

CIAIAC

Comisión de Investigación
de Accidentes e Incidentes
de Aviación Civil

INFORME TÉCNICO A-015/2000

Accidente ocurrido
el día 8 de junio de
2000, a la aeronave
PIPER PA 36-375,
matrícula EC-EYO,
en las cercanías
de Villafranco del
Guadalquivir (Sevilla)



MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

A-015/2000

**Accidente ocurrido el día 8 de junio de 2000,
a la aeronave PIPER PA 36-375,
matrícula EC-EYO, en las cercanías
de Villafranco del Guadalquivir (Sevilla)**



MINISTERIO
DE FOMENTO

SECRETARÍA GENERAL DE
TRANSPORTES

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN
DE ACCIDENTES E INCIDENTES
DE AVIACIÓN CIVIL

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

NIPO: 161-03-011-0
Depósito legal: M. 23.129-2003
Imprime: Centro de Publicaciones

Diseño cubierta: Carmen G. Ayala

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 60
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: ciaiac@fomento.es
<http://www.fomento.es/ciaiac>

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

Advertencia

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

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

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

Índice

Abreviaturas	vi
1. Información factual	1
1.1. Antecedentes del vuelo	1
1.2. Lesiones de personas	2
1.3. Daños a la aeronave	2
1.4. Otros daños	2
1.5. Información personal	2
1.5.1. Comandante de la aeronave	2
1.6. Información de aeronave	3
1.6.1. Célula	3
1.6.2. Certificado de aeronavegabilidad	3
1.6.3. Registro de mantenimiento	4
1.6.4. Motor	4
1.7. Información meteorológica	4
1.8. Ayudas para la navegación	5
1.9. Comunicaciones	5
1.10. Información de aeródromo	5
1.11. Registradores de vuelo	5
1.12. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto	5
1.13. Información médica y patológica	5
1.14. Incendios	6
1.15. Aspectos de supervivencia	6
1.16. Ensayos e investigación	6
1.16.1. Información de la zona del accidente	6
1.16.2. Declaración de los testigos	6
1.17. Información adicional	7
2. Análisis	9
2.1. Características de la aeronave	9
2.2. Desarrollo del vuelo	9
2.3. Consideraciones sobre el vuelo y el accidente	10
2.3.1. General	10
2.3.2. Posibilidades para el piloto	11
2.3.3. Comportamiento de la señalera	13
3. Conclusión	15
3.1. Conclusiones	15
3.2. Causas	15
4. Recomendaciones sobre seguridad	17
Apéndices	19
Apéndice A. Soporte para el análisis del accidente	21

Abreviaturas

00 °C	Grados centígrados
dd-mm-aaaa	Fecha en día, mes y año
FPM	Pies por minuto («Feet Per Minute»)
g	Aceleración de la gravedad
h	Hora(s)
hh:min:seg	Horas, minutos y segundos
HP	Caballo(s) de vapor («Horse Power»)
IFR	Reglas de vuelo instrumental
kg	Kilogramo(s)
km	Kilómetro(s)
l	Litro(s)
lb	Libra(s)
m	Metro(s)
mph	Millas terrestres por hora («miles per hour»)
MTOW	Peso máximo autorizado al despegue
m/seg	Metro(s) por segundo
N/A	No afecta
seg	Segundo(s)
UTC	Tiempo Universal Coordinado
VFR	Reglas de vuelo visual («Visual Flight Rules»)
VHF	Frecuencia muy alta («Very High Frequency»)

1. INFORMACIÓN FACTUAL

1.1. Antecedentes del vuelo

El día del accidente, 8 de junio de 2000, la aeronave Piper PA 36-375, matrícula EC-EYO, estaba contratada para realizar la fumigación con herbicida líquido de una parcela, sembrada de arroz, del término municipal de Villafranco del Guadalquivir. Para ello, se iba a utilizar la técnica habitual de pasadas paralelas a baja altura, y para garantizar un recubrimiento completo, se había contratado a dos señaleros (un hombre y una mujer joven) que, cada uno con una banderola, se irían desplazando una longitud fija, tras cada pasada, por las lindes perpendiculares a las mismas, para indicar al piloto, en cada momento, la posición de la pasada. La aeronave tenía su base de operaciones en la pista que, a los efectos, tenía habilitada en la zona la empresa propietaria de la aeronave.

La parcela a fumigar estaba atravesada por un tendido eléctrico, casi perpendicular a la dirección de las pasadas, a unos 40 m aproximadamente de una de sus lindes, ligeramente convergente con ella y a 10 m de altura que, por la catenaria, se reduce a unos 7-8 m en la zona del accidente. Cada pasada en la dirección indicada tenía una longitud de un kilómetro aproximadamente.

Según testimonio del piloto, como el herbicida se lanza muy volatilizado y hay que evitar dañar a las fincas colindantes, las pasadas se realizaban por debajo del tendido eléctrico, a una altura de vuelo inferior a los dos metros.

Las condiciones atmosféricas eran buenas para la realización del trabajo, como habitualmente ocurre en dicha zona en esa temporada, con viento en calma, día claro y buena visibilidad. Los vuelos se realizaban bajo reglas VFR.

Los vuelos, con sólo el piloto a bordo, comenzaron antes de las 08:00 h local (06:00 h UTC) y en cada vuelo, duración de una recarga de herbicida, se realizaban cuatro pasadas. El accidente ocurrió en la pasada undécima, o sea, la tercera del tercer vuelo, que era en la dirección desde el señalero más alejado de la línea de cables eléctricos ya citada.

Durante la pasada, el piloto observó que el señalero del otro extremo, que era la mujer joven, al contrario de lo que había hecho en las pasadas anteriores en las que hacía movimientos con la banderola, no se movía y permanecía erguida, mirando de frente a la aeronave. Siempre según las declaraciones del piloto, éste no tuvo tiempo para pasar el tendido eléctrico por encima, debido a la maniobra ya iniciada y a la masa de la aeronave, por lo que tuvo que pasarlo por debajo, como habitualmente venía haciendo, y, aunque dio un «tirón» fuerte de palanca nada más pasar dicho tendido, notó un golpe en el tren de aterrizaje izquierdo durante el ascenso. Por los indicios encontrados en el examen realizado posteriormente, se puede deducir que se produjo un impacto de la

cabeza de la señalera, que había permanecido sin agacharse, con la cara interior de la rueda del tren de aterrizaje izquierdo.

1.2. Lesiones de personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos				1 ¹
Graves				
Leves				
llesos				
TOTAL				1

1.3. Daños a la aeronave

Los daños causados en la aeronave no fueron significativos y no impidieron que continuase el vuelo y aterrizase normalmente en la pista que estaban utilizando.

Posteriormente, la aeronave ha seguido siendo aeronavegable y realizando trabajos agrícolas.

1.4. Otros daños

No hubo daños adicionales a los personales indicados de la señalero.

1.5. Información personal

1.5.1. Comandante de la aeronave

Edad: 25 años
Nacionalidad: Española
Título: Licencia de piloto comercial de avión
Número: 10707
Antigüedad: 03-06-1999

¹ La persona fallecida no era ocupante de la aeronave, sino uno de los señaleros que indicaban al piloto la traza a seguir en cada pasada en el trabajo de fumigación aérea que estaba realizando.

Licencia de aptitud de vuelo:	— Fecha de renovación: 18-05-2000 — Fecha de caducidad: 18-05-2001
Habilitaciones:	— Monomotores terrestres — Multimotores terrestres — IFR — Certificado restringido de operador de radiotelefonista de a bordo/internacional — Adicionalmente el piloto había realizado diversos cursos de especialización de piloto aplicador agroforestal (Centro de Investigación y Formación Agraria de Los Palacios, 31-03-2000, y en Ag-Flight, Inc.-Georgia, EE.UU., 10-08-1999)
Horas totales de vuelo:	1.750 h
Horas en el tipo:	750 h
Horas en los últimos 90 días:	90 h
Horas en los últimos 30 días:	45 h
Horas en las últimas 48 h:	0 h (descanso)

1.6. Información de aeronave

1.6.1. Célula

Marca:	Piper Aircraft Corporation
Modelo:	PA 36-375
Número de fabricación:	36-8202006
Año de fabricación:	1982
Matrícula:	EC-EYO
MTOW:	2.177 kg (4.800 lb)
Propietario:	Aviones de Fumigación Agrícola, S. A. (ADEFA)
Explotador:	Aviones de Fumigación Agrícola, S. A. (ADEFA)

1.6.2. Certificado de aeronavegabilidad

Número:	3090
Clase:	Especial restringido

Categoría/idoneidad:	— Trabajos aéreos — Aeronave idónea sólo para vuelo visual — Autorizada para efectuar solamente vuelos con las limitaciones indicadas en los documentos adjuntos al certificado de tipo
Fecha de expedición:	05-09-1990
Fecha de renovación:	26-04-2000
Fecha de caducidad:	26-04-2001

1.6.3. *Registro de mantenimiento*

Horas totales de vuelo:	1.108:30 h
Última revisión anual:	26-04-2000
Horas desde última rev. anual:	18:30 h

1.6.4. *Motor*

Marca:	Lycoming
Modelo:	IO-720-D1CD
Potencia:	375 HP
Número de serie:	L-1384-54A
Horas totales:	1.108:30 h
Horas desde última rev. general:	N/A
Última revisión 100 h:	19-04-2000
Horas desde última rev. horas:	18:10 h

1.7. Información meteorológica

Dada la fecha y la zona en las que ocurrió el accidente y las características del mismo, no se ha considerado necesario recabar información meteorológica adicional. Todos los testigos coincidieron en que las condiciones meteorológicas durante el vuelo eran las normales en la zona en dicha fecha y hora y, por tanto, adecuadas para la realización de vuelo VFR, con buena visibilidad y temperatura superior a 20 °C.

1.8. Ayudas a la navegación

No son relevantes para la investigación de este accidente.

1.9. Comunicaciones

No son relevantes para la investigación del accidente. La aeronave disponía de equipo de comunicaciones VHF, pero la persona accidentada no disponía de ningún medio de comunicación a distancia, salvo mediante señales.

1.10. Información de aeródromo

No es relevante para la investigación de este accidente. Como información ya indicada, se confirma que durante la campaña de fumigación aérea en la zona la aeronave utilizaba, como base de operaciones, una pista habilitada en la misma zona por la compañía propietaria.

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave no disponía de registradores de vuelo. Estos equipos no son preceptivos para las de su tipo.

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

No es pertinente. La aeronave prácticamente no sufrió daños y ha continuado siendo aeronavegable y realizando trabajos agrícolas.

1.13. Información médica y patológica

Según la autopsia que se le practicó a la fallecida, la muerte fue ocasionada por un traumatismo craneoencefálico, con lesión irreversible de los centros vitales nerviosos, debido al estallido del cráneo con abertura del mismo y pérdida del tejido óseo y total de la masa encefálica, al impactar con la cara interior de la rueda del tren de aterrizaje izquierdo.

En el testimonio presentado posteriormente por el médico forense, se indica que la víctima no había podido estar inclinada en el momento del impacto, dada la posición y dirección de la herida.

1.14. Incendios

No se produjo ningún incendio durante o tras el accidente.

1.15. Aspectos de supervivencia

No es pertinente para la investigación del accidente. No obstante, una vez producido el impacto entre señalero y aeronave, la probabilidad de supervivencia depende de las características de éste. En el caso considerado, dado el tipo de golpe recibido, la probabilidad era prácticamente nula.

1.16. Ensayos e investigación

1.16.1. Información de la zona del accidente

La zona del accidente está dentro de la recuperada para la siembra de arroz en las marismas del río Guadalquivir. Por tanto, es una zona rica, llena de «parcelas inundadas» donde se siembra arroz y relativamente poco poblada, especialmente en la parte cultivada, ya que la población, normalmente de reciente implantación, está ubicada en los pueblos.

1.16.2. Declaración de los testigos

Del conjunto de declaraciones disponibles se han considerado fundamentalmente en el análisis del accidente las realizadas por otro señalero que trabajaba en la parcela ese mismo día y las del propio piloto de la aeronave.

Según dicho señalero, la primera pasada se realizó a 7 m de la linde y por encima del tendido eléctrico y «a partir de esta pasada que realizó en sentido hacia mí, comenzaron las pasadas de 15 m (de separación) y los pases por la parte inferior del tendido eléctrico. Que debido a la altura a la que pasaba en cuatro de las ocasiones en que el aparato realizaba los vuelos en sentido en que yo me encontraba, me vi obligado a lanzarme al suelo para evitar que impactase sobre mí». Estas cuatro ocasiones resultan ser, en realidad, las que la aeronave se dirigió en ese sentido, salvo la primera, ya que cambió el sentido en la quinta y el accidente ocurrió en la pasada undécima.

El mismo señalero manifiesta que en sus más de treinta años como tal «en ninguna ocasión he visto realizar los vuelos por la parte inferior del tendido» eléctrico.

Por último, el señalero destaca que «debido al producto, no puedo apreciar al otro señalero hasta que el producto cae a la tabla» y, por tanto, sólo pudo ver del accidente que «al despejarse vi cómo no estaba» el otro señalero.

En el testimonio del piloto se indica:

- Que la primera pasada la realizó por encima de la línea eléctrica porque «el señalero más próximo (la chica) no se apartaba ni se agachaba y que ya en la siguiente vuelta (en la que se dirigía hacia ella desde el otro jornalero), me vio volar más bajo, por lo que pude ver cómo se agachaba. Por tanto, a partir de ese momento, comencé a realizar los pases por debajo de la línea, que es como debe realizarse el tratamiento con este tipo de productos (herbicida líquido)».
- Que después de la primera pasada había visto que los señaleros se agachaban, «acción normal dado que el producto es herbicida de toxicidad reducida y los señaleros no llevan protección; que lo normal de los señaleros es que cuando el avión ya ha tomado la referencia, ellos comienzan a contar para la nueva pasada, con lo que se apartan de la trayectoria del aparato».
- Que «al llegar a la pasada número 11, realizándola en el sentido de la chica, he podido observar cómo ésta no se ha retirado ni agachado, no dando tiempo material a cambiar de altura, por la existencia del tendido eléctrico en la parte donde la comba de los cables hace que exista menos altura y, por tanto, el avión pasa más bajo, que, ante esta vicisitud, la única opción ha sido levantar inmediatamente después de rebasar los cables». Asimismo, indica que la chica permaneció «mirando hacia el aparato, no apreciando ningún gesto de sorpresa ni asombro, así como no realiza ningún movimiento de retirarse, permaneciendo con la bandera levantada, que en todas las pasadas realizaba movimientos con la bandera y al pasar la línea (eléctrica) dejaba de hacer movimientos y se agachaba mirando hacia el avión y en esta ocasión no hizo ningún movimiento...».
- Asimismo, el piloto manifiesta que «el paso por la parte inferior de las líneas eléctricas es totalmente frecuente y normal, ya que para el tratamiento con herbicidas se tiene que realizar cerca del suelo para evitar daños en fincas cercanas» y «que en este tipo de vuelos en fincas, no existe limitación de altura de vuelo, toda vez que el tipo de avión que se utiliza está dentro del tipo “categoría restringida”».

1.17. Información adicional

Con posterioridad al accidente, ya en el curso de la investigación, se han indagado del piloto aspectos relativos a la operación. Según indicó el piloto a este respecto, antes de comenzar el trabajo le dio a los señaleros las instrucciones pertinentes para que, una vez le marcaran la referencia para la pasada, se retiraran de la trayectoria de la aeronave para evitar cualquier riesgo para ellos, y que en la primera recarga del producto, aprovechó para comentar con el encargado lo que había sucedido en la primera pasada con la chica que era señalero, y al conocer que era su hija y que no se podía comunicar con ella, le dijo que tendría cuidado y que él mismo le recordaría las instrucciones por señas desde el aire, como así lo hizo, transcurriendo el segundo vuelo sin novedad. Como se ha indicado, el accidente ocurrió en la tercera pasada del tercer vuelo, o sea, la undécima.

Otros datos aportados por el piloto son los siguientes:

- El piloto conocía la parcela por su proximidad a la pista donde operaban.
- La longitud de la pasada era de 1 km aproximadamente y la velocidad horizontal de 120 a 130 mph.
- El producto utilizado era herbicida líquido, que requiere que la pasada se haga a una altura tal que la pértiga vaya a 1-1,5 m del suelo, lo que implica que las ruedas van casi rozando el cultivo. Esta necesidad es debida a que el herbicida se lanza muy volatilizado y puede ser muy perjudicial para los cultivos colindantes.
- Se deja de echar el producto prácticamente en el momento en el que la aeronave pasa por la vertical del borde de la parcela y se comienza a subir alrededor de 1 o 1,5 seg antes de alcanzar el límite de la parcela a fin de salvar los «almorrones» que delimitan las fincas. La velocidad de subida es aleatoria, ya que depende del piloto, de las características del entorno, de la carga de la aeronave, etc., pero se puede estimar, en cualquier caso, entre 200 y 500 FPM.
- En la pasada del accidente, la aeronave debía llevar unos 300 l de herbicida y unos 80 de combustible.

2. ANÁLISIS

2.1. Características de la aeronave

La aeronave Piper PA-36 «Pawnee Brave» ha sido diseñada específicamente para su utilización en trabajos agrícolas y ha tenido una amplia difusión en el mundo desde el año 1972, en que se presentaron sus primeros detalles.

En su configuración básica, el piloto está situado en una posición muy atrasada, con un morro muy largo, diseñado para deformación progresiva, y en una cabina aislada y sellada para evitar la entrada de tóxicos químicos. Asimismo, su sistema de ventilación y calefacción está diseñado para producir una cierta presurización que, de nuevo, impide la entrada de productos tóxicos en cabina.

La aeronave está preparada para la instalación de sistemas difusores de productos químicos tanto sólidos (en polvo) como líquidos, y todos sus elementos están tratados contra la corrosión con uso extensivo de recubrimientos de poliuretano y acero inoxidable.

Sus características aerodinámicas son excelentes y están optimizadas para las aplicaciones previstas de trabajos agrícolas. Como todas las aeronaves para esta aplicación, se ha diseñado de forma que sea muy estable y facilite la realización de pasadas a baja, e incluso muy baja, altura. Una alta estabilidad estática longitudinal significa una deflexión alta del timón de altura para un factor de carga de cierto valor, una fuerza de «tirón» del piloto muy alta y un cierto retraso en la maniobra.

En su configuración básica, previendo precisamente la utilización en vuelos por debajo de tendidos eléctricos, la aeronave lleva instalado un cable «salvacables» entre la parte superior de la cabina y la punta de la deriva, de forma que si tropezase con algún cable, éste deslizará sobre él y no chocará con la deriva.

2.2. Desarrollo del vuelo

Según el testimonio de los testigos, la aeronave Piper, modelo PA 36-375, matrícula EC-EYO, despegó el día del accidente con sólo el piloto a bordo antes de las 8:00 h (hora local) de la pista que la compañía propietaria tenía acondicionada al efecto, en las cercanías de Villafranco del Guadalquivir (Sevilla). El objeto del vuelo era fumigar con herbicida líquido una parcela de las proximidades, conocida por el piloto, mediante pasadas paralelas en una dirección separadas unos 15 m para garantizar el recubrimiento completo de la finca con el producto. A este objeto, se contrataron dos señaleros que se desplazarían por las lindes de la finca para indicar al piloto, en cada momento, la posición de la pasada. Estos señaleros fueron conocidos por el piloto antes del vuelo e instruidos por él mismo para que «una vez me indicaran la referencia para la pasada, se retiraran de la trayectoria de la aeronave para evitar cualquier riesgo para ellos».

Dada la existencia de un tendido eléctrico que cruzaba la finca en dirección casi perpendicular a las pasadas, por tanto convergente con el borde de la parcela, y a unos 40 m del mismo, de media, y al tipo de producto utilizado, que podría dañar a los cultivos colindantes, las pasadas se realizaban a muy poca altura, pértiga de 1 a 1,5 m, y, por tanto, ruedas casi rozando el cultivo. Para el análisis, se ha supuesto 0,4 m.

En la primera pasada, realizada a unos 7 m de la linde, el señalero más cercano al tendido eléctrico, que resultó ser la hija del encargado de la finca, con limitada experiencia en este trabajo, no se agachó y el piloto tuvo que realizar la pasada por encima del tendido eléctrico. No hubo más problemas en este sentido en las siguientes pasadas de este vuelo, actuando los señaleros de forma adecuada y según lo acordado.

Este asunto fue comentado con el encargado de la finca durante la preparación del segundo vuelo y, al conocer que no había ninguna forma de contacto con los señaleros, el piloto acordó recordar otra vez las instrucciones a dicho señalero mediante señas desde el aire y así lo hizo.

No hubo ninguna incidencia durante el segundo vuelo, ni en las dos primeras pasadas del tercero, pero durante la ejecución de la tercera pasada de este vuelo, que era en la dirección hacia el tendido eléctrico ya que había cambiado el sentido en la pasada quinta, el piloto observó que, de nuevo, el señalero más cercano a dicho tendido, que era la chica, no se movía y permanecía erguida mirando a la aeronave mientras en las pasadas anteriores incluso hacía movimientos con la banderola. No teniendo ya espacio, a su juicio, para volar sobre dicho tendido cuando observó a la señalero, dada la carga y velocidad de la aeronave, optó por volar por debajo del mismo y dar un fuerte «tirón» nada más atravesarlo para elevar la aeronave. Durante el ascenso, notó un golpe en el tren de aterrizaje izquierdo y, al mirar hacia atrás, no vio a la señalero, por lo que procedió a aterrizar y avisar a los servicios de emergencia para que enviasen un helicóptero. Un médico forense ha ratificado que, dada la dirección y posición de la herida, la señalero «no ha podido estar inclinada» en el momento del impacto.

2.3. Consideraciones sobre el vuelo y el accidente

2.3.1. General

Como se ha indicado, el accidente ocurrió al final de la pasada undécima, habiéndose realizado todas las anteriores con normalidad salvo la primera, en la que sucedió el mismo comportamiento anómalo, no agacharse, del mismo señalero.

Por tanto, en dicha pasada undécima el piloto ya estaba familiarizado con un comportamiento normal de los señaleros y le debió coger por sorpresa la anomalía de uno de ellos de permanecer erguido y no agacharse. Ello le obligó a realizar una maniobra de «tirón» inesperada que podría efectuar, o bien para pasar el tendido eléctrico por enci-

ma, o bien después de pasarlo por debajo para evitar a la señalero. Consideremos ambas posibilidades del piloto y el comportamiento de la señalero.

2.3.2. Posibilidades para el piloto

En lo que sigue se analizan simplificadaamente las posibles opciones de maniobra del avión en esta situación, obteniéndose un orden de magnitud de sus limitaciones.

En los dos primeros apartados del Apéndice A se ha incluido un estudio simplificado de la maniobra de «tirón». En el mismo, se considera que el movimiento de palanca hacia atrás es lo suficientemente rápido para que no varíe la velocidad del avión en la maniobra, que la respuesta del avión es inmediata y que la curva de subida se aproxima a un arco de círculo cuyo radio depende de la velocidad y del factor de carga que se aplique. Con estas consideraciones, la trayectoria resulta independiente del peso.

En la realidad, y especialmente en los aviones muy estables, como son los dedicados a trabajos agrícolas (no olvidar que el modelo PA-36 está optimizado para esta aplicación), la respuesta no es inmediata, el esfuerzo sobre palanca es alto y la curva de subida será por debajo del arco de círculo indicado dependiendo de la masa de la aeronave, de la velocidad y magnitud de la fuerza aplicada a la palanca y de la respuesta a la misma, y, por tanto, la ganancia de altura con el tiempo será inferior. A pesar de ello, se considera que el estudio es una primera aproximación válida y sus resultados numéricos constituyen, al menos, una idea de su orden de magnitud.

El Apéndice A incluye también, en sus dos últimos apartados, el análisis de los tiempos y distancias del «tirón» para sobrevolar el tendido eléctrico y del correspondiente para evitar a la señalera después de pasar por debajo de dicho tendido.

Las hipótesis se incluyen en el propio Apéndice A y están basadas en la información suministrada por el piloto, el informe judicial y que los factores de carga aplicados serán entre 2 y 3.

El resumen de resultados es el siguiente:

1. «Tirón» para sobrevolar el tendido eléctrico

En distancia			En tiempo		
V	n		V	n	
	2	3		2	3
120 mph	114,53	92,26	120 mph	2,13	1,72
130 mph	120,77	96,71	130 mph	2,06	1,66

Es decir, la distancia mínima a la que el piloto debía tomar la decisión de pasar por encima del tendido eléctrico, con las hipótesis y limitaciones indicadas, era entre 92,26 m y 120,77 m, según la velocidad y el factor de carga que se aplicase.

Estas distancias son muy grandes para poder hacer una estimación, máxime cuando no se sabía que la señalero permanecería erguida, y justifica la decisión del piloto de pasar por debajo del tendido, ya que se le hizo muy tarde para tomar una decisión distinta, conociendo además la masa que tenía en el avión en ese momento.

El tomar, como base para la estimación, el tiempo mínimo requerido para sobrepasar el tendido, que resulta, según la tabla, entre 1,72 y 2,08 seg según velocidad y factor de carga, es quizás menos representativo aún que la distancia.

2. «Tirón» para sobrevolar a la señalero

En distancia			En tiempo		
v	n		v	n	
	2	3		2	3
120 mph	3,29	14,09	120 mph	0,06	0,26
130 mph	0,28	11,94	130 mph	0,005	0,20

Las tablas dan la distancia y/o tiempo máximo que el piloto puede esperar para dar el «tirón» correspondiente según su velocidad y el factor de carga que aplique.

En este caso, el parámetro más representativo, como base para la estimación, es el tiempo. Según la tabla, los tiempos máximos de reacción del piloto varían entre 0,005 y 0,26 seg contados desde que se ha pasado por debajo del tendido eléctrico. Este tiempo de reacción es claramente insuficiente, sólo el intervalo de asegurar una situación es ya superior a 0,25 seg, e implica prácticamente que la posibilidad de supervivencia de la señalero sin agacharse era sólo que su cabeza no estuviese en la trayectoria de algunas de las partes más bajas del avión (ruedas y frenos). Como se conoce, no fue éste el caso y chocó contra el paquete de frenos izquierdo, produciéndose el accidente.

En resumen, se puede concluir que, una vez decidida la realización de las pasadas por debajo del tendido eléctrico y cubierto el posible riesgo para los señaleros, instruyéndoles para ello, la distancia a la que el piloto debería tomar la decisión de sobrevolar el tendido eléctrico es lo suficientemente grande como para que haya podido ser sobrepasado cuando detecta que la señalero no va a agacharse y, una vez decidido a pasar por debajo, el tiempo de reacción para realizar el «tirón» es muy corto, incluso con las

hipótesis tomadas para la trayectoria, que resulta en una de mayor ganancia de altura que la real.

2.3.3. *Comportamiento de la señalero*

No se conocen las razones para el comportamiento de la señalero de permanecer erguida y mirando de frente al avión cuando anteriormente se había comportado adecuadamente, agachándose y desplazándose en los momentos correctos hasta en nueve ocasiones previamente.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- El piloto disponía de la correspondiente licencia de piloto comercial de avión en vigor con habilitaciones para el tipo de vuelo que estaba realizando.
- La aeronave contaba, en el momento del accidente, con un certificado de aeronavegabilidad en vigor y había pasado satisfactoriamente la revisión anual según el manual de mantenimiento, estando dentro de su plazo de validez.
- Las condiciones meteorológicas eran adecuadas para la realización de vuelo visual VFR, con buena visibilidad y para el trabajo de fumigación que estaba efectuando.
- Según el testimonio presentado, especialmente por el piloto, se cumplimentaron las operaciones preparatorias del vuelo previstas en el manual básico de operaciones de la compañía propietaria del avión, incluyendo supervisión de la carga del producto químico y la instrucción de los señaleros.
- Durante la realización de la pasada undécima, uno de los señaleros, una joven con limitada experiencia en este tipo de trabajo, permaneció erguida, sin agacharse y mirando al avión que se acercaba. El «tirón» del piloto, inmediatamente después de pasar un tendido eléctrico a 40 m de la señalera, no pudo evitar el golpe de la cabeza de esta última con la rueda del tren de aterrizaje izquierdo.

3.2. Causas

El accidente se produjo al impactar la rueda del tren de aterrizaje izquierdo con la cabeza de una señalera que, por razón no determinada, permaneció de pie y erguida hasta la llegada de la aeronave, que realizaba un vuelo de fumigación. Durante dicho vuelo, el piloto decidió seguir pasando, como venía siendo habitual, dado el peso, velocidad y tiempo de respuesta de la aeronave, por debajo del tendido eléctrico existente a unos 40 m de distancia de la posición de la señalero.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Ninguna.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Soporte para el análisis del accidente

A.1. MANIOBRA DE «TIRÓN»

A.1.1. General

Se entiende por «tirón» la maniobra que se produce tras la acción rápida por el piloto del mando de altura hacia atrás (palanca al pecho).

Esta maniobra se caracteriza por curvar la trayectoria de la aeronave hacia arriba sin reducción prácticamente de la velocidad, al menos en los primeros momentos.

A consecuencia de la velocidad angular que aparece al curvarse la trayectoria, se producen unos momentos de amortiguamiento que tienden a frenar la rotación y que el piloto debe «compensar» con más deflexión del mando de altura y, por tanto, aplicando más fuerza a tirar en la palanca. El valor de los momentos amortiguadores es superior al que correspondería en estabilidad por el aumento del coeficiente de sustentación. Este fenómeno da origen a un tipo de pseudoestabilidad o estabilidad aparente que es debida a esta maniobra. Esta estabilidad aparente requiere un aumento de la deflexión y de la fuerza en palanca para conseguir el aumento del coeficiente de sustentación en vuelo acelerado.

En aviones maniobreros, como los acrobáticos, caza, superioridad aérea, etc., con estabilidad relajada, la respuesta del avión a la maniobra es rápida y el piloto tiene que aplicar poca fuerza. En cambio, en aviones estables, como los agrícolas, bomberos, etc., la respuesta del avión es más lenta, la palanca es más pesada y es mayor la fuerza a realizar por el piloto.

A.1.2. Trayectoria simplificada

Como simplificación, y siendo conservativo para el análisis del accidente que se considera, se supone que la aeronave inicia la maniobra desde la pasada que se realiza en vuelo recto y horizontal, a muy baja altura y que, cuando realiza el tirón, la aeronave describe un arco de círculo cuyo radio dependerá del factor de carga aplicado. Como puede verse en la figura, su valor será:

Sustentación en la maniobra:

$$\Delta L = nW - W = (n - 1)W$$

siendo W el peso y n el factor de carga.

Aceleración vertical producida:

$$\Delta L = \frac{W}{g} a$$

siendo g la aceleración de la gravedad.

De donde igualando

$$a = g(n - 1)$$

Si la trayectoria es un arco de círculo, la aceleración centrípeta será

$$a = \frac{V^2}{R}$$

con R el radio del círculo y V la velocidad de la aeronave.

Igualando y despejando, resulta:

$$R = \frac{V^2}{g(n - 1)} \quad (\text{B-1})$$

Por tanto, como una primera aproximación, la trayectoria puede suponerse que es horizontal en su parte primera, un arco de círculo del radio indicado en (B-1) y continua recta en la dirección de la tangente al círculo, cuando ésta alcanza la mejor velocidad ascensional correspondiente al peso de la aeronave y que podría determinarse con los datos del manual de vuelo (en las páginas 5-14, fig. 5-11 de la edición del 7 de febrero de 1978, se incluyen las correspondientes con flaps dentro y potencia máxima).

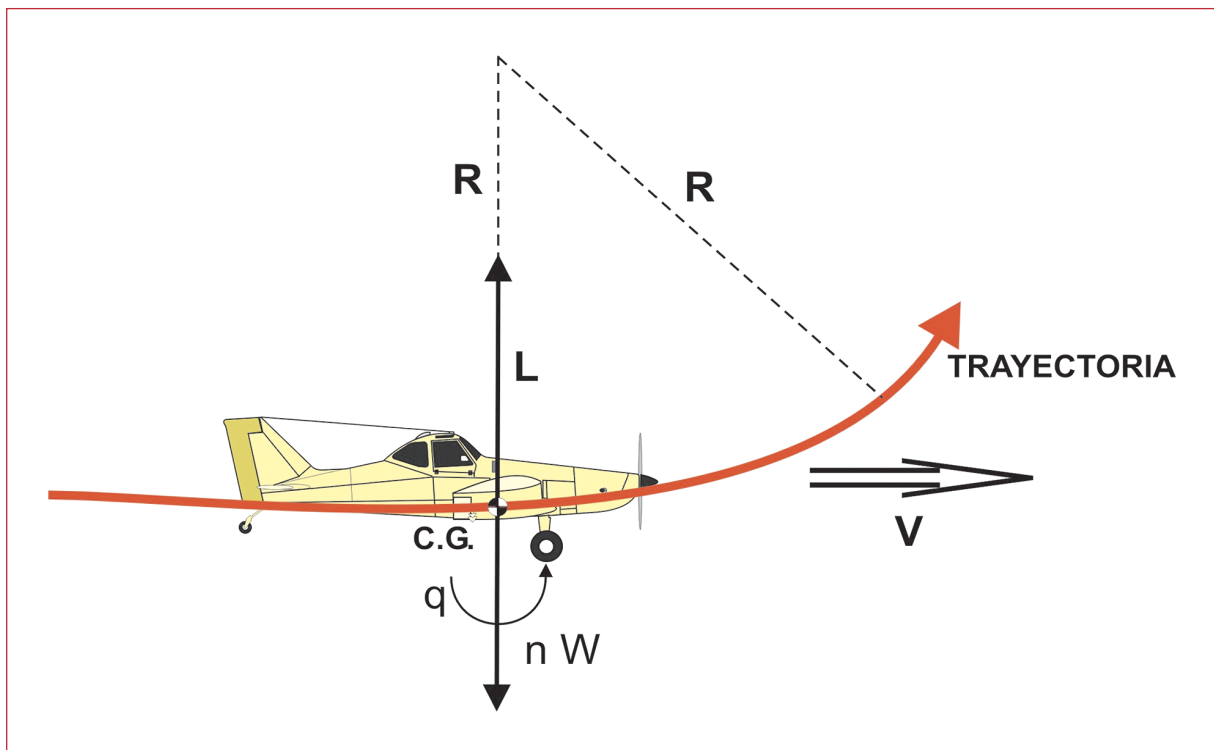


Figura B1. Maniobra de «tirón»

En el caso de que la altura a ganar sea pequeña con relación al radio del círculo, como ocurre en los casos que se van a analizar, se considera la trayectoria formada sólo por el tramo horizontal y el arco del círculo.

A.2. Distancia mínima de decisión para pasar por encima del tendido eléctrico

Las hipótesis de partida son:

- Pasada con ruedas a nivel del cultivo (supongamos 0,40 m de altura y 1,4 m la altura del centro de gravedad sobre las ruedas).
- Velocidad de la pasada: 120 a 130 mph, equivalentes a 53,64/58,11 m/seg, respectivamente.
- Al tratarse de un avión agrícola, con diseño optimizado para esta utilización, se considera avión muy estable, con respuesta lenta al mando y que requiere una fuerza en palanca alta, por lo que se considera que el máximo factor de carga que se aplicaría sería 2 a 3.

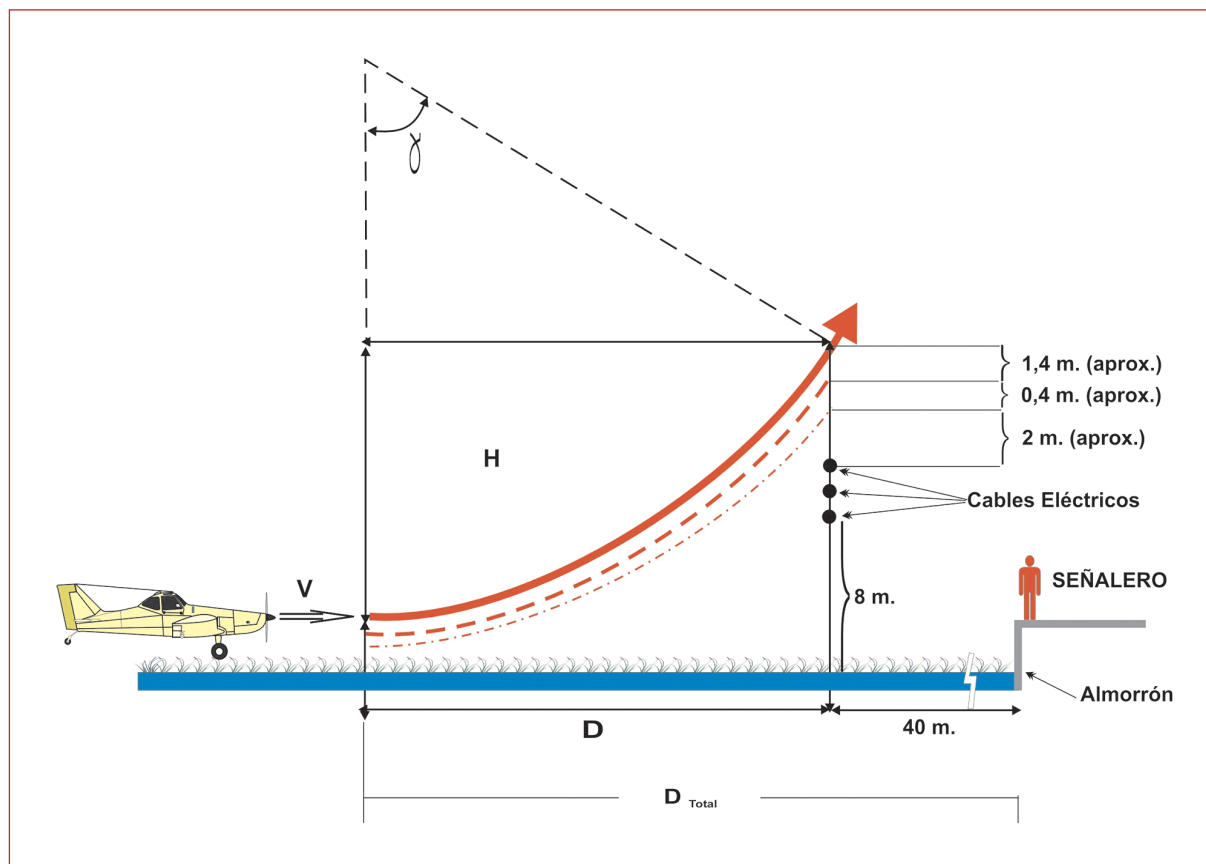


Figura B2. Trayectoria para sobrepasar el tendido eléctrico

— Por datos obtenidos en la zona, la altura del cable más alto del tendido eléctrico es del orden de los 12 m y el más bajo a 10 m. Esta altura se reduce a 8 m en la posición de la pasada del accidente por la comba de los cables, según información del informe judicial (supongamos 10 m para seguridad).

La trayectoria sería como indica la figura, en la que R sería el valor calculado según (B-1) para las diversas combinaciones de velocidad y factor de carga, la altura H a sobrepasar sería de 9,60 m ($10 + 1,4 - 1,4 - 0,40 = 9,60$) y en la que se calcularía la distancia D por consideraciones geométricas:

$$D = R \operatorname{sen} \gamma \quad (\text{B-2})$$

siendo

$$\cos \gamma = \frac{R - H}{R} \quad (\text{B-3})$$

con H , la altura a ganar para pasar el cable superior, igual a 9,6 m según indicado.

La distancia al señalero sería:

$$D_{\text{total}} = D + 40 \quad (\text{B-4})$$

y para calcular el tiempo $T_{\text{antel.}}$ de antelación habría que dividirla por la velocidad.

Aplicaciones numéricas

1. Para $n = 2$:

V mph/m/seg	R (m) (B-1)	$\cos \gamma$ (B-3)	γ (°)	$\operatorname{sen} \gamma$	D (B-2)	D_{total} (m) (B-4)	$T_{\text{antel.}}$ (seg)
120/53,64	294,14	0,967	14,68	0,253	74,53	114,53	2,13
130/58,11	344,56	0,972	13,56	0,234	80,77	120,77	2,08

2. Para $n = 3$:

V mph/m/seg	R (m) (B-1)	$\cos \gamma$ (B-3)	γ (°)	$\operatorname{sen} \gamma$	D (B-2)	D_{total} (m) (B-4)	$T_{\text{antel.}}$ (seg)
120/53,64	147,07	0,935	20,82	0,355	52,26	92,26	1,72
130/58,11	172,28	0,944	19,22	0,329	56,71	96,71	1,66

A.3. Tiempo desde el tendido eléctrico para sobrepasar al señalero

Las hipótesis son las mismas anteriores que sean aplicables, más las siguientes:

1. La altura del señalero se supone 1,70 m según el informe judicial y se toma un margen de seguridad de 0,3 m.
2. La altura del almorrón sobre el cultivo es de 0,70 m como se indica en el informe judicial.
3. La altura de las ruedas sobre el cultivo es de 0,40 m y 1,4 la del centro de gravedad sobre las ruedas.
4. Se continúan considerando las mismas velocidades y factores de carga, por lo que los radios de los arcos de círculo serán los mismos.

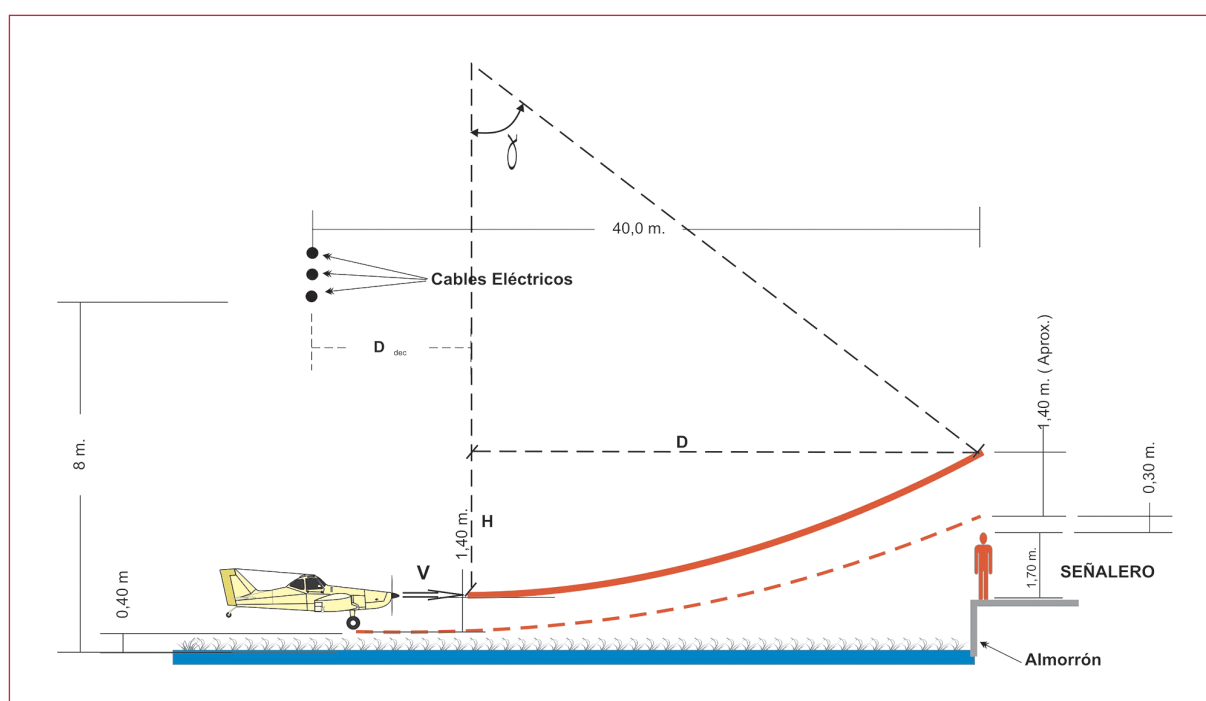


Figura B3. Trayectoria para sobrepasar al señalero

Por consideraciones geométricas en la figura, teniendo en cuenta las hipótesis, la altura a ganar sería:

$$H = 0,30 + 1,70 + 0,70 - 0,40 = 2,30 \text{ m}$$

Análogamente al caso anterior, siguen siendo válidas las fórmulas (B-2) y (B-3) con las que se puede calcular la distancia D , proyección del arco de círculo sobre la horizontal, previo cálculo del ángulo.

El complemento de esta distancia a los 40 m de separación entre el tendido eléctrico y la linde sobre la que está el señalero es la distancia de decisión D_{Dec} , que, dividida por

la velocidad del avión considerada, es el tiempo de reacción del piloto para sobrepasar al señalero, suponiendo que la respuesta al mando es inmediata.

Aplicaciones numéricas

1. Para $n = 2$:

V mph/m/seg	R (m)	$\cos \gamma$ (B-3)	γ (°)	$\text{sen } \gamma$	D (B-2)	D_{Dec} (m)	T_{reac} (seg)
120/53,64	294,14	0,992	7,17	0,125	36,71	3,29	0,06
130/58,11	344,56	0,993	6,63	0,115	39,72	0,28	0,005

2. Para $n = 3$:

V mph/m/seg	R (m)	$\cos \gamma$ (B-3)	γ (°)	$\text{sen } \gamma$	D (B-2)	D_{Dec} (m)	T_{reac} (seg)
120/53,64	147,07	0,984	10,15	0,176	25,91	14,09	0,26
130/58,11	172,28	0,987	9,37	0,163	28,06	11,94	0,20