

CIAIAC

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

Informe técnico A-011/2013

Accidente ocurrido el día 5
de mayo de 2013, a la aeronave
Hispano Aviación HA-200 SAETA,
matrícula EC-DXR, operada por
la Fundación Infante de Orleans,
en el aeropuerto de Cuatro Vientos
(Madrid)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

A-011/2013

**Accidente ocurrido el día 5 de mayo de 2013,
a la aeronave Hispano Aviación HA-200 SAETA,
matrícula EC-DXR, operada por la Fundación Infante
de Orleans, en el aeropuerto de Cuatro Vientos
(Madrid)**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES E INCIDENTES
DE AVIACIÓN CIVIL

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

NIPO: 161-14-082-4

Diseño y maquetación: Phoenix comunicación gráfica, S. L.

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

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

Índice

Abreviaturas	vii
Sinopsis	ix
1. Información sobre los hechos	1
1.1. Reseña del vuelo	1
1.2. Lesiones a personas	3
1.3. Daños sufridos por la aeronave	4
1.4. Otros daños	4
1.5. Información sobre el personal	5
1.6. Información sobre la aeronave	7
1.6.1. Datos generales	7
1.6.2. Historial del avión	8
1.6.3. Motores	8
1.6.4. Otras informaciones de interés recogidas en el manual de vuelo	9
1.6.5. Mantenimiento	10
1.7. Información meteorológica	12
1.8. Comunicaciones	12
1.9. Información de aeródromo	13
1.9.1. General	13
1.9.2. Plan director	13
1.9.3. Plan de autoprotección	14
1.9.4. Suministro y distribución de energía eléctrica	18
1.9.5. Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI)	20
1.9.6. Coordinación entre los servicios de emergencia civil y militar	21
1.10. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	22
1.11. Información médica y patológica	23
1.12. Incendio	23
1.13. Supervivencia	25
1.14. Ensayos e investigaciones	26
1.14.1. Inspección de los tableros de instrumentos	26
1.14.2. Examen de los motores	29
1.14.3. Cálculo de la trayectoria en los últimos instantes de vuelo	31
1.14.4. Cálculo de otras magnitudes en los últimos instantes de vuelo	33
1.14.5. Entrevistas a testigos	37
1.14.6. Entrevistas a los pilotos de la FIO que volaron el avión HA-200 Saeta	38
1.15. Información orgánica y de dirección	41
1.15.1. Información facilitada por el aeropuerto referente a la exhibición	41
1.15.2. Información sobre la Fundación Infante de Orleans	41
1.15.3. Información relativa a la exhibición	43
1.16. Información adicional	45
1.16.1. Normativa sobre exhibiciones aéreas	45
1.16.2. Información sobre la gestión de la emergencia	47
1.16.3. Actuaciones para reponer el servicio eléctrico al aeropuerto	48

2. Análisis	51
2.1. Examen de los restos	51
2.2. Estudio de la maniobra final	52
2.3. Análisis de la operación	55
2.4. Organización y gestión	57
2.5. Aspectos relacionados con las actuaciones de emergencia	57
3. Conclusión	61
3.1. Conclusiones	61
3.2. Causas	62
4. Recomendaciones sobre seguridad operacional	63
Anexos	65
Anexo 1. Distribución de los restos.....	67
Anexo 2. Zonas «A» y «E» del plan de emergencias.....	71

Abreviaturas

00°	Grado(s) sexagesimal(es)
00° C	Grados centígrados
γ	Ángulo que forma la trayectoria respecto a la horizontal
α	Ángulo de ataque
ACC	Centro de Control de Área («Control Centre Area»)
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AGL	Altura sobre el terreno («Above Ground Level»)
AP	Área de Presentación para las exhibiciones aéreas definida en el Real Decreto 1919/2009
ARO	Oficinas de información del Servicio de Control del Tráfico Aéreo que hay en los aeropuertos («Air Traffic Service Reporting Office»).
ATC	Control del Tráfico Aéreo («Air Traffic Control»)
ATIS	Servicio Automático de Información de Terminal («Automatic Terminal Information Service»)
CCGA	Centro de Control de Grupos electrógenos del Aeropuerto («Airport Groupes Control Center»)
CPL(A)	Licencia de Piloto comercial de avión
CNP	Cuerpo Nacional de Policía
CNS	Comunicaciones, Navegación y Vigilancia («Communications, Navigation and Surveillance»)
CRM	Centro de Restauración y Mantenimiento de la Fundación Infante de Orleans
D	Resistencia aerodinámica
DGT	Dirección General de Tráfico
EXA	Instrucción Operativa de AENA
e	Energía específica (energía total por unidad de peso)
E_T	Energía total
IR(A)	Habilitación para vuelo instrumental
FIO	Fundación Infante de Orleans
ft	Pie(s)
g	Aceleración de la gravedad (9,81 m/s ²)
h	Hora(s)
hPa	Hectopascal(es)
JE	Jefe de Emergencia
JI	Jefe de Intervención
kg	Kilogramo(s)
km/h	Kilómetro(s) por hora
kt	Nudo(s)
KvA	Kilovoltioamperio(s)
kv	Kilovoltio(s)
l	Litro(s)
LECU	Denominación del aeropuerto civil de Madrid Cuatro vientos
LDD	Línea de Demarcación de la demostración para las exhibiciones aéreas definida en el Real Decreto 1919/2009
LDE	Línea de Demarcación de espectadores para las exhibiciones aéreas definida en el Real Decreto 1919/2009
LEJR	Denominación del aeropuerto de Jerez de la Frontera (Cádiz)
LELN	Denominación del aeropuerto de León
LEMT	Denominación del aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo)
LEVS	Denominación del aeropuerto militar de Madrid Cuatro vientos
m	Metro(s)
m ²	Metro(s) al cuadrado
mb	Milibar(es)
METAR	Informe meteorológico de aeródromo

Abreviaturas

min	Minuto(s)
mm	Milímetro(s)
NBQ y CI	Equipo Nuclear Biológico Químico y de Control de Incendios
NOTAM	Aviso distribuido por medios de telecomunicaciones que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo («Notice to Airman»)
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
PMA	Puesto de Mando Avanzado
PMP	Puesto de Mando Principal
QNH	Reglaje de la subescala del altímetro para obtener elevación estando en tierra.
RACE	Real Aeroclub de España
rpm	Revoluciones por minuto
s	Segundo(s)
SAI	Sistema de Alimentación Ininterrumpida
SAMUR	Servicio de Asistencia Municipal de Urgencia y Rescate del Ayuntamiento de Madrid
SCQ	Superficie Corporal Quemada
SACTA	Sistema Automatizado de Control de Tráfico Aéreo
SEI	Servicio de Extinción de Incendios
SSEI	Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios
SEP	Exceso de Potencia Específica («Specific Excess Power»)
SVA	Soporte Vital Avanzado
SVB	Soporte Vital Básico
T	Empuje proporcionado por los motores del avión
TAFOR	Pronóstico meteorológico en un período de tiempo y lugar concreto («Terminal Aerodrome Forecasts»)
TMA	Área de Control Terminal («Terminal Control Área»)
TOAM	Técnico de Operaciones en el Área de Movimientos
TWR	Torre de Control («Control Tower»)
v	Voltio
V1	Vehículo número 1 del Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios
V2	Vehículo número 2 del Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios
VFR	Habilitación de Reglas Vuelo Visual
(x,y,z)	Coordenadas en los ejes de referencia
X	Eje de referencia situado sobre el terreno orientado de este a oeste
Y	Eje de referencia situado sobre el terreno orientado de norte a sur
Z	Eje de referencia vertical ortogonal a los dos anteriores

Sinopsis

Propietario y operador:	Privado operado por la Fundación Infante de Orleans (FIO)
Aeronave:	Hispano Aviación HA-200 SAETA
Fecha y hora del accidente:	5 de mayo de 2013; a las 13:48 hora local ¹
Lugar del accidente:	Aeropuerto de Madrid Cuatro Vientos (LECU)
Personas a bordo:	1, fallecido
Tipo de vuelo:	Aviación general – Otros – Exhibición aérea
Fecha de aprobación:	28 de mayo de 2014

Resumen del accidente

La aeronave modelo Hispano Aviación HA-200 Saeta con matrícula EC-DXR perteneciente a la colección de la Fundación Infante de Orleans (FIO)² estaba participando en una exhibición aérea que se había iniciado a las 13:00 h en el aeropuerto de Madrid Cuatro Vientos (LECU).

A las 13:48 h aproximadamente, al final de su exhibición, la aeronave efectuó una pasada baja sobre la pista 28 y realizó un ascenso, seguido de un viraje muy cerrado a la izquierda. Al alcanzar el punto más alto de su trayectoria continuó el viraje iniciando un pronunciado descenso manteniendo el plano izquierdo bajo hasta que niveló el ala e inició la recuperación del mismo. Cuando trataba de elevarse de nuevo, golpeó con el plano derecho contra un transformador eléctrico que estaba a 7 m de altura, perteneciente a la instalación de suministro eléctrico del aeropuerto, situada en el lado tierra. Posteriormente impactó contra varios vehículos que estaban estacionados en las inmediaciones, y finalmente se estrelló contra el edificio que albergaba el hangar del Cuerpo Nacional de Policía (CNP) y se incendió.

En el primer impacto contra el transformador se desprendió el plano derecho y durante el recorrido posterior que realizó hasta que se detuvo, también perdió la rueda derecha del tren principal derecho, el plano izquierdo, los flaps, la rueda delantera, la cola y los motores.

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

² Esta fundación es un museo de aviones históricos en vuelo que tiene su base en el aeropuerto de Madrid Cuatro Vientos.

El piloto, que era el único ocupante de la aeronave, resultó herido grave y fue evacuado de urgencia a un hospital donde falleció poco tiempo después.

También resultaron heridos dos policías que se hallaban dentro del edificio contra el que impactó la aeronave y dos civiles que se acercaron a socorrer al piloto, siendo evacuados todos ellos a distintos hospitales. Además, otras catorce personas recibieron atención médica no hospitalaria por inhalación de humo.

Como consecuencia del impacto de la aeronave contra el transformador, se interrumpió el suministro eléctrico al aeropuerto, reanudándose al cabo de una hora y media aproximadamente. Durante este tiempo se desviaron varios tráfico hacia el aeródromo de Casarrubios del Monte (LEMT), próximo al aeropuerto de Cuatro Vientos, que está en la provincia de Toledo, al suroeste de Madrid.

La investigación ha concluido con que el accidente sobrevino porque la aeronave realizó una maniobra no programada dentro de la exhibición, que se inició con un ascenso a baja altura y poca velocidad, durante el que perdió gran parte de la energía que tenía antes de alcanzar la altura máxima, debido a una desaceleración de los motores a la vez que realizaba un viraje muy cerrado. En el descenso posterior, hecho en su mayor parte en condiciones de inestabilidad de senda de vuelo, perdió mucha altura antes de nivelar el avión por lo que no tuvo margen suficiente para remontar el vuelo. Se ha emitido una recomendación a la Dirección General de Aviación Civil, otra a AESA, tres recomendaciones a AENA-aeropuertos y otras dos a la Fundación Infante de Orleans.

1. INFORMACION SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del vuelo

La aeronave modelo Hispano Aviación HA-200 Saeta con matrícula EC-DXR estaba participando en la exhibición aérea que todos los primeros domingos de mes (excepto en enero y agosto), realiza la Fundación Infante de Orleans en el aeropuerto de Madrid Cuatro Vientos (LECU).

La exhibición se había iniciado a las 13:00 h y en ella tomaron parte un total de diecisiete aviones que despegaron por la pista 10 y volaron distribuidos en cinco grupos distintos, de acuerdo con sus características y sus prestaciones.

El avión HA-200 Saeta estaba integrado en un grupo de tres aeronaves militares históricas de combate, del cual también formaban parte un avión Polikarpov I-16 de matrícula EC-JRK y otro North American T-6G Texan de matrícula EC-DUN.

Este trío era el que cerraba la exhibición de los aviones, y de ellos, el avión HA-200 Saeta se exhibía en último lugar, por lo que también estaba previsto que fuera el último en aterrizar por parte de los aviones de la FIO, para dar paso luego al vuelo de un avión acrobático no perteneciente a la Fundación, con el que iba a finalizar el espectáculo.



Figura 1. Aeronave tras el impacto

La aeronave HA-200 Saeta había despegado a las 13:10:02 h, inmediatamente después de los otros dos aviones de su grupo. Mientras esperaba su turno de exhibición estuvo volando al oeste del campo en una zona alejada que tenía asignada.

Su exhibición ante el público la empezó a las 13:46:20 h, y aproximadamente dos minutos después, a las 13:48:40 h, pasó por encima de la pista a baja altura con rumbo 280°. Nada más sobrevolar la cabecera 28 inició un ascenso con rumbo 230°, partiendo de una altura aproximada de 400 ft hasta alcanzar unos 770 ft. En ese momento realizó un viraje a la izquierda muy cerrado e inició un pronunciado descenso prácticamente en picado, durante el cual llegó a nivelar los planos. En el momento del impacto la aeronave llevaba un rumbo aproximado de 060°.

Cuando trataba de elevarse de nuevo con los planos nivelados y estando a poca altura, alabeó bruscamente a la derecha y golpeó con el plano de ese lado contra un transformador perteneciente a la instalación de suministro eléctrico del aeropuerto situada en el lado tierra, que estaba a 7 m de altura montado sobre dos vigas de acero que iban ancladas a sendos postes de hormigón. En el golpe se desprendió el plano entero, y parte de una de las vigas que sujetaban el transformador quedó empotrada en el borde de ataque.

La rueda derecha del tren principal se desprendió y cayó dentro de una caseta que estaba situada 5 m delante del transformador.

En su recorrido posterior, realizado con un elevado ángulo de alabeo a la derecha (ver figura 2), impactó contra varios vehículos que estaban estacionados en las inmediaciones, y finalmente se estrelló contra la fachada principal del edificio que albergaba el hangar de helicópteros del CNP, también en el lado tierra del aeropuerto, y se incendió.

El impacto se produjo a 32 m de distancia de la esquina izquierda del edificio (mirando desde delante de la fachada principal en el lado tierra), que está lindando con la instalación de combustible del aeropuerto, compuesta por varios tanques que habían sido repostados con 300.000 l, dos días antes del suceso.

En el choque contra el edificio (ver figura 3) se desprendió el plano izquierdo, que salió despedido quedando en la acera de enfrente con la rueda izquierda del tren principal alojada en su interior. Tras del impacto, el fuselaje de la aeronave giró dos o tres veces sobre su eje longitudinal mientras se desplazaba paralelo a la fachada principal del hangar, apoyado en un seto que se extendía a lo largo de toda la pared, y se detuvo junto a la esquina derecha del edificio, quedando encima del seto, en posición invertida.

Durante el recorrido posterior al impacto contra el edificio, se desprendieron la rueda delantera, el cono de cola y los motores, los cuales quedaron junto al fuselaje situados uno a cada lado del mismo (ver la distribución de restos en el Anexo 1).

El piloto, que era el único ocupante de la aeronave, resultó herido grave y con quemaduras en gran parte de la superficie de su cuerpo, y fue atendido en los primeros momentos por



Figura 2. Instante posterior a perder el plano derecho



Figura 3. Impacto contra el hangar del CNP

agentes de la Guardia Civil y compañeros de la FIO que acudieron en su ayuda. Posteriormente, con la ayuda de los bomberos del aeropuerto y de los servicios de emergencia del Ayuntamiento de Madrid fue rescatado y evacuado de urgencia a un hospital.

Como consecuencia del impacto de la aeronave contra el transformador, se interrumpió el suministro eléctrico al aeropuerto, reanudándose al cabo de una hora y media aproximadamente. Durante este tiempo se desviaron varios tráficos hacia el aeródromo de Casarrubios del Monte (LEMT), próximo al aeropuerto de Cuatro Vientos, en la provincia de Toledo, al suroeste de Madrid.

1.2. Lesiones a personas

El piloto, que era el único ocupante de la aeronave, resultó herido grave y falleció la misma tarde del accidente en el hospital donde había sido trasladado.

También resultó herida leve una agente del CNP que sufrió quemaduras de primer y segundo grado en parte de la cara, cuello y manos (2% SCQ)³, siendo trasladada a un centro hospitalario. Asimismo, fueron trasladados a otros tres centros hospitalarios distintos, otro agente del CNP por inhalación de humo y dos personas más que presentaban quemaduras leves en ambas piernas, producidas al acercarse al avión para socorrer al piloto. Además fueron atendidos un total de catorce personas más, por inhalar humo, que no requirieron su traslado a ningún centro hospitalario.

1.3. Daños sufridos por la aeronave

La aeronave resultó destruida tras el impacto y posterior incendio.

1.4. Otros daños

Después del impacto, el transformador cayó al suelo porque se desplomó parte de uno de los postes de hormigón sobre los que estaba montado y las vigas que lo mantenían anclado al poste, haciendo que se soltaran y se rompieran los cables que unían el transformador con otro similar que también estaba a la intemperie instalado sobre apoyos, viéndose afectada la línea eléctrica denominada STR PIQUEÑAS L07 de 15.000 V que les suministraba la corriente directamente. Como consecuencia de ello se dispararon los interruptores de cabecera de compañía dejando fuera de servicio la alimentación completa al aeropuerto incluyendo también a la Torre.

En el tejado de la caseta que fue golpeada por la rueda derecha del tren principal se abrió un agujero.

También resultaron con daños diversos un total de trece vehículos que estaban aparcados en la zona por donde pasó la aeronave en los momentos finales de su recorrido después del primer impacto hasta que se estrelló contra el hangar. Tres de ellos quedaron prácticamente destruidos, uno de los cuales pertenecía al CNP.

Los mayores daños se produjeron en el hangar. El impacto directo de la aeronave produjo un agujero de aproximadamente 1 m² de superficie en la pared de la sala de vigilancia y control del edificio, ubicada junto a la entrada principal, haciendo que quedase calcinada por completo, afectando no solo a los muebles y enseres que albergaba, sino también a todos los equipos informáticos que tenía instalados. También resultó muy dañada por el fuego la fachada principal del edificio en el lado tierra, quedando destruidas varias cámaras de seguridad y varios compresores de aire acondicionado.

El seto de aligustre que se extendía a lo largo de la fachada principal del hangar situado 1 m por delante también quedó muy dañado.

³ SCQ es el índice de Superficie Corporal Quemada medida en porcentaje.



Figura 4. Daños en hangar y en transformador



Figura 5. Daños en hangar del CNP

1.5. Información sobre el personal

El piloto, de 35 años de edad, tenía licencia de piloto comercial de avión CPL(A), habilitación de tipo para el avión HA-200/220 para aeronaves nacionales, y habilitación para vuelo instrumental IR(A), todas en vigor, al igual que el certificado médico.

Era Comandante del Ejército del Aire y contaba con una experiencia de 2.042 h de vuelo como piloto militar. De ellas 1.994:40 h las había realizado en aviones reactores entre los que se encontraban el McDonnell Douglas F-18, el CASA C-101 y el Northrop F-5A/B; y el resto, es decir 48:20 h, en aviones de transporte y convencionales.

Informe técnico A-011/2013

Había hecho dos cursos en la escuela OTAN para liderar formaciones de varios aviones y otro de profesor de vuelo en la escuela de caza y ataque del Ejército del Aire.

Fue seleccionado en 2011 de entre todos los pilotos de la FIO para volar el avión HA-200 Saeta por su condición de piloto militar con entrenamiento y experiencia en vuelo de aviones de combate, y realizó el curso para la obtención de la habilitación de tipo del avión HA-200 Saeta entre enero y marzo de 2012. Este curso estaba aprobado y autorizado por la Dirección General de Aviación Civil desde el 10 de febrero de 2003. La parte teórica consistió en un compendio de conocimientos que abarcaban el conocimiento de la estructura y equipos del avión, la operación normal de los sistemas, las averías, las limitaciones de la aeronave, las prestaciones, la planificación de vuelo, la carga y equilibrado, y los procedimientos de emergencia.

Tenía 17:05 h en el tipo, de las cuales 9:30 h las hizo durante su formación. La prueba de pericia la hizo el 6 de octubre de 2012 y tuvo una duración de 1:45 h.

En total había realizado 17 aterrizajes y 17 despegues, y el último vuelo lo realizó el día anterior al accidente por espacio de una hora.

El día del accidente era la segunda vez que volaba solo en una exhibición.

En la tabla siguiente se pueden ver todos los vuelos que había realizado:

Fecha	Despegue		Destino		Tiempo total	Número despegues	Número aterrizajes
	Aeropuerto	Hora	Aeropuerto	Hora			
30-06-2012	LECU	9:25	LECU	10:45	1:20	2	2
28-07-2012	LELN	8:45	LELN	9:50	1:05	1	1
28-07-2012	LECU	12:15	LECU	13:20	1:05	1	1
01-09-2012	LECU	12:00	LECU	13:25	1:25	2	2
08-09-2012	LEJR	8:05	LEJR	9:50	1:45	1	1
08-09-2012	LEJR	12:05	LEJR	13:00	0:55	1	1
09-09-2012	LEJR	9:15	LEJR	10:15	1:00	1	1
09-09-2012	LECU	11:15	LECU	12:50	1:35	1	1
06-10-2012	LECU	11:05	LECU	12:50	1:45	1	1
04-11-2012	LECU	13:10	LECU	14:00	0:50	1	1
03-02-2013	LECU	13:10	LECU	14:00	0:50	1	1
03-03-2013	LECU	13:10	LECU	14:00	0:50	1	1
07-04-2013	LECU	13:10	LECU	14:00	0:50	1	1
04-05-2013	LECU	11:00	LECU	12:00	1:00	1	1
TOTAL					17:05	17	17

1.6. Información sobre la aeronave

1.6.1. Datos generales

El avión Hispano Aviación HA-200 Saeta de matrícula EC-DXR fue fabricado en 1966 con número de serie 20/56. Era un avión militar de combate de 10.932 mm de envergadura, 8.970 mm de longitud y 2.846 mm de altura y podía desarrollar una velocidad máxima de 700 km/h, y su autonomía era 1.700 km. La cabina tenía asientos para dos pilotos, dispuestos en tándem, siendo el puesto principal el de delante.

Su peso en vacío era 1.920 kg, y su peso máximo al despegue 3.262 kg⁴. La tabla incluye los pesos parciales necesarios para calcular las actuaciones y el centrado.

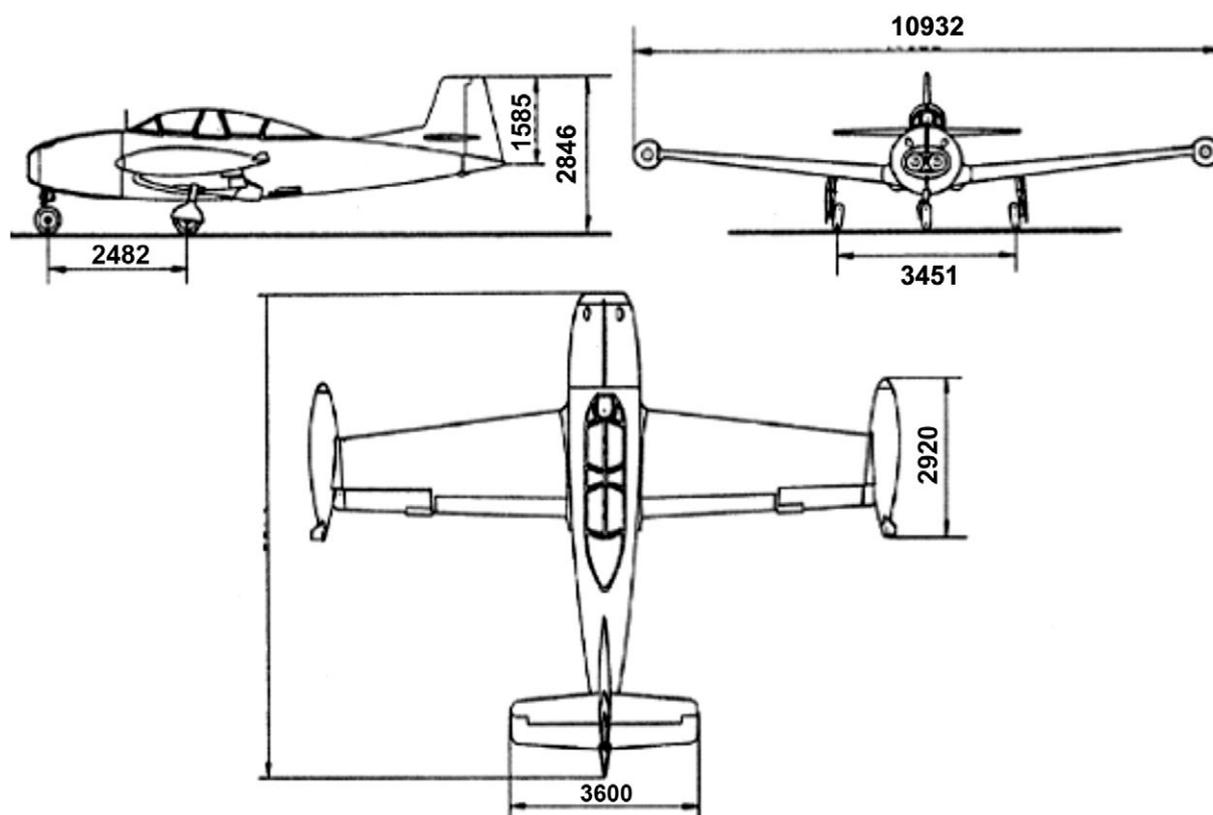


Figura 6. Dimensiones de la aeronave

⁴ En el registro de matrículas de AESA constaba como peso en vacío 2.059 kg, y peso máximo al despegue 3.389 kg.

Informe técnico A-011/2013

Concepto	Peso (kg)
Avión en vacío completamente equipado	1.920
Tripulantes equipados	180
Combustible en los depósitos del ala (240 l)	194
Combustible en el depósito anterior del fuselaje (239 l)	194
Combustible en el depósito posterior del fuselaje (227 l)	184
Combustible en los depósitos de punta de ala (644 l)	522
Aceite para el engrase (12 l)	11
Oxígeno	3
Munición para la ametralladora (400 cartuchos)	14
Cohetes	40
PESO TOTAL	3.262

1.6.2. *Historial del avión*

Salió de la factoría Hispano Aviación S.A. de Sevilla el 11 de mayo de 1966 y fue entregado al Ejército del Aire el 13 de mayo de 1966, estando en servicio hasta el 15 de noviembre de 1980.

En el año 1982 fue subastado y comprado por un particular. La obtención del certificado de aeronavegabilidad para su puesta en vuelo se obtuvo el 2 de septiembre de 1985. El 3 de julio de 1986 fue adquirido por los que eran sus propietarios en el momento del accidente (seis en total), obteniendo un nuevo certificado de aeronavegabilidad el 24 de noviembre de 1986. Su cesión a la FIO se realizó mediante un contrato firmado el 21 de mayo de 1991, que se renovó el 6 de diciembre de 1997 y después el 20 de noviembre de 2007.

Durante este tiempo solo lo habían volado cuatro pilotos.

1.6.3. *Motores*

Monta dos motores turborreactores MARBORE II M21 (TR-2), que son de compresor centrífugo de un escalón, con cámara de combustión anular de inyección centrífuga de carburante y tobera de salida fija sin dispositivo de postcombustión.

El aire llega a los motores a través de dos tomas independientes situadas en el morro del avión y los conductos de escape desembocan en el borde de salida del ala, justo en su confluencia con el fuselaje. El motor izquierdo tiene número de serie 432 y el motor derecho 3813.

De acuerdo con el manual de vuelo las características de los motores se resumen en la siguiente tabla:

Régimen	Características			Límites de utilización	
	RPM	Empuje (kg)	Consumo (kg/h)	Temperatura de turbina	Límite de uso (min)
Despegue	22.600 ± 50	400 ± 12	468	650 °C	15
Intermedio para ascenso	21.750	360 ± 10	400	600 °C	30
Máximo continuo	21.000	320 ± 9	355	550 °C	Sin límite
Ralentí en aproximación	11.500	55 ± 5	140	450 °C	Sin límite
Ralentí en tierra	6.500 ± 200	17 ± 2	100	500 °C	15

No obstante, hay que tener en cuenta que estas características que recoge el manual se refieren al motor probado en un banco que fue fabricado hace casi 50 años, por lo que se puede considerar que los datos referentes al empuje seguramente fueran menores por la degradación con el paso del tiempo. De otra parte también hay que tener en cuenta la posible pérdida de eficiencia debida a la altitud.

Durante la investigación se ha podido establecer como referencia en cuanto a órdenes de magnitud, que en motores de características similares, aunque más actuales, se puede producir una pérdida de eficiencia de entre un 6% y un 8% entre el nivel del mar y 5.000 ft.

En lo que respecta a la aceleración del motor, el manual realiza varias aseveraciones. Por una parte advierte de que el limitador de aceleración montado sobre el motor, regula los tiempos de aceleración, que varían desde 6 s al nivel del mar hasta 16 s a 40.000 ft, en aceleraciones desde revoluciones mínimas a revoluciones máximas.

También dice que si el motor está al ralentí se requieren 12 s para acelerarle hasta 22.600 rpm, y que el empuje será pequeño en los primeros segundos. En el caso de que las revoluciones fueran de 10.000 rpm se necesitarían 6 s para acelerarle hasta 22.600 rpm.

1.6.4. *Otras informaciones de interés recogidas en el manual de vuelo*

De acuerdo con la información del manual de vuelo, esta aeronave tenía autorizadas maniobras de acrobacia en todas sus figuras a excepción de resbales. Tampoco se permitía la barrena si el avión llevaba montados los depósitos de combustible de punta de ala o cargas exteriores.

Asimismo advertía que tenía prohibidas las maniobras asimétricas o con factores de carga negativos y que no se debería realizar maniobras de aproximación muy próximas a la

pérdida. En este sentido, el manual explica que antes de entrar en pérdida (para cualquier factor de carga y para cualquier configuración) el avión tiene un aviso muy fuerte, que consiste en una trepidación (trepidación) que comienza 5 kt antes de la entrada en pérdida.

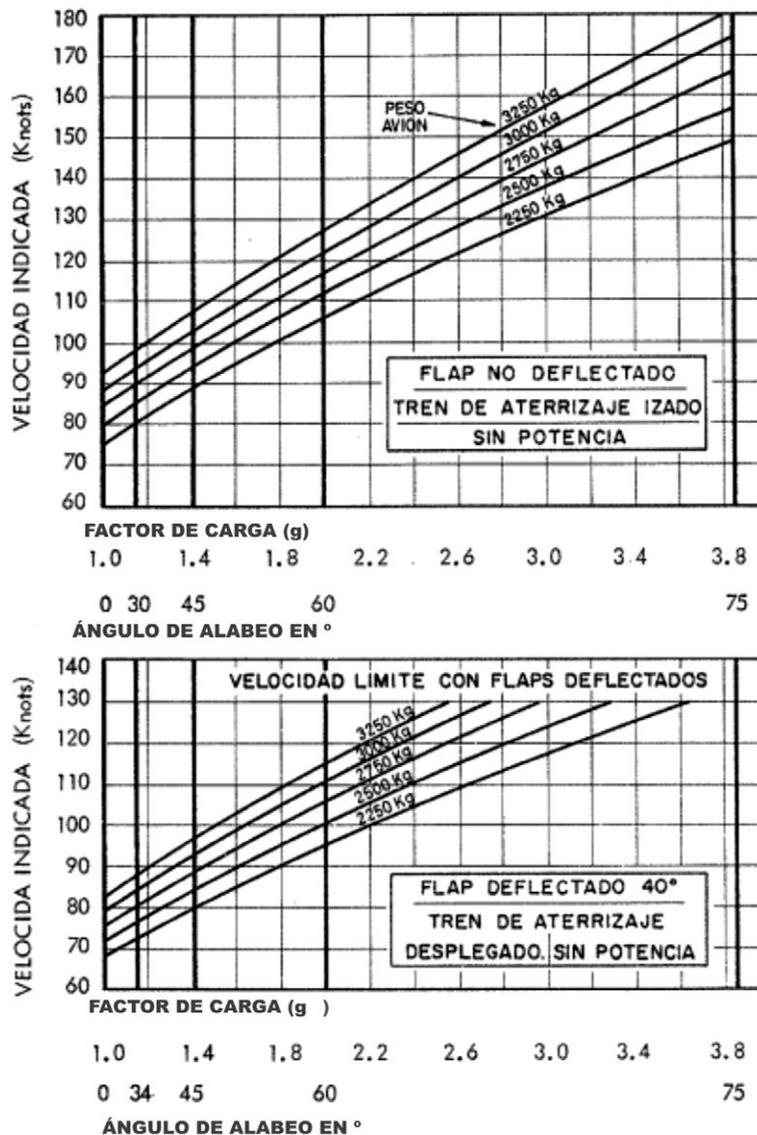


Figura 7. Velocidades de pérdida

La recuperación de la pérdida con factor de carga positivo se logra adelantando ligeramente la palanca de mando o simplemente aflojando la presión sobre ella. La altura recomendada para la práctica de maniobras de entrada en pérdida es a partir de 6.000 ft (AGL). No se recomienda que se hagan estas prácticas con los depósitos de punta de ala llenos.

En la figura 7, válida hasta 10.000 ft de altura se pueden ver las gráficas de las velocidades de pérdida en función del factor de carga para dos configuraciones distintas de los flaps.

1.6.5. Mantenimiento

La FIO tiene su propio Centro de Restauración y Mantenimiento (CRM) que fue reconocido por la DGAC en septiembre de 1993, en el que se desarrollan y aplican los programas de mantenimiento de todas las aeronaves de la flota. Los programas de mantenimiento de cada una de las aeronaves, que han sido desarrollados por el CRM y aprobados por AESA, se basan en los programas de mantenimiento originales con los cambios necesarios para adecuarlos a las pautas de utilización de la fundación.

Para la revisión del avión SATA HA-200 se ha venido usando un modelo de reporte de Revisión Anual que cumple con la norma FAR 43 (Apéndice D) sobre las revisiones anuales que cubre los requisitos de las revisiones de 100 h y 200 h del Programa de Mantenimiento de la aeronave (de fecha 18 de diciembre de 1986) e incorpora información específica del Manual Técnico y los requisitos de inspección OT 1C10B del Manual de Mantenimiento de aviones SAETA.

En la tabla siguiente se relacionan todas las revisiones de mantenimiento que se han realizado a la aeronave desde que pertenece a la FIO.

De acuerdo con los datos que figuran en la tabla, se deduce que la aeronave estaba correctamente mantenida y cumplía con su programa de mantenimiento.

Fecha	Centro	Trabajos realizados
Marzo de 1993	SPORAVIA	Revisión especial de 200 h.
Marzo de 1994	FIO DET/XR-9405	Revisión general de la cabina, los sistemas de mandos en fuselaje y de los depósitos de combustible en el fuselaje.
Abril de 1995	FIO 95/R-04	Revisión de 600 h de la estructura. Inspección de los bulones del ala, de la cabina, de los sistemas eléctricos y de combustible.
Abril de 1996	FIO 96/R-11	Saneamiento de los paneles de instrumentos. Revisión de tren de aterrizaje y los amarres. Sustitución de la pata delantera.
Abril de 1998	FIO 98/R-08	Revisión Anual y Progresiva. Sustitución de pata derecha del tren.
Octubre de 1999	FIO 99/R-09	Revisión Anual y progresiva. Revisión del alojamiento de los motores.
Octubre de 2000	FIO 00/R-13	Revisión Anual y progresiva.
Noviembre de 2001	FIO 01/R-16	Revisión Anual y progresiva.
Marzo de 2003	FIO 03/R-01	Revisión Anual y progresiva. Inspección de bulones en el encaje del ala.
Marzo de 2004	FIO 04/R-04	Revisión Anual y progresiva. Sustitución de la pata de morro.
Mayo de 2005	FIO 05/R-03	Revisión Anual y progresiva.
Julio de 2005	FIO 05/R-07	Sustitución del amortiguador de dirección de la pata derecha.
Noviembre de 2007	FIO 07/R-14	Revisión Anual y progresiva.
Octubre 2009	FIO 09/R-15	Revisión Anual y progresiva.
Noviembre de 2010	FIO 10/R-15	Revisión Anual y progresiva.
Mayo de 2012	FIO 12/R-02	Revisión Anual y progresiva.

1.7. Información meteorológica

De acuerdo con la información de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), el día del accidente sobre las 13:30 hora local, en el aeropuerto el viento tenía dirección 220° e intensidad 3 kt, había buena visibilidad, la temperatura del aire era 21° C, la temperatura del punto de rocío 7° C, y había un QNH de 1.021 HPa.

Todo lo anterior se recogía en el siguiente METAR.

METAR LEVS 051130Z 22003KT 160V280 CAVOK 21/07 Q1021

En la reunión informativa que se realizó antes de la exhibición se mostraron un informe METAR indicaba que a las 9:30 hora local el viento estaba en calma, que la del aire de 16 °C, la temperatura del punto de rocío de 7 °C y había un QNH de 1.021 HPa.

METAR LEVS 050730Z 00000KT CAVOK 16/07 Q1021

También se expuso el pronóstico TAFOR en el cual se preveía a las 7:00 h, con una validez entre las 8:00 h y las 17:00 h un viento variable de 4 kt, buena visibilidad y una probabilidad del 30% de variaciones entre las 15.00 hora local y las 17:00 hora local de la nubosidad a 4.500 ft de altura con nubes de tipo torre-cúmulos

TAFOR LEVS 050500Z 0506/0515 VRB04KT CAVOK PROB30 TEMPO 0513/0515
FEW045TCU

Teniendo en cuenta el QNH de 1.021 HPa y la temperatura de 21 °C que había, se ha calculado la altitud de densidad. La diferencia entre la altitud real del campo en relación a la atmosfera estándar arrojaba una variación que elevaba la altitud del campo desde los 2.269 ft hasta 3.371 ft, es decir, 1.102 ft de diferencia.

1.8. Comunicaciones

Las comunicaciones más relevantes que se registraron relacionadas con la exhibición fueron las que se exponen a continuación:

- A las 13:46:04 h el piloto del avión Polikarpov I-16 de matrícula EC-JRK comunicó que iba aterrizar.
- A las 13:46:09 h el piloto del avión Saeta colacionó esa información.
- A las 13:46:14 h el piloto del avión North American T-6G Texan de matrícula EC-DUN dijo que el avión Saeta disponía de 4 minutos para realizar la exhibición.
- A las 13:46:20 h el piloto del Saeta colacionó.
- A las 13:46:30 el piloto del avión Polikarpov I-16 comunicó «Romeo Kilo libre» , y el piloto del avión Saeta colacionó de nuevo.

- A las 13:48:47 h el piloto del avión acrobático que estaba en cabecera esperando para iniciar su exhibición dijo «Todos los aviones de la FIO recuperar. Todos los aviones de la FIO recuperar».
- A las 13:48:53 h sonó el aviso acústico activado desde la Torre, que sirve para alertar de una emergencia.
- A las 13:49:00 h se avisó a los bomberos que respondieron de inmediato comunicando que salían y preguntando dónde era.
- A las 13:49:03 h el servicio de ATC les comunicó que era en el hangar del CNP y hasta las 13:49:39 h estuvieron comunicándose los bomberos con ATC para situar el lugar exacto del accidente y averiguar con exactitud cuál era el avión accidentado.

1.9. Información de aeródromo

1.9.1. General

El aeropuerto de Madrid Cuatro Vientos (LECU/LEVS) está ubicado 8,5 Km al suroeste de la ciudad y es de uso compartido civil y militar. Se sitúa dentro del TMA de Madrid, tiene autorizados únicamente tránsitos VFR de aeronaves ligeras y está cerrado para aeronaves sin radiocomunicación en ambos sentidos.

Está clasificado como Clave 2C de acuerdo con el Anexo 14 de OACI⁵. Su elevación es de 692 m (2.269 ft) y dispone de una pista asfaltada de 1.500 m de longitud y 30 m de anchura designada como 10-28, y también de otra pista de terreno natural paralela a la anterior que tiene 1.127 m de longitud y 45 m de anchura, cuyo uso y competencia es exclusivamente de administración militar.

El circuito de tránsito del aeropuerto para aviones se realiza al sur de la pista, a una altitud de 2.928 ft (altura de 656 ft). La categoría de incendios es 3 para el aeropuerto civil y 5 para el aeropuerto militar.

1.9.2. Plan director

El Plan Director del aeropuerto se aprobó el 5 de septiembre de 2001, y en él se recoge la necesidad de establecer una especial coordinación entre las autoridades del aeropuerto y el Real Aeroclub de España (RACE) cuyos terrenos se encuentran incluidos dentro del sistema general aeroportuario estando su uso cedido al aeropuerto⁶. También hace especial hincapié en la necesidad de coordinar desde el punto de vista operativo y de propiedad con las autoridades militares.

⁵ El número 2 indica una pista de longitud desde 800 m hasta 1.200 m (exclusive) y la letra C una envergadura desde 24 m hasta 36 m (exclusive) y una anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal Desde 6 m hasta 9 m (exclusive).

⁶ En dichos terrenos tienen parte de sus instalaciones la FIO.

En el plan director se expresa que el aeropuerto permanecerá cerrado los primeros domingos de cada mes excepto enero y agosto, entre las 11:00 y las 12:00 en verano y entre las 12:00 y las 13:00 en invierno. En ese intervalo de tiempo se realizan las exhibiciones de la FIO, aunque esto no lo cita expresamente el plan.

También hace referencia a la plataforma de estacionamiento de aeronaves, definiendo su forma, dimensiones y partes (una rectangular y dos triangulares), y en él se recoge la existencia de 86 posiciones de estacionamiento numeradas, estimando además que en un día medio estacionan en la plataforma unas 110 aeronaves, otras 25 en los terrenos de hierba del RACE y otras 8 más en las posiciones señaladas para los helicópteros de la Dirección General de Tráfico (DGT) y del Cuerpo Nacional de Policía. No se dan detalles sobre zonas prohibidas de estacionamiento, o zonas restringidas.

Con el fin de ordenar el estacionamiento de aeronaves y el movimiento en superficie, el plan cifra en tres los señaleros que debe tener la plantilla de AENA aeropuertos, que dispondrán de un vehículo guía. Se especifica también que las aeronaves serán dispuestas en plataforma por parte del señalero, por orden de llegada, en los puestos libres, sin existir, en principio, puestos fijos de estacionamiento.

En lo que se refiere al Servicio de Extinción de Incendios el plan establece que habrá tres jefes de dotación, dos bomberos y un bombero interino.

No obstante, durante la investigación se constató que se había suprimido el servicio prestado por el señalero asumiendo su función los bomberos en cada turno.

El plan especifica que los tres edificios que componen las instalaciones del aeropuerto son el edificio terminal, el de servicios y la central eléctrica, y contempla una serie de situaciones posibles de riesgo, que pueden llegar a ocurrir en ellos, como son incendio, derrumbamiento, explosión física o química, inundación, fuga o derrame de un producto peligroso y amenaza de bomba o paquete sospechoso que no esté debidamente filiado y custodiado, aclarando que los riesgos no contemplados de forma concreta se asimilarían como uno de los ya establecidos, activándose las actuaciones para ellos definidos.

1.9.3. *Plan de autoprotección*

El Plan de Autoprotección es un documento elaborado por AENA para cada aeropuerto concreto, que fusiona el antiguo **Plan de Emergencias Aeronáuticas** referido a emergencias con aeronaves dentro del área de movimiento, y el antiguo **Manual de Autoprotección** pensado para emergencias en edificios, resultando un único documento para gestionar todo tipo de emergencias en el aeropuerto, independientemente de su naturaleza o su ubicación.

Existe una instrucción interna de AENA (EXA 59) que establece los criterios de aplicación de los planes de autoprotección de los aeropuertos.

El Plan de Autoprotección del aeropuerto de Madrid Cuatro Vientos no es un documento con un índice general único sino que se trata de dos documentos distintos dispuestos uno a continuación del otro.

La primera parte se denomina igual que el documento general, es decir, **Plan de Autoprotección** y la segunda parte se llama **Plan de emergencias aeronáuticas** (elaborado en diciembre 2008), por lo que en la práctica lo único que se ha hecho es juntar en un único documento los dos que ya había (cambiando el nombre al primero), sin que haya un documento nuevo que recoja desde una perspectiva global todo lo relacionado con las emergencias.

En el primer documento (**Plan de Autoprotección**) se describen los tres edificios que componen las instalaciones del aeropuerto, de la misma manera que se recoge en el Plan Director, y se contemplan los mismos riesgos posibles, aclarando que los riesgos no contemplados de forma concreta se asimilarían a uno de los ya establecidos.

No recoge los riesgos en otros edificios que no sean los que pertenecen exclusivamente a AENA, ni tampoco los riesgos derivados del impacto de una aeronave como tal, sino que este riesgo en sí, lo trata dentro de uno o varios de los supuestos anteriores.

En él se definen los medios técnicos de protección (sistemas de detección en edificios, sistemas de alarma y de extinción) y establece la necesidad de contactar con el Centro de Coordinación de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Madrid (112) para la solicitud y la coordinación de la ayuda externa.

También establece los medios humanos de autoprotección, definiendo varias figuras, sus funciones y responsabilidades, entre estos destacan los siguientes:

- **Jefe de Emergencia (JE)**, que es el responsable del Puesto de Mando Principal, de implantar, mantener del Plan de Autoprotección y dirigir la totalidad de las operaciones. Esta función recae en el Director del Aeropuerto, que deberá estar permanentemente localizable. Tiene obligación de declarar el nivel de emergencia, ordenar la evacuación y coordinar las actuaciones con los servicios de auxilio exteriores.
- **Jefe de Intervención (JI)**, que debe gestionar el Puesto de Mando Avanzado, y en caso de emergencia es el máximo responsable de las actuaciones a pie de siniestro hasta la llegada de los servicios oficiales de apoyo exterior, momento en el que deberá ceder el mando y colaborar con aquellos en cuanto le sea requerido.
- **Comité de Autoprotección**, que es el órgano de apoyo al Jefe de Emergencia en todas sus funciones antes, durante y después de la emergencia, que estará compuesto

por el Director del Aeropuerto, el Jefe Sección Técnico-Operativa, el Jefe Sección Administración/Recursos, el Jefe de Seguridad, el Coordinador Aeroportuario y el Jefe de Dotación o bombero. Dos de las funciones más importantes de este comité es la de mantener los documentos en los que se identifican los riesgos y los medios de respuesta, tanto humanos como materiales y la de implantar y mantener los medios de prevención, tanto humanos como materiales.

- **Servicio de Extinción de Incendios** con dos bomberos por cada turno. Además de sus funciones en caso de emergencia, destacan también otras como las de poner en conocimiento del Comité de Autoprotección las deficiencias que detecten en las instalaciones del aeropuerto y poner en conocimiento del Centro de Control la detección de cualquier situación que pudiera dar lugar a una emergencia.

En el plan establece que en la central eléctrica habrá una dotación de dos personas, pero no recoge expresamente la necesidad de que haya personal asignado a la central eléctrica fuera del horario operativo.

Sin embargo, en dicho intervalo de tiempo, el manual recomienda que los equipos asignados sean el responsable del PMP (Director del Aeropuerto), el responsable del PMA (Jefe de los Servicios Oficiales de Extinción), el equipo de primera intervención (Seguridad Privada del aeropuerto) y los equipos de segunda intervención (Servicios Oficiales de Extinción).

También incluye una descripción del mantenimiento preventivo de las instalaciones de protección que garantice la operatividad de las mismas con programas mensuales, semestrales y anuales. Entre estas instalaciones se incluye también la red de hidrantes, que cuando ocurrió el accidente no estaba operativa.

De la misma manera se contempla la identificación y clasificación de las emergencias en función del tipo de riesgo, de la gravedad y de la ocupación y medios humanos (horario de funcionamiento normal y en pleno desarrollo del aeropuerto y en horario nocturno con vigilantes).

No está contemplado específicamente en el manual el caso de un accidente en un día festivo en horario normal sin estar en pleno desarrollo operativo el aeropuerto.

Igualmente describe de manera general cómo se debe activar el Plan de Autoprotección, pero no establece un mecanismo concreto que deje un registro ni por escrito ni de otra manera, acerca de cuándo, cómo, quién y por qué se ha activado el plan.

El segundo documento, es decir, el **Plan de Emergencias Aeronáuticas**, sirve para coordinar las actuaciones de las distintas personas y colectivos que puedan intervenir en las diferentes emergencias que se puedan dar dentro del Área de Movimiento del Aeropuerto de Madrid Cuatro Vientos y en la Base Aérea, y también en los accidentes

aéreos que se puedan dar en las superficies de sobrevuelo de las aeronaves y en las operaciones de aterrizaje y despegue.

En el plan se relacionan los riesgos de acuerdo con una serie de incidentes tipo inherentes a la actividad del aeródromo, como son el accidente de aeronave en el recinto del aeropuerto o sus inmediaciones, u otro tipo de emergencias (mercancías peligrosas, sanitarias o actos ilícitos).

El ámbito de aplicación del plan distingue entre dos zonas, que son el recinto el aeropuerto propiamente dicho (zona A) y un área exterior (zona E) en la cual el tiempo de respuesta de los medios de autoprotección del aeropuerto permitan una actuación eficaz.

La zona A es el área que está dentro del perímetro del aeropuerto y comprende los terrenos e instalaciones en propiedad de AENA o gestionados por ésta, y se divide a su vez en otras tres (A1, A2 y A3) según se puede ver en el plano que figura en el ANEXO 2.

La zona E es exterior al recinto aeroportuario y comprende su área de influencia, es decir, el área afectada por el sobrevuelo de las aeronaves en las operaciones de aterrizaje y despegue y de los municipios que se puedan ver afectados o estén próximos al lugar del accidente, también se puede ver en el plano del ANEXO 2.

La estructura de Dirección y Coordinación de una situación de riesgo varía dependiendo de si ésta se produce en un área o en otra, pudiendo variar los colectivos que la integran.

El accidente se produjo en la zona A1, y de acuerdo a lo expresado el Plan de Emergencias, el responsable del mismo deberá coordinar al Servicio de Extinción de Incendios (exteriores, propios y del Ejército del Aire), a los servicios sanitarios (exteriores y del Ejército del Aire), a los servicios de tránsito aéreo y a los explotadores de aeronaves, cuando la emergencia afecte únicamente a aeronaves o a las instalaciones civiles y en general a aquellas otras dependencias que desarrollen sus actividades en el aeropuerto.

En lo que respecta al propio lugar de la emergencia el plan identifica dos espacios distintos que son el Área de Aislamiento y el Área de Equipamiento.

El primero es una superficie que incluye a su vez otras tres, que son las Áreas de Intervención, Salvamento y Socorro, y en cuyo interior las diferentes Unidades de Acción realizan las labores de atención de la emergencia. En el Área de Aislamiento se tiene restringida la movilidad y permanencia de toda persona ajena a la atención de la emergencia. La coordinación en esta área corresponde al PMA, que es la autoridad que determinará su perímetro y los encaminamientos adecuados para que las Fuerzas de Seguridad la puedan acordonar.

El Área de Intervención es el sector en el que los componentes del Grupo de Intervención actúan para mitigar las causas de la emergencia, el Área de Salvamento es toda la zona

en la que se puede encontrar personas ilesas, heridas o/y fallecidas, y el Área de Socorro es el espacio acotado donde se desarrollan las labores de clasificación, reanimación y evacuación de los afectados por la emergencia.

Por su parte, el Área de Equipamiento es la zona que se reserva para el estacionamiento y espera de los vehículos (ambulancias, autobuses, etc.), equipos (equipo de iluminación, generadores, etc.) y helicópteros que se desplacen al lugar de la emergencia.

El Plan también establece las figuras de Director, Comité de Crisis, Puesto de Mando Principal, Puesto de Mando Avanzado, Unidades de Acción, Unidad de Intervención, Unidad de Sanidad, Unidad de Seguridad, Unidad de Apoyo Logístico y Unidad Técnica con las funciones de todas ellas claramente definidas, y establece también los tipos de emergencia y la manera de actuar dependiendo de la zona en la que ocurra el accidente y del tipo de suceso concreto.

Durante la investigación se constató que no se activó expresamente el plan de emergencias del aeropuerto, por orden del Director ni tampoco por orden de la Coordinadora. También se acreditó que no existe ningún documento oficial en el que deba quedar constancia por escrito de que se activa el Plan.

1.9.4. *Suministro y distribución de energía eléctrica*

El suministro y distribución de energía eléctrica al aeropuerto se realiza desde la Central Eléctrica, que está en una zona vallada con acceso restringido, distinta del edificio de servicios y del edificio terminal.

La central tiene una planta sótano y una planta a nivel de calle que albergan cuatro zonas principales, la sala de grupos electrógenos, la sala de celdas, la sala de reguladores, y una cuarta zona de oficinas, taller y almacén.

La acometida eléctrica a la central se realizaba el día del accidente mediante un centro de transformación de 15 kv de tensión⁷ formado por dos cabinas de seccionadores entrada/salida, una cabina de protección general con interruptor automático, una cabina de medida y una cabina de seccionador de salida, cuya manipulación y mantenimiento son responsabilidad de la compañía distribuidora.

⁷ El Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC-LAT 01 a 09), que es aplicable a las líneas eléctricas de alta tensión, entendiéndose como tales las de corriente trifásica a 50 Hz de frecuencia, cuya tensión nominal eficaz entre fases sea superior a 1 kv. De entre ellas, las líneas cuya tensión nominal esté entre 1 kv y 30 kv se denominan de tercera categoría, como en el caso de las que suministran al aeropuerto de Madrid Cuatro Vientos.

La instalación previa al seccionador de entrada era aérea y se hacía por medio de un transformador situado sobre un poste sin protección primaria que estaba situado a 7 m de altura, que fue contra el que golpeó la aeronave. A partir del seccionador de salida el trazado era subterráneo. Dentro del edificio hay una cabina de entrada, dos cabinas de protección de transformador con interruptor automático y un seccionador que lleva la corriente a una barra de distribución única y de allí se envía a los interruptores de protección primaria de dos transformadores reductores de 15/0,4 kv y de 630 KvA, estando uno de ellos como reserva.

Estos transformadores suministran energía por medio de dos protecciones secundarias a una barra única que da servicio a cuatro grupos de cargas, la propia central eléctrica, el edificio terminal, los edificios de servicios y la Torre de control.

La barra de distribución es de 400 v, está compuesta por ocho paneles y dividida en cuatro zonas. También hay dos barras de emergencia. Una de ellas da servicio al edificio Terminal y al campo de vuelos y la otra exclusivamente a la Torre de Control, pudiéndose transferir la energía de una barra a otra.

En el modo normal de funcionamiento, la energía se suministra mediante un anillo de 15 kv que pasa primero a través de dos seccionadores, luego por un interruptor general y después por otro seccionador para finalmente entrar en las instalaciones interiores del edificio de la central eléctrica. Todos estos elementos están en una subestación exterior. Como instalación de emergencia, hay cuatro grupos electrógenos divididos en dos conjuntos, que suministran la misma tensión de 400 v que durante el funcionamiento normal del aeropuerto y la torre. El primero lo forman dos grupos de 630 KvA que dan servicio al aeropuerto y se pueden conectar en paralelo. La configuración de la barras es única, quedando unidos a la barra de distribución por medio de un interruptor automático.

El segundo grupo se utiliza exclusivamente para dar servicio a la torre, y lo forman dos grupos electrógenos de 250 KvA, que también se pueden conectar en paralelo. La configuración de la barra es partida y su uso se regula por medio de un interruptor. Para dar servicio a la Torre hay que activar dos interruptores. El sistema funciona en modo emergencia cuando se detecta que no hay energía en la barra de media tensión, o bien por un fallo en el suministro por parte de la compañía o por la apertura de interruptores. En ese caso el sistema de Control de Grupo (CCGA), da la orden de arranque a los grupos electrógenos, G1 y G2, acoplándose en paralelo entre ellos. Con anterioridad a dar energía a la barra de distribución en baja tensión se da orden de abrir dos interruptores (52R3 y 52R4), para separarlos de las barras de la Torre y en ese momento, por medio del cierre de otro interruptor (52G), se energizan las cargas para las instalaciones del aeropuerto.

Por otro lado, y a la vez que arrancan los grupos G1 Y G2, por medio del sistema de Control de Grupos (CCGT), se dan las órdenes de arranque a los Grupos G3 y G4 para

suministrar energía a la torre por medio de dos interruptores (52T1 y 52T2), siempre comprobando que los interruptores denominados 52R3 y 52R4, estén abiertos.

El sistema asegura que todas las cargas estén alimentadas desde dos zonas eléctricas independientes. Puede darse el caso de alimentar la torre desde los Grupos G1 y G2 (por potencia es posible) siempre y cuando se cumplan las condición que los grupos G3 y G4 estén parados y los interruptores 52G3 y 52G4 estén abiertos.

De acuerdo con la información facilitada por el aeropuerto, diez días antes del accidente se realizaron pruebas de los grupos electrógenos por parte de la empresa externa contratada para su mantenimiento, resultando satisfactorias, pero dichas pruebas se ejecutaron solamente en vacío, es decir, sin provocar cortes reales de energía en el resto de la instalación.

Durante dichas pruebas el Grupo G2 estaba fuera de servicio al encontrarse la tarjeta de regulación en proceso de sustitución por deterioro, y por ello solamente se contaba con el grupo G1 para alimentar a todo el aeropuerto, excluyendo la torre.

1.9.5. *Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI)*

La Instrucción Técnica PAUT13-INS-016-1.0 de AESA de 7 de febrero de 2013, establece las actuaciones necesarias para la determinación de la categoría OACI-SEI de un aeródromo de uso público y el nivel de protección SEI que debe suministrarse dentro del horario de actividad del aeródromo, su publicación por los Servicios de Información Aeronáutica (AIS), así como la determinación, para cada uno de los niveles de protección definidos, de los medios necesarios (agentes extintores y agua, número de vehículos y personal) para la prestar el Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios (SSEI).

Por otro lado, se establece la posibilidad de proporcionar niveles de protección variables en el tiempo a demanda de los usuarios. De acuerdo con la categoría de incendios del aeródromo, que es 3, le correspondería tener dos bomberos o un Jefe de dotación y un bombero.

La INS-016 establece que la realización por parte del personal del SSEI de actividades distintas a las del servicio de salvamento y extinción de incendios (inspecciones del área de movimiento, limpieza de derrames, actividades relacionadas con el control de fauna, etc.), no debe en ningún caso limitar las posibilidades de actuar inmediatamente en caso de emergencia, ni dificultar el entrenamiento diario, inspecciones o mantenimiento del equipo.

El personal asignado para cumplir con el nivel de protección establecido, debe ser capaz de garantizar los tiempos mínimos de respuesta mientras realiza otras actividades asignadas al SSEI. Por tanto, se deben establecer previamente las condiciones de

compatibilidad de estas actividades respecto a los objetivos operacionales del servicio y el cumplimiento de los tiempos de respuesta establecidos.

De acuerdo con la INS-016, el horario del SSEI comprende el horario operativo y el horario de servicio, y en caso de que no se defina un horario de servicio, coincidirá con el horario operativo y con el horario de actividad del aeródromo.

El horario operativo del SSEI, en el que se deberá garantizar el nivel de protección establecido (ya sea fijo o variable en el tiempo), deberá fijarse de forma que incluya la salida de aeronaves desde el momento anterior al arranque de motores hasta 15 minutos después del despegue, y para la llegada de aeronaves desde 10 minutos antes de la hora prevista de aterrizaje o desde el momento de la autorización de aterrizaje (el margen que sea mayor) hasta la parada de motores, y durante el mismo debe realizarse el movimiento de aeronaves en el aeródromo con pasaje a bordo, el abastecimiento de combustible a aeronaves con pasajeros a bordo, embarcando o desembarcando.

La INS-016 establece que los vehículos de salvamento y extinción de incendios deben llegar rápidamente al lugar del siniestro, y deberán de ser capaces de alcanzar la velocidad necesaria para ello. Además, dado que tienen que acceder a distintos tipos de terreno, deberán contar con empuje a todas las ruedas, con neumáticos que permitan el paso por zonas irregulares. Estos vehículos deberán transportar la cantidad necesaria de agentes extintores (en función del nivel de protección suministrado en el aeródromo) y proporcionar el régimen de descarga establecido.

Si en un aeródromo se producen incidencias en los medios humanos y/o materiales del SSEI, que pueden afectar al nivel de protección publicado en el AIP, se tendrá en cuenta que el gestor del aeródromo deberá establecer los mecanismos necesarios para que los usuarios del aeródromo sean informados de la reducción del nivel de protección hasta que la información esté disponible vía NOTAM.

1.9.6. *Coordinación entre los servicios de emergencia civil y militar*

AENA aeropuertos tiene editado un procedimiento desde el 8 de mayo de 2012, denominado MCV-PROI-002 para coordinación con la base aérea del aeropuerto.

El documento incluye una carta de acuerdo firmada, entre la autoridad militar y la autoridad civil, donde fija las responsabilidades de cada uno de ellos.

La citada carta de acuerdo recoge que el servicio contraincendios será prestado conjuntamente por la sección de defensa NBQ y CI de la base aérea y por el servicio de extinción de incendios del aeropuerto, y que la coordinación entre ambos está recogida en el Procedimiento Operativo PO-20-01 Plan de reacción ante una emergencia o accidente aéreo, y en el Plan de emergencias del aeropuerto.

Respecto a los servicios sanitarios, establece que los servicios sanitarios serán prestados por el servicio 112, y que la base aérea prestará la ayuda necesaria en la medida de sus posibilidades y limitaciones, sin que se le pueda exigir otra responsabilidad, excepto en caso de emergencia o accidente aéreo, o en aquellos otros que por considerarse de extrema gravedad requieran una atención inmediata.

1.10. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

El primer impacto de la aeronave se produjo al golpear el intradós del plano derecho contra una de las vigas que sujetaban el transformador, resultando arrancado el plano entero, que salió despedido cayendo 30 m delante del transformador, y quedó en posición invertida con parte de la viga empotrada en el borde de ataque.

La rueda derecha del tren principal, que iba alojada en el plano, se desprendió y golpeó contra el tejado de una caseta, cayendo dentro de ella.

Por su parte el flap derecho se desprendió del plano y salió despedido más de 50 m, cayendo dentro del recinto donde se alojaban los depósitos de combustible con el extradós hacia arriba.

Después del choque de la aeronave con el hangar, el plano izquierdo también se desprendió y quedó en la acera de enfrente de la zona de impacto.

Los restos principales quedaron en la esquina este del hangar del CNP apoyados sobre un seto y en posición invertida. Los motores se descolgaron y quedaron junto a la aeronave. La cola también se desprendió y quedó unos metros adelante, según se puede ver un las fotografías de la figura 10.



Figura 8. Fotografías del plano y rueda derechos



Figura 9. Fotografías del plano izquierdo y flap derecho



Figura 10. Fotografías del fuselaje y cola

En el Anexo 1 hay una fotografía aérea tomada momentos después del accidente en la que se puede ver la distribución de todos los restos.

1.11. Información médica y patológica

La autopsia determinó que la causa del fallecimiento se debió a los traumatismos sufridos en el impacto, que le produjeron lesiones incompatibles con la vida.

1.12. Incendio

Después del impacto contra el hangar del CNP, la aeronave se incendió afectando desde la cabina hacia delante, quedando especialmente dañado el puesto del piloto y el panel de instrumentos (situados en la parte delantera de la cabina).

El fuego también afectó a la sala de vigilancia y control del edificio que se incendió de manera instantánea, resultando completamente calcinada, incluyendo todos los equipos e instalaciones que albergaba. Ni la zona del hangar propiamente dicho ni el resto del edificio y sus instalaciones asociadas se vieron afectados por el incendio.

Según informaron los responsables de AENA del aeropuerto, a las 13:48, inmediatamente después del impacto, el controlador de servicio accionó la alarma mediante una sirena acústica y notificó el lugar del accidente al Servicio de Extinción de Incendios (SSEI) de AENA, al Centro de Operaciones, y también al Servicio de Extinción de Incendios de la Base Aérea Militar (NBQ y CI)⁸.

Al recibir el aviso salieron los dos miembros del SSEI (un Jefe de dotación y un bombero) cada uno en un vehículo distinto. El controlador informó al Jefe de dotación la que el accidente se había producido en el lado tierra. Inmediatamente después el SSEI solicitó al Coordinador del aeropuerto medios de auxilio externos, tanto sanitarios como bomberos.

El primer vehículo (V1) que salió del parque, conducido por el bombero, circuló de este a oeste hasta la puerta de acceso más próxima, que está situada entre la Torre de Control (TWR) y el parque de bomberos, y comprobó que no se abría al utilizar el mando a distancia, porque se había interrumpido el suministro eléctrico. El SSEI no tenía la llave de la puerta que permite abrirla mecánicamente, y por ello se dirigió hacia el este circulando por la plataforma, buscando la manera de acceder al lado tierra, intentándolo por al menos dos puertas más, las cuales estaban bloqueadas por varios aviones aparcados. Finalmente llegó hasta la puerta de acceso más lejana al parque, que está junto al hangar de la escuela de vuelo AEROFAN y logró acceder al lado tierra cortando con una cizalla el candado que la mantenía cerrada.

El segundo vehículo (V2), ocupado por el Jefe de dotación, salió en segundo lugar y se dirigió hacia el este, logrando acceder al lado tierra por la puerta de acceso del recinto donde se ubican los depósitos de combustible del aeropuerto, que está junto al parque de bomberos, porque fue avisado por los operarios de la compañía que proporciona el suministro de que habían abierto la puerta y que era posible el acceso.

Por este motivo V2 fue el primer vehículo del SSEI en llegar hasta la aeronave, comprobando que ya había agentes de la Guardia Civil, junto a otras personas de la FIO, intentando sofocar el fuego con extintores de mano, que le informaron de que dentro de la aeronave sólo había una persona. El bombero del V2 extinguió tanto el incendio de la aeronave, como el incendio que se había producido en la fachada del hangar del CNP, utilizando espuma. En un primer momento usó el extintor del propio vehículo y a continuación la manguera.

Por su parte, la Base Aérea movilizó a seis bomberos que se desplazaron hasta el lugar del accidente en dos vehículos de extinción y un vehículo de rescate de tripulaciones,

⁸ Nuclear, Biológico, Químico y Contra Incendios.

que accedieron al lado tierra por la puerta donde están los depósitos de combustible, llegando hasta el avión inmediatamente después del vehículo V2 del SSEI.

Instantes después llegaron hasta los restos de la aeronave el vehículo V1 del SSEI y una ambulancia medicalizada del Servicio de Asistencia Municipal de Urgencias (SAMUR) que estaba en el aeropuerto prestando servicio en la exhibición en la zona donde se situaba el público.

Dos bomberos militares provistos del equipo de respiración autónoma, accedieron al interior del hangar para sofocar el incendio. Después de tener controlados los diferentes focos de incendio que se habían producido (aeronave, hangar y vehículos aparcados) se rescató al piloto, a la vez que los servicios sanitarios del Ayuntamiento, que ya habían llegado, procedían a estabilizarle.

Por su parte, el Área de Gobierno de Medioambiente, Seguridad y Movilidad del Ayuntamiento de Madrid, informó de que el servicio de extinción de incendios de dicho organismo fue avisado a las 13:50. En ese instante movilizaron a sus efectivos y desplazaron al aeropuerto a seis vehículos pertenecientes a tres parques diferentes.

Cuando llegaron al lugar del accidente, ya habían sido extinguidos tanto el incendio de la aeronave, como también el resto de incendios que se habían producido, por lo que su misión consistió en colaborar en las labores de excarcelación del piloto, que aún permanecía atrapado en el interior de la aeronave, y en asegurar toda zona para evitar que se pudiera reactivar el fuego en cualquiera de estos focos.

Una vez rescatado y evacuado el piloto, el Jefe de dotación del SSEI coordinó con el Jefe de bomberos de la Base Aérea y con el Jefe de bomberos del Ayuntamiento de Madrid las actuaciones necesarias para mantener la seguridad en la zona afectada.

Los bomberos del Ayuntamiento eliminaron el humo que había en la sala de control del hangar, revisaron las instalaciones eléctricas y desconectaron las baterías de los vehículos incendiados, retirándose a las 14:53. Mientras tanto, el SSEI de AENA y el SSEI de la Base Aérea estuvieron ventilando la aeronave y los dos planos, para evitar fugas de combustible.

A las 15:00 el SSEI de la Base Aérea dio por finalizada su intervención dejando una dotación en el lugar del accidente para dar seguridad a la zona hasta las 20:00 h aproximadamente. El SSEI del aeropuerto regresó al parque a las 16:00 h.

1.13. Supervivencia

El piloto llevaba como parte de su equipo individual un paracaídas que no llegó a activar.

El Servicio de Asistencia Municipal de Urgencias-Protección Civil (SAMUR) informó de que junto al público asistente a la exhibición tenían desplazada una ambulancia, cuyo personal dio la alarma de accidente a la central a las 13:49:32.

Al recibir el aviso se enviaron al aeropuerto tres vehículos de Soporte Vital Avanzado (SVA), y también acudieron el Supervisor de Guardia, el Jefe de Guardia, el Jefe de División de Calidad y un vehículo de Procedimientos Especiales.

El primer vehículo (SVA) llegó al lugar a las 13:55:40 y activó el Procedimiento de Incidentes Complejos, por lo que se habilitó un canal de radio independiente para todas las comunicaciones relacionadas con el accidente (Canal 10) y también se pidió a la Central para que estuvieran disponibles el mayor número de recursos posibles ante la previsión de un alto número de víctimas.

Cuando llegó el SAMUR el piloto estaba atrapado en el interior del avión, inconsciente, con traumatismos múltiples, y con aproximadamente un 80% de la superficie corporal quemada. Se le dio apoyo ventilatorio mientras los bomberos realizaron la excarcelación, y posteriormente se le estabilizó y fue trasladado con preaviso hospitalario a la Unidad de Quemados del Hospital de Getafe. A la vez se informó a la Central de que solamente había una víctima de carácter grave atrapada en el avión y cinco personas heridas de carácter leve por inhalación de humo.

Al ir aumentando el número de personas que iban necesitando asistencia sanitaria se solicitó el apoyo de más unidades, y fueron enviadas dos unidades SVA más una unidad de Soporte Vital Básico (SVB) otro vehículo de Procedimientos Especiales y un Psicólogo de Guardia.

1.14. Ensayos e investigaciones

1.14.1. Inspección de los tableros de instrumentos

Se realizó una inspección detallada de los dos tableros de instrumentos (delantero y trasero) usando un microscopio digital de 200 aumentos para examinar la esfera de cada uno de ellos, con el objeto de comprobar si las agujas indicadoras habían dejado marcas que pudieran dar una idea de cuál era el valor en cada instrumento en el momento del impacto.

También se examinaron los filamentos de las bombillas de los indicadores luminosos para tratar de determinar si estaban iluminados en el momento del impacto.

El panel delantero se encontraba muy deteriorado como consecuencia del impacto y de la posterior exposición al fuego, y faltaban gran parte de sus instrumentos.

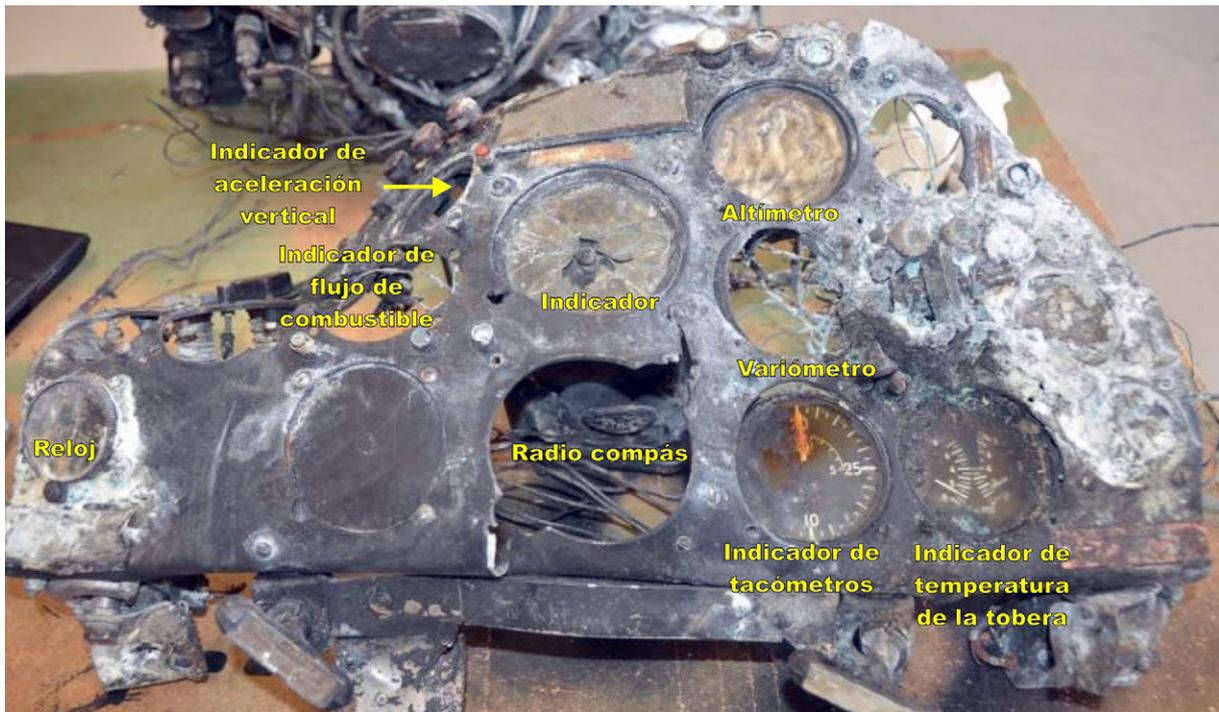


Figura 11. Panel de instrumentos delantero

No obstante se pudieron recuperar algunos otros que se habían desprendido, entre ellos el radio compás, que indicaba un rumbo de 30°, y el indicador de flujo de combustible que marcaba una cantidad de 441 l, al igual que el mismo instrumento del panel trasero.

También se encontró el indicador de aceleración vertical, que tenía una marca en una posición próxima a 4,5 g, la cual podría corresponderse con la indicación de la aguja en el momento del impacto. Los indicadores de valores máximos alcanzados están entre 8 g y -4 g.

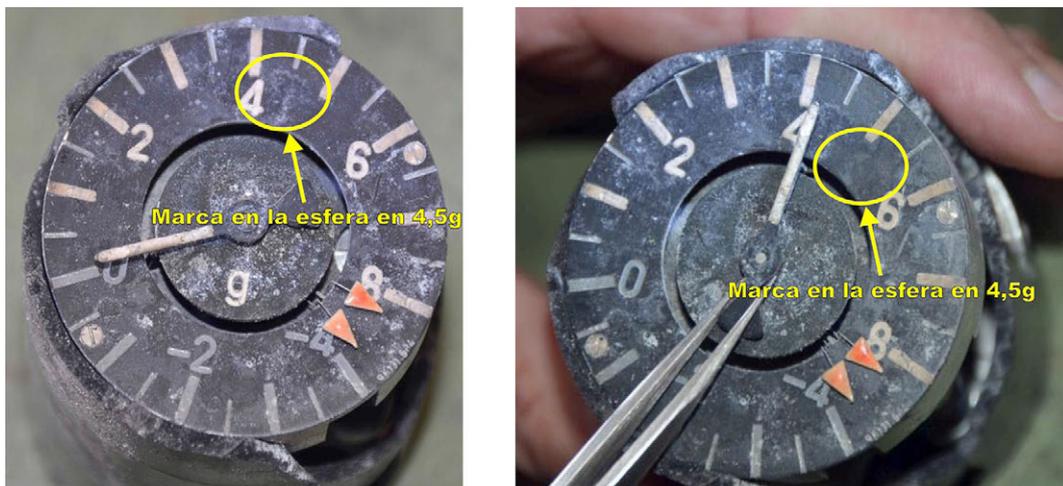


Figura 12. Marcas en la esfera del indicador de aceleración vertical



Figura 13. Panel de instrumentos trasero

Las luces indicadoras estaban desaparecidas por haber estado sometidas al fuego. Por el mismo motivo no se pudo deducir nada del análisis del cableado.

Por su parte, el panel trasero conservaba casi todos los instrumentos y no estaba excesivamente deteriorado, aunque también estuvo expuesto al fuego.

Al analizar los instrumentos no se encontraron marcas dejadas por las agujas en las esferas de ninguno de ellos.

El altímetro estaba calado para un QNH de 1.022 mb, como se puede ver en la fotografía de la figura 14. El calado es independiente del altímetro que había en el panel delantero.

Los valores del indicador de aceleración vertical, oscilaban entre 8 g y -4 g, al igual que el del panel delantero, que se corresponderían con el instrumento no energizado.

El rumbo marcado en el radio compás era 215° y el indicador de combustible marcaba 441 l, al igual que en el instrumento del panel delantero.

La posición de las agujas del indicador de revoluciones de los motores marcaba 2.000 rpm que es la que se corresponde con el estado no



Figura 14. Altímetro

energizado. La marcación de las dos agujas del indicador de temperatura en las toberas era 100 °C y la posición de las agujas del indicador de temperatura del aceite de los motores se correspondía también con su posición cuando no está energizado.

Se revisó el estado de las bombillas de los indicadores de fallo de presión de las bombas de combustible anterior y posterior, y de las luces de fallo de generadores derecho e izquierdo, comprobándose que en todos los casos el filamento estaba intacto, que es compatible con la condición de funcionamiento normal de ambos motores.

1.14.2. *Examen de los motores*

Se llevó a cabo un análisis detallado de los motores, y para ello se realizó su desmontaje en el hangar con la ayuda de un equipo de especialistas.

El motor izquierdo no tenía ninguna placa identificativa, pero su número de serie estaba pintado en la carcasa. Mostraba signos de haber sufrido un fuerte impacto con grandes deformaciones en la carcasa y pérdida de los elementos situados delante de la entrada de aire del motor. La sección cilíndrica frontal de la carcasa de la toma de aire y los tres soportes que la sujetaban al buje estaban partidos.

La punta de los álabes de la parte delantera del compresor centrífugo estaba doblada de manera homogénea en todos ellos en sentido contrario al giro del motor, al igual que el borde de ataque de los álabes de la parte trasera del compresor, percibiéndose también daños significativos en la raíz de los álabes de la parte delantera del compresor por haber impactado este contra el buje delantero.

Se podían observar marcas en la carcasa frontal del compresor causados durante el impacto por el roce de los álabes de la parte trasera del compresor, y se observaba un desfase de aproximadamente 10° entre la parte delantera y la trasera del compresor. También se constató que había tierra tanto en la entrada de aire, como en la parte delantera de los álabes, concentrándose a lo largo de un arco de más o menos 90°. No se apreciaron evidencias de entrada en pérdida del compresor, es decir, sobrecalentamientos o metalización en la parte trasera de los álabes, aunque sí se vieron restos del agente extintor que se descargó tras el accidente.

Durante el desmontaje no se pudo acceder por completo a la turbina. No obstante a través del escape de gases se constató una deformación significativa de la carcasa, dobleces en el material, álabes guía de salida doblados hacia detrás, que indicarían que hubo un rozamiento moderado en la carcasa (los álabes de la turbina estaban muy íntegros, sin deformaciones aparentes, ni siquiera en las puntas) y una holgura entre la punta de los álabes y la carcasa de unos 2 mm, que se pudiera considerar excesiva.

El motor derecho, tenía una placa identificativa en la carcasa. También mostraba signos de haber sufrido un fuerte impacto con deformaciones grandes en la carcasa, pero al contrario que el motor izquierdo, no se habían desprendido muchos de los elementos situados delante del compresor. La bomba de aceite no se desprendió, por lo que había muchas manchas de aceite.

La sección cilíndrica frontal de la carcasa de la toma de aire y los tres soportes que la sujetaban al buje estaban partidos. La punta de los álabes de la parte delantera del compresor centrífugo estaba doblada en sentido contrario al normal de giro del motor, pero su deformación era menos homogénea que en el caso del motor izquierdo. El borde de ataque y casi todos los álabes de la parte trasera del compresor también se habían doblado o incluso desprendido.

No se percibían daños significativos en la raíz de los álabes de la parte delantera del compresor y no había marcas de impacto en el buje delantero. Se veían roces en la carcasa frontal del compresor causados durante el impacto por el roce de los álabes de la parte trasera del compresor, pero a diferencia del motor izquierdo, en este caso sí se observaba una deformación en la carcasa.

Había un desfase entre la parte delantera y la trasera del compresor de unos 2°, mucho menor que la observada en el otro motor. Se encontró tierra en la entrada de aire y en la parte delantera de los álabes, pero en menos cantidad que en el motor izquierdo. Tampoco se apreciaron evidencias de entrada en pérdida del compresor, y sí se observó que caía carbonilla del tubo de aceite, posiblemente debido al sobrecalentamiento causado por el fuego posterior al impacto.

De la misma manera que en el otro motor, el desmontaje no permitió el acceso completo a la turbina, pero se pudo ver a través del escape de gases que los álabes de la turbina estaban íntegros y sin deformaciones aparentes (ni siquiera en las puntas), que la holgura entre la punta de los álabes y la carcasa era muy reducida, que no parecía que hubiera habido desplazamiento axial de la turbina, y que no se apreciaban deformaciones en la carcasa de la turbina, dobleces en el material, álabes guía de salida doblados hacia atrás, ni rozamiento en la carcasa.

No se encontraron evidencias que indicaran que se había apagado la llama en la cámara de combustión (flame out) en ninguno de los motores, y la conclusión a la que se llegó después de inspeccionar los motores es que ambos estaban funcionando y girando a gran velocidad en el momento del impacto. Además de la inspección anteriormente detallada, también se realizó, por parte del laboratorio del Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la Sécurité de l'Aviation Civile (BEA) de Francia, un estudio del espectro de sonido generado por el funcionamiento de los motores extraído de uno de los vídeos que grabó uno de los espectadores, centrado en los últimos 38 s de grabación antes del accidente, que también concluyó con que ninguno de los motores falló.

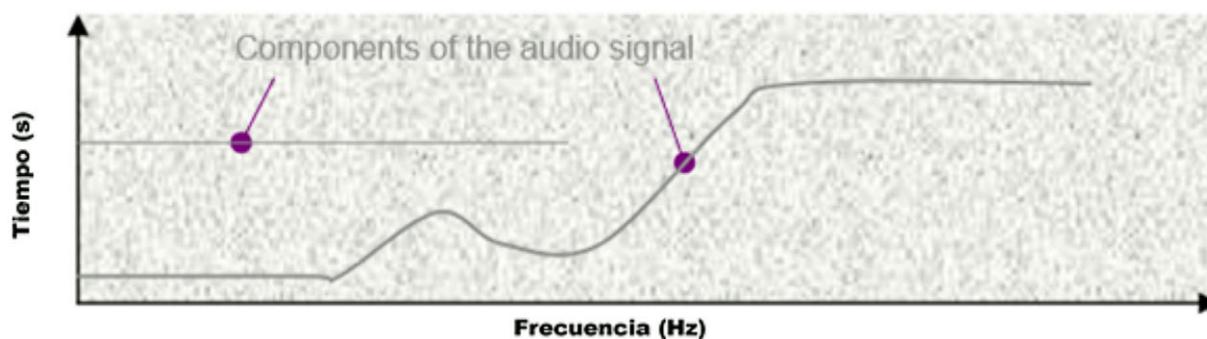


Figura 15. Sonograma de los motores en los instantes finales

1.14.3. Cálculo de la trayectoria en los últimos instantes de vuelo

Se realizó la reconstrucción de la trayectoria del avión (posición del centro de masas en función del tiempo) partiendo de las dimensiones de la aeronave y conociendo la posición de las cámaras de dos videos grabados por espectadores que asistían a la exhibición, de los que se obtuvieron 425 fotogramas de los últimos 14 s de grabación.

Para el cálculo se usaron técnicas de reconocimiento de imagen y fotogrametría que se emplean habitualmente en ensayos en vuelo, con ayuda de programas de cálculo de trayectorias validados en simuladores teóricos y utilizados también en los procesos de certificación y calificación de las aeronaves y sus sistemas, teniendo en cuenta que ninguna de las cámaras eran de uso profesional, y que sus características, posición inicial y movimientos posteriores se tuvieron que obtener a partir de la misma grabación.

Una de ellas estaba situada entre el público asistente a la exhibición en el lado aire del aeropuerto (n.º 1), y la otra colocada en el lado tierra a 50 m de la fachada del hangar del CNP donde tuvo lugar el impacto final (n.º 2).

La reconstrucción de la trayectoria se limitó a la identificación de la posición de la aeronave en función del tiempo y considerando los resultados obtenidos lo suficientemente precisos para determinar algunas características de la maniobra realizada, como son la altura máxima alcanzada, los ángulos de asiento de la trayectoria, el punto de inicio de la maniobra de recuperación del picado y su radio geométrico.

En la figura 16 se ha representado la trayectoria proyectada en el plano de tierra calculada respecto a ejes de horizonte local considerando el origen en la posición inicial de la cámara n.º 1, con un error estimado de ± 50 ft (15 m) y formando triángulo a derechas, es decir, con, el eje X en sentido positivo hacia al este, el eje Y en sentido positivo hacia el norte y el eje Z (altura) en sentido positivo hacia arriba

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se estimó que la altura máxima alcanzada fue 234 m ± 15 m (770 ft ± 50 ft), y lo hizo a los 4,033 s del comienzo de la grabación. En la figura 17 se ha representado la altura en función del tiempo, y en la figura 18 la trayectoria en tres dimensiones.



Figura 16. Representación de la trayectoria en planta

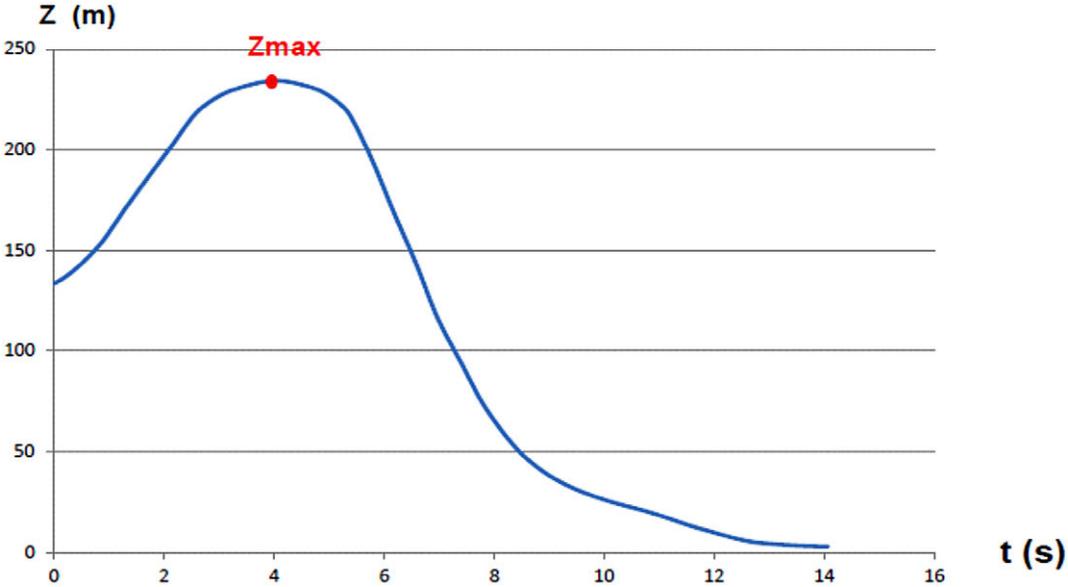


Figura 17. Altura en función del tiempo



Figura 18. Trayectoria en tres dimensiones

1.14.4. Cálculo de otras magnitudes en los últimos instantes de vuelo

Al conocer la posición en función del tiempo se calculó la velocidad en cada punto con respecto a los ejes de referencia por derivación. Teniendo en cuenta que los valores calculados no son exactos, si han servido para interpretar como evolucionaron la velocidad y la energía durante la parte final de la maniobra (14 s). Estos valores acumulan un error que ha sido contemplado y evaluado y de ningún modo se pueden utilizar como valores absolutos, ya que conducirían a conclusiones erróneas que en algún caso pueden no ser compatibles con las prestaciones de la aeronave.

Para el cálculo de las actuaciones de la aeronave se ha considerado una masa de 2.207 kg, una superficie alar de 17,4 m² y una densidad del aire 1,0093 kg/m³, sacados de lo que dispone el manual de vuelo y de la información meteorológica.

La energía total (E_T) es la suma de la energía potencial más la energía cinética⁹.

La energía específica (e) es la energía total por unidad de peso (mg), en J/N¹⁰.

$$^9 E_T = mgz + \frac{mV^2}{2}$$

$$^{10} e = z + \frac{V^2}{2g}$$

La variación de la energía específica con respecto al tiempo (de/dt) representa el exceso de potencia específica disponible (SEP) expresado en m/s, es decir la potencia de la que disponía la aeronave para el ascenso¹¹ (en la cual T representa el empuje y D la resistencia).

En la gráfica de la figura 19 se puede ver la variación del módulo de la velocidad que tenía el avión respecto al suelo (Ground Speed) (calculada a partir de las componentes de la velocidad obtenidas por derivación) en función del tiempo.

Esta velocidad es diferente de la velocidad indicada que podía leer el piloto en el anemómetro, y su cálculo solamente tiene validez para evaluar la tendencia y la evolución global de la energía que tenía la aeronave durante la maniobra.

Los mínimos que se pueden observar en esta figura son indicativos de que el avión estuvo al menos en dos ocasiones en condiciones de (trepidación), que ocurrieron entre los 3 s y los 5 s, cuando realizó un viraje cerrado a la izquierda en la parte más alta de la trayectoria, y entre los 9 s y los 11 s, en los que el piloto realizó un fuerte tirón de la palanca de mando hacia atrás, hasta en tres ocasiones, intentando recortar el radio de giro de la trayectoria en el plano vertical durante la maniobra de picado, como se puede ver en los vídeos que registraron los últimos 14 s de la maniobra.

En la tabla siguiente se han resumido los valores más significativos de la relación empuje-resistencia en función del tiempo, durante los últimos 14 s de vuelo.

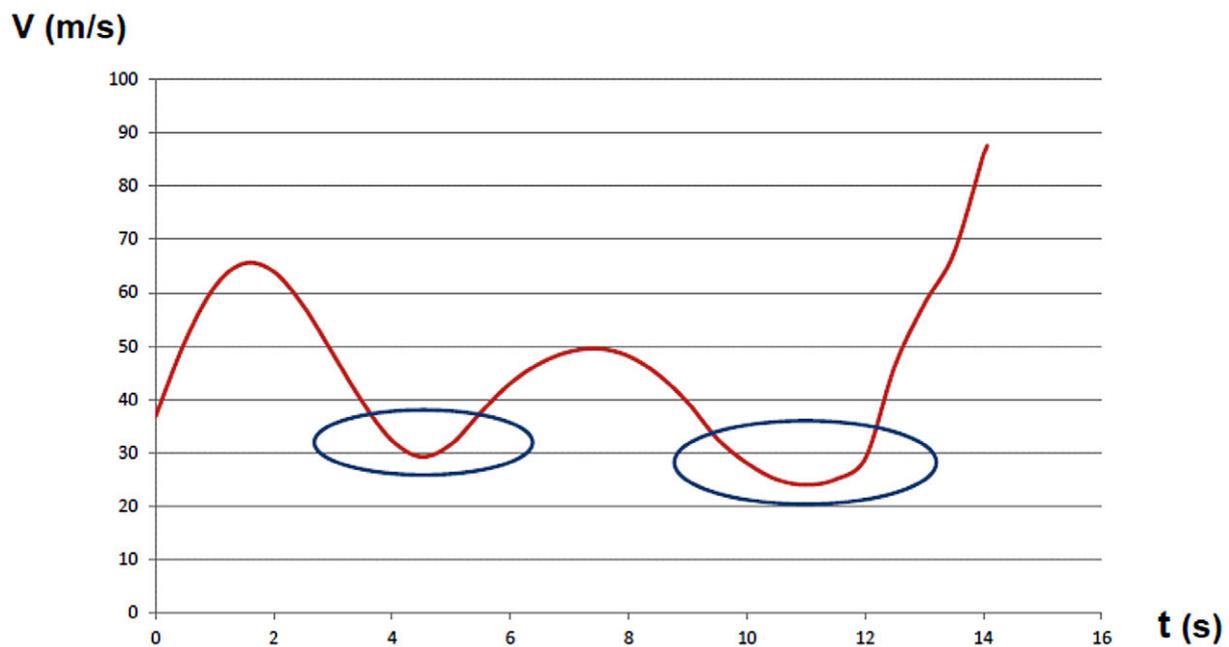


Figura 19. Velocidad de la aeronave

¹¹ $\frac{de}{dt} = SEP = \frac{(T-D)V}{mg}$

donde T representa el empuje y D la resistencia.

Tiempo (s)	Altura (m)	Relación empuje-resistencia	Comentario
0	133	T > D	Ascenso.
1,2	167		Ascenso y viraje.
1,866	192	T = D	Ascenso. Energía específica máxima.
4,033	234	T < D	Final del ascenso y máxima altura alcanzada.
4,633	231		Desciende con ángulo elevado.
5,433	215	T > D	Incrementa su energía.
9,5	301	T < D	Pierde mucha altura y energía.
11,367	15	T = D	Mínimo de energía específica.
12,0	10	T > D	Aumenta su energía.
14,067	3		Gana energía rápidamente.

En la gráfica de la figura 20 se ve la evolución de la energía específica en función del tiempo. Como se puede observar, la energía específica máxima se alcanzó antes de que el avión alcanzase la altura máxima, es decir, antes de los 4,033 s después del inicio de la grabación.

Se calculó el SEP por dos métodos distintos durante los últimos 14 s de la trayectoria final)¹².

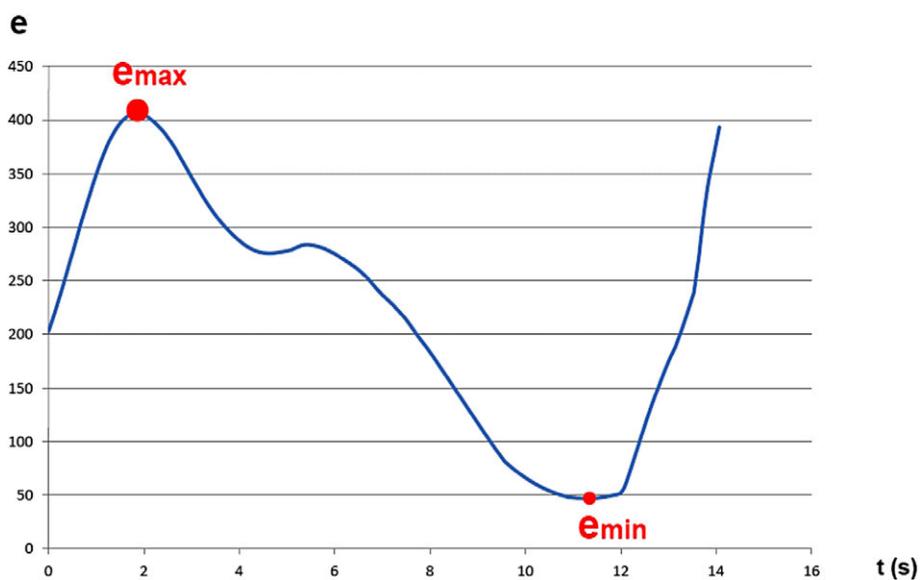


Figura 20. Energía específica en función del tiempo

$$^{12} \frac{de}{dt} = SEP = \frac{(T-D)V}{mg} \quad \text{Primera expresión}$$

$$\frac{de}{dt} = SEP = \frac{dz}{dt} + \frac{v}{v} \frac{dv}{dt} \quad \text{Segunda expresión}$$

Los valores obtenidos por ambos métodos son muy similares, y se han representado en la figura 21. Las diferencias (inferiores a 0,5 s) en la escala de tiempos son debidas a la asignación del valor a un tiempo medio en el intervalo en el que se ha calculado.

En la figura 22 se observa además que en los dos intervalos en los que el SEP era positivo, es decir, desde el comienzo de la grabación hasta el punto donde la energía específica es máxima, y desde el punto donde la energía es mínima hasta el final, la pendiente de la gráfica es la misma, lo que indicaría que el empuje era el mismo, y elevado.

En el gráfico de la figura 23 se ha representado la variación del ángulo de inclinación lateral respecto al tiempo, donde se puede observar que llegó a alcanzar aproximadamente unos -90° en el entorno de los 4 s, que es cuando alcanzó la altura máxima, que se corresponde con el viraje muy cerrado que se puede observar en varios videos.

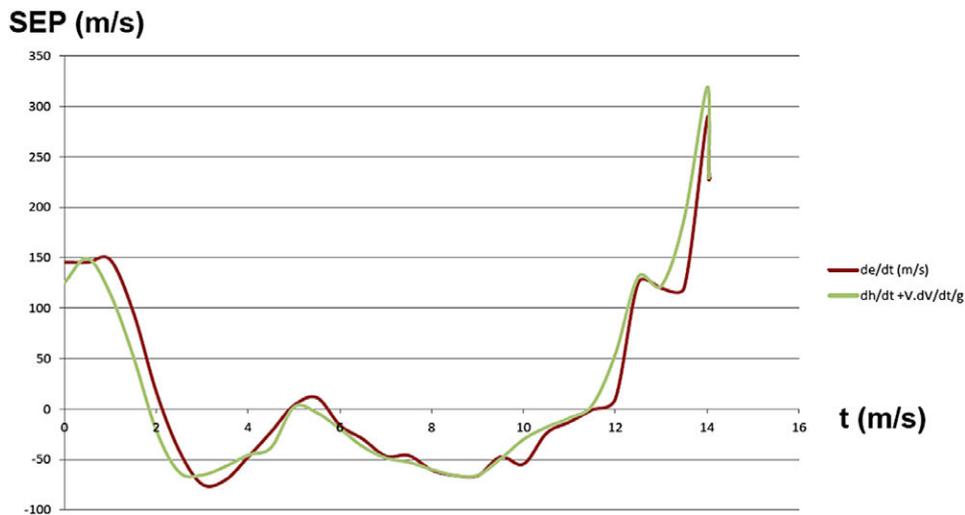


Figura 21. SEP en función del tiempo obtenido por dos métodos

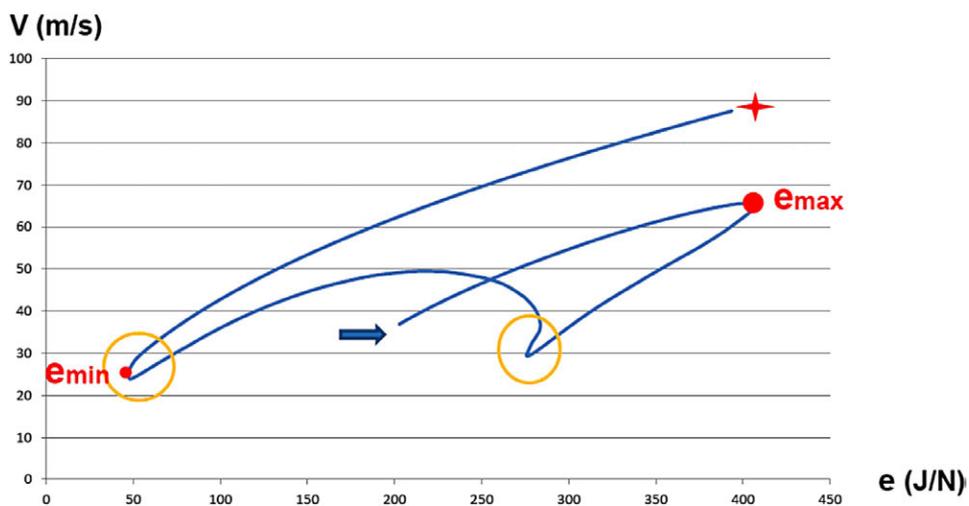


Figura 22. Gráfica de velocidad – energía

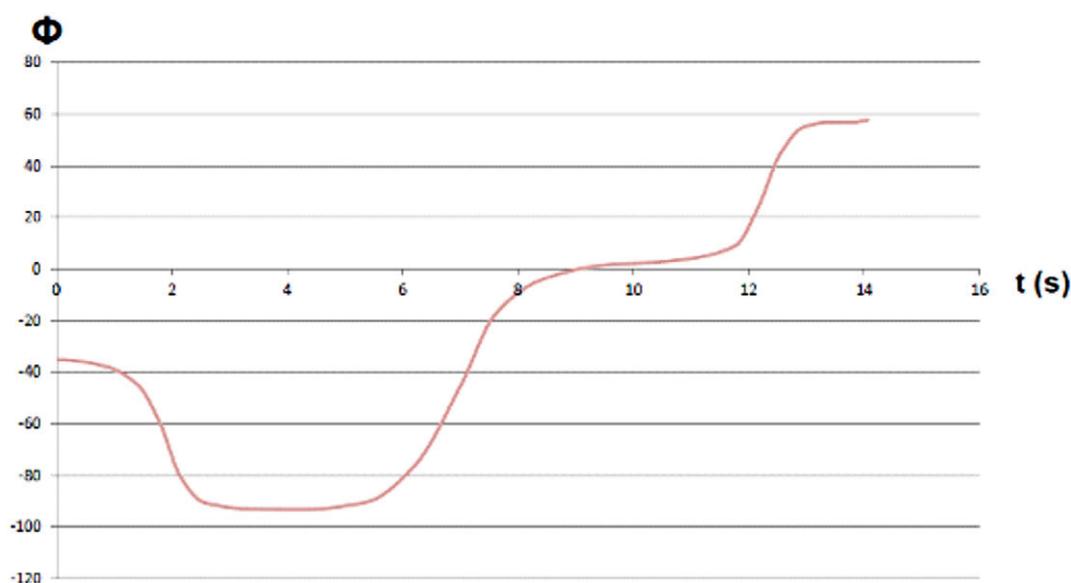


Figura 23. Ángulo de inclinación lateral

1.14.5. Entrevistas a testigos

Durante la investigación se recabó el testimonio de varias de las personas que trabajaban en el aeropuerto en distintos cometidos, que estaban de servicio el día del accidente.

De acuerdo con las informaciones aportadas por ellos, desde el 1 de mayo de 2013 se había suprimido la figura de Técnico de Operaciones en el Área de Movimientos (TOAM), y como consecuencia de ello las labores propias de ese puesto las estaban llevando a cabo los miembros del SSEI. Entre esas labores están, el guiado de las aeronaves en tierra, la asignación de slots de aparcamiento y el control de las aeronaves que están estacionadas en el aparcamiento del aeropuerto.

También se pudo constatar que el SSEI no tenía la llave que permitía abrir mecánicamente la puerta que comunica el lado tierra con el lado aire, que está al oeste del parque del SSEI junto a la Torre de Control. Esta puerta normalmente se abre eléctricamente, y al fallar el suministro eléctrico quedó inutilizada. Lo mismo ocurrió con las puertas del edificio de servicios, y hubo algunas personas que quedaron atrapadas dentro del edificio.

En cuanto a los técnicos de mantenimiento de la central eléctrica, se averiguó que hay uno en cada turno, más otro adicional de una empresa subcontratada que solo está los martes y jueves de 8 a 15 h.

El día del accidente había un técnico en la central eléctrica, que desde los primeros momentos estuvo intentando poner en funcionamiento el grupo electrógeno n.º 1, y una hora y media después llegaron otros técnicos de la empresa que está contratada por AENA para ayudarle en su labor.

También se entrevistó a varios testigos directos del accidente y a distintos miembros de la FIO, pero varios de ellos dieron informaciones contradictorias entre sí referentes a quién llegó primero hasta la aeronave, el estado en el que se encontraba el piloto, o qué elementos de la aeronave estaban ardiendo y quién los apagó. Alguno de los testimonios que se recabaron también eran contradictorios entre sí e inconsistentes con las evidencias encontradas en el lugar del accidente e incluso con lo que se pudo observar tanto en los vídeos como en las fotografías que se examinaron, como por ejemplo el lado hacia el que viró la aeronave en el último momento antes de golpear contra el transformador, la trayectoria que describió en los últimos instantes de vuelo o las zonas donde se produjeron los impactos de los distintos elementos de la aeronave que se desprendieron.

Finalmente se entrevistó a un piloto de la FIO que acompañó al piloto yendo de pasajero en el vuelo que realizaron el día anterior al accidente. Según su testimonio, estuvieron volando por encima de la carretera M-501 que está aproximadamente 6 km al oeste del aeropuerto, y discurre en dirección este-oeste en la mayor parte de su trazado.

Según informó, se mantuvieron en un intervalo de altitudes de entre 5.000 ft y 7.000 ft, con el fin de volar con un margen de seguridad por encima de los tráficos VFR que pudiera haber por la zona, y a la vez, para mantenerse por debajo de la altitud mínima de vuelo del TMA de Madrid que está a 7.500 ft. De acuerdo con su relato estuvieron haciendo virajes de barrido, varios toneles¹³, y luego comenzaron a realizar la maniobra denominada hoja de trébol (combina un looping¹⁴ y un cuarto de tonel y se repite en las direcciones principales de la rosa de los vientos), pero no la concluyeron.

Durante la reunión informativa que tuvieron antes del accidente (briefing) el piloto le explico que las palancas de aceleración de los motores se debían usar con suavidad para evitar que entrase en pérdida los respectivos compresores, y que normalmente hacían toda la exhibición ante el público con esas palancas en una posición fija.

También comentó que tanto el vuelo que realizaron el día anterior, como el que se realizaba durante la exhibición era totalmente visual, y que la referencia principal de altura se tomaba mirando hacia afuera, y no la indicación del altímetro.

1.14.6. Entrevistas a los pilotos de la FIO que volaron el avión HA-200 Saeta

Se entrevistó a los tres pilotos de la FIO que habían volado ese avión desde que se puso en vuelo y se incluyó en la exhibición. Uno de ellos había sido el instructor del piloto, y la información que aportaron fue prácticamente la misma en los tres casos, sin que hubiera discrepancias entre ellos.

¹³ Maniobra que consiste en rotar alrededor del eje longitudinal del avión.

¹⁴ Maniobra acrobática que consiste en la realización de un círculo vertical.

Informaron de que la exhibición consta de una serie de movimientos que calificaron como un «ocho no simétrico», y que tienen como referencia principal la pista del aeródromo. Como normalmente se opera por la pista 10, la exhibición se inicia con una pasada de oeste a este sobre esa pista para luego trazar una circunferencia completa al este de la cabecera 28, girando hacia la izquierda, en la que los primeros 180° se asciende y los segundos 180° se desciende, para luego volar de nuevo por encima de la pista. A continuación se realiza otra circunferencia de menor radio al sur de la pista en la que hay un primer tramo de ascenso y un segundo tramo de descenso que termina con rumbo norte. Para acabar esa rutina se realiza otra tercera circunferencia de despedida sobre la pista y al finalizar se realiza un viraje a la derecha a 1.000 ft de altura para incorporarse a viento en cola derecha de la pista 10 y aterrizar. Al ponerse viento en cola es cuando se comunica al piloto del avión acrobático para que inicie su exhibición particular. En alguna ocasión, si se dispone de tiempo suficiente, al terminar el segundo viraje, antes de realizar el último giro de despedida, se repite toda la maniobra entera. La trayectoria teórica se puede ver en la figura 24.

Los pilotos informaron de que teóricamente en la parte más alta de la maniobra previa al accidente, la velocidad a la que debería alcanzar podría oscilar entre los 110 kt y los 120 kt, y que la altura que se debería alcanzar antes de realizar el último giro de 360° para entrar en viento en cola es de 1.000 ft, que es un poco más de la altura del circuito de tráfico.

No obstante, todos ellos pensaban que el último giro a la izquierda lo realizó con una velocidad menor de la esperada y que ascendió hasta una altura inferior a la que debía, y no encontraban ninguna explicación concreta que explicara este hecho.

Añadieron que siempre se ha respetado la disciplina impuesta por la FIO para la exhibición y que para ellos era una situación nueva, e informaron de que aparte de la reunión informativa previa al vuelo (*briefing*) que se realiza tanto el día de la exhibición, como el día anterior, hay también otra reunión informativa posterior (*debriefing*) en la que se comentan las anomalías que se pudieran haber observado, y los problemas técnicos que pudieran haber surgido.

De acuerdo con sus impresiones admitían la posibilidad de que el piloto hubiera errado al tomar la referencia visual por estar en el momento del ascenso situado encima de una vaguada en la que el terreno baja. Indicaron que el altímetro no es una referencia absoluta ya que carece de fiabilidad porque tiene mucho retraso en su indicación y por ello no lo suelen mirar, lo que hace que el vuelo sea visual y sensitivo sobre todo.

En cuanto a los motores, comentaron que su manejo es delicado porque si se mueven las palancas de manera brusca, hay un rango en el que se puede producir una entrada en pérdida en el compresor que se manifiesta en un petardeo, y recalcaron como puntualización importante, que con un ligero retraso en las palancas de gases el empuje de los motores disminuía de manera notable.

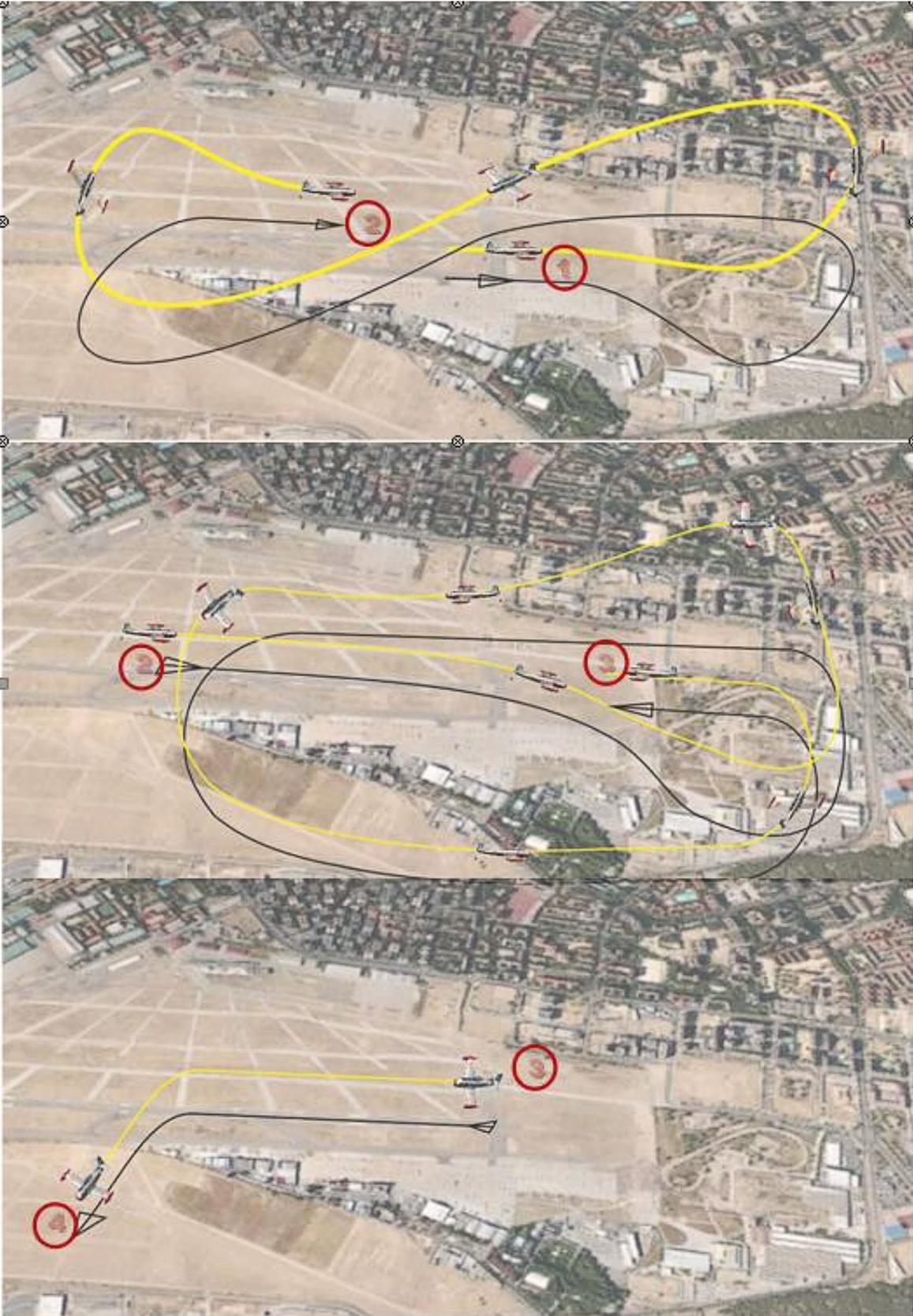


Figura 24. Trayectoria habitual que se realiza en la exhibición

Normalmente toda la exhibición se hace a potencia máxima sin tocar las palancas de los gases, por lo que todos daban por hecho que el empuje que tenía en la parte alta era el mismo que en el resto del ascenso. También comentaron que la forma de recuperar el avión tras esa maniobra debería ser bajando el morro.

Estaban de acuerdo también en que después del viraje, durante el descenso, el avión tenía poca energía, y para reducir el radio de giro tuvo que tirar de la palanca hacia atrás haciendo que el avión estuviera en situación de trepidación (buffet). Su impresión era, que al bajar el morro del avión para ganar velocidad perdió mucha altura, y no pudo recuperar la maniobra.

Se les preguntó directamente si pensaban que el piloto intentó dar una nueva pasada sobre el público, pero no supieron dar respuesta exacta. Todos calificaron al piloto fallecido como una persona metódica, disciplinada, prudente y poco dado a la improvisación.

1.15. Información orgánica y de dirección

1.15.1. Información facilitada por el aeropuerto referente a la exhibición

La dirección del aeropuerto informó de que el día del accidente la torre del aeropuerto había elegido como pista en servicio la designada como 28, desde el inicio de las operaciones, ya que el viento estaba prácticamente en calma pero con una tendencia más marcada de viento del oeste y la preferencia con estas condiciones de viento es la pista 28.

Al no suministrar servicio de control a la FIO, sus miembros son los que eligen la pista en servicio para el desarrollo de la exhibición.

La torre suministra información sobre viento en cualquier momento de la exhibición, solamente en el caso de que lo requieran expresamente.

El aeropuerto también informó de que en todas las exhibiciones FIO, cuando las aeronaves comienzan el rodaje, aproximadamente 5 min antes de que se cierre el aeródromo, contactan por frecuencia con la Torre de Control para pedir datos e informan de sus intenciones de rodaje para comenzar la exhibición.

La Torre de Control suministra la información requerida así como el valor de referencia altimétrico (QNH). Además de toda la información suministrada por la Torre de Control los pilotos tienen también la información suministrada por el servicio ATIS.

1.15.2. Información sobre la Fundación Infante de Orleans

La Fundación Infante de Orleans, es un museo de aviones históricos en vuelo que se constituyó en 1989 con el objetivo de reunir la más amplia colección posible de aviones que han jugado un papel prominente en el desarrollo de la aeronáutica española.

Hasta el día del accidente la colección contaba con un total de cuarenta aeronaves de treinta y dos modelos diferentes, que están en condiciones de ser voladas, y que son representativas de un amplio periodo de la historia aeronáutica española.

Además de su actividad de vuelo, esta fundación amplía su campo de actividad a todas aquellas acciones que tienen por objeto difundir la cultura aeronáutica española, y colabora también con el Instituto de Historia y Cultura Aeronáutica, por lo que también posee el Diploma de Honor de la Federación Aeronáutica Internacional.

La FIO tiene su propio centro de mantenimiento y restauración de aeronaves.

La declaración de conformidad aeronáutica para la realización de las demostraciones aéreas periódicas expedida por AESA con fecha 11 de enero de 2013, y validez hasta el 31 de diciembre de 2013 contempla un total de 32 pilotos entre los que se encontraba el fallecido en el accidente, y un total de 27 aeronaves entre las que también estaba el avión accidentado.

La Fundación tiene implantado también un Plan de evacuación y autoprotección para la exhibición de aviones históricos en vuelo que recoge un análisis de riesgos, un plan de mantenimiento de instalaciones y un plan de actuación ante emergencias. Este plan no incluye bomberos entre sus propios medios.

Hay cuatro tipos de aviones que forman la colección que se clasifican dependiendo de quién es su propietario, A, B, C y D.

Los de **tipo A** son propiedad de la Fundación, los de tipo B son de propiedad particular cedidos en usufructo por sus propietarios a la Fundación mediante contratos temporales de diez años, los de **tipo C** son también de propiedad particular cedidos en depósito mediante contratos anuales renovables, y finalmente los de tipo D que son igualmente de propiedad particular y se incorporan los días de entrenamiento y exhibición. El avión accidentado era del tipo B.

La Fundación tiene en cuenta tres factores a la hora de seleccionar, designar, instruir y entrenar a los pilotos. La vinculación del piloto con la Fundación en base al tipo de contrato del avión de la colección que va a volar, la procedencia del piloto y su experiencia previa.

Para los de **tipo A** y los de **tipo B** es la Fundación quien designa al piloto. Para los de **tipo C** es el propietario quien vuela o designa al piloto, salvo casos excepcionales en los que es la FIO quien programa al piloto a propuesta del propietario. Para los del **tipo D** es el propietario quien lo vuela normalmente.

La selección de los pilotos comienza con la asimilación de la estructura organizativa FIO y sus fines, asistiendo regularmente a las sesiones informativas y a las sesiones de

entrenamiento con el fin de ir interiorizando la naturaleza de la organización, su propósito y métodos. Este es un periodo que suele durar años, que pone a prueba al candidato y que permite a la FIO conocerlo y evaluar la conveniencia de aceptarlo o no en el Grupo de Pilotos Voluntarios (GPV). Es una etapa en la que el aspirante presta mucha colaboración y vuela poco, ni siquiera como pasajero.

La FIO solo admite como candidatos a formar parte del GPV a pilotos con gran experiencia que inician su integración de la forma descrita y, además, o son propietarios de un avión C o D, o participan en la compra de un avión cedido a la FIO mediante contrato.

No obstante, independientemente de que el piloto tenga experiencia acreditada, la Fundación inicia un proceso de instrucción en diferencias, basado en instrucción teórica y entrenamiento en vuelo, que se desarrolla programándolo como copiloto en vuelos de familiarización con aviones históricos sencillos para que se familiarice con el aeropuerto y su entorno, y también con la operación. Esta etapa también se prolonga mucho en el tiempo.

En el caso del avión HA-200 Saeta, la FIO decidió desde el principio que el avión solo fuera exhibido por pilotos de procedencia militar que hubieran volado aviones a reacción, a ser posible con experiencia previa en el tipo, y así fueron los tres primeros pilotos que lo volaron.

El piloto fallecido había sido colaborador de la entidad desde una temprana edad, realizando todo tipo de tareas de apoyo, y una vez que era piloto militar estuvo volando como pasajero en otros aviones de la Fundación durante mucho tiempo. Cuando fue seleccionado para volar la aeronave recibió una formación especial que era la primera vez que se daba para ese avión, recibiendo instrucción en diferencias, y por eso realizó el curso teórico, con su correspondiente examen, y un entrenamiento en vuelo, con las correspondientes autorizaciones del servicio de formación de habilitaciones de tipo al personal de vuelo de AESA.

Otros aviones en los que también se da instrucción específica por parte de la Fundación son fundamentalmente, los que tienen patín de cola. También se instruye en la práctica del vuelo en formación.

1.15.3. Información relativa a la exhibición

En cuanto a la propia exhibición se refiere, durante la investigación se constató que previamente al vuelo hubo una reunión informativa (briefing) en la que se informó de las condiciones meteorológicas, y de los NOTAM que había. No obstante, durante la investigación no se pudo constatar que se hubieran definido los parámetros de la operación para la maniobra que se ejecutó.

Según el plan previsto a las 12:35 los pilotos debían de estar en los aviones, el despegue debía empezar a las 13:10, y a las 14:00 tenía que estar el último avión de la FIO en tierra.

La exhibición se realizó dividiendo los aviones en cinco grupos distintos que se denominan Alpha (7 aviones), Bravo (2), Charlie (3), Delta (2) y Echo (3). El avión HA-200 estaba en el último grupo. Estos grupos no se corresponden con los descritos anteriormente en cuanto al tipo de contrato que tienen con la Fundación, sino que su clasificación está basada en sus características y en sus prestaciones.

Primero despegó la formación Bravo, y después sucesivamente Charlie, Delta, Echo y luego uno de la formación Alpha que es el avión PITSS S-2A de matrícula EC-DHU. Después de despegar, cada una de las formaciones se dirigió a sus zonas de espera. A continuación despegaron cuatro aviones de la formación Alpha, que hicieron un circuito aterrizaron seguidamente tres de ellos en la pista de terreno natural y otro en la de asfalto. Después el avión EC-DHU realizó su exhibición y dio entrada a la formación Bravo.

Las zonas de espera se pueden ver en la figura 25, que está sacada de la presentación que hizo la FIO en la reunión informativa previa al vuelo, y en la también aparecen las altitudes a las que tienen que hacer la espera.

La formación Bravo hizo su exhibición, y al entrar en viento en cola notificó y dio paso a la formación Charlie, que hizo lo mismo con la formación Delta y esta a su vez con la formación Echo.

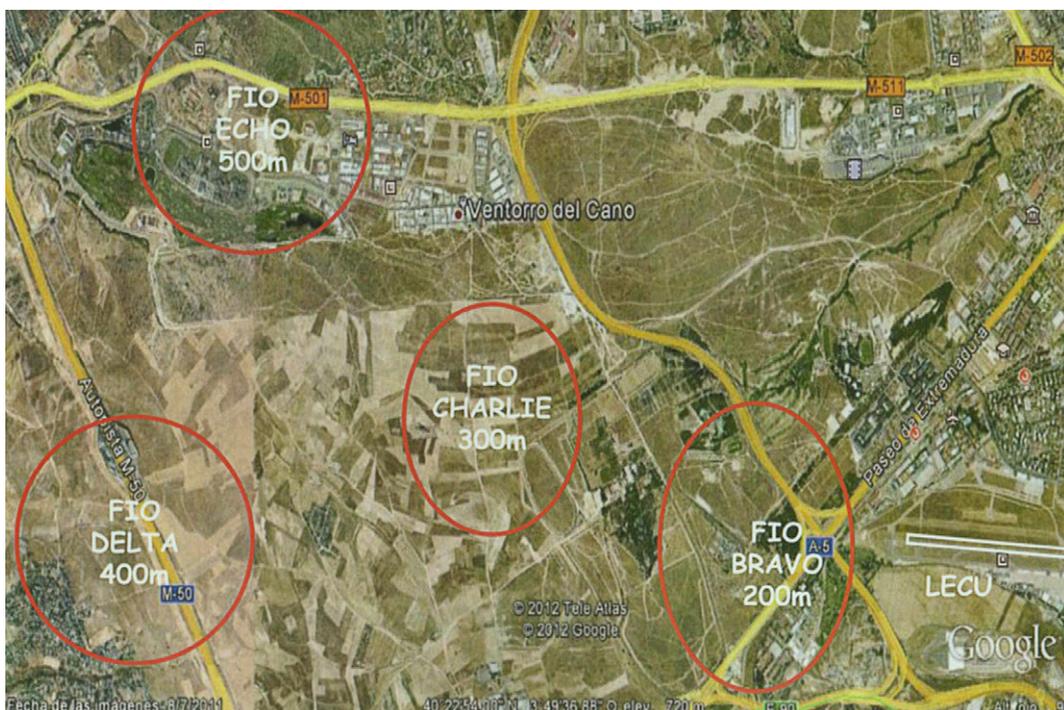


Figura 25. Zonas de espera de las distintas formaciones

En la exhibición de la formación Echo primero realizaron una pasada por encima de la pista los tres aviones juntos volando de este a oeste, yendo el avión Polikarpov I-16 de matrícula EC-JRK más al norte, el avión North American T-6G Texan de matrícula EC-DUN más al sur y el avión HA-200 Saeta en el centro volando un poco más adelantado. Posteriormente dibujaron una especie de «ocho» y rompieron la formación.

El avión de matrícula EC-DUN, que después de la rotura se había posicionado al sur del aeródromo, realizó dos «ocho», entró en circuito y aterrizó. A continuación exhibió el avión de matrícula EC-JRK que voló hacia el norte y exhibió realizando un «ocho» también, y luego el circuito normal de tráfico para la pista 10 y aterrizó.

Por su parte el avión HA-200 Saeta, se alejó hacia el oeste durante la exhibición de los otros dos, e inició su demostración volando sobre la pista de oeste a este, realizando luego la trayectoria descrita en el apartado 1.14.6, según se puede ver en la figura 24.

Las exhibiciones se realizan siempre siguiendo la pauta explicada anteriormente, pudiendo variar en cada ocasión los aviones que estén disponibles para volar. En algunas ocasiones, al grupo Echo se le unen otras dos aeronaves, el Beechcraft T-34 Mentor y el Beechcraft C-45, estando formado en total por cinco aviones.

1.16. Información adicional

1.16.1. Normativa sobre exhibiciones aéreas

Las exhibiciones aéreas en España se rigen por el Real Decreto 1919/2009, de 11 de diciembre, por el que se regula la seguridad aeronáutica en las demostraciones aéreas civiles.

Los artículos 24 y 30 establecen que la competencia para regular, dirigir e inspeccionar las demostraciones aéreas y para otorgar la autorización de conformidad aeronáutica, le corresponde a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, y en el Anexo IV se determina la documentación que se debe adjuntar a la solicitud de declaración de conformidad aeronáutica, a efectos de evaluación documental y física, así como para el seguimiento, control y justificación de su autorización.

En virtud de estas atribuciones, el 11 de enero de 2013 el Servicio de Trabajos Aéreos y Aviación Deportiva de AESA emitió una resolución de declaración de conformidad aeronáutica para las demostraciones aéreas periódicas de la Fundación Infante de Orleans válida hasta el 31 de diciembre de 2013, en la que se detallaba la relación de pilotos con las respectivas aeronaves que estaban autorizados a participar en las exhibiciones. En lo que a los aspectos técnicos de la demostración se refiere, el Real Decreto define el área de presentación (AP) como la zona de espacio aéreo y su proyección sobre tierra o agua donde se efectúan los vuelos de la demostración y, en su caso, las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves, y establece que el área de presentación está limitada por las líneas de demarcación de la demostración (LDD) cuyo trazado, real o imaginario debe ser

previamente definido y fácilmente identificable para los participantes, y el cual no podrá ser rebasado por ninguna aeronave o parte de ella, salvo lo previsto en este artículo.

Entre las LDD y las líneas de demarcación de los espectadores (LDE) debe establecerse una zona de protección que debe rodear todo el perímetro del área de presentación y cuya anchura se ajustará a lo dispuesto en el anexo III. Esta zona de protección debe estar bien señalizada y protegida para evitar la entrada de público, en especial frente al espacio reservado al público asistente a la demostración.

Las LDE son líneas que delimitan frontalmente las zonas destinadas al público y que, de forma real o imaginaria, deben ser equidistantes en todo el perímetro del área de presentación.

También obliga a que todos los vuelos de presentación de la demostración se realicen dentro del área de presentación (AP), y que ninguna aeronave o parte de ella pueda invadir la zona de protección durante la realización de la demostración aérea.

Para la planificación y definición del área de presentación (AP) ha de tenerse en cuenta las clases y el número de aeronaves participantes en la demostración y las maniobras necesarias para los vuelos de exhibición. Sus dimensiones deben permitir realizar con seguridad todas las operaciones en vuelo de la demostración sin sobrepasar en ningún caso sus límites.

En el Anexo III se fijan las distancias mínimas de separación entre LDE y LDD según el tipo de demostración y la velocidad de las aeronaves, siendo para el caso de la exhibición de los aviones de la FIO 100 m para todos los casos porque los aviones no superan los 199 kt y 150 m para el avión HA-200 Saeta que si los supera.

En lo que a las alturas mínimas se refiere, se establece que el piloto que participe en una demostración aérea no realizará pasadas ni maniobras acrobáticas a una altura mínima inferior a 200 ft de altura, salvo que la categoría a la que corresponda, de conformidad con lo previsto por la Federación Aeronáutica Internacional, sólo le permita sobrevolar a una altura mínima superior a ésta, en cuyo caso no podrá descender por debajo de ella, y que excepcionalmente AESA puede autorizar a un piloto para que realice una exhibición a una altura inferior a la fijada en el párrafo anterior, siempre que el piloto pueda acreditar su habilidad y experiencia para efectuar estos vuelos.

Durante la investigación no se detectó ningún incumplimiento del Real Decreto por parte de los organizadores de la exhibición.

En otros países de nuestro entorno con gran tradición aeronáutica y experiencia en exhibiciones aéreas también está regulado por sus respectivas normas. En Francia por la Arrêté (Orden) du 4 avril 1996 Relatif aux manifestations aériennes, y en Inglaterra por la CAP 403 Flying Displays and Special Events: A Guide to Safety and Administrative Arrangements.

Durante la investigación se han contrastado ambas normas con el Real Decreto español para ver si había alguna cuestión que pudiera ser susceptible de ser mejorada con vistas a aumentar la seguridad en este tipo de eventos.

En general el Real Decreto español contempla con más detalle la mayoría de las cuestiones que recogen los distintos títulos, sobre todo en lo que se refiere a los participantes, a las zonas y límites para la exhibición y a las instrucciones operativas.

Mientras que en la normativa española se requiere que el piloto realice en los tres meses anteriores a la demostración, tres despegues y tres aterrizajes como piloto al mando con el mismo modelo de aeronave que va a utilizar en la demostración aérea, así como un entrenamiento reciente del programa de maniobras propuesto; en Inglaterra se requiere que en los 90 días antes de la demostración aérea el piloto realice un mínimo de tres secuencias **de demostraciones enteras** en vuelo practicando al menos una de ellas con el mismo modelo de aeronave que va a utilizar en la demostración aérea.

1.16.2. *Información sobre la gestión de la emergencia*

Los responsables de AENA en el aeropuerto informaron que de acuerdo con su criterio, el accidente se había producido en zona E, es decir, fuera del lado aire, y argumentaron que ni la normativa vigente, ni ninguna instrucción de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) fijaban un tiempo concreto de respuesta para la emergencia en esa área.

También informaron de que debido a que se produjo un corte de energía eléctrica global que afectó a todos los sistemas del aeropuerto, la puerta de acceso habitual a plataforma no se pudo abrir a distancia y se decidió acceder por otras salidas alternativas, en lugar de activarla manualmente, y de que a pesar de que el corte de suministro afectó a las comunicaciones, se pudo activar el plan de autoprotección con los teléfonos móviles del personal del centro.

Los grupos electrógenos se habían revisado la semana anterior y el G1 entró en funcionamiento correctamente. AENA informó de que el G2 estaba fuera de servicio desde el 16 de abril, y que tres días después la empresa mantenedora lo había revisado detectando que tenía mal una de las placas electrónicas¹⁵, pero con los otros tres había potencia suficiente para mantener el aeropuerto. No obstante el impacto activó una alarma en un relé del sistema por sobrecarga y cortocircuito que impidió que los grupos electrógenos, a pesar de ponerse en funcionamiento tras el fallo de energía, se conectaran con las barras y siguieran suministrando energía.

¹⁵ AENA informó que finalmente se reparó el 14 de agosto, y no se hizo por procedimiento de urgencia porque es un sistema redundante y un único grupo tiene capacidad para soportar toda la carga del aeropuerto.

Informe técnico A-011/2013

El grupo n.º 3 no estaba afectado por la alarma y mantuvo el suministro a la Torre de Control, pero se perdieron las comunicaciones de telefonía fija y las imágenes de las cámaras de seguridad desde el mismo momento del impacto.

La torre estuvo coordinando con el Centro de Operaciones la determinación del grado de operatividad del aeropuerto, y se decidió el cierre del aeródromo debido a que el SSEI se encontraba actuando en el lugar del accidente y no estaban disponibles. Asimismo, la torre activó el Plan de Comunicación de Crisis, notificó al Centro de Control del Área de Madrid el accidente y se mantuvieron las comunicaciones en todo momento con el Jefe de Sala y Supervisor.

También se actualizó el Servicio Automático de Información de Terminal (Automatic Terminal Information Service-ATIS) incluyendo la información «Aeródromo cerrado» y se cumplimentó la lista de chequeo para emergencias.

El resumen de las acciones que se llevaron a cabo por parte de los responsables del aeropuerto y de los responsables de control se recoge en el siguiente cuadro:

Hora	Acción
14:01	La torre notificó el accidente al CGRH24 por solicitud de la oficina ARO debido a los problemas de comunicaciones. El accidente afectó a las comunicaciones porque se quemó parte del cableado que iba por la fachada del hangar del CNP.
14:06	Se detectó que no se podía comunicar a través de ninguna frecuencia en ninguna de las posiciones de control, y que no había comunicaciones con el Centro de Control de Madrid (ACC). No obstante se procedió a transmitir desde el último recurso y se avisó a los técnicos del CNS. Se comunicó a los tráficos que contactaron desde el aire (FYS318S, ICP09C, ECGVD, AEP592, AEP571, AEP811) para aproximación al campo que el aeródromo se encontraba cerrado y que procedieran a ir al aeródromo alternativo, que era Casarrubios del Monte (LEMT). Luego se confirmó la toma asegurada de todos los tráficos con la oficina ARO.
14:11	Se recuperaron las frecuencias y se comunicó al Jefe de sala del ACC Madrid para actualizar la situación.
14:25	El CNS confirmó que el sistema SACTA no estaba operativo.
14:51	El CNS avisó de que la SAI se estaba agotando para que se encendiera el último recurso.
15:41	El CNS confirmó que las líneas externas no estaban operativas, tanto las dedicadas como las calientes.
16:02	El SSEI realizó una revisión de pista.
16:11	El Centro de Operaciones confirmó que el aeródromo estaba operativo pero sin luces de pista.
16:55	El TMA confirmó que se había restablecido el suministro eléctrico.

1.16.3. Actuaciones para reponer el servicio eléctrico al aeropuerto

De acuerdo con la información facilitada por los responsables del aeropuerto y por parte de la compañía que suministraba la energía eléctrica al aeropuerto y de la empresa de mantenimiento, cuando el aeropuerto se quedó sin suministro de energía, el sistema de control de grupos del aeropuerto (CCGA) inició automáticamente el arranque de los grupos electrógenos, por un lado el grupo G1 (ya que el G2 estaba fuera de servicio) y por otro lado los grupos G3 y G4. Al ponerse en funcionamiento el grupo G1, transmitió la orden de apertura de los interruptores 52F3 y 52R4 (para separar barras y servicios).

La bobina de protección contra sobretensiones permanentes del interruptor de protección general del grupo G1 «52G1» (este auxiliar provoca el disparo del interruptor asociado cuando detecta una sobretensión permanente producida principalmente por el corte de neutro en la red de distribución), envió una señal de sobre intensidad permanente al cuadro de control de grupos (CCGA), imposibilitando el cierre del interruptor general del grupo G1 (52G1), y a su vez el (CCGA) no dejaba cerrar el interruptor general de grupos (52G), dejando por ello la barra de distribución general del aeropuerto en baja tensión sin energía.

El tiempo de reposición de estas dos subestaciones fue de una hora y media debido a que tuvo que desplazarse personal de la compañía distribuidora encargada de operar estas cabinas que no se encontraba en el aeropuerto en el momento del accidente. Solamente había una persona de AENA en la central eléctrica.

Por su parte el Sistema de control de grupos electrógenos que dan servicio a la torre (CCGT), envió la señal de arranque a los grupos G3 y G4. Al arrancar, el sistema comprobó automáticamente que los interruptores 52R3 y 52R4 separadores de barras estaban abiertos y cerró los interruptores de protección de grupos 52G3 y 52G4, e inmediatamente después cerró también los interruptores 52T1 y 52T2, dando servicio de emergencia a la torre de manera inmediata. No obstante, instantes después el sistema de conmutación falló también, y una parte de la torre se quedó también sin energía.

La única persona que había en el servicio de mantenimiento en la central eléctrica del aeropuerto intentó reponer el servicio con los grupos existentes, y detectó que se había producido un cortocircuito en el interruptor por el fallo en el relé de este interruptor. Anulando la orden permanente que el interruptor 52G1 daba al CCGA consiguió arrancar el grupo G1 y dar energía al Aeropuerto.

Para dar tensión a la torre, tuvo que esperar a que llegaran hasta el aeropuerto técnicos de la compañía suministradora para solucionaran el problema en la instalación de media tensión.

La empresa que realiza el mantenimiento eléctrico emitió un informe en el que especificaba que en la barra de media tensión el aeropuerto no tiene doble acometida,

sino acometida en anillo, por lo que el fallo en un punto del recorrido hace que todo el sistema se quede sin suministro de energía.

En cuanto a la barra de baja tensión se refiere, la compañía informó que se quedó sin energía porque la bobina de protección contra sobretensiones permanentes no dejó cerrar el interruptor del grupo G1 e imposibilitó que el CGGA cerrara el interruptor general de grupos.

En la barra de distribución de la torre el sistema de grupos funcionó perfectamente, pero el sistema de conmutación y reparto de energía ya dentro de la misma Torre no desarrolló las maniobras correctamente y por ello parte de la instalación quedó sin suministro.

La empresa de mantenimiento informó que dicho sistema no había sido probado desde su instalación que se había realizado poco antes del accidente, y en su análisis realizó las siguientes recomendaciones con el fin de evitar que a causa de otro accidente el aeropuerto se quedase sin suministro eléctrico de nuevo:

- Acometer lo antes posible la reparación de la placa defectuosa del Grupo G2 para tener operativos todo el sistema de emergencia.
- Realizar un protocolo personalizado de actuaciones para cada uno de los sistemas, con las diferentes posibilidades y secuencias de trabajo, así como los diferentes modos de operación.
- Realizar pruebas reales del sistema de emergencia con la generación de fallos de red en cada una de las partes de la instalación.
- Modificar la subestación de entrada dividiéndola en dos módulos realizando una doble acometida pero conservando en uno de los módulos la configuración actual de anillo.
- Realizar una doble alimentación a las instalaciones de la Central Eléctrica del aeropuerto desde estos centros de transformación exteriores.

2. ANALISIS

2.1. Examen de los restos

La posición y el estado en el que se encontraron las distintas partes de la aeronave eran congruentes con el hecho de haberse producido una secuencia de impactos consecutivos con una energía muy elevada, que originó que se fueran desprendiendo uno tras otro los distintos elementos.

En el primer impacto contra el transformador golpeó con el plano derecho y se arrancó, tal y como se podía apreciar en uno de los videos que se grabaron, y evidencia de ello es que se encontró una de las vigas de la estructura que lo sujetaba empotrada en el borde de ataque.

Al desprenderse el plano, la rueda derecha del tren que iba alojada en su interior salió despedida y golpeó en el tejado de una de las casetas de la instalación eléctrica haciendo un agujero por donde se coló, y por ello se encontró dentro de la caseta.

A continuación, cuando golpeó el plano contra el suelo se desprendió el flap y salió volando hasta el recinto donde se ubican los tanques de combustible, tal y como también se puede ver en otro de los videos que se grabaron.

Igualmente se observa en la grabación que el incendio se originó después del impacto contra el edificio, ya que golpeó con la parte delantera, que es donde iban alojados los motores, llevando el avión todavía gran cantidad de combustible. Ello es compatible con el hecho de que todas las evidencias de incendio que se hallaron estaban entre el punto de impacto contra el edificio y el punto donde se detuvo la aeronave.

Por otra parte, el estudio de los motores indicaba que en el momento del impacto, el motor izquierdo estaba girando a gran velocidad y que el choque se produjo de manera casi frontal, y como consecuencia del mismo la parte delantera del compresor se desplazó hacia delante rozando el contorno trasero del buje con el borde de ataque de los álabes hasta clavarlos y dejarla bloqueada. La parte trasera del compresor también se desplazó hacia delante pero con cierta componente lateral, y la carcasa frontal rozó con el borde de ataque de los álabes hasta bloquearse. Por ello había un gran desfase angular entre la parte delantera y la parte trasera del compresor una vez que habían quedado bloqueadas ambas. Respecto al disco de turbina se desplazó hacia detrás pero solo a lo largo de su eje, y por ello los daños que presentaba eran menores.

En lo que al motor derecho se refiere, también se puede afirmar que estaba girando a gran velocidad cuando se produjo el impacto, y que éste fue menos brusco que el que recibió el motor izquierdo. En este caso el choque no produjo el desplazamiento de la parte delantera del compresor, pero sí se desplazó hacia delante la parte trasera del mismo, rozando la carcasa frontal hasta bloquearse aparentemente con una componente

lateral. Por eso, el desfase angular resultante entre las partes delantera y trasera del compresor fue relativamente pequeño. El disco de turbina no se desplazó hacia detrás a lo largo de su eje en este motor, porque el impacto fue menor y tuvo una componente frontal más reducida y por el contrario una componente lateral mayor.

Como resumen del análisis de los motores se podría afirmar que ninguno de los dos falló, que los daños encontrados eran congruentes con un fuerte impacto, que fue mayor en el motor izquierdo que en el derecho por causa de la posición del avión, y que las evidencias de fuego encontradas se debieron al incendio posterior al impacto y a la actuación de los equipos de emergencia durante su extinción. Todo ello es compatible con los resultados del estudio del espectro de sonido de uno de los vídeos que realizó el BEA.

2.2. Estudio de la maniobra final

De acuerdo con los datos que se obtuvieron al reconstruir la trayectoria, antes de finalizar la exhibición, el avión pasó por encima de la cabecera 28 con rumbo 230° volando a una altura aproximada de 120 m (400 ft), y a continuación realizó una última maniobra previa al impacto contra el transformador.

Dicha maniobra se inició con un ascenso en el que llegó a alcanzar una altura máxima de 234 m (770 ft), y lo hizo en 4,033 s desde el inicio de la grabación, posteriormente al comienzo del ascenso.

Antes de alcanzar el punto más alto de la trayectoria comenzó un viraje muy cerrado hacia la izquierda seguido de una caída del plano de ese lado iniciando a continuación un descenso muy pronunciado, que intentó recuperar bajando el morro de la aeronave sin llegar a conseguirlo.

Lo anteriormente descrito es compatible con lo que se pudo ver en los distintos videos que se analizaron.

Desde el momento en que se inició la grabación ($t = 0$ s), la energía específica total tuvo un aumento muy significativo hasta el instante en el que $t = 1,2$ s, que se correspondería con el instante en el que inició el viraje a la izquierda antes de llegar al punto más alto de la trayectoria. En ese tramo el avión estaba ascendiendo con empuje mayor que la resistencia ($T - D > 0$), es decir que el exceso de potencia específica disponible (SEP) era positivo.

En el intervalo $t = 1,2$ s y $t = 1,8667$ s hubo una reducción del SEP que solamente se puede explicar por una reducción del empuje. En ese tramo el avión continuó subiendo pero disminuyendo su velocidad, y en el instante $t = 1,8667$ s, alcanzó la energía específica máxima.

A partir de ese momento la energía específica empezó a disminuir, reduciéndose hasta aproximadamente un tercio del valor máximo que había alcanzado en $t = 1,8667$ s), continuando esta tendencia hasta que estuvo en $t = 5,433$ s, momento en que empezó a aumentar de nuevo. No obstante, en el intervalo entre $t = 4,0333$ s y $t = 4,6333$ s hubo un ligero aumento momentáneo del empuje que llegó a igualarse a la resistencia. El hecho de que entre los instantes de tiempo $t = 1,2$ s y $t = 1,8667$ s estuviera disminuyendo el exceso de potencia específica disponible solamente se explicaría porque se hubieran retrasado las palancas de gases y por tanto desacelerado el avión. En estos instantes el ángulo de inclinación lateral era aproximadamente $\phi = -90^\circ$, y fue variando gradualmente hasta que los planos estuvieron nivelados, en el instante $t = 9,5$ s.

Esta disminución es compatible también con el viraje cerrado que se observa en los videos, siendo muy probable que en este tramo estuviera en una situación de aproximación a la pérdida (trepidación).

En la gráfica de **velocidad – tiempo** de la figura 19 se ven dos instantes en los que la velocidad presenta dos puntos mínimos locales, que serían indicativos de situaciones de trepidación (buffet). El primero de esos dos instantes está en el tramo entre $t = 3$ s y $t = 5$ s en las inmediaciones del punto de altura máxima.

También serían claros indicios de que estuvo en trepidación (buffet), en los dos instantes en los que hay dos mínimos de energía específica en la gráfica de **velocidad – energía específica** de la figura 22. Igualmente en todos los casos el primero de los puntos coincide con el tramo anterior entre $t = 3$ s y $t = 5$ s.

A partir del instante $t = 5,433$ s, el avión descendió con un ángulo muy elevado, registrando una significativa pérdida de altura y energía en $t = 9,5$ s y una reducción del empuje ($T < D$) llegando a presentar valores negativos del SEP, sobre todo entre los instantes $t = 9,5$ s y $t = 11,36$ s.

Entre $t = 9,5$ s y $t = 11,367$ s hubo un ligero aumento momentáneo del empuje hasta que se igualó prácticamente a la resistencia ($T - D = 0$).

Esto se debió probablemente a que el piloto realizó un fuerte tirón de la palanca de mando hacia atrás intentando recortar el radio de giro de la maniobra, que se inició a unos 100 m de altura sobre el terreno, para intentar curvar la trayectoria y disminuir el ángulo de descenso. Al realizar esta maniobra, probablemente tuvo que relajar la presión sobre la palanca y ceder moviéndola hacia delante, para evitar entrar en pérdida, y esa combinación de ligeros movimientos hacia atrás y hacia delante los hizo al menos tres veces seguidas, como se puede apreciar en la grabación de alguno de los vídeos.

El tirón de la palanca de mando varias veces consecutivas elevó el ángulo de ataque, que combinado con una baja velocidad produjo un factor de carga suficiente para llevar el avión de nuevo a la situación de trepidación (buffet), y en $t = 11,367$ s la energía

específica alcanzó su valor mínimo. Es justamente el otro punto descrito en las gráficas anteriormente mencionadas en el que el avión estuvo en una situación de trepidación (mínimo local de velocidad y mínimo de energía específica).

Entre $t = 11,367$ s y $t = 12$ s, el empuje se mantuvo constante, y el avión continuó en condición de aproximación a la pérdida y descendiendo, pero inició el aumento de energía específica por encima incluso del valor que tenía en el punto más alto de la trayectoria

Hay que tener en cuenta que la aceleración del motor no es instantánea debido al retraso que tiene según se expresa en el manual.

El aumento de energía específica en los dos últimos segundos antes del impacto (en $t = 10,033$ s), aunque la altura de vuelo continuó disminuyendo se debió al notable aumento de la velocidad originado por un SEP positivo cuando el motor se aceleró. El factor de carga llegó a ser de 4,5 g en el último momento.

Finalmente, entre $t = 12,0$ s y $t = 14,067$ s hubo un importante aumento del empuje de forma que $T - D > 0$ en todo este intervalo de tiempo, con T próximo al valor máximo, y aunque el avión continuó perdiendo altura, logró salir de la condición de aproximación a la pérdida y aumentó muy rápidamente su velocidad y su energía.

Como resumen se puede decir que desde que alcanzó su energía máxima hasta que tuvo la energía mínima pasaron 9,5 s y en ese intervalo el avión perdió muchísima energía.

Entre el intervalo de tiempo $t = 1,8667$ y $t = 4$ s aproximadamente (antes de alcanzar la altura máxima) el SEP fue negativo y también entre el intervalo $t = 6$ s y $t = 9,5$ s.

Esto quiere decir que hubo una disminución del empuje no determinada, en primera instancia, y al final de la trayectoria se aceleró el motor al máximo, con un retardo en la recuperación del empuje totalmente compatible con las prestaciones del motor descritas en el manual.

Puesto que en el intervalo de tiempo que transcurrió desde el inicio del ascenso y $t = 1,2$ s la potencia disponible fue elevada, e igualmente en los instantes finales (entre $t = 12$ s y $t = 14,067$ s) se puede considerar que las prestaciones del avión eran suficientes si se hubiera mantenido el empuje máximo, y que la gestión de la energía no fue adecuada.

Analizando la evolución de la velocidad se constata que durante el descenso desde que la aeronave alcanzó su máxima altura, la velocidad de vuelo estuvo siempre por debajo de la velocidad de resistencia mínima del avión (excepto en el último segundo). Esto significa que el avión en la trayectoria final estuvo volando la mayor parte del tiempo en condiciones de «segundo régimen», es decir, con inestabilidad en senda de vuelo.

En estas condiciones se verifica que $dy/dV > 0$ y que $dy/d\alpha < 0$, lo cual implica que durante el descenso, al tirar de la palanca de mando longitudinal —aumentando el ángulo de ataque y disminuyendo la velocidad— para tratar de recuperar el avión, se incrementaba negativamente el ángulo de la trayectoria, es decir, el avión descendía todavía más. Dadas las condiciones de baja velocidad y la escasa altura máxima con las que se la que se inició el descenso, no tuvo margen suficiente para poder recuperar el avión.

2.3. Análisis de la operación

Durante la investigación se constató que los parámetros propios de la maniobra que hizo el avión HA-200 durante la exhibición (velocidades, alturas, factores de carga, regímenes de motor, etc.) no se habían definido previamente.

Generalmente no es necesario calcular todos los parámetros de vuelo exactamente ya que se vuela habitualmente en condiciones parecidas y el avión no está sometido a diferencias significativas. Además, toda la exhibición de los aviones de FIO se ejecuta dentro de unos parámetros que no comprometen los límites de sus prestaciones. A pesar de que al calcular la altitud de densidad se ha comprobado que había una desviación respecto de la atmósfera estándar de 1.102 ft, se considera que no es uno de los parámetros relevantes ni determinantes que se deba tener en cuenta en un vuelo como el que estaba realizando, en condiciones meteorológicas que son habituales durante las demostraciones de la FIO y también porque la aeronave pesaba menos que su peso máximo compensándose así el no haber tenido en cuenta la altitud de densidad en los cálculos. No obstante si se hubieran definido los parámetros de vuelo de la demostración de manera más concreta, tal vez hubieran servido como referencia para evitar que se iniciase el último ascenso con una altura y velocidad tan reducidas. Hay que tener en cuenta que en el caso concreto de este accidente de haber contado con un pequeño margen de altura mayor del que tuvo, probablemente hubiera podido evitar el impacto.

Otro factor a tener en cuenta es que no se había entrenado específicamente el día anterior la maniobra concreta que se iba a ejecutar durante la demostración, a pesar de ser la segunda vez que el piloto realizaba la exhibición volando solo.

Los otros pilotos de la FIO que habían volado el avión HA-200 tenían experiencia anterior en el tipo, desarrollada en su vida profesional en el ejército. El piloto accidentado, con experiencia en aviones de combate con prestaciones muy superiores, al no tener esta experiencia previa en el modelo HA-200, había recibido por parte de la FIO una formación específica en el tipo.

El día del accidente, cuando el piloto inició la exhibición fue informado por parte de uno de los pilotos, de que disponía de 4 minutos como máximo (tiempo que no debía exceder), y posteriormente el piloto que le precedió comunicó que dejaba libre el área de exhibición, quedándole entonces 3:30 minutos, que era tiempo más que suficiente

para dejar la espera, realizar la rutina, abandonar la demostración, entrar en tráfico y tomar tierra.

Cuando sobrevino el accidente se había realizado una maniobra de exhibición completa, y aunque la FIO informó que lo que se esperaba es que el piloto realizase un último ascenso y se incorporase a viento en cola de la pista 10 para luego aterrizar, lo cierto es que cuando culminó dicho ascenso todavía disponía de un remanente de tiempo para poder seguir exhibiendo el avión.

El hecho de que al final de la maniobra que ejecutó realizase un movimiento que se apartaba de lo que estaba programado dentro de la demostración que se hace habitualmente, realizado con unos parámetros no definidos específicamente, ni entrenado previamente configuraron un escenario adverso para la seguridad de la operación.

No se ha podido determinar con total seguridad si el piloto tenía intención de volver a repetir la maniobra de exhibición en su totalidad, o de hacer cualquier otro tipo de figura antes de entrar en viento en cola, pero al analizar fotograma a fotograma los vídeos que se grabaron, se verificó que la posición de las superficies de control eran coherentes con la maniobra volada. Asimismo no se pudo apreciar ningún intento de rectificar la maniobra. Por ello se considera que la última maniobra que realizó era intencionada.

De acuerdo con los datos calculados, la aeronave perdió gran parte de energía durante el ascenso antes de alcanzar la máxima altura, porque perdió mucha velocidad debido a una reducción del empuje. A pesar de ello si no hubiera continuado el viraje habría tenido margen para recuperar la maniobra, a pesar de que estaba a poca altura.

Al continuar con un viraje tan pronunciado, cuando estaba con muy poca velocidad y por tanto con poca energía, es cuando el avión quedó en una situación de aproximación a la pérdida.

En esa situación, la única manera de recuperar la energía era ganar velocidad bajando el morro del avión, pero durante el descenso perdió mucha altura en poco tiempo hasta que logró recuperar gran parte de la energía que había perdido.

Durante el descenso intentó recortar el radio del viraje en el plano vertical tirando de la palanca hacia atrás hasta en tres ocasiones, pero al hacerlo el avión se aproximaba a la pérdida entando en trepidación (buffet), por lo que se vio obligado a relajar la presión sobre la palanca. Cuando los motores dieron de nuevo su máximo empuje ya no tenía margen de altura suficiente para evitar la colisión contra el transformador.

Queda la duda de si el último alabeo a la derecha que realizó en el momento anterior al impacto fue para intentar conducir el avión hacia el sur del aeropuerto, fuera de sus

instalaciones, hacia una zona donde la cota del terreno es más baja que la del aeropuerto para intentar minimizar las consecuencias del impacto y evitar colisionar contra las instalaciones de combustible.

2.4. Organización y gestión

Durante la investigación no se han detectado incumplimientos de la normativa vigente en cuanto a las exhibiciones aéreas se refiere, ni por parte de los organizadores de la exhibición, ni de las autoridades aeroportuarias.

Se ha podido constatar el intento constante de mantener unas buenas prácticas por parte de los gestores de la FIO a la hora de organizar las exhibiciones y de gestionar la seguridad aérea de las mismas. No obstante se han detectado algunos aspectos en la organización que podrían ser susceptibles de mejora, y que motivan la emisión de algunas recomendaciones de seguridad contenidas en este informe.

Aunque la normativa española no lo exige expresamente, sería razonable que la misma organización estableciera procedimientos para asegurar que los días anteriores a cada una de las exhibiciones aéreas, que es cuando se realizan los entrenamientos, el piloto realizase un mínimo de secuencias enteras iguales a las que se van a realizar en la propia exhibición en vuelo con el mismo modelo de aeronave que va a utilizar. Se va a emitir una recomendación en ese sentido.

También se considera importante que en las reuniones informativas (briefings) que se realizan antes de las sesiones de entrenamiento y antes de las exhibiciones, se ponga énfasis en que las maniobras que vayan a realizar todas las aeronaves que participen en la exhibición, estén dentro del programa y también que se hayan definido y repasado los parámetros principales que definen sus actuaciones (alturas, velocidades y ángulos de viraje fundamentalmente). Se va a emitir una recomendación que contemple esta cuestión.

2.5. Aspectos relacionados con las actuaciones de emergencia

Durante la investigación se ha constatado que no se activó el Plan de Emergencias Aeronáuticas por parte de las Autoridades del aeropuerto de acuerdo a lo dispuesto en los procedimientos, a pesar de que el accidente ocurrió en la zona A1 según se recoge en el Plan de Autoprotección del Aeropuerto.

Sí que se activó la alarma acústica audible en todo el aeropuerto por parte del Servicio de control desde la torre del aeropuerto, y eso dio lugar a que el SSEI del aeropuerto y los equipos NBQ y CI de la Base Aérea desplegasen sus efectivos y actuaran con bastante coordinación entre ellos.

La llegada hasta el lugar del accidente de uno de los vehículos del SSEI y de los equipos de la base aérea estuvo dentro de los tiempos de respuesta establecidos, pero la llegada del otro vehículo del SSEI hasta el lugar donde había caído la aeronave se retrasó porque no disponían de una llave para la apertura mecánica de una de las puertas cuya custodia y manejo dependen de los responsables de AENA. No obstante, hay que destacar que el hecho de que los vehículos de salvamento llegasen hasta el lugar donde cayó la aeronave fue absolutamente circunstancial, y pudo haberse dado el caso de que ninguno de ellos hubiera podido acceder hasta los restos. En primer lugar porque el SSEI no contaba con la llave que permitía abrir la puerta más cercana mecánicamente, y en segundo lugar porque una vez que el primero de los vehículos intentó otras vías de entrada alternativas fue encontrándose aeronaves estacionadas en todos los posibles puntos de acceso que le impedían el paso hacia el lado tierra, hasta que casualmente llegó a un lugar donde no había ninguna aeronave y sí que pudo pasar. Respecto al segundo vehículo y los equipos NBQ y CI de la Base Aérea, su acceso fue también casual porque le franquearon el paso por una zona que no depende del control de los responsables del aeropuerto, y podía fácilmente haberse dado el caso de que no hubiera habido nadie para abrir la puerta por la que accedió hasta el lado tierra.

Para prevenir que situaciones similares se puedan volver a repetir es fundamental que las autoridades aeroportuarias tengan el control absoluto de todas las zonas en las que el SSEI deba actuar, y se va a dar una recomendación a AENA aeropuertos para que asegure en todo momento que el SSEI tenga acceso a todas las instalaciones que sean susceptibles de alguna actuación por su parte de forma permanente.

Durante la investigación se ha podido constatar también que los miembros del SSEI realizan también las labores propias del TOAM utilizando además para ello vehículos distintos a los que tiene el propio SSEI. Es evidente que ello interfiere de manera especial en el trabajo principal de este servicio, y puede afectar a las propias labores de extinción de incendios y salvamento y al tiempo de respuesta en el caso de que sea necesaria su intervención en una emergencia, porque dichos tiempos de respuesta se establecen para que el SSEI pueda desplazarse desde su base hasta cualquier punto de la zona donde tiene que actuar, y si se encuentra en otro lugar realizando cualquier otra labor, por ejemplo en uno de los extremos de pista revisándola, tendrían que llegar hasta su base, equiparse y desplazarse hasta el lugar donde deban atender la emergencia, con el consiguiente retraso dejando además abandonadas las labores que en ese momento estaba realizando propias del TOAM, lo que generaría otro problema adicional de seguridad (por ejemplo dejar a medias la revisión de una pista).

Por ello se va a dar una recomendación a AENA aeropuertos en el sentido de que al organizar el servicio evite que ninguna persona que realice tareas relacionadas con emergencias, seguridad y protección de la integridad física de las personas, hagan a la vez cualquier otro tipo de trabajos que resulten incompatibles o puedan interferir de algún modo con su actividad principal que es el salvamento y la extinción de incendios.

En lo que a la falta de suministro eléctrico que ocurrió después del accidente, parece claro que también se habría podido evitar si hubiera estado operativo el grupo electrógeno G2, y si el diseño de la instalación eléctrica del aeropuerto fuera más adecuado y acorde con las recomendaciones propuestas por la compañía encargada del mantenimiento eléctrico al aeropuerto.

Para evitar que se pueda volver a repetir una situación similar se va a recomendar a AENA aeropuertos que se acometieran cuanto antes las modificaciones en el diseño de la instalación es decir, la modificación de la subestación de acometida, dividiéndola en dos módulos, para realizar una doble acometida, conservando en la primera la configuración de anillo, y también se tendría que realizar una doble alimentación a las instalaciones de la Central Eléctrica del Aeropuerto desde estos centros de transformación exteriores.

Por otra parte, es importante tener en cuenta para el futuro que en el caso de que alguno de los grupos electrógenos quede inoperativo se gestione su reparación lo antes posible.

También puede resultar muy importante establecer como buenas prácticas el establecimiento de un protocolo personalizado de actuaciones para cada uno de los sistemas, con las diferentes posibilidades y secuencias de trabajo, así como los diferentes modos de operación, y la realización de pruebas reales al sistema de emergencia, con la generación de fallos de red en cada una de las partes de la instalación, tal y como recomendaba la citada compañía.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- La aeronave participaba en una exhibición aérea organizada por la FIO y era la última en realizar su demostración.
- Cuando fue avisado por el piloto que había exhibido antes que él de que este abandonaba el área de exhibición disponía 3:30 minutos para dejar la espera, realizar la rutina, abandonar la demostración, entrar en tráfico y tomar tierra.
- No se habían definido con precisión los parámetros (velocidades, alturas, factores de carga, regímenes de motor, etc.) asociados a la maniobra concreta que ejecutó porque no estaba dentro del programa de la demostración., La última maniobra que realizó la aeronave consistió en un ascenso y posterior descenso. De ellos se han estudiado en detalle un total de 14 s, de los cuales los primeros 4,033 s estaban dentro del tramo de ascenso hasta alcanzar la altura máxima, y el resto se corresponden con el descenso.
- Se ha podido constatar fehacientemente que los motores no fallaron en ningún momento.
- En el tramo final de la última maniobra previa al accidente que se ha analizado en detalle, realizó un ascenso en el que el empuje se redujo por debajo de la resistencia aerodinámica, haciendo que disminuyera significativamente la velocidad antes de alcanzar la altura máxima.
- Cuando el avión estaba muy cerca de alcanzar esa altura máxima realizó un viraje muy cerrado a la izquierda estando a poca altura sobre el terreno y a baja velocidad, que dejó a la aeronave en una situación de trepidación (buffet) y le hizo perder mucha energía.
- A continuación descendió con un elevado ángulo perdiendo mucha altura (200 m aproximadamente) en muy poco tiempo (unos 5 s), en el que la energía continuó disminuyendo todavía más, ya que la pérdida de energía potencial no llegó a verse compensada con una ganancia de energía cinética.
- La mayor parte del descenso estuvo volando en segundo régimen, es decir, con inestabilidad de senda de vuelo.
- Después de nivelar los planos realizó un viraje hacia la derecha impactando con el plano de ese lado contra un transformador de la instalación eléctrica del aeropuerto.
- A continuación del primer impacto perdió el plano derecho, se estrelló contra un hangar y se incendió.
- En el segundo impacto perdió el plano izquierdo, y en el momento de detenerse se desprendió el cono de cola y los motores, que quedaron junto a los restos principales.
- Debido al impacto contra el transformador, el aeropuerto se quedó sin suministro eléctrico durante una hora y media aproximadamente y en ese tiempo varias aeronaves tuvieron que ser desviadas a otro aeródromo cercano.
- El suministro se interrumpió porque uno de los grupos electrógenos estaba fuera de servicio por tener una placa electrónica averiada y el otro también sufrió la avería de un relé cuando entró en servicio.

- No se llegó a activar el Plan de Emergencias Aeronáuticas por parte de las autoridades del aeropuerto, pero si se hizo efectiva la actuación de los servicios de extinción de incendios y salvamento del aeropuerto, de la base aérea del ejército que fueron activados por el aviso de una alarma acústica audible en todo el aeropuerto por parte de la torre.
- Se dio aviso a los servicios municipales de urgencia municipales que acudieron de inmediato.
- Uno de los vehículos del servicio de extinción de incendios del aeropuerto tuvo serias dificultades para pasar al lado tierra porque no tenía la llave de una puerta cuya custodia depende del aeropuerto, que le hubiera facilitado el acceso inmediato, y ello retrasó su acceso hasta la aeronave accidentada.
- La llegada al lugar del accidente de los servicios de salvamento del aeropuerto y de la base aérea fue casual y podía haberse dado el caso de que no hubieran podido acceder porque no se habían tomado con anterioridad por parte del aeropuerto las acciones necesarias para evitar que los accesos de estos servicios desde el lado aire al lado tierra pudieran quedar bloqueados.

3.2. Causas

La investigación ha concluido que el accidente sobrevino porque la aeronave realizó una maniobra no programada dentro de la exhibición, que se inició con un ascenso a baja altura y poca velocidad, durante la que perdió gran parte de la energía que tenía antes de alcanzar la altura máxima, debido a una desaceleración de los motores a la vez que realizaba un viraje muy cerrado. En el descenso posterior, hecho en su mayor parte en condiciones de inestabilidad de senda de vuelo, perdió mucha altura antes de nivelar el avión por lo que no tuvo margen suficiente para remontar el vuelo.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD OPERACIONAL

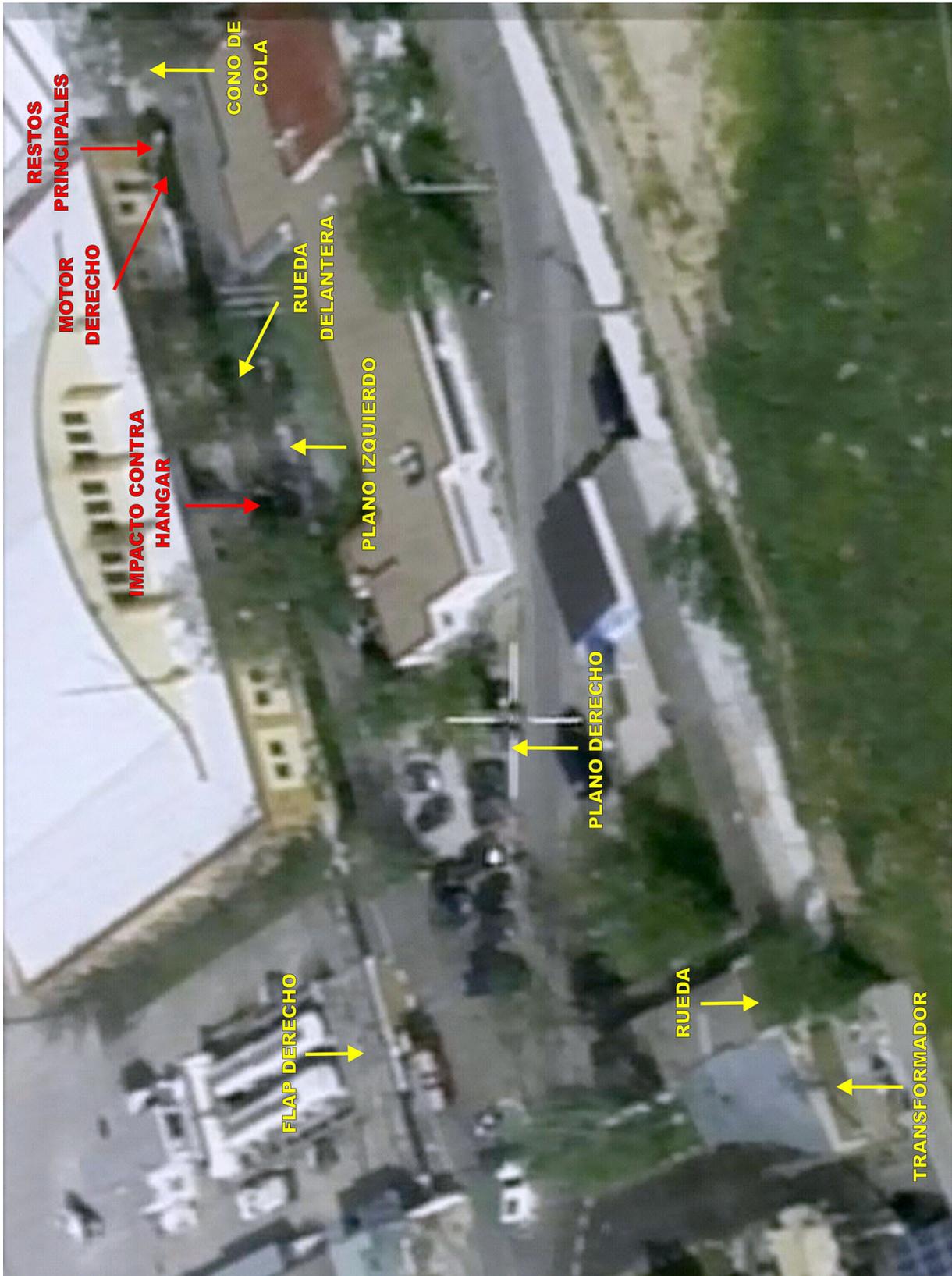
- REC. 19/14.** Se recomienda a la Fundación Infante de Orleans que en la documentación que se distribuye a los pilotos en las reuniones informativas que se realizan antes de las demostraciones y en las jornadas de entrenamiento del día anterior, se incluya expresamente la necesidad de que todas las maniobras que vayan a realizar todas las aeronaves que participen en la exhibición, estén siempre dentro del programa.
- REC. 20/14.** Se recomienda a la Fundación Infante de Orleans que para todas las aeronaves que participan en la exhibición se definan y repasen previamente los parámetros principales (alturas, velocidades ángulos de viraje, etc.) de las maniobras a realizar dentro de la demostración.
- REC. 21/14.** Se recomienda a la Fundación Infante de Orleans que incluya dentro de sus procedimientos de actuación la obligatoriedad de que en las sesiones de entrenamiento previas a las demostraciones aéreas, los pilotos de todas las aeronaves hayan entrenado un mínimo de rutinas enteras iguales a las que se van a realizar en la propia exhibición con el mismo modelo de aeronave que van a volar.
- REC. 22/14.** Se recomienda a la Dirección General de Aviación Civil que modifique el Real Decreto 1919/2009, de 11 de diciembre, por el que se regula la seguridad aeronáutica en las demostraciones aéreas civiles para que recoja la obligatoriedad de que antes de las exhibiciones aéreas, los pilotos que participen en ellas hayan entrenado un mínimo de maniobras enteras iguales a las que se van a realizar en la propia exhibición con el mismo modelo de aeronave en la que van a volar.
- REC. 23/14.** Se recomienda a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea que tome la iniciativa legislativa con el fin de modificar el Real Decreto 1919/2009, de 11 de diciembre, por el que se regula la seguridad aeronáutica en las demostraciones aéreas civiles para que recoja la obligatoriedad de que antes de las exhibiciones aéreas, los pilotos que participen en ellas hayan entrenado un mínimo de maniobras enteras iguales a las que se van a realizar en la propia exhibición con el mismo modelo de aeronave en la que van a volar.
- REC. 24/14.** Se recomienda a AENA aeropuertos que tome las medidas necesarias para asegurar que el Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios tenga acceso de forma permanente a todas las instalaciones que sean susceptibles de alguna actuación por su parte.

- REC. 25/14.** Se recomienda a AENA aeropuertos que organice la actividad del Servicio de Servicio de Salvamento y Extinción de Incendios en el Aeropuerto de Madrid Cuatro Vientos de manera que las personas que están destinadas en él, no realicen ninguna tarea adicional que pueda resultar incompatible con los tiempos de respuesta fijados para sus actuaciones.
- REC. 26/14.** Se recomienda a AENA que para evitar que en el futuro ocurra de nuevo una pérdida de energía del suministro eléctrico en el aeropuerto, lleve a cabo los cambios propuestos por la compañía suministradora consistentes en la modificación de la subestación de acometida, dividiéndola en dos módulos para realizar una doble acometida, conservando en el primero la configuración la de anillo, y realizando además una doble alimentación a las instalaciones de la Central Eléctrica del Aeropuerto desde estos centros de transformación exteriores.

ANEXOS

ANEXO 1

Distribución de los restos



ANEXO 2

Zonas «A» y «E» del Plan de Emergencias



