



⁽¹⁾A menos que se indique lo contrario, las horas que se incluyen en este informe se indican en tiempo universal coordinado (UTC). La hora local de Bogotá se obtiene restando cinco horas a la hora UTC. De esta forma, el incidente se produjo a las 20:16 de la noche, hora local.

Incidente grave Airbus A340-313 con matrícula **F-GLZO** 19 de agosto del 2017 Aeropuerto de Bogotá El Dorado (Colombia)

Hora	A la 01:16 h ⁽¹⁾
Operador	Air France
Tipo de vuelo	Transporte aéreo comercial
Personas a bordo	Comandante (PM); copiloto 1 (PF); copiloto 2 (reserva); 7 tripulantes de cabina de pasajeros; 219 pasajeros

Cizalladura de viento durante la rotación en el despegue

Esta es una traducción de cortesía generada por el BEA del Informe Final sobre la Investigación de Seguridad.

Siendo la traducción lo más precisa posible, el texto original en francés es la referencia de trabajo.

El operador ha informado al BEA de este incidente después de que el comandante redactara un informe de dicho vuelo. Los datos y los resultados preliminares del análisis del vuelo suministrados por Air France y Airbus han llevado al BEA a calificar dicho incidente como grave.

De acuerdo con los estándares y las prácticas recomendadas del Anexo 13 de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), el BEA ha informado al grupo de investigaciones colombiano (GRIAA⁽²⁾) de dicho incidente por ser el Estado del suceso. Además, el BEA ha solicitado al GRIAA que se le delegue la investigación. El GRIAA ha aceptado dicha propuesta de delegación y ha designado a un representante acreditado.

El BEA ha producido una animación que representa el avión en su trayectoria y los principales instrumentos de mando. Está disponible en la cadena BEA Youtube.

https://www.youtube.com/watch?v=lo3Pnla_Tnw

⁽²⁾Grupo de Investigación de Accidentes Aéreos.

⁽³⁾Los órdenes de magnitud utilizados por los pilotos prevén que una variación del viento de 1 kt o de la temperatura exterior de 1 °C equivale a una variación de la masa máxima en el despegue de una tonelada, lo que queda confirmado mediante los cálculos de desempeño con las condiciones del día.

⁽⁴⁾Centro de Control de Operaciones

1 - ANTECEDENTES DEL VUELO

1.1 Preparación del vuelo

La tripulación de vuelo, compuesta por un comandante (CdB) y dos copilotos, se encuentra en la sala de operaciones para preparar el vuelo AF681 con destino a París, Charles-de-Gaulle.

El contexto general del vuelo es habitual para dicho aeropuerto: a causa de las condiciones de altitud y temperatura, la longitud de pista está limitada para el desempeño del despegue y, por lo tanto, para la capacidad de la carga prevista (ver sección 2.2). Con estas condiciones, el desempeño del A340-300 se ve afectado por las evoluciones del viento, la temperatura y el estado de la pista⁽³⁾.

En el momento de la preparación del vuelo, las condiciones atmosféricas y la aparición de lluvia no permiten la carga del conjunto de los equipajes y del combustible necesario para el vuelo. De ser así, la masa del avión superaría la masa máxima autorizada de cuatro toneladas, lo que corresponde a la totalidad del equipaje de los pasajeros. La tripulación solicita la opinión del CCO⁽⁴⁾ del operador, que le aconseja que espere a que las condiciones mejoren.

Aparte de la problemática de la capacidad de carga, los riesgos particulares identificados por la tripulación en la sesión informativa son los siguientes:

- la limitación de temperatura de uno de los motores, que podría llevar a la tripulación a aplicar el procedimiento de falla del motor en caso de alarma;
- la evolución del viento antes del despegue, lo que podría afectar al desempeño y reducir los márgenes con respecto a las distancias de despegue y las alturas mínimas para sobrevolar obstáculos;
- la presencia de elevaciones cerca del aeropuerto, lo que exige una atención reforzada de la trayectoria por parte de la tripulación.

La mejora de las condiciones atmosféricas, sobre todo el descenso de la temperatura exterior de 18 °C a 15 °C, permite finalmente a la tripulación emprender el vuelo con el conjunto de la carga prevista.

1.2 Espera en el punto de espera de la pista 13R

El avión llega al punto de espera de la pista 13R a las 00:51 h⁽⁵⁾. Tras aproximadamente 10 minutos de espera, la tripulación apaga dos motores. En este tiempo, el controlador pregunta a la tripulación si puede despegar con una tormenta sobre el aeropuerto, a lo que la tripulación responde que no es posible. Se produce una conversación en español entre el controlador y la tripulación de un vuelo Avianca (Avianca9257): el controlador indica que desde su posición no ve la tormenta y la tripulación del vuelo Avianca9257 acepta despegar. La tripulación del vuelo AF681, que no habla español, no ha podido seguir dicha conversación.

Un minuto más tarde, sin haber recibido instrucciones del controlador, la tripulación, que sigue en el punto de espera, exige una explicación al controlador, que da la autorización para que se alinee en la pista 13R. La tripulación responde que debe volver a encender los motores que apagó anteriormente.

⁽⁵⁾En total, la tripulación permanece 24 minutos en el punto de espera de la pista 13R.

Bajo petición del controlador, la tripulación del vuelo Avianca9257 informa de la presencia de lluvia al final de la pista, sin otro fenómeno meteorológico. Esta conversación se produce en español. El CdB del vuelo AF681 indicó que la tripulación observaba la trayectoria de los aviones durante el despegue en el Navigation Display (ND): inmediatamente después del despegue ninguna de las aeronaves anteriores alteró su rumbo, lo que hubiese podido indicar la presencia de una tormenta.

A la 01:09 h, es decir, unos 18 minutos después de llegar al punto de espera de la pista 13R, la tripulación indica al controlador que está lista para el despegue. El controlador colaciona y solicita que espere. Unos dos minutos más tarde, la tripulación, que no ha recibido la autorización para alinearse, vuelve a comunicarse con el controlador para manifestarle su incompreensión. Entonces obtiene la autorización para alinearse en la pista 13R tras el vuelo Avianca9831.

La tripulación de dicho vuelo informa al controlador de la presencia de lluvia «*bastante fuerte en el último cuarto de la pista*» después del despegue. Dicha comunicación se produce en español y el controlador no la transmite en inglés. Unos 45 s más tarde, es decir, 24 minutos después de llegar al punto de espera de la pista 13R, la tripulación del vuelo AF681 recibe autorización para despegar. El CdB menciona en su testimonio que la manga de viento indica un viento en calma en el momento del despegue.

1.3 Despegue

A la 01:15:53 h, la tripulación efectúa la aceleración con frenos, luego, coloca los palancas de empuje en la posición TOGA⁽⁶⁾, de acuerdo con las instrucciones operacionales del operador de Bogotá, y los flaps se encuentran en la posición 3. En ese momento, el viento medido por el anemómetro ubicado en el comienzo de la pista 13R es de 211° y de 1 kt.

Durante la carrera de despegue, los datos disponibles no permiten estimar el viento de acuerdo con el eje longitudinal del avión hasta que este alcance una velocidad aérea calibrada de unos 110 kt. Entre 110 kt y 138 kt, lo que corresponde a la velocidad de rotación (VR) para este vuelo, el viento longitudinal aumenta y pasa de 3 kt a 11 kt de cara.

A 138 kt, el PF inicia la rotación con un movimiento de la palanca de mando de aproximadamente $\frac{3}{4}$ de movimiento libre. Entre el inicio de la rotación y el momento en el que el tren principal se eleva del suelo, el viento longitudinal pasa de 11 kt de cara a 12 kt de cola, y la velocidad aérea calibrada disminuye en 6 kt.

Después de elevarse, el viento de cola continúa aumentando y alcanza los 25 kt. El viento de acuerdo con el eje vertical del avión aumenta también y alcanza 4 kt hacia abajo. El ángulo de asiento se mantiene entre 11° y 13°, y la velocidad aérea calibrada disminuye hasta alcanzar un mínimo de 128 kt.

⁽⁶⁾Despegue (Take-Off) y circular el campo (Go Around).

⁽⁷⁾Flight Management Guidance and Envelope Computer, computadora que garantiza, sobre todo, las funciones de guiado, de gestión del vuelo y de cálculo del dominio de vuelo.

⁽⁸⁾Windshear.

⁽⁹⁾Cuando el ángulo de ataque del avión supera un umbral llamado «Alpha Prot», la dirección de los elevadores y del plano horizontal regulable pasa a un modo de protección en el que el ángulo de ataque resulta proporcional a la libertad de movimiento de la palanca. Esto permite actuar directamente sobre el ángulo de ataque en lugar de sobre el factor de carga, que es lo que ocurre en una situación normal (ver también el informe del BEA sobre el incidente grave del Airbus A340 con matrícula F-GLZU operado por Air France que se produjo el 22 de julio del 2017 en Bogotá, véase la sección 2.2).

⁽¹⁰⁾V2 es la velocidad aérea calibrada que garantiza que se pueda adoptar una pendiente de ascenso suficiente en caso de falla del motor. Durante el despegue, dicha velocidad debe alcanzarse, como máximo, a una altura de 35 pies. Se calcula para cada vuelo en función de las condiciones del día.

En ese momento, es decir, seis segundos después de que el avión se elevara del suelo, el FMGEC⁽⁷⁾ detecta una cizalladura del viento⁽⁸⁾, lo que provoca la aparición durante 15 segundos de un mensaje de reacción que indica «WINDSHEAR» en rojo en el Primary Flight Display (PFD) y un aviso sonoro que indica «WINDSHEAR» y que se repite tres veces. En ese momento, la velocidad aérea calibrada es de 128 kt, es decir, 13 kt por debajo de la velocidad mínima seleccionable (VLS). La altura permanece estable a unos 5 ft mientras que el PF aplica un movimiento de palanca de nariz arriba y alcanza un ángulo de cabeceo de 13°. La tripulación deja las palancas de empuje en la posición TOGA y no cambia la configuración del avión. El ángulo de ataque aumenta hasta que se activa la protección de ataque «Alpha Prot»⁽⁹⁾.

La protección en el ángulo de ataque permanece activa durante cuatro segundos. El viento de cola comienza entonces a disminuir mientras que la velocidad aérea calibrada y el régimen de ascenso aumentan.

El umbral de pista se sobrevuela a una altura de 58 ft, por encima de los 35 ft que se exigen en la normativa. Los obstáculos indicados en la zona de aproximación también se sobrevuelan con suficiente margen.

Veintiún segundos después de elevar las ruedas, se detiene la alarma WINDSHEAR. En ese momento, la altura es de 193 ft y el ángulo de cabeceo es de 13° en disminución. Cinco segundos más tarde, a una altura de 258 ft, la velocidad aérea calibrada alcanza la V2⁽¹⁰⁾, es decir, 145 kt.

En el momento de liberar la frecuencia, la tripulación informa de la cizalladura del viento al controlador, que colaciona. Unos 30 s más tarde, tras el despegue en la pista 13R, la tripulación solicita al controlador mantener su posición tres minutos debido a la cizalladura del viento.

La tripulación del vuelo AF681 continúa su ascenso mientras evita varias tormentas y continúa el vuelo sin incidentes hasta su destino.

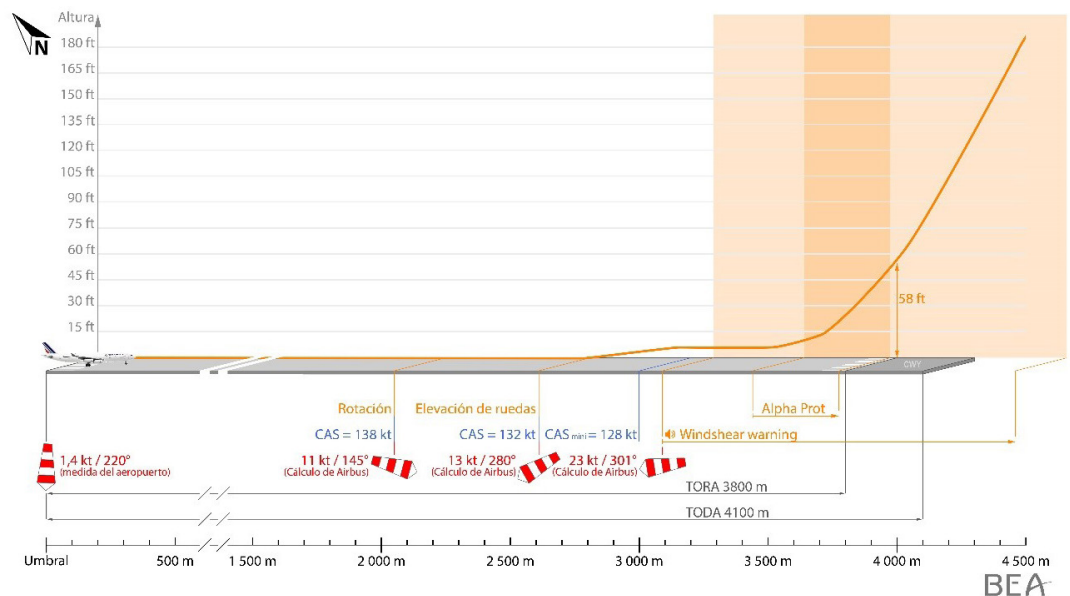


Figura 1 - trayectoria del F-GLZU

La activación de una protección de ángulo de ataque alto cercano al suelo y las limitaciones del aeropuerto de Bogotá para la operación del A340-300 han motivado que la BEA clasifique este incidente como un incidente grave.

2 - INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

2.1 Aeródromo de Bogotá El Dorado

El aeródromo de Bogotá El Dorado se encuentra a una altitud de 8360 ft y cuenta con dos pistas paralelas: la pista 13L/31R y la pista 13R/31L. La pista 13R, de la que despegó la tripulación, presenta las siguientes características:

- longitud: 3800 m; carrera de despegue utilizable: 3800 m;
- zona de parada: 60 m; distancia de aceleración-parada utilizable: 3860 m;
- zona libre de obstáculos: 300 m; longitud de campo de despegue utilizable: 4100 m.

Teniendo en cuenta estas características, la carga paga suele limitarse en Bogotá para el A340-300. Para otros tipos de aviones de larga distancia, la carga paga también se reduce para permitir un servicio de transporte comercial.

2.2 Desempeño operacional en el despegue

Durante la preparación del vuelo, la tripulación debe calcular el desempeño del avión en el despegue para lo siguiente:

- determinar la masa máxima con la que el avión puede despegar teniendo en cuenta todos los márgenes normativos (distancias de despegue y de aceleración-parada, margen de franqueamiento de obstáculos, pendiente mínima de ascenso, etc.);
- calcular las velocidades de despegue V1, VR y V2.

Tras el despegue inusualmente largo que experimentó el A340 de Air France con matrícula F-GLZU el 11 de marzo del 2017 en Bogotá⁽¹¹⁾, el operador ha aplicado una medida preventiva con vistas a aumentar los márgenes de seguridad en el despegue de los vuelos realizados con el A340-300. Dicha medida, que entró en vigor en el momento del incidente, ha causado que se limite el peso al despegue del avión.

El día del incidente, el avión estaba «*limitado para pista*», lo que quiere decir que el peso máximo estaba limitado por la distancia de despegue del avión, teniendo en cuenta las medidas preventivas aplicadas por el operador. En el caso presente, se trata de las distancias de despegue calculadas con un motor inoperativo que eran restrictivas.

⁽¹¹⁾<https://www.bea.aero/index.php?id=40&L=0&news=16559>

2.3 Viento en el despegue

Viento calculado

Tanto Airbus como el BEA calcularon el viento en el momento del despegue a partir de los parámetros registrados (Figura 2).

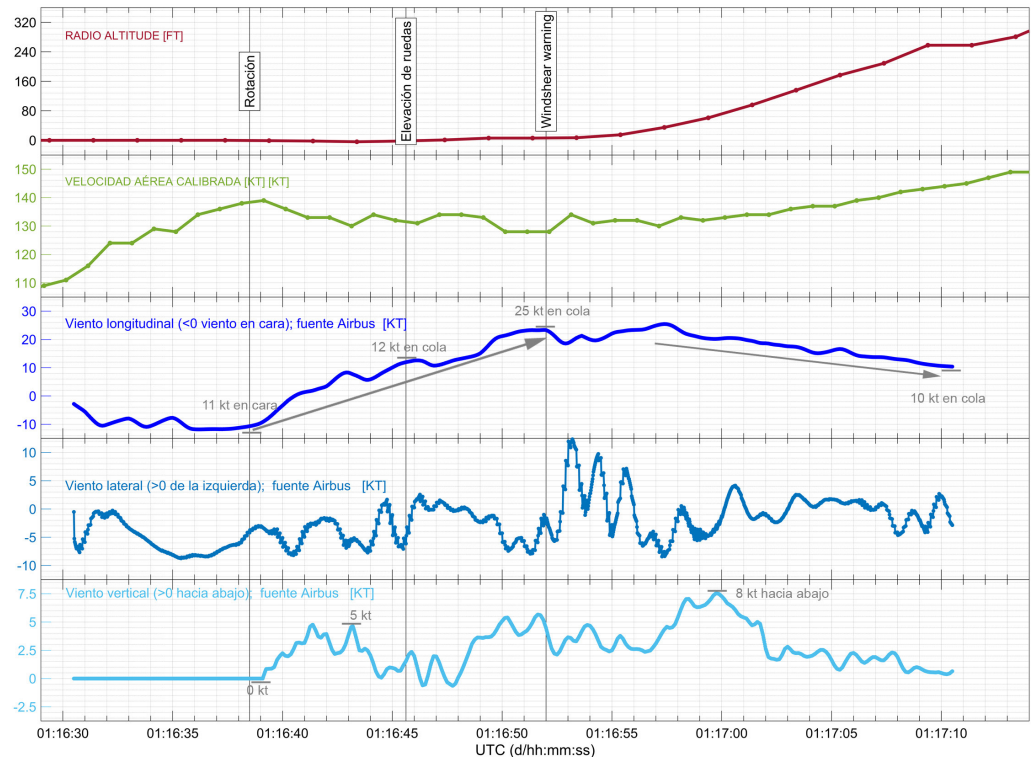


Figura 2 - viento calculado

El viento se ha calculado mediante el sistema de referencia del avión y se han tenido en cuenta el efecto suelo y el sesgo de la aceleración.

Durante la carrera de despegue, entre la 01:16:39 h y la 01:16:45 h, el viento longitudinal pasa de 9 kt de cara a 12 kt de cola. El viento vertical aumenta de 0 kt a un máximo de 5 kt hacia abajo.

Tras elevar las ruedas a la 01:16:45 h, el viento longitudinal continúa aumentando hasta alcanzar un máximo de 25 kt de cola 12 segundos más tarde. El viento vertical permanece principalmente orientado hacia abajo, con una velocidad aproximada de 4 kt. El viento lateral varía con rapidez entre 8 kt desde la derecha y 13 kt desde la izquierda.

A partir de la 01:16:57 h, es decir, 12 segundos después de elevar las ruedas, el viento longitudinal disminuye de 25 kt de cola a 10 kt de cola en un periodo de 13 segundos. El viento vertical alcanza un máximo de 8 kt hacia abajo antes de disminuir a 0 kt. El viento lateral también se reduce.

Viento medido en el aeropuerto

El aeropuerto cuenta con anemómetros en cada uno de los umbrales de pista que miden el viento instantáneo cada diez segundos. Los datos de viento registrados por dichos anemómetros durante los diez minutos anteriores al despegue muestran también diferencias en relación con la velocidad y dirección entre los umbrales de la pista 13 por un lado y los umbrales de la 31 por otro lado (Figura 3). En el caso de la pista 13R, que aparece en rojo en el gráfico, la velocidad del viento se estabiliza alrededor de los 2 kt y su dirección varía de 360° a 210°.

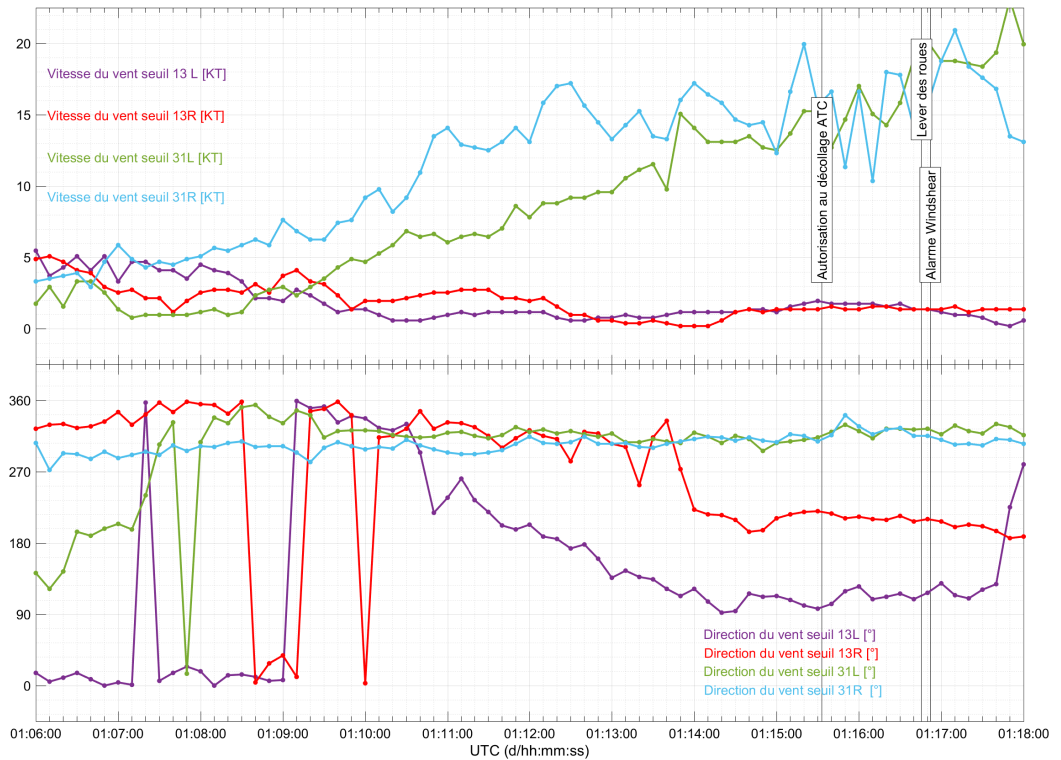


Figura 3: Viento en los cuatro QFU durante los diez minutos anteriores al despegue

En el momento de la autorización de despegue, el viento medido en el umbral de las cuatro pistas es el siguiente:

Umbral de pista	Velocidad del viento (kt)	Dirección (°)
13R	1,4	220
13L	2,0	97
31R	15,6	308
31L	15,3	313

Las diferencias en términos de dirección e intensidad entre los cuatro umbrales de pista se mantienen durante unos 13 minutos, abarcando así el tiempo del despegue. Las diferencias de este tipo podrían alertar a las tripulaciones y los controladores sobre la posible presencia de una cizalladura del viento.

2.4 Datos meteorológicos disponibles para la tripulación

El mensaje de observación de METAR de las 20:00 h UTC que figura en el registro de vuelo de la tripulación incluía la siguiente información:

- viento de 310° y de 12 kt;
- visibilidad superior a 10 km;
- presencia de cumulus congestus (TCU) cuya base estaba a 1700 ft y nubes cuya base estaba a 2000 ft;
- temperatura de 20 °C, punto de rocío de 12 °C;
- QNH 1023;
- tormentas recientes y presencia de cumulus congestus en el noreste del aeropuerto.

El mensaje de previsión de TAF que figura en el registro de vuelo de la tripulación incluía los siguientes elementos:

- previsiones válidas del 18 de agosto a las 18:00 h al 19 de agosto a las 18:00 h;
- temporalmente entre las 18:00 h y las 20:00 h, visibilidad de 7000 m, presencia de tormentas y lluvia, cumulonimbus cuya base estaba a 1500 ft y a 1700 ft;
- temporalmente entre la 01:00 h y las 05:00 h, visibilidad de 6000 m, presencia de llovizna y lluvia, capa de nubes fragmentada cuya base estaba a 1500 ft con presencia de cumulonimbus y nubes cuya base estaba a 7000 ft.

Además, en la sala de preparación de vuelos, las tripulaciones disponían de una tableta que proporciona a tiempo real el viento medido en los cuatro umbrales de pista (Figura 4).

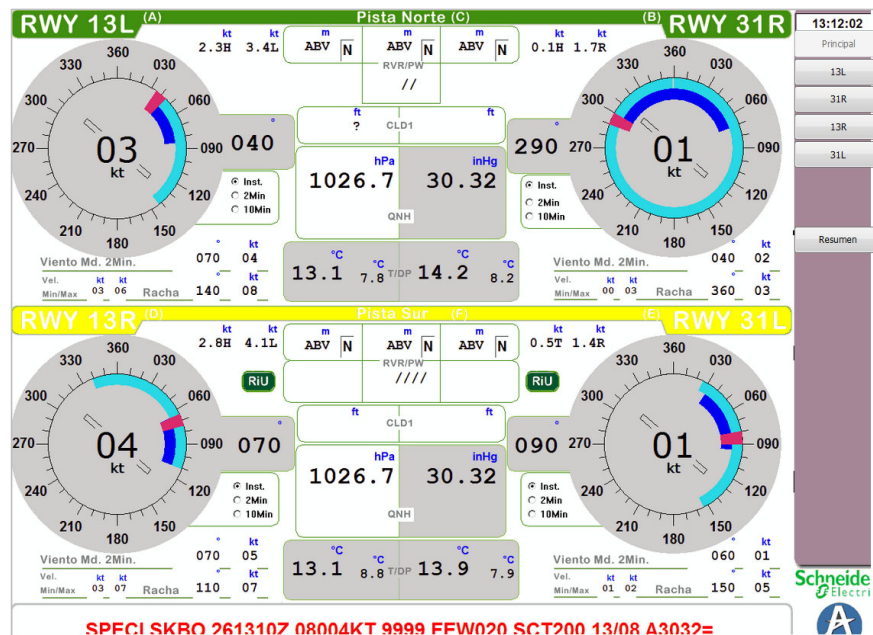


Figura 4 – Ejemplo de captura de pantalla de la herramienta que indica el viento en los cuatro umbrales de pista del aeropuerto de Bogotá

⁽¹²⁾ Este punto ha sido objeto de una medida tomada por Air France tras dicho incidente (ver sección 3.3).

En cambio, en la cabina de mando los pilotos no disponían ya de esta información a tiempo real y dependían de que el controlador se la transmitiera⁽¹²⁾.

Durante las autorizaciones para el despegue anterior a la salida del F-GLZO, el controlador indicó en español a varias tripulaciones:

- un viento de 330° y de 2 kt de cola;
- un viento de 350° y de 3 kt de cola;
- un viento de 300° y de 1 kt de cola.

Durante la autorización de despegue, el controlador informó a la tripulación que el viento estaba en calma. La tripulación no pidió que se le informara del viento de los dos umbrales de la pista en servicio, algo que no formaba parte de las instrucciones del operador. Además había un aviso a aviadores (COMPANY NOTAM) en proceso de publicación por parte del operador a fin de solicitar a las tripulaciones que tuvieran en cuenta el viento de los dos umbrales de la pista de servicio (ver sección 3.3).

2.5 Predictive Windshear System

El avión cuenta con un sistema predictivo de detección de cizalladura del viento (PWS), así como un sistema reactivo. El sistema reactivo utiliza principalmente el ángulo de ataque del avión y el viento calculado por el avión, mientras que el sistema predictivo emplea los ecos del radar meteorológico sobre las gotas de agua en suspensión para estimar los movimientos de la atmósfera situada delante del avión.

El sistema reactivo detectó la cizalladura del viento a la 01:16:51 h, es decir, seis segundos después de que el avión se elevara del suelo.

El PWS se activa si se detecta una cizalladura del viento en un radio de 5 NM delante del avión. Para ello, es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

- que el riesgo se sitúe en un cono de 30° a cada lado del morro del avión;
- que haya agua en el aire de forma que la reflectividad sea suficiente (gotas, precipitaciones, etc.);
- que el riesgo por presencia de cizalladura del viento sea lo suficientemente elevado (riesgo estimado a partir de un factor que tiene en cuenta el viento calculado por el avión).

La tripulación había activado este sistema de acuerdo con los procedimientos de operación. No detectó la presencia de cizalladura del viento durante el incidente. No se pudo determinar la causa de la falta de detección ya que los parámetros que el sistema tiene en cuenta no se registraron y las condiciones meteorológicas no se han podido determinar con la precisión suficiente.

2.6 Sistemas aeroportuarios de detección de cizalladura del viento

Hay varios tipos de sistemas de tierra que permiten detectar la aparición de cizalladura de viento cerca de un aeropuerto. Estos sistemas pueden utilizar datos provenientes de los siguientes sistemas:

- anemómetros colocados en lugares estratégicos sobre y alrededor del aeródromo, como es el caso de los sistemas de alerta de cizalladura del viento de nivel bajo (LLWAS);
- radares meteorológicos Doppler de región terminal (TDWR), que, sin embargo, no pueden detectar una cizalladura a no ser que haya la humedad suficiente;
- radares ópticos Doppler (LIDAR), que pueden detectar una cizalladura en atmósferas secas.

⁽¹³⁾Robert G. Hallowell
y John Y. N. Cho.
Wind-Shear System
Cost-Benefit Analysis.
Lincoln Laboratory
Journal, volumen 18,
número 2, 2010.

Algunos aeropuertos expuestos con frecuencia a las cizalladuras de viento cuentan con uno o varios de estos sistemas. En los Estados Unidos, hay 40 aeropuertos equipados con LLWAS y 46 con TDWR, de acuerdo con un estudio realizado en el año 2010⁽¹³⁾. En Asia, los aeropuertos de Hong Kong, Taiwán y Singapur también cuentan con estos dispositivos. El aeropuerto de Bogotá El Dorado no cuenta con dichos sistemas.

2.7 Procedimiento operacional en caso de cizalladura del viento

El procedimiento operacional en caso de cizalladura del viento durante el despegue (Figura 5) prevé las acciones posteriores que la tripulación debe poder realizar de memoria:

■ Airborne - initial climb or landing:

THR LEVERS AT TOGA.....	SET OR CONFIRM
AP (if engaged).....	KEEP ON
SRS ORDERS.....	FOLLOW

If necessary, the flight crew may pull the sidestick fully back.

Note: 1. The autopilot disengages, if the angle of attack value goes above alpha prot.
2. If the FD bars are not displayed, move toward an initial pitch attitude of 17.5 °.
Then, if necessary to prevent a loss of altitude, increase the pitch attitude.

DO NOT CHANGE CONFIGURATION (SLATS/FLAPS, GEAR) UNTIL OUT OF WINDSHEAR.

CLOSELY MONITOR THE FLIGHT PATH AND THE SPEED.

SMOOTHLY RECOVER TO NORMAL CLIMB OUT OF WINDSHEAR.

Figura 5: fragmento del procedimiento WINDSHEAR (FCOM de Airbus)

Durante el incidente, en el momento de la activación de la alarma WINDSHEAR:

- los aceleradores estaban en posición TOGA y quedaron en dicha posición;
- el piloto automático no estaba conectado;
- el piloto a los mandos informó de que seguía las barras del FD, lo que confirma el cálculo de órdenes en el plan longitudinal del FD llevado a cabo por el fabricante;
- el comandante indicó que la configuración debía permanecer fija, lo que confirman también los datos grabados.

2.8 Estadísticas de cizalladura del viento en el despegue

- Organismo de control aéreo del aeropuerto de Bogotá:
De acuerdo con los datos suministrados por el GRIAA, no hay estadísticas disponibles sobre el número de cizalladuras de viento por año en Bogotá, ni equipos o procedimientos específicos para la detección y gestión de estos fenómenos.
- Estadísticas de Air France:
De acuerdo con los datos del análisis de vuelo de Air France, se han producido 21 cizalladuras de viento en el despegue o en el ascenso inicial en el conjunto de los aeropuertos perjudicados, incluyendo todas las flotas, entre el 1 de enero del 2015 y el 19 de agosto del 2017, es decir, en torno a 1 de cada 33 000 vuelos (Figura 6). La cizalladura del viento experimentada el día del incidente es la más fuerte en cuanto a variación del viento de cola y, además, es la que se ha producido a menor altura.

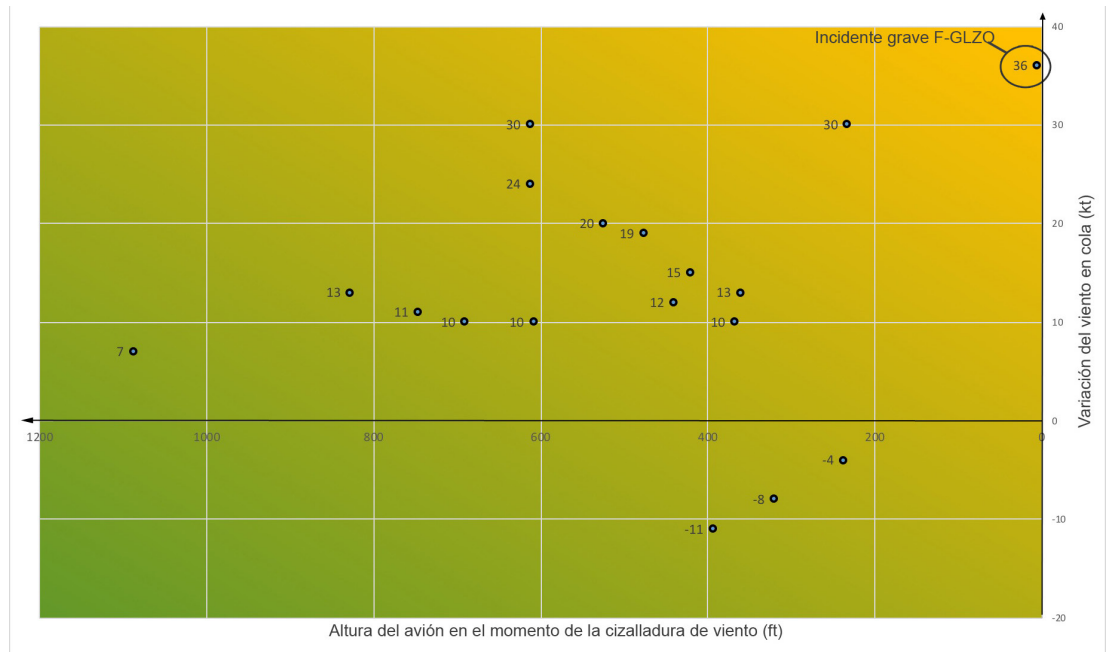


Figura 6: distribución de cizalladuras de viento por altura del suelo y por intensidad

Por otra parte, Air France ha analizado la distribución por aeropuerto de las alarmas WINDSHEAR reactivas activadas durante las fases de salida (despegue y ascenso inicial) y de llegada (aproximación y aterrizaje) entre enero del 2015 y marzo del 2018. En este análisis no se incluye al aeropuerto de Bogotá entre los aeropuertos con mayor exposición: durante dicho periodo solo se registró una alarma WINDSHEAR en Bogotá, la que generó el presente incidente grave.

Air France también ha investigado el número de cizalladuras de viento de las que se ha informado en los mensajes de METAR en relación con los últimos cinco años y con la totalidad de los aeropuertos afectados. El aeropuerto más expuesto cuenta de media con más de 100 días al año con al menos un mensaje de METAR que indique la presencia de una cizalladura del viento (código «WS» en el mensaje de METAR). En el aeropuerto de Bogotá, la cifra media asciende a 15 días por año.

Bases de datos nacional y europea

Se ha llevado a cabo una investigación en la base de datos del BEA y en el Repositorio Central Europeo⁽¹⁴⁾ a fin de identificar las cizalladuras de viento en el despegue en aviones con una masa máxima en el despegue superior a 5,7 t o destinados al transporte aéreo comercial, sin limitación de fechas. Entre las 2361 ocurrencias que cumplen los criterios de las investigaciones:

- se ha identificado un accidente sufrido por el DC9 con matrícula XA-BCS en México con fecha del 21 de julio del 2004⁽¹⁵⁾. Los datos disponibles en el sitio de la NTSB hacen referencia a una cizalladura del viento producida un poco después de la rotación, lo que provocó la pérdida del control y la colisión del avión contra el suelo. Un pasajero resultó gravemente herido y el avión experimentó daños importantes.
- dos incidentes graves, uno sufrido por el BAE 146 durante el ascenso y otro por el A340. Sin embargo, los datos recopilados sobre este último incidente son no suficientes como para que puedan utilizarse en esta investigación.

⁽¹⁴⁾El Repositorio Central Europeo es una base de datos gestionada por la Comisión Europea cuyo fin es almacenar todos los informes de incidentes recopilados en la Unión Europea. De acuerdo con el reglamento (UE) n.º 376/2014, «Cada Estado miembro actualizará, de común acuerdo con la Comisión, el Repositorio Central Europeo mediante la transferencia de toda la información en materia de seguridad almacenada en las bases de datos nacionales».

⁽¹⁵⁾Datos disponibles en la siguiente dirección: https://www.nts.gov/layouts/ntsb.aviation/brief2.aspx?ev_id=20040722X01041&ntsbno=FTW04WA194&akey=1

Entre los 2358 incidentes, en once de ellos se vieron implicados aviones A340. De estos once incidentes, cinco de ellos se produjeron en el ascenso inicial y los seis restantes en el momento del despegue o la rotación.

Ninguno de estos incidentes tuvo lugar en Bogotá. De los seis incidentes producidos en el momento del despegue o la rotación, solo en uno se activó la alarma reactiva WINDSHEAR y la descripción de los sucesos llevada a cabo por las tripulaciones no muestra dificultades específicas en relación con la gestión de dicha situación.

2.9 Medida preventiva adoptada por Air France

Como se ha indicado anteriormente, la medida preventiva adoptada por Air France ha conllevado que se limite la masa en el momento del despegue del avión. Sin esta medida preventiva, la masa del avión hubiera podido ser superior. En el caso de una cizalladura del viento que se produjera después de la velocidad V1, el alcance de la VR se habría retrasado.

No se ha podido cuantificar el aumento de la distancia necesaria para alcanzar la velocidad VR y la elevación de las ruedas si la masa del avión en el momento del despegue no se hubiera limitado mediante esta medida preventiva.

No obstante, la imposibilidad de alcanzar la velocidad VR antes del fin de la pista hubiera podido representar uno de los temidos sucesos en dicho incidente grave si no estuviera en vigor la medida preventiva.

Esta medida adoptada por el operador para disminuir el riesgo de que se produzca un despegue largo también ha permitido disminuir los riesgos relacionados con la cizalladura del viento en el despegue.

3 - LECCIONES APRENDIDAS Y RECOMENDACIONES

3.1 Gestión del riesgo de cizalladura del viento en el despegue: una estrategia de cara a la prevención

En caso de que se produzca una cizalladura del viento, la aparición de un componente de viento longitudinal de cara y un componente de viento de cola, asociada a una variación de viento vertical hacia abajo, provoca una disminución de la velocidad del aire y de la sustentación. Cuando se produce un fenómeno de este tipo un poco antes o después de la rotación, los riesgos asociados son la pérdida del control o la colisión con obstáculos.

Dado este incidente y una vez que el avión había alcanzado la cizalladura del viento, con las palancas de empuje en la posición TOGA, la tripulación contaba con pocos medios a su disposición para restaurar los márgenes de seguridad y no podía jugar más que con el ángulo de cabeceo del avión para evitar también una pérdida y una colisión contra el suelo u obstáculos. En este caso, las protecciones del envolvente de vuelo, sobre todo en ángulo de ataque, permiten a la tripulación aplicar un movimiento de palanca hasta alcanzar la posición máxima a encabritar si fuera necesario (ver el procedimiento descrito en la sección 2.6).

Las acciones que pueden llevarse a cabo para limitar los riesgos identificados anteriormente se centran principalmente antes de que el avión entre en la cizalladura del viento.

3.2 Evaluación del riesgo de la cizalladura del viento en el aeropuerto de Bogotá El Dorado

Las autoridades locales no han elaborado estadísticas sobre el número de cizalladuras de viento por año en el aeropuerto de Bogotá El Dorado. Los despegues de los aviones de larga distancia de dicho aeropuerto suelen llevarse a cabo al límite de su desempeño, lo que puede agravar las consecuencias de una windshear en el despegue. Además, dicho aeropuerto no cuenta con equipos para detectar estos fenómenos, que están relacionados con riesgos de pérdida de control y/o colisión contra el suelo u obstáculos.

Debido a esto, el BEA recomienda lo siguiente:

- **que las autoridades colombianas de aviación civil (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil) evalúen el número de cizalladuras de viento por año producidas en el aeropuerto de Bogotá El Dorado, su intensidad y las condiciones que favorecen su aparición.**
[Recomendación de FRAN 2019-035]
- **que las autoridades colombianas de aviación civil evalúen, en función de los resultados derivados del anterior estudio, si resulta pertinente equipar el aeropuerto de Bogotá El Dorado con dispositivos para detectar dichos fenómenos y avisar de estos al control aéreo.**
[Recomendación de FRAN 2019-0036]

3.3 Información relativa al viento proporcionada a las tripulaciones por parte del control aéreo

El registro de vuelo de la tripulación no incluía mensajes que indicaran la presencia de cizalladura del viento. Además, el sistema predictivo de detección (PWS) no detectó la cizalladura del viento a pesar de su intensidad, su ubicación en el eje del avión y la presencia de precipitaciones. Por ello, la tripulación se basaba esencialmente en los datos transmitidos por los controladores aéreos para evaluar el riesgo en el momento del despegue.

Los controladores contaban con información relativa al viento en los cuatro umbrales de pista, pero no se la transmitieron a la tripulación con la autorización de despegue. En general, esta información no se comunica de manera sistemática. No obstante, la investigación ha demostrado que estos datos, que indicaban una diferencia duradera de la velocidad y la dirección del viento entre los umbrales de las pistas 13 y 31 en el momento del incidente, eran los únicos factores que podrían haber alertado sobre el riesgo de que se produjera una cizalladura del viento.

Tras este incidente grave, Air France emitió una instrucción operacional mediante un aviso para aviadores (COMPANY NOTAM) en la que se exige a las tripulaciones que pregunten al controlador los datos de viento de los dos umbrales de la pista en servicio y que tengan en cuenta el viento más desfavorable antes de llevar a cabo el despegue. Dicho NOTAM se incluyó en todos los registros de vuelo con destino a Bogotá el 25 de agosto del 2017, seis días después del incidente grave. Además, las tripulaciones de Air France pueden consultar actualmente en cabina de mando el viento medido en los cuatro umbrales de pista mediante su tableta profesional PILOTPAD. Esta información podría resultar beneficiosa para todos los operadores que trabajen en este aeropuerto.

Debido a esto, el BEA recomienda lo siguiente:

- **que las autoridades colombianas de aviación civil (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil) se aseguren de que el organismo a cargo del control aéreo en Bogotá cuente con un procedimiento en vigor a fin de que se indique a las tripulaciones, al autorizarles el despegue, el viento medido en los dos umbrales de la pista en servicio cuando la situación meteorológica favorezca la aparición de cizalladuras de viento (en concreto, en caso que haya tormentas, cumulus congestus o cumulonimbus cerca del aeropuerto) y que la información aeronáutica del aeropuerto de Bogotá advierta a los operadores del riesgo relacionado con estas situaciones en particular.**

[Recomendación de FRAN 2019-037]

3.4 Idioma de las comunicaciones con el control aéreo

Cuando se produce el incidente, las comunicaciones entre el control aéreo y la tripulación del vuelo de Air France son las únicas que se producen en inglés, mientras el resto de comunicaciones tienen lugar en español. No obstante, el controlador solicitó en varias ocasiones a las tripulaciones hispanohablantes información sobre la situación meteorológica que encontraron en el despegue.

Igualmente, el controlador autorizó el despegue a varias tripulaciones un poco antes de autorizárselo al vuelo de Air France y les indicó en cada una de las ocasiones los datos más recientes relativos al viento. Dichos datos, que se comunicaron en español, podrían haber sido de interés para la tripulación que sufrió el incidente grave.

Aunque en las comunicaciones no se mencionó la presencia de cizalladura del viento, la tripulación del vuelo de Air France no tenía acceso a los datos intercambiados con el control aéreo sobre la situación meteorológica y sobre la ordenanza de las salidas, lo que limitó su conocimiento sobre la situación.