

Cizalladura del viento a bajo nivel en el aeropuerto internacional “Antonio Maceo”, Santiago de Cuba

Low level wind shear at “Antonio Maceo” international airport, Santiago de Cuba



<https://eqrcode.co/a/8OKRnA>

Juan Ayón-Alfonso

Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Universidad de La Habana, La Habana, Cuba

RESUMEN: El Aeropuerto Internacional de Santiago de Cuba se encuentra ubicado al sur de la montañosa zona oriental de Cuba, condición orográfica que incide en la ocurrencia de cizalladura del viento a bajo nivel y que en ciertos momentos afecta las operaciones de despegue o aterrizaje. Se presenta brevemente el estudio realizado de las causas de un incidente ocurrido en el año 1991 en este aeródromo cuando una aeronave que despegaba sufrió los efectos de este fenómeno meteorológico, así como las características físico-geográficas que favorecen su ocurrencia. Un breve análisis algo más actualizado del comportamiento del viento en dicho aeródromo es llevado a cabo, teniendo en cuenta el recurrente reporte de turbulencia por parte de los pilotos durante las aproximaciones a la pista para el aterrizaje o durante el despegue.

Palabras clave: aeronave, turbulencia, cizalladura del viento, efectos orográficos.

ABSTRACT: The Santiago de Cuba International Airport is located at the south of the mountain region of the eastern Cuba, geographic condition that generates the low level wind shear that affects takeoff and landing operations in any moment of the day. A brief analysis is presented of the incident occurred in 1991 in this aerodrome, when an aircraft taking off suffered the effects of this weather condition, as well as the physics and geographic characteristics related with it. A short and more actualized analysis of the behavior of the wind is also carry out, taking into consideration the recurrent reports of turbulence made by the pilots during the approach to land or take off phases.

Key words: aircraft, turbulence, wind shear, geographic effects.

INTRODUCCIÓN

La cizalladura del viento a bajo nivel es un fenómeno meteorológico muy peligroso considerado como una causa directa o como un factor contribuyente en no pocos accidentes e incidentes de aviación durante el despegue y ascenso inicial de las aeronaves, así como en las fases de la aproximación para el aterrizaje y durante el aterrizaje.

Este fenómeno es originado por diferentes causas, entre ellas, la presencia de nubes de tormenta, la topografía local, la cercanía a zonas costeras que generan frentes de brisas y en algunas regiones, por efectos de una fuerte inversión de temperatura cercana a la superficie.

El Aeropuerto Internacional “Antonio Maceo” de Santiago de Cuba posee dos pistas, una de ellas con orientación Este - Oeste (identificada como 10-28) que es la más utilizada debido a los vientos predominantes y de mayor longitud; la otra se encuentra orientada Norte-Sur identificada como 01-19, que era utilizada por aeronaves de menor porte cuando el viento se mantenía con una componente norte, al incidir de forma perpendicular (viento cruzado) en la pista 10-28, e impidiendo que determinadas aeronaves pudieran operar en la misma. Este aeródromo está situado en la costa Sur de Santiago de Cuba como se observa en la [figura 1](#).

Autor para correspondencia: Juan Ayón-Alfonso. E-mail: jayón@instec.cu

Recibido: 15/08/2020

Aceptado: 26/09/2020



Figura 1. Aeropuerto Internacional Antonio Maceo

La componente norte del viento se produce cuando algún frente frío logra avanzar hasta el extremo oriental de la isla o cuando, por determinado patrón sinóptico, el viento proviene de dirección norte. Cuando aún no se había producido la prolongación de la pista 10-28, muchas aeronaves que se encontraban en la fase final de la aproximación por la pista 28, experimentaban cierta turbulencia al sobrevolar la notable depresión que se encontraba al inicio de la misma. El relleno de esa depresión interrumpió el libre flujo del aire que se desplazaba, de forma transversal por esa zona.

INCIDENTE

En el año 1991, una aeronave IL-62 que se dirigía hacia Europa, llena de pasajeros y con suficiente combustible para dicha trayectoria, inició su carrera de despegue por la pista 10, pues la dirección e intensidad del viento permitía a la tripulación utilizar cualquier sentido para dicha operación y quedaba mejor acomodada para su trayectoria hacia el Este. En ese momento el viento registrado en el centro del campo era del Norte con 10 nudos¹.

Al llegar a la zona donde se llevó a cabo el relleno para la prolongación de la pista, conocida como Aguadores, la tripulación sintió que la aeronave se estremecía e inmediatamente, de forma sorpresiva, se fue al aire sola sin su intervención y

antes de alcanzar la velocidad V_1 girando inmediatamente algo su nariz hacia la componente norte del viento y ascendiendo varios cientos de pies sin el control de la tripulación. V_1 es la velocidad calculada por la tripulación de vuelo para cada despegue, que cuando la misma se alcanza por la aeronave, ya no se puede interrumpir la carrera, pues no alcanzaría el resto de la pista para una completa detención de la aeronave debido al momento alcanzado. Se calcula a partir de la dirección e intensidad del viento, entre otros elementos meteorológicos.

En la entrevista con el comandante del vuelo, este comentó que pensaba que el estremecimiento de la aeronave se debía a alguna rugosidad de la superficie de la pista al suponer un hundimiento del terreno al ceder el relleno llevado a cabo para la prolongación de la pista.

En visita a la zona donde se produjo el incidente se detectó que la misma se encontraba en perfectas condiciones. Se observó también por la zona norte, una gran depresión de más de 50 metros de profundidad y la existencia de un flujo irregular del aire en el área circundante, tomando en cuenta el notable movimiento de la vegetación producida por el viento ([figura 2](#)) y que el mismo era algo más intenso sobre la pista en comparación con el viento que reportaban en ese momento los tres anemómetros del aeródromo.



Figura 2. Esquema realizado para reflejar el comportamiento observado del flujo de aire proveniente del Norte en la zona del relleno realizado para la extensión de la pista hacia el Este

¹Por regulaciones de la OACI y la OMM, la unidad de medida del viento para la aviación es el metro por segundo y el nudo. 1 nudo = 1.82 KPH. En Cuba se utiliza el nudo para el sistema de la aviación como en casi todas las Regiones.

La [figura 3](#) muestra un corte transversal de la pista en dicha zona, para representar de forma esquemática, la percepción obtenida del movimiento del aire, observando que se produce una aceleración del viento por un efecto “Vénturi”, debido a un estrechamiento del “cañón” hacia la pista en la horizontal y por un estrechamiento del espacio en la vertical entre el flujo del aire obligado a ascender por la ladera norte de la pista y el aire que fluye algo más arriba, creándose además cierta turbulencia por la fricción contra la superficie de la pista.

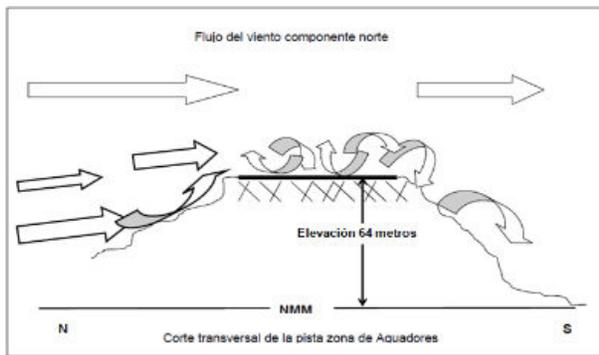


Figura 3. Corte transversal de la pista 10-28 y esquema del flujo del aire sobre la misma

En esa zona no existía en ese momento anemómetro alguno que permitiera conocer los valores reales del viento, pero tomando en cuenta, que el peso máximo de despegue de una aeronave IL- 62 es de 160 toneladas, lo que incluye a los pasajeros, la carga y el combustible, como era este caso y la velocidad mínima para el despegue es de 300 Km por hora, la tripulación estimó que en la zona del relleno existió un valor del viento superior a los 10 nudos informado por el controlador de aeródromo para el despegue, lo que produjo el mencionado ascenso incontrolado mucho antes del punto donde debió alcanzar la velocidad para despegar (V2).

Desde el punto de vista aerodinámico, las fuerzas de sustentación que actúan sobre una aeronave, se ejercen fundamentalmente sobre las alas, por lo cual la mayoría de los cálculos se realizan, a partir del perfil alar. Una aeronave con

un eficiente diseño de sus alas, responde satisfactoriamente dentro de la masa de aire donde se desplaza.

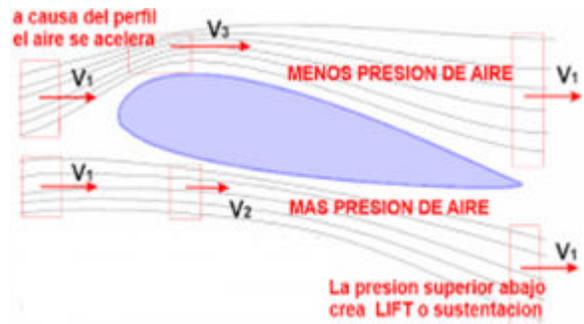


Figura 4. Fuerzas actuantes sobre las alas

ANÁLISIS DEL INCIDENTE

Durante la carrera de despegue, ya la aeronave interactuaba más con la masa de aire dentro de la cual se desplazaba que con relación a la superficie donde “rodaba”, respondiendo más a los cambios que se produjeron en dicha masa de aire.

El brusco incremento de la intensidad del viento en esa porción de la pista, provocó un aumento de la fuerza de sustentación, que dio como resultado el súbito ascenso de la aeronave sin la intervención de la tripulación antes de alcanzar la velocidad V1. Al estar la aeronave interactuando con la masa de aire dentro de la cual se desplazaba, aumentó la influencia de componente lateral del viento que actuaba sobre su empenaje, provocando un pequeño giro de la proa hacia el norte, lo cual contribuyó también al aumento de la sustentación.

La fricción del aire sobre la superficie de la pista, generó un flujo turbulento (ver [figura 3](#)) que se transmitió a la aeronave a su paso por el lugar, dando la impresión a la tripulación de que había irregularidad en el pavimento.

Esta hipótesis se hubiera podido comprobar, si en el lugar del incidente hubiera existido un anemómetro para realizar los cálculos necesarios y compararla con los datos de los 3 anemómetros instalados en el aeródromo. En las [figuras 5](#) y [6](#) se representan las fuerzas que actúan sobre una aeronave, cuando ésta despegue con viento cruzado.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN TOMADAS

Se indicó la instalación de otro anemómetro en la zona (identificado como anemómetro “H”) para conocer el valor real del viento en dicho lugar. Se emitió una Regulación Aeronáutica estableciendo que, cuando la dirección obtenida por el anemómetro “H” tuviese una diferencia de 60° o más con relación al anemómetro del centro del campo o del umbral de la pista 28 y su intensidad fuese igual o superior a 10 nudos, la Oficina Meteorológica del Aeródromo deberá emitir una alerta de probable ocurrencia de cizalladura del viento a bajo nivel en dicha porción de la pista, lo cual se ha mantenido hasta la actualidad.

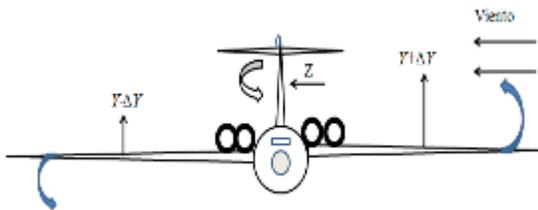


Figura 5. Fuerzas actuantes sobre una aeronave despegando con viento cruzado



Figura 6. Fuerzas actuantes sobre el empenaje de la aeronave con viento cruzado

SITUACIÓN ACTUAL

Reportes actuales de pilotos de los vuelos que aterrizan o despegan en este aeródromo, sobre la ocurrencia de turbulencia en dichas fases de operaciones motivaron realizar un breve estudio, con el objetivo de continuar evaluando el comportamiento del viento, tomando en cuenta lo realizado hace varios años.

El análisis de los reportes del viento sobre una parte del territorio oriental ha permitido evaluar, con una visión mesoescalar, cómo se produce esta afectación local en el aeródromo de Santiago de Cuba.

Un primer caso corresponde al estudio de las condiciones que existieron el 23 de enero de 2019. Como se observa en el mapa de superficie de la [figura 7](#), la porción norte de la zona oriental de Cuba estaba afectada por los restos difusos de una zona frontal que estaban produciendo lluvia ligera y nublados medios en el aeródromo de Holguín, con una configuración isobárica y un gradiente de presión en la región que indicaba que el viento debería tener una dirección del Este Sudeste con intensidad por encima de los 12 nudos.

Las observaciones horarias del aeródromo de Holguín muestran en este análisis una dirección promedio del viento de los 130° con una intensidad de 14 nudos entre las 1100 UTC y las 1700UTC, resaltando las rachas ocurridas de 30 nudos en la última hora y reportes de presencia de cizalladura del viento a bajo nivel en la pista 05.

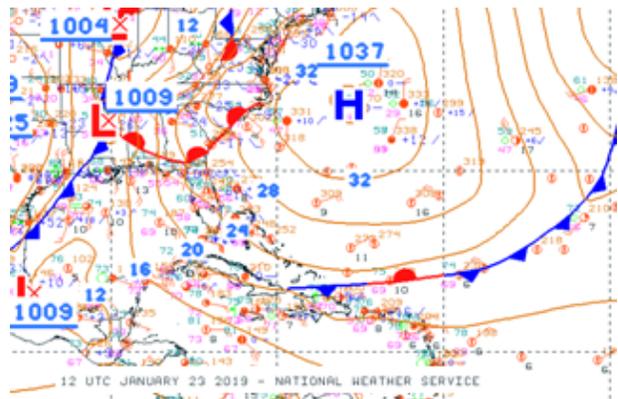


Figura 7. Análisis de superficie del 23 de enero de 2019 las 1200 UTC (Serv.Met.de Estados Unidos)

Sin embargo, el aeródromo de Santiago de Cuba reportaba, entre las 1100 UTC y 1300 UTC un viento predominante proveniente de los 020° con una intensidad de 4 nudos, posteriormente viento variable débil y las dos últimas horas, viento predominante de los 130° con 14 nudos, cuando por la configuración sinóptica debió ser un viento con

dirección predominante del Sudeste. Nuevamente, la orografía de la región produjo ese efecto.

Otro caso analizado corresponde a las condiciones que existieron el pasado 1ro de marzo de 2020, que como se muestra en el mapa sinóptico de la [figura 8](#), existe una influencia anticiclónica en la región después del paso de un sistema frontal y un gradiente de presión significativo, que generó vientos de más de 12 nudos como promedio.

Para este caso, se pudo obtener información de cada uno de los tres anemómetros a lo largo de la pista 10-28, cuyo análisis muestra la diferencia del viento en cada uno de ellos, lo cual confirma la ocurrencia de cizalladura del viento con determinada configuración sinóptica.

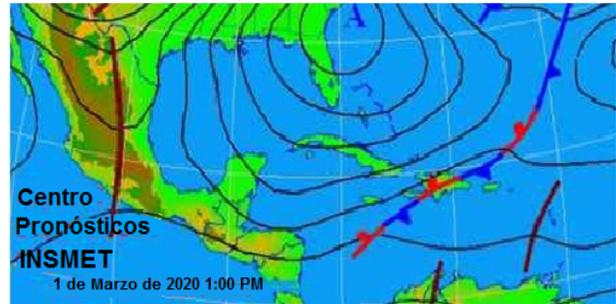


Figura 8. Mapa de Superficie 1ro de marzo de 2020 a las 1800UTC (Instituto de Meteorología)

La [tabla 1](#) con la imagen adjunta muestra los valores promedios de las intensidades de los vientos de cada uno de los tres anemómetros instalados a lo largo de la pista 10 - 28 y las direcciones predominantes.



Tabla 1. Valores predominantes del viento en 24 horas, correspondientes al 1ro de marzo de 2020.

Anemómetro cabecera 10				Anemómetro posición H				Anemómetro cabecera 28			
Promedio 13,3 nudos				Promedio 17,1 nudos				Promedio 9,6 nudos			
(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
360°	10	43,5	17,7	360°	10	43,4	23,6	360°	8	34,8	23,1
010°	6	26,1	25,8	010°	3	13	25,3	010°	4	17,4	21,2
030°	6	26,1	20,7	020°	9	39,1	24,4	020°	7	30,4	23,7
040°	1	4,3	19	350°	1	4,35	27	030°	4	17,4	19,8

Columnas: (1) Rumbo del viento; (2) Número de casos; (3) Por ciento de ocurrencia; (4) Velocidad promedio del viento

Se puede observar para este caso del 1ro de marzo de 2020, que el viento proveniente del norte es más intenso en la posición “H”, correspondiente a la zona que fue rellenada para llevar a cabo la prolongación de la pista 10-28, confirmando lo que se había estimado años atrás.

El viento predominante en el aeropuerto de Holguín durante el día en la misma fecha fue del Nordeste con 14 nudos, compatible con la situación sinóptica mostrada en la figura 8. Nuevamente se evidencia, que la configuración orográfica de esta región y a lo largo de la pista, incide en los valores del viento que se registran en el aeródromo de Santiago de Cuba.

CONCLUSIONES

El aeródromo de Santiago de Cuba posee una ubicación en la costa Sur de la zona oriental, que con la llegada de remanentes de frentes fríos, algunos de ellos manteniendo su estructura, o con la presencia de determinados patrones sinópticos, el viento se comporta con una componente predominante del Norte, lo cual genera además, turbulencia moderada en ambos sentidos de aproximación para el aterrizaje o al despegar. Esto no ocurre en condiciones de gradiente de presión débil correspondiente a las bajas latitudes, donde aparecen las brisas marinas con una dirección general del Sudeste.

Se confirma que la modificación de la orografía a lo largo de la pista 10 - 28 para su alargamiento y que interrumpió el flujo normal del viento proveniente del Norte en la zona, incide en el incremento de la intensidad del viento en esa zona, en comparación con los valores de los otros anemómetros instalados en otros puntos de la pista, incrementando el flujo turbulento en dicho lugar.

Se puede afirmar que las medidas de alerta tomadas hace años fueron apropiadas para garantizar que las operaciones en este aeródromo se realicen de forma segura.

El conocimiento de estas condiciones por parte del personal de operaciones aéreas (pilotos y despachadores) y de navegación aérea (controladores de tránsito aéreo y meteorólogos) contribuirá a tener mejores actuaciones en sus correspondientes actividades, elevando el nivel de seguridad de los vuelos.

REFERENCIAS

- AIP CUBA, Publicación de Información Aeronáutica, GEN 3.2. CARTAS AERONAUTICAS, 2019
- AIP CUBA, Publicación de Información Aeronáutica, SERVICIOS METEOROLÓGICOS, GEN 3.5, 2019
- Anexo 3 de la OACI: Servicios Meteorológicos para la Navegación Aérea Internacional, 2018
- Baranov A. M. Solonin S. V. Aviazionnaia Meteorologuia, 1981
- Caracena, F, Forecasting Microbursts & Downbursts, NOAA/Forecast Systems Laboratory, 1995
- Chang S. T. Alerting of Low Level Windshear, Hong Kong Observatory, China, July 2005
- Gracia, E. A. Matemática y Aviación: Despegando matemáticamente, 2008
- Información meteorológica de la Empresa Cubana de Navegación Aérea (ECNA) Internet, Principios Básicos, Aerodinámica. 2019
- Moreno Cruz, Yaneisi, Cartografía del Mapa Geomorfológico de la República de Cuba a escala 1:100 000, 2018
- OACI, 9na. Edición, Doc. 8896 AN/893 Manual de Métodos Meteorológicos Aeronáuticos, 2011
- OACI, Doc. 9817 Manual on Wind Shear
- Regulación Aeronáutica Cubana No. 3 (RAC 3) Manual de Meteorología Aeronáutica, 2019
- Shannon D. Morris, Low-level non-convective wind shear. National Meteorological Service, Norman Manley International Airport, Kingston, Jamaica, 1992

Adjunto 1. 1ro de marzo de 2020

A/P	Hora UTC	Posición de los anemómetros						A/P	Hora UTC	Viento
		Cabecera 10		Posición H		Cabecera 28				
		Viento	MAX	Viento	MAX	Viento	MAX			
SANTIAGO DE CUBA	0151	360/11	18	360/19	26	360/14	23			
	0250	350/16	22	360/18	26	360/14	24			
	0351	360/11	16	360/17	26	360/14	24			
	0451	360/13	21	360/18	26	360/14	21			
	0551	360/14	16	350/20	27	360/15	22			
	0651	360/13	18	360/19	28	360/15	26			
	0751	360/13	19	360/20	27	360/16	25			
	0851	010/12	20	360/17	23	010/12	22			
	0951	010/13	19	360/18	27	360/12	20			
	1051	010/10	14	010/16	23	010/13	22	HOLGUÍN		
	1151	360/11	17	360/16	20	010/12	19		1150 040/06	
	1250	010/11	18	010/21	29	020/15	21		1250 050/11	
	1351	010/13	22	020/19	29	020/15	27		1350 040/16	
	1451	010/15	22	020/13	30	020/13	22		1450 04/015	
	1550	030/16	22	020/19	27	020/15	24		1550 050/16	
	1653	030/14	19	360/19	27	010/13	22		1650 040/15	
	1753	360/13	19	020/14	21	030/10	18		1750 040/15	
	1851	360/12	17	010/17	24	030/10	18		1850 040/17	
	1953	030/14	22	020/15	22	030/11	23		1950 050/16	
	2022	360/15	XX	MOD TURB APCH RWY 10*						
2052	030/13	19	020/18	26	020/13	22		2050 040/16		
2150	040/15	19	020/15	25	030/13	20		2150 070/15		
2252	030/13	21	020/16	24	020/13	20		2250 050/14		
2353	030/12	23	020/20	26	020/15	26		2350 060/11		
Reporte de aeronave aterrizando por la pista 10										