CIAIAC

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

Informe técnico
IN-014/2019

Incidente ocurrido el día 25 de marzo de 2019, a la aeronave Boeing 737-800, matrícula G-TAWA, en el aeropuerto de Lanzarote (España)

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y AGENDA URBANA

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana ©

NIPO: 796-21-075-3

Diseño, maquetación e impresión: Centro de Publicaciones

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63 E-mail: ciaiac@mitma.es C/ Fruela, 6
Fax: +34 91 463 55 35 http://www.ciaiac.es 28011 Madrid (España)

Advertencia

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

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.5 del Reglamento (UE) 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.

Índice

Abreviaturas ... 5
Sinopsis ... 7
1. INFORMACIÓN FACTUAL ... 8
1.1. Antecedentes del vuelo ... 8
1.2. Lesiones personales ... 10
1.3. Daños a la aeronave ... 10
1.4. Otros daños ... 10
1.5. Información sobre el personal ... 10
1.6. Información sobre la aeronave ... 11
1.7. Información meteorológica ... 11
1.8. Ayudas para la navegación ... 12
1.9. Comunicaciones ... 16
1.10. Información de aeródromo ... 16
1.11. Registradores de vuelo ... 16
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto ... 18
1.13. Información médica y patológica ... 18
1.14. Incendio ... 18
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia ... 18
1.16. Ensayos e investigaciones ... 19
1.17. Información sobre organización y gestión ... 20
1.18. Información adicional ... 20
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces ... 22
2. ANÁLISIS ... 23
2.1. Análisis de la aproximación realizada por la tripulación ... 23
2.2. Análisis de los manuales de vuelo y demás material proporcionado por el operador ... 24
3. CONCLUSIONES ... 26
3.1. Constataciones ... 26
3.2. Causas/factores contribuyentes ... 26
4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL ... 27
ANEXO I: CARTA DE APROXIMACIÓN VOR A ... 28
ANEXO II: OROGRAFÍA DE LA APROXIMACIÓN A LA PISTA 21 DE LANZAROTE ... 29
ANEXO III: TRAYECTORIA DE LA AERONAVE CON LOS AVISOS EGPWS ... 30
ANEXO IV: GRÁFICA DE ALTITUDES ... 31
ANEXO V: DESCRIPCIÓN DE LAS ALERTAS EGPWS ... 32
ANEXO VI: QRH - RESPUESTA A LOS AVISOS GPWS ... 35
ANEXO VII: MANUAL DE OPERACIONES - RESPUESTA A LOS AVISOS GPWS ... 37

ANEXO VIII: FCTM – APROXIMACIÓN USANDO EL MODO V/S 38
ANEXO IX: DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DEL EGPWS..... 39
ANEXO X: GRÁFICAS DEL QAR 40

Abreviaturas

° ' "	Grado(s), minuto(s) y segundo(s) sexagesimal(es)
%	Tanto por ciento
ºC	Grado(s) centígrado(s)
AMSL	Sobre el nivel medio del mar
AOC	Certificado de explotador de servicios aéreos
ATC	Control de tránsito aéreo
ATPL(A)	Licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión
CAA	Autoridad o Administración de Aviación Civil
CAT	Categoría
CCI	Información de Compañía y Tripulación
CPL(A)	Licencia de piloto comercial de avión
DME	Equipo medidor de distancias
EGKK	Código OACI del aeropuerto de Gatwick
EGPWS	Sistema mejorado de advertencia de la proximidad del terreno
FAF	Punto de referencia de aproximación final
FCOM	Manual de operaciones de la tripulación de vuelo
FL	Nivel de vuelo
ft	Pies
ft/min	Pies/minuto
FMC	Computadora de gestión de vuelo
FO	Primer oficial
GCRR	Código OACI del aeropuerto de Lanzarote
GPWS	Sistema de advertencia de la proximidad del terreno
h	Hora(s)
hPa	Hectopascal
IAC	Carta de aproximación por instrumentos
IF	Punto de referencia de aproximación intermedia
IFR	Reglas de vuelo por instrumentos
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumentos
IR(A)	Habilitación Instrumental de avión
km	Kilómetro(s)
kt	Nudo(s)
LIFUS	Vuelo en línea bajo supervisión
LNAV	Navegación lateral
LTC	Comandante supervisor en línea
LTE	Identificación del DVOR/DME ubicado en el aeropuerto de Lanzarote
m	Metros
MAPT	Punto de aproximación frustrada
MCP	Panel de control de modos
MDA	Altitud mínima de descenso

METAR	Informe meteorológico ordinario de aeródromo (en clave meteorológica aeronáutica)
NDB	Radiofaro no direccional
NNE	Nor-nordeste
NM	Milla náutica
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
OCA/H	Altitud/Altura de franqueamiento de obstáculos
PAPI	Indicador de trayectoria de aproximación de precisión
PBN	Navegación basada en la performance
PF	Piloto a los mandos
PFD	Pantalla de presentación de los principales datos de vuelo
QAR	Registrador de acceso rápido
QRH	Manual de Referencia Rápida
RNP	Especificación para performance de navegación requerida
RWY	Pista
STAR	Llegada normalizada por instrumentos
TAF	Pronóstico de aeródromo
TAWS	Sistema de advertencia y alarma de impacto
UTC	Tiempo Universal Coordinado
VMC	Condiciones meteorológicas de vuelo visual
VOR	Radiofaro omnidireccional VHF
V/S	Velocidad vertical
VSS	Superficie del segmento visual

Sinopsis

Propietario:	Yamasa Sangyo Co Ltd
Operador:	TUI Airways Ltd
Aeronave:	Boeing 737-800, matrícula G-TAWA
Fecha y hora del incidente:	25 de marzo 2019, 13:47 h[1]
Lugar del incidente:	En el aeropuerto de Lanzarote (GCRR)
Personas a bordo:	Siete tripulantes y 181 pasajeros, ilesos
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo comercial – Regular – Internacional – De pasajeros
Fase de vuelo:	Aproximación – Aproximación final
Tipo de operación:	IFR
Fecha de aprobación:	28 de octubre del 2020

Resumen del suceso

La aeronave realizaba un vuelo desde el aeropuerto de Londres-Gatwick (EGKK) al aeropuerto de Lanzarote (GCRR).

Cuando la tripulación de vuelo efectuaba la aproximación VOR A para aterrizar en la pista 21 del aeropuerto de Lanzarote y estando la aeronave en el tramo de aproximación final, a 4,75 NM del DME LTE[2] y 1280 ft de altitud, se recibió un aviso de "PULL UP" del Sistema Avanzado de Alerta de Proximidad al Terreno (EGPWS). La tripulación de vuelo continuó el descenso en vuelo manual y la aeronave aterrizó sin novedad.

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

La investigación ha concluido que la causa de este incidente fue la realización incorrecta de la maniobra de aproximación al aeropuerto de Lanzarote.

[1] La referencia horaria utilizada en este informe es la hora local que coincide con la hora UTC.

[2] Equivalente a 4,35 NM de distancia del umbral de la pista 21. El DME LTE está desplazado aproximadamente 0,4 NM del umbral.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El 25 de marzo del 2019, la aeronave B-737-800, con matrícula G-TAWA, realizaba un vuelo desde el aeropuerto de Londres-Gatwick (EGKK) al aeropuerto de Lanzarote (GCRR), con 188 personas a bordo (dos pilotos, cinco tripulantes de cabina de pasajeros y 181 pasajeros).

El comandante era el piloto a los mandos.

A las 13:36:54 h, la aeronave era autorizada a realizar "la aproximación VOR A directa a la pista 21" del aeropuerto de Lanzarote.

Tras pasar el fijo de aproximación intermedia (IF) TUXAM, la aeronave continuó volando el procedimiento instrumental hacía el fijo de aproximación final (FAF).

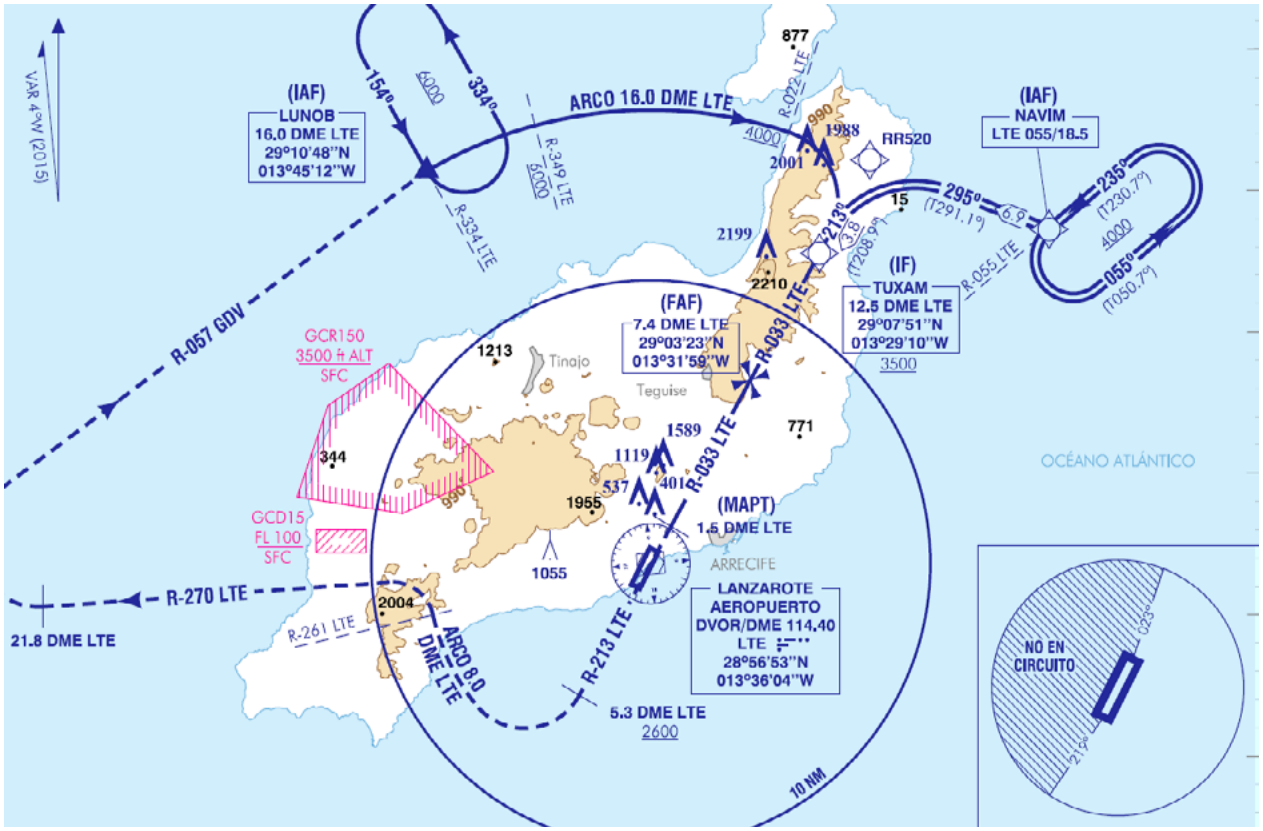


Ilustración 1: Planta de la aproximación VOR A al aeropuerto de Lanzarote

A las 13:45:00 h, a 11,75 NM del DME LTE, la aeronave ya estaba configurada para el aterrizaje con el tren de aterrizaje desplegado y los flaps a 30º y descendía a través de 3648 pies, en descenso a 2800 pies, que habían sido seleccionados en la ventanilla de altitud del MCP[3].

[3] El MCP es el panel de control de modos a través del cual el piloto ordena acciones al piloto automático. 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.

Según informó la tripulación de vuelo, cuando se encontraban en la milla 10 (es decir, a 10 NM de distancia) del DME LTE, ya tenían a la vista el terreno, los obstáculos y el entorno del aeropuerto

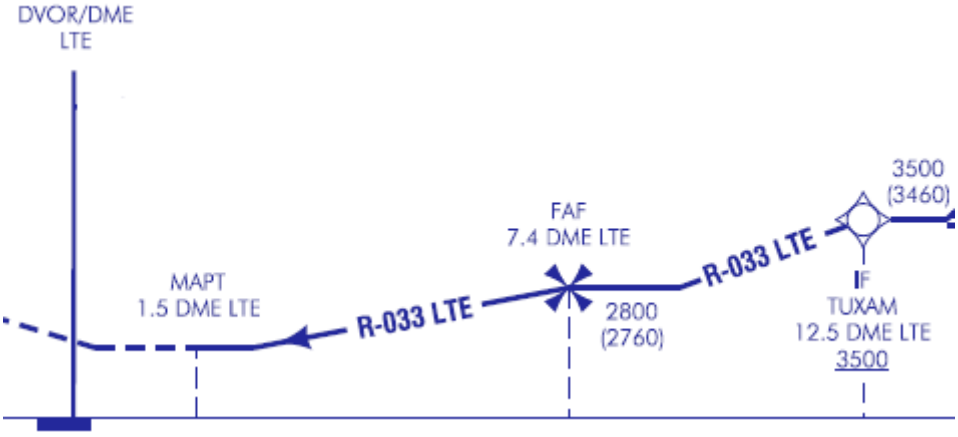


Ilustración 2: Perfil vertical de la aproximación VOR A al aeropuerto de Lanzarote

Cuando la aeronave estaba en la milla 9,5 del DME LTE y en descenso a través de 3136 pies, la tripulación de vuelo seleccionó en la ventanilla de altitud del MCP, la MDA redondeada a la centena superior 2100 pies.

Prosiguieron con la aproximación y en la milla 8,75 del DME LTE, la aeronave descendió por debajo de la altitud mínima delimitada entre el fijo de aproximación intermedia y el final, que era de 2800 pies y continuó el descenso.

Cuando la aeronave alcanzaba 2112 pies de altitud en la milla 7,5 del DME LTE, la tripulación de vuelo seleccionó 1400 pies en la ventanilla de altitud del MCP y cuando la aeronave continuaba su descenso a través de 1920 pies en la milla 6,75 del DME LTE, la tripulación de vuelo seleccionó 1000 pies en la ventanilla de altitud del MCP.

A las 13:47:27 h, cuando la aeronave se encontraba a 5,25 NM de distancia del DME LTE se activó el aviso "CAUTION TERRAIN" del sistema avanzado de alerta de proximidad al terreno (EGPWS). Posteriormente, cuando la aeronave se encontraba a 4,75 NM de distancia del DME LTE se activó además el aviso "TERRAIN, TERRAIN, PULL UP".

Habiendo identificado positivamente los obstáculos y encontrándose en condiciones VMC y con luz diurna la tripulación de vuelo continuó la aproximación. Desconectaron el piloto y los gases automáticos, la aeronave detuvo su descenso, se niveló y posteriormente retomó nuevamente el descenso siguiendo el perfil correcto. La aeronave aterrizó sin novedad en la pista 21 a las 13:49:33 h.

1.2. Lesiones personales

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales				
Lesionados graves				
Lesionados leves				
Ilesos	7[4]	181	188	No se aplica
Total	7	181	188	No se aplica

1.3. Daños a la aeronave

No hubo daños.

1.4. Otros daños

No hubo otros daños.

1.5. Información sobre el personal

1.5.1 Información sobre el piloto

El piloto, de nacionalidad británica y 43 años de edad, disponía de una licencia de piloto de transporte de línea aérea de avión -ATPL(A)- y habilitación B737 300-900/IR/PBN con validez hasta el 29 de febrero del 2020.

Disponía de un certificado médico de Clase 1 con validez hasta el 10 de agosto de 2019.

1.5.2 Información sobre el copiloto

El copiloto, de nacionalidad británica y 34 años de edad, disponía de una licencia de piloto comercial de avión -CPL(A)- emitida inicialmente el 22 de noviembre de 2011. Disponía, entre otras, de habilitación B737 300-900/IR con validez hasta el 29 de febrero del 2020.

Disponía de un certificado médico de Clase 1 con validez hasta el 1 de abril de 2020.

1.5.3 Respecto a la composición de la tripulación

El copiloto se encontraba realizando la fase de vuelos en línea bajo supervisión (LIFUS). Durante esta fase, que forma parte normal del proceso de entrenamiento de los pilotos cuando acceden a un operador, el copiloto bajo supervisión realiza todas sus tareas como copiloto bajo la tutela de un comandante supervisor en línea (LTC o *Line Training Captain*).

El comandante había sido nombrado LTC en octubre de 2008 e impartía la fase de vuelos en línea bajo supervisión al copiloto.

[4] Dos tripulantes de cabina de vuelo y cinco tripulantes de cabina de pasajeros.

1.5.4 Experiencia previa de la tripulación realizando el procedimiento instrumental VOR A en el aeropuerto de Lanzarote

El comandante declaró que previamente había realizado esa aproximación solamente una vez y que esto tuvo lugar "hace años".

1.6. Información sobre la aeronave

La aeronave Boeing 737-8K5, con matrícula G-TAWA y número de serie 37264, fue matriculada en el registro de matrículas de aeronaves del Reino Unido el 27 de abril de 2018.

Dispone de certificado de revisión de la aeronavegabilidad, expedido el 1 de mayo del 2018, con validez hasta el 30 de abril del 2019.

1.6.1 Descripción del sistema GPWS instalado en la aeronave

La aeronave G-TAWA estaba equipada con un equipo Avanzado de Alerta de Proximidad al terreno fabricado por Honeywell; en concreto, era un Honeywell MK V, con *part number* 965-1690-055. Este equipo emite, entre otros, avisos alertando a la tripulación de la cercanía del terreno con el fin de evitar colisiones con el mismo.

En los Anexos V y IX se encuentran los modos de operación de este equipo junto con las alertas sonoras y visuales que se emiten.

Durante la aproximación 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 veinte y treinta segundos antes del impacto proyectado con el terreno.

1.7. Información meteorológica

1.7.1 Situación meteorológica general

En niveles medios y altos, había una depresión aislada situada en el oeste de Canarias, con temperaturas inferiores a -20 °C en 500 hPa en su interior. El chorro delantero asociado atravesaba las islas. En la Península había una línea de deformación que separaba la circulación del nordeste en el Norte, por delante de una dorsal situada entre Francia y el mar Cantábrico, de la que había en el Sur, zonal de origen subtropical, por delante de la dorsal delantera de la depresión. En niveles bajos había un anticiclón atlántico centrado al suroeste de Irlanda que se extendía por gran parte de la Península, Mediterráneo occidental

y norte de África. Bajas presiones sobre Canarias, con varios centros secundarios entre las islas y África y un frente debilitado atravesando el archipiélago. Atmósfera estable en la Península y Baleares. En Canarias el paso del frente fue dejando precipitaciones y alguna tormenta en las islas occidentales. Levante en el Estrecho.

1.7.2 Situación meteorológica en el área del incidente (13:47 UTC)

Las condiciones en el aeropuerto de Lanzarote, de acuerdo con los METAR, en torno a la hora del incidente eran:

METAR GCRR 251230Z 20011KT 9999 FEW030 22/16 Q1008=
METAR GCRR 251300Z 21012KT 9999 FEW026 SCT035 21/15 Q1008=
METAR GCRR 251330Z 21012G25KT 170V270 9999 FEW026 SCT035 22/15 Q1008=
METAR GCRR 251400Z 21012KT 190V260 9999 FEW026 SCT035 21/15 Q1007=
METAR GCRR 251430Z 22011KT 200V260 9999 FEW030 SCT041 22/13 Q1007=

Y el pronóstico de aeródromo en vigor era:

TAF GCRR 250800Z 2509/2609 25012KT 9999 TX22/2514Z TN14/2606Z PROB40 TEMPO 2600/2609 SHRA BKN025TCU=

De las imágenes de teledetección (radar y satélite), y también de acuerdo con las previsiones incluidas en el mapa de baja cota y los vientos previstos, Lanzarote se encontraba por delante del frente activo que a la hora del incidente alcanzaba la isla de Gran Canaria. El viento soplaba del suroeste por delante del frente con alguna oscilación en dirección dentro del tercer cuadrante, con una intensidad que superaba los 10 nudos, y alguna racha como recoge el METAR de las 13:30 horas alcanzando los 25 nudos. A esta situación también contribuye la configuración orográfica del entorno. La visibilidad era buena, y la nubosidad dispersa, con una primera capa menos abundante con base a los 2600 pies y una segunda que iba aumentando, pero sin dar techo subiendo desde 3500 a 4100 pies. La nubosidad no tenía carácter convectivo, posibilidad prevista para la noche siguiente.

Por tanto, considerando estos datos, con excepción de alguna racha de viento, AEMET concluyó que no parecía que la situación meteorológica hubiese podido contribuir al incidente.

1.8. Ayudas para la navegación

1.8.1 Aproximación VOR A del aeropuerto de Lanzarote

La orografía que se sobrevuela durante la aproximación a la pista 21 del aeropuerto de Lanzarote (ver Anexo II) está caracterizada por:

a. el nivel ascendente del terreno y
b. la elevación de las formaciones volcánicas.

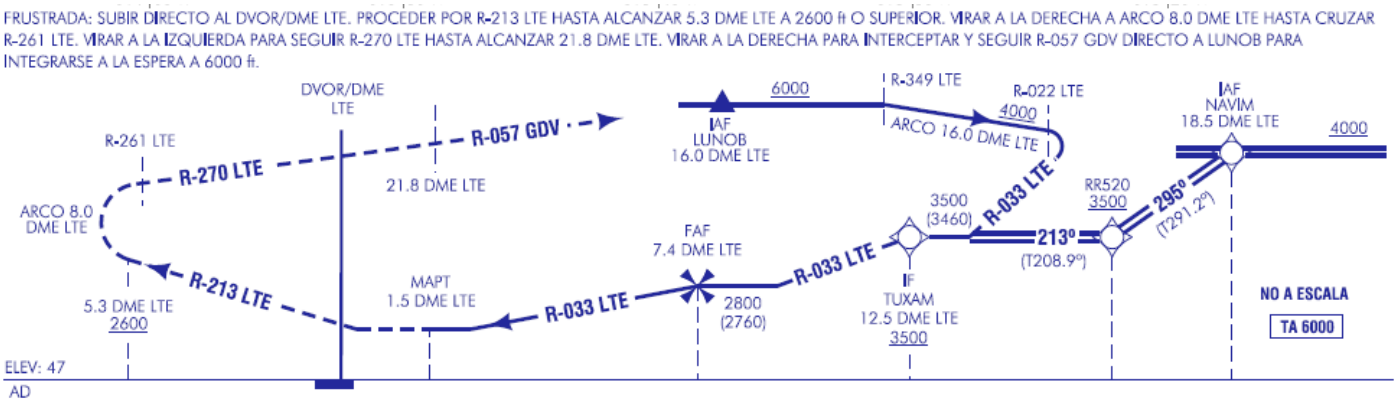
Ilustración 3: Imagen del terreno que se sobrevuela durante la aproximación VOR A (señalizada con una línea de color verde)

Debido a estos obstáculos, ENAIRE desarrolló dos procedimientos de no precisión para la aproximación a la pista 21: IAC VOR A e IAC VOR B. En el IAC VOR A (ver Anexo I), que estaba siguiendo la aeronave involucrada en el incidente, la aproximación está restringida a OCA/H de circuito por vulneración de VSS (superficie del tramo visual)[5].

[5] En los casos en que, por las características del terreno, o por otras restricciones, la alineación de la derrota de aproximación final o la pendiente de descenso quedan fuera del criterio de la aproximación directa o se produce una vulneración de la superficie del tramo visual, se especificará una aproximación en circuito. No se publica una OCA/H directa si no se cumplen los criterios de alineación de la aproximación final o de pendiente de descenso o se vulneran la superficie de tramo visual. En este caso, solo se publica OCA/H en circuito. Si en la carta solo se proporcionan mínimos en circuito, el procedimiento de aproximación se identificará mediante la última ayuda para la navegación que proporciona guía en aproximación final, seguida de una sola letra, empezando por la letra A. (Referencia OACI doc 8168 y ENAIRE)

Alcanzada la OCA/H de circuito, estando a la vista el terreno y el entorno de la pista 21, el piloto maniobra visualmente para aterrizar ya sea realizando un circuito visual o si el aterrizaje se puede completar de forma satisfactoria desde esa posición, continuando de forma directa en visual. Es habitual que tanto pilotos como controladores elijan esta segunda opción. En este caso, debido a la orografía el perfil de descenso es exigente (3,7 grados).

A continuación, se muestra el perfil vertical de la ficha de aproximación VOR A publicada en el AIP-España.



HGT REF ELEV AD

OCA/H		A	B	C	D
STA	2.5%	RESTRINGIDA A OCA/H DE CIRCUITO POR VULNERACIÓN VSS			
En circuito (H) sobre		1780 (1740)		2020 (1980)	

GS	kt	80	100	120	140	160	180
FAF-THR:	min:s						
FAF-MAPT: 5.9 NM	min:s	4:26	3:32	2:57	2:32	2:13	1:58
ROD:	ft/min						
ALT/HGT DME ( ) FNA							

13 DME	12 DME	11 DME	10 DME	9 DME	8 DME	7 DME	6 DME	5 DME	4 DME	3 DME	2 DME	1 DME

Ilustración 4: Perfil vertical de la aproximación VOR A

El piloto cuenta con la ayuda del sistema visual indicador de pendiente PAPI para facilitar el descenso final a la pista 21. Debido al desnivel que presenta el terreno tiene un ángulo de 3,7 grados[6], lo que obliga a volar una aproximación más pronunciada de lo habitual hasta el aterrizaje en la pista 21.

Durante la investigación ENAIRE explicó que se encuentra en diseño un nuevo procedimiento instrumental de aproximación, basado en navegación por performance (PBN), para aterrizar en la pista 21. Su entrada en vigor está prevista para el año 2021.

[6] El ángulo de descenso estándar de un PAPI es de tres grados.

1.8.2 Briefing del aeropuerto de Lanzarote elaborado por el operador

El operador proporciona a los pilotos en el *briefing* del aeropuerto las instrucciones para volar el procedimiento instrumental VOR A y aterrizar por la pista 21 de Lanzarote. El aeropuerto de Lanzarote está clasificado por el operador como categoría B[7]. El día del incidente era aplicable el *briefing* publicado el 7 de marzo del 2019.

En el *briefing*, el operador explica que se mantenga el descenso de acuerdo al procedimiento VOR A hasta alcanzar 2100 pies en la milla D5,6 del DME LTE[8] y recuerda que se requiere un ángulo de descenso aproximado de 3,7 grados desde la milla D7,4 del DME LTE.

Al alcanzar la MDA en la milla D5,6 del DME LTE, la aproximación se puede continuar con una maniobra visual directa siempre que se mantenga a la vista el entorno de la pista. Durante la maniobra visual se debe mantener el contacto visual con el terreno durante todo el tiempo y la senda de descenso debe estar en consonancia con la guía proporcionada por el PAPI (3,7 grados que equivale a un gradiente de descenso del 6,5%).

Si no fuera posible completar la aproximación de forma directa maniobrando visualmente, el operador explica que se mantenga la MDA en circuito hasta el punto de aproximación frustrada (MAPt) y desde allí se incorpore a un circuito visual a la izquierda para completar el aterrizaje en la pista 21. De no ser posible se iniciará la maniobra de aproximación frustrada.

El *briefing* contenía una guía orientativa de altitudes de cruce en función de la distancia al VORDME LTE para ayudar a los pilotos durante la maniobra visual directa siguiendo la senda de descenso de 3,7 grados.

1.8.3 Aproximación realizada por la tripulación

En el anexo IV se puede apreciar el descenso que realizó la aeronave desde el fijo de aproximación intermedia TUXAM (a 12,5 NM del DME LTE) hasta el aterrizaje en la pista 21.

En el mismo se puede apreciar cómo la aeronave desciende por debajo de los 2800 pies en la milla 8,75 del DME LTE, es decir 1,35 NM antes de alcanzar el FAF, alcanzando la MDA en circuito, 2020 pies, en las proximidades de la milla 7,4 del DME LTE, es decir aproximadamente 1,8 NM antes de la milla 5,6 del DME LTE, manteniéndose por debajo del perfil hasta que tras nivelar y detener el descenso se incorpora al mismo.

También se ilustran los valores que seleccionó la tripulación de vuelo en la ventanilla de altitud de la MCP a medida que se realizaba el descenso desde TUXAM hasta la pista 21.

[7] La categoría del aeropuerto indica el nivel de complejidad del aeropuerto. Se clasifican de la letra "A" a la letra "C", siendo "C" el nivel de complejidad más alto (Reglamento (EU) 965/2012 AMC1. ORO.FC.105 b(2);(c)).

[8] La milla 5,6 DME de LTE se corresponde con el punto en el que se alcanzaría la MDA volando con un ángulo de descenso aproximado de 3,7 grados desde el FAF hasta la pista 21.

1.9. Comunicaciones

Se incluye a continuación un resumen de las comunicaciones entre la tripulación y las dependencias de control de tránsito aéreo para el análisis posterior del suceso:

La aeronave había sido autorizada a descender al nivel de vuelo FL130 siguiendo la STAR TERTO4Q.

A las 13:33:30 UTC fue transferida a la frecuencia de Aproximación Canarias que posteriormente autorizó a la aeronave a volar la aproximación VOR A directa a la pista 21. La aeronave colacionó la instrucción.

A las 13:44.59 UTC el controlador de la Aproximación Canarias le indicó a la tripulación de la aeronave que contactase con la torre de control del aeropuerto de Lanzarote.

A las 13:45:33 la tripulación de vuelo comunicó con la torre de control del aeropuerto de Lanzarote y fueron autorizados a aterrizar en la pista 21.

1.10. Información de aeródromo

La aeronave se encontraba realizando la aproximación para aterrizar por la pista 21 del aeropuerto de Lanzarote, con código OACI GCRR. El aeropuerto se encuentra a 5 km al suroeste de la ciudad. Su elevación es catorce metros y dispone de una pista 03/21, cuyas dimensiones son 2400 m de largo y 45 m de ancho.

La pista 03 dispone de aproximaciones VOR, NDB, RNP e ILS, mientras que la pista 21 dispone de aproximaciones VOR. Los vientos predominantes son de dirección NNE[9], empleándose la cabecera 03 para despegues y aterrizajes la mayoría del año. Según datos facilitados por AENA, el gestor del aeropuerto de Lanzarote, el porcentaje de utilización de la pista 21 en el año 2019 fue de 3,2% en llegadas y 9,5% en salidas.

1.11. Registradores de vuelo

Los parámetros registrados en el vuelo se obtuvieron del QAR de la aeronave (*raw data*), pero no se contaba en el laboratorio de la CIAIAC con un fichero que sirviera para descodificarlo (*parameter data frame*), por lo que se solicitó a la empresa propietaria del *software* que utiliza el laboratorio (*Plane Sciences*) que creara el citado fichero.

Se realizó la conversión de los datos y se validaron los parámetros sin que se obtuvieran errores.

[9] Según el *Plan director del aeropuerto de Lanzarote.*

Del estudio de los mismos se ha obtenido lo siguiente:

- Se sobrevoló la milla 12,5 del DME LTE (IF TUXAM) a 3744 ft (altitud barométrica) con una velocidad vertical de 784 ft/min en descenso.
- En la milla 11,75 del DME LTE el avión estaba configurado con flaps 30º y tren de aterrizaje abajo.
- En la milla 9,5 del DME LTE y en descenso a través de 3136 pies, se seleccionaron 2100 pies en la ventanilla de altitud del MCP.
- Se abandonaron 2800 ft de altitud en descenso en la milla 8,75 del DME LTE, con una velocidad vertical de 1328 ft/min.
- En la milla 7,5 del DME LTE a 2112 pies de altitud se seleccionaron 1400 pies en la ventanilla de altitud del MCP.
- Se pasó la milla 7,4 del DME LTE (FAF) a 2080 pies de altitud (720 ft por debajo del perfil teórico), con una velocidad vertical de 704 ft/min en descenso.
- El tramo donde se alcanzaron mayores valores de velocidad vertical en descenso se corresponde con el tramo comprendido entre las millas 9,0 a 7,5 del DME LTE. En el mismo se mantuvieron valores entre 1200 y 1300 ft/min.
- Se sobrevoló la milla 6,75 del DME LTE a 1920 ft de altitud (964 ft de radio altímetro) con una velocidad vertical de 704 ft/min en descenso y se seleccionaron 1000 pies en la ventanilla de altitud del MCP. En este momento se activaron en el registrador de vuelo los parámetros: GPWS – *Glide slope* (un segundo) y GPWS - Alert. Este último se mantuvo activo hasta la milla 4,75.
- En la milla 5,75 del DME LTE, a 1632 pies de altitud se seleccionaron 6000 pies en la ventanilla de altitud del MCP.
- Se sobrevoló la milla 5,25 del DME LTE a 1440 ft de altitud (983 ft de radio altímetro) con una velocidad vertical en descenso de 976 ft/min. En ese momento se activó en el registrador de vuelo el parámetro GPWS – *Terrain Caution* junto con el parámetro GPW – *CAUTION TERRAIN*. El primero se mantuvo activo hasta la milla 4,75 del DME LTE mientras que el segundo se mantuvo activo hasta la milla 5 del DME LTE durante 4 segundos.
- En la milla 4,75 del DME LTE, que se sobrevoló a 1312 ft de altitud (901 ft de RA) y una velocidad vertical en descenso de 944 ft/min, se activaron en el registrador de vuelo los parámetros: GPWS – *Terrain warning* y GPWS – *Warning* a la vez que los parámetros GPWS – *TERRAIN* y GPWS – *PULL UP*, teniendo lugar este último a 1280 ft (892 ft de radio altímetro) y una velocidad vertical de 816 ft/min en descenso.
- Se sobrevoló la milla 4,25 del DME LTE a 1120 ft de altitud (613 ft de radio altímetro) y una velocidad vertical en descenso de 656 ft/min. En este punto se volvió a activar en el registrador de vuelo el parámetro GPWS – *Alert* que se mantuvo activo hasta la milla 3,5 del DME LTE.
- En la milla 3,75 del DME LTE y a 1024 pies de altitud, se desconectaron el piloto automático y los gases automáticos, la aeronave se niveló durante quince segundos y posteriormente retomaron el descenso.

Estos eventos se han representado gráficamente en la siguiente imagen y en el Anexo X.

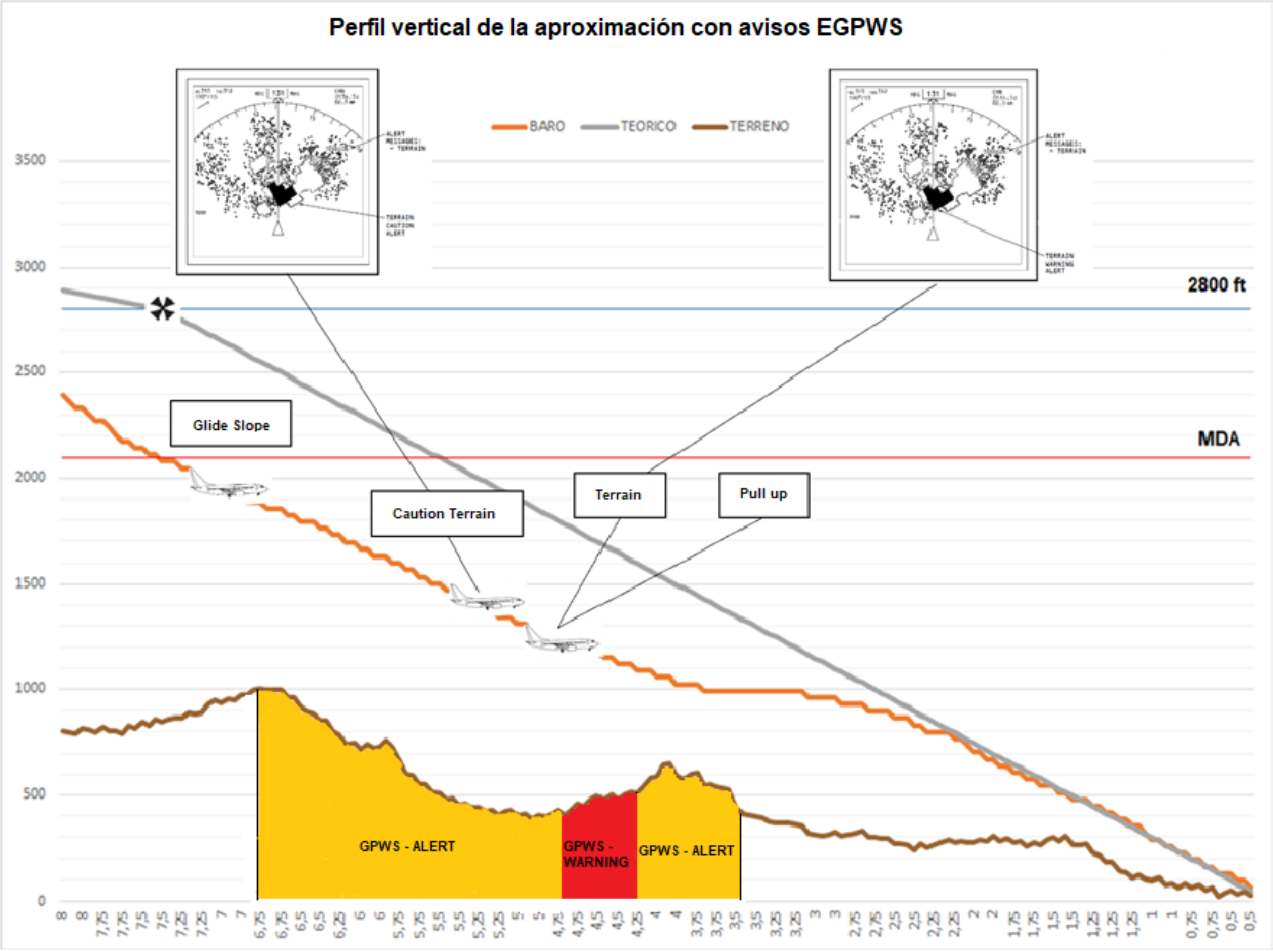


Ilustración 7: Perfil vertical de la aproximación con los avisos EGPWS

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

No aplicable.

1.13. Información médica y patológica

No hay constancia que factores fisiológicos o incapacidades pudiesen haber afectado a la actuación de la tripulación.

1.14. Incendio

No se produjo incendio.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

No aplicable.

1.16. Ensayos e investigaciones

1.16.2 Declaración del comandante

A continuación, se resume el contenido del informe realizado por escrito por el comandante de la aeronave.

El *hecho ocurrió durante un vuelo de entrenamiento en línea bajo supervisión (LIFUS) con un copiloto con baja experiencia, habían estado en contacto antes del vuelo y siguieron el procedimiento de preparación previo al vuelo.*

Si la pista 21 estaba en servicio, no era una opción que el copiloto actuase de PF (piloto a los mandos), con lo cual, el plan era que él (el comandante) actuase de PF si la llegada era por la RWY21 y que el copiloto realizase la aproximación si la llegada era por la RWY 03.

Se realizó un briefing bastante extenso para la RWY 21. Se consideró solicitar la aproximación ILS a la RWY 03 con viento en cola, pero se decidió que la RWY 21 era un riesgo aceptable. Se consultó el CCI, el aeropuerto de Lanzarote tiene una reputación poco envidiable entre los pilotos de la compañía por las aproximaciones a la RWY 21, ya que se trata de una aproximación complicada que requiere una buena coordinación de vuelo manual y existen evidencias de la dificultad de las aproximaciones a la RWY 21. Había volado la aproximación a la RWY 21 una única vez hace años.

Las instrucciones del CCI[10] no estaban claras y se decidió emplear los modos LNAV y VIS para la aproximación. Se extrapolaron las altitudes de la tabla del CCI desde la milla 15. El CCI indica que es una aproximación complicada y la intención fue ser conservador en el manejo de la "energía" para permitir una monitorización más activa de la aproximación y del copiloto. La aeronave es CAT C. La tabla de la senda de planeo de la aproximación aparece en la sección del 757/767 en el CCI.

Durante el briefing se anticipó un recorte en el procedimiento volado saltándose el punto de recorrido NAVIM. También se comentó dónde aparecería la pista debido al offset de la aproximación y que el terreno más cercano estaba a partir de la milla 7,4 del DME LTE.

En la aproximación se seleccionó el DME LTE en ambos equipos VOR. No fue evidente durante el briefing que la distancia fuera a aparecer en el PFD. Se insertó un arco de distancia en la página de los fijos en la milla 7,4 del DME LTE y otro a 15 NM de TUXAM.

Después de TUXAM se estaba en condiciones visuales y se tuvo contacto visual con el entorno de la pista a 10 NM. Se podían ver los pitones volcánicos pero no el PAPI o las luces de aproximación y la visión era brumosa y gris.

La lista de chequeo de "aterrizaje" se completó pronto ya que se estaba más interesado en lo que ocurría fuera que dentro de la aeronave.

[10] CCI es el nombre de las páginas que contienen los *briefings* de aeropuerto en la documentación de navegación LIDO

La información de la distancia en el PFD difería alrededor de 1,5 NM de la distancia desde el DME LTE. Después de TUXAM, se seleccionó una altitud de 2800 ft en el MCP y cuando se tuvo contacto visual, 2200 ft. En la milla 7,4 del DME de LTE la distancia parecía ser errónea por lo que se pensó que estaba alto en ese momento.

Posiblemente se esperaba seguir una senda de 3º en visual. El aviso de proximidad al terreno no fue una sorpresa (al igual que en otros aeropuertos con problemas con el terreno). Tras el aviso, como todo parecía aceptable, se continuó. Poco después se tuvo contacto visual con el PAPI que indicaba 4 luces rojas. Se era consciente de que el terreno estaba cerca. El offset parecía mayor del previsto. La nota del EGPWS (en el CCI) pudo haberle predispuesto a esperar el aviso.

Cuando se recibió la alerta con el terreno, pensó que se había preparado y anticipado a la amenaza de la proximidad del terreno.

Ha habido muchos cambios en los procedimientos. Hay muchos modos, pero hay menos entrenamiento y menos indicaciones para la utilización de estos modos.

1.17. Información sobre organización y gestión

La aeronave estaba operada por TUI Airways Limited que dispone de un Certificado de Operador Aéreo (AOC), emitido por la Autoridad de Aviación Civil (CAA) del Reino Unido el 19 de diciembre de 2018, para realizar operaciones de transporte aéreo comercial de pasajeros y carga.

1.18. Información adicional

1.18.1 Informe interno elaborado por el operador

El operador realizó una investigación interna del suceso y determinó como causa raíz el fallo de la tripulación a la hora de monitorizar la aproximación y la no realización del procedimiento instrumental tal y como estaba publicado, lo que resultó en que la aeronave volase por debajo del perfil vertical activando las alertas EGPWS.

1.18.2 Respuesta a los avisos EGPWS

Durante la aproximación se recibieron los siguientes avisos de proximidad al terreno:

- "CAUTION TERRAIN" en la milla 5,25 del DME LTE.
- "TERRAIN, TERRAIN, PULL UP" en la milla 4,75 del DME LTE.

La QRH del B737-800 y el *Manual de operaciones* parte A del operador de la aeronave (ver Anexos VI y VII) explican 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 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 al terreno.

Estos documentos puntualizan que en ambos casos si las alarmas se producen estando en condiciones VMC y con luz de día, si se realiza una verificación positiva de que los obstáculos o el terreno no representan un peligro para la aeronave, estos se pueden considerar como avisos precautorios y se podría continuar con la aproximación.

1.18.3 Sucesos previos en el aeropuerto de Lanzarote

Haciendo uso de los datos del Sistema de Notificación de Sucesos se consultaron los sucesos ocurridos en el aeropuerto de Lanzarote en los que se han notificado avisos EGPWS desde el año 2017 hasta el año 2019. El principal origen de estas notificaciones fueron las tripulaciones de las aeronaves implicadas.

En el periodo señalado ha habido 81 sucesos relacionados con avisos EGPWS en el aeropuerto de Lanzarote, de los cuales, 59 sucesos se refieren a aproximaciones a la pista 21 y 22 sucesos a aproximaciones a la pista 03.

Esto indica que el 72,8% de los sucesos notificados corresponden a aproximaciones a la pista 21, a pesar de que la pista 21 de GCRR se utiliza un 3,2% de las veces (según los datos del año 2019).

Atendiendo a las tipologías de los avisos EGPWS notificados en los sucesos, se pueden diferenciar dos grupos principales, uno en los que se notifican avisos EGPWS por excesiva cercanía del terreno (*Terrain, Terrain ahead, Pull Up*) y otro en el que se notifican avisos EGPWS por régimen de descenso excesivo (*Sink Rate*) y desvío por debajo de la senda de descenso.

En el caso de los sucesos de la pista 03 mayoritariamente se notifican avisos EGPWS por régimen de descenso excesivo (*Sink Rate*) y desvío por debajo de la senda de descenso. Por el contrario, en los sucesos de la pista 21 en un 61,1% de los sucesos se ha notificado avisos EGPWS por cercanía del terreno (*Terrain, Terrain ahead, Pull Up*) y en un 38,9% se ha notificado avisos EGPWS por régimen de descenso excesivo (*Sink Rate*) y desvío por debajo de la senda de descenso.

Además, en el caso de los sucesos ocurridos durante la aproximación a la pista 21 en los que se notifican avisos EGPWS por excesiva cercanía del terreno (*Terrain, Terrain ahead, Pull Up*), el 69,5% continuaron con la aproximación y aterrizaron sin incidencias al tener referencias visuales con el terreno. El 30,5% restante tuvieron que frustrar la aproximación.

Aena, el gestor del aeropuerto de Lanzarote, también proporcionó datos de su Sistema de Gestión de Seguridad Operacional relativos a aproximaciones frustradas tras recibir un aviso de proximidad con el terreno:

- En el año 2017 hubo cinco sucesos
- En el año 2018 hubo dos sucesos
- En el año 2019 hubo un suceso

Por su parte, Saerco, el gestor de la torre de control del aeropuerto de Lanzarote, tenía registradas las siguientes aproximaciones frustradas tras recibir un aviso de proximidad con el terreno:

- En el año 2017 hubo cinco sucesos
- En el año 2018 hubo tres sucesos, uno de los cuales terminó desviándose al aeropuerto alternativo.
- En el año 2019 hubo un suceso

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No aplicable.

2. ANÁLISIS

Se analizan diversos aspectos relacionados con este incidente como son: la aproximación realizada por la tripulación, los manuales de vuelo y demás material proporcionado por el operador para realizar la aproximación a la pista 21 del aeropuerto de Lanzarote.

2.1. Análisis de la aproximación realizada por la tripulación

La tripulación de vuelo fue autorizada por ATC a realizar la "aproximación VOR A directa a la pista 21" y colacionó la autorización.

Configuraron tempranamente el avión para el aterrizaje y realizaron la lista de antes del aterrizaje para concentrarse en el tramo final de la aproximación.

Con el piloto automático y los gases automáticos conectados, la tripulación de vuelo empleó el modo LNAV para la navegación horizontal y el modo V/S para volar el perfil vertical de la aproximación. Empleando el modo V/S, el piloto hace el cálculo de la velocidad vertical necesaria para volar el perfil vertical de la aproximación y realiza los ajustes necesarios para mantenerse en el mismo, haciendo las modificaciones oportunas en el valor de la velocidad vertical. Cuando la aeronave alcanza la altitud seleccionada por la tripulación de vuelo en la ventanilla de altitud del MCP, el piloto automático mantiene dicha altitud.

Según la declaración del comandante en la milla 10 del DME LTE se encontraban a la vista del terreno, los obstáculos y del entorno del aeropuerto. Habían pasado el punto TUXAM y continuaban el descenso a 2800 pies de acuerdo al procedimiento instrumental VOR A, que estaban seleccionados en la ventanilla de altitud del MCP.

El comandante en su declaración explicó que cuando tuvo contacto visual seleccionó 2200 pies en el MCP[11]. El QAR registró que cuando la aeronave estaba en la milla 9,5 del DME LTE y en descenso a través de 3136 pies, se seleccionó en la ventanilla de altitud del MCP la MDA redondeada a la centena superior, 2100 pies. Esta altitud es inferior a la previamente seleccionada, 2800 pies, que deberían haber mantenido hasta el FAF. De este modo en la milla 8,75 del DME LTE, es decir 1,35 millas antes del FAF, la aeronave descendió por debajo de la altitud mínima de 2800 pies. Continuaron el descenso y cuando la aeronave alcanzaba los 2100 pies, la tripulación de vuelo seleccionó 1400 pies en la ventanilla de altitud del MCP. La aeronave continuó descendiendo sobrevolando instantes después la milla 7,4 del DME LTE a 2080 pies (720 pies por debajo de la altitud mínima). El descenso continuó seleccionándose posteriormente 1000 pies en la ventanilla de altitud del MCP y finalmente la altitud de la aproximación frustrada (6000 pies) hasta que se recibieron los avisos de proximidad con el terreno.

De lo expuesto anteriormente se puede concluir que la tripulación de vuelo abandonó el perfil de vuelo de la maniobra, descendiendo prematuramente al hacer contacto visual, por debajo de la altitud mínima publicada entre el IF y el FAF (2800 pies), sobrevolando el FAF aproximadamente 720 pies por debajo de la altitud mínima y que continuó con el descenso por debajo del perfil vertical, lo que generó los avisos del EGPWS.

[11] El QAR registró que esta selección fue en realidad de 2100 pies.

El comandante en su declaración también explicó que posiblemente esperaba seguir una senda de 3 grados en visual, en lugar de los 3,7 grados requeridos.

El copiloto, que se encontraba en la fase de vuelos en línea bajo supervisión (LIFUS) realizaba las funciones de PM (piloto que monitoriza). Según el comandante su carga de trabajo era elevada y desempeñó su función de acuerdo a su nivel de experiencia. Se considera que este aspecto del vuelo pudo influir en la efectividad de la monitorización de la aproximación por parte de la tripulación de vuelo.

Cuando tuvo los dos avisos de proximidad al terreno, el comandante declaró tener los obstáculos a la vista y en lugar de realizar la maniobra de escape del terreno, decidió continuar la aproximación, ya que los avisos no fueron una sorpresa para él. Desconectó el piloto y los gases automáticos, niveló el avión y posteriormente continuó el descenso siguiendo el perfil correcto.

A consecuencia del incidente el operador elaboró un plan de entrenamiento individualizado para el comandante en el que se trataron entre otros, los procedimientos de vuelo de aproximaciones de no precisión, y la respuesta a los avisos EGPWS. Tras el informe positivo del departamento de entrenamiento, retomó su actividad normal de vuelo. El copiloto que se encontraba realizando la fase de vuelos en línea bajo supervisión (LIFUS) continuó con su entrenamiento al que se incorporaron aquellos aspectos relacionados con el incidente.

2.2. Análisis de los manuales de vuelo y demás material proporcionado por el operador

La parte C del *Manual de operaciones* del operador contenía el *briefing* del aeropuerto de Lanzarote. Al estar el aeropuerto clasificado como categoría B, su lectura era necesaria por los pilotos para poder realizar el vuelo al aeropuerto de Lanzarote.

El *briefing* del aeropuerto explicaba a los pilotos las opciones que tenían para volar la aproximación VOR A. En el caso de elegir maniobrar visualmente para aterrizar de forma directa en la pista 21 tras alcanzar la MDA, el *briefing* proporcionaba información guía para realizar la maniobra. También explicaba a los pilotos que disponían de la opción de mantener la MDA hasta el MAPT y a partir de ahí incorporarse a un circuito visual por la izquierda.

Cabe destacar que el *briefing* del aeropuerto de Lanzarote incluía una tabla que proporcionaba guía orientativa a los pilotos con las altitudes de paso desde del FAF hasta la pista 21 en función de la distancia al DME LTE, pero esta se encontraba bajo el apartado B757/767 que era aplicable a las aeronaves del tipo B757/767 del operador.

Tras el suceso el operador modificó el *briefing* del aeropuerto de Lanzarote ampliando y clarificando la información contenida en el mismo, incluyendo la programación del FMC y una guía detallada para volar la aproximación (incluidas tablas de altitudes y distancias en el apartado aplicable al B737).

Dentro del plan de entrenamiento individualizado que el operador proporcionó al comandante se encontraba la estructura del CCI y su ubicación dentro del *Manual de operaciones* parte C.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

- La tripulación tenía sus licencias y certificados médicos válidos y en vigor.
- La aeronave tenía toda la documentación en vigor.
- Las condiciones meteorológicas no eran limitativas para este tipo de vuelos.
- El comandante estaba impartiendo la fase de vuelo en línea bajo supervisión (LIFUS) al copiloto.
- El aeropuerto de Lanzarote estaba clasificado por el operador como categoría B.
- El *briefing* del aeropuerto elaborado por el operador proporcionaba información guía a la tripulación de vuelo para realizar la aproximación VOR A y aterrizar en la pista 21 del aeropuerto de Lanzarote.
- La aeronave fue autorizada a realizar la "aproximación VOR A directa a la pista 21" del aeropuerto de Lanzarote.
- La tripulación descendió prematuramente por debajo de las altitudes mínimas de la carta de aproximación y continuó el descenso.
- Al mantenerse por debajo de las mismas se activaron los avisos del sistema avanzado de proximidad con el terreno (EGPWS).
- Estando a la vista del terreno, los obstáculos y con luz diurna, la tripulación corrigió la trayectoria y continuó la aproximación en lugar de realizar la maniobra de escape con el terreno.

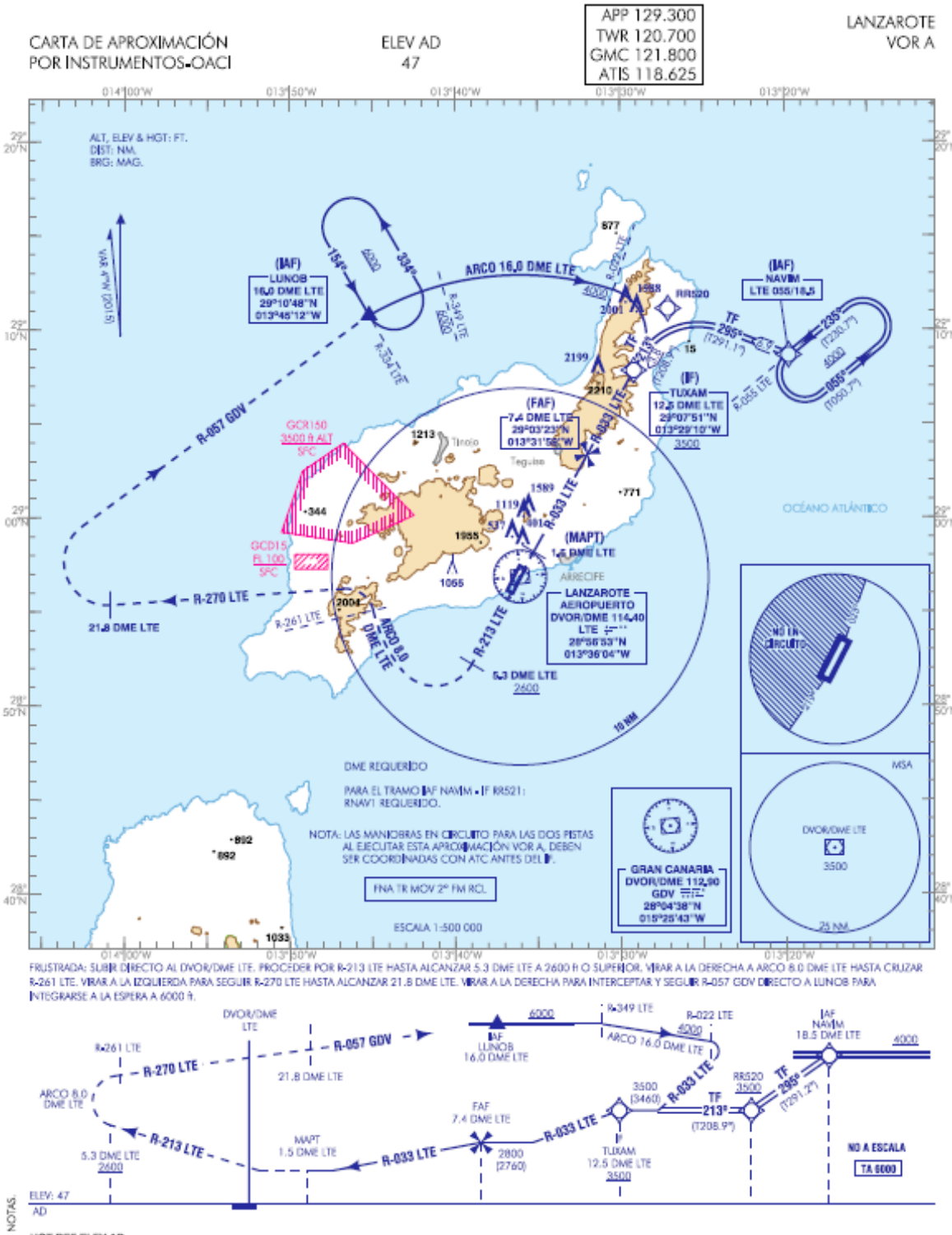
3.2. Causas/factores contribuyentes

La investigación ha concluido que la causa de este incidente fue la realización incorrecta de la maniobra de aproximación al aeropuerto de Lanzarote.

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

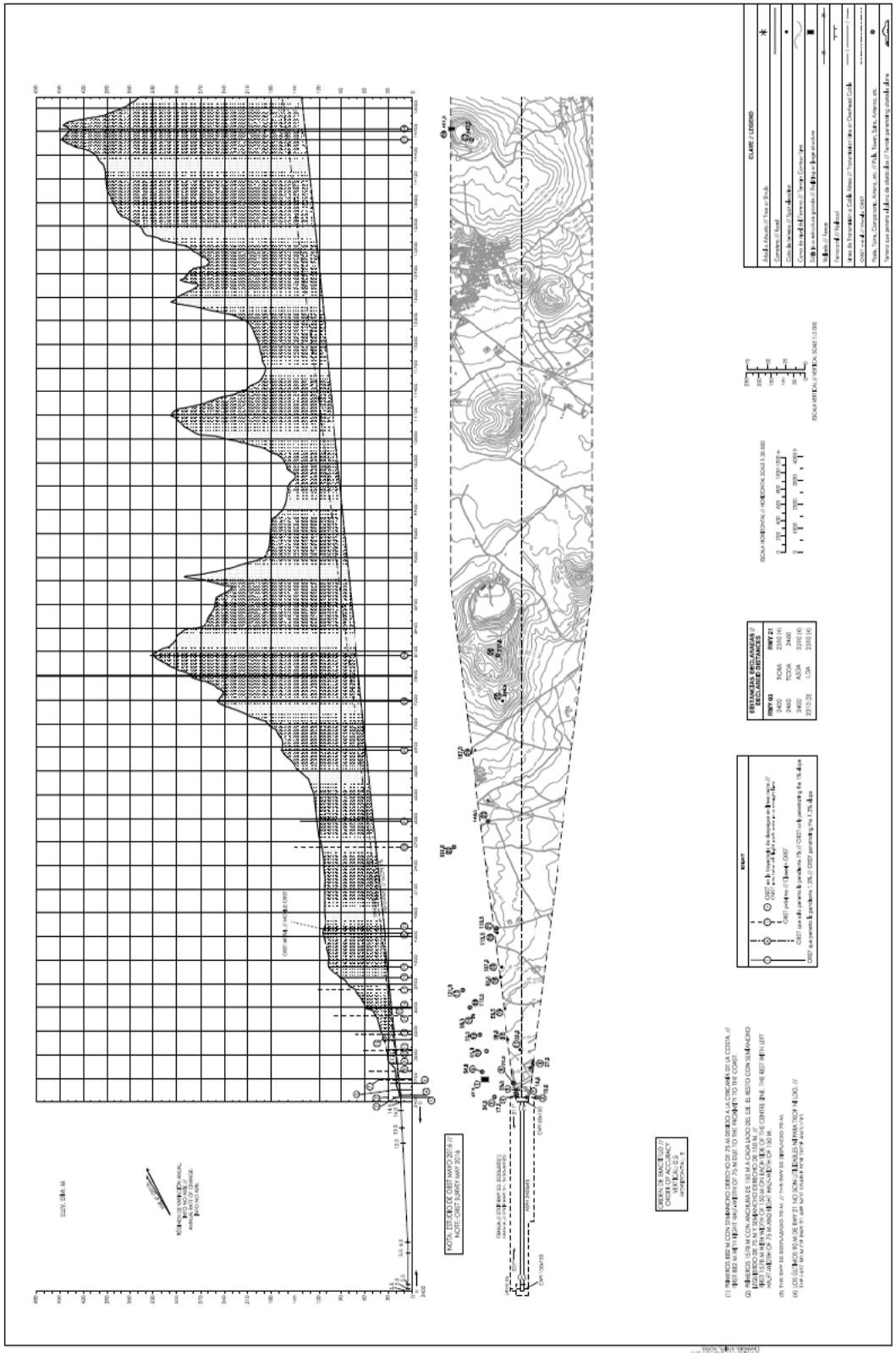
No hay recomendaciones de seguridad debido a que se consideran acertadas las medidas tomadas por el operador de la aeronave

ANEXO I: CARTA DE APROXIMACIÓN VOR A

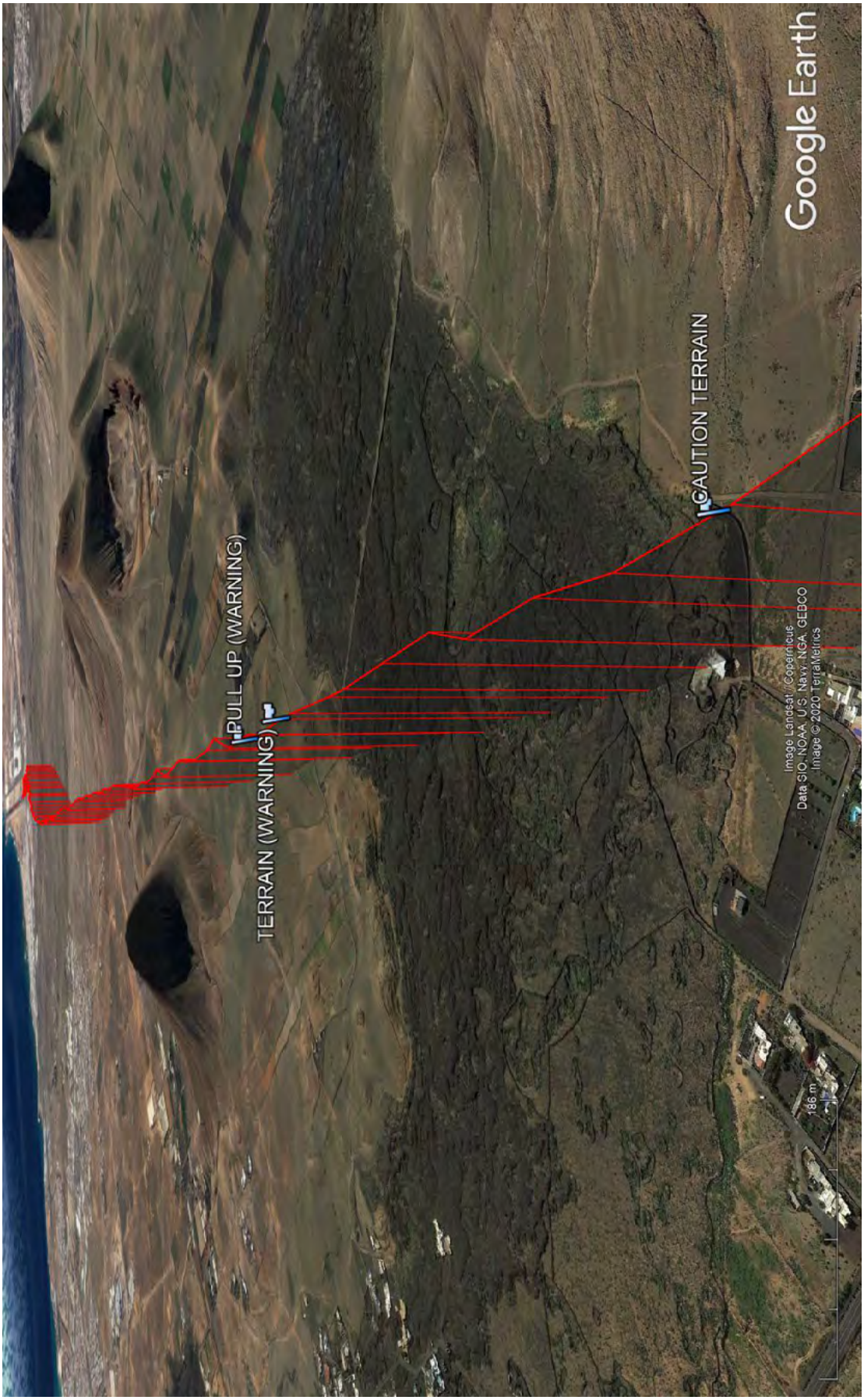


ANEXO II: OROGRAFÍA DE LA APROXIMACIÓN A LA PISTA 21 DE LANZAROTE

ANEXO II: OROGRAFIA DE LA APROXIMACION A LA PISTA 21 DE LANZAROTE

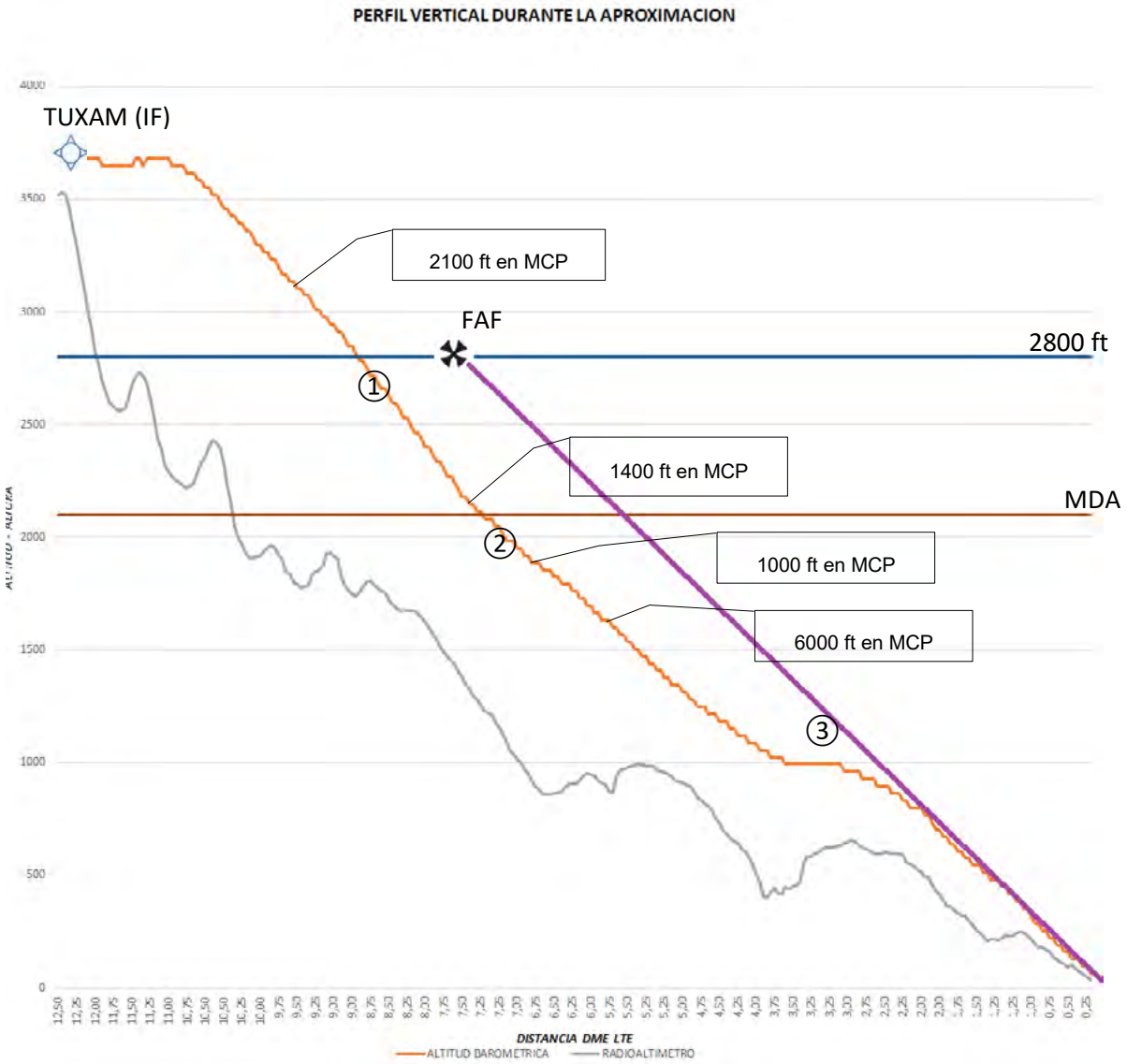


ANEXO III: TRAYECTORIA DE LA AERONAVE CON LOS AVISOS EGPWS



ANEXO III: TRAYECTORIA DE LA AERONAVE CON LOS AVISOS EGPWS

ANEXO IV: GRÁFICA DE ALTITUDES



① La aeronave desciende por debajo los 2800 pies en la milla 8,75 del DME LTE.
② La aeronave alcanza la MDA en circuito en las proximidades de la milla 7,4 del DME LTE.
③ La aeronave detiene el descenso, se nivela y se incorpora al perfil de 3,7 grados.

ANEXO V: DESCRIPCION DE LAS ALERTAS EGPWS

A continuación, se muestra un extracto del FCOM del B737-800 con la descripción de las diferentes alertas sonoras y visuales del EGPWS.

Look Ahead Terrain Alerts

AURAL ALERT	VISUAL ALERT	DESCRIPTION
TERRAIN TERRAIN, PULL UP	PULL UP on both attitude indicators Red TERRAIN message on Navigation display (all modes) Solid red terrain on navigation display	20 to 30 seconds from projected impact with terrain shown solid red on the navigation display (in expanded MAP, center MAP, expanded VOR, or expanded APP modes only). Moving the ground proximity terrain inhibit switch to TERRAIN INHIBIT inhibits the alert.
CAUTION TERRAIN	Amber TERRAIN message on navigation display (all modes) Solid amber terrain on navigation displays	40 to 60 seconds from projected impact with terrain shown solid amber on the navigation display (in expanded MAP, center MAP, expanded VOR, or expanded APP modes only). Moving the ground proximity terrain inhibit switch to TERRAIN INHIBIT inhibits the alert.
TOO LOW, TERRAIN	PULL UP on both attitude indicators	Descent below unsafe radio altitude while too far from any airport in the terrain database. Moving the ground proximity terrain inhibit switch to TERRAIN INHIBIT inhibits the alert

Radio Altitude Based Alerts

AURAL ALERT	VISUAL ALERT	DESCRIPTION
PULL UP	PULL UP on both attitude indicators	Follows SINK RATE alert if excessive descent rate continues or increases. Follows radio altitude based TERRAIN alert if excessive terrain closure rate continues and landing gear and/or flaps are not in landing configuration.
TERRAIN	PULL UP on both attitude indicators	Excessive terrain closure rate.
DON'T SINK	PULL UP on both attitude indicators	Excessive altitude loss after takeoff or go–around
GLIDESLOPE	BELOW G/S P–INHIBIT Lights	**G-FDZA - G-FDZS** Deviation below glideslope. Volume and repetition rate increase as deviation increases. **G-FDZT - G-TAWW** Deviation below glideslope or glide path. Volume and repetition rate increase as deviation increases. Pushing the ground proximity BELOW G/S P-INHIBIT light cancels or inhibits the alert below 1,000 feet RA.
SINK RATE	PULL UP on both attitude indicators	Excessive descent rate.
TOO LOW, FLAPS	PULL UP on both attitude indicators	Unsafe terrain clearance at low airspeed with flaps not in a normal landing position. Pushing the ground proximity flap inhibit switch to FLAP INHIBIT inhibits the alert.

TOO LOW, GEAR	PULL UP on both attitude indicators	Unsafe terrain clearance at low airspeed with landing gear not down. Pushing the ground proximity gear inhibit switch to GEAR INHIBIT inhibits the alert.
TOO LOW, TERRAIN	PULL UP on both attitude indicators	Unsafe terrain clearance at high airspeed with either landing gear not down or flaps not in landing position. Follows DON'T SINK if another descent is initiated after initial alert, before climbing to the altitude where the initial descent began.

Obstacle Alerts

Aural Alert	Visual Alert	Description
OBSTACLE OBSTACLE, PULL UP	PULL UP on both attitude indicators Red OBSTACLE message on ND (all modes) Solid red terrain on ND	20 to 30 seconds from projected impact with obstacle shown solid red on the ND (in MAP, MAP CTR, VOR, or APP modes only). Moving the ground proximity terrain inhibit switch to TERRAIN INHIBIT inhibits the alert
CAUTION OBSTACLE	Amber OBSTACLE message on ND (all modes) Solid amber terrain on ND	40 to 60 seconds from projected impact with obstacle shown solid amber on the ND (in MAP, MAP CTR, VOR, or APP modes only). Moving the ground proximity terrain inhibit switch to TERRAIN INHIBIT inhibits the alert.

ANEXO VI: QRH - RESPUESTA A LOS AVISOS GPWS

RESPUESTA A GPWS CAUTION

A continuación, se muestra un extracto de la QRH en el que se explican las acciones a seguir por parte de la tripulación como repuesta a un GPWS *caution.*

Ground Proximity Warning System (GPWS) Response

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*
- *AIRSPEED LOW (airplanes with AIRSPEED LOW aural)*
- *CAUTION TERRAIN*
- *CAUTION OBSTACLE*

Pilot Flying	***Pilot Monitoring***
Correct the flight path, airplane configuration, or airspeed.	

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

- *localizer or backcourse approach*
- *circling approach from an ILS*
- *when conditions require a deliberate approach below glideslope*
- *unreliable glideslope signal*

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.

RESPUESTA A GPWS WARNING

A continuación, se muestra un extracto de la QRH en el que se explican las acciones a seguir por parte de la tripulación como repuesta a un GPWS *warning*.

GPWS Warning

Accomplish the following maneuver for any of these conditions:

- *Activation of "PULL UP" or "TERRAIN TERRAIN PULL UP" warning.*
- *Activation of the "PULL UP" or "OBSTACLE OBSTACLE PULL UP" warning.*
- *Other situations resulting in unacceptable flight toward terrain.*

If a Ground Proximity Warning maneuver is executed, either FCM calls "TERRAIN, GO".

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

ANEXO VII: MANUAL DE OPERACIONES - RESPUESTA A LOS AVISOS GPWS

A continuación, se muestra un extracto del *Manual de operaciones* parte A del operador con las instrucciones a seguir por parte de la tripulación de vuelo en el caso de avisos EGPWS.

8.3.5 GPWS / TAWS procedures and instructions

The rate of descent should be limited to a maximum of 2000 fpm below 2000 ft AGL until the stabilised approach criteria apply.

GPWS / TAWS Caution

The FCM shall without delay initiate the response as described in OM-B, QRH Maneuvers required to correct the condition which has caused the caution and be prepared to respond to a warning.

If a caution is not followed by a warning and if applicable, the commander shall ensure that ATS is notified of the new position, heading and/or altitude/flight level of the airplane and state intentions.

GPWS / TAWS Warning
The FCM shall without delay:

- *perform the terrain avoidance maneuver as described in OM-B, QRH Maneuvers;*
- *maintain the climb until visual verification can be made that the airplane will clear the terrain or obstacle ahead or until above the appropriate sector safe altitude.*

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

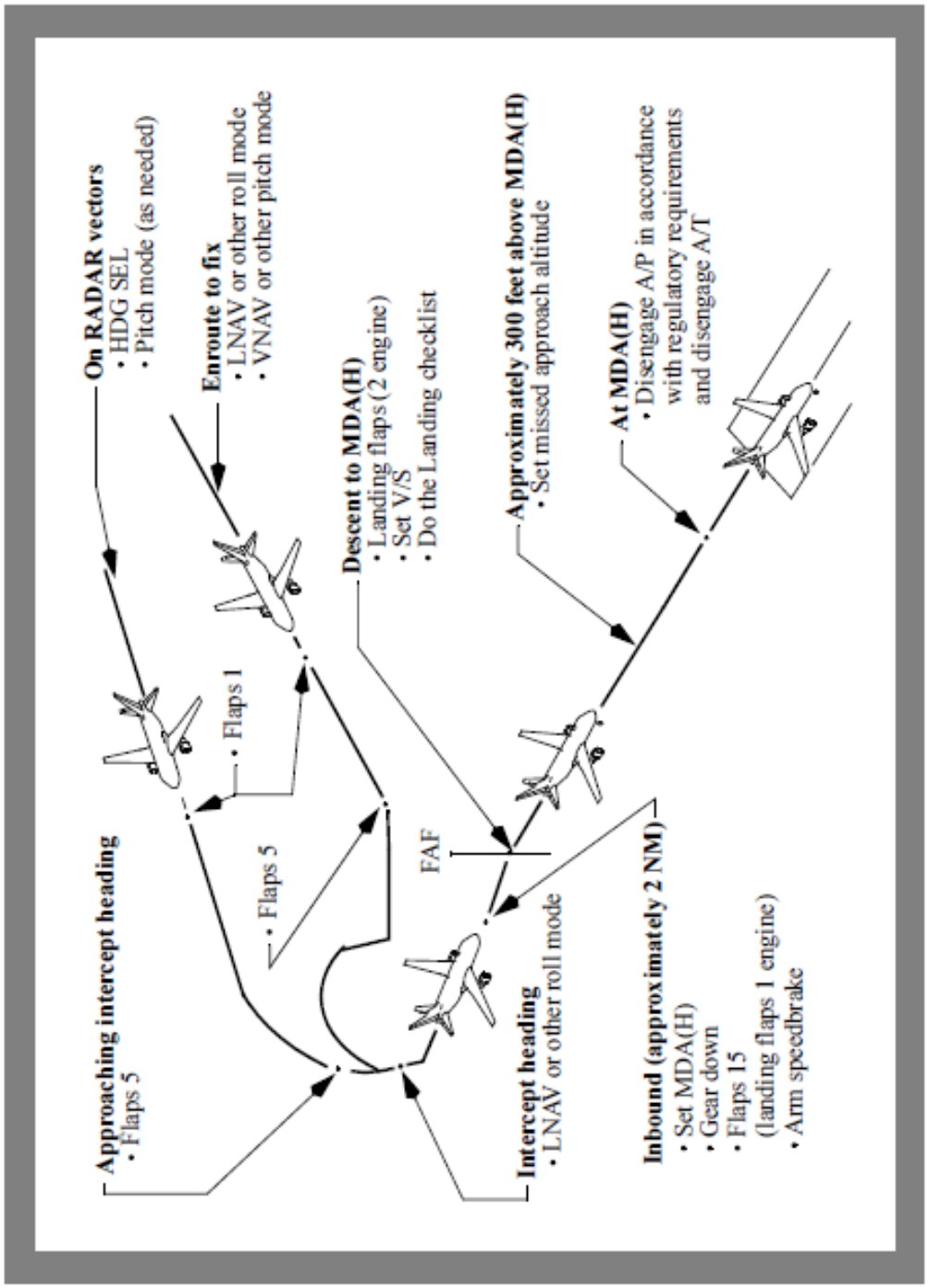
If, subsequently, the aeroplane climbs up through the sector safe altitude, but the visibility does not allow the flight crew to confirm that the terrain hazard has ended, checks shall be made to verify the location of the aeroplane and to confirm that the altimeter subscale settings are correct.

When the workload permits, the flight crew shall notify ATS of the new position and altitude/ flight level, and state intentions.

ANEXO VIII: FCTM – APROXIMACIÓN USANDO EL MODO V/S

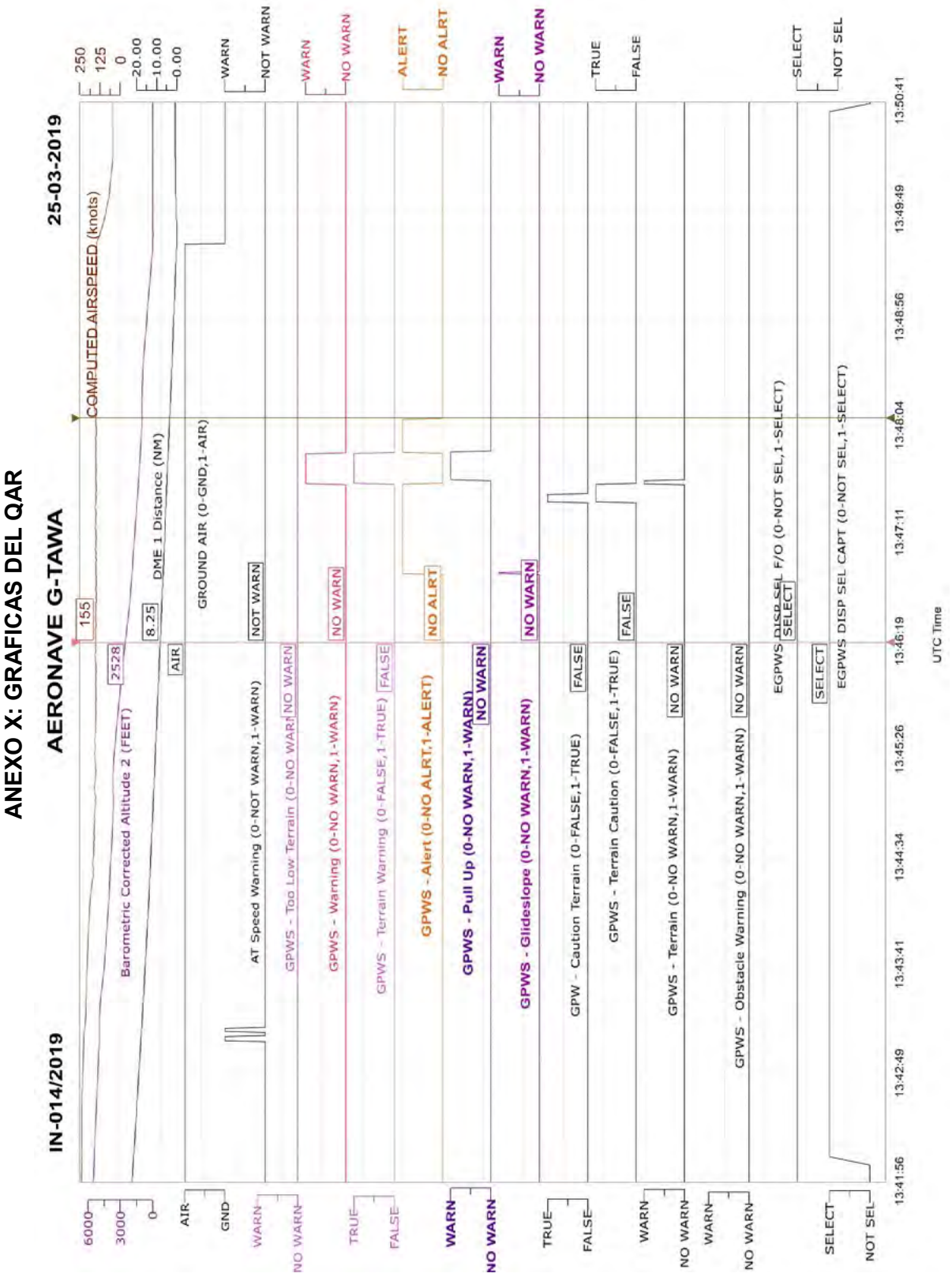
ANEXO VIII: FCTM – APROXIMACIÓN USANDO EL MODO V/S

Instrument Approach Using V/S



ANEXO IX: DESCRIPCION DE LOS MODOS DEL EGPWS

MODES	CONDITION			AURAL MESSAGE	PFD-RED MESSAGE	ND MESSAGE	GND PROX-G/S INHIBIT LIGHT
1	INITIAL ANNUNCIATION			SINK RATE...	PULL UP		
	WARNING			PULL UP...	PULL UP		
2A	FLAPS <30 AND G/S AND LOC DEV >2 DOTS	INITIAL ANNUNCIATION		TERRAIN TERRAIN	PULL UP		
		WARNING		PULL UP...	PULL UP		
		ALTITUDE GAIN FUNCTION: - STARTS WHEN MODE 2 CONDITION STOPS - STOPS WHEN 300 FT OF INERTIAL ALT IS GAINED OR 45 SECS ELAPSED		TERRAIN..	PULL UP		
2B	FLAPS >30 AND G/S OR LOC DEV <2 DOTS	FLAPS AND GEAR DOWN		TERRAIN..	PULL UP		
		FLAPS OR GEAR UP	INITIAL ANNUNCIATION	TERRAIN TERRAIN..	PULL UP		
			WARNING	PULL UP..	PULL UP		
3A	FLAPS <30 OR GEAR UP (FOR ALTITUDE LOSS OF 10% TO 20%)			DON'T SINK...	PULL UP		
3B	FLAPS <30 OR GEAR UP. RA LESS THAN THRESHOLD VALUE.			TOO LOW TERRAIN..	PULL UP		
4A	GEAR UP AND FLAPS <30	AIRSPEED <190 KNOTS AND RA <500 FT		TOO LOW GEAR..	PULL UP		
		AIRSPEED >190 KNOTS AND RA <1000FT		TOO LOW TERRAIN..	PULL UP		
4B	GEAR DOWN AND FLAPS <30	AIRSPEED <159 KNOTS AND RA <245 FT		TOO LOW FLAPS..	PULL UP		
		AIRSPEED >159 KNOTS AND RA <1000FT		TOO LOW TERRAIN..	PULL UP		
5	APPROACH AND GEAR DOWN	RA <1000 FT AND G/S DEVIATION >1.3 DOTS		GLIDE SLOPE... AT 1/2 VOLUME, FREQ PROPORTIONAL TO DEVIATION AND GROUND PROXIMITY.			X
		RA <300 FT AND G/S DEVIATION >2.0 DOTS		GLIDE SLOPE... AT FULL VOLUME, FREQ PROPORTIONAL TO G/S DEVIATION AND GROUND PROXIMITY.			X
6	PROGRAM PIN SELECTABLE			RADIO ALTITUDE CALLOUTS AS SELECTED BY PROGRAM PINS			
7	WINDSHEAR CONDITION			SIREN, THEN WINDSHEAR, WINDSHEAR, WINDSHEAR...	WINDSHEAR		
TA	60 SEC TO THREAT TERRAIN			CAUTION, TERRAIN..		TERRAIN	
	30 SEC TO THREAT TERRAIN			TERRAIN, TERRAIN, PULL UP..	PULL UP	TERRAIN	
TCF & RFCF	INITIAL PENETRATION OF TCF AND AFTER EACH 20% FURTHER RA LOSS			TOO LOW TERRAIN..		TERRAIN	
	WARNING			PULL UP...	PULL UP	TERRAIN	

M86345 S0004629815_V2

ANEXO X: GRÁFICAS DEL QAR