CIAIAC

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

Informe técnico IN-015/2019

Incidente ocurrido el día 5 de abril de 2019 a la aeronave BOEING B-737-524 con matrícula LY-KLJ en la Base aérea de Getafe (Madrid)

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: 796-20-125-8

Diseño, maquetación e impresión: Centro de Publicaciones

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

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

Advertencia

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

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

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

Índice

Advertencia 2

Abreviaturas 5

Sinopsis 7

1. INFORMACIÓN FACTUAL 9

1.1. Antecedentes del vuelo 9
1.2. Lesiones personales 11
1.3. Daños a la aeronave 11
1.4. Otros daños 11
1.5. Información sobre el personal 11
1.6. Información sobre la aeronave 12
1.7. Información meteorológica 20
1.8. Ayudas a la navegación 22
1.9. Comunicaciones 22
1.10. Información de aeródromo 23
1.11. Registradores de vuelo 25
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto 30
1.13. Información médica y patológica 30
1.14. Incendio 30
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia 30
1.16. Ensayos e investigaciones 30
1.17. Información sobre organización y gestión 30
1.18. Información adicional 31
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces 31

2. ANÁLISIS 32

3. CONCLUSIONES 34

3.1. Constataciones 34
3.2. Causas/Factores contribuyentes 34

4. RECOMENDACIONES 35

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DEL PILOTO AUTOMÁTICO 36

A. Vuelo automático (Auto Flight). Descripción y operación general. 36
B. Indicadores de velocidad de Mach / Airspeed 37
C. Sistema de piloto automático y Director de Vuelo - *Autopilot Flight and Director System*. 40
D. Indicaciones SPEED TRIM FAIL y MACH TRIM FAIL 45

ANEXO 2. TRAYECTORIA DEL VUELO COMPLETA 47
ANEXO 3. PARÁMETROS DE VUELO 48

Abreviaturas

° ' "	Grados, minutos, segundos sexagesimales
A/C	Aeronave
A/P	Autopilot
ADI	Indicador de dirección y altitud (*Altitude Direction Indicator*)
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AFCS	Sistema de control automático del vuelo (*Automatic Flight Control Systems*)
AFDS	Sistema director de vuelo del piloto automático (*Autopilot Flight Director System*)
AMM	Manual de mantenimiento del avión (*Aircraft Maintenance Manual*)
APP	Servicio de control de aproximación
ATPL(A)	Licencia de piloto de transporte de avión
CAARL	Autoridad de Aviación Civil de Lituania (*Civil Aviation Authority Republic of Lituania*)
CAO	Control Aéreo Operativo
CMD	Comandante
CVR	Registrador de voces en cabina (*Cockpit Voice Recorder*)
CWS	Contro de dirección de la rueda delantera (*Control Wheel Steering*)
DFCS	Sistema digital de control de vuelo (*Digital Flight Control System*)
EADI	Indicador de altitud y dirección (*Electronic Attitude Direction Indicator*)
EHSI	Indicador electrónico de situación horizontal (*Electronic Horizontal Situation Indicator*)
EYKA	Aeropuerto de Kaunas en Lituania
Ft	Pie
F/D	Director de vuelo (*Flight Director*)
F/O	Copiloto (*First Officer*)
FCC	Ordenador de control de vuelo (*Flight Control Computer*)
FCOM	Manual de operación de la tripulación (*Flight Crew Operating Manual*)
FDR	Registrador de datos de vuelo (*Flight Data Recorder*)
FMA	Avisos de modo de vuelo (*Flight Mode Annuciations*)
FMC	Ordenador de gestión del vuelo (*Flight Management Computer*)
G/S	Senda del localizador (*Glide Slope*)
GA	Motor y al aire (*Go Around*)
GS	Velocidad respecto del suelo (*Ground Speed*)
h	Hora
HDG SEL	Selector de rumbo (*Heading Select*)
HPa	Hectopascal
IFR	Reglas de vuelo instrumental
ILS	Sistema de aterrizaje instrumental (*Instrument Landing System*)
IR(A)	Habilitación para vuelo instrumental

Kg	Kilogramos
Km	Kilómetro
Kt	Nudo
L	Izquierda
Lb	Libra
LEGT	Base aérea Madrid Getafe
LEMD	Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas
LNAV	Navegación lateral (*Lateral Navigation*)
LOC	Localizador del ILS (*Localizer*)
m	Metro
MCP	Panel de control de modo (*Mode Control Panel*)
MEL	Lista de equipo mínimo (*Minimum Equipment List*)
METAR	Informe meteorológico de aeródromo (*Meteorological Aerodrome Report*)
N	Norte
O	Oeste
PN	Número de parte (*Part Number*)
QNH	Presión a nivel del mar para que el altímetro indique la del aeródromo (*Query Nautical Height*)
R	Derecha
RA	Radioaltímetro (*Radio Altimeter*)
RACE	Real Aeroclub de España
RDMI	Indicador magnético de distancia (*Radio Distance Magnetic Indicator*)
Sn	Número de serie (*Serial Number*)
TAFOR	Pronóstico del tiempo que ocurrirá en un aeródromo (*Terminal Aeródromo Forecast*)
TAS	*True Airspeed*
TCAS	Sistema de aviso anticolisión en vuelo (*Traffic Colision Avoidance System*)
TLB	Cuaderno técnico de la aeronave (*Technical Log Book*)
TMA	Técnico de mantenimiento
TO	Despegue (*Take Off*)
TO/GA	Despegue y aterrizaje en la misma carreta (*Take Off /Go Around*)
TWR	Torre
TWE GE	Torre de Getafe
UTC	Hora universal coordinada (*Universal time Coordinate*)
VFR	Reglas de vuelo visual
VMO	Velocidad máxima de operación (*Maximum Operating Speed*)
VNAV	Navegación vertical (*Vertical Navigation*)
VOR	Sistema para la navegación omnidireccional de muy alta frecuencia (*Very High Frequency Omnidirectional Range*)

Sinopsis

Propietario y operador:	UAB KLASEJET
Aeronave:	BOEING B-737-524, matrícula LY-KLJ
Fecha y hora del incidente:	5 de abril de 2019 a las 14:54 h (hora local[1])
Lugar del incidente:	Base Aérea de Getafe (Madrid)
Personas a bordo:	65 (ilesos)
Reglas de vuelo:	IFR
Tipo de vuelo:	Transporte aéreo comercial. Aterrizaje.
Fecha de aprobación:	26 de febrero de 2020

Resumen del suceso

El 5 de abril de 2019 la aeronave BOEING B-737-524 con matrícula LY-KLJ despegó del aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas (LEMD) con destino al aeropuerto de Kaunas (EYKA) en Lituania.

Despegaron por la pista 14L con el piloto automático del comandante inoperativo y durante el ascenso, también quedó inoperativo el del copiloto, por lo que la tripulación decidió regresar al aeropuerto de partida, volando sin la ayuda de los sistemas de vuelo automáticos.

Después de haber realizado dos intentos de aterrizaje frustrados, por la pista 18 L y en condiciones meteorológicas adversas, la tripulación declaró emergencia y la aeronave fue desviada por los servicios de control de tránsito aéreo a la base aérea de Getafe (LEGT), en Madrid, donde aterrizó por la pista 23.

No se produjeron heridos, ni tampoco daños en la aeronave.

La CIAIAC tuvo conocimiento del suceso el 9 de abril y contactó de inmediato con el operador para recabar información. Al día siguiente y a la vista de los datos obtenidos se abrió investigación y se nombró investigador encargado. Un día después se recuperaron los registradores de vuelo: el operador había asegurado la custodia de los mismos el mismo día del incidente, pero no la protección de la información, ya que no se pudo disponer de las grabaciones del CVR.

[1] Mientras no se indique lo contrario el informe se referirá a la hora local. La hora UTC se halla restando dos unidades.

La investigación ha determinado que el incidente se produjo por las dificultades de la tripulación para operar la aeronave en condiciones de vuelo instrumental tras la pérdida de los dos sistemas de vuelo automático de la aeronave.

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El 5 de abril de 2019, la tripulación de la aeronave BOEING B-737-524 con matrícula LY-KLJ, estaba preparando el vuelo previsto desde el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas (LEMD) al aeropuerto de Kaunas (EYKA) en Lituania.

En la inspección prevuelo detectaron un fallo en el sistema de vuelo automático del comandante, por lo que ambos pilotos, con la ayuda de un ingeniero de la compañía, revisaron la Lista de equipo mínimo (MEL) y comprobaron que este documento permitía el despacho de la aeronave con dicho equipo inoperativo.

Decidieron realizar el vuelo y después de recibir la correspondiente autorización, despegaron por la pista 14 L a las 14:15:26 h.

Durante el ascenso, se presentaron varios fallos en el sistema de vuelo automático del copiloto, que finalmente también quedó inoperativo a las 14:17:32 h, por lo que la tripulación decidió regresar al aeropuerto de partida, volando sin la ayuda de los sistemas de vuelo automáticos.

El organismo gestor de control de tráfico aéreo ENAIRE, informó de que poco tiempo después de haber despegado, la tripulación declaró emergencia, pero sin notificar exactamente cuál era el tipo de incidencia que tenían.

A las 14:20 h el supervisor de las operaciones notificó al controlador de aproximación que le iba a pasar un tráfico que acababa de despegar de Madrid-Barajas, que estaba en emergencia y que requería volver al campo.

De acuerdo a la información facilitada por el controlador, dejó libre el localizador de la pista 18 R desviando dos tráficos AC/1 y AC/2, que estaban en aproximación a dicha pista y les requirió que ajustasen sus velocidades para mantener la mínima de separación en lo posible, tanto a ellos como a los que estaban posicionados ya en el localizador.

El tráfico que declaró emergencia no redujo bien su velocidad y cruzó los dos localizadores a 250 Kt por detrás de un tercer tráfico distinto a los anteriormente citados, el A/C 3.

Después se corrigió el vector de aproximación que le había dado inicialmente, para que intentase interceptar el localizador de la pista 18 L (rumbo 180º) para que se posicionase.

Finalmente frustró el aterrizaje cuando eran las 14:23:10 h.

El controlador le preguntó si tenía problemas con la velocidad sin conocer cuál era la naturaleza de la emergencia, pero la tripulación volvió a requerir vectores para aterrizar.

De acuerdo a la posición que se encontraba era necesario que ascendiera para mantener la altitud mínima, pero desde control observaron que no ascendía.

No pudo hacerlo virar hacia Casas de Uceda porque había tráficos posicionados en el localizador de la pista 18 R y tendría que haber continuado hacia rumbo 360º para intentar interceptarlo por detrás.

En dos ocasiones se informó a la tripulación de que estaban por debajo de los mínimos y se les instruyó para realizar el ascenso, pero no cumplieron con las instrucciones dadas ya que la aeronave estaba a 4400 Ft entrando en una zona donde el mínimo es 6700 Ft.

Viró a rumbo 220º con una velocidad de 220 Kt y se posicionó detrás de la aeronave A/C 2 que estaba en el otro localizador.

Consiguió interceptar el localizador cuando se encontraba a 4300 Ft, a una distancia de 11 Nm y con velocidad de 170 Kt.

Una vez que estaba a 8 Nm no tenía contacto visual con la pista y llevaba una velocidad de 150 Kt.

Siguió posicionado en el localizador y entonces le pasó el control el compañero que estaba en la frecuencia de aproximación final (TWR 118.680), justo un poco antes de que la aeronave estuviera a una distancia de 4 Nm respecto del DME.

Figura 1. Fotografía de la aeronave en la Base Aérea

Cuando la distancia era de 2,5 Nm DME se cambió de localizador y entonces observaron que había vuelto a frustrar el aterrizaje. Eran las 14:33:58 h.

En el momento en el que la aeronave declaró emergencia, el aeropuerto activó la alerta local y los bomberos del aeropuerto se posicionaron para atender cualquier eventualidad durante el aterrizaje por la pista 18 L.

Después de los dos intentos de aterrizaje frustrados fue cuando la aeronave fue desviada por los servicios de control de tránsito aéreo a la base aérea de Getafe (LEGT) en Madrid, donde aterrizó a las 14:53 h por la pista 23.

No se produjeron heridos, ni tampoco daños en la aeronave.

En el aeropuerto de partida se realizó una revisión de la pista por la que había despegado a las 14:29 h sin encontrar ningún objeto extraño.

1.2. Lesiones personales

Lesiones	Muertos	Graves	Leves/Ilesos
Tripulación			8
Pasajeros			57
Otros			

1.3. Daños a la aeronave

La aeronave aterrizó sin daños.

1.4. Otros daños

No hubo otros daños.

1.5. Información sobre el personal

El piloto, de 56 años y licencia de piloto de transporte, ATPL(A), expedida por la Autoridad de Aviación Civil de Lituania (Civilinés Aviacijos Administracija Lietuvos Respublika - CAALR) el 6 de febrero de 2006.

Tenía habilitación de tipo del avión B – 737 300 – 900, habilitación de tipo del avión EMBRAER 170, habilitación de vuelo instrumental, IR(A) y también tenía certificado de instructor de vuelo TRI(A) del tipo B – 737 300 – 900. Su nivel de inglés era 4.

La licencia, las habilitaciones y el reconocimiento médico estaban en vigor.

En el momento del incidente, su experiencia total era 13598 h, de las cuales había realizado 4309 h en el tipo, todas ellas como piloto al mando.

El copiloto tenía 34 años y licencia de piloto de transporte, ATPL(A), expedida por la Autoridad de Aviación Civil de Lituania (CAARL) el 2 de diciembre de 2016.

Contaba con habilitación de tipo del avión B – 737 300 - 900 y habilitación de vuelo instrumental, IR(A). Su nivel de inglés era 4.

La licencia, las habilitaciones y el reconocimiento médico estaban en vigor.

En el momento del incidente, su experiencia era de 2260 h, y de ellas 2000 h en el tipo.

1.6. Información sobre la aeronave

1.6.1. Información general

El avión Boeing B-737-524 es un avión de transporte que tiene una envergadura de 28,9 m, una longitud de 33,1 m y una altura total de 11,13 m.

Su masa en vacío es 31500 Kg (69445 Lb) y su masa máxima al despegue es de 70080 Kg (154500 Lb).

El modelo del incidente, con matrícula LY-KLJ, fue fabricado con número de serie 28923 y tenía el certificado de aeronavegabilidad Nº 2022 en vigor, expedido por la Autoridad de Aviación Civil lituana (Lituania Civil Aviation Authority) el 26 de junio de 2017, con validez hasta el 25 de junio de 2019.

Estaba equipado con dos motores CFM-56-3C1.

En el libro técnico de a bordo (*Aircraft technical logbook*) figuraba las últimas acciones de mantenimiento del mismo día del incidente y los elementos diferidos.

1.6.2. Procedimientos normales del FCOM (Normal Procedures)

El FCOM recoge en sus Procedimientos Normales lo siguiente:

Preflight Procedure – First Officer
The first officer normally does this procedure.
Mode control panel .....Set
COURSE(S) .....Set
FLIGHT DIRECTOR switch ..... ON
Move the switch for the pilot flying to ON first.
Flight instruments .....Check
Set the altimeter.
Airspeed cursor control .....Push
Verify that the flight instrument indications are correct.
Verify that only these flags are shown:
• TCAS OFF
• expected RDMI flags
Verify that the flight mode annunciations are correct:
• autothrottle mode is blank
• actitud (pitch) mode is blank
• roll mode is blank
• AFDS status is FD

Preflight Procedure – Captain
The captain normally does this procedure.
Mode control panel .....Set
COURSE(S) .....Set
FLIGHT DIRECTOR switch ..... ON
Move the switch for the pilot flying to ON first
Flight instruments .....Check
Set the altimeter.
Airspeed cursor control .....Push
Verify that the flight instrument indications are correct.
Verify that only these flags are shown:
• TCAS OFF
• expected RDMI flags
Verify that the flight mode annunciations are correct:
• autothrottle mode is blank
• actitud (pitch) mode is blank
• roll mode is blank
• AFDS status is FD

El mismo procedimiento también dice que tanto el comandante como el copiloto durante el procedimiento prevuelo, tienen que posicionar los interruptores de F/D a ON, seleccionando primero a ON el F/D correspondiente al PF.

En esta fase también se debe verificar que el control del cursor de velocidad se encuentre en la posición **push** (presionado), verificando en general que las indicaciones de los instrumentos son correctas incluyendo banderas y anuncios de modos de vuelo.

Antes de iniciar el rodaje ambos pilotos, comandante y primer oficial, realizan una comprobación (*recall*) de la luz de aviso (*master caution light*), verificando que todas las luces del panel anunciador de sistemas se iluminan y se extinguen.

Before Taxi Procedure
Recall .....Check C, F/O
Verify that all system annunciator panel lights illuminate and then extinguish.

A continuación, se reproduce un extracto del procedimiento de despegue contenido en el FCOM del B737 500:

Take-off Procedure

Pilot Flying	Pilot Monitoring
Above 400 feet radio altitude, call for a roll mode as needed	Select and verify the roll mode
At thrust reduction height call "SET CLIMB THRUST"	
	Push the N1 switch
Verify that climb thrust is set	
After flap and slat retraction call "VNAV"	
	Push the VNAV switch
Engage the autopilot when above the mínimum altitude for autopilot engagement	

El FCOM, en el apartado limitaciones establece que no se seleccione el piloto automático en el despegue por debajo de 1000 Ft AGL.

1.6.3. Información del ITEM 34-01-04 Airspeed Cursor de la Lista de Equipo Mínimo (MEL)

La lista de equipo mínimo (MEL) contiene el apartado 34-01-04 *Mach/Airspeed indications Airspeed cursor*. Su contenido se describe a continuación:

34-01 Mach/Airspeed Indications

34-01-04 Airspeed Cursor

Interval	Installed	Required	Procedure
A	2	1	(O)

One may be inoperative provided:

a. Alternate procedures are established and used.

b. Repairs are made within three flight days.

PLACARD

Command Airspeed cursor is inoperative, placard near airspeed indicator - COMMAND AIRSPEED CURSOR INOP

OPERATIONS (O)

When operating with an inoperative airspeed cursor, use external airspeed marker(s) (bugs) for speed reference.

De acuerdo con lo anterior, el avión requiere únicamente que este operativo solo uno de los dos cursores de velocidad para su despacho de los dos que lleva instalados, a condición de que sea reparado en un plazo de tres días y se establezcan y usen procedimientos alternativos.

El procedimiento operacional asociado al mismo especifica que se utilicen las pínulas de velocidad (*speed bugs*) como referencia para la misma.

1.6.4. Velocidades de extensión de flaps

A continuación, se muestra un extracto del FCOM del B737 500 que contiene las velocidades de extensión de flaps.

Flap Extension Schedule (RSEP installed)

Current Flap Position	At Speed (knots) a* / b* / c*	Select Flaps	Command Speed for Selected Flaps a* / b* / c*
Up	210 - 220 - 230	1	190 - 200 - 210
1	190 - 200 - 210	5	170 - 180 - 190
5	170 - 180 - 190	10	160 - 170 - 180
10	160 - 170 - 180	15	150 - 160 - 170
15	150 - 160 - 170	25	140 - 150 - 160
25	140 - 150 - 160	30 or 40	(VREF30 or VREF40) + wind additives

a* = At and below 117,000 lbs

b* = Above 117,000 lbs and up to 138,500 lbs

c* = Above 138,500 lbs

Flap Extension Schedule (RSEP installed)

Current Flap Position	At Speed (knots) a* / b* / c*	Select Flaps	Command Speed for Selected Flaps a* / b* / c*
Up	210 - 220 - 230	1	190 - 200 - 210
1	190 - 200 - 210	5	170 - 180 - 190
5	170 - 180 - 190	10	160 - 170 - 180
10	160 - 170 - 180	15	150 - 160 - 170
15	150 - 160 - 170	25	140 - 150 - 160
25	140 - 150 - 160	30 or 40	(VREF30 or VREF40) + wind additives

a* = At and below 53,070 kgs

b* = Above 53,070 kgs and up to 62,823 kgs

c* = Above 62,823 kgs

Figura 7. Velocidades de extensión de los flaps

1.6.5. Mantenimiento de la aeronave

Del estudio del Cuaderno de registro de la aeronave (*Aircraft Technical Logbook* - TLB) desde el día del suceso, se constató que en las labores de mantenimiento de la misma intervinieron seis técnicos de mantenimiento diferentes identificados en los registros del libro como sigue, TMA 1 (TMA de a bordo), TMA, TMA 3, TMA 4, TMA 5 y TMA 6.

El mantenimiento realizado y las anotaciones en el libro se describen a continuación:

- El 05-04-2019 en el aeropuerto de Barajas, antes del vuelo del incidente, aparece firmado en *Libro técnico* TLB Nº 02387 la revisión diaria hecha por el TMA 1. En ese mismo TLB y debido a una mal función del *Air speed* cursor cuando se realizaba el test en la inspección prevuelo por parte de los pilotos les dio fallo y por tanto se desplegó la banderola en el EADI. Por lo cual la tripulación decidió diferir el *Air speed cursor flag* de acuerdo con la MEL 34-01-04.

34-01 Mach/Airspeed Indications
34-01-04 Airspeed Cursor

Interval	Installed	Required	Procedure
A	2	1	(O)

One may be inoperative provided:
a. Alternate procedures are established and used.
b. Repairs are made within three flight days.

PLACARD

Command Airspeed cursor is inoperative, placard near airspeed indicator - COMMAND AIRSPEED CURSOR INOP

OPERATIONS (O)

When operating with an inoperative airspeed cursor, use external airspeed marker(s) (bugs) for speed reference.

Figura 8. Apartado MEL 34-01-04

Después del incidente, con la aeronave estacionada en la Base aérea de Getafe, la tripulación apuntó los siguientes defectos en la página técnica del libro (*technical log page* TLP 02388):

I. Auto pilot A and B Inop.

II. Airspeed Cursor Flag (Left side).

III. Time to time Speed trim and mach trim fail.

De acuerdo con esas anotaciones, el TMA 2 realizó el chequeo operacional de los dos canales de piloto automático (*Operacional check of the Autopilots* AMM 22-11-33), dando como resultado el *Autopilot* "A" = *Fail y el Autopilot* "B" = OK.

- El 06-04-2019, el TMA 2 difirió el *Autopilot* "A" de acuerdo con el apartado MEL 22-01A (TLP02394)

- El 09-04-2019 el TMA 1 apuntó en el libro, el reemplazo del módulo de la bomba hidráulica (*Hydraulic Pump Module assy*) de acuerdo con el apartado AMM 29-15-95 del manual (apunte TLB02390).
- El 15-04-2019 el TMA 2 reemplazó el ordenador de control de vuelo "A" (*Flight Control Computer* - AFCC "A"), el ordenador digital de toma de datos de aire "A" (*Digital Air Data Computer* - DADC "A") y la unidad de accesorios (*Accesory Unit*), haciendo referencia de tres estos cambios en el libro como apuntes TLP02388.

También apuntó una inspección de cableado, encontrando y reparando un aislante de un cable en malas condiciones (apunte TLP02395) y amplió el HIL del *Autopilot* "A".

22-01 Autopilot Systems
22-01A One Autopilot System Required

Interval	Installed	Required	Procedure
C	2	1	

One required for CAT II operations.
Both required for AUTOLAND.
The altitude hold/level change functions of one autopilot is required for RVSM / NAT HLA operations.

PLACARD

Mode Control Panel (MCP) – A/P ENAGAGE Panel – A(B) AUTOPILOT INOP

NOTE 1: Failures in one or both FCC's could affect these systems: Mach Trim (see MEL Item 22-05), Speed Trim (see MEL item 22-10), Flight Director (see MEL Item 34-12), and Altitude Alerting (see MEL item 34-25).

NOTE 2: One FCC must operate normally for the Speed Trim system to function.

NOTE 3: Failure in FCC A may affect the autothrottles (MEL item 22-04) on airplanes without an autothrottle computer.

Figura 9. Apartado MEL 22-01-A

No consta que se hubiera escrito nada acerca de los resultados de las comprobaciones después del cambio de FCC ni del DADC y según el *Manual de mantenimiento de la aeronave* (AMM) hay que hacer una prueba después del cambio (apartado AMM 22-11-33).

En el caso de realizar la prueba y obtener como resultado que todo está correcto se podría haber levantado el parte diferido, sin embargo, lo que hicieron fue realizar una extensión a ese parte diferido. Tampoco se encontró ni el documento de la extensión del parte diferido, ni el apunte en el libro TLB de dicha extensión.

Ese mismo día el TMA 1 apuntó en el TLB 02392 la realización de la JIC B71-00-03L (apunte TLP02396).

El avión voló desde la Base aérea de Getafe al aeropuerto de Vilnius (Lituania) y no se apuntó nada con respecto a todas estas averías anteriores.

- El 24-04-2019, debido a que estaba el HIL Nº 24 "Autopilot A inop", se realizó el apunte TLP 02398 en la hoja de trabajo (*Job Sheet* #02398) realizada por otro técnico distinto de los anteriores, el TMA 3, según consta en el libro (TLB). No obstante, la hoja de trabajo estaba firmada como inspectores por el TMA 5 y el TMA 6.

Las anotaciones hacían referencia a las siguientes acciones:

  - Se realiza una prueba (*Trouble Shooting* - TS) que consistió en comprobar toda la instalación de cableado en el área de la FCC "A". Además, se hizo una prueba con el equipo incorporado (*Built.In Test Equipment*- BITE) del DFCS, concretamente la prueba de los valores de los sensores, dando como resultado, que el interruptor (*switch*) de presión de hidráulico del actuador "A" del timón de profundidad estaba en posición contraria a la que debería, por lo que se reemplazó del actuador junto con el *switch* de presión. También se comprobó el interruptor de presión de hidráulico del timón de profundidad del piloto automático, y una comprobación del sistema, dando un resultado satisfactorio.
  - Con estas acciones se cerró el parte diferido Nº 24, es decir "Autopilot A inop".

- El 24-04-2019 se realizó un vuelo de prueba (apunte TLP02400) por el mismo comandante del día del incidente, que anotó lo siguiente:

  - "DURING CLIMB APR. FL240 LOST OF EADI ON LH (BECAMES BLANK). AFTER 4 s POWER RESTORES AUTOMATICALY ON EADI, EHSI. AUTOPILOT, FLIGTH DIR, AUTOTHROTLE DISCONETS AUTOMATICALY. YAW DAMPR STAYS IN OFF".
  - Posteriormente otro operario, el TMA 4 hizo una prueba (TS) de acuerdo con el manual (AMM 34-22-00) y dio fallo en el "TEST FAIL SG", por lo que se reemplazó el *Simbol Generator* Nº 1.
  - Se continuó con la revisión (TS) y de acuerdo con el manual (AMM 24-21-00) se reemplazaron los relés C801, R3, R41, R349. Después se volvió a realizar la prueba del AC *generation system* dando todo correcto.

    Por recomendación de BOEING se intercambian las unidades de referencia inerciales (IRU).

- El 30-042019 se hizo un vuelo de prueba sin que se tuviera constancia de ningún defecto (apunte TL).

1.7. Información meteorológica

De acuerdo con la información meteorológica facilitada por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) la situación general en niveles bajos era de un frente atravesando la Península que produjo chubascos y algunas tormentas tanto a su paso como en la descarga fría posterior.

Los datos y las imágenes de teledetección describían una amplia zona nubosa con precipitaciones afectando a Madrid con viento racheado de hasta 25 Kt. En el momento del incidente se estaba produciendo lluvia fuerte y fuerte nubosidad que reducía mucho la visibilidad.

En el aeropuerto de origen (Madrid Barajas) la situación prevista por los informes METAR y TAFOR era la siguiente:

> METAR COR LEMD 051130Z 16012KT 120V200 9999 BKN020 BKN040 08/05 Q0999 R88/CLRD// NOSIG=

A las 11:30 h UTC se emitió este informe METAR corregido que indicaba que el viento venía con dirección predominante de 160º, variable entre 120º y 200º y una velocidad de 12 Kt. La visibilidad era superior a 10 Km. Había nubosidad abundante entre 2000 Ft y 4000 Ft.

La temperatura era de 8 º C, el punto de rocío de 5 º C y el QNH de 999 HPa.

> METAR LEMD 051200Z 16014G24KT 110V190 9999 -RA BKN020 BKN040 09/06 Q0999 NOSIG=

A las 12:00 h UTC el informe METAR pronosticaba un viento de dirección predominante de 160º, variable entre 110º y 190º y una velocidad de 14 Kt y ráfagas de 4 Kt. La visibilidad era superior a 10 Km. Había lluvia y nubosidad abundante entre 2000 Ft y 4000 Ft.

La temperatura era de 9 º C, el punto de rocío de 6 º C y el QNH de 999 HPa.

> METAR LEMD 051230Z 23017KT 6000 2500S SHRA SCT020TCU BKN025 07/04 Q0999 NOSIG=

A las 12:30 h UTC el informe METAR predecía un viento de dirección predominante de 230º y una velocidad de 17 Kt. La visibilidad era 6 Km. Había chubascos y lluvia, así como mucha nubosidad a 2.000 Ft, nubes dispersas y cúmulos de gran extensión vertical a 2500 Ft.

La temperatura era de 7 º C, el punto de rocío de 4 º C y el QNH de 999 HPa.

TAF LEMD 051100Z 0512/0618 22010KT 9999 BKN030 TX11/0515Z TN03/0606Z PROB40 TEMPO 0512/0519 22015G25KT TEMPO 0512/0520 4000 RA SHRA SCT030TCU PROB30 TEMPO 0512/0519 3000 TSRA SCT040CB PROB30 TEMPO 0606/0618 4000 RA SHRA BKN012 SCT040TCU PROB40 TEMPO 0611/0618 22020G32KT PROB30 TEMPO 0612/0618 3000 TSRA SCT030CB=

Por su parte el informe TAFOR de pronóstico de aeródromo emitido a las 11:00 h UTC preveía un viento de dirección 220º y velocidad 10 Kt. Visibilidad superior a 10 Km. Mucha nubosidad a 3000 Ft.

En el aeropuerto donde aterrizó, en horario próximo al que se produjo éste, se registraron los siguientes informes METAR, SPECI y TAFOR:

METAR LEGT 051200Z 19012G22KT 7000 RA SCT012 BKN017 BKN035 08/06 Q0999=

A las 12:00 h UTC el informe METAR pronosticaba un viento de dirección predominante de 190º con una velocidad de 12 Kt y ráfagas de 22 Kt. La visibilidad era superior a 7 Km. Había lluvia y nubosidad dispersa a 1200 Ft y nubosidad abundante entre 1700 Ft y 3500 Ft.

La temperatura era de 8 ° C, el punto de rocío de 6 ° C y el QNH de 999 HPa.

SPECI LEGT 051208Z 22015G25KT 170V250 2500 +RA FEW007 BKN014 BKN017 06/03 Q0999=

A las 12:08 h UTC el informe SPECI pronosticaba un viento de dirección predominante de 220º variable entre 170º y 250º, con una velocidad de 12 Kt y ráfagas de hasta 25 Kt. La visibilidad era de 2500 m. Había lluvia y poca nubosidad a 700 Ft y nubosidad abundante entre 1400 Ft y 1700 Ft.

La temperatura era de 6 ° C, el punto de rocío de 3 ° C y el QNH de 999 HPa.

TAF LEGT 051100Z 0512/0521 23010KT 9999 BKN030 PROB30 TEMPO 0512/0519 23015G25KT TEMPO 0512/0521 4000 RA SHRA SCT040TCU PROB30 TEMPO 0512/0519 3000 TSRA SCT040CB=

El informe TAFOR de pronóstico de aeródromo emitido a las 11:00 h UTC con validez desde las 12:00 UTC hasta las 21:00 UTC, preveía un viento de dirección 230º, y velocidad 10 Kt. Visibilidad superior a 10 Km y mucha nubosidad a 3000 Ft.

Ráfagas de velocidad variable entre 15 Kt y 25 Kt entre las 12:00 UTC y las 19:00 UTC, lluvia y chubascos y nubosidad a 4000 Ft, así como también cúmulos a esa altitud y cumulonimbos.

1.8. Ayudas a la navegación

En el aeropuerto de Madrid-Barajas, la pista 18 L cuenta con un ILS/DME de categoría III disponible las 24 h que está en el punto de coordenadas 40º 31' 31.5" N - 003º 33' 29.6" O, cuyo DME está situado a 585 m de elevación.

El aeropuerto de Madrid Getafe cuenta con un VOR que emite en frecuencia 112,050 MHz durante las 24 h, situado en el punto de coordenadas 40º 17' 23,4" N – 003º 43' 34,2" O y una elevación de 624 m.

También tiene un NDB que emite durante las 24 h en la frecuencia 421,0 MHz situado en el punto de coordenadas 40º 11' 59,2" N – 003º 50' 39,4" O.

Para el aterrizaje tiene un ILS de categoría para la pista 23, igualmente disponible las 24 h cuyo localizador está en el punto de coordenadas 40º18' 12,7" N - 003º 42' 40,7" O, que emite en frecuencia 338,8 MHZ. El localizador tiene una elevación de 252 m.

1.9. Comunicaciones

El resumen de las comunicaciones más relevantes es el siguiente:

- A las 14:39 h desde la torre del aeropuerto de Madrid-Barajas (TWR) contactaron con el servicio de aproximación (APP) y les dijeron que había un tráfico que no sabían lo que le pasaba, que tenía problemas con algunos equipos y que había intentado aterrizar en Madrid-Barajas sin conseguirlo. Además, desde la torre también le preguntaron a aproximación que visibilidad había.
- En los minutos posteriores intercambiaron información meteorológica e informaron de que le iban a enviar al aeropuerto de Madrid Getafe.
- A las 14:44 h TWR comentó a APP que había cambiado la información meteorológica y que había visibilidad de 10000 m, por lo que si iba a poder aterrizar en el aeropuerto de Madrid-Barajas.
- A las 14:45 h hay una conversación entre TWR y el CAO en el que le informa de que el avión está haciendo esperas, que ha pedido el informe METAR, pero que todavía no se sabe dónde va a aterrizar.
- A las 14:46 h el servicio APP habló con la torre del aeropuerto de Getafe (TWR GE) y desde esta posición les dijeron que el avión volaba a 270 Kt, que era mucha velocidad y que estaba haciendo esperas. Le preguntaron por qué no tomaba de emergencia en Madrid-Barajas y les contestaron que no veían el campo. Les dicen que tiene todos los tráficos parados, que se ha aproximado dos veces, pero no ha querido tomar y que no hablan bien inglés y no son capaces de decir cuál es la emergencia que tienen.

- A las 14:47 h desde TWR GE comunican con otra aeronave y dicen que tiene en servicio la pista 23 y viento de dirección 260º y 13 Kt.
- A las 14:19 h APP comunica con TWR GE y le dice que se lo va a enviar para que tome por la pista 23. Desde TWR GE le dicen que le autoricen, les preguntan cuál es el tipo de aeronave y a continuación contactan con los bomberos de aeropuerto para informarles de la emergencia y del tipo de aeronave de la que se trata.
- A las 14:51 h se produjeron varias conversaciones entre el director de escena y los bomberos del aeropuerto de Madrid Getafe en las que preparaban la emergencia.
- A las 14:52 h desde TWR GE contactaron con el avión y le informaron del viento (250º y 14 Kt) y le autorizaron a aterrizar en la pista 23. La tripulación colacionó.
- A las 14:54 h se produjo el aterrizaje y se autorizó a los bomberos a cruzar la pista para tomar posición cerca del avión.

1.10. Información de aeródromo

1.10.1. Aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas

Según la información recogida en la *Publicación de Información Aeronáutica* de ENAIRE, AIP, el aeropuerto de Madrid-Barajas está situado 13 Km al noreste de la ciudad y tiene categoría 4E[2] de acuerdo a la denominación de la OACI.

Su punto de referencia tiene una elevación de 609 m (1998 Ft) y dispone de cuatro pistas paralelas dos a dos designadas con 18R/36L, 18L/36R, 14R/32L y 14L/32R.

Cuando el aeropuerto opera en configuración norte, las pistas designadas como 36 se utilizan para despegues y las designadas como 32 para aterrizajes. Cuando opera en configuración sur, las pistas designadas como 14 se usan para despegues y las designadas como 18 para aterrizajes.

La oficina de información meteorológica está abierta 24 h.

1.10.2. Base Aérea de Madrid Getafe

De acuerdo con la información recogida en la *Publicación de Información Aeronáutica* de ENAIRE, AIP, la Base Aérea de Madrid Getafe, LEGT, es un aeropuerto militar que está situado 15 Km al suroeste de la ciudad. su punto de referencia el de coordenadas 40º 17’ 39” N – 3º 43’ 25” O, con una elevación de 619 m.

[2] El número 4 implica una longitud mínima necesaria del campo de referencia de 1800 m y la letra E que las aeronaves que pueden operar deben tener una envergadura entre 52 m y 65 m y vía máxima entre 9 m y 14 m.

Tiene una pista designada como 5 – 23 de 2477 m de longitud y 60 m de anchura. El circuito de aeródromo se realiza al sur de la pista.

Dispone de una oficina meteorológica que está abierta los lunes de 5:00 h a 20:00 h y los viernes de 5:00 h a 19:00 h, estando el resto del tiempo abierta según las necesidades de la unidad. Emite informes METAR cada hora e informes TAFOR cada 9 horas.

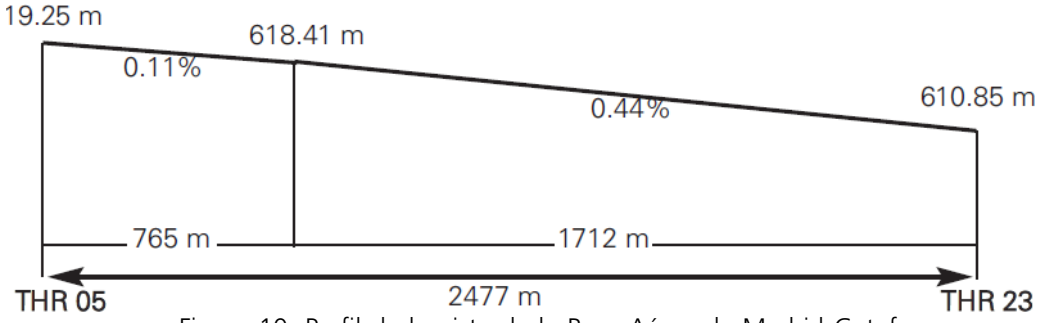


Figura 10. Perfil de la pista de la Base Aérea de Madrid Getafe

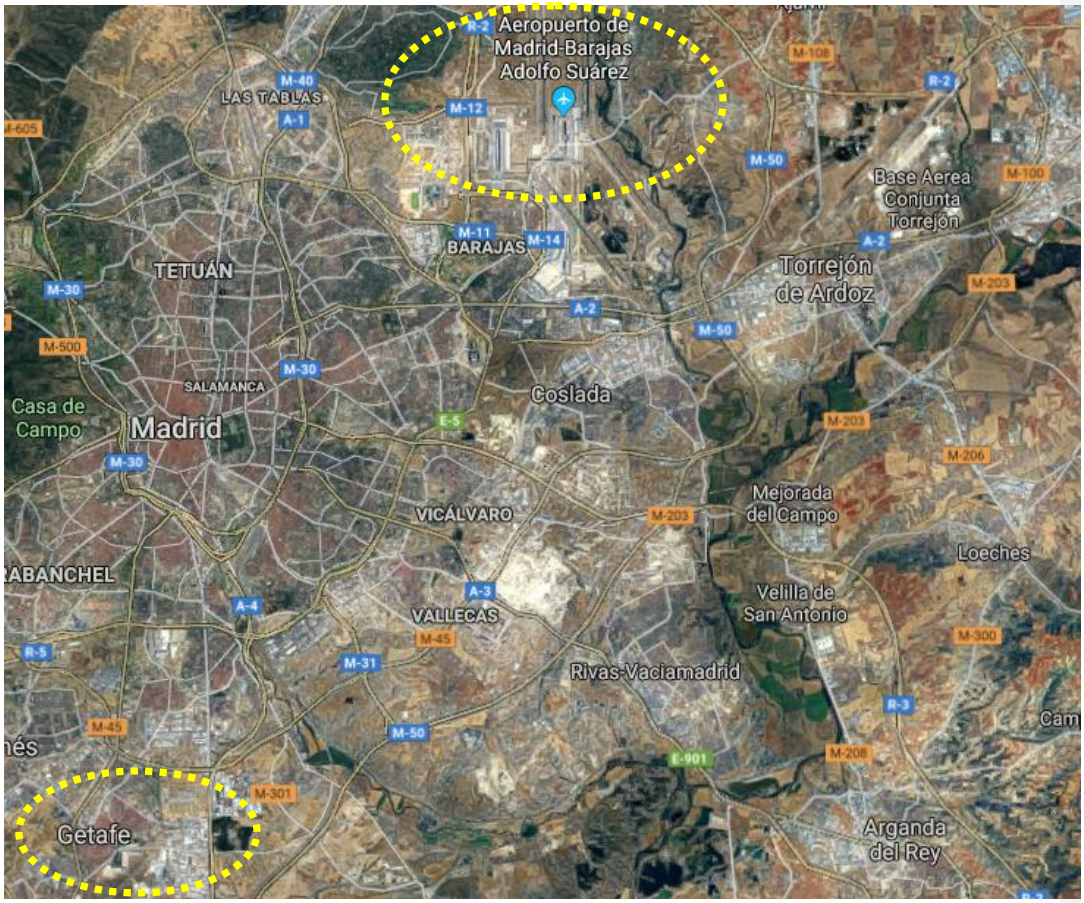


Figura 11. Posición relativa del aeropuerto de Madrid Barajas y la Base Aérea de Getafe

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave llevaba un registrador de datos de vuelo (FDR) y otro de voces en cabina (CVR) que se recuperaron el 11 de abril de 2019 de sus respectivos alojamientos en la parte trasera del avión y se descargaron en el laboratorio de la CIAIAC.

1.11.1. Registrador de datos de vuelo (FDR)

El FDR era modelo L3 FA 2100 con número de parte (PN) 2100-4043-00 y número de serie (SN) 000001514.

Una vez extraídos los datos y transformados en unidades de ingeniería en el laboratorio de la CIAIAC se constató que el arranque de motores tuvo lugar a las 13:58:17 h y el FDR empezó a grabar a las 13:58:29 h, momento que se corresponde con el arranque del motor derecho.

El avión empezó a moverse a las 14:01:39 h y a las 14:14:54 h comenzó la carrera de despegue por la pista 14 L y se fue al aire a las 14:15:26 h con la intención de realizar la salida estándar SID RBO1U, que contiene los puntos de paso MD050 con rumbo 143°, MD051 con rumbo 117° y RBO con rumbo 9°.

El director de vuelo del lado izquierdo (FD B) estuvo conectado (ON) durante todo el vuelo, mientras que el director de vuelo del lado izquierdo (FD A) estuvo desconectado (OFF) durante todo el vuelo.

El despegue se realizó con los flaps desplegados 5° hasta los 4700 Ft[3] y 204 Kt GS (llevaba CAS 202 Kt) en que pasó a tenerlos desplegados 1°. Los retrajo cuando alcanzó 4200 Ft, llevando 305 Kt GS (llevaba CAS 235 Kt).

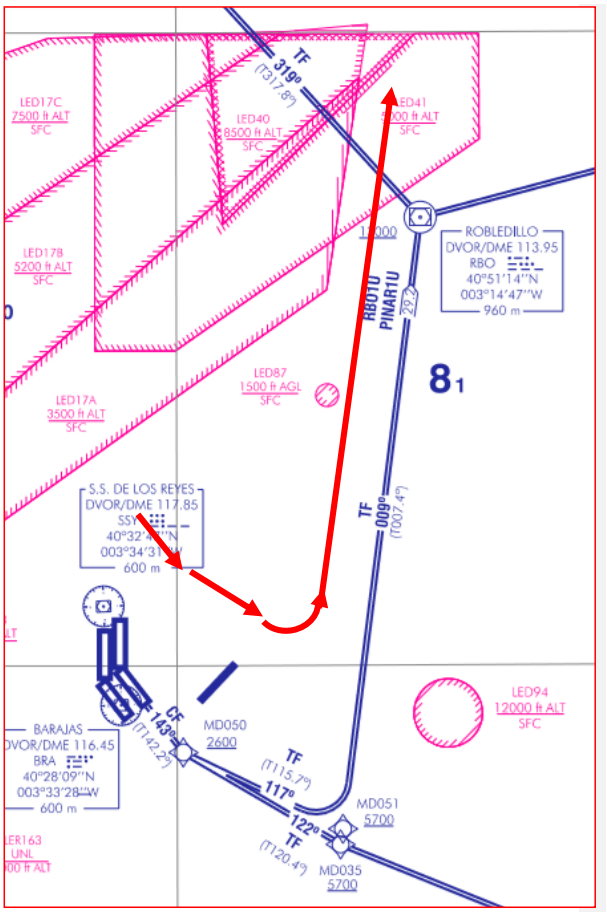


Figura 12. Salida SID RBO1U desde pista 14 L

En el intervalo entre flaps 1° y retraídos se iniciaron los virajes hacia el Norte y posteriormente al Noroeste, con variaciones de altura entre los 4000 Ft y 5000 Ft.

[3] Las altitudes están referidas a la altitud de presión.

A las 14:15:31 h quedó replegado el tren delantero y a las 14:15:33 h el tren principal.

A las 14:15:43 h se activó el sistema de navegación lateral (LNAV *engaged*) durante 1 s, justamente al cruzar 2852 Ft de altitud de presión, en ascenso.

A las 14:15:58 h, cuando estaba a 3400 Ft de altitud de presión (PA) se activó el modo N1 del acelerador (ATHR), pasando el indicador de revoluciones del compresor n1 de 94 % a 92 %. Este modo se mantuvo activado hasta las 14:17:32 h, quedando grabada a esa hora una desconexión manual del ATHR.

A las 14:16:02 h, cuando pasaba por los 3500 Ft PA el FDR registró un intento de activación del piloto automático del lado derecho (AP B) al modo COMMAND (CMD) durante 8 s. El FDR no registró ningún otro intento de conexión de los mismos durante esta fase.

La GS se mantuvo en torno a los 170 Kt y el *pitch* en torno a los 18º hasta que alcanzó los 4100 Ft PA, a las 14:16:14 h. En ese momento el *pitch* se dio a valores entre los 8º y los 10º. Con la bajada de la parte delantera la velocidad aumentó hasta 260 Kt GS (llevando CAS 207 Kt), que alcanzó a las 14:16:50 h cuando se encontraba a 4900 Ft PA.

A las 14:16:26 h el registrador grabó MCP SPEED FCC activado al pasar 4384 Ft PA con 188 Kt de velocidad respecto al suelo (GS). En ningún momento se activó el AT MCP SPEED. Es decir, se activó en el panel de control de modos la velocidad que el ordenador de control de vuelo había seleccionado, pero no en la palanca del acelerador.

A las 14:16:50 h, el rumbo comenzó a decrecer indicando virajes hacia el Norte con cambios en altitud en el intervalo entre 4000 Ft y 5000 Ft (la mayoría del tiempo se mantuvo en torno a los 4500 Ft).

A partir de las 14:17:58 h coincidiendo con los inicios del viraje a rumbo norte, el ángulo de cabeceo (*pitch*) era de 3º positivos (hacia arriba - ANU), y se observan variaciones de n1 entre 90 % y 81 %.

A las 14:17:34 h la velocidad alcanzó picos de 394 Kt GS (con una CAS 283 Kt), el ángulo cabeceo (*pitch*) registró valores negativos de hasta -11º (hacia abajo - AND) y hubo variaciones negativas en la altitud. En ese momento se desconectó el AT, y se redujo n1 hasta alcanzar valores de 37 % La velocidad comenzó a reducirse desde su pico máximo de 410 Kt GS (a las 14:17:42 h) a 312 Kt GS (14:18:14 h).

Durante ese intervalo de tiempo el registrador grabó parámetros de velocidad GS de entre 260 Kt y 410 Kt, manteniendo la mayoría del periodo velocidades en torno a los 300 Kt.

Se mantuvo en rumbos próximos al Norte hasta las 14:21:22 h, momento en el que empezó a virar hacia su izquierda para interceptar el localizador de la pista 18 L, pero realizó un viraje demasiado amplio y por ello no pudo interceptar correctamente el localizador desde el lado izquierdo (visto desde la posición de cabina), que es desde donde venía para interceptarlo posteriormente desde el lado derecho, aproximadamente a las 14:23:10 h, cuando su altitud era de 5536 Ft y su velocidad 266 Kt GS (llevando CAS 220 Kt).

Posteriormente siguió ascendiendo hasta las 14:23:36 h y alcanzó los 5964 Ft, llevando una velocidad de 268 Kt GS y un rumbo de 176º, porque tenía dificultades para mantener la altitud correcta y la posición respecto del localizador y de la senda del ILS.

Fue bajando manteniendo la razón de descenso y las mismas desviaciones de localizador y senda hasta las 14:25:43 h, que alcanzó la altitud mínima de 3296 Ft y se puede considerar como el instante en el que frustró la primera aproximación.

Por indicación de los servicios de control viró a rumbo 110º, llevando una velocidad de 276 Kt GS.

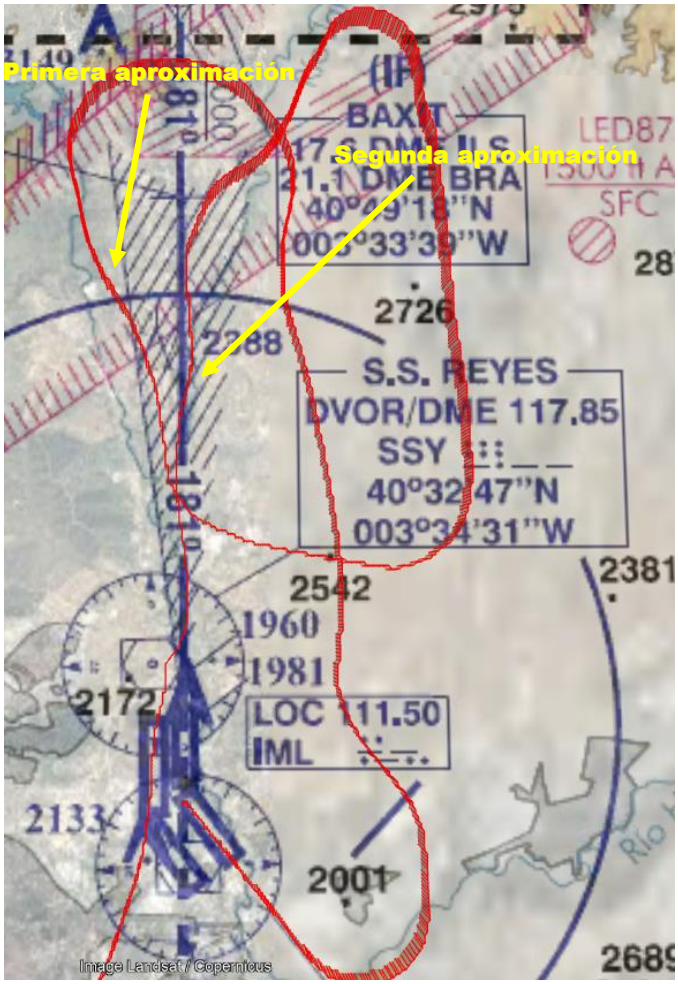


Figura 13. Aproximaciones frustradas a la pista 18 L

Continuó ascendiendo mientras viraba a su izquierda y a las 14:27:36 h se posicionó en rumbo norte, con una velocidad de 314 Kt GS, manteniendo ese rumbo durante 1:38 minutos mientras ascendía, pero no de manera continua.

A las 14:29:14 h empezó a virar a su izquierda con variaciones importantes de la altitud.

A las 14:30:10 h, cuando se encontraba a 4989 Ft con una velocidad de 272 Kt GS y rumbo 279º inició un nuevo ascenso hasta alcanzar los 5784 Ft, a las 14:31:02 h volando con rumbo 206º y velocidad 170 Kt GS, que es cuando se puede considerar que inició la segunda aproximación a LEMD.

Durante todo el ascenso posterior al primer intento de toma de tierra, fue incrementando el ángulo de los flaps, primero a 5º y luego a 10º, que es en la posición en la que estaban cuando inició el segundo descenso.

A las 14:33:03 h estaba desplegado el tren delantero y 2 s después el tren principal.

A las 14:36:51 alcanzó la altitud mínima de 2604 Ft y frustró por segunda vez la toma de tierra. Llevaba rumbo 203º y velocidad 176 Kt GS siguieron teniendo dificultades para mantener el localizador y la senda del ILS. Durante el descenso desplegó los flaps hasta la posición de 15º primero y luego los sacó totalmente, que se corresponde con una deflexión de 30º.

Una vez que frustró la maniobra empezó a ascender a la vez que viraba a su derecha y se dirigió a la Base Aérea de Getafe (LEGT), después de que fuera desviado por los servicios de control. Los flaps los desplegó a las 14:23:42 h, durante el primer intento de aterrizaje en LEMD y los mantuvo sacados con distintas posiciones, hasta las 14:37:48 h, momento en el que ya estaba ascendiendo mientras se dirigía a LEGT después de haber frustrado por segunda vez.

A las 14:41:42 h alcanzó la altitud de 7.864 ft, que era fue la máxima de todo el vuelo e inició el descenso hacia la pista 23 de LEGT llevando rumbo 229º y velocidad 298

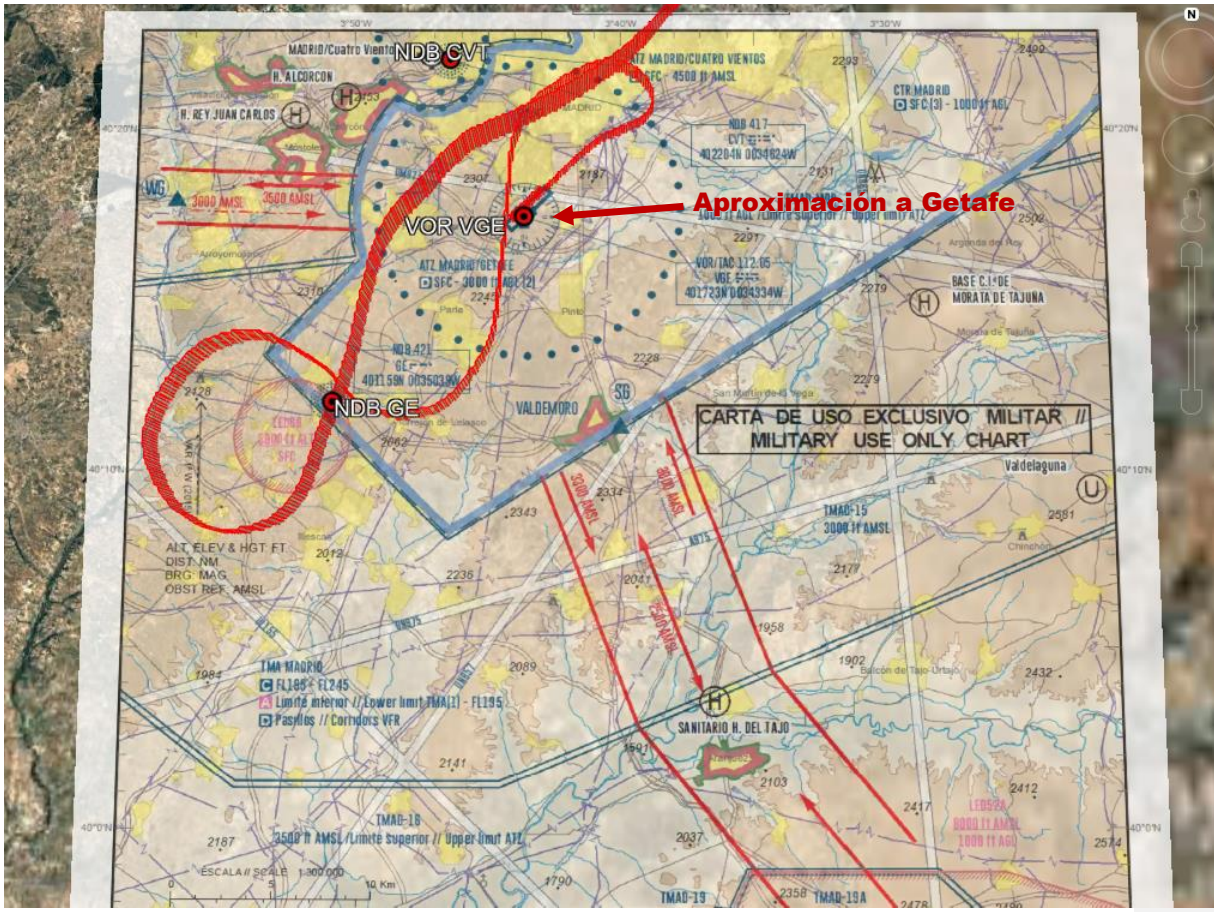


Figura 14. Aproximación a la pista 23 de Getafe

El descenso se produjo con pequeñas variaciones de la velocidad y el rumbo hasta las 14:44:31 h en las que comenzó a ascender de nuevo mientras se desviaba a la derecha.

Entre las 14:44:31 h y las 14:47:09 h estuvo orbitando al sur de la pista en las proximidades de la baliza denominada GE con una altitud entre 6688 Ft y 6440 Ft sin llegar a desplegar los flaps.

Siguió virando a la izquierda mientras continuaba descendiendo para posicionarse a viento en cola derecha de la pista 23.

Desplegó los flaps a las 14:49:24 h. Primero 1º y sucesivamente 5º, 15º y 30º que es como los llevaba cuando aterrizó.

A las 14:50:43 h se puso en rumbo de pista (229º) volando con 170 Kt GS y estando a 3520 Ft de altitud y finalmente aterrizó a las 14:52:28 h con una velocidad de 160 Kt GS (llevando CAS 145 Kt).

1.11.2. Registrador de voces en cabina (CVR)

El CVR también se extrajo de su alojamiento el mismo día que el FDR. Se trataba de un modelo HONEYWELL con Número de Parte (PN) 980-6022-001 y Número de Serie (SN) 04870.

Se descargaron cuatro canales de audio en el laboratorio de la CIAIAC, pero el vuelo del incidente no estaba registrado, desconociéndose cuál fue el motivo por el que no quedaron grabados los canales referidos al incidente.

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

El aterrizaje en la Base Aérea de Madrid-Getafe se produjo con normalidad, sin que hubiera daños a la aeronave ni resultase herido ninguna de las personas que iba a bordo.

1.13. Información médica y patológica

No es aplicable para este suceso.

1.14. Incendio

No hubo incendio.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Durante los intentos de aterrizaje en el aeropuerto de Madrid-Barajas se declaró emergencia y alerta local, situándose los bomberos en posición para posible asistencia en la pista 18 L.

En el aeropuerto de Madrid-Getafe los bomberos se desplegaron para asistir durante el aterrizaje por la pista 23 y colaboraron en el desembarco del pasaje, para lo cual desplegaron una plataforma telescópica elevadora y una escalera de embarque accionada hidráulicamente, así como también un equipo móvil para suministra energía eléctrica (*Ground Power Unit* – GPU).

1.16. Ensayos e investigaciones

No ha sido necesario llevar a cabo ensayos ni investigaciones especiales.

1.17. Información sobre organización y gestión

No es aplicable.

1.18. Información adicional

El operador realizó un informe sobre la investigación del suceso en el que se realizaron recomendaciones relacionadas con:

- Práctica de vuelo en manual sin la ayuda de automatismos incluyendo escenarios de meteorología adversa.
- Revisión de los procesos de toma de decisiones y cooperación de la tripulación.
- Entrenamiento CRM adicional para la tripulación e incompatibilidad entre los dos tripulantes para que formen parte de la misma tripulación.
- Seguimiento de los defectos relacionados con el sistema del piloto automático.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No ha sido necesario emplear técnicas de investigación especiales.

2. ANÁLISIS

Al analizar este suceso lo primero que hay que destacar es que el hecho de que quedasen inoperativos los pilotos automáticos de ambos lados no impedía el poder realizar el vuelo en modo instrumental, ya que la tripulación dispuso en todo momento de los instrumentos necesarios para poder llevar a cabo un vuelo de estas características, es decir tenían el horizonte artificial, el altímetro, el variómetro, el anemómetro, la brújula, el indicador de inclinación y coordinación de viraje (bastón y bola) y los instrumentos de motor (presión de admisión y medidor de relación de presión o E.P.R).

Los miembros de la tripulación, poseían la habilitación para vuelo instrumental y a tenor de la información recabada, tenían mucha experiencia, tanto en general, como en el tipo.

En el caso del comandante, contaba con habilitación de instructor de vuelo TRI(A) del tipo, lo que significa que no solo conoce muy bien el avión, sus sistemas y su operación, sino que además debe de saber explicarlo, es decir, transmitirlo durante el entrenamiento a otros miembros de la tripulación en el ámbito de la operación y también a otros pilotos en general en lo que al ámbito de la instrucción se refiere.

Se entiende por tanto que si era el copiloto el que llevaba los mandos (PF) fue porque el comandante detectó que el cursor de indicación de velocidad (*Air speed cursor flag*) aparecía como inoperativo en su lado y como es el comandante, quien debe conocer muy bien todos los sistemas de la aeronave, pudo pensar que la computadora de vuelo (*flight computer*) estaba afectada y por lo tanto habilitaron la computadora del otro lado para realizar el vuelo.

Al estudiar los datos grabados en el registrador (FDR) no ve que se intente activar el piloto automático del lado del comandante (*autopilot* A) y se pudo constatar que el director de vuelo del mismo lado (F/D A) estuvo apagado (*off*) desde el comienzo del vuelo, aunque debería haber estado activado (*on*), ya que director de vuelo es independiente del piloto automático. La tripulación había configurado la cabina para que fuera tanto el piloto automático como el director de vuelo del lado del copiloto fuera el que actuara como maestro, es decir que lo posicionaron primero para que en ambos casos el del lado derecho, el que guiase la acción. Los dos pilotos automáticos quedaron inoperativos, pero en el caso de que ambos directores de vuelo hubieran estado encendidos habrían tenido en los dos lados las indicaciones del lado derecho.

No obstante, en los datos grabados por el registrador la presentación del director de vuelo en el lado izquierdo aparece como apagada, lo cual indica que el comandante no tenía guía del director de vuelo en su lado.

Los datos registrados por el FDR indican claramente que tuvieron muchas dificultades para mantener los parámetros fundamentales del vuelo (altitud, velocidad, rumbo, etc.).

Donde más se aprecia este hecho es al analizar los virajes.

Las malas condiciones meteorológicas complicaron la operación.

En el entorno del aeropuerto de Madrid-Barajas había turbulencias y abundante nubosidad entre los 2000 Ft y los 4000 Ft, que le impedían realizar una aproximación visual con garantías suficientes, y probablemente no tenían la pista a la vista.

Cuando realizó el segundo intento de aterrizaje fallido fue desviado a la Base aérea de Madrid Getafe, probablemente porque los servicios de control estimaron que un tercer intento suponía un problema de demoras y un riesgo de seguridad para el resto de tráficos que se aproximaban al aeropuerto de Madrid-Barajas, pero no porque las condiciones meteorológicas fueran claramente mejores en el aeropuerto de Madrid Getafe. Las nubes estaban igualmente bajas, pero tal vez eran algo más escasas en superficie. Ello contribuyó a facilitar el aterrizaje.

Cabe destacar también la comunicación efectuada a las 14:46 h entre el servicio de aproximación (APP) y la torre de la Base aérea de Getafe (TWR GE) en la que los primeros informaron de que la tripulación no hablaba bien inglés y no eran capaces de decir con claridad cuál era la emergencia que tenían.

La calificación en cuanto al nivel de inglés era 4, lo que debería haber sido suficiente para poder comunicar correctamente cual era el problema que les había surgido.

La dificultad en mantener parámetros básicos del vuelo porque no contaban con automatismos lleva a pensar que tanto la toma de decisiones, como la cooperación de la tripulación tampoco fue la más adecuada.

Todos estos aspectos, que podrían ser objetos de alguna recomendación, ya fueron apuntados por el operador en el informe que realizó de la investigación, por lo que no se considera necesario llevar a cabo ninguna recomendación adicional.

El operador también asumía la necesidad de realizar un seguimiento de los defectos relacionados con el sistema del piloto automático.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

- La aeronave despegó por la pista 14 L del aeropuerto de Madrid-Barajas (LEMD).
- El destino era el aeropuerto de Kaunas (EYKA) en Lituania.
- A bordo iban dos pilotos, seis tripulantes de cabina de pasajeros y cincuenta y siete pasajeros.
- La documentación de la aeronave estaba en vigor.
- El comandante, contaba con habilitación de instructor de vuelo TRI(A).
- Los dos miembros de la tripulación tenían anotado nivel de inglés 4 en sus respectivas licencias.
- La tripulación tenía sus licencias y certificados médicos en vigor.
- El piloto automático del lado izquierdo estaba inoperativo antes del despegue.
- La MEL permite operar con el piloto automático del lado izquierdo inoperativo.
- El piloto automático del lado derecho estaba configurado para que se viera en las dos posiciones.
- Durante el ascenso quedó inoperativo el piloto automático del lado derecho.
- La tripulación tomó la decisión de regresar al aeropuerto de partida cuando quedaron inoperativos los dos pilotos automáticos.
- El director del vuelo del lado derecho estaba configurado para que se viera en las dos posiciones pero no llegaron a activarlo.
- No fueron capaces de comunicar con claridad a los servicios de control cuál era la clase de avería que tenían.
- Realizaron dos intentos de aterrizaje en condiciones IFR por la pista 18 L del aeropuerto sin conseguirlo.
- Los servicios de control desviaron el vuelo a la Base aérea de Madrid Getafe (LEGT) porque las condiciones meteorológicas eran mejores.
- Aterrizaron en la Base aérea de Madrid Getafe al primer intento.

3.2. Causas/Factores contribuyentes

La investigación ha determinado que el incidente se produjo por las dificultades de la tripulación para operar la aeronave en condiciones de vuelo instrumental tras la pérdida de los dos sistemas de vuelo automático de la aeronave.

4. RECOMENDACIONES

Ninguna.

ANEXO 1. DESCRIPCIÓN DEL PILOTO AUTOMÁTICO

A. Vuelo automático (Auto Flight). Descripción y operación general.

De acuerdo con el *Manual de mantenimiento de la aeronave* (AMM), en el B737 500, el sistema de control de vuelo automático (*Automatic Flight Control System* - AFCS) constan de tres subsistemas independientes:

- El sistema de control de vuelo digital (*Digital Flight Control System* - DFCS).
- El sistema amortiguador de guiñada (*Yaw damper system*).
- El sistema de empuje automático (*Autothrottle system*).

Estos sistemas proporcionan control del avión y estabilización automática del mismo sobre los ejes de cabeceo y guiñada.

El DFCS es un sistema de dos ejes (cabeceo y balanceo) que opera los elevadores y los alerones para mantener automáticamente la altitud, la velocidad indicada y guiar el avión, así como realizar aterrizajes en automático. Las funciones de control también se traducen en comandos del director de vuelo representados en las pantallas de indicación EADI (*Electronic Attitude Direction Indicator*) de los pilotos, proporcionando así guía de mando durante la operación manual o permitiendo la monitorización de la operación del piloto automático.

El sistema de empuje automático, mantiene el número de *mach* o la velocidad indicada que previamente se ha seleccionado durante el crucero y también mantiene las configuraciones de empuje del motor seleccionadas previamente, al realizar despegues controlados por el director de vuelo o aproximaciones y aterrizajes controlados por el piloto automático - director de vuelo, ajustando las palancas de empuje del motor.

El sistema de control de vuelo digital SP300 (DFCS) equipado a bordo del B737 500, incluye las siguientes funciones siguientes:

- Piloto automático
- Director de vuelo
- Ajuste del número de mach (*Mach Trim*)
- Ajuste de la velocidad (*Speed Trim*)
- Alerta de altitud

Los dos canales DFCS son independientes, de manera que las indicaciones del director de vuelo para el comandante provienen de la computadora de control de vuelo (*Flight Control Computer* A - FCC A) y las indicaciones del director de vuelo para el copiloto son de la computadora de control de vuelo (*Flight Control Computer* B - FCC B).

El propósito de la computadora de control de vuelo (FCC), es aceptar las señales de entrada (*inputs*) de los distintos modos y las señales de los sensores, procesarlos y proporcionar salidas de mando a las superficies de control, es decir a los alerones, el timón de profundidad y al timón de dirección. Las dos FCC son idénticas e intercambiables.

A continuación, se muestra un extracto del AMM que representa un esquema del sistema de control de vuelo digital.

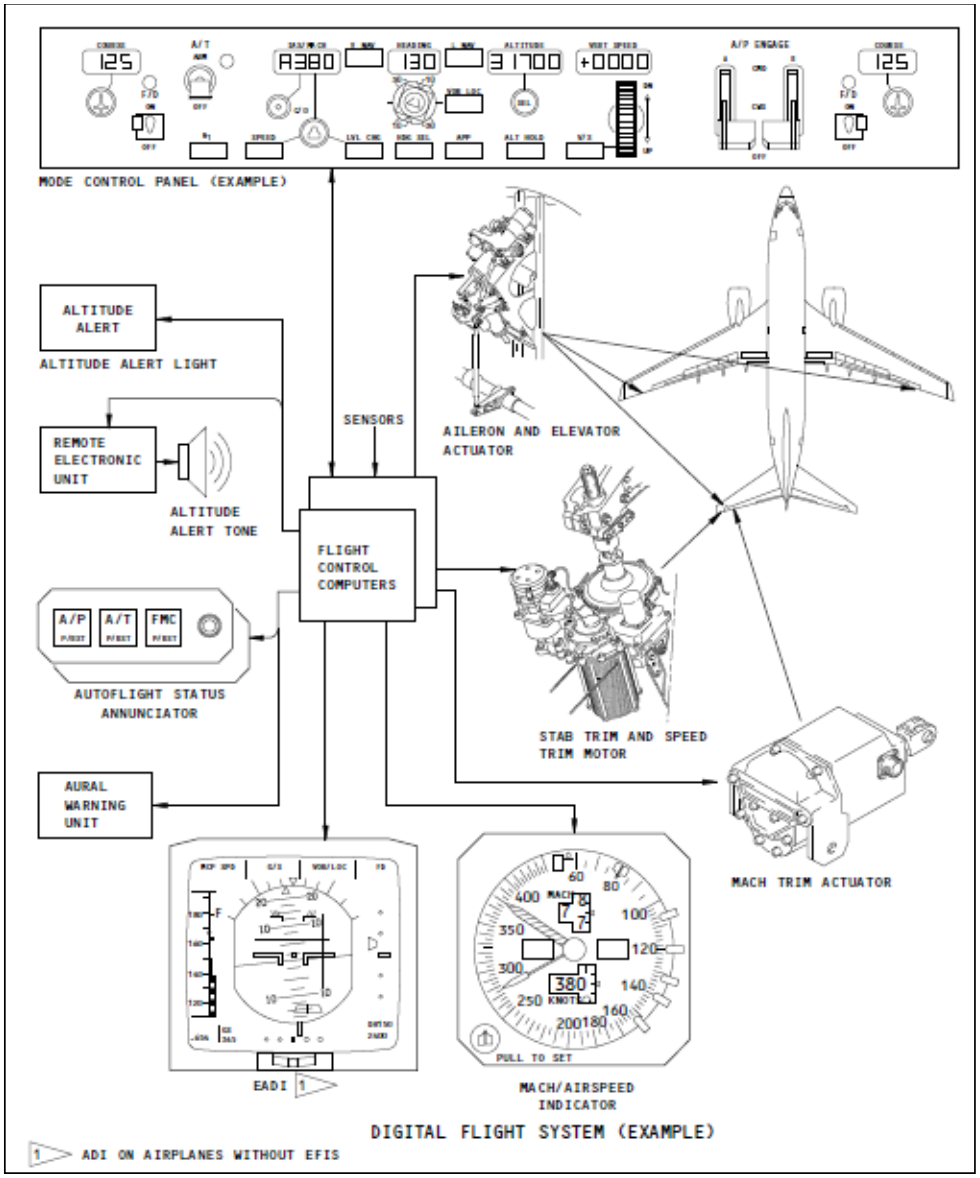


Figura 2. Esquema del Sistema de control de vuelo digital sacado del AMM

B. Indicadores de velocidad de *Mach / Airspeed*

Los pilotos reciben desde su respectiva computadora de datos de aire (*Air Data Computer*), los datos para la información de velocidad indicada, de número de *mach* y

la velocidad máxima de operación (Vmo) a través de dos indicadores eléctricos de Mach/ Velocidad indicada (*Mach / Airspeed indicator*).

El cursor de velocidad que se encuentra en estos indicadores, es una marca móvil que indica la velocidad seleccionada, pudiendo posicionarse en modo automático o manual según se actúe en el control del cursor de velocidad (*Airspeed Cursor Control*).

En modo automático, se puede posicionar a través de su respectiva computadora de control de vuelo (FCC), utilizando las entradas de la computadora de gestión de vuelo (FMC) o del selector de velocidad en el panel de control de modos (*Autopilot Flight Director System* – AFDS).

Cada cursor de velocidad también se puede posicionar manualmente.

El control del cursor de velocidad (*Airspeed Cursor Control)* tiene dos posiciones:

- Presionado (*push in*) para seleccionarlo en modo automático.
- Sacado (*push out*) para ponerlo en modo manual.

La bandera del cursor de velocidad, aparece representada cuando estando en modo automático, las señales del cursor de velocidad determinadas por el AFDS FCC no son fidedignas.

En la figura 3 se reproduce un extracto del *Manual de vuelo* (FCOM) del B-737 500 en el que se resaltan estos tres elementos en el indicador de Mach/Velocidad aérea (*Mach/ Airspeed indicator*), que son el control del Cursor de velocidad (*Airspeed Cursor Control* - Nº 5), el Cursor de velocidad (*Airspeed Cursor* - Nº 6), la Bandera del Cursor de velocidad (*Airspeed cursor flag* - Nº 9).

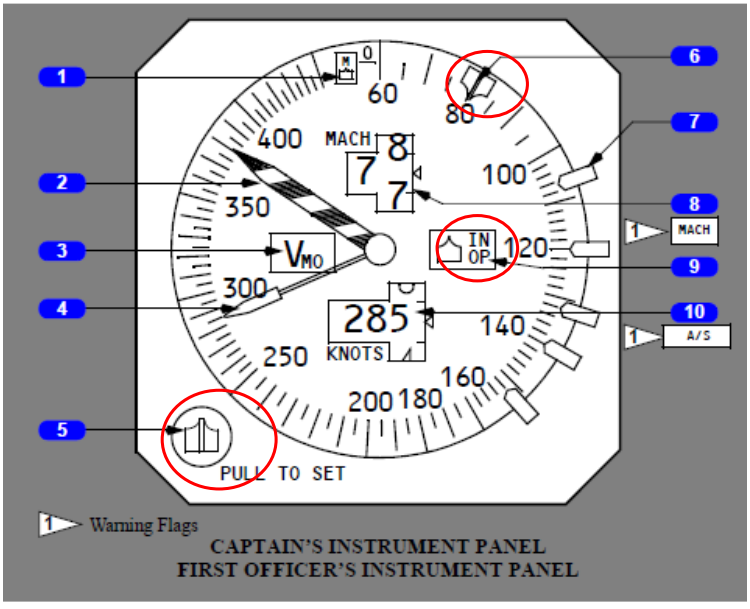


Figura 3. Indicador de velocidad

5 Airspeed Cursor Control

Si está presionado (*push in*), está en modo automático y entonces el cursor de velocidad aérea está posicionado a través del AFDS FCC.

Si está sacado (pull out) está en modo manual y el cursor de velocidad aérea se posiciona girando el control.

6 Airspeed Cursor

Se puede posicionar manual o automáticamente en función de la selección realizada a través del control del cursor de velocidad (*Airspeed Cursor Control*).

9 Airspeed Cursor Flag - Bandera del Cursor de Velocidad

En modo manual está retraída y en modo automático está a la vista cuando las señales del cursor de velocidad determinadas por el AFDS FCC no son fidedignas.

Figura 4. Fotografía del indicador de velocidad

C. Sistema de piloto automático y Director de Vuelo - *Autopilot Flight and Director System*.

El sistema de piloto automático y director de vuelo, AFDS (*Autopilot Flight Director System*), es dual y consiste en dos computadoras de control de vuelo (FCC) y un panel de control de modos (*Mode Control Panel* - MCP).

Para la operación del piloto automático (A/P), Las FCC, identificadas como A y B, envían señales de control a sus respectivos servos hidráulicos de cabeceo y alabeo, que operan los controles de vuelo a través de dos sistemas hidráulicos separados. Para la operación del director de vuelo (F/D) cada FCC posiciona las barras del F/D en su respectivo ADI.

Criterio de activación del piloto automático (*Autopilot Engagement Criteria*)

Cada A/P puede activarse separadamente en los mandos (CMD o en el control de la rueda delantera (*Control Wheel Steering* – CWS). La selección en CMD o CWS está inhibida a menos que se cumpla que no se está aplicando fuerza a la columna de control y que el interruptor STAB TRIM AUTOPILOT cutout se encuentra en posición normal.

Si el piloto automático está activado en CMD, con uno o dos directores de vuelo (F/D) operando en modos de mando y las barras de mando del F/D (F/D command bars) no se encuentran centradas aproximadamente la ½ de la escala, el A/P se activa automáticamente en CWS para cabeceo y alabeo y las barras de mando del F/D desaparecen.

Flight Director Display

Al activar (ON) los interruptores de F/D, las barras de mando del mismo aparecen representadas en el ADI correspondiente, a condición de que los modos de cabeceo y alabeo estén activados. El F/D opera en los mismos modos de mando que el A/P con las siguientes consideraciones:

- El modo *takeoff* es un modo exclusivo de F/D.
- Para operaciones de un solo motor la guía dual del F/D se encuentra disponible.
- El F/D no tiene capacidad para indicar la recogida durante el aterrizaje. Las barras de mando del F/D desaparecen a aproximadamente 50 Ft de indicación del radioaltímetro durante una aproximación ILS.

Normalmente la FCC A, guía las barras de mando del comandante y la FCC B, guía las barras de mando del copiloto. Con ambos interruptores F/D encendidos, la lógica para los modos F/D de ambos pilotos está controlada por la FCC maestra, y los avisos de ambos modos de vuelo (FMA) muestran el mismo *status* de modo.

La FCC maestra se indica mediante la iluminación de la respectiva luz indicadora de F/D maestro (MA). La FCC maestra se determina de la siguiente forma:

- Cuando ningún A/P está activado en modo CMD, la FCC maestra es la asociada al primer F/D que se selecciona en ON.
- Con el A/P activado en CMD, la FCC asociada a este se corresponde con la FCC maestra, independientemente de que F/D se seleccione primero a ON.
- Con ambos A/P activados en CMD, la FCC asociada al primer A/P activado en CMD se corresponde con la FCC maestra, independientemente de que F/D se haya seleccionado primero.

Los modos de F/D están controlados por sus respectivas FCC bajo determinadas condiciones. Esta operación independiente ocurre cuando ninguno de los A/P están activados, ambos interruptores de F/D están en ON y existe una de las siguientes condiciones de modos:

- Modo APP activado con Localizador (LOC) y Senda (*Glide Slope* - G/S) capturados.
- Modo GA activado y por debajo de 400 Ft RA.
- Modo TO activado y por debajo de 400 Ft RA.

Esta operación independiente del F/D se indica por medio de las luces MA. Cuando la operación independiente termina, la luz MA se apaga en el lado esclavo.

AFDS *Status Annunciation* – Anuncio del estado del AFDS

El *display* que muestra el estado del A/P, localizado en el EADI, muestra los siguientes anuncios de estado del AFDS:

- CMD (uno o ambos A/P activos).
- FD (El F/D está ON y el piloto automático o bien OFF o bien en CWS).
- CWS P (Modo de cabeceo activado en CWS).
- CWS R (Modo de alabeo activado en CWS).

En la figura 5, sacada del FCOM, se muestran los anuncios de modos de vuelo (FMA)

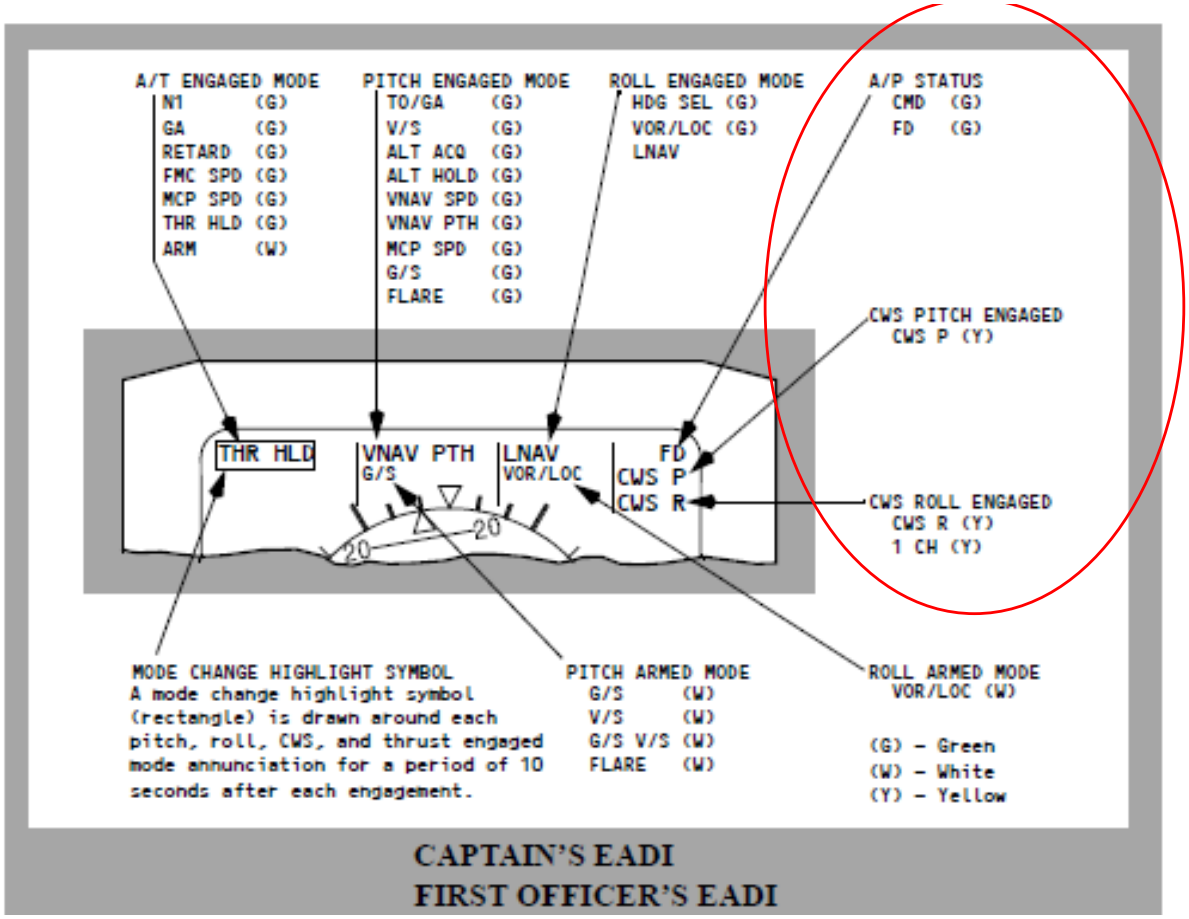


Figura 5. Avisos del Modo de Vuelo (FAM)

Controles de Autopilot / *Flight Director*

En la figura 6 se puede ver un extracto sacado del FCOM en el que se muestran los controles e indicaciones en el panel de control de Modo (MCP) referentes a la luz indicadora de *Flight Director maestro* (*Master* F/D), el interruptor de F/D y el mando de control del A/P ubicado en la MCP.

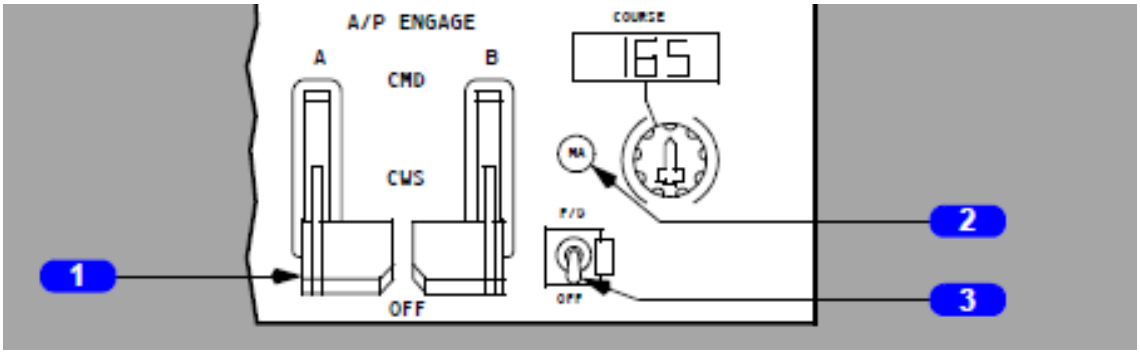


Figura 6. Controles e indicaciones en la MCP

❶ Mando de control del A/P (*Autopilot Engage Paddle*)

El modo CMD:

- Activa el A/P correspondiente.
- Posibilita todos los modos de mando (*command*).
- Representa CMD en el *display* de estado del A/P.
- Seleccionando el segundo A/P en CMD, desactiva el primer A/P seleccionado, a excepción de encontrarse en modo APP.
- Permite la operación CWS
  - CWS se activa si:
    - No están seleccionados modos de cabeceo o alabeo.
    - Se deseleccionan los modos de cabeceo o alabeo.
    - Se anulan manualmente los modos de cabeceo o alabeo a través de ejercer fuerza en la columna de control.

Durante la operación solamente con el F/D, cuando los mandos de cabeceo y alabeo indicados por este excedan la ½ de la escala desde el centro, al seleccionar CMD A o B, el A/P se activa en CWS para cabeceo y alabeo a la vez que las barras del F/D relacionado se retraen.

El modo CWS:

- Activa el A/P.
- Activa los modos de cabeceo y alabeo en CWS.
- Representa CWS P y CWS R en el *display* de estado del A/P.
- No representa CMD en el *display* de estado del A/P.
- Si los F/D están en ON representan guía de mando y se representa FD en el *display* de estado de del A/P. El A/P no sigue las indicaciones de mando mientras está en CWS.
- El control de cabeceo y alabeo del A/P, se controla por el piloto ejerciendo presión en la columna de mando.

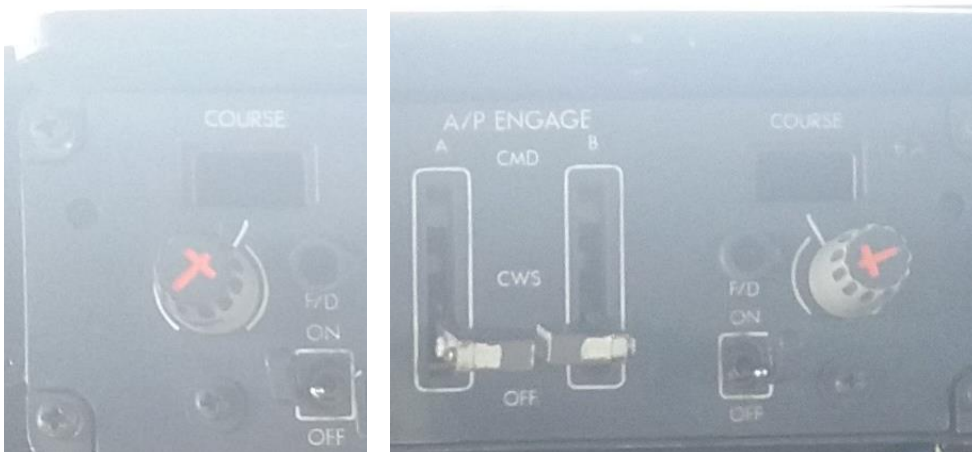


Figura 6. Mando de control del A/P (*Autopilot Engage Paddle*)

Cuando se alivia la presión sobre los controles, el A/P mantiene la actitud existente. Si se alivia la presión sobre los alerones con seis grados o menos de alabeo, el piloto automático nivela planos y mantiene el rumbo existente. La característica *heading hold* está inhibida:

- Por debajo de 1500 Ft de RA con el tren de aterrizaje extendido.
- Después de captura de LOC en modo APP.
- Después de captura de VOR con TAS de 250 Kt o inferior.

2 Luz indicadora de *Flight Director* maestro (*Master* F/D) - *Master* (MA) *Flight Director Indicators* (*white letters*)

Si el interruptor del F/D está en ON, la luz indica que FCC está controlando los modos del F/D.

- Iluminada – La FCC asociada está controlando los modos de F/D.
- Apagada – Los modos se controlan desde la FCC opuesta.
- Ambas luces iluminadas – Cada FCC controla los modos de su F/D asociado.

3 Interruptor de F/D - *Flight Director* (F/D) *Switch*

El interruptor izquierdo de F/D activa las barras de mando en el ADI del comandante. El interruptor derecho de F/D activa las barras de mando en el ADI del copiloto.

En la posición de encendido (ON)

- Permite la representación de las barras de mando en el ADI correspondiente.
- Las barras de mando aparecen representadas si los modos de mando de cabeceo y/o alabeo están activados.

- Representa FD en el *display* de estado del A/P si el A/P está en OFF o activado en CWS.
- En el suelo arma los modos de cabeceo y alabeo para su activación en TO/GA y HDG SEL cuando se pulsa el interruptor TO/GA.
- En el suelo arma los modos de cabeceo y alabeo para su activación en TO/GA y WINGS LEVEL cuando se pulsa el interruptor TO/GA.
- En vuelo con el A/P ON y los F/Ds OFF, seleccionando el interruptor de F/D a ON, el F/D se activa en los modos actualmente seleccionados en el A/P.

En la posición de apagado (OFF), las barras de mando se retraen del ADI respectivo.

D. Indicaciones SPEED TRIM FAIL y MACH TRIM FAIL

(10) SPEED TRIM Failure (FAIL) Light

Speed Trim System

El sistema *speed trim system* está diseñado para mejorar las características de vuelo durante las operaciones con pesos bajos, centros de gravedad traseros y alto empuje. Monitoriza los *inputs* de posición de estabilizador, posición de palancas de empuje, velocidad aérea y vertical para compensar el estabilizador. Opera más frecuentemente durante los despegues y maniobras de aproximación frustrada.

La luz SPEED TRIM FAIL, ubicada en el *forward overhead panel*, iluminada en ámbar indica:

- Fallo del sistema de *speed trim*.
- Fallo de un canal de la FCC cuando se activa el MASTER CAUTION *light recall* y la luz se extingue cuando se resetea el sistema MASTER CAUTION.

(11) MACH TRIM Failure (FAIL) Light

El sistema Mach Trim System proporciona estabilidad a alta velocidad (*speed stability*) cuando se vuela a números de mach elevados. La compensación por *mach* (*mach trim*) se realiza por encima de Mach 0,615, ajustando los elevadores respecto al estabilizador a medida que la velocidad se incrementa.

La luz MACH TRIM FAIL, ubicada en el panel delantero de la parte superior de la cabina (*forward overhead panel*), cuando está iluminada en color ámbar indica:

- Fallo del sistema de *Mach trim*
- Fallo de un canal de la FCC cuando se activa el MASTER CAUTION *light recall* y la luz se extingue cuando se resetea el sistema MASTER CAUTION.

En la figura 7, sacada del FCOM se ve la ubicación de las luces en el dicho panel.

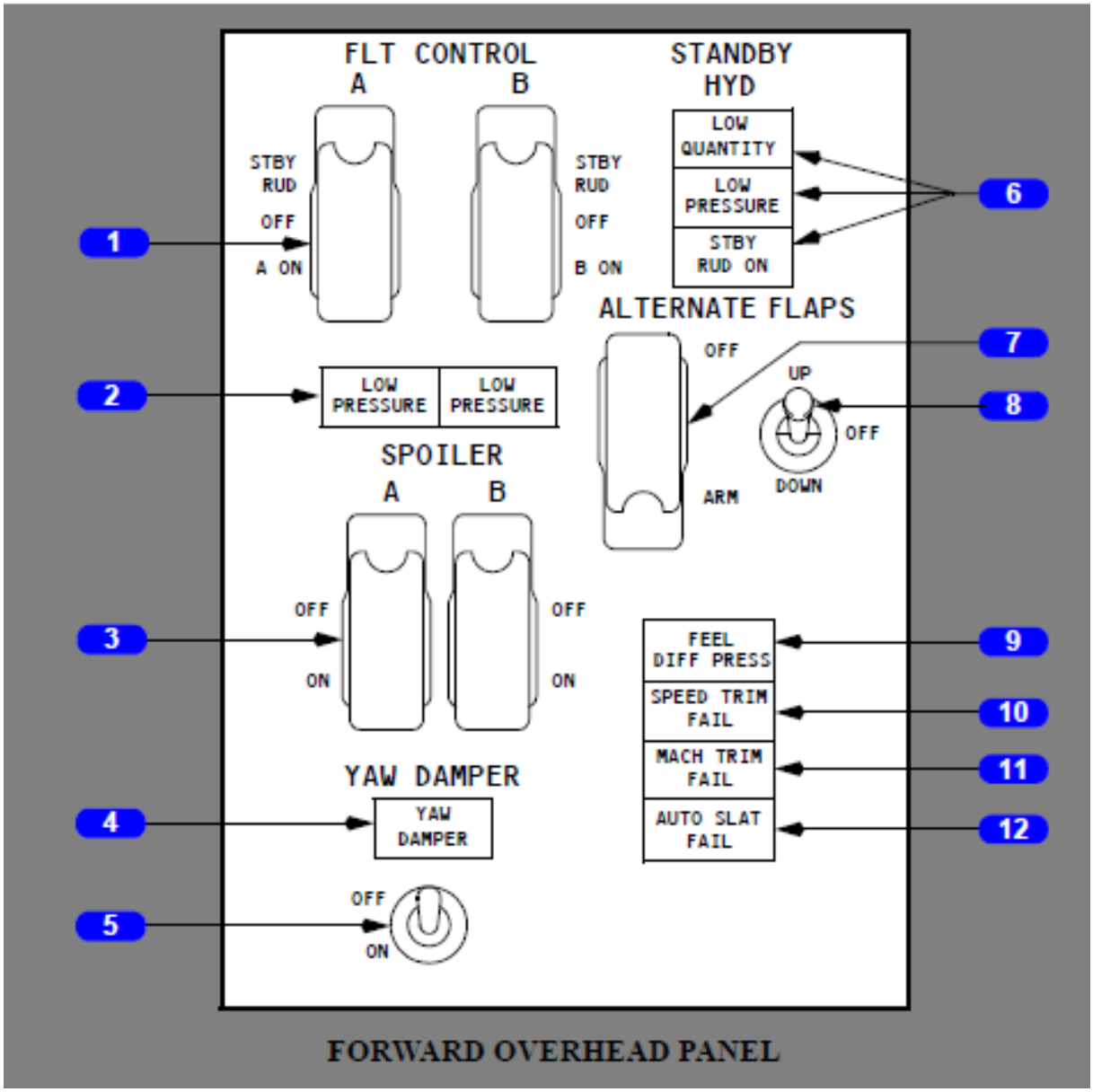
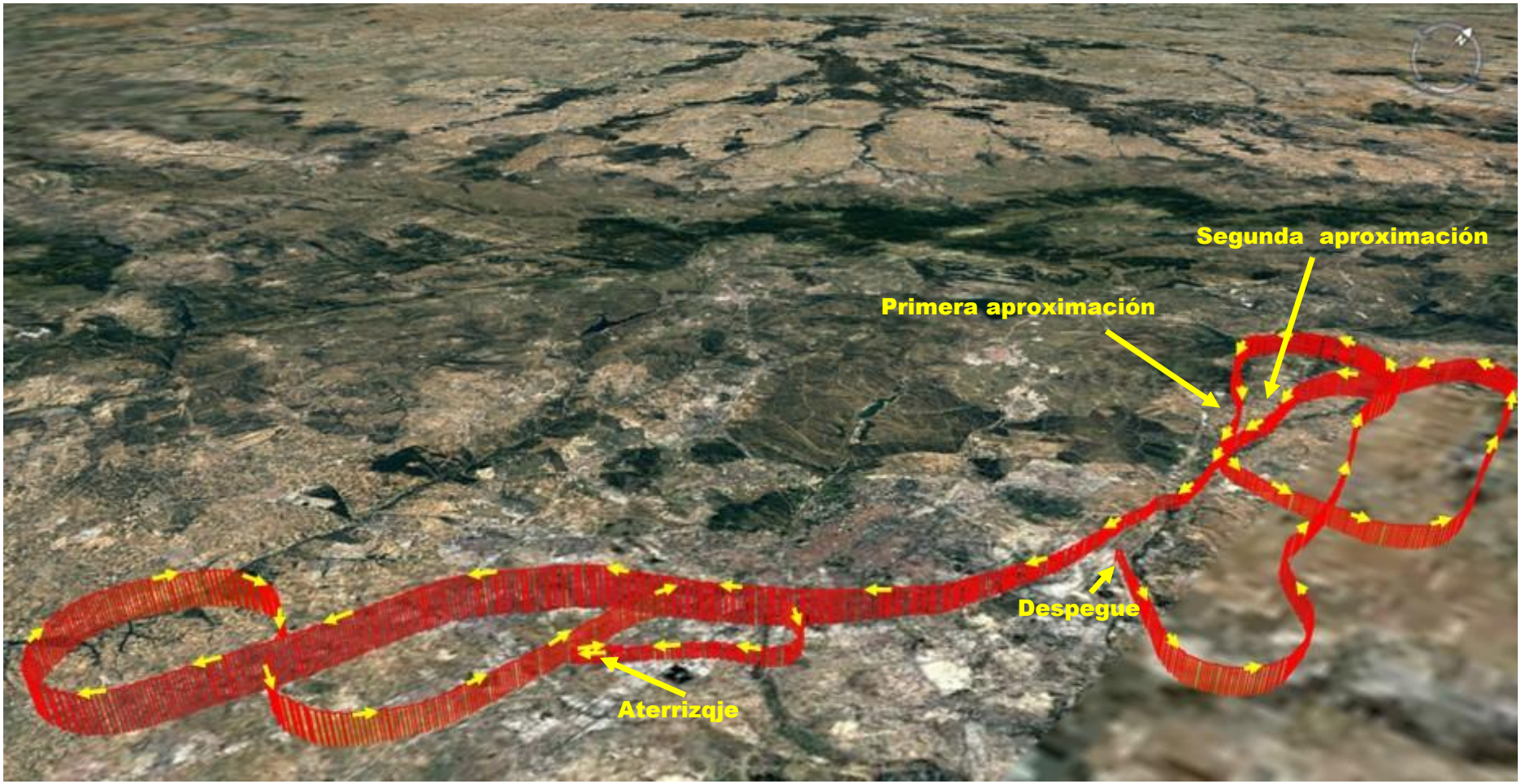
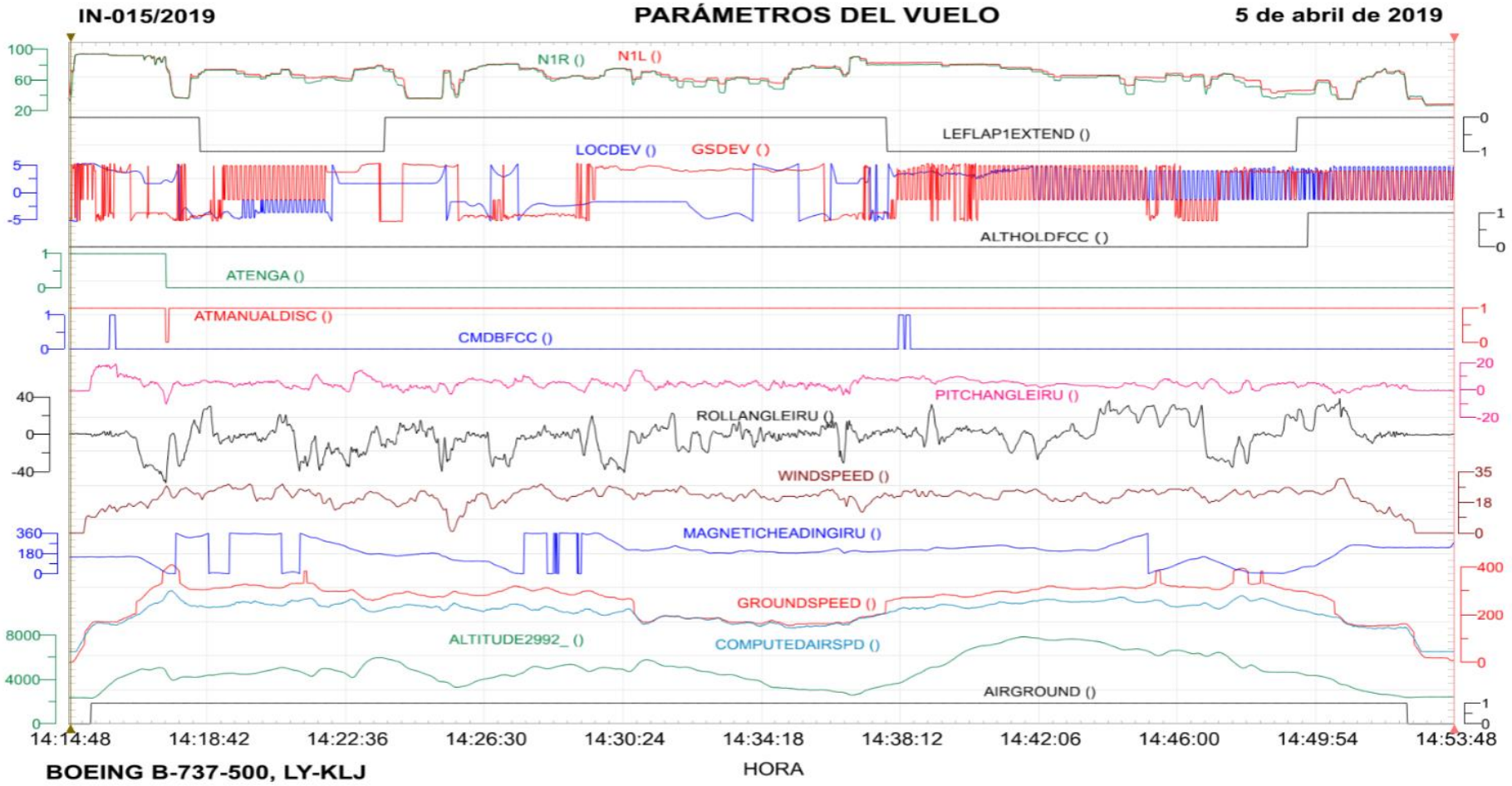


Figura 7. Luces de fallo de MACH/SPEED TRIM

ANEXO 2. TRAYECTORIA DEL VUELO COMPLETA



ANEXO 3


IN-015/2019
PARÁMETROS DEL VUELO
5 de abril de 2019
N1R ()
N1L ()
LEFLAP1EXTEND ()
LOCDEV ()
GSDEV ()
ALTHOLDFCC ()
ATENGA ()
ATMANUALDISC ()
CMDBFCC ()
PITCHANGLEIRU ()
ROLLANGLEIRU ()
WINDSPEED ()
MAGNETICHEADINGIRU ()
GROUNDSPEED ()
ALTITUDE2992_ ()
COMPUTEDAIRSPD ()
AIRGROUND ()
14:14:48
14:18:42
14:22:36
14:26:30
14:30:24
14:34:18
14:38:12
14:42:06
14:46:00
14:49:54
14:53:48
BOEING B-737-500, LY-KLJ
HORA