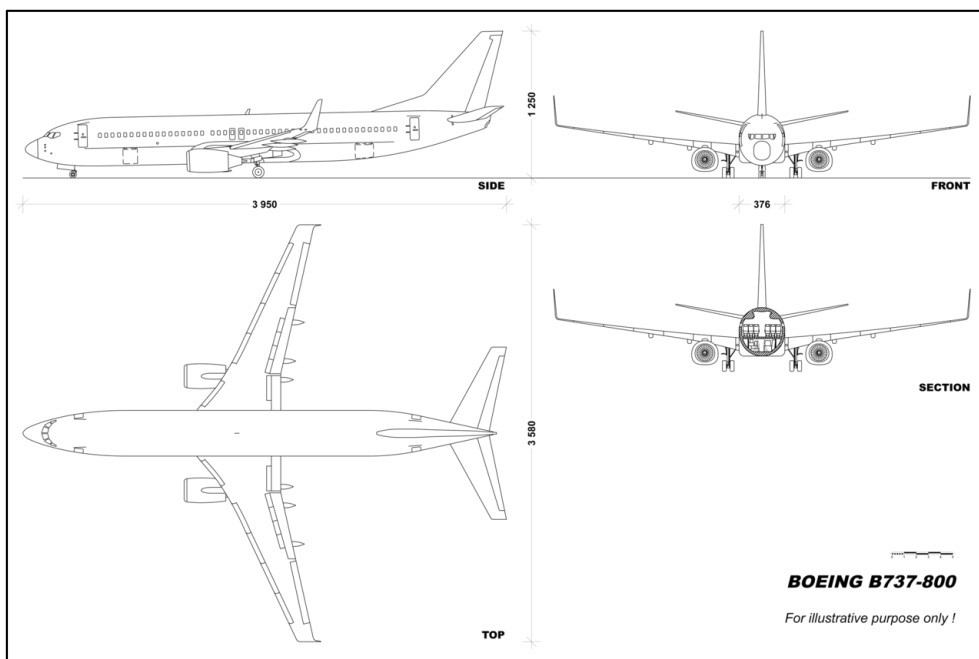


Figura 2. Perfil de la aeronave. Fuente: Manual de la aeronave

Aeronave		
Marca	Boeing	
Modelo	B737-8MB	
Categoría	Avión	
Fabricante	Boeing Company	
Año de fabricación	2015	
Número de serie	43881	
Peso máximo de despegue	79.016 kg	
Peso máximo de aterrizaje	66.360 kg	
Peso vacío	62.731 kg	
Fecha del último peso y balanceo	02/08/2019	
Horas totales	16.563	
Horas desde la última inspección	2.987	
Ciclos totales	9.042	
Ciclos desde la última recorrida general	1.632	
Certificado de matrícula	Propietario	Aerolíneas Argentinas S.A.
	Fecha de expedición	07/01/2016
Certificado de aeronavegabilidad	Clasificación	Estándar
	Categoría	Transporte
	Fecha de emisión	28/10/2015

Tabla 6

Motor #1	
Marca	<i>CFM International</i>
Modelo	CFM56-7B26E
Fabricante	CFM International
Número de serie	863273
Horas totales	16.563
Ciclos totales	9.042
Ciclos desde la última recorrida	No aplica

Tabla 7

Motor #2	
Marca	<i>CFM International</i>
Modelo	CFM56-7B26E
Fabricante	CFM International
Número de serie	862360
Horas totales	16.563
Ciclos totales	9.042
Ciclos desde la última recorrida	No aplica

Tabla 8

Sistema de presurización

La aeronave posee un sistema de aire acondicionado que regula las condiciones ambientales de la cabina. El control de la presurización garantiza que la cabina se mantenga a una altitud segura para los pasajeros y la tripulación, además previene la hipoxia⁵ en las personas. La altitud máxima de cabina para la mayoría de los vuelos es de 8.000 pies, considerando que el techo máximo certificado de la aeronave es de 41.000 pies.

Existen dos *packs* que suministran el aire necesario para el sistema de aire acondicionado y presurización. El flujo de aire comprimido proviene de los motores y se distribuye en la cabina de pasajeros a través de distintos difusores. El exceso de presión de aire se libera al exterior a través de una válvula denominada *outflow valve*⁶.

⁵ Es un estado de deficiencia de oxígeno en la sangre.

⁶ Es una válvula de control de presión del sistema de presurización de cabina.

La presurización de la cabina es controlada durante todas las fases de operación de la aeronave por el sistema de Control de Presurización de Cabina (CPC), que regula el flujo de salida de aire al exterior a través de la *outflow valve*.

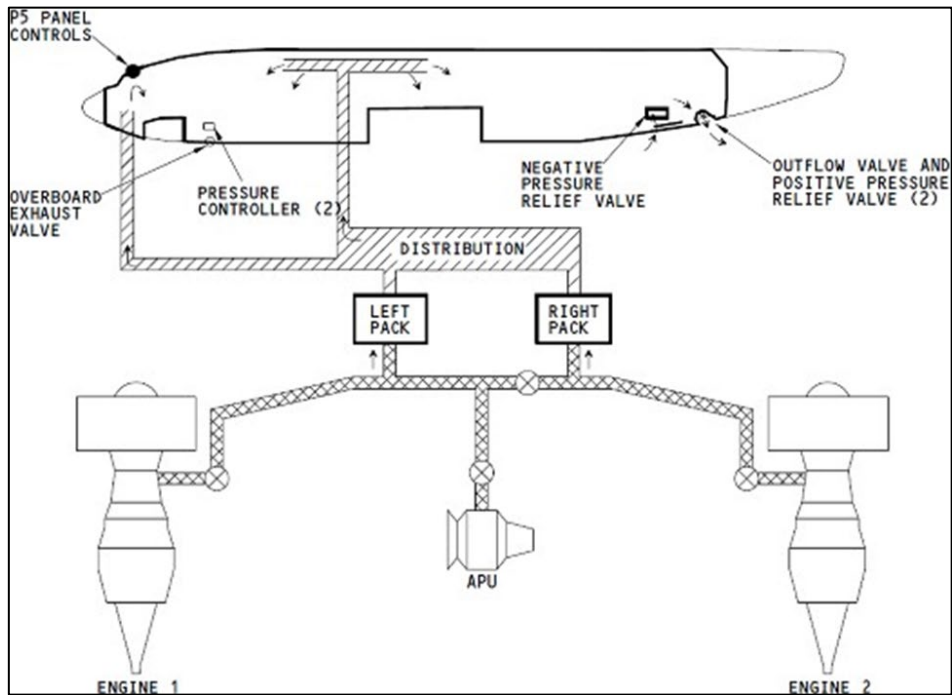


Figura 3. Esquema del sistema de presurización. Fuente: *Boeing Aircraft Maintenance Manual B737*

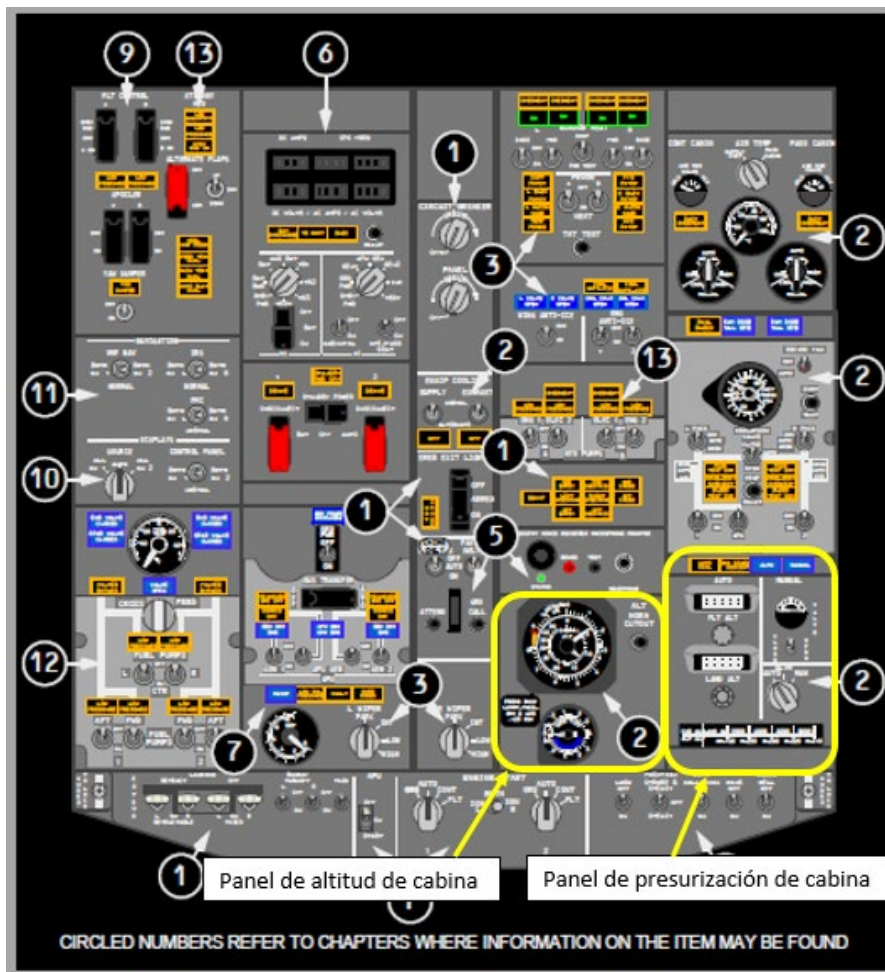


Figura 4. Panel superior de la cabina de mando. Fuente: *Flight Crew Operations Manual (FCOM)*⁷

Selector de modo de presurización

Este sistema incluye dos controladores automáticos idénticos, disponibles mediante la selección de modo AUTO o ALTN:

- AUTO: El control de la presurización es automático y representa el modo normal de operación
- ALTN: El control de la presurización es automático y proporciona un modo alternativo de operación

⁷ Manual de Operaciones de la Tripulación de Vuelo de Aerolíneas Argentinas.

También tiene un modo MAN que puede ser operado por la tripulación:

- MAN: La presurización es controlada en forma manual. En este modo, ambos controladores automáticos han sido *baipaseados*

El sistema de control automático tiene una arquitectura redundante doble con dos CPC idénticos. Solo uno a la vez controla la válvula *outflow*, alternando entre ellos en cada vuelo.

La cabina comienza a presurizarse en tierra. Uno de los controladores comienza a operar sobre la *outflow valve* y permite que la cabina se presurice en forma lenta. En caso de que el sistema detecte una falla en los CPC o en la *outflow valve*, se encenderá una luz ámbar con la inscripción AUTO FAIL en la cabina de mando. Cuando el selector de modo de presurización es colocado en MAN, una luz verde con la inscripción "MANUAL" se enciende sobre el panel superior (ver figura 5).

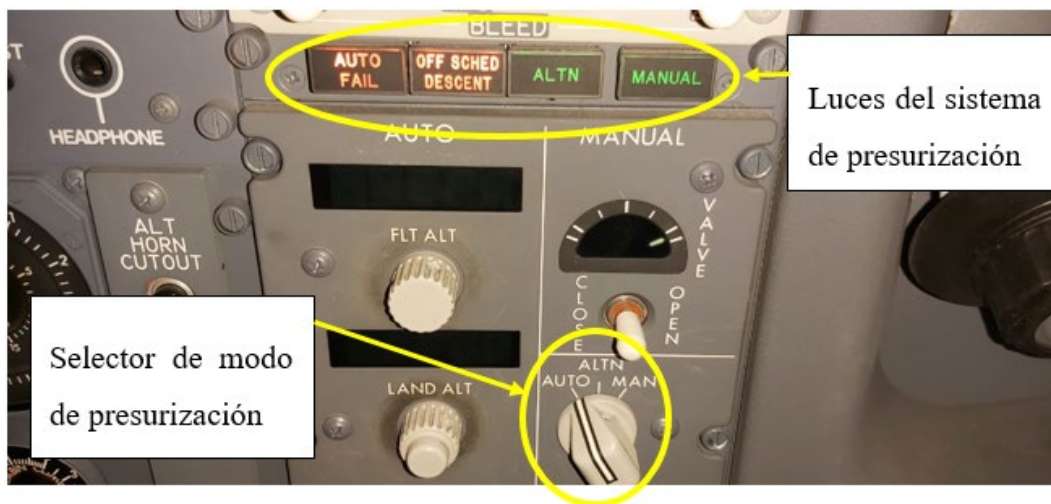


Figura 5. Indicadores luminosos y selector del panel de presurización de cabina. Fuente: investigación JST

El panel donde se encuentra el selector de modo de presión de cabina (*cabin pressure selector panel*) que se observa en la figura 5 es denominado como P5-6⁸ en el Manual de Esquema del Sistema (SSM).

⁸ El panel P5-6 se encuentra en el SSM 21-31-23-105.

Descripción de las luces del panel de presurización de cabina

- Luz AUTO FAIL: Se ilumina en color ámbar cuando se detecta una falla en el sistema automático de presurización. Si la luz ALTN también está encendida, indica que un controlador ha fallado; si la luz AUTO FAIL está encendida sola, indica que ambos controladores han fallado.
- Luz MANUAL: Se ilumina en color verde cuando el sistema de presurización está funcionando en modo manual.
- Luz ALTN: Se ilumina en color verde cuando el sistema de presurización está funcionando en modo automático alternativo. Si tanto ALTN como AUTO FAIL están encendidas, indica que un controlador ha fallado y la transferencia automática al modo ALTN se ha realizado; si la luz ALTN está encendida sola, indica que el selector de modo de presurización está en la posición ALTN.
- Luz de CABIN ALTITUDE: el sistema de presurización también cuenta con una alarma sonora y visual de altitud de cabina que se activa cuando ésta supera los 10.000 pies. Al activarse la alarma, emite un sonido intermitente y el indicador de CABIN ALTITUDE se ilumina en la cabina de mando (ver figura 6).



Figura 6. Indicador CABIN ALTITUDE en la cabina de mando. Fuente: investigación JST

En caso de que la luz de CABIN ALTITUDE se encienda, deberá efectuarse el procedimiento de emergencia "CABIN ALTITUDE or rapid Depressurization" indicado en la QRH del avión.

Panel de altitud de cabina

Este panel es utilizado por la tripulación para monitorear las condiciones de presurización de la aeronave.

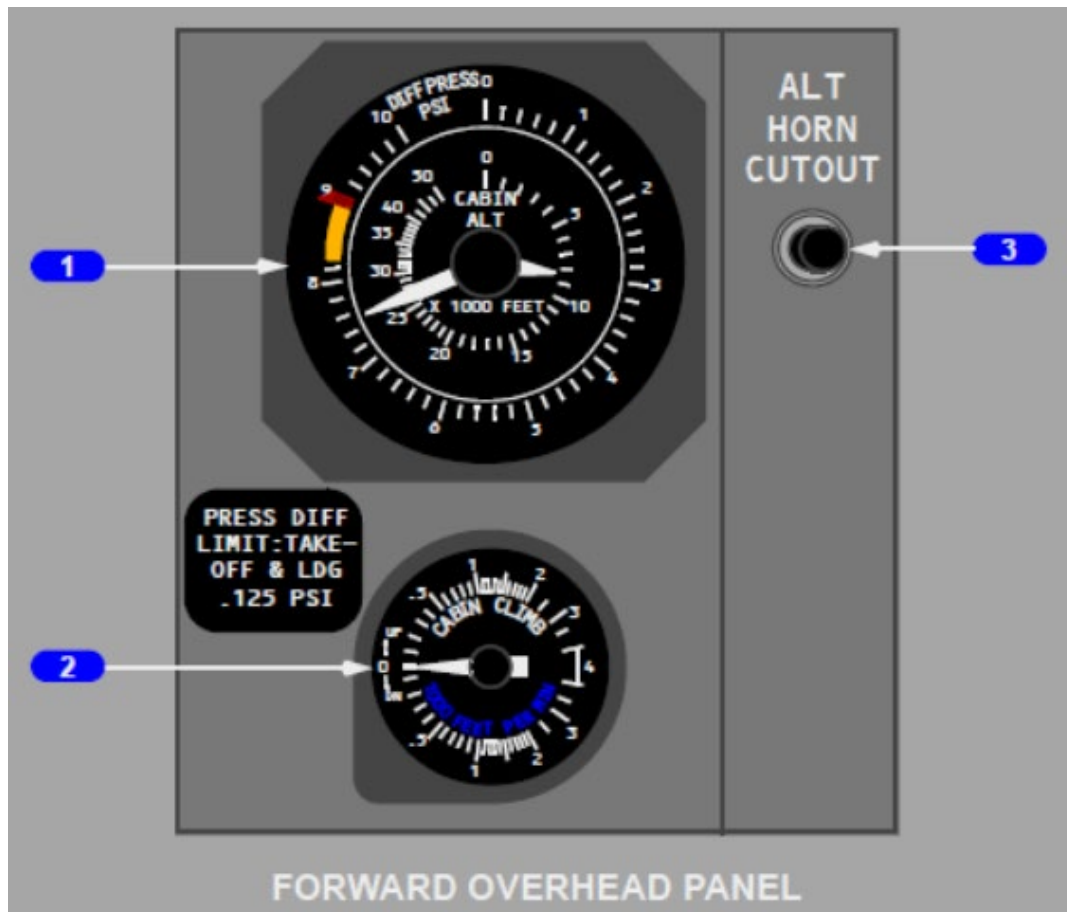


Figura 7. Panel de altitud de cabina. Fuente: FCOM

El panel cuenta con:

1. Altímetro de cabina / indicador de presión diferencial:
 - Escala interna: indica la altitud de cabina en pies
 - Escala externa: indica la presión diferencial entre la cabina y la presión ambiente en psi
2. Variómetro de cabina:
 - Indica el régimen de ascenso o descenso de la cabina en pies por minuto
3. Botón de corte de alarma sonora de altitud
 - Permite cortar la alarma sonora intermitente de altitud de cabina

Panel P5-6 - Selector de modo de presión de cabina (cabin pressure selector panel)

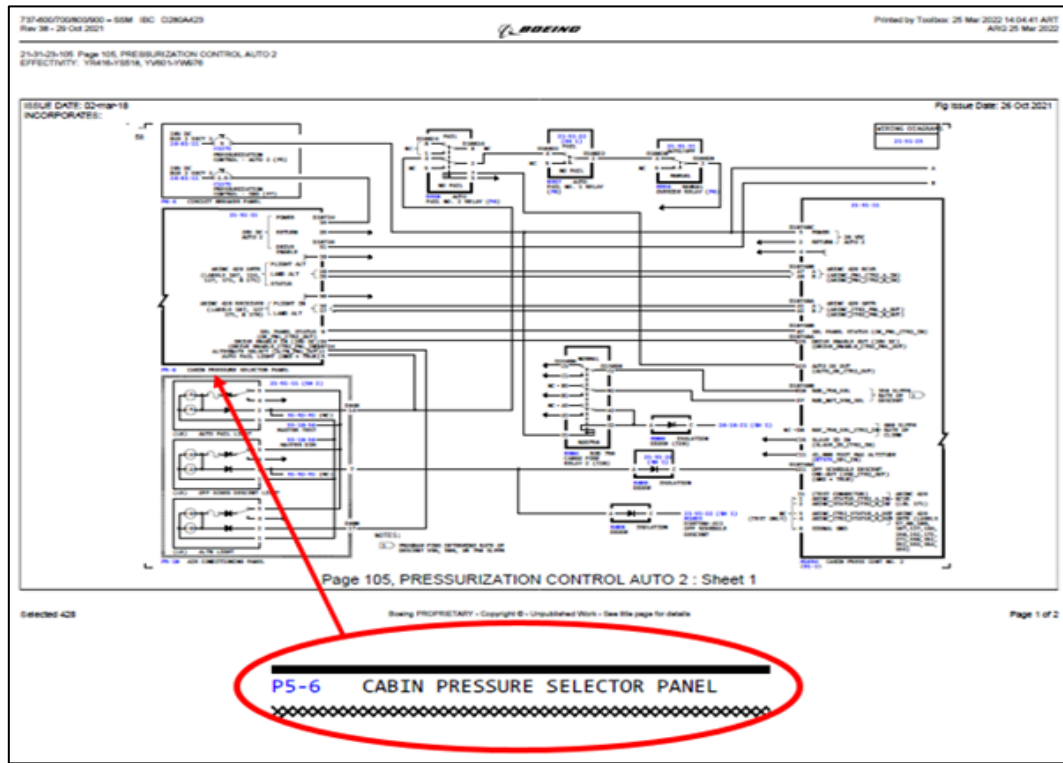


Figura 8. Cabin pressure selector panel. Fuente: SSM 737-600/700/800/900

El LV-FXQ fue regresado al servicio en los días siguientes al suceso sin necesidad de reemplazar el panel P5-6, ya que este no tuvo ninguna falla (ver apéndice 5.1).

1.7 Información meteorológica

Según los datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), a las 15:00 horas se obtuvieron las siguientes condiciones meteorológicas en las coordenadas 29°19'16,6" S y 64°37'24,21" W, a FL360, utilizando el modelo numérico del sistema de pronóstico global (GFS):

FL	Temperatura	Temperatura de punto de rocío	Viento	Presión
358	-43°C	-48°C	270° / 51 nudos	250 hPa

Tabla 9

1.8 Ayudas a la navegación

No relevante.

1.9 Comunicaciones

No relevante.

1.10 Información sobre el lugar del suceso

Lugar del suceso	
Ubicación	42 kilómetros lateral este de Recreo, provincia de Santiago del Estero
Coordenadas	29°19'43''S – 64°37'22''W
Altitud	36.000 pies

Tabla 10



Figura 9. Trayectoria del LV-FXQ hasta la despresurización. Fuente: investigación JST

1.11 Registradores de vuelo

La aeronave estaba equipada con un registrador de datos de vuelo (FDR) y un registrador de voces de cabina (CVR), conforme a lo establecido por la normativa vigente para el tipo de aeronave y operación. Además, la aeronave disponía de un registrador de datos de vuelo de acceso rápido (QAR).

Registrador de voces de cabina (CVR)	
Modelo	HFR5-V
Fabricante	Honeywell
Número de serie	CVR-05948

Tabla 12

Registrador de datos de vuelo (FDR)	
Modelo	HFR5-D
Fabricante	Honeywell
Número de serie	FDR-05340

Tabla 13



Figura 10. Registrador de voces de cabina y registrador de datos de vuelo del LV-FXQ

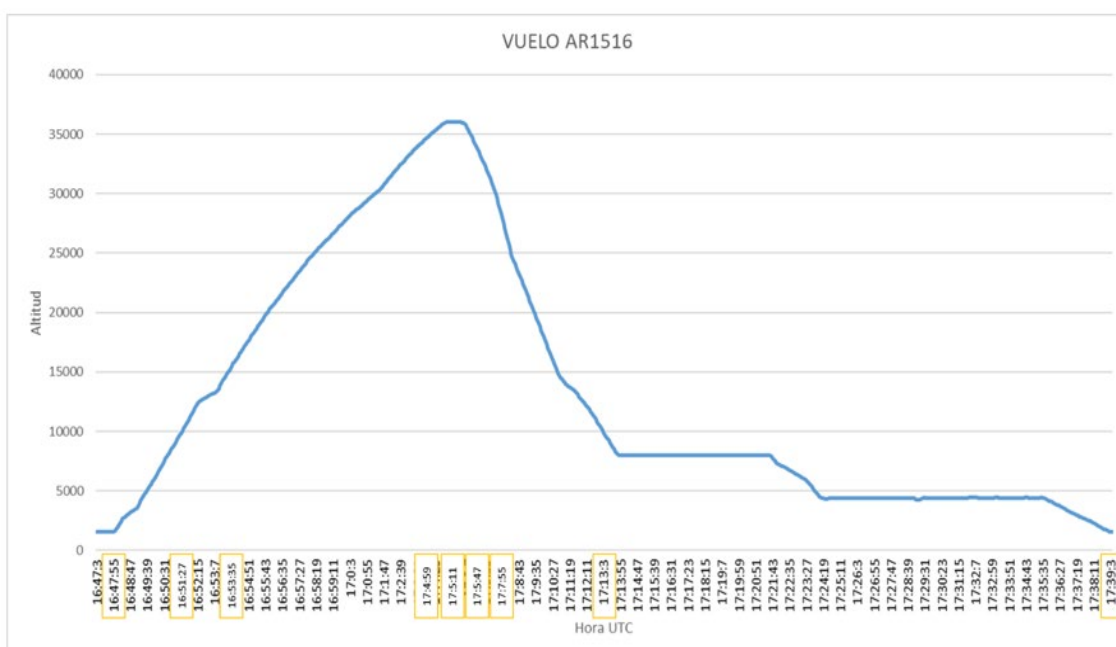
Fuente: investigación JST

Eventos significativos del vuelo

La información obtenida del FDR permitió establecer cronológicamente los eventos significativos del vuelo que se resumen en la siguiente tabla:

Hora UTC	Evento significativo	Altitud en pies
16:47:55	Despegó	1.568
16:51:27	Alcanzó nivel 100	10.016
16:53:35	Se pasó la presurización a MANUAL	14.464
17:04:59	Alcanzó nivel de crucero	36.000
17:05:11	Activación CABIN ALTITUDE	36.000
17:05:47	Inicio del descenso de emergencia	36.000
17:07:55	Se apagó CABIN ALTITUDE	27.520
17:13:03	Alcanzó nivel 100	9.920
17:39:03	Aterrizó	1.536

Tabla 14



Las tareas realizadas incluyeron la lectura de los archivos, filtrado de bajas y altas frecuencias, la comprensión y amplificación del rango dinámico, así como el uso de filtros dinámicos (denominados *denoïsser*) que eliminan ruidos sin afectar el material audible. Este proceso se aplicó al material de la caja de audio del comandante y al audio de sonido ambiente en la cabina de mando. Como resultado, se logró una mejora en la comprensión del audio de la cabina.

El apéndice 5.2 contiene la transcripción de los aspectos relevantes del CVR: desde la activación de la alarma de CABIN ALTITUDE hasta que la aeronave alcanzó los 10.000 pies en descenso de emergencia.

Datos obtenidos de los CPC

Una vez que el LV-FXQ aterrizó en el Aeropuerto Internacional Ingeniero Aeronáutico Ambrosio Luis Vicente Taravella (Córdoba, provincia de Córdoba), se extrajo la información almacenada en los CPC, que reveló lo siguiente:

MANUAL SWITCH (Code 058):	-CAB ALT 10.000 FT (Code 017):
-CAB PRES 13.39 PSI	-CAB PRES 10.10 PSI
-AMB PRESS 8.42 PSI	-AMB PRESS 3.31 PSI
-CAB RATE +481 FPM	-CAB RATE +839 FPM
-ACT RATE +1940 FPM	-ACT RATE +403 FPM
-OFV +19 DEG OPEN	-OFV +19 DEG OPEN

Figura 12. Datos suministrados por los CPC del LV-FXQ. Fuente: investigación JST

Los registros obtenidos no indicaban ninguna falla en el sistema sino más bien un registro del estado del sistema de control de presurización. El evento con código 058 correspondía a la selección manual del modo de presurización, mientras que el evento con código 017 indicaba el encendido de la luz de CABIN ALTITUDE. Se determinó que estos dos códigos no activaban la luz AUTO FAIL en el panel de presurización de la cabina.



Figura 13. Panel de descarga de datos de los CPC. Fuente: investigación JST

1.12 Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

No aplica.

1.13 Información médica y patológica

No se detectó evidencia médico-patológica de la tripulación relacionada con el incidente.

1.14 Incendio

No hubo.

1.15 Supervivencia

El despliegue de las máscaras de oxígeno en la cabina de pasajeros se activa automáticamente cuando la altitud de cabina alcanza los 14.000 pies, o manualmente a través

de un interruptor ubicado en la cabina de mando. De acuerdo con la información disponible para la investigación, cuatro minutos después del inicio del descenso, a FL220, la tripulación de mando de la aeronave activó el despliegue de las máscaras de oxígeno. La tripulación de cabina indicó a los pasajeros el uso de las máscaras mediante el sistema *passenger address* (PA).

Durante la resolución de la emergencia, las conversaciones entre los pilotos fueron transmitidas por un tiempo a los pasajeros a través del PA. Este inconveniente adquiere importancia ya que, en una situación de emergencia como la descrita, las instrucciones impartidas por la jefa de cabina fueron interferidas por las voces de la tripulación de mando debido a que, en caso de hablar simultáneamente, el sistema otorga prioridad a las transmisiones desde la cabina de mando.

Una vez alcanzado FL100, se procedió al control y asistencia de todos los pasajeros, uno a uno, según los procedimientos establecidos y con los tubos de oxígeno en mano. Se constató que la aeronave no presentaba daños estructurales y se atendió a una pasajera con sangrado en un oído como lesión de mayor gravedad. No obstante, se solicitó la asistencia de servicios médicos para el arribo de la aeronave debido a la lesión observada, las molestias auditivas manifestadas y el nerviosismo de otros pasajeros. Al respecto, la tripulación notificó a los TCP que el aterrizaje y el descenso de los pasajeros se llevarían a cabo de manera estándar.

Luego del aterrizaje, el personal de sanidad realizó un triage⁹ y se atendió a un total de 15 pasajeros, dos de los cuales presentaban presión arterial alta y un tercero tenía sangrado en el oído. Todos fueron atendidos en las instalaciones del aeropuerto y dados de alta el mismo día.

Con motivo de la investigación se confirmó que las máscaras y tubos de oxígeno portátiles utilizados funcionaron correctamente.

⁹ Clasificación o priorización de la atención urgente de pacientes.



Figura 14. Máscaras de oxígeno desplegadas en el LV-FXQ. Fuente: investigación JST

1.16 Ensayos e investigaciones

Procedimientos de vuelo - control de ascenso

El día del suceso, el LV-FXQ realizó los tramos de Ezeiza a Bariloche, de Bariloche a Aeroparque y de Aeroparque a Córdoba sin inconvenientes. El siguiente tramo, desde Córdoba a Salta, fue donde ocurrió el incidente en investigación.

En la entrevista realizada, la tripulación manifestó que antes del despegue del vuelo AR1516, al completar la lista de procedimientos previa al vuelo (*preflight*) incluida en la QRH, el selector de modo de presurización se encontraba en la posición normal de operación (AUTO).


 737 Flight Crew Operations Manual		Normal Checklists
Normal Checklists		Chapter NC
PREFLIGHT		
OXYGEN	TESTED, 100%	
NAVIGATION TRANSFER AND DISPLAY SWITCHES	NORMAL, AUTO	
WINDOW HEAT	ON	
PRESSURIZATION MODE SELECTOR	AUTO	
AIR COND & PRESS	PACKS AUTO, BLEEDS ON, SET	
FLIGHT INSTRUMENTS	CLKS, HDG __, ALTIMETER __	
PARKING BRAKE	SET	
ENGINE START LEVERS	CUTOFF	

Figura 15. Lista de procedimientos previo al vuelo (*preflight*). Fuente: QRH B737-800

Posteriormente, durante el control de ascenso a 10.000 pies, se observó que los parámetros de presurización monitoreados (altitud de cabina, diferencial de presión y variómetro de cabina) estaban dentro de los valores de operación normal.

3.13.4 10,000 FT AFE SCAN FLOW

PF	PM
	CABIN CREW.....ANUNCIAR <i>Anuncia por PA "10.000 pies".</i>
FIXED or LED LANDING LIGHTS.....OFF	VHF 2 (BOTH).....AUDIO ON
CTR TANK FUEL PUMPS.....ON <i>Si aplica.</i>	
TEMPERATURE SELECTORS.....As Needed	
PRESSURIZATION.....CHECK	
LOGO LIGHT.....OFF <i>Si aplica.</i>	
RECALL.....CHECK	

Figura 16. Control de ascenso a 10.000 pies. Fuente: Manual de política operativa de flota Boeing B737 NG/Max de Aerolíneas Argentinas

Encendido de la luz de CABIN ALTITUDE

Finalizado el ascenso, 12 segundos después de nivelar a 36.000 pies, se encendió la luz de CABIN ALTITUDE y se activó la alarma sonora correspondiente en la cabina de mando. Antes de la activación de la alarma, la tripulación no había advertido ninguna indicación sobre un funcionamiento anormal del sistema de presurización. El comandante, quien hasta ese entonces había desempeñado la función de *pilot monitoring*¹⁰ (PM), asumió el control de la aeronave y pasó a cumplir la función de *pilot flying*¹¹ (PF).

Una vez que se encendió la luz de CABIN ALTITUDE, la tripulación silenció la alarma y ejecutó la lista de procedimientos "CABIN ALTITUDE WARNING or rapid depressurization", incluida en la QRH. Esta lista contiene una serie de pasos a seguir denominados *memory items*¹². En particular, el punto 3 indica que el selector de modo de presurización debe posicionarse en MANUAL. Al respecto, el primer oficial manifestó haber actuado en ese momento la mencionada llave, llevándola de la posición AUTO a la posición MANUAL.

El punto 4 establece que se debe accionar la *outflow valve switch* hasta que el indicador muestre que está completamente cerrada. De esta forma, si no existe un problema estructural en la aeronave o una fuga del aire presurizado que ingresa a la cabina, la presurización puede controlarse abriendo o cerrando en forma manual la válvula *outflow*.

El punto 5 refiere a que, si la altitud de cabina es incontrolable¹³, deben liberarse las máscaras de oxígeno en la cabina de pasajeros y luego ejecutar la lista de procedimientos, también incluida en la QRH (denominada "Emergency Descent").

¹⁰ PM: piloto que no está en los mandos y asiste al que está volando.

¹¹ PF: piloto que tiene el control de la aeronave en un determinado momento, independientemente de quién sea el comandante o primer oficial.

¹² Son pasos que debe seguir la tripulación, que requieren una acción inmediata y de memoria, antes de leer la lista de procedimientos correspondiente.

¹³ Para determinar esta condición los pilotos deben observar los parámetros en los indicadores ubicados en el panel de altitud de cabina: indicador de altímetro de cabina y presión diferencial, y variómetro de cabina.

2.1
 737 Flight Crew Operations Manual

**CABIN ALTITUDE WARNING
or
Rapid Depressurization**

CABIN ALTITUDE (If installed and operative)

Condition: One or more of these occur:

- A cabin altitude exceedance
- In flight, the intermittent cabin altitude/configuration warning horn sounds or a CABIN ALTITUDE light (if installed and operative) illuminates.

1 Don oxygen masks and set regulators to 100%.
2 Establish crew communications.
3 Pressurization mode selector MAN
4 Outflow VALVE switch Hold in CLOSE until the outflow VALVE indication shows fully closed
5 **If cabin altitude is uncontrollable:**

Passenger signs ON
 PASS OXYGEN switch ON
▶▶ Go to the Emergency Descent checklist on page 0.1
 ■ ■ ■ ■

- - - - -
 ▼ Continued on next page ▼

▼ CABIN ALTITUDE WARNING or Rapid Depressurization continued ▼

6 If cabin altitude is controllable:
 Continue manual operation to maintain correct cabin altitude.
When the cabin altitude is at or below 10,000 feet:
 Oxygen masks may be removed.


7 Checklist Complete Except Deferred Items

Deferred Items

Note: Use momentary actuation of the outflow valve switch to avoid large and rapid pressurization changes.

Memory items

Figura 17. Lista correspondiente a CABIN ALTITUDE WARNING or rapid depressurization. Fuente: QRH B737



737 Flight Crew Operations Manual

0.1


Emergency Descent

Condition: One or more of these occur:

- Cabin altitude cannot be controlled
- A rapid descent is needed.

- 1 Announce the emergency descent. The pilot flying will advise the cabin crew, on the PA system, of impending rapid descent. The pilot monitoring will advise ATC and obtain the area altimeter setting.
- 2 Passenger signs ON
- 3 **Without delay**, descend to the lowest safe altitude or 10,000 feet, whichever is higher.
- 4 ENGINE START switches (both) CONT
- 5 Thrust levers (both) Reduce thrust to minimum or as needed for anti-ice
- 6 Speedbrake FLIGHT DETENT

If structural integrity is in doubt, limit speed as much as possible and avoid high maneuvering loads.

- 7  Set target speed to Mmo/Vmo.

▼ Continued on next page ▼

Figura 18. Lista correspondiente a Emergency Descent (*memory items*). Fuente: QRH B737

Simulación en CEFEPRA del vuelo del LV-FXQ

El 18 de enero de 2023, se llevó a cabo una reunión de partes entre personal de Aerolíneas Argentinas S.A., la Asociación de Pilotos de Líneas Aéreas y la JST. Como resultado de esa reunión, se acordó reproducir el vuelo del LV-FXQ en el simulador de las instalaciones de CEFEPRA utilizando datos reales.

La simulación se llevó a cabo el 18 de agosto de 2023 con la presencia de pilotos e instructores de Aerolíneas Argentinas S.A. e investigadores de la JST. Se reprodujeron las condiciones

del vuelo, incluyendo el mismo aeropuerto de partida y condiciones de despacho similares a las del día del incidente. Se empleó un simulador certificado de Boeing 737NG, con software correspondiente al modelo -700 que replica con alta fidelidad las características del -800, y fue operado por un piloto habilitado como comandante para este tipo de aeronave.

Durante la simulación, se plantearon varios escenarios con distintas configuraciones en el sistema de presurización, comparando los resultados obtenidos. Sin embargo, los escenarios simulados no lograron reproducir un patrón de anuncios y alarmas similar al observado durante el incidente.

Además de las comprobaciones operacionales, se verificó la posición de los controles de presurización en el panel superior de la cabina, junto con otros controles relacionados con la temperatura de la cabina. Se confirmó que su posición, modo de operación, indicación y uso no representaban una interferencia significativa en la ergonomía de la cabina de vuelo.



Figura 19. Imagen del simulador. Fuente: investigación JST

1.17 Información orgánica y de dirección

La aeronave LV-FXQ era operada por Aerolíneas Argentinas S.A., línea aérea de bandera de la República Argentina. Fue fundada en 1950 y se dedica al transporte comercial de pasajeros y carga. Con una amplia red de vuelos, cubre más de 60 destinos tanto nacionales como internacionales en Sudamérica, el Caribe, América del Norte y Europa. Sus principales centros de operaciones se encuentran en el Aeroparque Jorge Newbery (Ciudad Autónoma de Buenos Aires) y el Aeropuerto Internacional Ministro Pistarini (provincia de Buenos Aires).

La empresa posee un Certificado de Explotador de Servicios Aéreos (CESA) que se encontraba vigente al momento del suceso. Este CESA autorizaba a la empresa a llevar a cabo servicios regulares y no regulares, tanto domésticos como internacionales, de transporte aéreo de pasajeros, carga y correo utilizando aeronaves de gran porte, conforme a las especificaciones de operación y las RAAC. Además, contaba con un Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional (SMS) implementado y aprobado por la ANAC.

1.18 Información adicional

Con motivo de la investigación, la JST intercambió información con *The Boeing Company* acerca del funcionamiento de diversos sistemas de la aeronave. Se les consultó acerca de la posibilidad de que la tecla del selector de modo de presurización pudiera haber cambiado de posición (en este caso del modo AUTO al modo MAN) sin ser operada por una persona.

La respuesta del fabricante fue que este interruptor debe moverse físicamente de una selección de modo a otra y no hay cambio automático de modo. Si bien es teóricamente posible que una falla dentro del panel de control pueda permitir una toma a tierra mientras el interruptor aún se encuentra seleccionado en el modo automático, *Boeing* no cuenta con datos que sugieran que tal fallo haya ocurrido alguna vez.

1.19 Técnicas de investigaciones útiles o eficaces

No aplica.

2. ANÁLISIS

2.1 Introducción

El análisis evalúa los factores que condujeron a que la cabina del LV-FXQ se despresurizara en el vuelo AR1516. Para ello, se consideraron aspectos técnico-operativos del sistema de presurización, como así también, el desempeño operativo de la tripulación relacionado con el gerenciamiento y la operación de los sistemas de la aeronave involucrados en el suceso.

Se utilizó la información proporcionada por sistemas automáticos de captura de parámetros de la aeronave, cuyo análisis permitió la trazabilidad de la actuación de los sistemas, en una línea de tiempo.

2.2 Aspectos técnicos-operativos

Efectos de la despresurización

Una aeronave comienza a presurizarse cuando se introduce aire comprimido en la cabina del avión, para garantizar la seguridad y el confort de los pasajeros. A medida que la aeronave asciende, la presión disminuye, es por ello por lo que se necesita un sistema para mantener una presión adecuada dentro de la cabina. Sin embargo, existe la posibilidad de que ocurra una despresurización por algún tipo de falla o por una operación inadecuada del sistema.

Existen tres tipos de despresurización: lenta, rápida y explosiva. La despresurización lenta es aquella en la que la cabina pierde la presurización de manera gradual y casi imperceptible. Es considerada la más peligrosa, ya que las personas pueden experimentar los efectos de la hipoxia sin darse cuenta de la situación. En el caso del LV-FXQ, la despresurización fue lenta.

Para advertir a la tripulación de tal situación, el LV-FXQ estaba equipado con una alarma luminosa y sonora (CABIN ALTITUDE) que se activó cuando la altitud de cabina alcanzó los 10.000 pies.

Selector de modo de presurización

La tripulación controla la presión de la cabina mediante un selector-interruptor de tres posiciones (AUTO, ALT, MANUAL), ubicado en el panel de control de presión de cabina P5-

6. Este selector debe ser manipulado físicamente por un miembro de la tripulación para activar los distintos modos de presurización, ya que no existe una conmutación automática que mueva el selector de una posición a otra. Si por alguna razón el modo automático (AUTO o ALT) dejara de funcionar, se requiere la intervención manual para seleccionar el modo MANUAL y así recuperar el control de la válvula *outflow*.

De acuerdo con la información proporcionada por *Boeing*, no hay registros de que el selector de control de presión de la cabina se haya movido de los modos automáticos a manual sin la intervención de un operador. Aunque *Boeing* mencionó la posibilidad teórica de que una falla dentro del panel de control P5-6 pueda ocasionar una toma a tierra de los dos CPC con el selector de modo en AUTO, lo que resultaría en un cambio al modo MANUAL, el fabricante no dispone de datos que sugieran que esta falla haya ocurrido alguna vez. En caso de que esta falla ocurriera, el sistema quedaría trabado en MANUAL y sería necesario reemplazar el panel de control P5-6 por otro similar para restablecer el servicio.

Boeing brindó apoyo técnico a Aerolíneas Argentinas S.A. para retornar la aeronave al servicio y los resultados de las pruebas funcionales no detectaron el tipo de falla mencionado. El LV-FXQ retornó al servicio sin que se realizara un cambio en el panel P5-6, lo que descartó cualquier fallo.

Control manual de la presurización

Cuando se coloca el selector de modo de presurización en la posición MANUAL, se enciende una luz verde (MANUAL) en el panel de presurización de cabina, el sistema automático de presurización (CPC) queda inactivo y la presurización se realiza manualmente operando la válvula *outflow*, mediante un interruptor. Durante este proceso, las luces ámbar AUTO FAIL y verde ALTN, ubicadas en el mismo panel, permanecen apagadas, ya que el sistema interpreta que se desea controlar manualmente la presurización y que no existe ninguna anomalía.

En el suceso que se investiga, los pilotos coincidieron en las entrevistas en que la luz AUTO FAIL nunca se encendió durante el ascenso de la aeronave hasta FL360, lo cual es consistente con el funcionamiento normal de los sistemas. La ausencia de una indicación de AUTO FAIL antes de la selección del modo manual sugiere que tanto la válvula *outflow* como los CPC funcionaban correctamente hasta ese momento. Además, no se registró ningún código de falla en la información descargada de los CPC.

Información aportada por los CPC

Para calcular la altura sobre el nivel del mar (H) en función de la presión atmosférica proporcionada por los CPC, se aplicó la siguiente fórmula:

$$P(\text{mbar}) = 1013.25 \times (1 - 0.0000225577 \times H)^{5.2559}$$

Esta ecuación proporciona la relación entre la presión atmosférica y la altitud, según la atmósfera estándar internacional. Estos valores sirven como marco de referencia para otros cálculos. Es importante considerar que los valores reales de presión barométrica varían no sólo con la altitud, sino que también con la localización geográfica y las condiciones meteorológicas. El valor estándar de la presión atmosférica a nivel de mar se considera normalmente 1.013,25 milibares. A medida que la altitud aumenta, la presión atmosférica disminuye.

Aplicando la ecuación anterior, se obtienen los siguientes datos:

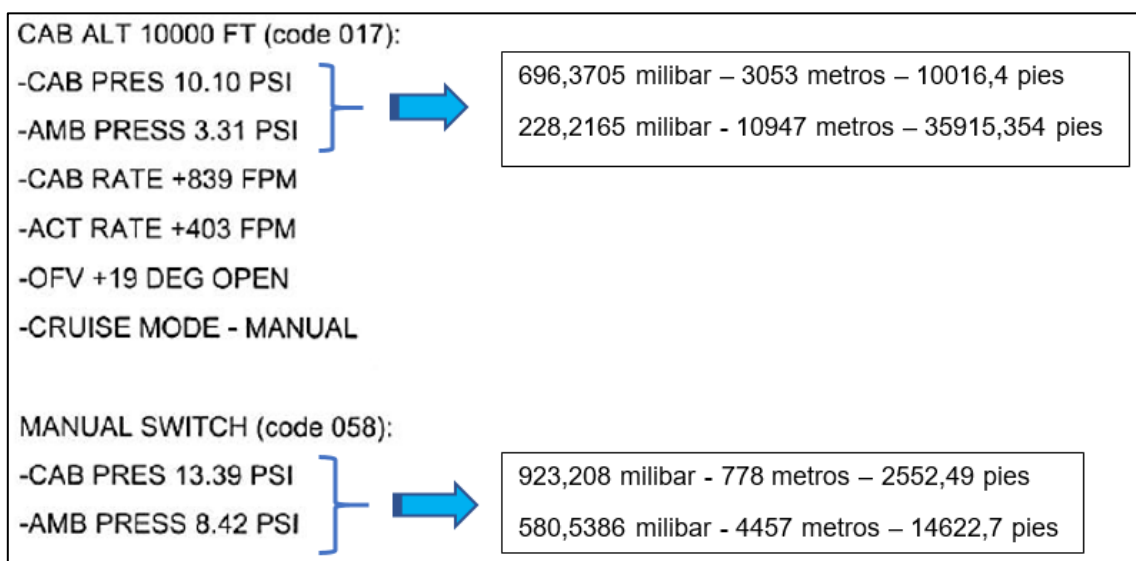


Figura 20. Transformación de datos de presión a distancia. Fuente: CPC del LV-FXQ

De acuerdo con los datos y la información proporcionada por el fabricante, se puede afirmar que cuando la aeronave atravesaba los 14.622,7 pies de altitud y el sistema mantenía una altitud de presión en cabina de 2.552,49 pies, el control de presurización cambió al modo MANUAL (código 058). Posteriormente, cuando se alcanzó una altitud de presión de cabina de 10.016,4 pies, con la aeronave a una altitud de 35.915,354 pies, se encendió la luz CABIN

ALTITUDE (código 017). En ese momento, la aeronave mantenía un régimen de ascenso de 403 pies por minuto, mientras que la presión en cabina aumentaba a un régimen de 839 pies por minuto. La *outflow valve* se encontraba abierta en una posición de 19° grados y el control de presurización seguía seleccionado en manual.

Secuencia cronológica de los eventos

A través del análisis de las evidencias recopiladas durante la investigación, se elaboró la siguiente secuencia cronológica de eventos:

1. Durante el ascenso de la aeronave, aproximadamente a 14.622 pies, se seleccionó el modo de presurización en MANUAL. Esta circunstancia emerge como el escenario más probable que desencadenó la posterior despresurización de la cabina
2. Debido a que la válvula *outflow* quedó abierta con un ángulo de 19°, el sistema de presurización no pudo compensar el flujo de aire desde la cabina hacia el exterior, que resultó en un aumento de la altitud de cabina hasta los 10.000 pies, momento en que se activó la alarma CABIN ALTITUDE
3. Durante la ejecución de los *memory items* correspondientes a la lista de procedimientos "CABIN ALTITUDE WARNING or rapid depressurization", el PM cerró manualmente la *outflow* y la aeronave comenzó a presurizar
4. Las máscaras de oxígeno no se desplegaron automáticamente, lo que indica que la altitud de cabina no alcanzó los 14.000 pies. Su activación fue realizada por la tripulación durante el descenso de emergencia

Desempeño operativo

Según la información obtenida del CVR y FDR, en el momento en que se encendió la luz de CABIN ALTITUDE (17:05:11), la tripulación identificó la alarma y advirtió que la cabina se estaba despresurizando. Posteriormente, llevaron a cabo los *memory items* correspondientes a la lista "CABIN ALTITUDE WARNING or rapid depressurization" y decidieron iniciar un descenso de emergencia.

Las acciones llevadas a cabo por la tripulación coincidieron con lo establecido en la lista, comenzando con la colocación de las máscaras de oxígeno, seguida por el establecimiento de las comunicaciones con la tripulación. La tercera acción consistió en colocar el selector de modo de presurización en MANUAL, mientras que la cuarta implicaba cerrar completamente

la válvula *outflow* para verificar si la altitud de cabina disminuía. Según la información proporcionada por los CPC, el selector de modo de presurización ya se encontraba en la posición MANUAL, y al cerrar manualmente la *outflow valve* con el sistema de presurización en funcionamiento, la aeronave comenzó a presurizarse.

El resultado de estas acciones determina si se puede mantener el mismo nivel de vuelo controlando la presurización manualmente o si la altitud de cabina no se puede controlar, se requiere un descenso de emergencia. En otras palabras, se establece si la altitud de cabina es controlable o incontrolable, según lo indicado en la quinta acción de la mencionada lista. Para ello, se evalúa la respuesta del variómetro de cabina y se verifica si la altitud de cabina desciende como resultado del cierre de la válvula *outflow*. La decisión de iniciar un descenso de emergencia debería tomarse luego de procesar toda la información provista por el panel de altitud de cabina. Al respecto, el registro de audio de la cabina no permitió obtener detalles certeros acerca del proceso de evaluación previo a la decisión de iniciar el descenso de emergencia.

Asimismo, una vez que se comprueba que la altitud de cabina es incontrolable, deben desplegarse manualmente las máscaras de oxígeno de la cabina de pasajeros según lo establecido por la lista. Sin embargo, la información disponible para la investigación permitió establecer que las máscaras no fueron desplegadas en esta instancia, sino aproximadamente cuatro minutos más tarde, durante el descenso de emergencia a 20.880 pies. No se pudo establecer fehacientemente los motivos que retrasaron la activación de las máscaras de oxígeno.

Sin perjuicio de las acciones llevadas a cabo por la tripulación de mando según los procedimientos establecidos, es importante destacar que el lapso transcurrido desde la identificación del problema hasta la decisión de iniciar el descenso de emergencia (aproximadamente 20 segundos) puede no haber sido suficiente para realizar una evaluación exhaustiva de la información proporcionada por el panel de altitud de cabina. Este corto intervalo, durante el cual también se llevaron a cabo otros *memory items*, podría haber influenciado en la rapidez de la toma de decisiones y en la evaluación de la situación.

Análisis del vuelo realizado en el simulador

En uno de los escenarios planteados, se observó una discrepancia relacionada con el tiempo de despresurización de la cabina. Según la información obtenida de los CPC, en el vuelo real

del LV-FXQ, el selector de modo de presurización fue seleccionado en MANUAL a los 14.600 pies. Diecisiete segundos después de alcanzar FL360, se encendió la luz de CABIN ALTITUDE y se activó la alarma sonora, que indicaba que la altitud de la cabina había alcanzado 10.000 pies. En el mismo escenario en el simulador, el selector de modo de presurización se ajustó a MANUAL a los 14.600 pies. Sin embargo, luego de haber nivelado a FL360, la cabina demoró cinco minutos en despresurizarse hasta que se encendió la luz de CABIN ALTITUDE y se activó la alarma sonora.

Aunque existió una discrepancia en los tiempos de despresurización de la cabina, la simulación no reveló otros elementos que difieran con los datos proporcionados por los CPC de la aeronave u otros sistemas automáticos de captura de datos durante el vuelo bajo investigación.

3. CONCLUSIONES

3.1 Conclusiones referidas a factores relacionados con el incidente

- ✓ La despresurización ocurrió 18 minutos después del despegue del aeropuerto Ingeniero Aeronáutico Ambrosio Luis Vicente Taravella (Córdoba, provincia de Córdoba)
- ✓ Doce segundos después de alcanzar FL360 se encendió la luz de CABIN ALTITUDE y se activó la alarma sonora correspondiente
- ✓ Después de identificar la luz de CABIN ALTITUDE encendida, los pilotos comenzaron a realizar los *memory items* de la QRH correspondiente a "CABIN ALTITUDE WARNING or rapid depressurization"
- ✓ El comandante, quien hasta ese momento se había desempeñado como PM, pasó a hacerlo como PF
- ✓ El PM solicitó al control de tránsito aéreo descenso para FL100 y declaró la emergencia. Luego llevaron a cabo el procedimiento de descenso de emergencia, indicado en la QRH como "Emergency Descent"
- ✓ Las máscaras de oxígeno de la cabina de pasajeros fueron desplegadas en forma manual durante el descenso de emergencia a 20.880 pies
- ✓ El análisis de los datos extraídos de los CPC del LV-FXQ después de aterrizar en Córdoba indicó que el control de presurización cambió al modo MANUAL durante el ascenso, a una altitud de aproximadamente de 14.622 pies
- ✓ La válvula *outflow* se mantuvo abierta a 19° lo que resultó en la despresurización gradual de la cabina
- ✓ El análisis de los datos de los CPC no arrojó como resultado falla alguna en el sistema de presurización
- ✓ La investigación no encontró evidencia de fallas o mal funcionamiento de la aeronave, componentes o sistemas que pudieran haber sido factores desencadenantes del suceso

- ✓ Aunque existe la posibilidad teórica de que una falla dentro del panel de control P5-6 pueda permitir una toma a tierra de los CPC mientras el selector de modo de presurización se encuentre en la posición AUTO, el fabricante manifestó no tener antecedentes de tal fallo
- ✓ En caso de que se presente la falla mencionada, se requiere el reemplazo del panel P5-6 para que la aeronave pueda retornar al servicio. Sin embargo, dicho reemplazo no fue necesario
- ✓ Durante los escenarios simulados, con diferentes configuraciones del sistema de presurización, no se encontraron indicios que pudieran haber contribuido a la ocurrencia del suceso

3.2 Conclusiones referidas a otros factores de riesgo de seguridad operacional identificados por la investigación

La investigación identificó un factor, sin relación de causalidad con el incidente grave, pero con potencial impacto en la seguridad operacional:

- ✓ Durante la ejecución del procedimiento de descenso de emergencia, las instrucciones emitidas por la jefa de cabina a través del altavoz en la cabina de pasajeros se vieron interrumpidas por las voces de la tripulación en la cabina de mando, debido a una configuración errónea de su sistema de audio
-

4. ACCIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

La lección que surge de esta investigación que puede ser base de acciones por explotadores de servicios aéreos es:

ASO AE-130-24

- ✓ La importancia de fortalecer la capacitación de los pilotos en la correcta interpretación y aplicación de los procedimientos para gestionar las alarmas de manera efectiva, contribuyendo así a la seguridad operacional.
-

5. APÉNDICES

5.1 Diagrama del circuito de presurización

Descripción técnica del sistema

Sería posible un *switch* no comandado de posición AUTO a MAN a consecuencia de recibir señal de masa (*ground*) los pines 1 del conector D10724 y el pin 8 del conector D10726, ambos del panel P5-6 (*cabin pressure selector panel*). Básicamente, este tipo de señal a esos pines le da la orden a las CPC de quedar ambas en *stand by* (MANUAL MODE) a través de los pines B3 de los conectores D10738B (CPC N.º 1) y D10740B (CPC N.º 2).

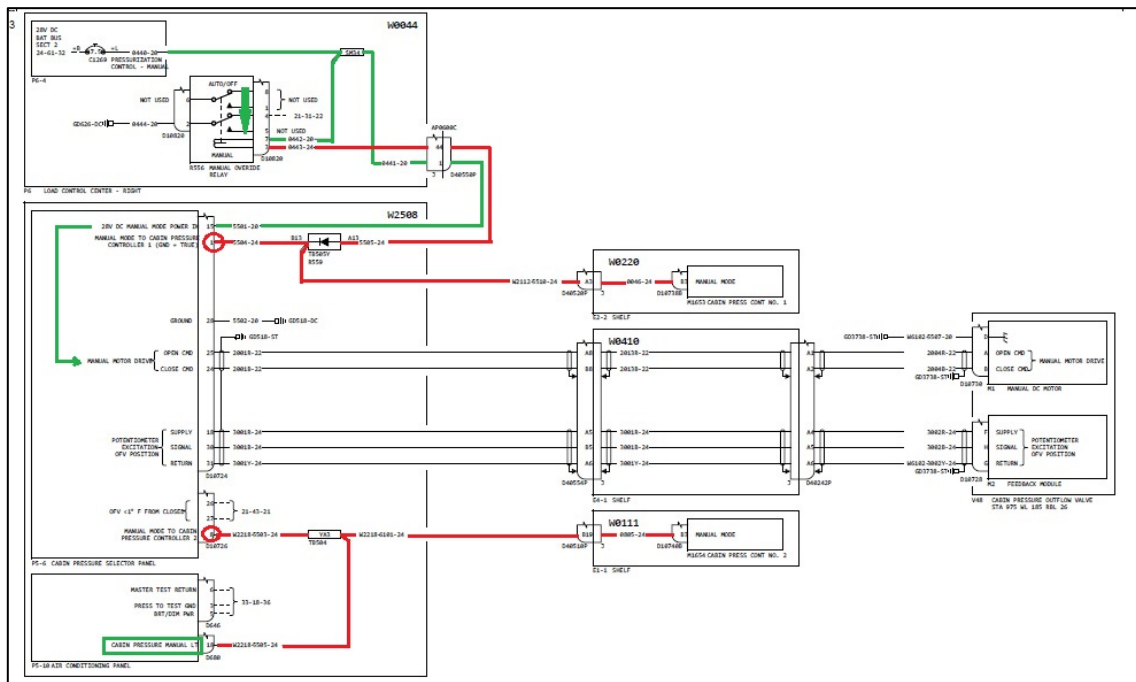


Figura 21. Diagrama del modo manual de control de presurización. Fuente: *aircraft maintenance manual B737-600/700/800/900*

A su vez, también energiza el *relay* R556 (*manual override relay* - Pin 3 del conector D10820) llevando la posición de este desde AUTO a MANUAL, lo que permite el paso de los 28V DC necesarios para energizar el MANUAL DC motor de la OFV a través del pin 24 (*close CMD*) y el pin 25 (*open CMD*) del conector D10724 (el switch de *Open - Neutral - Close* en el panel P5-6 para actuar la OFV de forma manual).

Por último, como consecuencia de recibir esa señal de masa los pines 1 y 8, nombrados anteriormente, hace que a través del pin 18 del conector D680 en el panel P5-10 (*air conditioning panel*) encienda la luz indicadora color verde de MANUAL (*cabin pressure manual LT*).

5.2 Transcripción del CVR

En la siguiente tabla se muestra un fragmento de la transcripción de la grabación del CVR, desde la activación de la alarma de CABIN ALTITUDE hasta la finalización del descenso de emergencia. Se detallan los emisores y las siguientes referencias:

Emisores

- **Pilot Flying (PF)**: es el encargado de los controles de vuelo de la aeronave.
- **Pilot Monitoring (PM)**: es el encargado de monitorear las acciones de vuelo del PF, realizar las comunicaciones y leer las listas de verificación.
- **Córdoba**: controlador de tránsito aéreo de Córdoba
- **[avión]**: sonidos provenientes de los sistemas de a bordo de la aeronave

Referencias

- **(?)**: no se logra interpretar

Hora UTC	Emisor	Comunicación
17:05:11	[avión]	Activación de CABIN ALTITUDE WARNING
17:05:14	PM	¿Qué pasó?
17:05:16	PF	Alarma... ¿se está despresurizando no?
17:05:18	PM	Despresurizando
17:05:19	PF	Máscara
17:05:20	PM	Máscara
17:05:27	PM	Silenciá
17:05:28	PF	¿Cancelo alarma?
17:05:29	PM	Cancelá
17:05:33	PM	Vamos a descenso de emergencia, ¿sí?
17:05:36	PM	Avisá atrás
17:05:38	PF	Tripulación de cabina, iniciamos descenso de emergencia
17:05:41	PM	Descenso de emergencia, descenso de emergencia
17:05:46	PM	Mío el avión
17:05:47	PF	Tuyo el avión
17:05:48	PM	Dale

Hora UTC	Emisor	Comunicación
El comandante, quien hasta este momento cumplía la función de PM, pasó a desempeñarse como PF		
17:05:57	PF	Avisale al control
17:05:58	PO	Córdoba Argentina 1516, iniciamos...descenso de emergencia al momento. De 350 a 100. MAYDAY, MAYDAY, MAYDAY
17:06:11	Córdoba	1516 descenso de emergencia recibido. ¿Puede ser inicial para 140 por tránsito?
17:06:18	PO	140 por tránsito iniciamos
17:06:21	PO	140 ¿copió?
17:06:23	Córdoba	140 descenso de emergencia y quedo atento si necesita algún requerimiento
17:06:27	PO	OK
17:06:32	PF	Córdoba...a Córdoba
17:06:33	PO	Volvemos para Córdoba, al momento viraje por derecha en descenso para 140 y vamos para RNP de 19
17:06:40	Córdoba	Perfecto ehh, a discreción, directo a Córdoba, RNP 19 el procedimiento. Descenso a discreción para 110, ciento diez
17:06:48	PO	Ciento diez
17:06:50	PF	Avisale atrás que...
17:06:53	PF	Comisario comuníquese por PA
17:07:04	PF	¿Ves algún daño estructural?
17:07:08	PO	No que yo sepa. ¿Querés que largue máscaras o sin máscaras?
17:07:11	PF	No, no
17:07:12	PO	Bien, no largamos máscaras. Start switches está en MANUAL, está cerrada, full closed al momento eh
17:07:22	PF	Bueno
17:07:23	PO	Está entre 4 y 5, tienen que estar en 100, nivel 100 con esto... ¿Ok?
17:07:28	PF	Ok
17:07:35	PO	Vamos con la lista cuando quieras
17:07:36	PF	Dale
17:07:41	PF	"CABIN ALTITUDE WARNING or rapid depressurization"
17:07:50	PO	Cuando quieras, dale
17:07:51	PF	Código 7700.
17:07:55	PO	Código en 7700...voy con la lista

Hora UTC	Emisor	Comunicación
17:07:58	PO	One or more of these occur, a cabin altitude exceedance... después dice, altitude configuration warning horn sounds, cabin altitude light steady. Iluminada...se iluminó esa fue la condición, ¿Ok?
17:08:12	PO	Don oxygen mask and set regulator to 100%
17:08:15	PO	¿Colocada la máscara?
17:08:17	PF	Sí
17:08:22	PO	Establish crew communications...está. Pressurization mode selector...manual, está en manual. Outflow valve switch, hold in close until outflow valve indicator shows fully closed. Está full closed...¿OK?
17:08:33	PF	Sí
17:08:35	PO	If cabin altitude is uncontrollable, passenger signs on. Pass oxygen switch on. Las máscaras a los pasajeros hay que largarlas... ¿OK?
17:08:48	PF	Sin máscaras, las vamos a dejar. Está controlable
17:08:59	PF	Está controlable
17:09:01	PO	Ahora controló en nivel 100, tiene que estar acá aproximadamente, estamos en 220
17:09:07	PO	OK, mantiene esta
17:09:17	PF	Ahí las largué por las dudas
17:09:24	PO	If cabin is uncontrollable, continue manual operation to maintain correct cabin altitude. When the cabin altitude is at or below 10.000 feet, oxygen mask may be removed, OK? Check list complete except deferred items. Me queda "EMERGENCY DESCENT"
17:09:40	PF	EMERGENCY DESCENT. Conectame VOR a este lugar, con el GPS
17:10:00	PF	Córdoba Control Argentina... Córdoba para las tres, solicito...
17:10:00	PF	(?)(?)(?)
17:10:36	PF	(?)(?)(?)
17:11:05	PO	Córdoba Argentina 140, MAYDAY 140, para 110. Preferimos directo a Córdoba
17:11:13	Córdoba	Recibido señor, el descenso a discreción cruzando 140 en MAYDAY
17:11:19	PO	Volveremos en el descenso señor, directo

Hora UTC	Emisor	Comunicación
17:11:26	Córdoba	1516 recibido, quedo atento al cruce...y ¿qué servicio solicita al arribo?
17:11:36	PO	Al momento, estamos manteniendo la cabina a partir de este nivel, así que por el momento no tenemos...se mantiene la cabina a nivel 130
17:11:50	Córdoba	Recibido señor, puede continuar el descenso para 80 en principio
17:11:57	PO	¿Me confirma?
17:11:59	Córdoba	Puede continuar el descenso para 080, ochenta
17:12:04	PO	Para ochenta continuamos el descenso, 1516
17:12:10	Córdoba	Recibido señor, entiendo que se encuentra en MAYDAY, en descenso para 080, y quedo atento, eh, si solicita algún servicio al arribo
17:12:21	PO	OK, le confirmo
17:12:28	PO	EMERGENCY DESCENT, iniciamos el descenso de emergencia. Passenger signs, on. Engine start switches, en continue. Thrust lever, reducir. Speed brake, flight detent. When approaching level altitude, guardamos suavemente el speed brake y ponemos a normal nuestras máscaras. Engine start switches, ambos a requerimiento, y volvemos a Córdoba, ¿No?
17:12:54	PF	Ok
17:12:59	PF	Bueno, nivel 100

Tabla 15

JST | SEGURIDAD EN
EL TRANSPORTE



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
AÑO DE LA DEFENSA DE LA VIDA, LA LIBERTAD Y LA PROPIEDAD

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número:

Referencia: LV-FXQ - Informe de Seguridad Operacional

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 51 pagina/s.