Informe técnico
IN-010/2022

Incidente ocurrido el día 6 de marzo de 2022, a la aeronave BOEING B737-8AS, matrícula EI-EVR, operada por RYANAIR, 19 NM al noroeste del Aeropuerto de Málaga-Costa del Sol (Málaga)

El presente informe no constituye la edición en formato imprenta, por lo que puntualmente podrá incluir errores de menor entidad y tipográficos, aunque no en su contenido. Una vez que se disponga del informe maquetado y del Número de Identificación de las Publicaciones Oficiales (NIPO), se procederá a la sustitución del avance de informe final por el informe maquetado.

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y MOVILIDAD SOSTENIBLE
SUBSECRETARÍA
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Advertencia

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

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.5 del Reglamento (UE) n.° 996/2010, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de octubre de 2010; el art. 15 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea; y los arts. 1, 4 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, ni prejuzga la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos por los que deben regirse las pruebas en un proceso judicial.

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

INDICE

Advertencia i
INDICE ii
ABREVIATURAS iv
Sinopsis vii
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS 9
1.1. Reseña del incidente 9
1.2. Lesiones a personas 12
1.3. Daños sufridos por la aeronave 12
1.4. Otros daños 12
1.5. Información sobre el personal 13
1.5.1. Información sobre el personal de la aeronave EI-EVR 13
1.5.2. Información sobre el personal de control 13
1.6. Información sobre la aeronave 14
1.6.1. Descripción del sistema GPWS instalado en la aeronave 15
1.6.2. Flight Management Computer (FMC) 15
1.7. Información meteorológica 16
1.8. Ayudas para la navegación 16
1.9. Comunicaciones 18
1.10. Información de aeródromo 23
1.11. Registradores de vuelo 23
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto 23
1.13. Información médica y patológica 23
1.14. Incendio 23
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia 23
1.16. Ensayos e investigaciones especiales 24
1.16.1. Planificación y gestión del combustible 24
1.16.2. Información en relación con el mensaje de error del FMC 25
1.17. Información organizativa y de dirección 25
1.18. Información adicional 25
1.18.1. Procedimiento de gestión del combustible en vuelo del operador 25
1.18.2. Procedimientos de respuesta del operador a los avisos GPWS 26
1.18.3. Distribución de tareas PF/PM 27
1.18.4. Respecto a las altitudes mínimas de vuelo y la concienciación con la altitud de vuelo (Altitude awareness) 27
1.18.5. Medidas adoptadas por el operador aéreo Ryanair tras el incidente 28
1.18.6. Información adicional de ATC 28
1.18.7. Medidas adoptadas por ENAIRE tras el incidente 29
1.19. Técnicas de investigación especiales 30
2. ANÁLISIS 31
2.1. Consideraciones generales 31
2.2. Generación y resolución del conflicto 31
3. CONCLUSIONES 35
3.1. Constataciones 35
3.2. Causas/factores contribuyentes 35
4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL 36

5. APÉNDICE 37
5.1. Procedimiento de respuesta del operador a los avisos GPWS 37
5.2. Carta de aproximación ILS Z pista 12 de Málaga (a fecha del incidente) .. 39
5.3. Carta de aproximación ILS Z pista 12 de Málaga (a fecha 02-nov-2023) .. 40
5.4. STAR a las pistas 12 y 13 de Málaga (a fecha 02-nov-2023) 41
5.5. Carta de altitud mínima de vigilancia ATC-OACI (a fecha 02-nov-2023) ... 42

ABREVIATURAS

° ‘ “	Grado, minuto y segundo sexagesimal
%	Tanto por ciento
ºC	Grado centígrado
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AFDS	Sistema de piloto automático y director de vuelo - Autopilot Flight Director System
AIP	Publicación de Información Aeronáutica - Aeronautical information publication
AM	Alerta de Mínimos – Minimums alert
AMAN	Arrival MANagement
AMIN	Adaptación de la alerta MSAW en entorno de Torre de control
AOC	Certificado de Operador Aéreo - Air Operator Certificate
APP	Servicio de control de aproximación - Approach control service
ARP	Punto de referencia de aeródromo - Aerodrome reference point
ASM (sector)	Sector de aproximación del TMA de Sevilla (Área 3A)
ATC	Control de tránsito aéreo – Air traffic control
ATPL (A)	Licencia de piloto de transporte de línea aérea (de avión) - Airline Transport Pilot Licence
ATS	Servicio de tránsito aéreo - Air traffic service
CDU	Unidad de pantalla de control - Control Display Unit
CPL (A)	Licencia de piloto comercial (de avión) - Commercial Pilot Licence
CVR	Registrador de la voz en el punto de pilotaje – Cockpit voice recorder
DME	Equipo radiotelemétrico - Distance measuring equipment
EASA	Agencia Europea de Seguridad Aérea - European Aviation Safety Agency
EGPWS	Sistema avanzado de advertencia de la proximidad del terreno – Enhanced ground proximity warning system
FAP	Punto de aproximación final - Final approach point
FCOM	Manual de operaciones de la tripulación de vuelo - Flight Crew Operations Manual
FL	Nivel de vuelo – Flight level
FMA	Anunciador de modos de vuelo – Flight mode annunciator
FMC	Computadora de gestión de vuelo - Flight Management Computer
ft	Pie
GPWS	Sistema de advertencia de la proximidad del terreno - Ground proximity warning system
h	Hora
HDG	Rumbo - Heading

hPa	Hectopascal
IAA	Autoridad irlandesa de aviación – Irish Aviation Authority
IAC	Carta de aproximación por instrumentos - Instrument approach chart
IAF	Punto de referencia de aproximación inicial – Initial approach fix
IATA	Asociación de transporte aéreo internacional - International Air Transport Association
IF	Punto de referencia de aproximación intermedia – Intermediate fix
IFR	Reglas de vuelo instrumental – Instrument Flight Rules
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumentos - Instrument landing system
IR	Habilitación Instrumental – Instrument Rating
kg	Kilogramo
KIAS	Velocidad indicada en nudos - Knots indicated airspeed
km	Kilómetro
kt	Nudo - Knot
LEMG	Indicador OACI del aeropuerto de Málaga-Costa del Sol
LNAV	Navegación lateral - Lateral Navigation
m	Metro
MCP	Mode Control Panel - Panel de control de modos
ME	Polimotor - Multiengine
METAR	Informe meteorológico ordinario de aeródromo (en clave meteorológica aeronáutica)
MHz	Megahercio
MIDAS	Málaga Improved Design of Air Space
MPA	Aeronave politripulada - Multi-pilot aeroplane
MSAW	Advertencia de Altitud Mínima de Seguridad - Minimum safe altitude warning
ND	Pantalla de navegación - Navigation display
NM	Milla náutica – Nautical mile
MVA	Altitud mínima de guía vectorial - Minimum Vectoring Altitude
NNO	Norte-noroeste
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OM	Manual de Operaciones – Operations Manual
PF	Piloto a los mandos - Pilot flying
PM	Piloto que supervisa - Pilot monitoring
P/N	Número de parte - Part number
QAR	Registrador de acceso rápido – Quick Access Recorder
QNH	Reglaje de la subescala del altímetro para obtener elevación estando en tierra
QRH	Manual de referencia rápida - Quick Reference Handbook

RNAV	Navegación de área - Area navigation
RWY	Pista - Runway
SEL	Seleccionado - Selected
SID	Salida normalizada por instrumentos - Standard instrument departure
S/N	Número de serie - Serial number
STAR	Llegada normalizada por instrumentos – Standard terminal arrival route
SVQ	Indicador IATA del aeropuerto de Sevilla
TMA	Área de control terminal – Terminal control area
TO/GA	Despegue / motor y al aire - Take-off / go around
UTC	Tiempo universal coordinado - Universal time coordinated
VHF	Muy alta frecuencia (30 a 300 MHz) – Very High Frequency
VMC	Condiciones meteorológicas de vuelo visual - Visual meteorological conditions
VNAV	Navegación vertical - Vertical Navigation
VOR	Radiofaro omnidireccional VHF - VHF Omnidirectional range

Sinopsis

Operador de la aeronave:	Ryanair
Aeronave:	Boeing 737-8AS, matrícula EI-EVR
Fecha y hora del incidente:	6 de marzo de 2022, 08:59[1] UTC
Lugar del incidente:	19 NM al noroeste del Aeropuerto de Málaga-Costa del Sol (Málaga)
Personas a bordo:	6+167, ilesos
Tipo de operación:	Transporte aéreo comercial – Regular – Interior – Pasajeros
Fase de vuelo:	Aproximación
Reglas de vuelo:	IFR
Fecha de aprobación:	19 de diciembre de 2023

Resumen del incidente:

El domingo 06 de marzo de 2022, a las 08:59 UTC, se produjo un incidente por pérdida de separación con el terreno de la aeronave Boeing 737-8AS, matrícula EI-EVR, operada por Ryanair procedente del aeropuerto de Charleroi-Bruselas Sur (Bélgica) y con destino al aeropuerto de Málaga-Costa del Sol (LEMG).

La aeronave EI-EVR realizó una primera aproximación a la pista 12 LEMG, que frustró por indicación de ATC al vulnerarse la distancia mínima de separación con la aeronave precedente cuando ambas se encontraban en el tramo final de la aproximación a dicha pista.

Después de completar la maniobra de frustrada, cuando se encontraban siguiendo las indicaciones del ATC para volver a posicionarse en el ILS de la pista 12 el comandante de la aeronave EI-EVR requirió prioridad para aterrizar aduciendo nivel bajo de combustible sin utilizar la fraseología adecuada, por lo que no se produjo efecto alguno en la secuencia de arribadas.

Posteriormente la aeronave EI-EVR fue autorizada a proceder a NEPUR, a descender a 6000 ft y a realizar la aproximación ILS Z RWY 12 a LEMG. Seguidamente, la aeronave continuó descendiendo de la altitud autorizada llegando a vulnerar las altitudes mínimas de guía vectorial de los sectores que iba sobrevolando sin que ATC advirtiera a los pilotos.

El sistema GPWS de la aeronave advirtió a la tripulación de vuelo de la proximidad con el terreno, y ésta, tras una maniobra de ascenso consiguió más adelante interceptar el localizador de la pista 12 de LEMG.

Tras el incidente la aeronave continuó su vuelo y no se produjeron daños de ningún tipo.

[1] La referencia horaria utilizada en este informe es la hora UTC, para calcular la hora local es necesario añadir 1 hora.

La investigación ha concluido que la causa del incidente fue la incorrecta ejecución por parte de la tripulación de vuelo de la aproximación al aeropuerto de Málaga (LEMG) a la que había sido autorizada.

Como factor contribuyente se encuentra el siguiente:

- La ausencia de vigilancia activa por parte de ATC para detectar que la aeronave estaba volando por debajo de la altitud autorizada en primera instancia, y posteriormente también por debajo de las altitudes mínimas de guía vectorial prescritas por las diferentes zonas por las que la aeronave voló.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del incidente

El domingo 6 de marzo de 2022 a las 06:16:05 h la aeronave Boeing 737-8AS, matrícula EI-EVR, operada por Ryanair, con un total de 173 personas a bordo (de las cuales 6 eran tripulación), despegaba del aeropuerto de Charleroi-Bruselas Sur (Bélgica) con destino al aeropuerto de Málaga-Costa del Sol (España). Su indicativo de llamada era RYR93SM.

La tripulación estaba compuesta por dos pilotos y cuatro tripulantes de cabina. Era el primer vuelo de los dos que tenían asignados ese día. En este vuelo el copiloto era el piloto a los mandos (PF).

El vuelo transcurrió con normalidad hasta que a las 08:35:47 h, durante la aproximación ILS a la pista 12 de LEMG siguiendo el procedimiento desde el punto NEPUR, se produjo una vulneración de la distancia mínima de separación (3 NM) con la aeronave precedente cuando ambas se encontraban en el tramo final de la aproximación a dicha pista. Por este motivo, a las 08:37:31 h (ver ① en la figura 1), cuando la aeronave EI-EVR se encontraba en corta final, la torre de control de LEMG le instruyó a realizar maniobra de motor y al aire debido a que la aeronave precedente no había abandonado todavía la pista.

Durante el briefing de aproximación los pilotos habían abordado[2] el curso de acción a seguir en caso de frustrar la aproximación. Calcularon que disponían de combustible suficiente para proceder al aeropuerto alternativo (Sevilla), pero consideraron que, en caso de producirse la frustrada, se daban las condiciones para volver a realizar una segunda aproximación a LEMG, aterrizando con suficiente margen sobre el combustible de reserva final[3].

A las 08:39:50 h (ver ② en la figura 1), mientras realizaba la maniobra de aproximación frustrada estándar, manteniendo 2200 ft de altitud, la tripulación de la aeronave requirió vectores radar para realizar una segunda aproximación a LEMG[4]. LEMGDSM le autorizo a ascender a FL090 manteniendo el rumbo presente y posteriormente les instruyó a proceder al punto TOLSU (ver ③ en la figura 1).

A las 08:46:26 h (ver ④ en la figura 1), mientras la aeronave procedía a TOLSU a FL090, LEMGDSM les autorizó a descender a FL080 y más adelante virar a rumbo 300º (ver ⑤ en la figura 1). Posteriormente tras un cambio de frecuencia, LEMGASM les instruyó a seguir rumbo 270º (ver ⑥ en la figura 1).

Mientras tanto, el comandante de la aeronave estuvo intentando reprogramar la nueva ruta de aproximación en el FMC[5] de la aeronave en repetidas ocasiones sin éxito. Según explicó

[2] De acuerdo con su declaración posterior al incidente.

[3] Ver apartado 1.18.1 Procedimiento de gestión del combustible en vuelo del operador.

[4] La configuración operativa/sectorización de Málaga en el momento del incidente era la siguiente: 4 posiciones de torre y 2 sectores SUR (LEMGASM y LEMGDSM) en la Oficina de Aproximación.

[5] Computadora de gestión de vuelo - Flight Management Computer

en su declaración posterior al incidente la ruta a seguir se representaba en el ND como una línea discontinua, pero sin poder ejecutarla. Finalmente decidieron volar dicha aproximación con el piloto automático conectado en modo HDG SEL[6], siguiendo la línea discontinua. El modo lateral del AFDS[7] empleado hasta interceptar el localizador de la pista 12 fue HDG SEL.

A las 08:52:50 h (ver ⑦ en la figura 1), cuando la aeronave EI-EVR mantenía FL080 y rumbo 268º a 26,5 NM al NNO de LEMG, la tripulación de la aeronave informó a LEMGASM que se estaba quedando sin combustible en los siguientes términos: *"RYR93SM, we are running low on fuel now, we are committed to Málaga".* Seis segundos después LEMGASM le informó que ocupaba el número 6 en la aproximación y que le llamaría en 12 NM para virar. A las 08:53:04 h la tripulación de la aeronave EI-EVR requirió prioridad en la aproximación en los siguientes términos: "*Requesting priority approach, RYR93SM*".

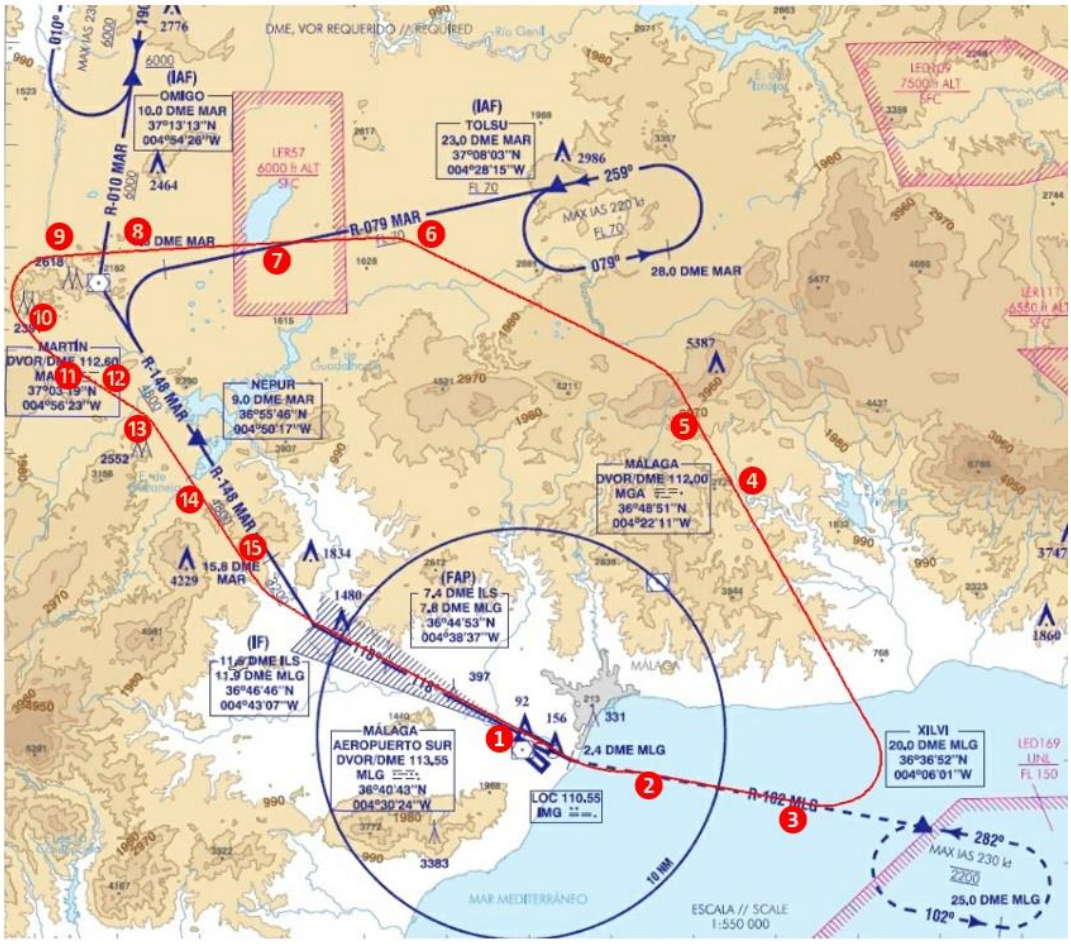


Fig. 1 Extracto de la carta de aproximación ILS Z RWY 12 con la trayectoria que siguió la aeronave, con los puntos de interés marcados en círculos rojos

[6] Con el modo lateral HDG SEL activado el piloto automático mantiene el rumbo seleccionado por la tripulación de vuelo en el panel de control de modos (MCP). Mediante el MCP el piloto ordena acciones al piloto automático.

[7] Sistema de piloto automático y director de vuelo - Autopilot Flight Director System.

A las 08:54:25 h (ver ⑧ en la figura 1) LEMGASM autorizó a la aeronave EI-EVR a descender a 6000 ft informando del QNH y solicitando que redujera su velocidad indicada a 210 kt. Poco después le instruyó a virar por su izquierda al punto NEPUR, y desde NEPUR a la aproximación ILS Z RWY 12 con colación correcta por parte de la tripulación (ver ⑨ en la figura 1).

A las 08:56:14 h, en curso al punto NEPUR y en descenso a través de 6700 ft, la tripulación de la aeronave EI-EVR pidió confirmación de la autorización a la aproximación ILS Z RWY 12 sin recibir inicialmente respuesta. Tras 15 segundos, cuando la frecuencia quedó libre, la tripulación de la aeronave EI-EVR volvió a pedir confirmación sobre la autorización y LEMGASM le confirmó que estaba autorizado. En la ventanilla de altitud del MCP[8] se seleccionaron 4800 ft (ver ⑩ en la figura 1).

A las 08:57:05 h (ver ⑪ en la figura 1), procediendo al punto NEPUR, la aeronave EI-EVR descendió por debajo de la altitud autorizada (que era de 6000 ft).

A las 08:57:53 h (ver ⑫ en la figura 1), en descenso a través de 5169 ft, se seleccionaron 3200 ft en la ventanilla de altitud del MCP.

A las 08:58:35 h (ver ⑬ en la figura 1), cuando la aeronave EI-EVR se encontraba en descenso a través de 4554 ft viró a su derecha antes de alcanzar el punto NEPUR y voló paralelamente al radial 148 de MAR a 1,5 NM al oeste del mismo.

La aeronave continuó descendiendo, volando paralelamente al radial mencionado anteriormente y a las 08:59:48 h se activó el aviso CAUTION TERRAIN.

A las 08:59:58 h (ver ⑭ en la figura 1), se activaron los avisos TERRAIN, TERRAIN, PULL UP junto a la desconexión del piloto automático y la aeronave comenzó a ascender. La menor altitud barométrica registrada fue de 3235 ft. La altitud mínima de radio altímetro registrada fue de 1065 ft a las 09:00:12 h, ya en ascenso a través de 3343 ft a 18,5 NM de LEMG. El comandante tomó los mandos y pasó a ocupar el rol de PF hasta el aterrizaje.

Según declararon los pilotos tras el incidente las condiciones visuales durante la aproximación eran VMC y estuvieron en contacto visual con el terreno en todo momento.

Preguntados el controlador[9] ejecutivo y el planificador del sector LEMGASM por la pérdida de separación con el terreno, el desvío de la ruta nominal y la ausencia de acciones correctoras por su parte contestaron, respectivamente:

- *Observamos que el tráfico se desvió de su ruta nominal y descendió por debajo de la altitud nominal, y, a continuación, ascendió de nuevo para seguir el procedimiento. Dado que, en ningún momento dicho tráfico notificó ningún problema en la aproximación, y que completó dicha aproximación y aterrizaje sin*

[8] El valor seleccionado en la ventanilla de altitud del MCP se corresponde con la altitud que mantendrá el piloto automático cuando la aeronave alcance la misma.

[9] En la posición que prestaba servicio de control de tránsito aéreo en el sector LEMGASM se encontraban 2 personas: un controlador ejecutivo y un controlador planificador.

más problemas. Asumimos que el desvío se pudo producir por alguna pequeña confusión en una situación de tensión derivada de la frustrada previa.

- *Después del punto NEPUR, se observó que este tráfico se desvió del radial que había de seguir por procedimiento, sin notificar nada. Cuando íbamos a proceder a advertirle de la situación, se observó que corregía altitudes y posición, completando la aproximación sin problemas.*

A las 09:01:04 h (ver ⑮ en la figura 1), tras la maniobra de ascenso, la aeronave EI-EVR alcanzó 4300 ft, que mantuvo hasta interceptar el localizador del ILS de la pista 12.

A las 09:01:35 h, interceptó el localizador y descendió siguiendo el ILS de la pista 12. Aproximadamente un minuto y medio después, LEMGASM transfirió la aeronave EI-EVR a la frecuencia de la torre de control de LEMG.

A las 09:04:52 la torre de control de LEMG autorizó a aterrizar a la aeronave EI-EVR en la pista 12, donde aterrizó sin novedad a las 09:06:44 h.

A las 09:07:07 h, es decir 23 segundos después de aterrizar, la aeronave contaba[10] con 1556 kg de combustible a bordo, es decir, 437 kg por encima del combustible de reserva final.

1.2. Lesiones a personas

Lesiones	*Tripulación*	*Pasajeros*	*Total*	*Otros*
Mortales				
Graves				
Menores				
Ninguna	6	167	173	
TOTAL	6	167	173	

1.3. Daños sufridos por la aeronave

La aeronave del incidente no sufrió ningún daño.

1.4. Otros daños

No se produjeron otros daños.

[10] El dato de cantidad de combustible se registra en el QAR (Registrador de acceso rápido – Quick Access Recorder) de la aeronave cada 64 segundos, por lo que se ha proporcionado el dato inmediatamente posterior al aterrizaje. El inmediatamente anterior, que sería a las 09:06:03: h, es decir, 41 segundos antes de aterrizar, era de 1610 kg, o sea, 491 kg por encima del combustible de reserva final.

1.5. Información sobre el personal

1.5.1. Información sobre el personal de la aeronave EI-EVR

El comandante de la aeronave, de 54 años, disponía de una licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión (ATPL(A)) expedida el 3 de mayo de 2019 por la Autoridad Irlandesa de Aviación Civil (IAA), con habilitaciones B737 300-900 / ME IR (MPA) válidas y en vigor hasta el 31 de marzo de 2023. Asimismo, contaba con certificado médico de clase 1 válido y en vigor hasta el 17 de diciembre de 2022 y su nivel de competencia lingüística en lengua inglesa era 6.

Su experiencia era de 12800 h totales de vuelo, 6050 h en el tipo de la aeronave del incidente, de las cuales 1571 h como comandante en la compañía, trabajando para el operador desde el 4 de febrero de 2019. Respecto a su actividad reciente, había volado 5:20 h las últimas 24 horas, 29:46 h los últimos 7 días y 165:18 h los últimos 90 días. Era su quinto día de actividad y el descanso previo al vuelo del incidente fue de 17:30 h ya que el día anterior finalizó a las 11:45 UTC. En el vuelo del incidente era el piloto que supervisa (PM) y era la primera vez que volaba con este copiloto. Había volado a LEMG en repetidas ocasiones.

El copiloto de la aeronave, de 37 años, disponía de una licencia de piloto comercial de avión (CPL(A)) expedida por la Autoridad Irlandesa de Aviación Civil (IAA) el 18 de octubre de 2021, con habilitaciones B737 300-900 / ME IR (MPA) válidas y en vigor hasta el 30 de noviembre de 2022. Asimismo, contaba con certificado médico de clase 1 válido y en vigor hasta el 18 de octubre de 2022.

Tenía 400 h totales de vuelo, de las cuales 190 h lo eran en el tipo de la aeronave del incidente. Llevaba trabajando para el operador desde el 23 de agosto de 2021. Respecto a su actividad reciente, había volado 5:19 h las últimas 24 horas, 16:44 h los últimos 7 días y 182:09 h los últimos 90 días. Era su cuarto día de actividad y el descanso previo al vuelo del incidente fue de 17:06 h ya que el día anterior finalizó a las 12:09 UTC. En el vuelo del incidente era piloto al mando (PF) y era la primera vez que volaba con este comandante. Había volado previamente a LEMG, pero nunca con la RWY 12 en servicio.

1.5.2. Información sobre el personal de control

En la posición que prestaba servicio de control de tránsito aéreo en el sector LEMGASM se encontraban 2 personas: un controlador ejecutivo y un controlador planificador.

El controlador ejecutivo, de 63 años, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 22 de diciembre de 1988. Asimismo, contaba con certificado médico válido y en vigor hasta el 02 de agosto de 2022. Su experiencia en la dependencia era de unos 3 años. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para aproximación válida y en vigor hasta el 03 de mayo de 2023. Para el controlador ejecutivo era su tercer día seguido de actividad y previamente tuvo 3 días de descanso. Con respecto al turno del día del incidente, entró en el turno de mañana a las 06:30 UTC, ocupó en 3 ocasiones en el sector ANM/DNM de aproximación la posición de controlador planificador, con sus

pertinentes descansos. Por lo que respecta al momento del incidente, comenzó como controlador ejecutivo en el sector ASM a las 08:00 UTC y estuvo hasta las 09:09 UTC. Posteriormente ejerció de controlador ejecutivo y planificador en diferentes sectores, con sus oportunos descansos, finalizando su actividad a las 11:38 UTC.

El controlador planificador, de 46 años, tenía licencia de controlador de tránsito aéreo emitida por AESA desde el 28 de agosto de 2006. Asimismo, contaba con certificado médico válido y en vigor hasta el 09 de octubre de 2022. Su experiencia en la dependencia era de un 1 año. Contaba con las anotaciones de unidad con habilitación para aproximación válida y en vigor hasta el 02 de marzo de 2023. Para el controlador planificador era su segundo día consecutivo de actividad y previamente tuvo 3 días de descanso. Con respecto al turno del día del incidente, entró en el turno de mañana a las 08:00 UTC ejerciendo como controlador planificador del sector ASM hasta las 09:00 UTC, justo después de incidente, tras un descanso volvió a ocupar la posición de controlador planificador en el mismo sector. En el resto de la mañana ocupó en varias ocasiones tanto la posición de ejecutivo como planificador en el citado sector; finalizado su actividad de ese día como ejecutivo del sector unificado ASM/DSM a las 13:50 UTC.

1.6. Información sobre la aeronave

La aeronave de matrícula EI-EVR, modelo BOEING B737-8AS y número de serie 40295, fue construida en el año 2012 y matriculada en el registro de matrículas de la IAA el 14 de septiembre de 2012.

Esta aeronave tiene un peso máximo al despegue de 77.900 kg, un peso máximo al aterrizaje de 65.317 kg y estaba equipada con dos motores CFM56-7B26 tipo turbofán, cuyos números de serie eran 962199 (motor 1) y 962205 (motor 2). Ambos motores contaban con 28.049:00 horas de vuelo y 13.744 ciclos de vuelo en el momento del incidente.

La aeronave disponía de tres tanques de combustible que permitían almacenar un total de 20896 kg de combustible.

Disponía de Certificado de Aeronavegabilidad expedido por la IAA, cuya última revisión le otorgaba validez hasta el 9 de marzo de 2023.

La aeronave era operada por la compañía Ryanair Designated Activity Company, cuyo Certificado de Operador Aéreo (AOC) fue renovado por última vez el 4 de marzo de 2022. En dicho AOC estaba contemplada la operación de aeronaves B737-8AS, como la EI-EVR.

En el momento del incidente la aeronave contaba con 28.049:00 h de vuelo y 13.744 ciclos.

La última revisión de mantenimiento programado fue realizada el 1 de marzo de 2022 cuando la aeronave contaba con 28.004:03 h de vuelo y 13.726 ciclos. Consistió en una revisión 50FC CHECK (se realiza cada 50 ciclos o 15 días o 100 horas de vuelo, lo que antes suceda). La anterior revisión 50FC CHECK se realizó el 20 de febrero de 2022.

En el listado de diferidos de la aeronave no constaban elementos antes de iniciar el vuelo del incidente.

1.6.1. Descripción del sistema GPWS instalado en la aeronave

La aeronave EI-EVR estaba equipada con un sistema avanzado de advertencia de la proximidad del terreno (Enhanced ground proximity warning system o EGPWS) fabricado por Honeywell; en concreto, era un Honeywell MK V, con P/N 965-1690-071 y S/N EMK5-32081. Este equipo emite, entre otros, avisos alertando a la tripulación de la cercanía del terreno con el fin de evitar colisiones con el mismo.

Durante la segunda aproximación a LEMG se activaron los avisos: “CAUTION TERRAIN” y “TERRAIN, TERRAIN, PULL UP”.

- El sistema emite la alerta “CAUTION TERRAIN” cuando la aeronave se encuentra entre 40 y 60 segundos antes del impacto proyectado con el terreno.
- El sistema emite la alerta “TERRAIN, TERRAIN, PULL UP” cuando la aeronave se encuentra entre 20 y 30 segundos antes del impacto proyectado con el terreno.

Los procedimientos de respuesta a los avisos GPWS del operador se incluyen en el apartado 1.18.2.

1.6.2. Flight Management Computer (FMC)

La aeronave EI-EVR estaba equipada con dos computadoras de gestión de vuelo (FMC) fabricadas por GE Aviation del modelo 2907C con P/N 176200-01-01 y S/N 007218 y 007201. Empleaban la versión de software U14 con P/N 650630-002.

Los FMC utilizan la información introducida por la tripulación de vuelo, los datos de los sistemas de la aeronave y los de la base de datos de navegación del propio FMC para calcular la posición actual de la aeronave y para volar el perfil de vuelo programado por la tripulación de vuelo.

A través de las CDU[11], los pilotos insertan y modifican la ruta del plan de vuelo. La ruta activa se representa en la pantalla de navegación (ND) por medio de una línea continua de color magenta entre los puntos de recorrido (waypoints). Las modificaciones sobre una ruta activa y las rutas inactivas se representan por medio de una línea discontinua entre puntos de recorrido (waypoints).

Para seguir la ruta activa del FMC los pilotos seleccionan el modo lateral LNAV del AFDS.

Si al modificar la ruta del plan de vuelo, el FMC detecta un conflicto relacionado con las restricciones de altitud programadas en un punto de la ruta, emite el mensaje ALT CONSTRAINT XXXXX (donde XXXXX es el punto de la ruta donde existe el conflicto).

[11] Control Display Unit

ENTRY ERROR MESSAGE	CAUSE	CORRECTIVE ACTION
ALT CONSTRAINT XXXXX (waypoint identifier)	A flight plan modification has caused an altitude conflict with a waypoint that has an altitude constraint.	Clear the message and revise the entry.

Fig. 2 Extracto del listado de mensajes de error del FCOM del operador

Para enmendar esta situación la tripulación debe revisar y corregir los datos introducidos en el FMC a través de la CDU.

Ambos pilotos indicaron en su declaración tras el incidente que al reprogramar el FMC tras la primera aproximación frustrada se seleccionó la aproximación ILS Z RW12 a través de TOLSU pero aparecía un mensaje de "ALTITUDE CONSTRAINT at TOLSU". La restricción de altitud en TOLSU era FL070 o superior y la altitud actual mantenida era FL090. Se hicieron varios intentos más, pero tampoco tuvieron éxito. Según su declaración el FMC les permitía seleccionar la aproximación, pero no activarla. Sin embargo, la ruta estaba disponible en línea discontinua en el ND, por lo que el copiloto (PF) sugirió al comandante que se podría volar la aproximación siguiendo la línea discontinua con el piloto automático conectado en modo HDG SEL hasta interceptar el localizador.

1.7. Información meteorológica

En el Aeropuerto de Málaga-Costa del Sol (19 NM al sudeste del lugar del incidente) la meteorología era favorable. Según informaron los pilotos en sus declaraciones, durante toda la aproximación estuvieron en contacto visual con el terreno. El METAR más próximo a la hora del evento (09:00 UTC) fue:

LEMG 060900Z 29008KT 9999 FEW026 11/05 Q1012 NOSIG

Indicaba viento de 8 kt de intensidad procedente de 290º. Visibilidad de 10 km ó más con nubosidad escasa a 2600 ft. Temperatura 11ºC, punto de rocío 5ºC, QNH 1012 hPa y ausencia de cambios significativos.

1.8. Ayudas para la navegación

Todos los sistemas de navegación funcionaron correctamente.

1.8.1 Maniobra de aproximación ILS Z RWY 12 del aeropuerto de Málaga

La orografía que se sobrevuela durante la aproximación a la pista 12 del aeropuerto de Málaga se caracteriza por niveles ascendentes de terreno que forman parte de la Cordillera Penibética, la cual transcurre paralela a línea de la costa formando una barrera entre el

litoral y el interior, en esta área montañosa hay elevaciones que llegan hasta 4229 ft en las proximidades de la ruta de aproximación.

La Carta de altitud mínima de vigilancia ATC-OACI del AIP España en vigor en la fecha del incidente (ver extracto de interés en la figura 3) muestra unas altitudes mínimas de guía vectorial (MVA) de 5500 ft, 5700 ft, 5800 ft y 6500 ft en las proximidades del punto NEPUR. Para mejor comprensión se ha rodeado con una elipse roja los nombres de MAR y NEPUR, y se han añadido colores a las altitudes de interés y a sus zonas de influencia.

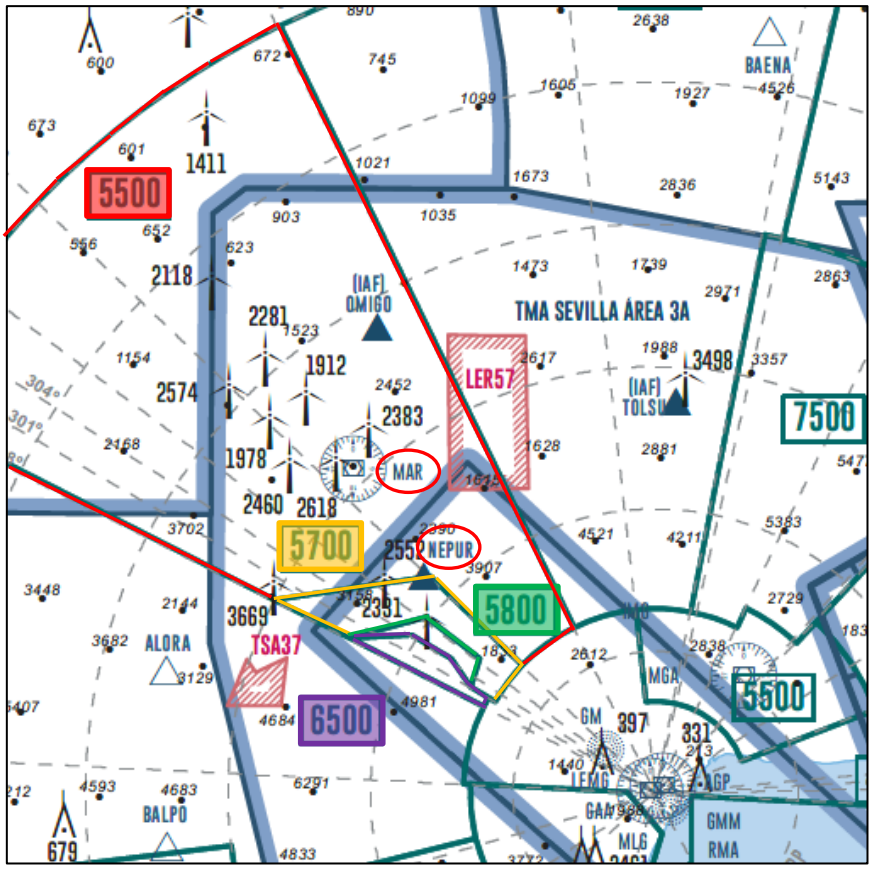


Fig. 3 Extracto de la carta de altitud mínima de vigilancia ATC-OACI del AIP

A continuación, en la figura 4, se muestra un extracto de la carta de aproximación ILS Z RWY 12 de LEMG[12] del AIP España donde se aprecia el tramo en el que se ha de interceptar y seguir el radial 148 del VOR/DME de MARTIN (MAR) para, finalmente, proceder a interceptar el localizador de la pista 12. En este radial se encuentra el punto NEPUR que se debe sobrevolar a una altitud de 4800 ft o superior y, posteriormente, descender a 3200 ft a partir de la milla 15,8 DME MAR para interceptar el localizador de la pista 12.

[12] La carta de aproximación completa vigente en la fecha del incidente puede consultarse en el apartado 5.2.

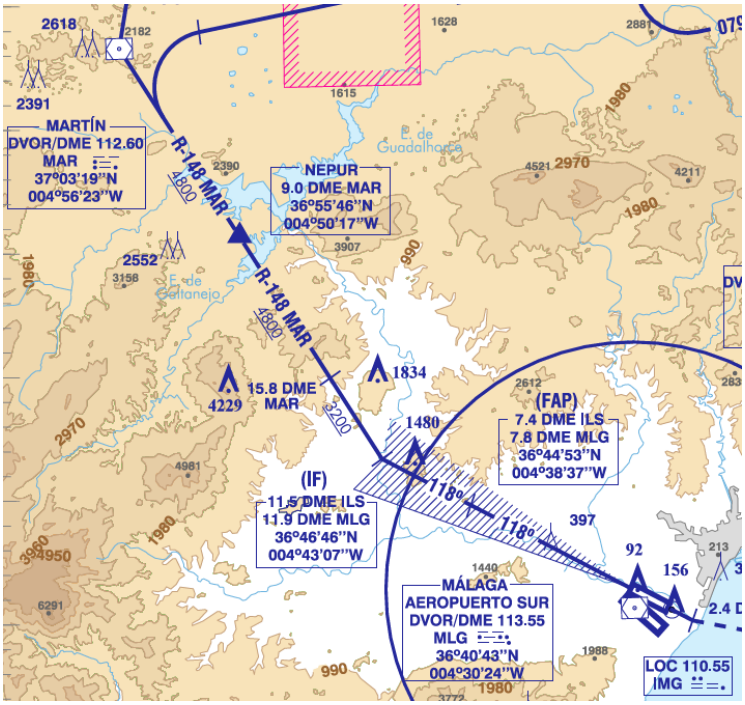


Fig. 4 Extracto de la carta de aproximación ILS Z RWY 12

En caso de maniobra de aproximación frustrada, las aeronaves deben, según la maniobra publicada*: "Subir en rumbo de pista hasta alcanzar 2,4 DME MLG. Virar a la izquierda para interceptar y seguir R-102 MLG hasta XILVI e integrarse en la espera a 2200 ft. Altitud máxima 2200 ft durante la maniobra de aproximación frustrada. Esperar instrucciones ATC"*

1.9. Comunicaciones

Se dispone de los registros de las comunicaciones orales mantenidas entre el personal ATC (sectores LEMGDSM y LEMGASM) y la tripulación de la aeronave. Para mejor comprensión de la sucesión de eventos, en este apartado se ha integrado información relevante extraída del QAR de la aeronave.

<u>Maniobra de aproximación frustrada</u>

A las 08:37:13 h, instantes antes de comenzar la maniobra de aproximación frustrada, la cantidad de combustible registrada era de 2703 kg.

A las 08:37:31 h (ver ① en la figura 1), el controlador local instruyó a la aeronave EI-EVR a realizar un motor y al aire. Tres segundos después, a las a las 08:37:34 h, en el QAR se registró la activación del modo vertical TO/GA[13] del AFDS cuando la aeronave se encontraba a 295 ft de radio altímetro.

A continuación, a las 08:37:42 h, el controlador local informó por línea dedicada al sector LEMGDSM de APP LEMG.

[13] Este modo se activa al pulsar el botón TO/GA de la palanca de empuje para iniciar la frustrada.

La aeronave mantuvo rumbo de pista hasta la milla 2,4 del VOR/DME MLG donde empezó a virar para interceptar el radial 102 del VOR/DME MLG, alcanzando 2200 ft a las 08:38:50 h, tal como indica la maniobra de aproximación frustrada. Mientras realizaba la misma fue transferida al sector de salidas LEMGDSM de APP LEMG. La tripulación de la aeronave EI-EVR colacionó correctamente. En este tramo la tripulación de la aeronave seleccionó el modo lateral del AFDS LNAV.

A las 08:39:14 h, la tripulación de la aeronave EI-EVR informó al sector LEMGDSM que estaban a 2200 ft tras el motor y al aire. Inmediatamente, el controlador les autorizó a ascender a FL090. La tripulación de la aeronave EI-EVR colacionó correctamente y se seleccionaron 9000 ft en la ventanilla de altitud del MCP.

A las 08:39:50 h (ver ② en la figura 1), la aeronave continuaba manteniendo 2200 ft de altitud. El modo lateral del AFDS era LNAV y el modo vertical era VNAV PTH[14]. La tripulación de vuelo solicitó vectores radar para una segunda aproximación. El controlador les informó que esperasen vectores después de ascender a FL090 manteniendo ese rumbo. La tripulación de la aeronave EI-EVR colacionó correctamente.

A las 08:40:17 h la tripulación de la aeronave seleccionó el modo vertical LVL CHG[15] en el MCP y la aeronave comenzó a ascender.

Cinco segundos después, a las 08:40:22 h, el controlador les preguntó sí estaban manteniendo 2200 ft. La tripulación respondió que estaban ascendiendo. El controlador acusó recibo. A las 08:40:50 h la aeronave ascendía a través de 2859 ft a FL090.

Vectores y ruta para una nueva aproximación

A las 08:41:41 h (ver ③ en la figura 1), mientras la aeronave en el radial 102 del VOR/DME MLG, ascendía a FL090 a través de 6200 ft, el controlador les instruyó a virar por la izquierda al punto TOLSU (IAF). La tripulación de la aeronave EI-EVR colacionó correctamente.

A las 08:41:55 h la tripulación de la aeronave seleccionó momentáneamente el modo lateral del AFDS HDG SEL y la aeronave comenzó a virar por su izquierda para posteriormente volver a activar el modo lateral del AFDS LNAV. Durante este viraje se alcanzó FL090.

[14] El modo VNAV permite volar el perfil vertical seleccionado en las CDU del FMC. El sub-modo VNAV PTH respeta las restricciones de altitud contenidas en el perfil cargado en el FMC (en este caso 2200 ft).

[15] El modo LVL CHG del AFDS permite realizar ascensos y descensos a una altitud predeterminada a una velocidad concreta. Este modo se selecciona pulsando el botón LVL CHG del MCP. Este modo vertical se representa en el FMA como MCP SPD. Para realizar un ascenso o descenso en LVL CHG se debe seleccionar la nueva altitud, pulsar el botón LVL CHG del MCP y seleccionar la velocidad deseada. El modo LVL CHG no tiene en cuenta el perfil vertical ni las restricciones cargadas en el FMC.

A las 08:44:49 h, el controlador preguntó a la tripulación de la aeronave EI-EVR si estaban procediendo al punto TOLSU y a FL090. La tripulación de la aeronave EI-EVR respondió afirmativamente.

A las 08:46:26 h (ver ④ en la figura 1), el controlador instruyó a la tripulación de la aeronave EI-EVR a descender a FL080. La tripulación de la aeronave EI-EVR colacionó correctamente. En la ventanilla de altitud del MCP se seleccionaron 8000 ft, pero la aeronave continuó manteniendo FL090. El modo vertical del AFDS era ALT HOLD[16].

A las 08:47:26 h (ver ⑤ en la figura 1), mientras la aeronave mantenía FL090, el controlador les instruyó a volar en rumbo 300º, descender a FL080 y contactar con el sector de aproximación final en la frecuencia 123,855 MHz (Sector LEMGASM). La tripulación de la aeronave EI-EVR no colacionó, por lo que el controlador les preguntó si habían recibido el mensaje. La tripulación de la aeronave EI-EVR colacionó que viraban a la izquierda a rumbo 300º, descendían a FL070 y solicitó que les confirmase la frecuencia. A las 08:47:52 h la tripulación de la aeronave seleccionó el modo horizontal HDG SEL para virar por su izquierda a rumbo 300º. En la ventanilla de altitud del MCP se seleccionaron 7000 ft.

El controlador les volvió a instruir a FL080 y les confirmó de nuevo la frecuencia. La tripulación de la aeronave EI-EVR colacionó correctamente. En la ventanilla de altitud del MCP la tripulación de la aeronave seleccionó nuevamente 8000 ft y también el modo vertical LVL CHG en el MCP. La aeronave comenzó el descenso hacia FL080.

A las 08:48:44 h, el controlador de LEMGASM preguntó a la tripulación de la aeronave EI-EVR sí estaban en su frecuencia. A lo que la tripulación de esta aeronave respondió afirmativamente y que estaban alcanzando FL080 en rumbo 300º. El controlador respondió que continuaran como autorizado.

A las 08:49:05 h, cuando la aeronave capturó el nivel de vuelo seleccionado (FL080), el modo vertical del AFDS cambió a ALT HOLD.

A las 08:51:09 h (ver ⑥ en la figura 1), el controlador instruyó a la aeronave EI-EVR a volar en rumbo 270º. La tripulación de la aeronave EI-EVR colacionó correctamente.

A las 08:51:17 h la tripulación de la aeronave seleccionó rumbo 270º en la ventanilla de rumbo del MCP y la aeronave comenzó a virar a rumbo 270º.

A las 08:52:50 h (ver ⑦ en la figura 1), la tripulación de la aeronave EI-EVR informó a ATC que estaban con el combustible bajo y que su intención era aterrizar en el aeropuerto de Málaga empleando los siguientes términos *“RYR93SM, we are running low on fuel now, we are committed to Málaga”.* El controlador acusó recibo, les informó que serían número 6 para la aproximación y que les avisaría en 12 millas para virar. La tripulación de la aeronave

[16] En el modo ALT HOLD, el AFDS ordena mantener la altitud seleccionada en la ventanilla de altitud del MCP. Para iniciar un descenso a una altitud inferior se debe seleccionar la nueva altitud en la ventanilla de altitud del MCP y seleccionar el modo de descenso apropiado.

EI-EVR respondió que requerían prioridad para la aproximación en los siguientes términos: "*Requesting priority approach, RYR93SM"*. El controlador acusó recibo a las 08:53:08 h.

A las 08:53:14 h la cantidad de combustible a bordo era de 1973 Kg.

A las 08:54:25 h (ver ⑧ en la figura 1) el controlador instruyó a la tripulación de la aeronave EI-EVR a descender a 6000 ft con QNH 1012 hPa y reducir la velocidad a 210 KIAS. La tripulación de vuelo colacionó correctamente.

A las 08:54:32 h la tripulación de la aeronave seleccionó 6000 ft en la ventanilla de altitud del MCP y el modo vertical LVL CHG en el MCP. La aeronave inició un descenso hacia 6000 ft reduciendo la velocidad.

Aproximación ILS Z 12 desde el punto NEPUR

A las 08:55:13 h (ver ⑨ en la figura 1), el controlador instruyó a la tripulación de la aeronave EI-EVR a virar por su izquierda al punto NEPUR y desde dicho punto les autorizó a la aproximación ILS Z a la pista 12. La tripulación de vuelo colacionó correctamente y la aeronave comenzó a virar por la izquierda hacia el punto NEPUR empleando el modo lateral HDG SEL del AFDS.

A las 08:56:14 h, la tripulación de la aeronave preguntó al controlador si estaban autorizados a la aproximación ILS Z a la pista 12, en ese momento la aeronave descendía a través de 6800 ft. Ante la falta de respuesta por parte de control, volvieron a preguntar lo mismo. En este caso el controlador, a las 08:56:34 h, respondió afirmativamente. A continuación, a las 08:56:41 h (ver ⑩ en la figura 1), seleccionaron 4800 ft en la ventanilla de altitud del MCP.

A las 08:57:05 h (ver ⑪ en la figura 1), la aeronave descendió por debajo de la altitud autorizada (que era de 6000 ft).

A las 08:57:43 h la aeronave sigue descendiendo a través de 5400 ft en una zona en la que la altitud mínima de guía vectorial (MVA) era de 5500 ft.

A las 08:57:53 h (ver ⑫ en la figura 1) en descenso a través de 5169 ft la tripulación de la aeronave seleccionó 3200 ft en la ventanilla de altitud del MCP. En este sentido, el copiloto declaró posteriormente que recordaba haber solicitado confirmación al comandante para descender a 3200 ft, recibiendo respuesta afirmativa por parte de éste.

A las 08:58:35 h (ver ⑬ en la figura 1), en descenso a través de 4554 ft, la tripulación de la aeronave inició un viraje a su derecha (con el modo lateral HDG SEL del AFDS seleccionado) cuando se encontraban próximos al punto NEPUR para terminar situándose con rumbo 148º en paralelo al radial 148 del VOR/DME MAR, aproximadamente 1,5 NM al oeste. La cantidad de combustible a bordo era de 1796 kg.

A las 08:59:06 h la aeronave descendía a través de 4107 ft con rumbo 148º paralelo al radial 148 del VOR/DME MAR.

A las 08:59:23 h la aeronave sigue descendiendo a través de 3900 ft en una zona en la que la MVA era de 5700 ft.

A las 08:59:39 h, mientras continuaban descendiendo a través de 3543 ft, la cantidad de combustible a bordo era de 1778 kg, y la altura de radio altímetro era de 2488 ft.

A las 8:59:48 h se activó el aviso CAUTION TERRAIN.

A las 8:59:58 h (ver ⑭ en la figura 1) se activaron los avisos TERRAIN, TERRAIN, PULL UP junto a la desconexión del piloto automático y la aeronave comenzó a ascender. La menor altitud barométrica registrada fue de 3235 ft. La altitud mínima de radio altímetro registrada fue de 1065 ft a las 09:00:12 h, ya en ascenso a través de 3343 ft a 18,5 NM de LEMG en una zona en la que la MVA era de 5800 ft.

A las 09:00:26 h la tripulación de la aeronave seleccionó 4800 ft en la ventanilla de altitud del MCP.

A las 09:01:04 h (ver ⑮ en la figura 1) la aeronave alcanzó 4260 ft con rumbo 148º. La aeronave se mantuvo a 4300 ft hasta que a las 09:01:35 h interceptó el localizador de la pista 12 aproximadamente a 14,5 NM del umbral de esta. El piloto automático permaneció desconectado.

A las 09:03:02 h, el controlador transfirió la aeronave EI-EVR a la frecuencia de la torre de control de LEMG y la tripulación de la aeronave colacionó correctamente. Esta fue la siguiente comunicación recibida por la aeronave desde ATC desde la anterior a las 08:56:34 h, cuando la aeronave se encontraba por encima de los 6000 ft a los que estaba autorizada a descender. Es decir, entre estas dos comunicaciones consecutivas transcurrieron 6 minutos y 28 segundos, y fue durante prácticamente todo ese tiempo (desde las 08:57:05 h) cuando la aeronave estuvo volando por debajo de la altitud autorizada y (desde las 08:57:43 h) por debajo de las MVA correspondientes.

Por parte de la dependencia de control aéreo no hubo ninguna comunicación hacia la aeronave advirtiendo a su tripulación que estaban volando por debajo de la altitud autorizada ni tampoco por debajo de las MVA correspondientes.

A las 09:03:19 h, la tripulación de la aeronave EI-EVR contactó con la torre de control de LEMG e informó que estaban completamente establecidos en el ILS de la pista 12. El controlador les informó que continuarán con su aproximación. Posteriormente, la aeronave EI-EVR fue autorizada a aterrizar en la pista 12, e inmediatamente su tripulación colacionó correctamente.

A las 09:06:44 h la aeronave aterrizó en la pista 12 y unos segundos después, a las 09:07:07 h, la cantidad de combustible a bordo registrada fue de 1556 kg.

1.10. Información de aeródromo

El aeropuerto de Málaga-Costa del Sol (LEMG) está situado 8 km al suroeste de la ciudad de Málaga. Dispone de 2 pistas, una de ellas designada como 12-30 de 2750 m de longitud y otra como 13-31 de 3200 m de longitud, ambas de 45 m de anchura. Se encuentra a una elevación de 52 ft (16 m).

En el momento del incidente el aeropuerto se encontraba operando con la pista 13 para salidas y la 12 para arribadas.

1.11. Registradores de vuelo

En esta investigación no se pudo disponer de los registradores de vuelo de la aeronave debido a que cuando se inició la investigación, éstos ya no contenían grabados los datos del vuelo del incidente pues la tripulación de vuelo no los preservó tras el incidente.

En particular, en el Manual de Operaciones del operador, parte A, capitulo 11, en el apartado 11.7.5 “List of Mandatory Occurrence Reporting Requiring CVR Retention” se indica la obligatoriedad de conservar los datos del registrador de la voz en el punto de pilotaje (CVR) después de un incidente relativo a un aviso GPWS PULL UP, aviso que se dio en este incidente y sin embargo no fueron conservados los datos del CVR.

No obstante, se ha podido disponer de los registros de parámetros de vuelo grabados en el QAR, y de las grabaciones de audio con el centro de control. Asimismo, se pudo tener acceso a las trazas radar. Toda esta información se analizó y su contenido de interés ha sido integrado en el apartado 1.9.

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

No aplica.

1.13. Información médica y patológica

No aplica.

1.14. Incendio

No hubo incendio.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

No aplica.

1.16. Ensayos e investigaciones especiales

1.16.1. Planificación y gestión del combustible

Cálculo del combustible necesario para el vuelo

El operador, de acuerdo con el requisito EASA CAT.OP.MPA.150[17], realizó el siguiente cálculo de combustible durante el despacho del vuelo:

FUEL (BIAS P03.0)	ARPT	FUEL (KGS)	TIME (HHMM)
TRIP FUEL		5790	0225
CONT 5%		290	0007
ALTN	SVQ	1026	0022
FINRES		1119	0030
PLANNED T/OFF FUEL		8225	0324
ATC		36	0001
T/OFF FUEL		8261	0326
TAXI		195	0015
BLOCK		8456	0326
PIC EXTRA		184	
TOTAL FUEL		8640	

Fig. 5 Extracto del plan de vuelo operacional en el que figura el cálculo del combustible necesario para el mismo

Se añadieron 184 kg extra a la cantidad propuesta en el plan de vuelo operacional, lo que resultó en un monto total de 8640 kg, que les permitiría aterrizar en Málaga con 2655 kg de combustible remanente en caso de conservar la cantidad destinada para contingencias (290 kg) o 2365 kg en caso de hacer uso de ella.

El combustible necesario para proceder al aeropuerto alternativo de destino (Sevilla, SVQ) y aterrizar con el combustible de reserva final era de 2145 kg.

Gestión del combustible en vuelo

De acuerdo con la documentación aportada por el operador de la aeronave tras el vuelo, durante la ruta el consumo de combustible fue el esperado, a pesar de que inicialmente (por razones de tráfico) se mantuvo FL360 en lugar del FL370 planificado, para posteriormente ascender a FL370.

El comandante, en su declaración tras el incidente, señaló que la previsión de combustible al aterrizar era, en números redondos, de 2400 kg y el del combustible mínimo al alternativo era de 2200 kg: una diferencia de 200 kg de modo que en caso de frustrar la aproximación emplearían parte del monto destinado a proceder al alternativo de destino (Sevilla), para volver a realizar la aproximación en Málaga, dada la excelente meteorología y la posibilidad de contar con varias pistas.

[17] Reglamento (UE) No 965/2012 de la comisión de 5 de octubre de 2012.

Instantes antes de realizar la frustrada, la cantidad de combustible a bordo era de 2703 kg, 558 kg por encima del combustible necesario para desviarse al alternativo Sevilla.

Cuando la tripulación de la aeronave EI-EVR estaba recibiendo vectores radar para una nueva aproximación, y preocupados por la cantidad de combustible a bordo (que era de 1973 kg), decidieron declarar mínimo de combustible, aunque no emplearon la fraseología estándar definida para ello.

La aeronave aterrizó finalmente con 1556 kg de combustible a bordo, es decir, 437 kg por encima del combustible de reserva final calculado, que eran 1119 kg.

Desde que se inició la aproximación frustrada hasta que la aeronave aterrizó tras la segunda aproximación, transcurrieron aproximadamente 29 minutos con un consumo asociado de 1100 kg.

1.16.2. Información en relación con el mensaje de error del FMC

Durante la investigación se consultó al operador acerca de las dificultades que tuvo la tripulación de vuelo para activar una segunda aproximación ILS a la pista 12 de Málaga tras la primera aproximación frustrada. El operador consideró como probable que:

- *Al realizar la aproximación frustrada, la lógica del FMC pasó a la fase de aproximación frustrada (Go Around) cuya altitud estaba limitada a 2200 ft.*
- *La aeronave ascendió a FL090. Sin embargo, no fue posible determinar si este dato se llegó a introducir en la página de crucero del FMC. De no haber sido así, el FMC pudo haber permanecido a 2200 ft.*
- *Una nueva aproximación vía TOLSU requería que la aeronave estuviera a FL070 o superior en este punto del recorrido.*
- *Como el FMC creía que estaba a 2200 ft no podría cumplir con la restricción de FL070 o superior en TOLSU, dando lugar al mensaje de error relatado por la tripulación ALT CONSTRAINT TOLSU.*
- *Un nivel de crucero actualizado de FL090 podría haber evitado este mensaje en la CDU.*

1.17. Información organizativa y de dirección

No aplicable.

1.18. Información adicional

1.18.1. Procedimiento de gestión del combustible en vuelo del operador

El Manual de Operaciones del operador en la parte A (OM-A), apartado 8.3.7.1, detalla los procedimientos de comprobación y gestión del combustible en vuelo del que se muestra un extracto traducido:

Sujeto a la evaluación de la certeza razonable del aterrizaje, se permite al comandante usar el combustible al aeropuerto alternativo para continuar hacia el aeropuerto de destino, (incluyendo la posible espera), para aterrizar allí con no menos del combustible de reserva final. Normalmente se utiliza cuando el comandante decide que puede lograrse en el aeropuerto de destino un aterrizaje seguro, con no menos del combustible de reserva final restante. El comandante toma esta decisión después de tener en cuenta el tráfico y las condiciones operativas prevalecientes en el aeropuerto de destino y en los aeropuertos alternativos de destino. En la práctica, este análisis en vuelo simplemente permite al comandante convertir el combustible originalmente asignado para un desvío a un aeropuerto alternativo en combustible para continuar hacia el destino.

Por otro lado, el mismo manual del operador en la parte A, apartado 8.3.7.6, recoge la declaración de combustible mínimo (*mínimum fuel*) del que se muestra un extracto traducido:

El piloto al mando informará a ATC de un estado de combustible mínimo declarando "ATC, MINIMUM FUEL, RYR 123" cuando, habiéndose comprometido a aterrizar en un aeródromo específico, calcule que cualquier cambio en la autorización existente[18] a ese aeródromo puede resultar en un aterrizaje con menos combustible de reserva final del previsto.

Nota 1: La declaración de MINIMUM FUEL informa al ATC que todas las opciones de aeródromo previstas se han reducido a un aeródromo específico de aterrizaje previsto y que cualquier cambio en la autorización existente puede dar lugar a un aterrizaje con menos combustible de reserva final del previsto. No se trata de una situación de emergencia, sino de una indicación de que es posible que se produzca una situación de emergencia si se produce algún retraso adicional.

Nota 2: Debe tenerse en cuenta que los pilotos no deben esperar ningún tipo de tratamiento prioritario como resultado de una declaración de "MINIMUM FUEL". No obstante, ATC informará a la tripulación de vuelo de cualquier retraso adicional previsto y coordinará la transferencia del control del avión para garantizar que otras unidades ATC conozcan el estado del combustible del vuelo. Es importante señalar que un elemento común en todos los escenarios es que cada vez que se declara MINIMUM FUEL, el comandante ya se ha comprometido a aterrizar en un aeródromo específico y le preocupa que pueda producirse un aterrizaje con menos combustible de reserva final en los depósitos.

1.18.2. Procedimientos de respuesta del operador a los avisos GPWS

La QRH (Quick Reference Handbook) del operador en el apartado “Maneuvers - Non Normal Maneuvers” GPWS explica que en el caso de recibir un aviso “CAUTION TERRAIN” los pilotos deben ajustar la trayectoria de la aeronave para separarse del terreno y en el

[18] Previamente el comandante solicitará información sobre demoras al ATC (OM-A 8.3.7.6).

caso del aviso “TERRAIN, TERRAIN, PULL UP”, deben desconectar el piloto y los gases automáticos, aplicando máxima potencia y comenzando un ascenso lo más pronunciado posible para evitar el terreno.[19]

El propio procedimiento puntualiza que si se produce una alerta GPWS Caution (como el aviso “CAUTION TERRAIN”) cuando se vuela de día en condiciones VMC y se hace una verificación visual positiva de que no existe un peligro por obstáculo o terreno, la alerta puede considerarse como una advertencia y continuar la aproximación. Sin embargo, el operador considera que la maniobra de “escape del terreno” se debe ejecutar inmediatamente y sin discusión al recibir cualquier alerta GPWS PULL UP independientemente de las condiciones del vuelo o la configuración del avión.

El comandante indicó en su declaración tras el incidente que, siendo consciente de los procedimientos anteriormente descritos y de las posibles consecuencias, decidió coger los mandos en manual e iniciar un ascenso para volver a 4800 ft (aunque finalmente se detuvo a 4300 ft) en lugar de realizar una maniobra de “escape del terreno” ya que, si la aproximación se interrumpía, la cantidad de combustible podría convertirse en una situación de peligro real y no se podría haber garantizado un aterrizaje seguro. En su declaración añadió que el hecho de estar en contacto visual con el terreno, así como la cantidad de combustible fueron las razones que contribuyeron a tomar esta decisión.

1.18.3. Distribución de tareas PF/PM

En operación normal, en líneas generales, el FCOM[20] del Boeing 737-700/800 explica que el PF es responsable del control de la trayectoria de vuelo, del control de la velocidad, de la configuración del avión y de la navegación. Por otro lado, el PM es responsable de la lectura de listas de chequeo, de las comunicaciones y de las tareas solicitadas por el PF.

Durante la fase de preparación del descenso y la aproximación, el FCOM[21] explica que el PF debe entregar el control del avión al PM para poder preparar la aproximación en el FMC, incluyendo la selección de la llegada y la aproximación.

1.18.4. Respecto a las altitudes mínimas de vuelo y la concienciación con la altitud de vuelo (Altitude awareness)

El Manual de Operaciones parte A del operador incluye el apartado 8.1.1 Altitudes mínimas de vuelo, del que se muestra un extracto traducido:

> *Las tripulaciones de vuelo de Ryanair no volarán por debajo de las altitudes mínimas excepto cuando sea necesario para el despegue o el aterrizaje o bien en el descenso de acuerdo con los procedimientos aprobados por la IAA.*

[19] El procedimiento completo se puede consultar en el anexo 5.1.

[20] Normal procedures – Introduction.

[21] Normal procedures – Amplified Procedures- Cruise - Descent Procedure Pilot Flying and Pilot Monitoring.

El mismo manual aborda más adelante, en el apartado 8.3.0.2.4, la concienciación con la altitud de vuelo (altitude awareness), del que también se muestra un extracto traducido:

> *La concienciación con la altitud (altitude awareness) se consigue mediante la atención activa de la tripulación de vuelo. Esta concienciación, junto con una monitorización continua asociada, es el principal medio para garantizar que se respetan las altitudes autorizadas y que no se infringen dichas autorizaciones.*

1.18.5. Medidas adoptadas por el operador aéreo Ryanair tras el incidente

El operador realizó una investigación interna del incidente y propuso como medida mitigadora proporcionar entrenamiento adicional a esta tripulación de vuelo.

1.18.6. Información adicional de ATC

- La Publicación de Información Aeronáutica (AIP) de España recoge la Carta de Altitud Mínima de Vigilancia ATC-OACI para el aeropuerto de Málaga-Costa del Sol en vigor en la fecha del incidente.

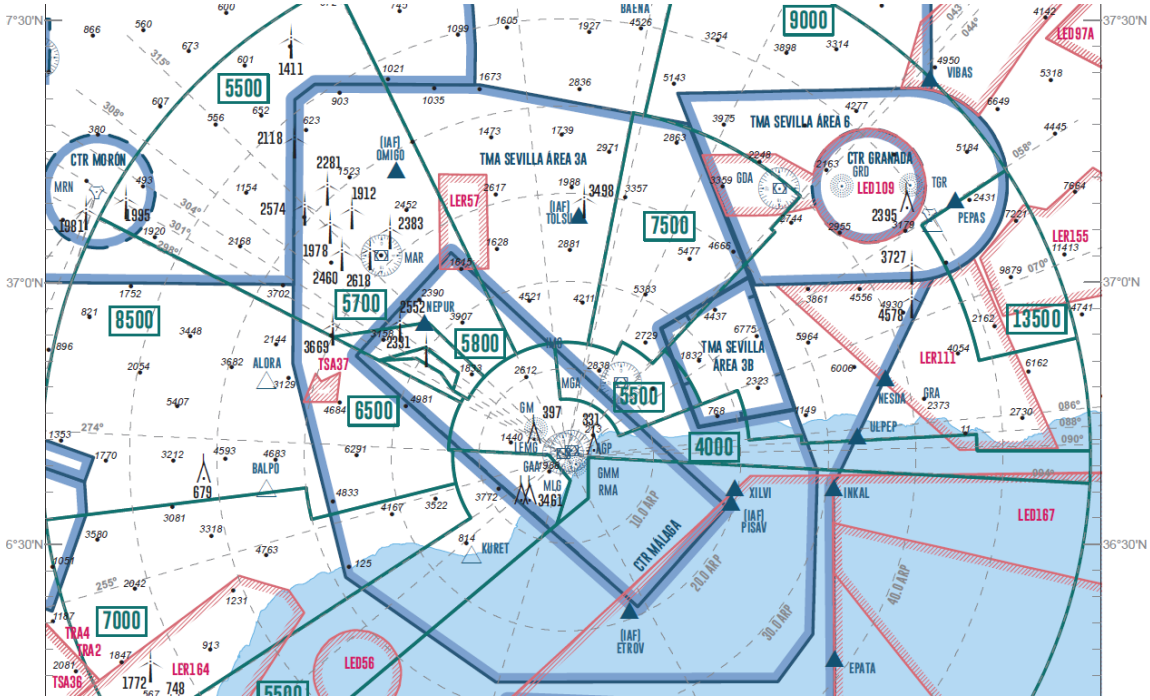


Fig.6: Extracto de interés de la carta de Altitud Mínima de Vigilancia ATC-OACI del aeropuerto de Málaga-Costa de Sol

- En el *Reglamento de Circulación Aérea*[22] establece lo siguiente:
  4.2.1.2 "Entre los objetivos del control de tránsito aéreo, según lo prescrito en el Libro Tercero, no se incluye prevenir colisiones con el terreno. Por lo tanto, los procedimientos prescritos en este Libro no eximen al piloto de su responsabilidad

[22] Real Decreto 1180/2018, de 21 de septiembre, por el que se modifica el RD 57/2002, de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Circulación Aérea

de cerciorarse de que cualquier autorización expedida por las dependencias de control de tránsito aéreo ofrecen seguridad a este respecto, excepto cuando un vuelo IFR recibe guía vectorial radar o se le da una ruta directa que desvía a la aeronave de una ruta ATS, para lo cual se aplican los procedimientos que figuran en el Capítulo 6, apartado 4.6.6.5.2".

- En el *Reglamento de Circulación Aérea* establece lo siguiente:
  4.6.6.5.2. "Cuando el controlador esté proporcionando guía vectorial a un vuelo IFR, o dándole una ruta directa que desvía a la aeronave de una ruta ATS, lo hará de modo que el margen de franqueamiento de obstáculos se cumplimente en todo momento, hasta que la aeronave llegue a un punto en que el piloto reanude su propia navegación. Siempre que sea necesario en la altitud mínima para guía vectorial se incluirá una corrección para tener en cuenta el efecto de bajas temperaturas. No obstante, los procedimientos suplementarios regionales (Doc. 7030) de OACI contemplan procedimientos aplicables a la región EUR a los no se aplica la excepción prevista en este apartado".

- En el *Reglamento de Circulación Aérea* establece la siguiente fraseología:
  1.1.3. Combustible mínimo

…indicación de combustible mínimo	
*a) COMBUSTIBLE MÍNIMO;	*a) MINIMUM FUEL;
b) RECIBIDO [NO SE PREVÉ DEMORA o PREVEA (información sobre la demora)].	b) ROGER [NO DELAY EXPECTED or EXPECT (delay information)].
*Indica una transmisión del piloto.	* Denotes pilot transmission.

- A finales de junio de 2021 se implementó en la dependencia la funcionalidad de Alerta de Mínimos / Advertencia de Altitud Mínima de Seguridad (AM / MSAW). Dichas alertas están inhibidas en las cercanías del Aeropuerto de Málaga-Costa del Sol, concretamente está establecido un cilindro centrado en el ARP del citado aeropuerto de 31 NM de radio y altitud variable dependiendo de las distintas zonas definidas, dentro del cual se establece la inhibición de las citadas alertas para aquellos tráficos que se encuentren en arribada o en despegue. El propósito de dicha inhibición es evitar que se activen alertas MSAW espurias de un tráfico en aproximación o despegue que en esos momentos se encuentra por debajo de los mínimos establecidos, por lo que en este incidente no se activó ningún tipo de alerta en la posición de control.

1.18.7. Medidas adoptadas por ENAIRE tras el incidente

El proveedor de servicios de navegación ENAIRE realizó una investigación interna del incidente, a partir de la cual propuso las siguientes acciones (en mayo de 2022) con objeto de mejorar la seguridad:

- Solicitar al AIS que se referencie el punto 15.8 DME MAR con un nombre para facilitar a las tripulaciones la identificación de dicho punto, a partir del cual se puede continuar el descenso de 4800 ft a 3200 ft en la ILS-Z RWY12.
- Advertir a los controladores de tránsito aéreo de LEMG de los desvíos y violaciones de mínimos detectadas.

- Recomendar a los controladores de tránsito aéreo de LEMG que autoricen a los tráficos a NEPUR a 6000 ft (de manera que esté por encima de mínimos en esa zona) y presten especial atención para tráficos que proceden a la maniobra después de frustrada.
- Contactar con LIDO-Jeppesen para intentar remarcar el pico 4299 que aparece en AIP y no en sus cartas.
- Contactar con LIDO- Jeppesen para remarcar información en sus cartas sobre la problemática detectada.
- Implantación de AMIN[23] en las dependencias aeroportuarias.

Un año después del incidente, ENAIRE informó que las seis primeras acciones ya habían sido implantadas, y que para la séptima (el sistema AMIN) se estimaba junio de 2025 como fecha objetivo de implantación.

Asimismo, el día 2 de noviembre de 2023 se inició un proceso de transición como parte de la implantación de un nuevo proyecto, denominado MIDAS (Málaga Improved Design of Air Space), cuyas líneas de actuación más destacadas son las siguientes:

- MIDAS emplea la precisión de navegación RNAV1 y el gestor de arribadas AMAN (Arrival MANagement) de modo que las nuevas trayectorias de llegada optimizan la secuenciación de los vuelos y están compuestas por puntos de referencia que permiten mejorar la eficiencia de la gestión del tráfico aéreo con un aprovechamiento óptimo del espacio aéreo.
- Las nuevas trayectorias de salida suponen una mejora medioambiental en emisiones, manteniendo la huella acústica.
- Las separaciones entre sucesivas aeronaves resultan más regulares y el número de comunicaciones piloto-controlador es menor, lo que simplifica la carga de trabajo de ambos actores.
- Se modifican las aproximaciones, en particular la Carta de aproximación ILS Z pista 12 de Málaga (se adjunta en el apéndice 5.3), la STAR a las pistas 12 y 13 de Málaga (se adjunta en el apéndice 5.4) y la Carta de altitud mínima de vigilancia ATC-OACI (se adjunta en el apéndice 5.5)

1.19. Técnicas de investigación especiales

No aplicable.

[23] MSAW-AMIN es la adaptación de la alerta MSAW (Advertencia de Altitud Mínima de Seguridad) en entorno de Torre de control. Es decir, es una herramienta de seguridad basada en el sistema de vigilancia ATS diseñada con el fin de advertir al controlador sobre la predicción o la violación por parte de una aeronave IFR de la altitud mínima definida. Contempla las protecciones de los procedimientos SID e IAC, incluyendo el tramo correspondiente a la frustrada.

2. ANÁLISIS

2.1. Consideraciones generales

La tripulación de la aeronave estaba en posesión de las licencias y certificados médicos válidos y en vigor para la realización del vuelo. Sus actividades previas al vuelo del incidente se consideran dentro de la norma.

La aeronave tenía toda la documentación en vigor y era aeronavegable.

Tanto el controlador ejecutivo como el planificador del sector tenían sus licencias, anotaciones de unidad y certificados médicos válidos y en vigor. Sus actividades previas al vuelo del incidente se consideran dentro de la norma.

La meteorología durante el vuelo del incidente no fue limitativa ni tuvo influencia adversa en el mismo.

2.2. Generación y resolución del conflicto

La primera aproximación terminó en frustrada, pero no se puede considerar un conflicto en sí misma. Es una situación que había sido prevista en el briefing de aproximación, no es nada anormal para los pilotos y la aeronave contaba con combustible suficiente como para desviarse al aeropuerto alternativo (Sevilla) o para realizar una segunda aproximación. La tripulación de vuelo optó por la segunda opción considerando que reunía los márgenes de seguridad necesarios (instantes antes de realizar la frustrada, la cantidad de combustible a bordo era de 2703 kg, 558 kg por encima del combustible necesario para desviarse al alternativo Sevilla, y bastante por encima del combustible que se consumió en realizar una nueva aproximación y aterrizar en LEMG, que fueron 1100 kg).

2.2.1 Cuestión del combustible

La primera contrariedad que sufrieron los pilotos ocurrió cuando la tripulación de vuelo no pudo reprogramar el FMC de la aeronave con la nueva ruta a seguir para realizar la segunda aproximación. Este hecho hizo aumentar la carga de trabajo en la cabina de vuelo. El comandante, que actuaba como PM y que estaba al cargo de las comunicaciones con ATC, se focalizó en reprogramar el FMC y al no conseguir activar la nueva aproximación y la navegación lateral, decidieron seguir la ruta en línea discontinua que presentaba el ND usando los diferentes modos del piloto automático de forma secuencial, contribuyendo al desvío sobre la ruta, explicando el viraje prematuro antes de NEPUR y el vuelo paralelo al radial 148 de MAR. A pesar de las dificultades para reprogramar el FMC, en este segmento de la aproximación no se solicitaron vectores radar a ATC.

A las 08:52:50 h (ver ⑦ en la figura 1), surgió el primer conflicto: cuando la aeronave EI-EVR mantenía FL080 y rumbo 268º a 26,5 NM al NNO de LEMG, la tripulación de la aeronave informó a LEMGASM que se estaba quedando sin combustible en los siguientes términos: *“RYR93SM, we are running low on fuel now, we are committed to Málaga”.* Seis

segundos después LEMGASM le informó que ocupaba el número 6 en la aproximación y que le llamaría en 12 NM para virar. A las 08:53:04 h la tripulación de la aeronave EI-EVR requirió prioridad en la aproximación en los siguientes términos: "*Requesting priority approach, RYR93SM*".

Esta situación presentó varias incongruencias:

- Por un lado, no era cierto que la aeronave se estuviera quedando peligrosamente sin combustible. De hecho, no se le dio prioridad de ningún tipo a esta aeronave para aterrizar en LEMG, y se siguió el orden previsto por los controladores, y sin embargo aterrizó con 1556 kg de combustible a bordo, es decir, 437 kg por encima del combustible de reserva final calculado, que eran 1119 kg.
- Por otro lado, la tripulación no empleó una fraseología estándar para declarar mínimo de combustible. Más bien expresó una opinión o una intención "*we are committed to Málaga"* y en una segunda frase "*Requesting priority approach, RYR93SM*" tampoco verbalizó una situación de emergencia que requiriera ninguna acción por parte de los controladores, como así fue.

En una segunda aproximación se puede entender que la tripulación estuviera más preocupada por la gestión del combustible, pero esta preocupación no se estaba correspondiendo con la situación descrita de estarse quedando sin combustible tal y como se verbalizó "*we are running low on fuel now"*. La cantidad de combustible remante tras el aterrizaje confirmó que no hubo nunca un peligro real de falta de combustible para realizar la segunda aproximación.

2.2.2 Cuestión de la altitud

La generación del conflicto tuvo lugar más adelante cuando la aeronave comenzó a volar por debajo de las altitudes de seguridad preceptivas de la ruta que estaba realizando.

A las 08:56:14 h, en curso al punto NEPUR y en descenso a través de 6700 ft (había sido autorizada a descender a 6000 ft a las 08:54:25 h), la tripulación de la aeronave EI-EVR pidió confirmación de la autorización a la aproximación ILS Z RWY 12 sin recibir inicialmente respuesta. Tras 15 segundos, cuando la frecuencia quedó libre, la tripulación de la aeronave EI-EVR volvió a pedir confirmación sobre la autorización y LEMGASM le confirmó que estaba autorizado. En la ventanilla de altitud del MCP se seleccionaron 4800 ft (ver ⑩ en la figura 1). Aquí sucede la primera incongruencia relativa a la altitud de vuelo: la tripulación estaba autorizada a descender a 6000 ft, y sin embargo decidió descender hacia los 4800 ft. Se considera relevante la petición de confirmación sobre la autorización, pues aunque la carga en las comunicaciones no era alta, sin embargo, la carga de trabajo percibida por los pilotos lo era (como así confirmaron en sus entrevistas).

No se han podido conocer las conversaciones entre los pilotos en la cabina de vuelo (el CVR no fue preservado tras el vuelo), y por ello no se ha podido determinar la razón por la que esta decisión fue tomada. Asimismo, en las entrevistas realizadas posteriormente tampoco se pudo dar una respuesta a esta cuestión más allá de que la carga de trabajo percibida por ambos pilotos estaba siendo alta.

En estas circunstancias, a las 08:57:05 h (ver ⑪ en la figura 1), procediendo al punto NEPUR, la aeronave EI-EVR descendió por debajo de la altitud autorizada (que era de 6000 ft). A partir de este momento la aeronave se mantuvo por debajo de la altitud autorizada por ATC.

48 segundos después, el problema, lejos de corregirse, se agravó, pues los pilotos, a las 08:57:53 h (ver ⑫ en la figura 1), en descenso a través de 5169 ft, seleccionaron 3200 ft en la ventanilla de altitud del MCP.

A las 08:58:35 h (ver ⑬ en la figura 1), cuando la aeronave EI-EVR se encontraba en descenso a través de 4554 ft antes de alcanzar el punto NEPUR, viró a su derecha antes de alcanzar el punto NEPUR y voló paralelamente al radial 148 de MAR a 1,5 NM al oeste del mismo

Según la carta de aproximación ILS Z RWY 12 de LEMG del AIP España hay que seguir el radial 148 del VOR/DME de MARTIN (MAR) para, finalmente, proceder a interceptar el localizador de la pista 12. En este radial se encuentra el punto NEPUR que se debe sobrevolar a una altitud de 4800 ft o superior y, posteriormente, descender a 3200 ft a partir de la milla 15,8 DME MAR para interceptar el localizador de la pista 12. Claramente, la aeronave EI-EVR no realizó su aproximación de esta manera.

Mientras tanto la aeronave seguía descendiendo y a las 08:59:48 h se activó el aviso CAUTION TERRAIN. El sistema GPWS avisó de la presencia del terreno a la tripulación de vuelo.

10 segundos más tarde, a las 08:59:58 h (ver ⑭ en la figura 1), se activaron los avisos TERRAIN, TERRAIN, PULL UP junto a la desconexión del piloto automático y la aeronave comenzó a ascender. La menor altitud barométrica registrada fue de 3235 ft. La altitud mínima de radio altímetro registrada fue de 1065 ft a las 09:00:12 h, ya en ascenso a través de 3343 ft a 18,5 NM de LEMG.

El comandante tomó los mandos y pasó a ocupar el rol de PF hasta el aterrizaje, y según declararon los pilotos tras el incidente las condiciones visuales durante la aproximación eran VMC y estuvieron en contacto visual con el terreno en todo momento.

El aviso del GPWS no fue corregido siguiendo el procedimiento de la compañía Ryanair para escapar del terreno. A esta decisión contribuyó que la maniobra de escape hubiera implicado una nueva aproximación y su consiguiente gasto de combustible.

Desde que la aeronave descendió de los 6000 ft a los que estaba autorizada (sucedió a las 08:57:05 h) hasta que el sistema GPWS alertó a la tripulación de su error en la altitud (sucedió a las 08:59:48 h) transcurrieron 2 minutos y 43 segundos. En todo ese tiempo la tripulación no fue consciente de su error, ni tampoco los controladores, pues no les alertaron de dicha situación anormal.

Hay que añadir que, la aeronave descendió en varias ocasiones de la altitud mínima de guía vectorial (MVA) sin que ATC advirtiera a los pilotos. Concretamente:

- A las 08:57:43 h la aeronave descendía a través de 5400 ft en una zona en la que la MVA era de 5500 ft.
- A las 08:59:23 h la aeronave sigue descendiendo a través de 3900 ft en una zona en la que la MVA era de 5700 ft.
- A las 09:00:12 h, ya en ascenso a través de 3343 ft a 18,5 NM de LEMG en una zona en la que la MVA era de 5800 ft.

Desde la comunicación entre ATC y la aeronave de las 08:56:34 h y la de las 09:03:02 h no se produjo ninguna otra comunicación. En la primera ATC reiteró la autorización a la aeronave a realizar la aproximación ILS Z a la pista 12 de LEMG (cuando estaba por encima de los 6000 ft autorizados) y en la segunda el controlador transfirió la aeronave EI-EVR a la frecuencia de la torre de control de LEMG.

Es decir, entre estas dos comunicaciones consecutivas transcurrieron 6 minutos y 28 segundos, y fue durante prácticamente todo ese tiempo (desde las 08:57:05 h) cuando la aeronave estuvo volando por debajo de la altitud autorizada y (desde las 08:57:43 h) por debajo de las MVA correspondientes.

Por parte de la dependencia de control aéreo no hubo ninguna comunicación hacia la aeronave advirtiendo a su tripulación que estaban volando por debajo de la altitud autorizada ni tampoco por debajo de las MVA correspondientes.

Finalmente, la aeronave continuó su aproximación y completó el vuelo sin nada más que destacar.

Se considera que las acciones tomadas por el operador aéreo y por el proveedor de servicios de navegación aérea tras el incidente son adecuadas para evitar que un evento de esta naturaleza se produzca de nuevo. Por este motivo no se emite ninguna recomendación de seguridad en el presente informe.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

- La aeronave EI-EVR fue autorizada a volar al punto NEPUR en su segunda aproximación y a descender a 6000 ft, y desde NEPUR a realizar la aproximación ILS Z RWY 12 al aeropuerto de Málaga (LEMG).
- La aeronave EI-EVR descendió por debajo de 6000 ft sin haber sido autorizada a ello.
- La aeronave viró a su derecha antes de alcanzar el punto NEPUR y voló paralelamente al radial 148 de MAR a 1,5 NM al oeste del mismo.
- La tripulación de la aeronave no voló correctamente la aproximación a la que fue autorizada ni en planta ni en altitud.
- La aeronave estuvo volando 2 minutos y 43 segundos por debajo de la altitud a la que estaba autorizada (y parte de ese tiempo por debajo de las MVA correspondientes también) hasta que el sistema GPWS alertó a la tripulación de su error. En todo este tiempo no recibió ninguna comunicación desde ATC.
- El combustible que llevaba a bordo la aeronave fue el necesario y suficiente para realizar el vuelo a LEMG y una segunda aproximación tras frustrar la primera.

3.2. Causas/factores contribuyentes

La investigación ha concluido que la causa del incidente fue la incorrecta ejecución por parte de la tripulación de vuelo de la aproximación al aeropuerto de Málaga (LEMG) a la que había sido autorizada.

Como factor contribuyente se encuentra el siguiente:

- La ausencia de vigilancia activa por parte de ATC para detectar que la aeronave estaba volando por debajo de la altitud autorizada en primera instancia, y posteriormente también por debajo de las altitudes mínimas de guía vectorial prescritas por las diferentes zonas por las que la aeronave voló.

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Ninguna.

5. APÉNDICE

5.1. Procedimiento de respuesta del operador a los avisos GPWS

Ground Proximity Warning System (GPWS) Response (RYR)

GPWS Caution

Accomplish the following maneuver for any of these aural alerts:

- SINK RATE
- TERRAIN
- DON'T SINK
- TOO LOW FLAPS
- TOO LOW GEAR
- TOO LOW TERRAIN
- GLIDESLOPE
- BANK ANGLE
- CAUTION TERRAIN
- CAUTION OBSTACLE
- AIRSPEED LOW (airplanes with AIRSPEED LOW aural)

Pilot Flying	Pilot Monitoring
Correct the flight path or the airplane configuration.	

The below glideslope deviation alert can be cancelled or inhibited for:

- localizer approach, day or night
- circling approach from an ILS, day or night
- when conditions require a deliberate approach below glideslope, daylight VMC only
- unreliable glideslope signal, daylight VMC only.

Note: If a terrain caution occurs when flying under daylight VMC, and positive visual verification is made that no obstacle or terrain hazard exists, the alert may be regarded as cautionary and the approach may be continued.

Note: Some aural alerts repeat.

GPWS Warning

Accomplish the following maneuver for any of these conditions:

- Activation of "PULL UP", "OBSTACLE OBSTACLE PULL UP" warning.
- Other situations resulting in unacceptable flight toward terrain.

Pilot Flying	Pilot Monitoring
• Disengage autopilot. • Disengage autothrottle. • Aggressively apply maximum thrust. • Simultaneously roll wings level and rotate to an initial pitch attitude of 20°. • Retract speedbrakes. • If terrain remains a threat, continue rotation up to the pitch limit indicator (if available) or stick shaker or initial buffet.	• Assure maximum* thrust. • Verify all needed actions have been completed and call out any omissions.
• Do not change gear or flap configuration until terrain separation is assured. • Monitor radio altimeter for sustained or increasing terrain separation. • When clear of terrain, slowly decrease pitch attitude and accelerate.	• Monitor vertical speed and altitude (radio altitude for terrain clearance and barometric altitude for a minimum safe altitude.) • Call out any trend toward terrain contact.

Note: Aft control column force increases as the airspeed decreases. In all cases, the pitch attitude that results in intermittent stick shaker or initial buffet is the upper pitch attitude limit. Flight at intermittent stick shaker may be needed to obtain a positive terrain separation. Use smooth, steady controls to avoid a pitch attitude overshoot and stall.

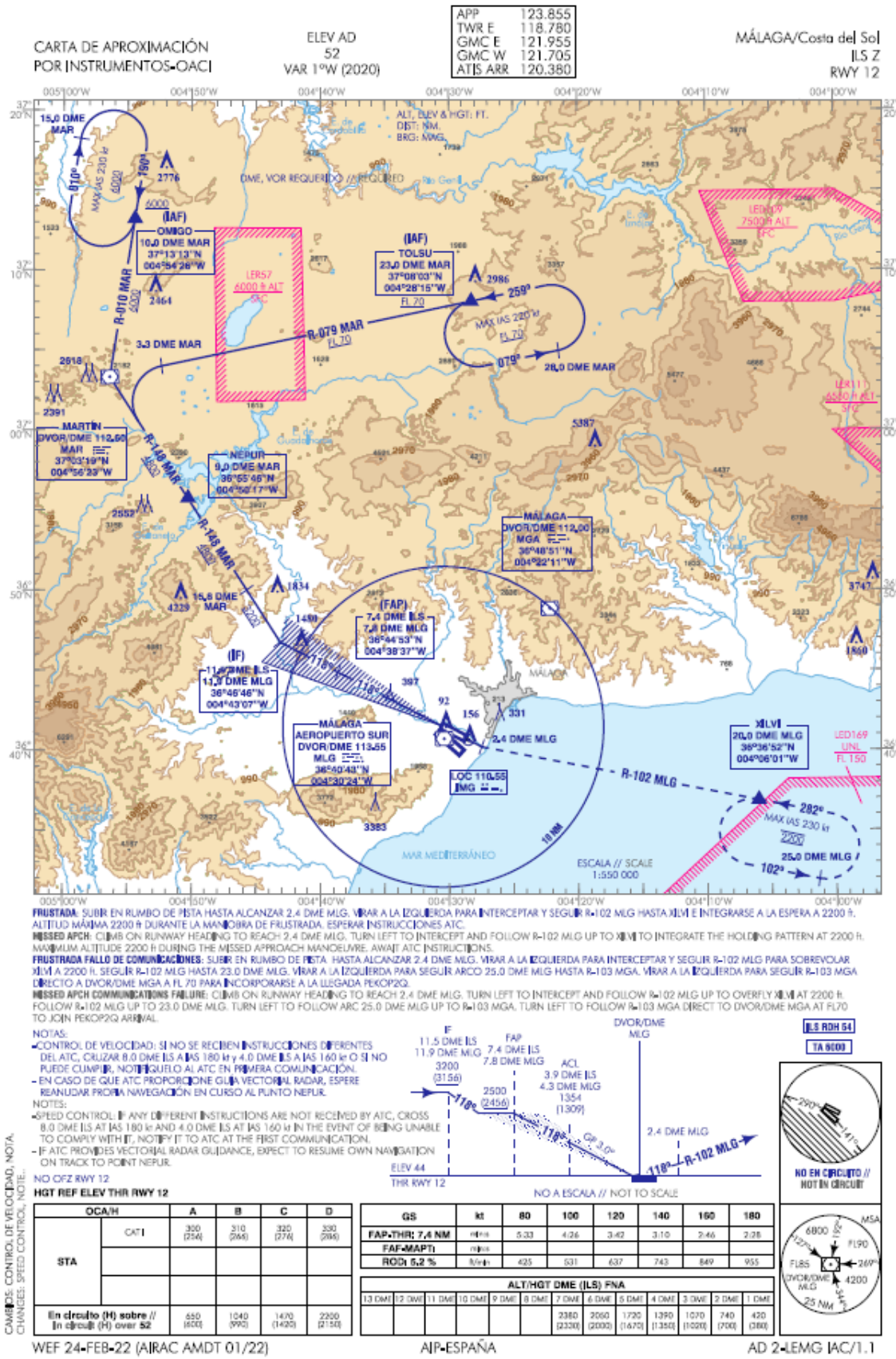
Note: Do not use flight director commands.

Note: *Maximum thrust can be obtained by advancing the thrust levers full forward if the EECs are in the normal mode. If terrain contact is imminent, advance thrust levers full forward.

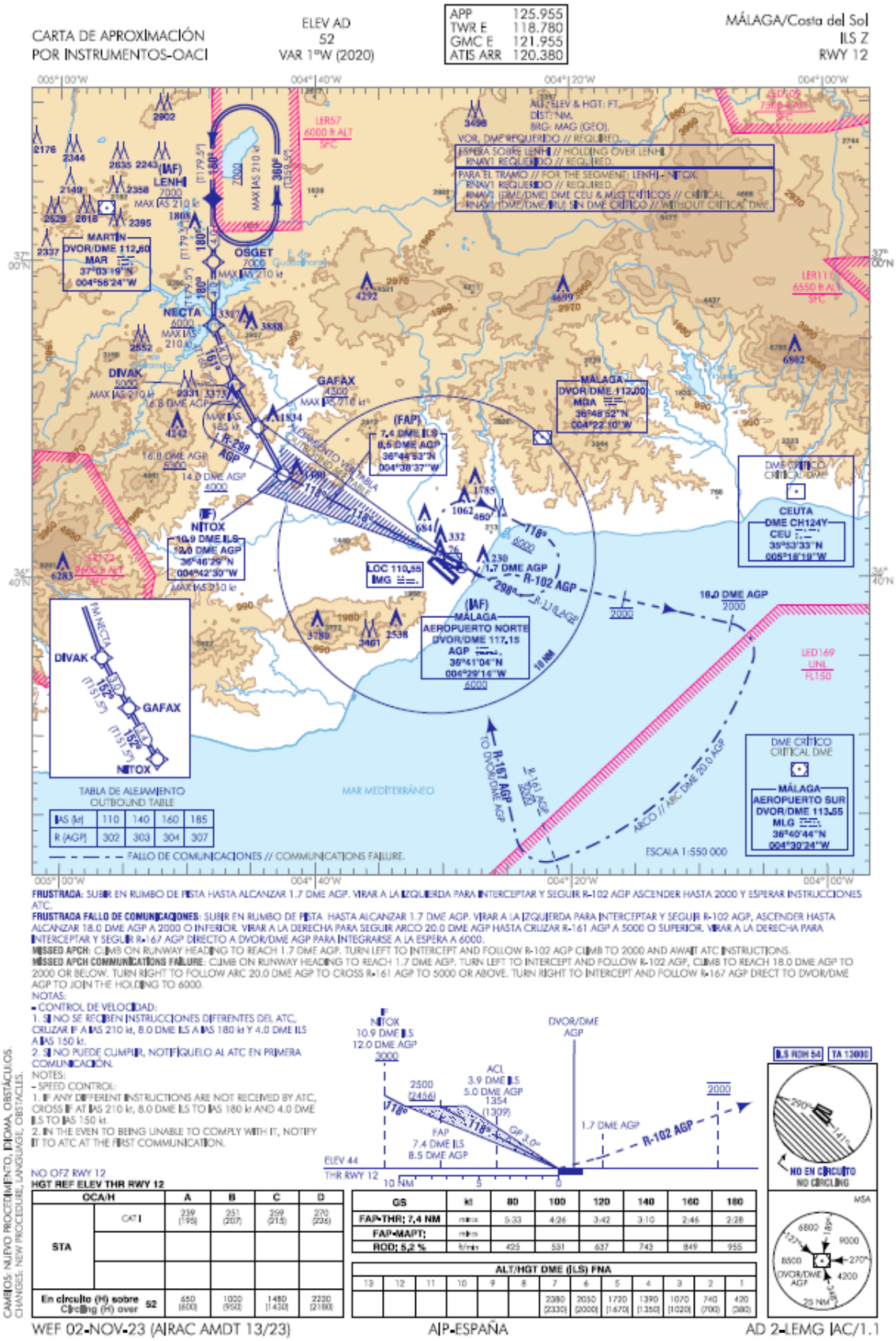
Note: The terrain escape maneuver is executed immediately** and without discussion on receipt of any EGPWS PULL UP warning regardless of inflight conditions or airplane configuration.

Note: ** Deviation from this policy needs to be approved by NPFO and where applicable included in revised Airfield Briefs or as a Crew Bulletin in the Company NOTAM section of the briefing pack.

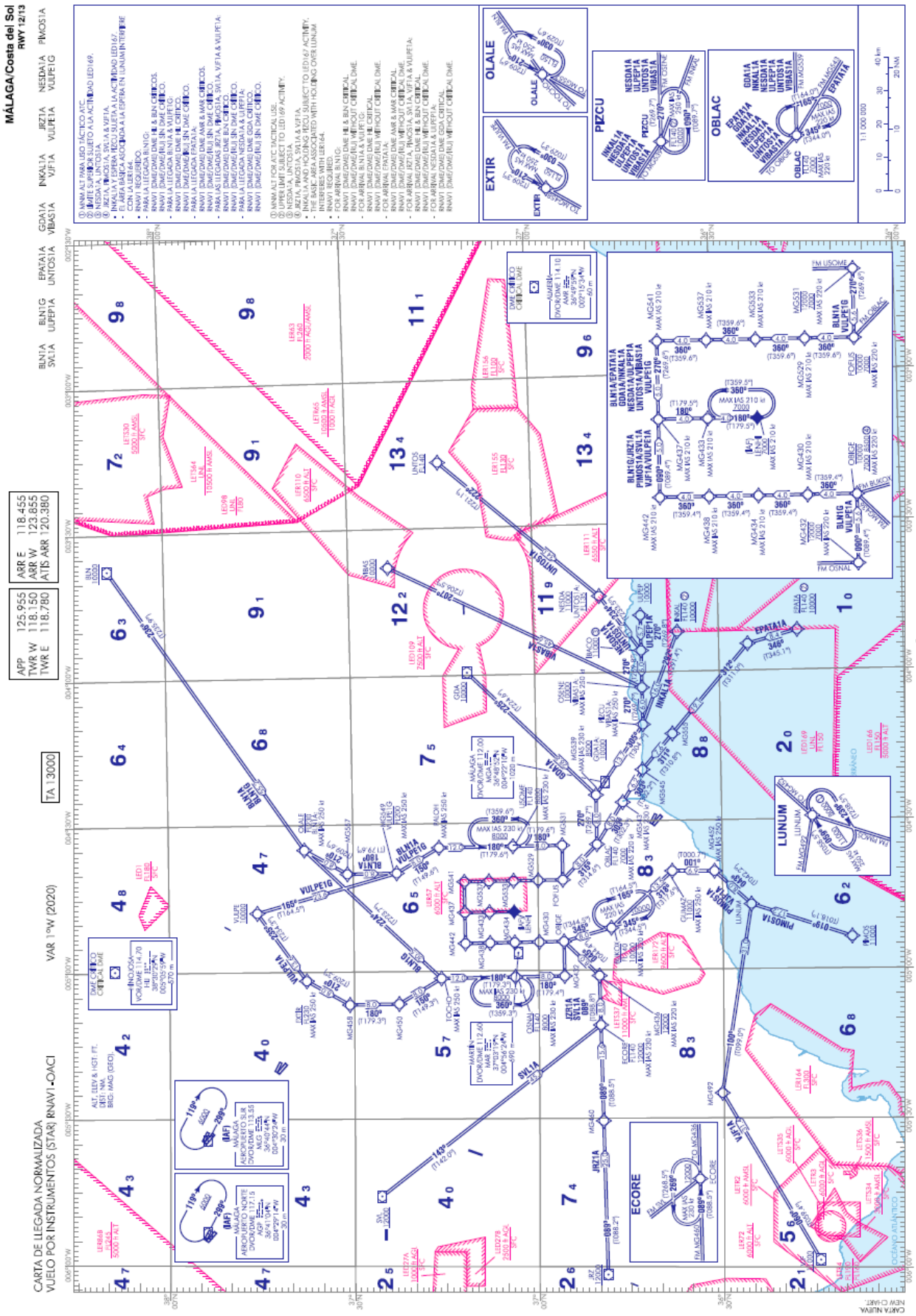
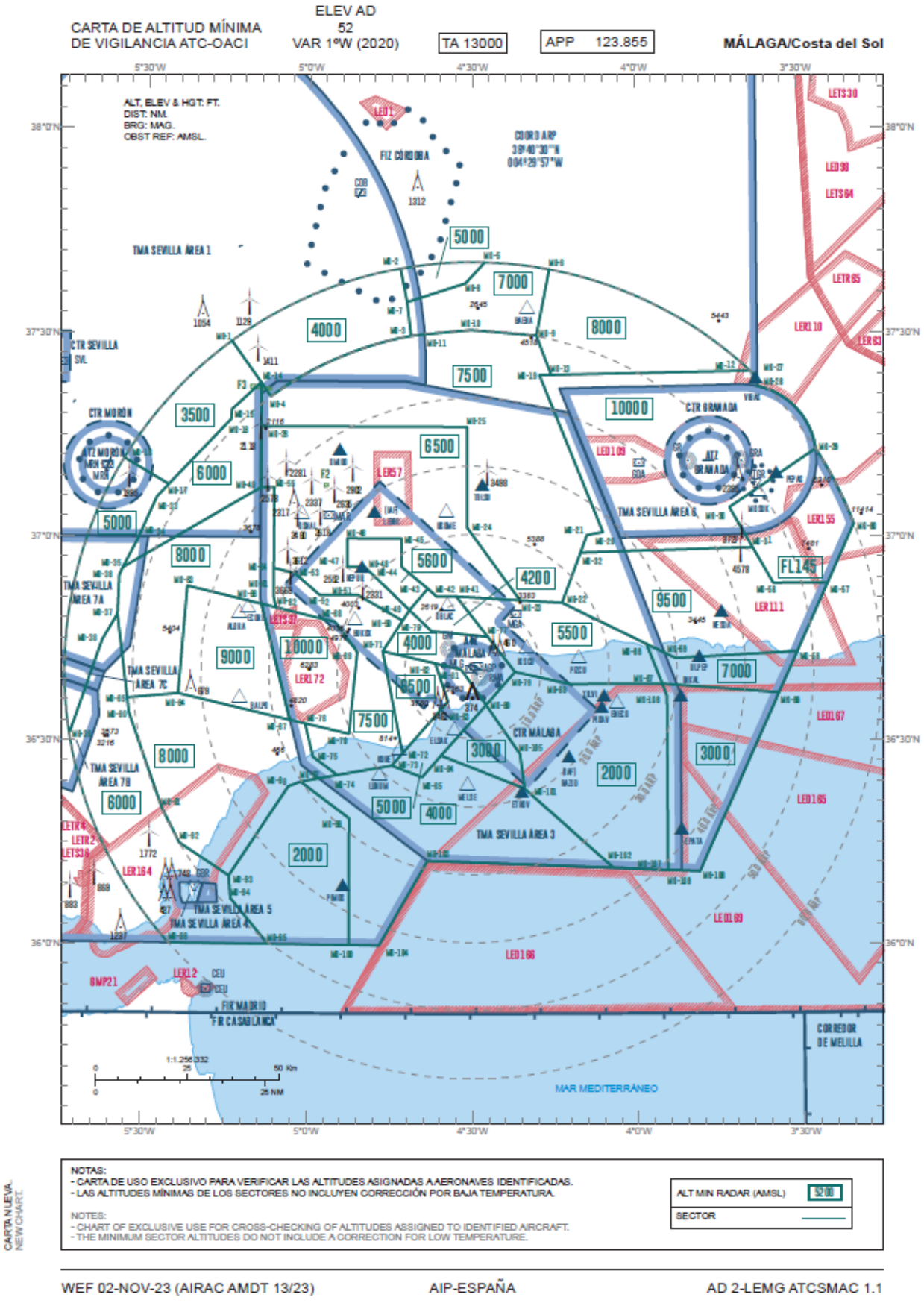
5.2. Carta de aproximación ILS Z pista 12 de Málaga (a fecha del incidente)



5.3. Carta de aproximación ILS Z pista 12 de Málaga (a fecha 02-nov-2023)



5.4. STAR a las pistas 12 y 13 de Málaga (a fecha 02-nov-2023)



5.5. Carta de altitud mínima de vigilancia ATC-OACI (a fecha 02-nov-2023)