

# CIAIAC

COMISIÓN DE  
INVESTIGACIÓN  
DE **A**CCIDENTES  
E **I**NCIDENTES DE  
**A**VIACIÓN **C**VIL

## Informe técnico A-006/2001

Accidente ocurrido el día 7  
de febrero de 2001, a la  
aeronave Airbus A-320-214,  
matrícula EC-HKJ, en el  
Aeropuerto de Bilbao



MINISTERIO  
DE FOMENTO

# Informe técnico

## A-006/2001

---

**Accidente ocurrido el día 7 de febrero de 2001,  
a la aeronave Airbus A-320-214, matrícula EC-HKJ,  
en el Aeropuerto de Bilbao**



MINISTERIO  
DE FOMENTO

SECRETARÍA GENERAL DE  
TRANSPORTES

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
DE ACCIDENTES E INCIDENTES  
DE AVIACIÓN CIVIL

Edita: Centro de Publicaciones  
Secretaría General Técnica  
Ministerio de Fomento ©

NIPO: 161-03-011-0  
Depósito legal: M. 23.129-2003  
Imprime: 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@fomento.es](mailto:ciaiac@fomento.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 y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea, y en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional, la investigación tiene carácter exclusivamente técnico, sin que se haya dirigido a la determinación ni establecimiento de culpa o responsabilidad alguna. La conducción de la investigación ha sido efectuada sin recurrir necesariamente a procedimientos de prueba y sin otro objeto fundamental que la prevención de los futuros accidentes.

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

<b>Abreviaturas</b> .....	vii
<b>Sinopsis</b> .....	ix
<b>1. Información factual</b> .....	1
1.1. Antecedentes del vuelo .....	1
1.2. Lesiones de personas .....	3
1.3. Daños a la aeronave .....	3
1.4. Otros daños .....	3
1.5. Información personal .....	3
1.5.1. Tripulación técnica de vuelo .....	3
1.5.2. Tripulación de cabina de pasajeros .....	5
1.6. Información de aeronave .....	5
1.6.1. Célula .....	5
1.6.2. Certificado de aeronavegabilidad .....	5
1.6.3. Registro de mantenimiento .....	5
1.6.4. Motores .....	6
1.6.5. Información sobre el sistema de mandos de vuelo del A-320 .....	6
1.6.6. Descripción del sistema de mando de profundidad .....	7
1.6.7. Descripción de la protección $\alpha$ -floor .....	9
1.7. Información meteorológica .....	10
1.7.1. Información y previsiones oficiales del tiempo .....	10
1.7.2. Viento en superficie registrado a la hora del accidente .....	11
1.7.3. Información meteorológica proporcionada por TWR Bilbao .....	11
1.7.4. Sondeo atmosférico .....	11
1.7.5. Climatología: situación sur-oeste .....	12
1.7.6. La onda de montaña .....	13
1.8. Ayudas para la navegación .....	14
1.9. Comunicaciones .....	14
1.10. Información de aeródromo .....	15
1.11. Registradores de vuelo .....	15
1.11.1. Registrador de datos de vuelo .....	15
1.11.2. Registrador de voz .....	16
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto .....	17
1.12.1. Huellas en la pista .....	17
1.12.2. Daños en la aeronave .....	17
1.13. Información médica y patológica .....	18
1.14. Incendios .....	19
1.15. Aspectos de supervivencia .....	19
1.16. Ensayos e investigación .....	20
1.17. Información orgánica y de dirección .....	20
1.17.1. Procedimientos de la compañía operadora en Bilbao .....	20
1.17.2. Atribuciones del copiloto en supervisión .....	20
1.17.3. Requisitos de los tripulantes en los vuelos de pasajeros .....	21

1.18. Información adicional .....	21
1.18.1. Recomendación de seguridad preliminar .....	21
1.18.2. Medidas transitorias y operacionales .....	22
1.18.3. Acciones correctivas emprendidas por Airbus .....	23
1.18.4. Otros testimonios sobre el accidente .....	23
1.18.5. Otros accidentes e incidentes relacionados .....	24
<b>2. Análisis .....</b>	<b>25</b>
2.1. Planeo en aproximación final .....	25
2.2. Toma de tierra y frenada .....	28
2.3. Otras circunstancias contribuyentes .....	29
2.4. Condiciones meteorológicas en Bilbao .....	29
2.5. Evacuación del avión .....	31
2.6. Vuelos en línea bajo supervisión .....	31
<b>3. Conclusión .....</b>	<b>33</b>
3.1. Conclusiones .....	33
3.2. Causas .....	33
<b>4. Recomendaciones sobre seguridad .....</b>	<b>35</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>37</b>
Apéndice A. Datos DFDR .....	39
Apéndice B. Cartas y mapas de Bilbao .....	51

## Abreviaturas

00 °C	Grados centígrados
00° 00' 00"	Grados, minutos y segundos
Ac	Altocúmulos
ACC	Centro de Control de Área
$a_{xroof}$	AOA para empuje TOGA automático
AFM	Manual de vuelo del avión
AIP	Publicaciones aeronáuticas internacionales
ALPHA-floor	AOA para empuje TOGA automático
$a_{xam}$	AOA máximo
AOA	Ángulo de ataque del ala
APP	Oficina de Control de Aproximación
$a_{torp}$	AOA de protección
ATC	Control de Tránsito Aéreo
ATSB	Australian Transport Safety Board
CAS	Velocidad calibrada respecto al aire
CAT I	Categoría I OACI
CB	Cúmulonimbo
CI	Cirros
CTE	Comandante
CTR	Zona de Control
Cu	Cúmulos
CVFR	Reglas de vuelo visual controlado
CVR	Registrador de voces en cabina
DFDR	Registrador digital de datos de vuelo
DGAC	Dirección General de Aviación Civil de España
DGAC-F	Dirección General de Aviación Civil de Francia
DH	Altura de decisión
DME	Equipo medidor de distancias
DOT	Puntos de indicación en las esferas de los instrumentos de navegación
E	Este
EFCS	Sistema electrónico de control de vuelo
ELAC	Ordenador de timón de profundidad y alerones («Elevator and aileron computer»)
EPR	Relación de presiones en motor
FAP	Punto de aproximación final
FBW	«Fly by wire»
FDR	Registrador de datos de vuelo
FOT	«Flight Operation Telex»
ft	Pie(s)
g	Aceleración de la gravedad
GPV	Grupo de Previsión y Vigilancia
GPWS	Sistema de avisos de proximidad al terreno
h	Hora(s)
hh:mm	Tiempo expresado en horas y minutos
hPa	Hectopascal
IAS	Velocidad indicada
IFR	Reglas de vuelo instrumental
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumentos
IMC	Condiciones meteorológicas instrumentales
INM	Instituto Nacional de Meteorología
JAR-OPS 1	Requisitos Conjuntos de Aviación de Transporte Aéreo Comercial-Aviones
km	Kilómetro(s)
kt	Nudo(s)
m	Metro(s)
MAC	Cuerda media aerodinámica de la aeronave
mb	Milibar(es)
MDA	Altitud mínima de descenso

### Abreviaturas

MDH	Altura mínima de descenso
METAR	Informe meteorológico ordinario
MHz	Megahertzio(s)
min	Minuto(s)
MM	Baliza intermedia del ILS
MTOW	Máximo peso al despegue
N	Norte
N/A	No afecta
NM	Milla(s) náutica(s)
OIT	«Operator Information Telex»
OMA	Oficina Meteorológica del Aeropuerto
OSTIV	Organización Científica y Técnica Internacional del Vuelo a vela
P/N	Número de la parte («Part Number»)
QNH	Ajuste de la escala de presión para hacer que el altímetro marque la altura del aeropuerto sobre el nivel del mar en el aterrizaje y en el despegue
RA	Radioaltura
RVR	Alcance visual en pista
S/N	Número de serie
Sc	Estratocúmulos
SEC	«Spoilers and elevator computer»
SEI	Servicio de extinción de incendios
TAF	Informe de pronóstico del tiempo
TAS	Velocidad verdadera respecto al aire
TOGA	Potencia de los motores de despegue y go-around
TPM	Transporte público de mercancías
TPP	Transporte público de pasajeros
TWR	Torre de control
UTC	Tiempo universal coordinado
Vapp	Velocidad de aproximación
Vls	Velocidad mínima seleccionable («Lowest selectable speed»)
VMC	Condiciones meteorológicas visuales
VOR	Radiofaro omnidireccional VHF
Vref	Velocidad de referencia para el aterrizaje
W	Oeste
WSW	Oeste-Sur-Oeste

## Sinopsis

La aeronave Airbus A-320-B, matrícula EC-HKJ, de la compañía Iberia, que el día 7 de febrero de 2001 efectuaba el vuelo comercial regular IB-1456 de Barcelona a Bilbao, encontró condiciones de turbulencia durante la aproximación a su destino alrededor de las 22:00 h UTC. En la última fase de la aproximación por debajo de 200 ft de radioaltímetro la aeronave experimentó la acción de fuertes y cambiantes ráfagas verticales y horizontales de aire, mientras descendía con velocidad vertical de unos 1.200 ft/min (6 m/s).

Las acciones de mando de los pilotos para encabritar la aeronave y reducir la velocidad de descenso en la recogida no fueron obedecidas por la aeronave que impactó contra el umbral de la pista en actitud de ligero morro abajo.

En el impacto colapsó la pata de morro, pero la aeronave se mantuvo dentro de la pista y paró después de una carrera de 1.100 m en la que reventaron las cuatro ruedas del tren principal. Se realizó una evacuación de emergencia.

Un pasajero resultó herido grave y otros ocupantes sufrieron contusiones y traumatismos en la evacuación del avión.

Los daños internos estructurales, de reparación no económica, que sufrió la aeronave ocasionaron su baja y pérdida total.

La causa del accidente fue la activación del automatismo de protección de alto ángulo de ataque programado en los ordenadores de los sistemas electrónicos de control de vuelo, en particular el término de anticipación de ángulo de ataque diseñado para prevenir maniobras muy agresivas, el cual, bajo una peculiar combinación de ráfagas verticales y vientos de cizalladura y actuación de los mandos no considerada en el diseño, impidieron a la aeronave subir el morro y efectuar la recogida para el aterrizaje.

Con el informe se emiten tres recomendaciones de seguridad a las que hay que añadir una recomendación preliminar formulada durante la investigación del accidente.

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Antecedentes del vuelo

Poco después de las 22:00 h UTC<sup>1</sup>, el día 7 de febrero de 2001, la aeronave Airbus A-320-B, matrícula EC-HKJ estaba en la aproximación final a la pista 30 de Bilbao. La aeronave, operada por Iberia, realizaba el vuelo IB-1456, regular interior, de Barcelona a Bilbao, con 136 pasajeros a bordo y 7 tripulantes. La duración prevista del vuelo era de 53 min.

Las condiciones declaradas en Bilbao eran de VMC-nocturnas, con vientos del SW de unos 10 kt con rachas de hasta 25 kt. La visibilidad era de más de 10 km y había algunas nubes por encima de los 5.600 ft. El ocaso se había producido cuatro horas antes; era de noche y funcionaban todas las ayudas visuales y electrónicas del aeropuerto. No llovía. El vuelo se conducía siguiendo las reglas IFR.

Desde el despegue en Barcelona a las 21:01, el vuelo se había desarrollado con normalidad. Actuaba como piloto a los mandos el tripulante sentado en el puesto de la derecha, que era un tripulante en la fase de capacitación en línea. El puesto de la izquierda lo ocupaba el comandante que supervisaba el vuelo. Un tercer tripulante téc-



---

<sup>1</sup> Todas las horas reseñadas están en horario UTC (tiempo universal coordinado). Para obtener la hora local se debe sumar una unidad horaria a la hora UTC.

nico ocupaba el puesto de observador y era el segundo piloto que había cedido su asiento al tripulante ya mencionado, sentado a la derecha en la cabina de vuelo.

En curso a Bilbao el vuelo sobrevoló Pamplona con nivel 150, siendo informados de la posible turbulencia de intensidad ligera. Acercándose, a unas 25 NM del destino y a 7.500 ft de altitud, atravesaron un pequeño cúmulo, con mucha turbulencia. Descendiendo a 6.000 ft y establecidos en el localizador de Bilbao encontraron vientos de 55 kt. TWR les autorizó a aterrizar en la pista 30, informándoles de un viento de 240° entre 8 y 15 kt, y de que había turbulencia ligera. La aeronave alcanzó en el descenso la altura de decisión, 247 ft, en condiciones VMC y prosiguió la aproximación para la toma. Un minuto antes del contacto con pista TWR informó de un viento de 240° 8 kt.

Las condiciones de la aeronave en la aproximación eran: Peso de 62.380 kg, centro de gravedad a 28,66% MAC, flaps en posición Full. La velocidad de referencia  $V_{ref} = 132$  kt y la velocidad de aproximación  $V_{app} = 142$ . El piloto automático se desconectó por la tripulación a los 400 ft para continuar la aproximación en manual.

En los últimos segundos de la aproximación antes de la toma la velocidad de descenso era muy elevada, del orden de los 1.200 ft/min, (6 m/s); el aviso «sink rate» del GPWS sonó en dos ocasiones.

La aeronave no respondió, por el diseño de la lógica que rige en esos instantes, a las acciones de ambos pilotos de tirar de la palanca, «sidestick», comandando encabritar el avión que no hacía la recogida. Sonaron los avisos de «dual input».

A continuación el comandante ante los avisos de «sink rate» seleccionó potencia TOGA para abortar el aterrizaje.

Las acciones de mando de los pilotos no evitaron que la aeronave hiciera contacto violento con la pista en actitud de ligero morro abajo y el comandante decidió continuar el aterrizaje y parar la aeronave. La aeronave se desaceleró en 1.100 m de pista sin abandonar la superficie asfaltada. Al final de la carrera se detuvo con una orientación de 60° a la derecha respecto del eje de pista.

En su recorrido colapsó la pata de morro, reventaron las cuatro ruedas del tren principal y arrastraron sobre el pavimento las góndolas de los motores bajo las alas en las que se apoyó la aeronave tras el colapso del tren de morro.

Parada la aeronave, el comandante ordenó la evacuación, que se hizo utilizando todas las puertas de salida y sus rampas. Durante la evacuación se produjeron lesiones que afectaron a una tripulante auxiliar y 24 pasajeros. Todas las lesiones fueron leves excepto la de una pasajera considerada grave. Siete de los lesionados fueron trasladados y atendidos en el hospital.

## 1.2. Lesiones de personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos				
Graves		1	1	
Leves	1	23	24	No aplicable
Ilesos	6	112	118	No aplicable
<b>TOTAL</b>	<b>7</b>	<b>136</b>	<b>143</b>	

## 1.3. Daños a la aeronave

Además de los daños evidentes del tren de morro y de los motores, el fuerte impacto de la aeronave en su tren principal, debido a la excesiva velocidad de descenso en la aproximación final, produjo graves daños estructurales por los que se dio el avión por perdido. En los momentos del contacto con la pista se registraron aceleraciones verticales de hasta 4,75 g.

## 1.4. Otros daños

En el impacto y arrastre del avión por la pista se produjeron daños menores en la superficie de esta. Al final de la carrera de aterrizaje se rompieron dos luces de balizamiento.

La recuperación y retirada del avión de la pista y la limpieza de la misma obligó a suspender el servicio en esa pista durante varias horas.

## 1.5. Información personal

### 1.5.1. Tripulación técnica de vuelo

#### 1.5.1.1. Comandante

Edad/Sexo: 42 años/Varón  
 Nacionalidad: Española  
 Título: Piloto de transporte de líneas aéreas  
 Fecha de caducidad de licencia: 02-01-2006  
 Calificación: A-320, IFR

Fecha último reconoc. médico: 14-12-2000  
Fecha último curso de refresco: 18-12-2000  
Fecha últ. curso de salvamento: 24-11-2000  
Horas de vuelo totales: 10.805 h

Según información del operador, el comandante había realizado antes de la fecha del accidente todas las pruebas y requisitos exigidos por la DGAC para ser supervisor, y, asimismo, había obtenido previamente la autorización de la DGAC para realizar dichas pruebas.

### 1.5.1.2. Piloto en fase de capacitación en línea

Edad/Sexo: 24 años/Varón  
Nacionalidad: Española  
Título: Piloto comercial  
Fecha de caducidad de licencia: 17-04-2001  
Fecha último reconoc. médico: 04-2000  
Horas de vuelo totales: 423 h

El piloto había completado el curso de calificación en el tipo Airbus A-320 con fecha 30-12-2000.

### 1.5.1.3. Segundo piloto

Edad/Sexo: 27 años/Varón  
Nacionalidad: Española  
Título: Piloto comercial  
Fecha de caducidad de licencia: 21-02-2001  
Calificación: A-320, IFR  
Fecha último reconoc. médico: 25-01-2001  
Fecha último curso de refresco: 18-11-2000  
Fecha últ. curso de salvamento: 24-11-2000  
Horas de vuelo totales: 2.670 h

### 1.5.2. *Tripulación de cabina de pasajeros*

Estaba formada por cuatro auxiliares de vuelo.

## 1.6. Información de aeronave

### 1.6.1. *Célula*

Marca:	Airbus
Modelo:	A-320-B
Número de fabricación:	1278
Año de fabricación:	2000
Matrícula:	EC-HKJ
MTOW:	73.500 kg
Propietario:	Iberia
Explotador:	Iberia

La distancia entre la estación de las ruedas de morro y la de las ruedas de tren principal es de 12,64 m.

### 1.6.2. *Certificado de aeronavegabilidad*

Número:	4635
Clase:	Normal
Empleo:	TPP, TPM
Fecha de expedición:	29-10-2000
Fecha de caducidad:	10-08-2001

### 1.6.3. *Registro de mantenimiento*

Horas totales de vuelo:	1.149 h
Ciclos totales:	869
Última revisión anual:	Salida de fábrica
Horas desde última rev. anual:	1.149 h

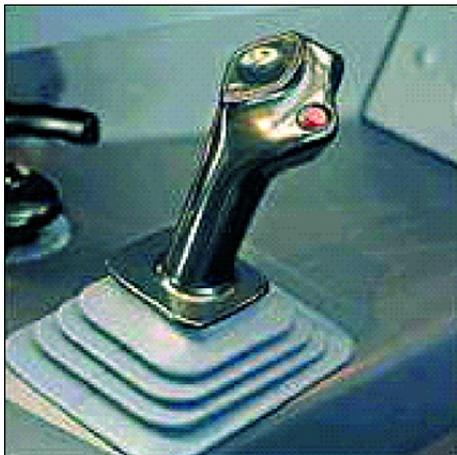
### 1.6.4. Motores

Marca:	CFM (General Electric + Snecma)
Modelo:	CF56-5B4/P
Empuje:	27.000 lb
Número de serie:	#1: 779.789      #2: 779.790
Última revisión:	Salida de fábrica

### 1.6.5. Información sobre el sistema de mandos de vuelo del A-320

En 1988 empezó a volar comercialmente el innovador Airbus A-320, un birreactor de fuselaje estrecho, de alcance medio, en el segmento de los 150 pasajeros.

Uno de los avances de este diseño fue la aplicación a la aviación civil de los conceptos de FBW («Fly by Wire») y EFCS («Electronic Flight Control System»).



En este avión el movimiento de las palancas de los controles de vuelo en cabina por los pilotos no está mecánicamente ligado al de las superficies de mandos de vuelo. En los sistemas FBW se sustituyen, por cables eléctricos, los cables de acero y tubos de una transmisión mecánica convencional de los controles; entre éstos y las superficies de mandos de vuelo se intercalan ordenadores y actuadores eléctricos e hidráulicos. Los movimientos de los controles en cabina no se corresponden exactamente con unas deflexiones determinadas de las superficies de mando. En primer lugar, no hay en los puestos de pilotaje la habitual columna de

mando y «cuernos» («Control column and wheel») que ha sido sustituida por una pequeña palanca conocida normalmente por «sidestick».

Los sidestick de piloto y copiloto se mueven independientemente; no están unidos mecánicamente y piloto y copiloto en un mismo instante pueden estar comandando maniobras distintas. La maniobra que el avión estima que se le está solicitando es la correspondiente a la suma algebraica de las dos solicitudes.

La sensación de fuerza en los mandos proporcionada por el sistema es independiente de las fuerzas aerodinámicas en las superficies de mando e independiente de las fuerzas que eventualmente el otro piloto esté haciendo en su sidestick.

Cualquiera de los dos pilotos puede anular las acciones de mando del otro piloto pulsando en su sidestick un botón de «override». El último piloto que pulse ese botón es quien tiene el control de la aeronave, y una señal luminosa en el panel de instrumentos del otro piloto le advierte de ello. El sistema proporciona un aviso sonoro «...dual input...» cuando se accionan ambas palancas de sidestick simultáneamente.

El EFCS del A-320 comprende cinco ordenadores: dos ELAC (Elevator and Aileron Computer) y tres SEC (Spoiler and Elevator Computer). En cada momento sólo uno de los ordenadores está en línea de mando, mientras que electrónicamente se evalúa la integridad del sistema. En caso de fallo o mal funcionamiento el control pasa de un ordenador a otro. El ELAC-2 es el ordenador primario en el eje de cabeceo, el ELAC 1 es el ordenador primario en el eje de balanceo o alabeo. En el caso de fallo del ELAC 2, el control se transfiere al ELAC-1, después al SEC-1 y siguientes.

Los ordenadores reciben información de los parámetros de vuelo y de los sistemas del avión así como de la posición de los sidestick. Los algoritmos, leyes y funciones programadas determinan la deflexión, que diversos actuadores eléctricos e hidráulicos, deben dar a las superficies de mando.

La programación de los ordenadores, el programa software que siguen, evolucionó a lo largo de la vida del modelo. El avión accidentado tenía un estado de modificación ELAC Estándar L80.

Para facilitar la comprensión de los resultados de la investigación, en el punto 1.6.6 se describen sucintamente algunas de las particularidades del sistema de control de profundidad, y en el punto 1.6.7 la función ALPHA-FLOOR.

#### **1.6.6. Descripción del sistema de mando de profundidad**

El control de profundidad se consigue mediante dos superficies de timón de profundidad, movidas por actuadores hidráulicos.

El estabilizador horizontal puede variar su ángulo de incidencia movido por un husillo accionado por dos motores hidráulicos, mandados a su vez por uno de tres motores eléctricos disponibles. Los motores hidráulicos se pueden gobernar directa y prioritariamente, por la rueda del compensador de profundidad en cabina de vuelo.

Si no hay fallos en el sistema, el EFCS sigue la Ley Normal. En otro caso se sigue la Ley Alternativa, la Ley Directa o la Ley Mecánica<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Sólo se esbozará una descripción de la Ley normal.

### Ley Normal

Cuando rige la Ley Normal de mandos de vuelo, el ordenador proporciona el control en los 3 ejes, y además, protección en la envolvente de vuelo, para que no se produzcan sobrecargas, y se provee atenuación de las cargas de maniobra.

La deflexión del timón de profundidad depende de la situación en que se encuentre el avión, distinguiéndose principalmente el modo tierra y el modo vuelo. Cuando el avión está en tierra hay una relación directa entre la deflexión del sidestick y la del timón de profundidad.

### Modo vuelo

En modo vuelo, (altura mayor de 50 ft, o avión en el aire con ángulo de asiento mayor de 8°) la posición del sidestick se interpreta como demanda de factor de carga y los timones se deflexan justamente lo necesario para producir la aceleración vertical solicitada. Además se limita la deflexión del timón según determinadas funciones de protección de actitud, protección de factor de carga, protección de alta velocidad y protección de ángulo de ataque alto (AOA).

### Protección AOA (Protección de ángulo de ataque alto) ELAC, L80

Para evitar que el avión pueda entrar en pérdida de sustentación, cuando se exijan al avión maniobras violentas y pueda alcanzar ángulos de ataque altos, superiores a un valor seguro de protección,  $\alpha_{\text{prot}}$ , se limita la deflexión del timón de profundidad para que el ángulo de ataque nunca supere  $\alpha_{\text{máx}}$ . La demanda del sidestick, cuando actúa la protección AOA, ya no se asimila a una demanda de factor de carga sino a una demanda de ángulo de ataque entre  $\alpha_{\text{prot}}$  y  $\alpha_{\text{máx}}$ .

Además, en esta situación de altos ángulos de ataque, proclives al movimiento fugoide, estudiado por la estabilidad dinámica longitudinal, en el que el avión oscila entre dos niveles de energía potencial y cinética, el EFCS actúa como amortiguador de esas oscilaciones comandando adecuadas variaciones de ángulo de ataque de manera que cuando el avión está disminuyendo su velocidad se le hace picar y viceversa.

*Activación de la protección AOA:* La Protección AOA se activa cuando el sistema prevé que se puede alcanzar un ángulo de ataque alto. El ángulo de ataque previsto, en el A-320 ELAC L80, es el ángulo de ataque instantáneo del avión más una anticipación del que será un instante después, calculado en función del incremento de ese ángulo en el instante precedente. La fórmula matemática es la siguiente:

$$\alpha_{\text{previsto}} = \alpha_{\text{real}} + d/dt (\alpha) \cdot f > \alpha_{\text{prot}}$$

donde  $f$  es una función de la posición del sidestick que toma el valor 1 cuando la posición del sidestick es mayor de  $10^\circ$  (morro arriba); toma valor cero con posiciones de sidestick por debajo de  $5^\circ$  (morro arriba); y para posiciones de sidestick comprendidas entre  $5^\circ$  y  $10^\circ$ , el valor de  $f$  crece linealmente de cero a uno.

$\alpha_{\text{prot}}$  y  $\alpha_{\text{máx}}$  dependen de la configuración del avión:

	Flap 3	Flap Full
$\alpha_{\text{prot}}$	$14,5^\circ$	$12,0^\circ$
$\alpha_{\text{máx}}$	$17,5^\circ$	$15,0^\circ$

*Actuación de los mandos de vuelo con la protección AOA activa:* Cuando está activa la protección de AOA los timones de profundidad se mueven automáticamente buscando el objetivo de que el avión alcance un ángulo de ataque entre  $\alpha_{\text{prot}}$  y  $\alpha_{\text{máx}}$ , según la posición del sidestick, o incluso menor si se detectan oscilaciones de la velocidad de vuelo.

Cuando la protección AOA está activa se restringe el movimiento del estabilizador horizontal, que solo puede moverse entre el valor que tenía en el momento de la activación y  $3,5^\circ$  de morro abajo.

*Desactivación de la protección de AOA:* Para que se desactive la protección AOA el sidestick se ha de ceder hasta  $8^\circ$  morro abajo durante 0,2 segundos, o bien,  $0,5^\circ$  morro abajo durante más de 0,5 segundos con  $\alpha < \alpha_{\text{máx}}$ .

Como consecuencia de esta lógica de actuación de los mandos de vuelo de profundidad, programada en los ordenadores ELAC Estándar L80, se puede decir que: Si durante el vuelo el ángulo de ataque es grande o está aumentando rápidamente y en ese momento se tira del sidestick atrás del todo, el sistema detectará un ángulo de ataque previsto muy elevado y, si es mayor que  $\alpha_{\text{prot}}$ , activará la protección de alto ángulo de ataque (AOA). Una vez activada la protección AOA, el sistema impedirá que se sobrepase el ángulo de ataque máximo, pero si además percibe que la velocidad de vuelo respecto al aire está disminuyendo limitará más aún el ángulo de ataque haciendo picar al avión para tratar de amortiguar un eventual movimiento fugoide.

### 1.6.7. Descripción de la Protección $\alpha$ -floor

La protección de ALPHA FLOOR o  $\alpha$ -floor consiste en la selección automática de empuje de TOGA (Takeoff – Go Around), cuando el avión alcanza un cierto valor elevado de ángulo de ataque función de la configuración del avión.

Configuración (flap)	0	1-2	3	Full
$\alpha$ -floor	9,5°	15°	14°	13°

La protección de  $\alpha$ -floor está inhibida en el aterrizaje por debajo de 100 ft RA.

Esta protección aumenta el empuje de los motores automáticamente en emergencias tales como encuentros con vientos de cizalladura o maniobras bruscas de evasión.

### 1.7. Información meteorológica

#### 1.7.1. Información y previsiones oficiales del tiempo

A las 22:00 h del día 7 de febrero la Oficina Meteorológica del Aeropuerto de Bilbao emitió el siguiente METAR ordinario codificado como:

```
SAEW LEBB 072200Z 25011G21KT 9999 SCT056 SCT075 13/01 Q1011 TEMPO  
25012KT
```

Esto es:

- Viento de 250° y 11 kt de intensidad con ráfagas de 21 kt.
- Visibilidad mayor de 10 km.
- Algunas nubes a 5,600 ft.
- Algunas nubes a 7,500 ft.
- Temperatura, 13 °C; temperatura de rocío, 1 °C.
- QNH: 1.011 mb.
- Temporalmente viento de 250° 12 kt.

Poco después, a las 22:10 h, coincidiendo con la hora del accidente la OMA de Bilbao difundía el siguiente informe especial:

```
SPEW LEBB 072210Z 26009G20KT 9999 BKN056 13/01 Q1001 TEMPO 25012KT
```

Esto es:

- Viento de 260° y 9 kt con ráfagas de 20 kt.
- Visibilidad mayor de 10 km.
- Bastantes nubes, cubriendo de 5 a 7 octavos del cielo, a 5,600 ft.
- Temperatura, 13 °C; temperatura de rocío, 1 °C.
- QNH: 1.001 mb.
- Temporalmente viento de 250° 12 kt.

El Grupo de Predicción y Vigilancia emitió el pronóstico TAF a las 19:04, válido para Bilbao a la hora del accidente, como sigue:

FCEW LEBB 071904 230115G25KT 9999 FEW050 PROB30 TEMPO 1904  
25025G40KT 5000 TSSHRA SCT040CB SCT060

Esto es:

- Viento de 230° y 15 kt con ráfagas de 25 kt.
- Visibilidad mayor de 10 km
- Pocas nubes a 5,000 ft.

Con probabilidad del 30% y temporalmente entre las 19:00 y las 04:00, vientos de 25 kt con ráfagas de 40; visibilidad reducida a 5.000 m a causa de tormenta con chubascos y lluvia; algunas nubes cubriendo la mitad del cielo del tipo cúmulonimbo, a 4.000 ft y algunas nubes 6.000 ft.

#### **1.7.2. *Viento en superficie registrado a la hora del accidente***

En los minutos que precedieron al instante del accidente se registraron en los anemocinógrafos, instalados a nivel del campo en ubicación próxima a la cabecera de la pista 30 de Bilbao, vientos de velocidades comprendidas entre los 5 y los 14 kt. La dirección del viento fluctuó entre los 210° y los 280°.

#### **1.7.3. *Información meteorológica proporcionada por TWR Bilbao***

Catorce minutos antes del aterrizaje TWR avisa de una posible turbulencia ligera y de que los tráficos anteriores habían reportado vientos de 200° y siete u ocho nudos cambiando la dirección del viento de izquierda a derecha, sobre los siete nudos en todo momento, QNH 1.001 hPa, y visibilidad más de 10 km . Nubes dispersas de 5,800 ft, temperatura 13, y punto de rocío 1.

A ocho minutos del aterrizaje el viento notificado era de 240° y entre 8 y 15 kt.

Un minuto antes de la toma el viento notificado seguía siendo de 240° y 8 kt.

#### **1.7.4. *Sondeo atmosférico***

El INM (Instituto Nacional de Meteorología) ha facilitado datos recibidos de las sondas atmosféricas lanzadas en Santander, (80 km al Oeste y a barlovento de Bilbao), en las fechas y en las horas próximas a la del accidente. Los valores de temperaturas y vientos en altura son los siguientes.

Datos del sondeo de Santander de las 12:00 h del día 7 de febrero de 2001:

Altura (m)	Temperatura (°C)	Dirección del viento	Fuerza del viento (kt)
59	15,2	220°	23
694	10,8	185°	31
1.078	7,1	175°	23
1.277	5,2	178°	34
1.392	5,4	180°	41
1.583	4,2	190°	52
2.324	-0,7	210°	60
2.782	-3,7	210°	52

Datos del sondeo de Santander de las 00:00 h del día 8 de febrero de 2001:

Altura (m)	Temperatura (°C)	Dirección del viento	Fuerza del viento (kt)
59	13,0	220°	23
76	11,6	218°	24
218	10,9	205°	33
449	9,8	214°	38
606	8,5	220°	41
641	8,2	220°	39
668	8,2	221°	38
1.333	2,8	240°	27
1.389	2,4	245°	27
1.836	-1,1	260°	37
2.416	-5,7	249°	42

Como quiera que Santander se encontraba a barlovento y a unos 80 km del Aeropuerto de Bilbao, los datos registrados dan una idea clara de las condiciones en las capas bajas de la atmósfera, antes de manifestarse la influencia del terreno.

Se observa que los vientos eran sostenidos de 205° a 220°, con fuerza moderada a 2.000 ft y disminuyendo de forma constante al descender de altura.

### 1.7.5. *Climatología: situación sur-oeste*

Con vientos del S y SW se suelen producir turbulencias en los alrededores del aeropuerto de Bilbao desde el nivel del suelo hasta los 5.000 ft que pueden llegar a ser severas.

En esa situación las precipitaciones son poco comunes, con nubosidad de tipo medio, caracterizada frecuentemente por altocúmulos lenticulares, siendo la temperatura superior a la normal con ambiente seco.

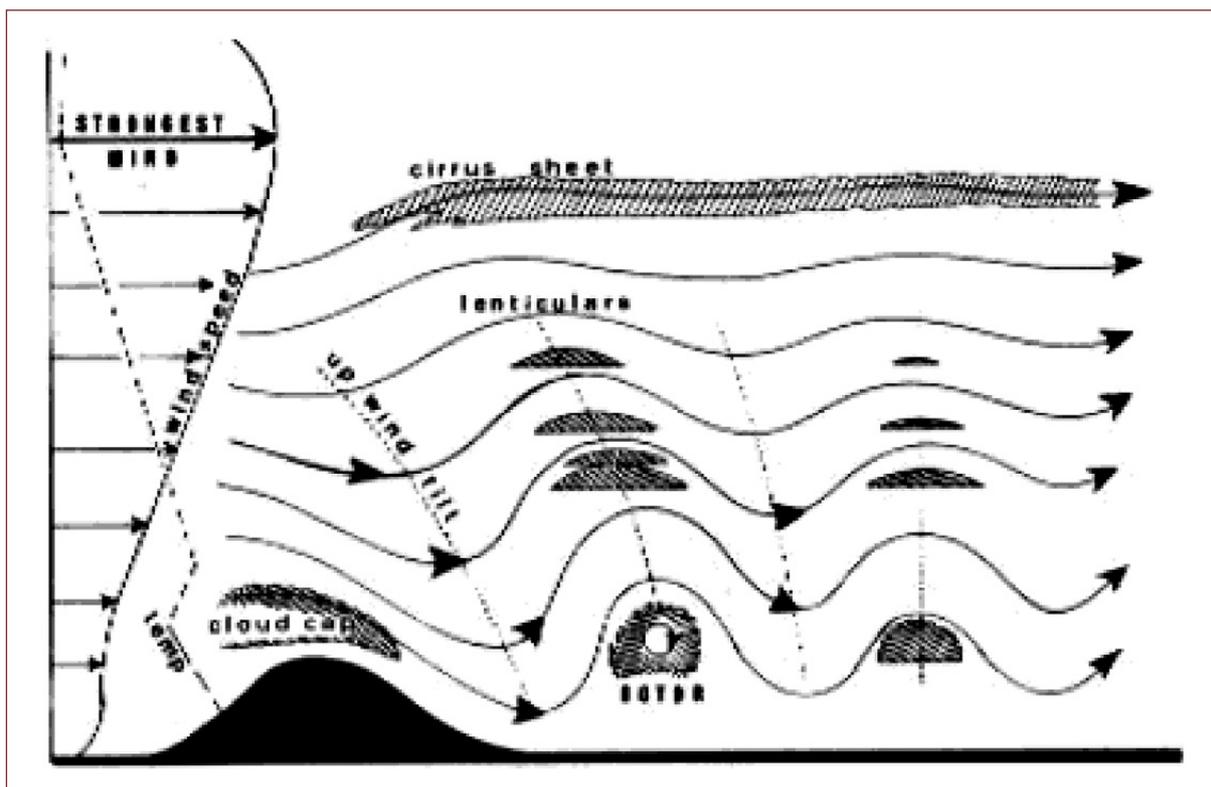
Los vientos racheados del Sur ( $170^{\circ}$ - $220^{\circ}$ ) pueden superar los 40 kt, con gran componente transversal en la pista 12/30.

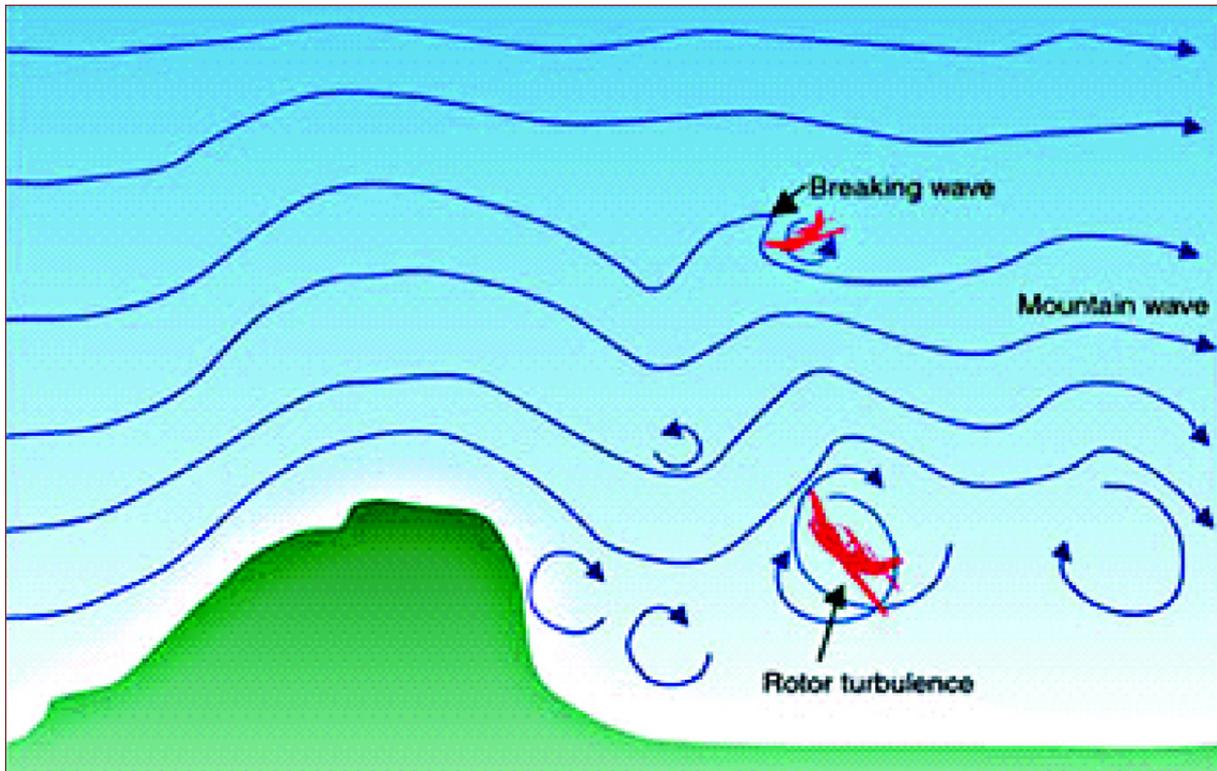
#### 1.7.6. La onda de montaña

En ciertas condiciones de atmósfera estable, viento fuerte perpendicular a una cordillera, con intensidad creciente en altura, se produce a sotavento de las montañas el fenómeno de onda de montaña. A niveles altos el flujo laminar del aire produce ondas coronadas por nubes lenticulares que, dependiendo del contenido de humedad a cada nivel, se forman por condensación en la rama ascendente de la onda y se deshacen en la rama descendente.

A niveles bajos se forman torbellinos de eje horizontal, paralelo a la cordillera, denominados rotores. Los rotores son muy turbulentos y suelen acompañarse de cúmulos en su parte más alta. El torbellino se alimenta de la energía que le comunica la capa inferior de la onda. A nivel cercano al suelo el aire toma un sentido contrario al viento general en altura. Después el aire sube formando la nube cumuliforme y cerrando el círculo de su remolino.

Ilustraciones procedentes de OSTIV, Mountain Wave Project y de ATSB





### 1.8. Ayudas para la navegación

El Aeropuerto de Bilbao dispone de ayuda VOR/DME.

La pista 30 está dotada de un sistema ILS CAT 1.

La senda de planeo (GS) del ILS tiene una pendiente de 3,35°.

### 1.9. Comunicaciones

Se mantuvieron las comunicaciones normales de un vuelo IFR de las cuales se ha tenido acceso en transcripciones facilitadas por el aeropuerto de Bilbao. Las transcripciones de las grabaciones coinciden con las del CVR pero añaden unos comentarios entre TWR Bilbao y TWR Vitoria sobre las condiciones del viento. Se aprecia que aunque el viento es al parecer ligero de 240° 08 kt en superficie, sin embargo en altura está «bastante mal. Con turbulencia de ligera a moderada, severa cizalladura».

Las grabaciones finales de TWR, no registradas en CVR, avalan la información sobre los tiempos de actuación de los servicios de rescate consignados en el punto 1.14 y en el 1.15.

## 1.10. Información de aeródromo

El Aeropuerto de Bilbao o Aeropuerto de Sondica, situado próximo a la costa cantábrica, tiene una elevación de 138 ft. Está rodeado de montañas y obstáculos que condicionan e influyen en la operación significativamente.

Las montañas y picos al sur del aeropuerto, con alturas de hasta 4.839 ft producen frecuentemente turbulencias en situaciones meteorológicas de vientos de componente Sur.

Dispone de dos pistas RWY 10-28 y RWY 12-30 con las siguientes distancias declaradas:

RWY	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
10	2.000	2.250	2.160	2.000
28	2.000	2.055	2.055	2.000
12	2.600	2.650	2.650	2.600
30	2.600	2.600	2.650	2.140

El aeropuerto está autorizado a los tránsitos IFR y VFR.

La pista 30 tiene una longitud de 2.600 m y 45 m de anchura. Al final de la pista 30 existe una zona de frenado de 50 m de longitud y de la misma anchura que la pista.

Debido a los obstáculos en la aproximación a la pista 30, su umbral se encuentra desplazado 460 m y la longitud disponible para el aterrizaje se reduce a 2.140 m.

La orientación magnética de la pista 30, en las fechas del incidente era de 297°.

No existen sistemas de detección de los vientos de cizalladura en las áreas de aproximación de este aeropuerto.

En el Apéndice B se incluye un mapa orográfico general del área al SW de Bilbao.

## 1.11. Registradores de vuelo

### 1.11.1. Registrador de datos de vuelo

La aeronave estaba dotada de un registrador digital de datos de vuelo (DFDR) con capacidad de grabación de más de 450 parámetros por segundo.

En el Apéndice A se muestran en forma gráfica la evolución de los distintos parámetros utilizados en el análisis.

En las figuras 1 y 2 se da información de la aceleración vertical soportada durante la aproximación y aterrizaje. En vuelo se registraron valores entre 0,7 g y 1,35 g. En la toma de tierra se alcanzó un valor máximo de 4,75 g.

En las figuras 3 y 4 se muestran las desviaciones en DOT<sup>3</sup> en senda de planeo y en localizador durante la aproximación ILS.

En la figura 5 se puede observar la evolución de los parámetros de velocidad.

En las figuras 6, 7 y 8 se representan los ángulos de asiento (pitch), de la sidestick y de los timones de profundidad.

La figura 9 representa la variación del ángulo de ataque registrado y el ángulo de ataque corregido<sup>4</sup>.

Finalmente en la figura 10 se muestran parámetros de motores.

Como referencia de la posición vertical del avión se incluye en las figuras la radioaltura registrada en cada momento.

### 1.11.2. *Registrador de voz*

El CVR grabó las conversaciones entre pilotos y las conversaciones con APP y TWR, además de diversos ruidos ambientales y avisos y alarmas.

Los registros de las conversaciones en cabina entre piloto y copiloto permitieron conocer que atravesaron un pequeño cúmulo a 25 NM del aeropuerto y a unos 7.500 ft de altura cuya fuerte turbulencia sorprendió a los pilotos, unos 10 min antes del contacto con pista.

Conocemos también por medio de esta grabación que a unos 8 min del aterrizaje, a 6.000 ft de altura y a 20 NM del umbral el avión experimentó un viento de unos 55 kt de velocidad.

Cinco minutos antes de la toma sonó el aviso de sobrevelocidad y experimentaron movimientos fuertes.

La tripulación desconectó el piloto automático poco antes del aviso de radioaltímetro de 400 ft.

Se sucedieron luego varios avisos de «dual input» avisando de que ambos pilotos estaban accionando sus respectivos mandos de sidestick simultáneamente.

---

<sup>3</sup> Los DOT se refieren a la graduación en los instrumentos de vuelo para el seguimiento de las marcaciones ILS que corresponden a unas desviaciones angulares de aproximadamente 1/4 de grado en GS y de 1 + 1/4 de grado en LOC por cada DOT.

<sup>4</sup> El valor del ángulo de ataque se ha corregido mediante la fórmula:  $AOA_{cor} = AOA \times 0,5333 + 2,4$ .

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

### 1.12.1. *Huellas en la pista*

Las huellas de neumáticos encontradas en la pista comienzan 130 m después de pasado el umbral desplazado de la pista 30. Las huellas corresponden a las dos patas principales, centradas en la pista, estando situada la pata izquierda sobre el eje.

A 3,5 m del inicio de éstas huellas, que se prolongan de forma visible durante unos 40 m, aparecen las correspondientes a la pata de morro, que solo se mantienen durante 10,5 m antes de transformarse en rasponazos y huellas profundas originadas por partes metálicas de alta dureza de esa pata. Estos rasponazos se encuentran en una longitud de 5 m y luego desaparecen.

Por delante de las huellas y marcas anteriores, en una longitud de unos 280 m, solamente se distinguen pequeños rasponazos discontinuos, que parecen corresponder a las compuertas del tren principal que habían caído. A partir de esta distancia, 300 m del punto de impacto, aparecen las huellas del contacto de los dos motores con la pista y 3 m más adelante reaparecen los rasponazos y huellas profundas de la pata de morro.

Las huellas de los motores y pata de morro continúan hasta el punto de detención de la aeronave, a 1.100 m del punto de impacto. Aproximadamente cuando la trayectoria se desvía a la izquierda, 500 m después de la aparición de las huellas de los motores, surgen de nuevo huellas de neumáticos de las ruedas de las patas de tren principal, posiblemente debido al derrape lateral del avión, que indican que estas reventaron a partir de este punto y continúan hasta el final del recorrido (véase croquis en Apéndice B).

### 1.12.2. *Daños en la aeronave*

El tren de morro colapsó adoptando su pata una posición de unos 45° con el eje longitudinal del avión. Las ruedas se desprendieron en fragmentos y el eje de las ruedas se abrasionó. Las compuertas de tren de morro se rompieron.

En el tren principal reventaron las cuatro ruedas. Las compuertas de tren recibieron daños diversos.

Los dos motores sufrieron daños por el roce con la pista de los capós que afectaron a los álabes de fan y carter de accesorios.



Detalle: pata de morro colapsada

Se ocasionaron daños estructurales evidenciados por deformación en una cuaderna de la proa.

Se sospechó que en el evento se pudieron producir daños estructurales importantes por el elevado factor de carga alcanzado, según el DFDR de 4,75 g. Evaluados los daños internos se consideraron no reparables económicamente y consecuentemente el avión se dio de baja.

### **1.13. Información médica y patológica**

Los pasajeros lesionados fueron atendidos por los Servicios Médicos del aeropuerto. De las comunicaciones internas del servicio se conoce que:

- Una azafata y 24 pasajeros sufrieron diversos traumatismos y contusiones.
- A dos pasajeras se les diagnosticó posibles fracturas.
- 7 de los lesionados recibieron asistencia hospitalaria.
- 15 de los 25 lesionados eran mujeres.
- 19 de los 25 lesionados eran mayores de 57 años
- 22 de los 25 lesionados eran mujeres o personas mayores de 57 años.

Se estimó que todas las lesiones se produjeron en la evacuación.

#### 1.14. Incendios

No se produjo incendio. La dotación del Servicio de Extinción de Incendios (SEI) entró en la pista en 40 segundos y acudió al lugar donde se detuvo la aeronave, posicionó un vehículo a cada lado del avión y roció con espuma ignífuga los trenes de aterrizaje y las góndolas de los motores.

#### 1.15. Aspectos de supervivencia

La tripulación requirió la ayuda de los bomberos un minuto después de declarar la emergencia. Al segundo minuto habían abandonado las comunicaciones, dedicada toda la tripulación a la evacuación.

Se usaron todas las salidas de emergencia y sus rampas: Dos puertas delanteras, puertas traseras y las cuatro salidas de ala.

Algunas informaciones aluden a un posible desconcierto en la evacuación. En la aeronave viajaba un grupo de unos 40 pasajeros de la tercera edad que al parecer fueron «arrollados por el resto de gente joven que no respetaba ordenes o procedimientos».



### 1.16. Ensayos e investigación

El fabricante del avión, a quien se le facilitó las lecturas del DFDR analizó los parámetros del vuelo con la ayuda de herramientas informáticas de simulación. Las diferencias entre el comportamiento del avión en la simulación y en el vuelo del accidente (DFDR) les permitieron calcular las componentes vertical y horizontal del viento.

A continuación introdujeron las posiciones de los sidesticks y los vientos anteriormente calculados en el ordenador de simulación. Los resultados de esta segunda simulación mostraron que en ambos casos, simulación y vuelo real, el comportamiento del avión era idéntico. La conclusión lógica era que el avión se comportó en el vuelo del accidente según diseño y por lo tanto la ley de protección de AOA se había activado impidiendo la recogida y encabritamiento de la aeronave.

Las ráfagas verticales produjeron incrementos muy rápidos del ángulo de ataque. En el ELAC L80 se había introducido un término de anticipación o «avance de fase» en función de la velocidad de variación del ángulo de ataque. Este término fue responsable en este caso, de la activación de la protección de AOA. Efectivamente, en las simulaciones realizadas con estándares anteriores al ELAC L80, que carecen de ese término de anticipación, no fue posible reproducir el comportamiento del avión.

El término de «avance de fase» se introdujo para permitir una entrada más temprana en la protección de AOA en el caso de maniobras de vuelo muy agresivas por parte del piloto.

### 1.17. Información orgánica y de dirección

#### 1.17.1. *Procedimientos de la compañía operadora en Bilbao*

La compañía que operaba este vuelo, que habitualmente lo hace sobre ese aeropuerto, inserta en el manual de operaciones la siguiente nota en las páginas dedicadas al Aeropuerto de Bilbao:

«1. Precaución:

Cuando exista viento entre 160° y 230° de intensidad superior a 15 KT, esperar turbulencia y cizalladura durante la aproximación y el despegue.

Se recomienda, que cuando en estos casos la intensidad supere los 20 KT y, no haya PIREPS razonablemente favorables, no se opere en este aeropuerto.»

#### 1.17.2. *Atribuciones del copiloto en supervisión*

El M.O. de la compañía, en vigor el 07-02-2001, establecía como atribuciones para un copiloto en supervisión las mismas que la DGAC le otorgaba en su licencia.

### 1.17.3. *Requisitos de los tripulantes en los vuelos de pasajeros*

En la actualidad los Requisitos Conjuntos de Aviación de Transporte Aéreo Comercial-Aviones (JAR-OPS 1) establece en su Subparte N que el operador garantizará que todos los miembros de la tripulación sean titulares de una licencia válida, que tengan procedimientos para evitar que tripulen juntos miembros de la tripulación de vuelo sin la adecuada experiencia. De acuerdo con el Apéndice 1 a la JAR-OPS 1.1045, que trata de los requisitos del Manual de Operaciones de los operadores de transporte aéreo comercial, este manual debe contener «Una descripción de la licencia requerida, habilitaciones, cualificaciones/competencia (por ejemplo, para rutas y aeródromos), experiencia, entrenamiento, verificaciones y experiencia reciente requeridas para que el personal de operaciones lleve a cabo sus funciones»; todo esto aplicable también a los miembros de la tripulación que actúen como pilotos bajo supervisión.

Se contemplan los cursos de habilitación de acuerdo con la JAR-FCL, los cursos de conversión y también los vuelos en línea bajo supervisión y los vuelos de verificación en línea. El Manual de Operaciones, aprobado por la autoridad aeronáutica, debe recoger diversos aspectos como, número mínimo de tripulantes, niveles mínimos de cualificación y experiencia de los tripulantes antes de iniciar el curso de conversión, el programa de entrenamiento y verificación periódica, etc.

Cuando ocurrió el accidente, la normativa en vigor para la obtención de Habilitaciones de Tipo, se desarrollaba en la Circular-15 B.

La norma preveía una instrucción teórica y práctica, en simulador y en vuelos reales de instrucción, con una prueba de calificación, que había de superarse, previamente al otorgamiento de la Habilitación del piloto.

La licencia del piloto debía recoger la Habilitación adquirida y la capacidad en la que el titular podía ejercer sus atribuciones (Piloto al mando o copiloto), «con las restricciones que correspondan» en los vuelos subsiguientes en la fase de Capacitación en Línea.

Además, «cada operador desarrollará entre sus procedimientos de instrucción el sistema de capacitación en línea». Esas condiciones debían estar aprobadas por la DGAC.

«Por otra parte, y con respecto a la Habilitación como Piloto al mando, se procederá a unas restricciones temporales de aterrizaje, que vendrán explícitamente recogidas en el M.B.O.»

(Ref. Circular Operativa 15-B/93, punto 6.)

## 1.18. Información adicional

### 1.18.1. *Recomendación de seguridad preliminar*

A raíz de este accidente, con fecha de 12 de marzo de 2001 la Comisión de Investigación e incidentes de Aviación Civil de España y el Bureau Enquêtes-Accidents de Fran-

cia, emitieron la siguiente RECOMENDACIÓN DE SEGURIDAD PRELIMINAR dirigida a la Autoridad de Certificación de este tipo de aeronave, Dirección General de Aviación Civil de Francia:

«Definir con el fabricante y poner en servicio de manera urgente, medidas encaminadas a prevenir la repetición de este tipo de eventos en aeronaves de la familia A-320 y otras aeronaves que puedan estar equipadas con un sistema de control de vuelo similar.»

### **1.18.2. Medidas transitorias y operacionales**

Para cubrir el período de tiempo que transcurriera hasta la introducción de modificaciones en la programación de los ordenadores de vuelo ELAC, Airbus Industries emitió el 23 de marzo la OIT/FOT 999.0036/01. Esta publicación fue elevada a Directiva de Aeronavegabilidad Telegráfica por la autoridad aeronáutica francesa (Ref: 15/01 – GSAC-T Date: 26 Mars 2001). Por estos documentos se introducen los procedimientos transitorios siguientes, que se incluyen en el manual del avión (AFM) de los A-320 y A-319 equipados con ELAC-L80 estándar:

---

PARA LA APROXIMACIÓN A PISTAS EN AMBIENTE RECONOCIDO COMO TURBULENTO, ESPECIALMENTE SI ESAS CONDICIONES GENERAN RÁFAGAS VERTICALES DEBIDO AL TERRENO CIRCUNDANTE,

O

INCREMENTO DE RÁFAGAS REPORTADAS (MÁXIMO VIENTO MENOS VIENTO PROMEDIO) MAYOR DE 10 KT,

O

–TURBULENCIA DE MODERADA A SEVERA EN CORTA FINAL,

LA TRIPULACIÓN TÉCNICA DEBERÁ ESTRICTAMENTE ADHERIRSE AL SIGUIENTE PROCEDIMIENTO:

USAR CONF 3 PARA LA APROXIMACIÓN Y ATERRIZAJE.

MINIMA VAPP ES VLS+10KT; LA RECOMENDACIÓN DE USAR MANAGED SPEED SIGUE SIENDO VÁLIDA.

CORREGIR LA DISTANCIA DE ATERRIZAJE POR EL INCREMENTO DE VELOCIDAD.

SI EL AVISO «SINK RATE» DEL GPWS OCURRE POR DEBAJO DE 200 FT, INICIAR INMEDIATAMENTE EL ABORTO DEL ATERRIZAJE (GO AROUND).

---

### 1.18.3. *Acciones correctivas emprendidas por Airbus*

A.I. desarrolló un nuevo estándar del ELAC, standard L81, para modificar la lógica de la protección AOA en previsión de condiciones de turbulencia. El nuevo estándar fue certificado a mediados del año 2001 y el Boletín de Servicio correspondiente se publicó en septiembre de 2001; la modificación del software, considerada mandatoria por la autoridad aeronáutica se debía cumplimentar en todos los aviones A-319, A-320 y A-321 antes de diciembre de 2002.

Las modificaciones del programa informático, *software*, que había de seguir el ELAC contemplan dos acciones que afectan a la activación y desactivación de la protección de AOA descrita en el punto 1.6.

- 1.º **Activación de la Protección de AOA:** Se cancela el término de derivada del ángulo de ataque en la anticipación del AOA. (No aplicable al A-319 pues la activación no depende de la velocidad de variación del ángulo de ataque.)
- 2.º **Desactivación de la Protección de AOA:** Por debajo de los 200 ft se añade una condición de desactivación de la protección de AOA. Se desactiva la protección de AOA también cuando la posición del sidestick se encuentre entre su posición neutra y «-8º morro arriba» con  $\alpha < \alpha_{\text{prot}} - 2$  (ALPHA < ALPHA PROT-2 grados).

Con estas modificaciones se mantiene el nivel de protección frente maniobras dinámicamente agresivas iniciadas por el piloto pero se inhibe la prematura activación de la protección de AOA desencadenada por ráfagas de viento y se permite la desactivación en vuelo a baja altura bajo condiciones más laxas.

### 1.18.4. *Otros testimonios sobre el accidente*

Testigos presenciales vieron entrar el avión en actitud de morro abajo.

Al final de la carrera de frenado se vio desprenderse humo y gases del tren de la aeronave.

El diario de novedades del servicio de control de Bilbao del día 7 de febrero de 2001 recoge anotaciones entre las 15:10 y las 16:59 h de tres aviones que frustran y proceden al Aeropuerto de Vitoria y otros tres aviones que se desvían a Vitoria sin intentar aproximación a Bilbao.

Durante los sesenta minutos anteriores al vuelo del accidente aterrizaron en Bilbao cinco aeronaves sin incidentes.

### 1.18.5. *Otros accidentes e incidentes relacionados*

Por las posibles similitudes en cuanto a las condiciones atmosféricas en el espacio aéreo de Bilbao se recuerda que el día 23 de enero del mismo año, 15 días antes de este accidente, se produjo un incidente que afectó a una aeronave Embraer RJ145. Esta aeronave encontró turbulencia en la aproximación final a la pista 30, que le ocasionó una toma de tierra larga y que terminó con la salida del avión de la pista por la cabecera 12. El viento en esa ocasión era así mismo de orientación Sur y Suroeste.

En relación con el tipo de aeronave se tiene conocimiento de otra ocasión en la que se activó por equivocación la protección de alto ángulo de ataque:

- El 24 de septiembre de 1999 un A-320, aterrizando en St. John (Terranova) tocó la pista antes de su umbral desplazado, chocando con unas barreras de obras y construcciones. No hubo víctimas. En la aproximación, en la noche, el aire era turbulento con rachas verticales y horizontales. La activación de la protección de AOA impidió una recogida suave; en las causas del accidente se mencionan ilusiones ópticas y tardío reconocimiento de la situación de inseguridad (véase informe A99A0131 del Transport Safety Board of Canada).

## 2. ANÁLISIS

### 2.1. Planeo en aproximación final

El vuelo fue normal hasta que la aeronave se estableció en la senda de aproximación final a la pista 30 de Bilbao. Debido a los obstáculos en la senda, ésta tiene una pendiente de  $3,35^\circ$ , superior a la habitual de  $3^\circ$ , y el umbral 30 está desplazado 460 m.

En el espacio aéreo de la aproximación existía turbulencia evidenciada por los registros de aceleración vertical entre 0,7 y 1,35 g (véanse figuras 1 y 2, Apéndice A). Las condiciones del aire eran las típicas que se suelen identificar con los rotors de las ondas de montaña.

Las ramas ascendentes y descendentes de los rotors producen variaciones en las velocidades verticales de los aviones que lo atraviesan, o bien, variaciones de su ángulo de ataque si poseen gran inercia.

Un avión en descenso puede cruzar las ramas horizontales de los rotors experimentando vientos de cizalladura (Windshear).

El avión A320-B que hacía el vuelo IB-1456 el día 7 de febrero de 2001 encontró en su aproximación vientos muy fuertes de 55 kt a unos 6.000 ft de altitud. Los meneos fuertes y los avisos de sobrevelocidad alertaron a la tripulación de las condiciones de turbulencia y cizalladura reinantes que también se podrían presuponer del pronóstico TAF del Grupo de Predicción y Vigilancia (GPV) del INM, aunque los METAR y la información de TWR solamente anunciaban intensidades de viento de 8 a 12 kt. La tripulación consiguió hacer una captura aceptable de la senda de planeo (véanse figuras 3 y 4 Apéndice A).

La tripulación continuó la aproximación a 142 kt de velocidad muy estable respecto del suelo, pero con fluctuaciones de velocidad CAS de  $\pm 6$  kt según los datos del DFDR. La velocidad CAS media era de 145 kt, equivalente a  $V_{ref} + 13$  kt.

Al pasar el nivel de 200 ft de altura encontró un primer gradiente de viento en cola. Después, antes de pasar los 100 ft, encontró una corriente ascendente que se registró como una aceleración vertical de 1,15 g. El ángulo de ataque sería de unos  $10^\circ$ .

Luego, en el intervalo de cinco segundos hasta el instante de la toma, encontró una corriente descendente con disminución brusca del AOA de unos  $5^\circ$ , seguida de otra corriente ascendente fuerte; un nuevo gradiente de viento en cola tras descender a 80 ft de RA redujo la velocidad CAS en 6 kt en un primer segundo y en otros 3 kt en los tres segundos siguientes. La aceleración vertical se hizo 0,82 g.

En todo momento la configuración y la operación de la aeronave se ajustaba a los procedimientos establecidos, tratando de mantenerse en la senda de la aproximación.

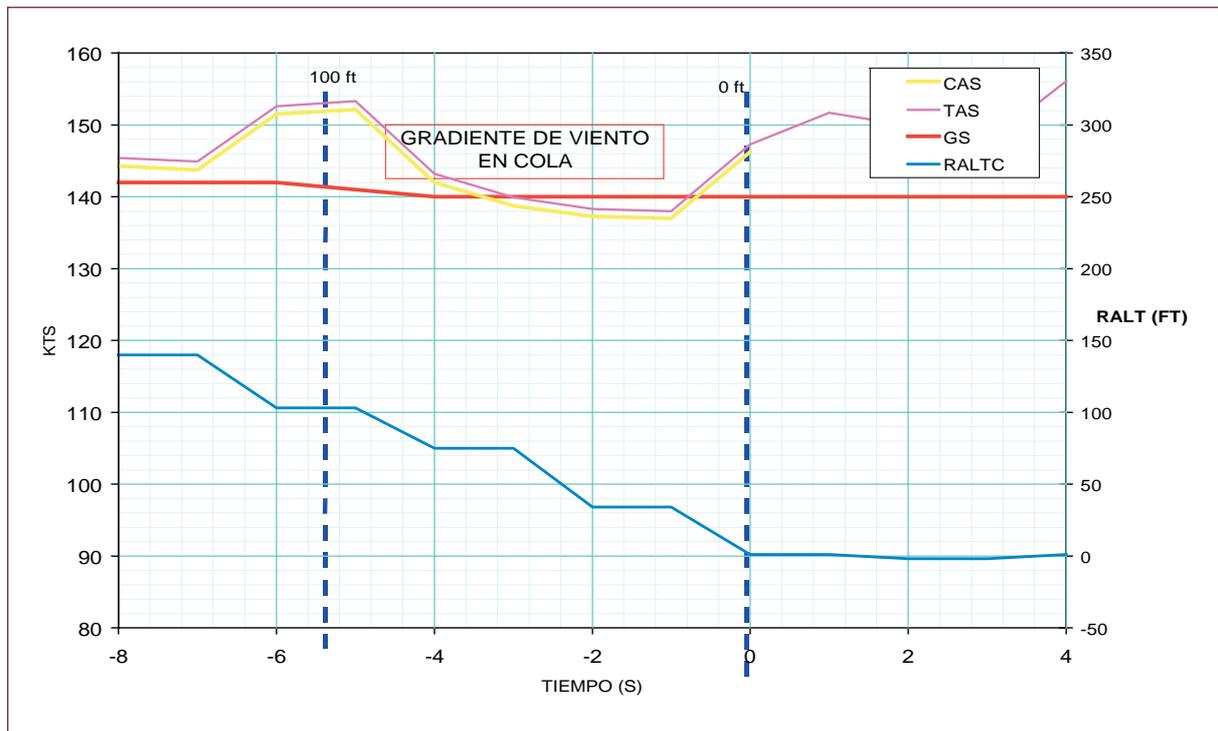


Figura 2.1.1. Variaciones de velocidad en los últimos segundos

Al encontrar la corriente ascendente, el piloto que volaba picó con su sidestick, y seguidamente dio un tirón de ella cuando penetró en la descendencia.

También el comandante movió su sidestick hacia atrás sumándose su solicitud a la del copiloto. La suma de ambas solicitudes superó pronto los 10° de sidestick de morro arriba. El sistema EFCS concedería entonces toda la importancia al término de la derivada del ángulo de ataque en la anticipación de un posible peligroso alto valor del AOA próximo a la pérdida.

El rápido incremento de ángulo de ataque y la doble petición de encabritar resultó en una activación de la protección de AOA.

Sin embargo el AOA nunca superó los 10° y por lo tanto se mantuvo por debajo de los 15° limitativos del AOA máximo en configuración FULL. El valor de  $\alpha_{prot}$  de 12° se superaría solo por la adición del término de la derivada que pudo ser muy alto durante alguna fracción de segundo. El valor medio de crecimiento del AOA en el segundo crítico fue de 3 ó 4 grados por segundo.

La protección de AOA permaneció activa hasta la toma de tierra pues no se cedió palanca y no se dieron las condiciones lógicas programadas en el software para que se desactivara.

A la activación de la protección de AOA le siguió un gradiente de viento en cola, que se manifestó como una reducción de la velocidad con respecto al aire. La reducción de la

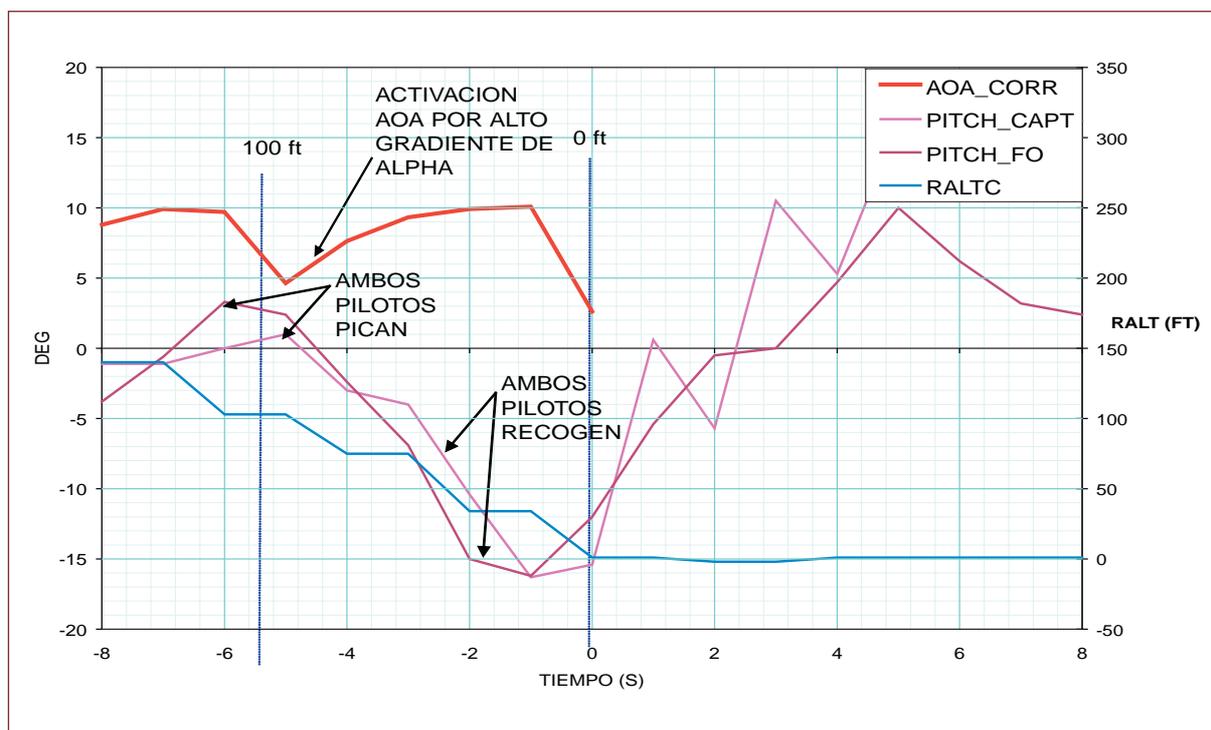


Figura 2.1.2. Variación de AOA y actuaciones de pilotos en mando de profundidad

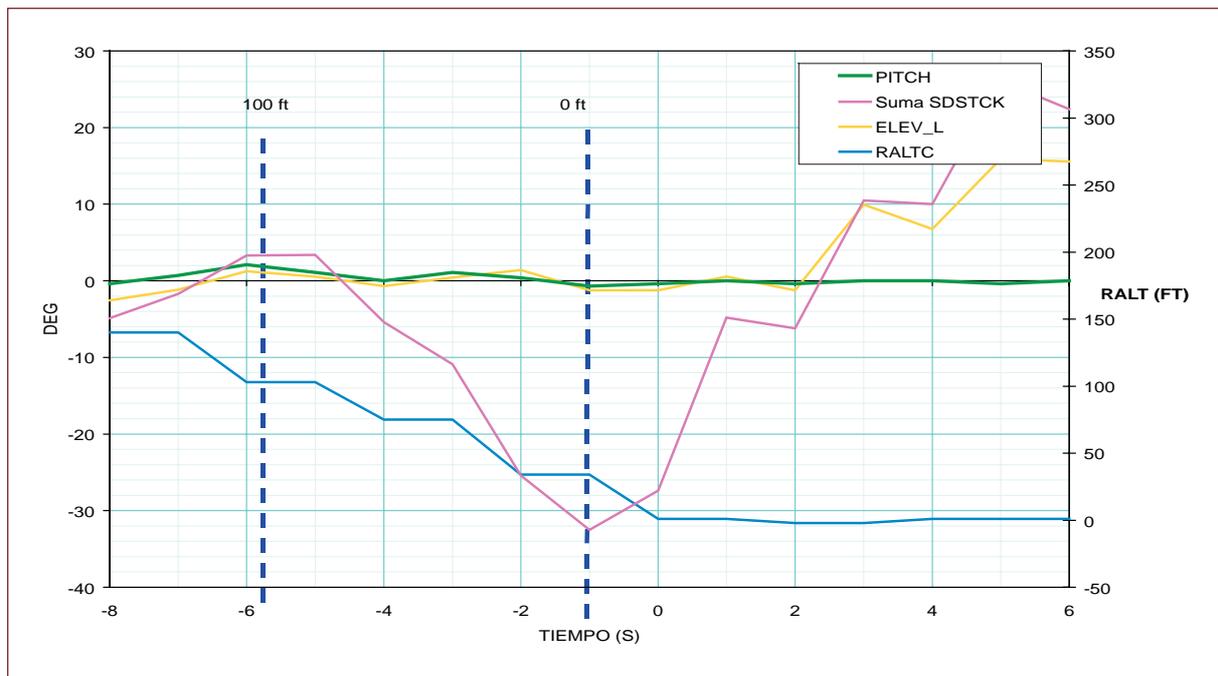
velocidad, pudo ser asumida por los automatismos del EFCS como un movimiento fugoi-de, y provocaría un movimiento de picado justo cuando el avión entraba en la pista.

El ángulo de ataque creció de nuevo hasta los  $10^\circ$  pero el avión no recogía y la veloci-dad de descenso era en los segundos anteriores a la toma de 1.200 ft/min. En la alta velocidad de descenso influían la velocidad de aproximación incrementada por el vien-to y la pendiente de la senda de planeo del ILS de  $3,35^\circ$ , además de las condiciones atmosféricas especiales de ese día en la aproximación.

Se produjeron en esos momentos dos avisos de «sink rate» y avisos de «dual input» advirtiendole de que ambos pilotos accionaban la sidestick. A menos de 50 ft la tripula-ción seleccionó potencia TOGA en un intento de abortar el aterrizaje. La inercia de los motores a ralenti y el bajo ángulo del timón de profundidad no permitieron contener la alta velocidad de descenso e iniciar el ascenso. La aeronave tocó tierra.

Se observa en la Figura 2.1.3 cómo las acciones de los pilotos en los sidestick (Suma Sidestick), no consiguen deflectar el timón de profundidad izquierdo (Elev-L) más de  $3^\circ$ , por lo que el pitch del avión no se altera y se mantiene por debajo de los  $2^\circ$ .

En estas condiciones ambientales y con las actuaciones de los mandos descritas la res-puesta del avión es congruente con la lógica del sistema de control de vuelo expuesta en el punto 1.6.6. y correspondiente al ELAC standard 80.



Nota: Valores negativos de Suma de SDSTCK indican posiciones de sidestick comandando maniobras de encabritar o morro arriba.

Figura 2.1.3. Respuesta de la aeronave al movimiento de sidestick: movimiento de timón de profundidad y variaciones en la actitud o cabeceo del avión

El accidente puso de manifiesto que la protección de AOA con el término de anticipación del ángulo de ataque, válida y oportuna en otras fases del vuelo, no es apropiada en la fase de «aproximación corta final».

## 2.2. Toma de tierra y frenada

La posición de morro abajo en el primer contacto se constata, no solo por las grabaciones del DFDR sino también por testigos oculares y por la proximidad de las huellas de la ruedas de morro y de tren principal. Como la distancia entre los ejes de esas ruedas es de 12,64 m y la distancia entre las huellas es solo de 3,5 m se puede saber que el avión recorrió 9 m entre el toque de morro y el toque del tren principal, confirmando una trayectoria pronunciada y una velocidad de descenso elevada.

Efectivamente en el impacto fuerte y duro del tren principal se produjeron registros de aceleración de 4,75 g, en lugar de los valores normales de poco más de 1 g, ocasionados por la velocidad vertical de 1.200 ft/min (6 m/s) antes de la toma.

Los escasos 10,5 m de longitud de la huella del tren de morro antes de transformarse en rasponazos de partes metálicas indican que el tren colapsó instantáneamente. A unos 145 kt (75 m/s) 10,5 m se recorren en poco más de una décima de segundo.

Después se levanta la rueda de morro pues sus huellas desaparecen. Al pasar a modo tierra, (desactivación de la protección AOA), la aeronave recuperó control de profundidad y levantaría algo el morro. Más tarde, acabadas las fuerzas aerodinámicas, el morro fue bajando poco a poco más allá de su posición natural por el colapso de la pata y entonces tocaron las góndolas de los motores y otra vez las partes metálicas de la pata de morro.

Las ruedas de tren principal aguantaron la mayor parte de la carrera mientras se conservaba control lateral del avión aerodinámicamente. Al final, sin rueda de morro y sin control lateral, el avión se atravesó en la pista y reventaron sus ruedas (humo y gases al final del recorrido que apreciaron testigos).

La distancia recorrida, unos 1.100 m, es normal para el peso y la velocidad que llevaba la aeronave, y para las condiciones de frenada. Habiéndose seleccionado potencia TOGA en los instantes iniciales de la carrera durante unos 4 segundos la aeronave incrementó su impulso.

La estructura de la aeronave sin colapsar protegió el habitáculo de los pasajeros aunque resultó dañada internamente más allá de lo que se considerara económicamente reparable. Las cargas de tierra a las que se sometió eran mayores que las de diseño.

### 2.3. Otras circunstancias contribuyentes

Además de la combinación de ascendencias y descendencias y de cizalladuras de viento en cara y viento en cola coincidieron las siguientes circunstancias que influyeron en el accidente:

Las dificultades de vuelo comenzaron al pasar por los 100 ft RA. Si los windshear hubieran ocurrido a más altura la protección alpha-floor probablemente hubiera puesto potencia TOGA en automático.

Si se hubiera configurado el avión con flap 3, el valor de  $\alpha_{\text{prot}}$  hubiera sido más alto y quizá no se hubiera alcanzado y no se hubiera entrado en el estado de protección AOA.

Si no hubieran tirado ambos pilotos de la palanca sidestick a la vez posiblemente el sistema no hubiera previsto y anticipado un alto ángulo de ataque puesto que, como se ha señalado, verdaderamente el ángulo de ataque real nunca fue muy elevado.

Si se hubiera iniciado antes el aborto del aterrizaje se hubiera podido recuperar antes el vuelo horizontal evitando el contacto duro con la pista.

### 2.4. Condiciones meteorológicas en Bilbao

Los informes METAR y la información transmitida por TWR prevenían solamente de ligera turbulencia. El GPV pronosticaba vientos de 25 kt con ráfagas de 40 kt aunque segu-

ramente la tripulación no llegó a tener conocimiento de esos pronósticos. La información de los METAR y la recibida directamente de TWR solo les preparaba para hacer frente a unos vientos de ligeros a moderados de unos 7 a unos 12 kt de intensidad en el aeropuerto, aunque de direcciones cambiantes alrededor de los 240°.

La información genérica del manual de operaciones de la compañía operadora limitaba la precaución a la situación de vientos con direcciones entre 160° y 230° y con intensidades superiores a los 15 kt.

Como los vientos comunicados eran más flojos y tenían direcciones de unos 240° y 250° pudieron tener los pilotos una falsa confianza en cuanto a la severidad de la turbulencia y cizalladura. Incluso pudo pensar la tripulación que las condiciones pudieran haber mejorado en las cinco horas que transcurrieron desde la última frustrada de un avión en Bilbao y su desvío a Vitoria. Efectivamente, los tráfico que le precedieron aterrizaron con normalidad.

Aunque los vientos en superficie tenían intensidad media y una dirección WSW, en la noche de este accidente, los vientos en altura pudieron ser más intensos, produciendo una turbulencia fuerte, mayor que la esperada por la tripulación.

Las circunstancias del accidente hacen pensar en el fenómeno conocido como onda de montaña.

Este fenómeno se produce con vientos fuertes perpendiculares a una cadena montañosa y está favorecido por una atmósfera estable y por un aumento de la velocidad del viento en altura manteniendo su dirección perpendicular a la cordillera.

Los datos aportados por la grabación de CVR —atravesaron en la aproximación un cúmulo turbulento, (probablemente del rotor) y encontraron velocidad del viento de 55 kt a unos 6.000 ft (más fuerte en altura)— sugieren que se daban condiciones relacionadas con el fenómeno de onda de montaña. Los datos de los sondeos atmosféricos en Santander indicaban que posiblemente se daban condiciones favorables para el desarrollo de movimientos ondulatorios de capas estables del aire.

Como quiera que el Aeropuerto de Bilbao sufre de tiempo en tiempo situaciones meteorológicas de viento S y SW, parece recomendable un estudio en profundidad de los fenómenos atmosféricos en el área de Bilbao con el objetivo de conocer mejor el desarrollo de turbulencias, ráfagas, corrientes verticales y vientos de cizalladura. Como el riesgo para la aviación en esas situaciones se presenta ya desde ciertas altitudes, no basta un informe METAR con las condiciones a nivel de superficie. La información meteorológica en esos casos debe ser ampliada cubriendo toda la trayectoria en la aproximación final.

Los vientos en superficie, al estar influidos por la circulación de los rotores pueden resultar engañosos. Bueno sería en esas situaciones disponer de anemómetros en la cresta

de las montañas para evaluar la capacidad del viento de generar turbulencias en las diversas direcciones de su procedencia.

Los sistemas de detección de vientos de cizalladura son costosos, no obstante, sopeando los incrementos de tráfico comercial se podría reconsiderar la conveniencia de monitorizar los vientos en los alrededores de Sondica.

## **2.5. Evacuación del avión**

Algún testimonio y los registros de los heridos y lesionados hacen sospechar que se produjeran escenas de pánico y de avalanchas.

De los 25 lesionados 22 eran mujeres y personas mayores, seguramente arrolladas por los más jóvenes.

Estas escasas consecuencias se consideran normales en la operación de evacuación de emergencia de un avión.

La posición estratégica del servicio del SEI, cerca del punto de detención de la aeronave, y su rápida actuación evitaron un posible incendio y una evacuación más difícil.

## **2.6. Vuelos en línea bajo supervisión**

En este vuelo, no parecían existir restricciones para que cada uno de los miembros de la tripulación de vuelo ejerciera las atribuciones de sus respectivas licencias. El operador informó que el comandante cumplía con los requisitos para ser supervisor y el piloto a los mandos (PF), que se encontraba en periodo de capacitación en línea, era titular de una licencia sin ninguna restricción para volar bajo supervisión, luego, podía por lo tanto aterrizar.

Llama la atención que la normativa vigente en la fecha del accidente imponía unas restricciones temporales de aterrizaje, en condiciones normales, para el piloto al mando bajo supervisión que no eran aplicables a los copilotos cuando estaban bajo supervisión. Más aún, en este caso en el que las condiciones meteorológicas eran adversas, se estima que unas oportunas restricciones operativas hubieran debido impedir que el piloto en fase de capacitación hubiera tomado los mandos durante el aterrizaje. La recomendación de la compañía de no operar en Bilbao bajo ciertas condiciones recogida en 1.17.1 pudiera ser más estricta para copilotos y para tripulantes en instrucción.

Teniendo en cuenta que la nueva reglamentación JAR-OPS 1 permite que se desarrollen en el manual de operaciones, sujeto a la aprobación por la Autoridad de Aviación Civil, diversos aspectos de la fase de capacitación en línea, se hacen dos Recomendaciones

de Seguridad, una al Operador de Transporte Aéreo Comercial y otra a la DGAC, para que se restrinja adecuadamente las atribuciones de los pilotos en fases de instrucción en línea bajo supervisión. Estas restricciones deberían aplicarse a rutas y aeropuertos en los que se sabe que bajo ciertas situaciones meteorológicas desarrollan condiciones operativas especiales que usualmente conducen a una alta tasa de aproximaciones desestabilizadas y frustradas. Por otro lado, la Autoridad Aeronáutica, DGAC, debería considerar las propuestas de requisitos y restricciones antes de dar su aprobación al Manual de Operaciones del Operador.

### 3. CONCLUSIÓN

#### 3.1. Conclusiones

- En la aproximación al Aeropuerto de Bilbao la aeronave experimentó señales de turbulencia moderada a severa.
- Las intensidades del viento en altura y otras condiciones meteorológicas eran adecuadas para que se produjeran fenómenos de turbulencias.
- En la aproximación la velocidad vertical de descenso en los últimos segundos fue muy elevada.
- El diseño de los sistemas de mando hizo que la acción de ambos pilotos sobre los controles fuera ignorada por los automatismos del sistema de control de vuelo e impidieron que el avión hiciera la recogida.
- Se aplicó potencia TOGA a los motores en el último instante pero la aeronave no consiguió remontar el vuelo.
- El avión impactó con la rueda de morro, centrado en la pista, en el umbral. Colapsó la pata de morro y frenó en 1.100 m. Al final del recorrido en tierra perdió el control direccional y se atravesó en la pista.
- Se produjeron daños en la aeronave que afectaron a la pata de morro, las góndolas de los motores bajo las alas y a los neumáticos de tren principal que reventaron. Los daños estructurales internos motivaron que el avión se diera de baja en el registro de matrícula.

#### 3.2. Causas

La causa del accidente fue la activación del automatismo de protección de alto ángulo de ataque programado en los ordenadores de los sistemas electrónicos de control de vuelo, en particular el término de anticipación de ángulo de ataque diseñado para prevenir maniobras muy agresivas, el cual, bajo una peculiar combinación de ráfagas verticales y vientos de cizalladura y actuación de los mandos no considerada en el diseño, impidieron a la aeronave subir el morro y efectuar la recogida para el aterrizaje.

#### 4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Como se ha comentado previamente en este informe (véase punto 1.18.1.), el 12 de marzo de 2001 se emitió la siguiente recomendación preliminar dirigida a la Dirección General de Aviación de Francia (DGAC-F) «definir con el fabricante y poner en servicio de manera urgente, medidas encaminadas a prevenir la repetición de este tipo de eventos en aeronaves de la familia A-320 y otras aeronaves que puedan estar equipadas con un sistema de control de vuelo similar».

En el punto 1.18.3, **Acciones correctivas emprendidas por Airbus**, se describen las modificaciones en el software del ELAC efectuadas por el fabricante que habían sido desarrolladas y completamente implementadas al final del año 2002, y que se consideraran acciones emprendidas como respuesta a esta recomendación.

Adicionalmente, se emiten las siguientes recomendaciones.

- REC 20/06.** Como quiera que el Aeropuerto de Bilbao sufre de tiempo en tiempo situaciones meteorológicas de viento sur y suroeste, se recomienda al Instituto Nacional de Meteorología (INM) el estudio en profundidad de los fenómenos meteorológicos en el área de Bilbao con el objetivo de conocer mejor la formación y desarrollo de turbulencias, ráfagas, corrientes verticales y vientos de cizalladura y hacer uso de esa información en apoyo de las operaciones aéreas en la aproximación a ese aeropuerto.
- REC 21/06.** Teniendo en cuenta que el doble mando sobre el «sidestick» produce el efecto de sumar ambas solicitudes sobre el avión, se recomienda al operador Iberia que refuerce la instrucción de tripulaciones de A-320, encaminada a evitar la actuación simultánea de los dos pilotos sobre los «sidesticks» sin pulsar el botón de «override» en todo tipo de composición de cabina de vuelo.
- REC 22/06.** Teniendo presente que la conjunción de condiciones marginales meteorológicas y la realización de vuelos bajo supervisión en línea pueden configurar escenarios de mayor riesgo en la operación, se recomienda a Iberia que establezca en su Manual de Operaciones restricciones adecuadas y oportunas según las fases del vuelo, según el aeropuerto de operación y según las fases del entrenamiento, para los tripulantes con habilitaciones recientes en instrucción y/o bajo supervisión en línea.
- REC 23/06.** Teniendo en cuenta la anterior recomendación (22/06), se recomienda a la Autoridad Aeronáutica, DGAC, que considere como criterio válido de aprobación de los Certificados de Operador Aéreo (AOC) de los operadores de transporte aéreo comercial la inclusión en los Manuales de Operaciones de las restricciones establecidas a los tripulantes con habilitaciones recientes en instrucción y/o bajo supervisión en línea.

# APÉNDICES

**APÉNDICE A**  
**Datos DFDR**

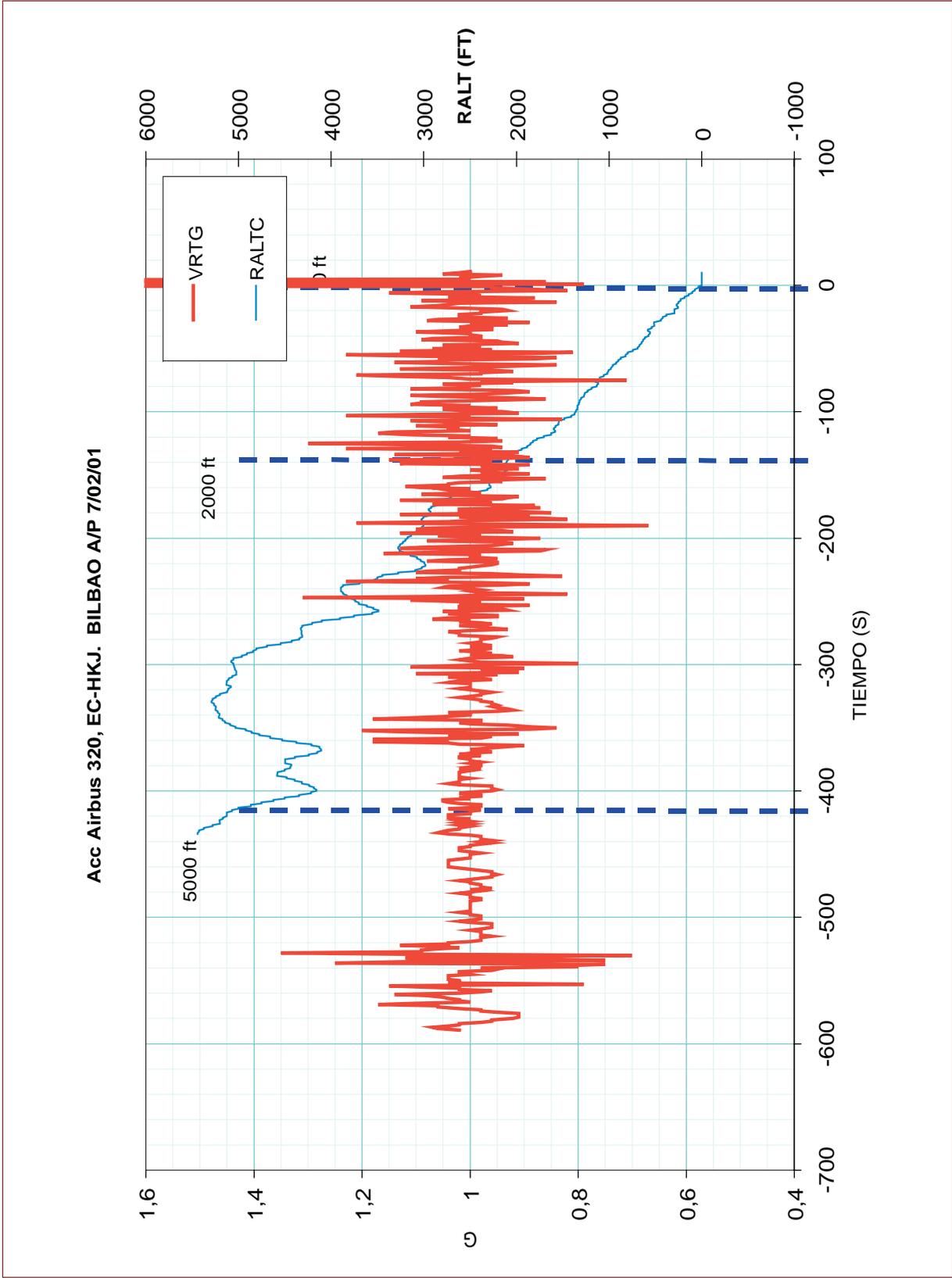


Figura 1. Registros de aceleración vertical

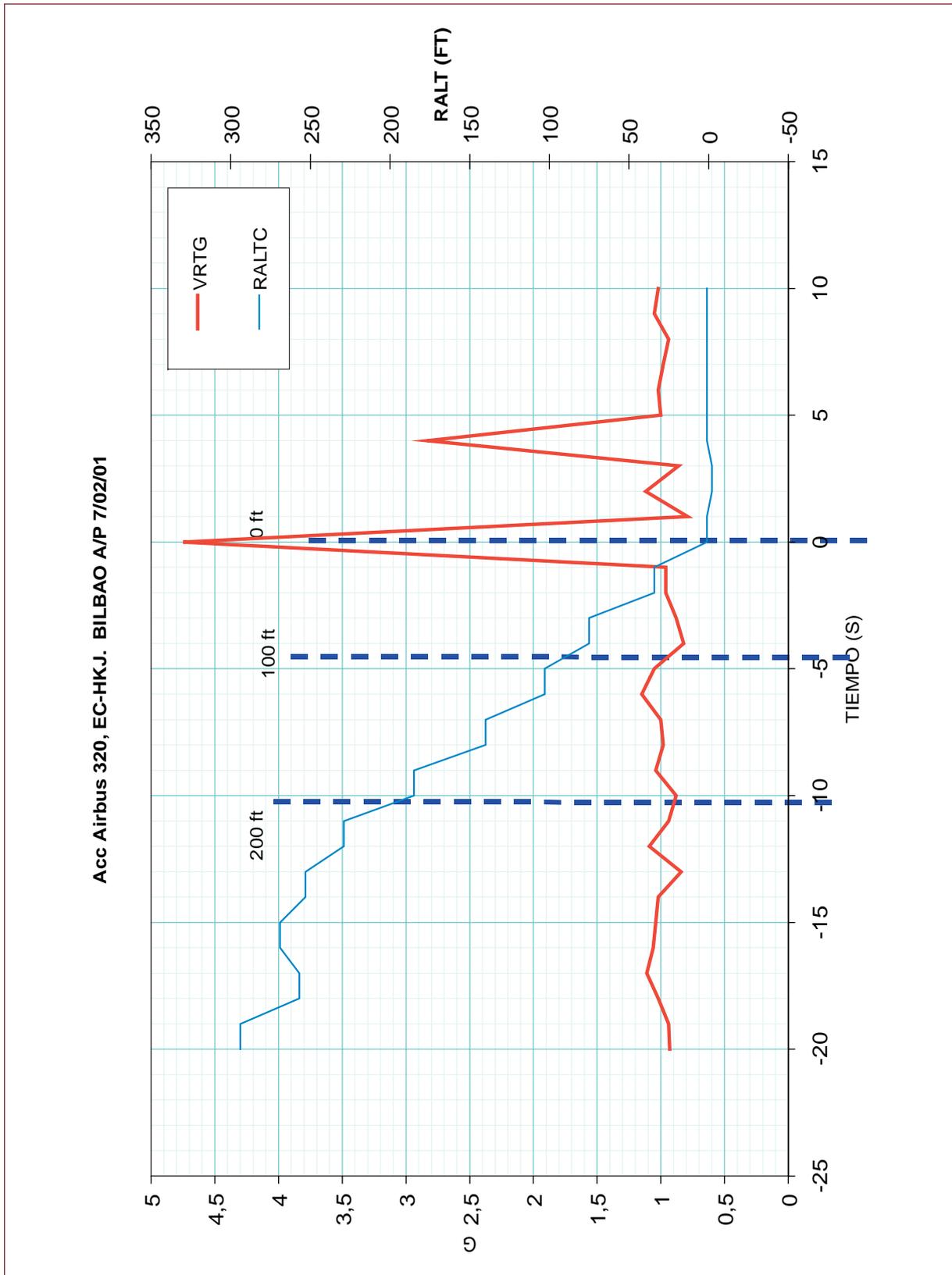


Figura 2. Registros de aceleración vertical (cont.)

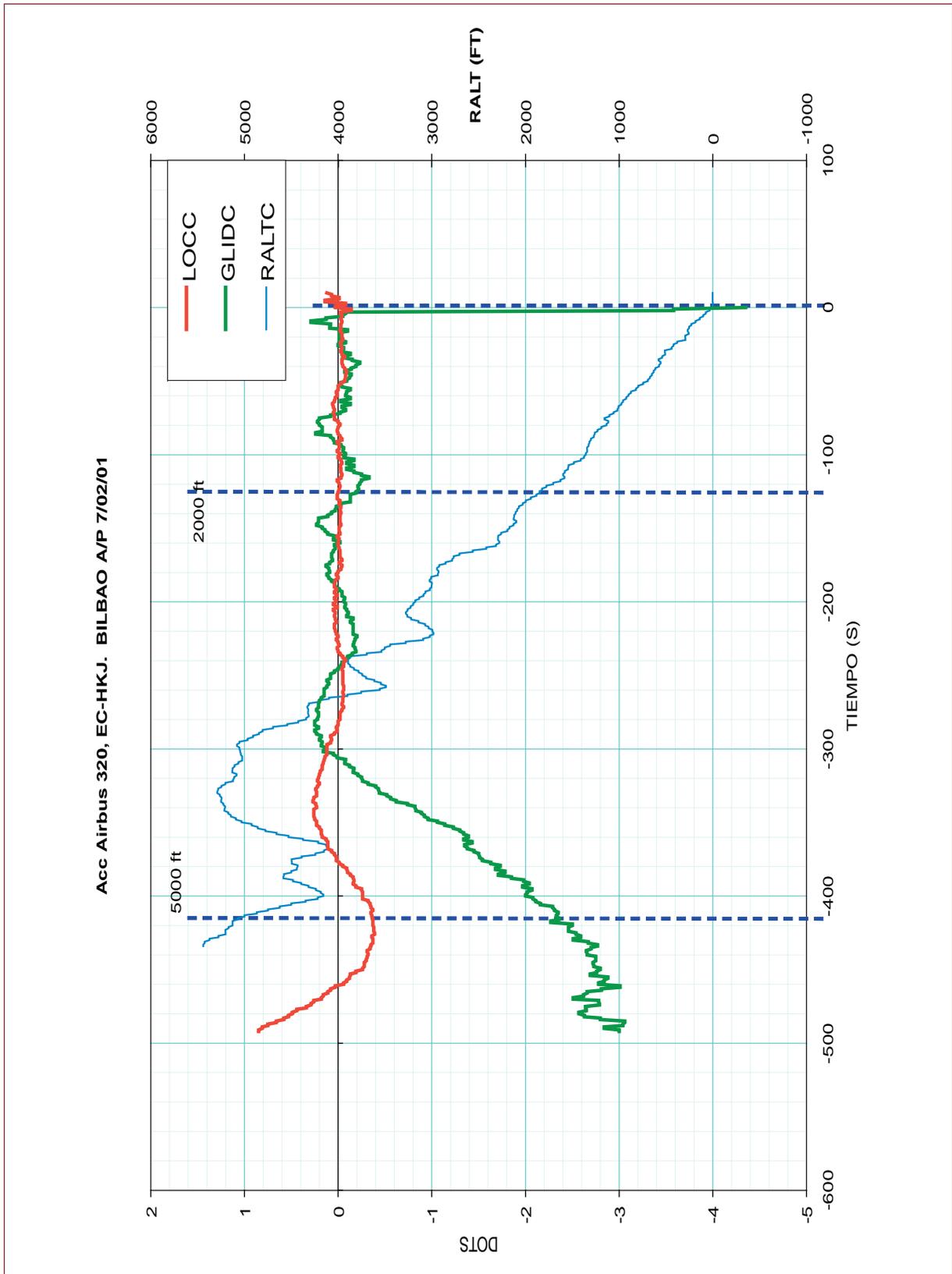


Figura 3. Registros de desviaciones ILS

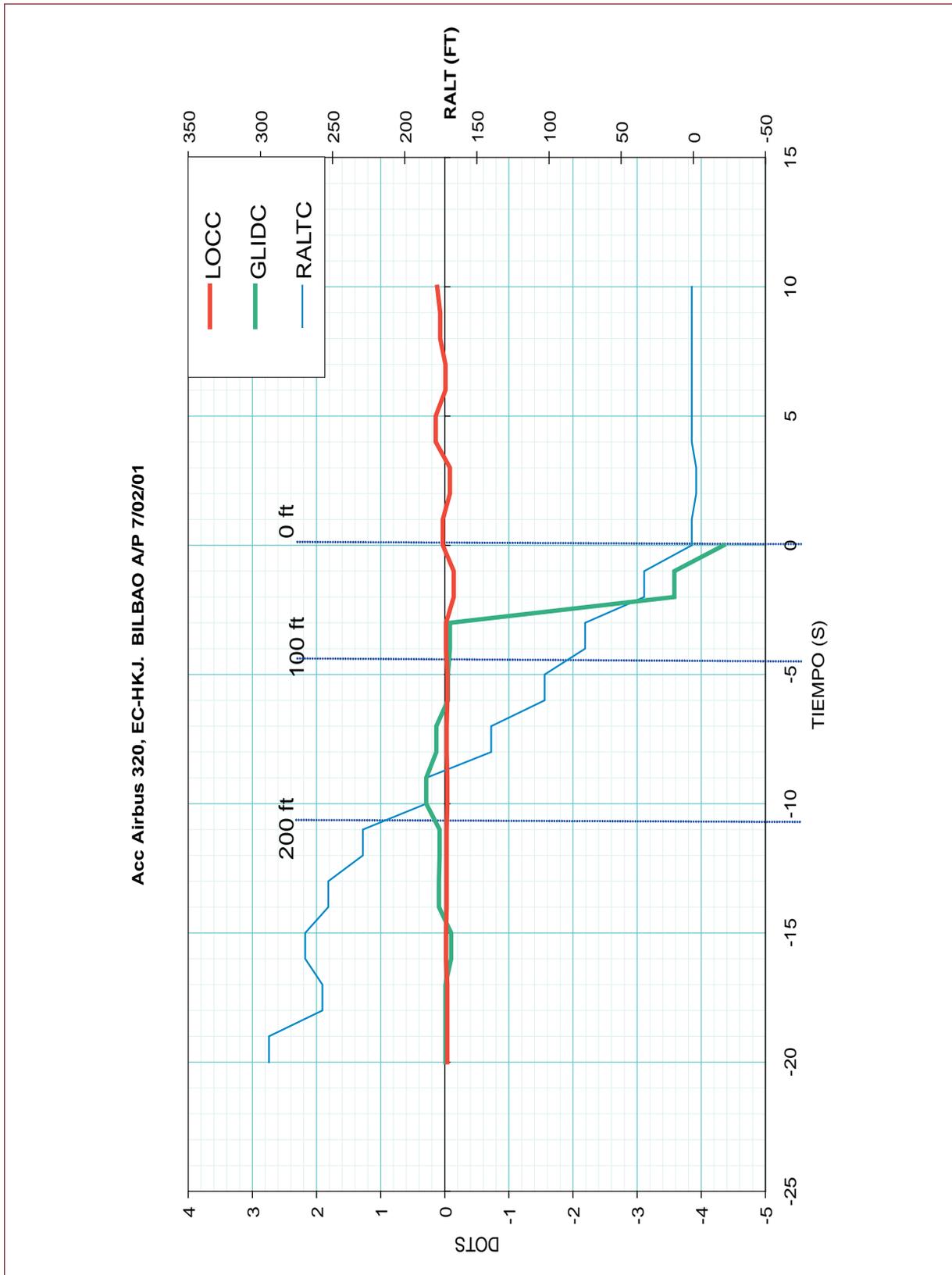


Figura 4. Registros de desviaciones ILS (cont.)

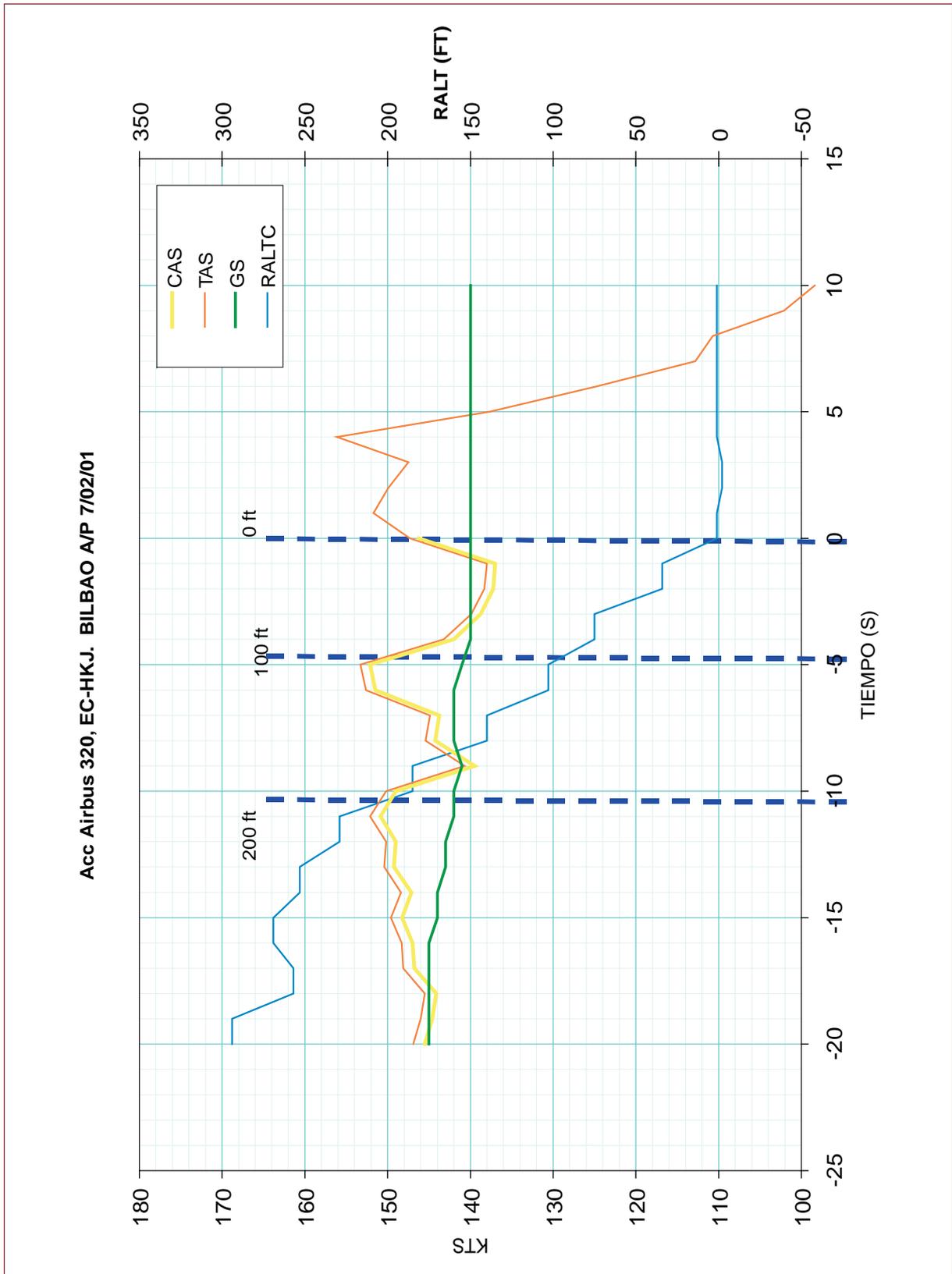


Figura 5. Registros de velocidades

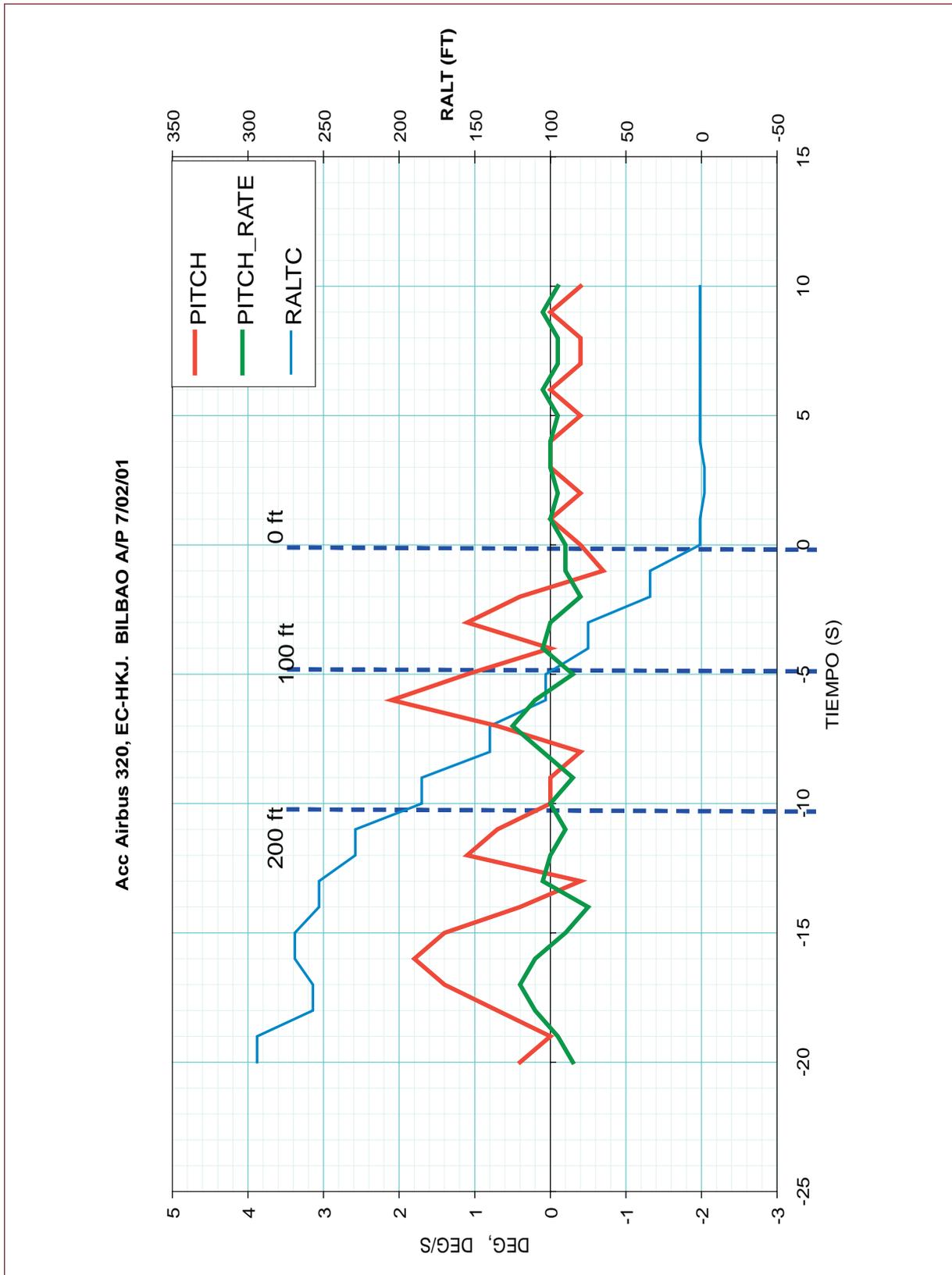


Figura 6. Registros de ángulo de asiento (pitch) y su variación

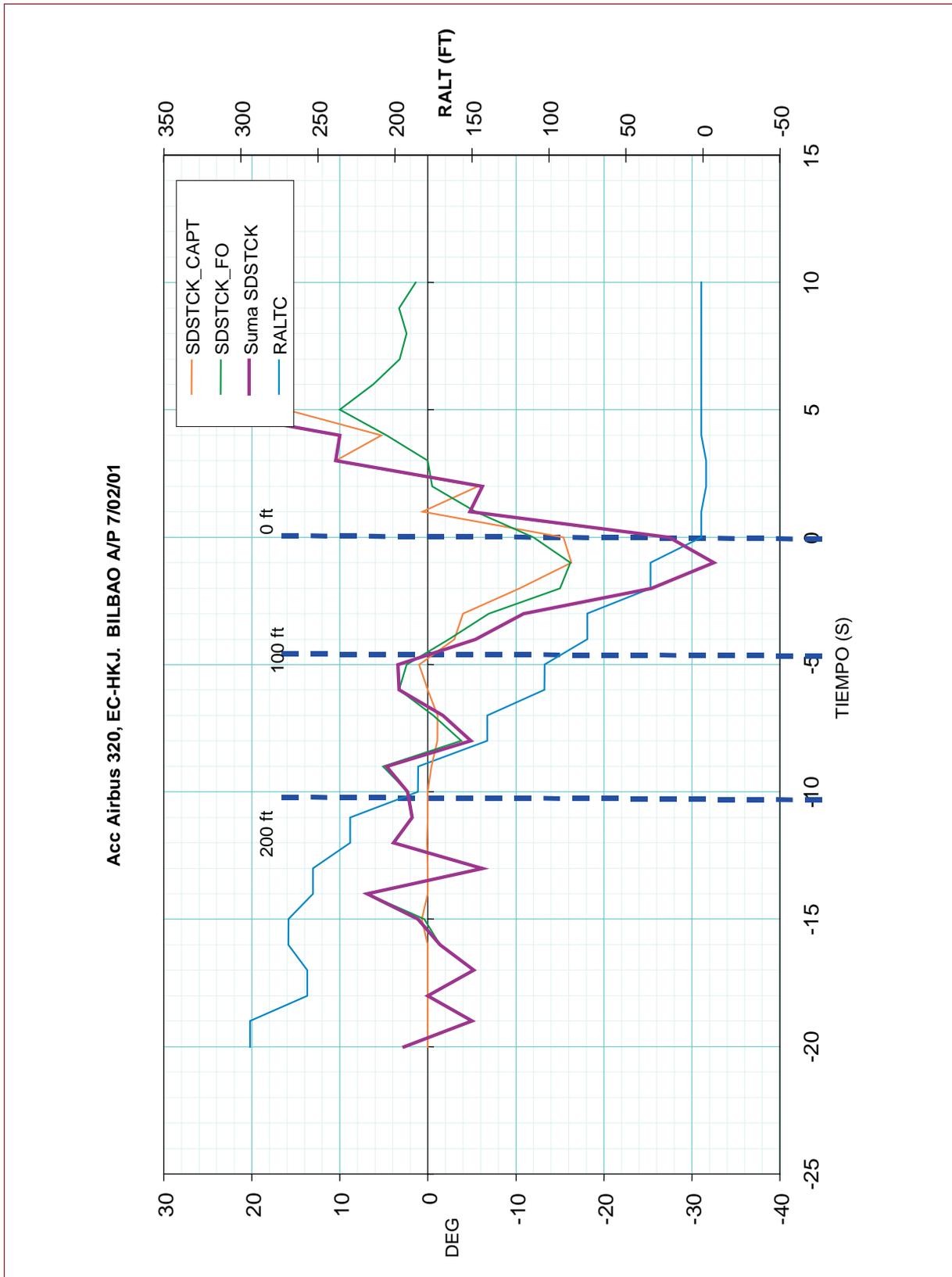


Figura 7. Registros de actuaciones sobre los sidestick

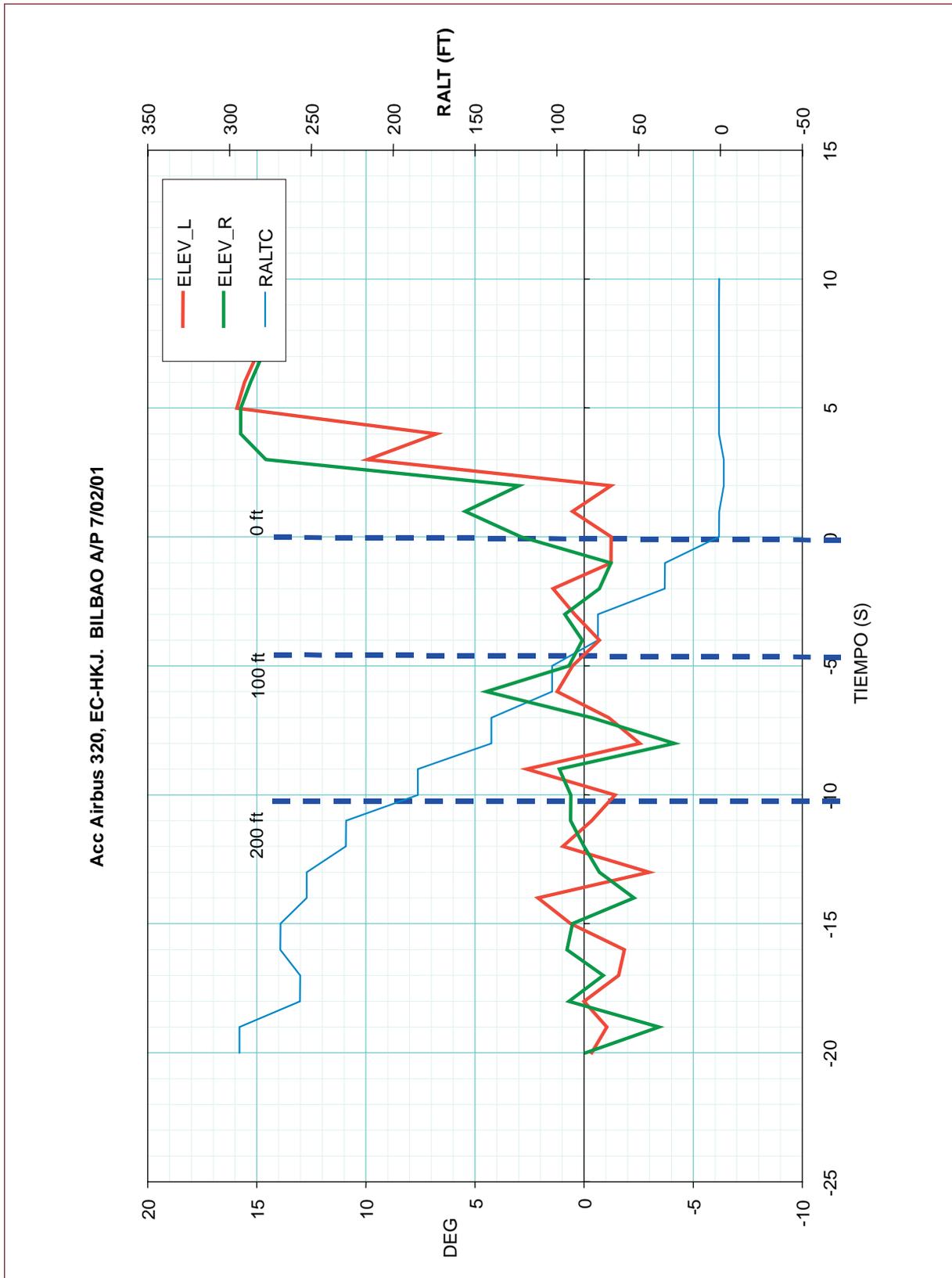


Figura 8. Registros de deflexiones de los timones de profundidad

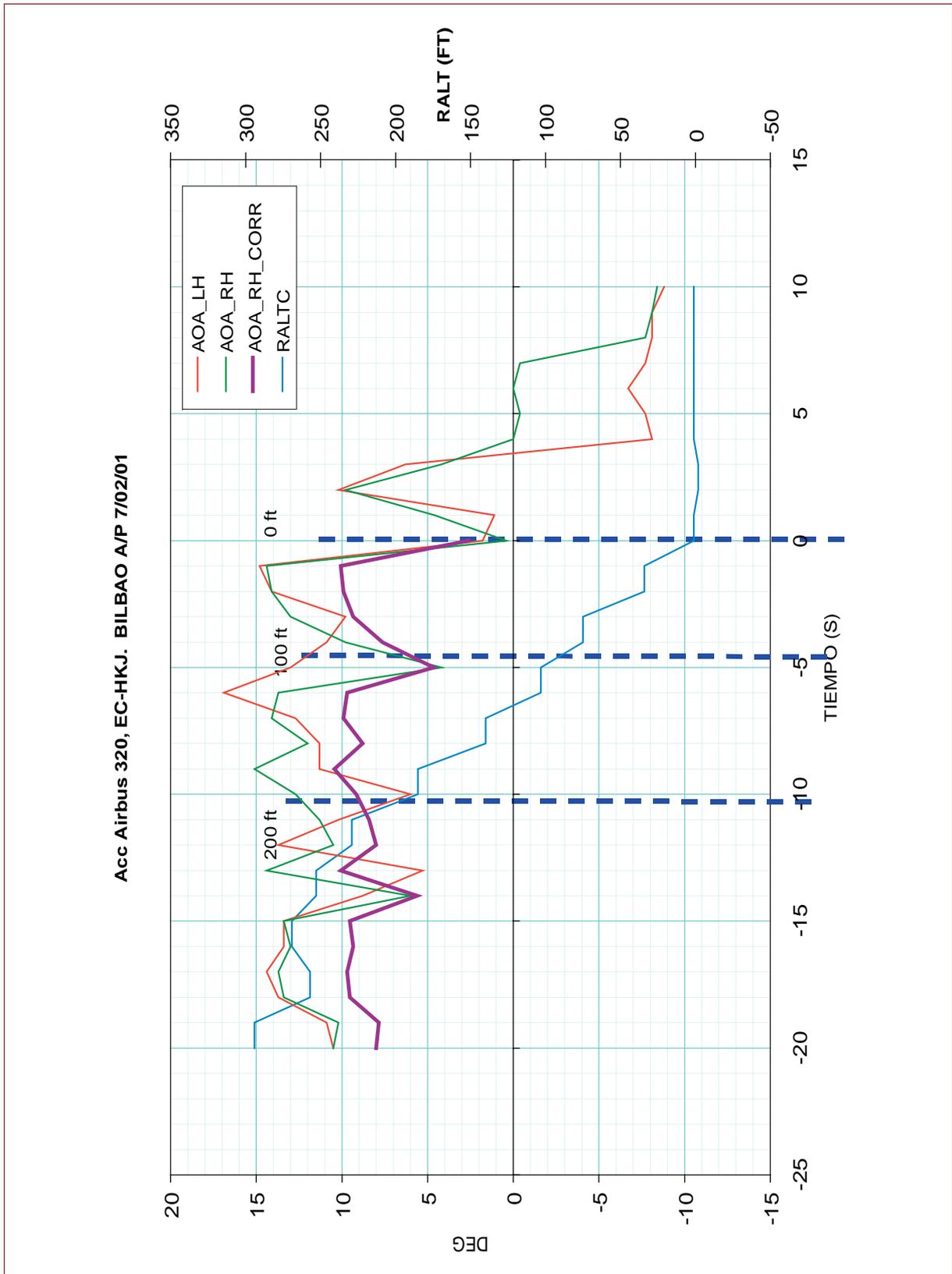


Figura 9. Registros de ángulo de ataque y estimaciones del ángulo de ataque corregido

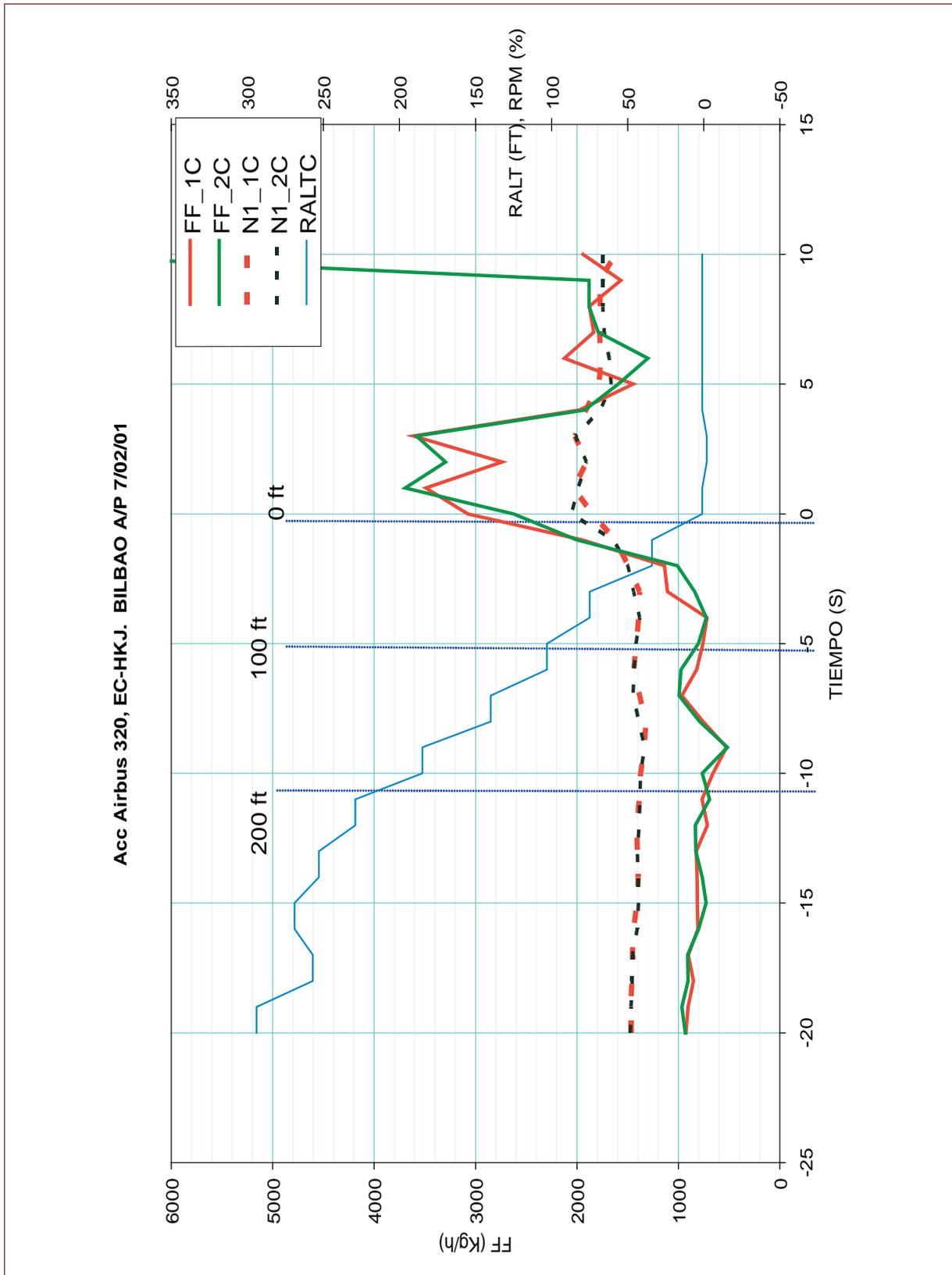
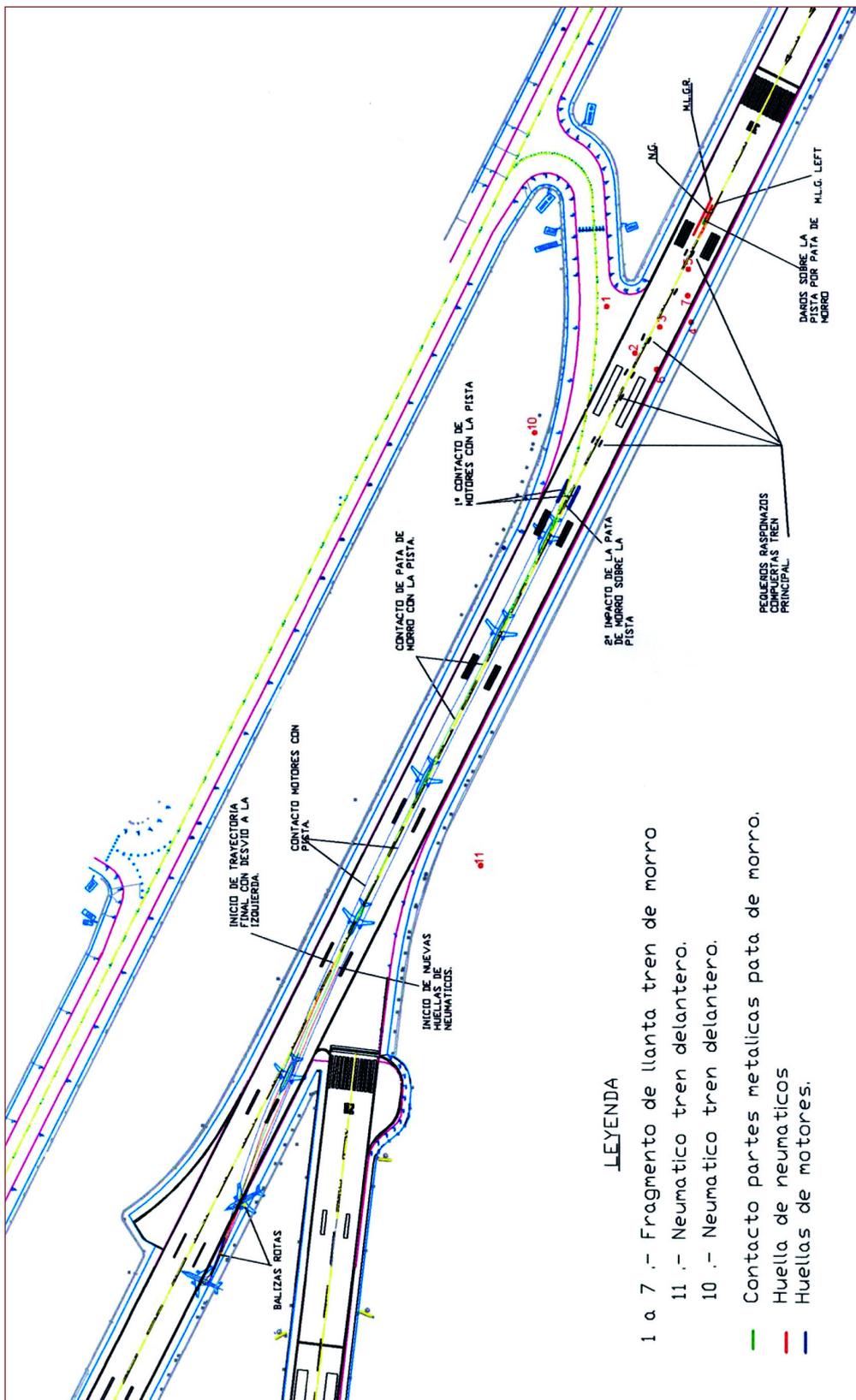


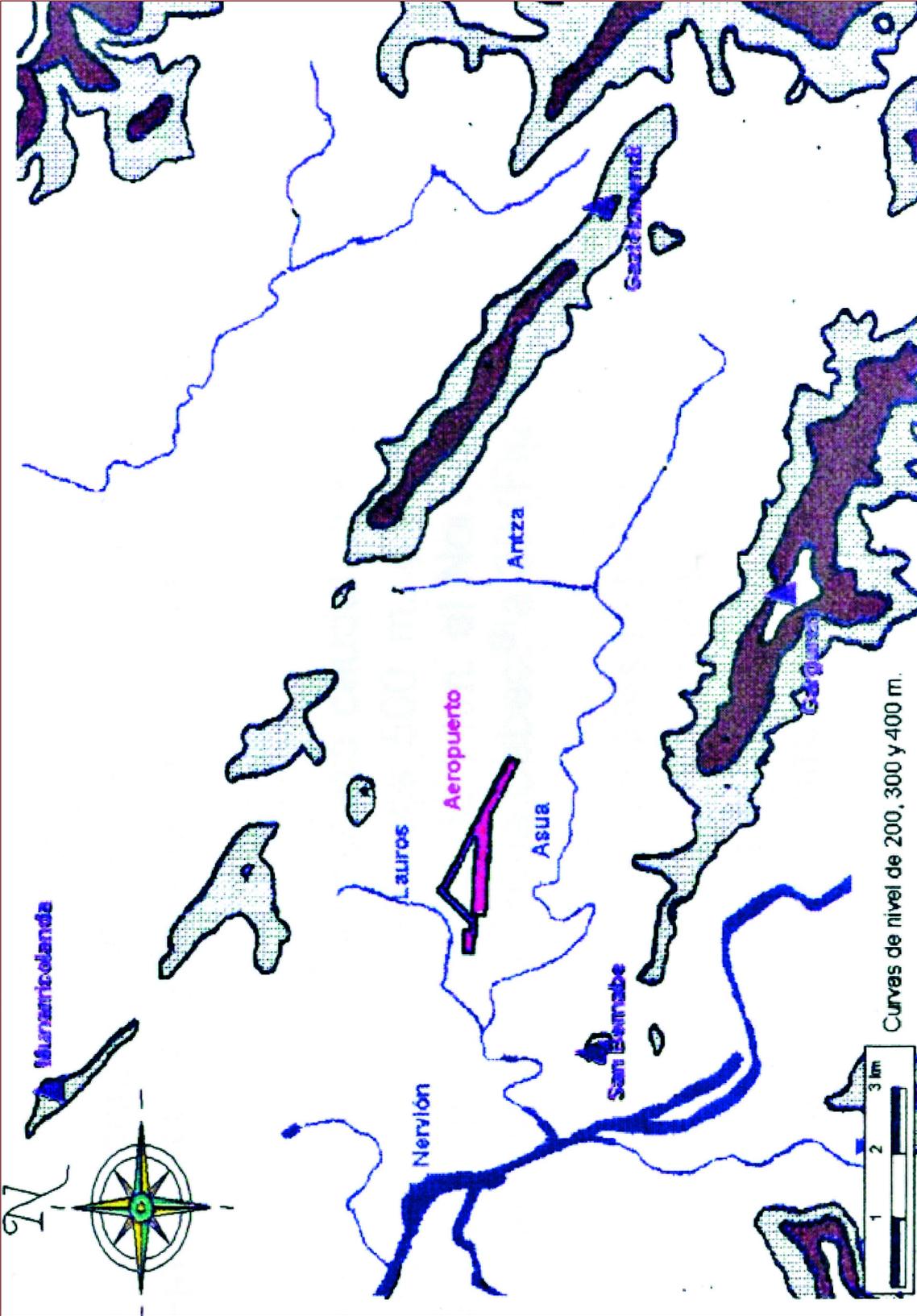
Figura 10. Registros de parámetros de motores

## **APÉNDICE B**

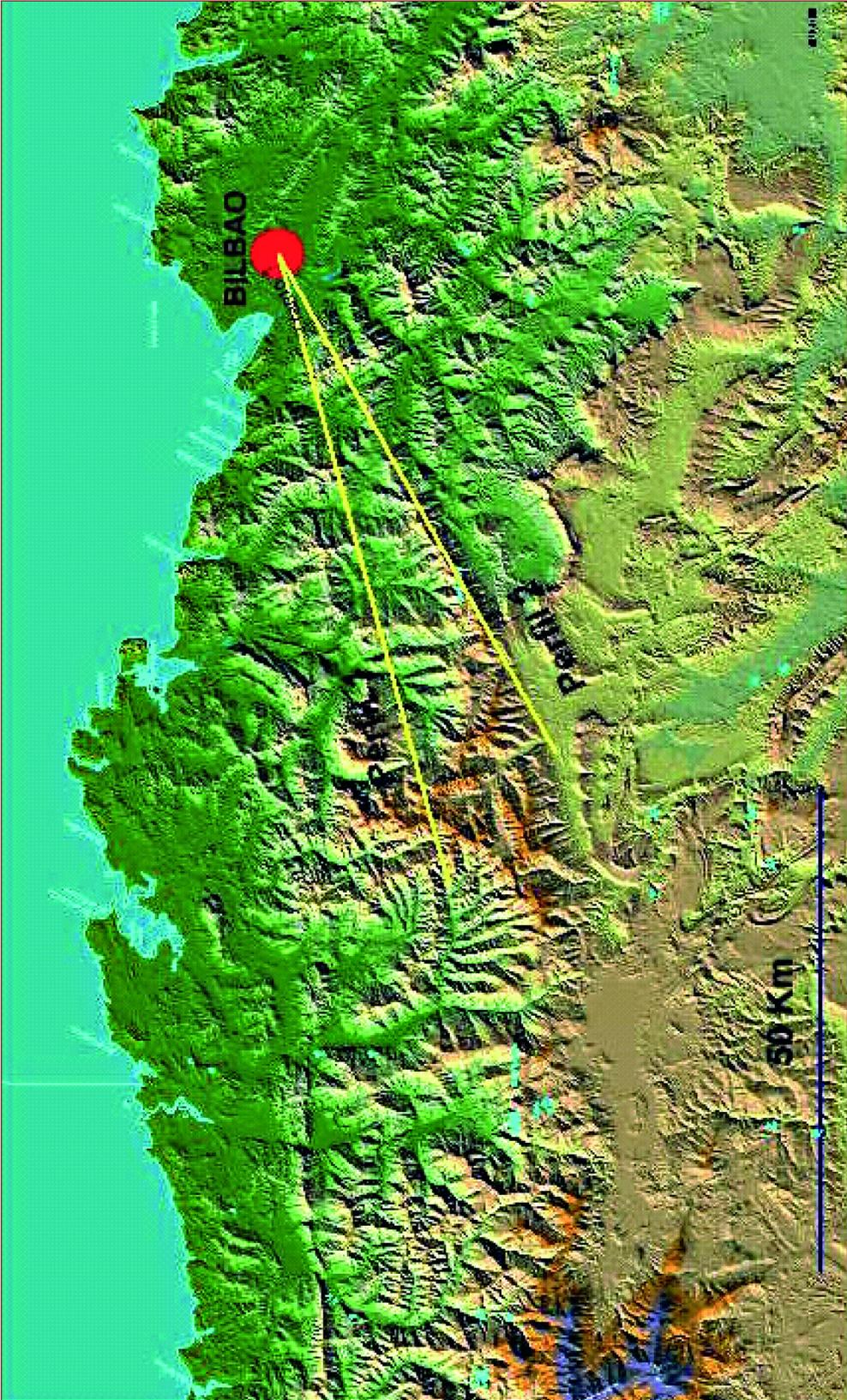
### **Cartas y mapas de Bilbao**



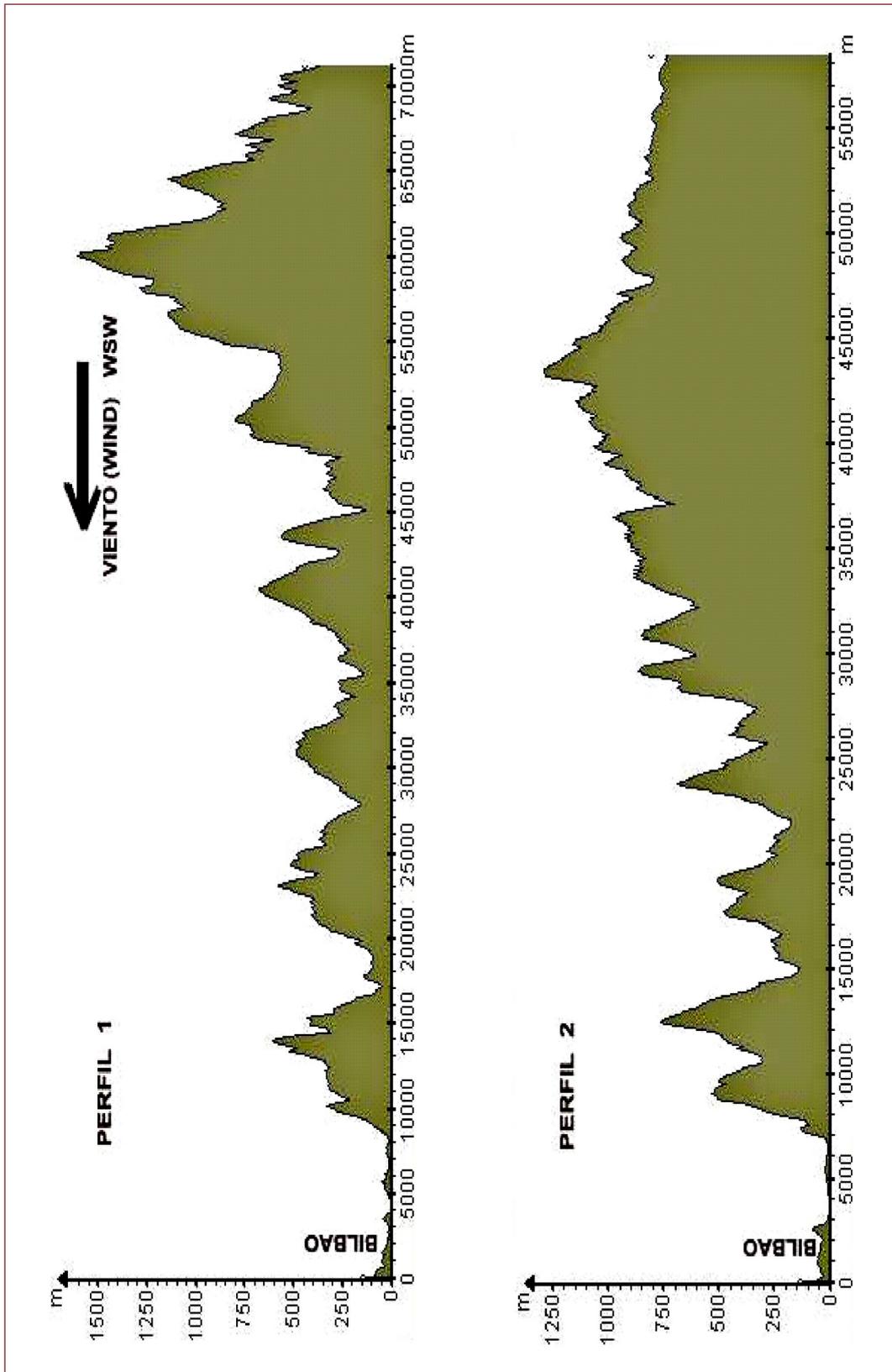
1. Croquis de la pista 32 de Bilbao, y restos y huellas del accidente



2. Croquis de los montes en los alrededores del Aeropuerto de Bilbao



3. Mapa orográfico mostrando las cadenas montañosas al SW de bilbao



4. Perfiles de la orografía en las direcciones señaladas en el mapa 3