

Escuela Superior de Guerra Aérea ESFAP

ISSN: 2618-0499 (versión impresa) / 2955-876X (versión electrónica)

ARTÍCULO ORIGINAL

ESTUDIO DE LA VISIBILIDAD Y TECHO DE NUBES BAJAS EN LAS OPERACIONES AÉREAS DURANTE LA ESTACIÓN DE INVIERNO EN EL AERÓDROMO LAS PALMAS, AÑO 2023”

Autores:

Mayor Guillén Cueva Kristhian Carlos

<https://orcid.org/0000-0002-1750-3531>

Lima Perú

cguillen@esfap.edu.pe

Mayor Collazos Corzo Rodrigo Ernesto

<https://orcid.org/0000-0002-1750-3531>

Lima Perú

Fuerza Aérea del Perú

DOI: [10.61556/ampg.v5i06.85](https://doi.org/10.61556/ampg.v5i06.85)

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo describir de qué manera la visibilidad y techo de nubes bajas influye en las operaciones aéreas durante la estación de invierno en el aeródromo Las Palmas año 2023. La metodología utilizada responde al enfoque cualitativo, alcance descriptivo y diseño no experimental de corte longitudinal. La muestra estuvo conformada por 1230 reportes METAR y operaciones aéreas del aeródromo por hora. La técnica de recolección de datos fue la observación y como instrumento los registros de pruebas estandarizadas, reportes METAR.

El estudio concluye afirmando que la visibilidad reducida y los techos de nubes bajas durante el invierno en el aeródromo Las Palmas influyen negativamente en las operaciones aéreas, especialmente en las horas de la mañana entre las 6-8am donde se concentra la mayor frecuencia de casos por debajo de los mínimos VFR. Esto obliga a cancelaciones o retrasos de vuelos VFR e incluso dificulta las operaciones IFR.

Palabras claves: *Visibilidad, nubes bajas, aeródromo Las Palmas, reportes METAR*

Recibido: 10/09/2024

Aceptado: 03/12/2024

Publicado: 31/12/2024

“OPERATIONAL SAFETY MANAGEMENT OF AIR OPERATIONS IN EXPEDITIONS IN ANTARCTICA OF THE PERU AIR FORCE, YEAR 2023”

ABSTRACT

The objective of this study is to describe how visibility and low cloud ceiling influence air operations during the winter season at the Las Palmas aerodrome in 2023. The methodology used responds to the qualitative approach, descriptive scope and non-experimental design of longitudinal cut. The sample was made up of 1,230 METAR reports and air operations at the aerodrome per hour. The data collection technique was observation and as an instrument the standardized testing records, METAR reports.

The study concludes by stating that reduced visibility and low cloud ceilings during the winter at the Las Palmas aerodrome negatively influence air operations, especially in the morning hours between 6-8am where the highest frequency of cases due to below VFR minimums. This forces cancellations or delays of VFR flights and even makes IFR operations difficult.

Keywords: *Visibility, low clouds, Las Palmas airfield, METAR reports*

INTRODUCCIÓN

Es importante que la Fuerza Aérea del Perú vele por el bienestar de la población proporcionando vuelos seguros a los pasajeros, y ello lo consigue al efectuar buenas prácticas durante las operaciones aéreas. Sin embargo, las operaciones aéreas se pueden ver afectadas durante condiciones meteorológicas adversas, representando el 30% de la causa de los accidentes aéreos. Por su parte, el viento, la visibilidad y la precipitación son los parámetros meteorológicos más importantes a evaluar, ya que se ha reportado que los accidentes más mortales han ocurrido a causa de la reducción de la visibilidad y techo de nubes bajas, turbulencia, ráfagas de viento y precipitación.

Asimismo, existen mínimos meteorológicos que los pilotos deben cumplir para realizar las operaciones aéreas, las cuales son las Reglas de Vuelo Visual (VFR), y si los pilotos no operan bajo estas reglas, los accidentes son más probables a ocurrir. Según la Regulación Aeronáutica del Perú, estas reglas sugieren que los pilotos no realizarán despegues ni aterrizajes de un aeródromo cuando el techo de nubes sea inferior a 450 m ni cuando la visibilidad sea menor a 5 km.

Además, se sabe que, durante la estación de invierno, las condiciones meteorológicas bajo VFR ocurren con más frecuencia durante el invierno. Es por ello que en los aeródromos del Perú es de suma importancia el conocer cómo es la climatología de la visibilidad, techo de nubes, fenómenos de tiempo presente y cobertura nubosa.

La investigación se conforma de cinco capítulos divididos en dos partes. La primera parte está conformada por el primer, segundo y tercer capítulo. El primer capítulo describe la problemática del estudio, objetivos, justificaciones y las limitaciones en el estudio.

El segundo capítulo, muestra una recopilación bibliográfica de los antecedentes nacionales e internacionales, las bases teóricas y los términos básicos de la investigación.

El tercer capítulo describe la metodología de la investigación, el tipo, método y diseño. Además, la población y muestra. Asimismo, muestra los supuestos formulados, y la operacionalización de las categorías en esta investigación.

La segunda parte está conformada por el cuarto y quinto capítulo. El cuarto capítulo muestra los resultados hallados mediante los reportes METAR del aeródromo Las Palmas durante la estación de invierno entre el período del 2013 al 2022. Los resultados se representan a través de gráficos estadísticos descriptivos y tablas de frecuencia para las variables en estudio, tanto de forma horaria como mensual.

El quinto capítulo expone la discusión de los resultados de los gráficos estadísticos, conclusiones y recomendaciones para una mayor comprensión del “estudio de la visibilidad y techo de nubes bajas en las operaciones aéreas durante la estación de invierno en el aeródromo Las Palmas, año 2023”.

MÉTODO

La presente investigación es de tipo aplicada, debido a que esta investigación tiene como fin generar conocimientos con aplicación (Lozada, 2014) para el aeródromo Las Palmas. Por lo tanto, en esta investigación se busca conocer cómo la visibilidad y el techo de nubes bajas se comportaron durante las operaciones aéreas del aeródromo Las Palmas en el invierno, para de esta forma estudiar los impactos que tuvieron en los vuelos.

Tiene enfoque cualitativo, que se enfoca en describir, explicar y predecir los fenómenos investigados, encontrando regularidades y relaciones causales entre las variables previamente definidas, siendo la meta principal el probar las hipótesis. (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). En este sentido, la investigación se centra en comprender cómo la visibilidad y el techo de nubes afectan negativamente las operaciones aéreas en el aeródromo Las Palmas durante el invierno.

El alcance de este estudio es descriptivo, es decir, busca describir relaciones entre dos o más variables en un momento determinado. Utiliza técnicas estadísticas para cuantificar y analizar la relación. El coeficiente de correlación es una medida común de la fuerza y dirección de la relación. (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

El estudio tiene diseño no experimental y de corte longitudinal, ya que en este tipo de investigación se busca analizar cambios al paso del tiempo para distintos tipos de categorías, conceptos, sucesos, variables, contextos o comunidades, o cómo se relacionan; y si se desea llegar más lejos, ambos tipos de cambios. Puesto que se recolectan datos para determinados períodos o momentos, los cuales son especificados (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Por lo tanto, en esta investigación se busca analizar la visibilidad horizontal y reinante, cobertura nubosa, tipo de nube y techo de nube para la estación de invierno en un período climatológico de 10 años.

La población es el conjunto de todos los casos que estén acorde con las características especificadas (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). En la presente investigación, la población está constituida por todos los reportes horarios METAR, así como los reportes de las operaciones aéreas de la FAP que pertenecen al Aeropuerto Las Palmas durante la estación de invierno para un período de 10 años, desde el 2013-2022, los cuales son 17220, ya que se tomarán los meses de mayo, junio, julio y agosto, y las horas en las que opera en aeródromo Las Palmas, es decir desde las 6 horas hasta las 19 horas.

La muestra es una porción o conjunto representativo de la población en donde se aplicará o llevará a cabo la investigación (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

El tipo de muestreo será probabilístico ya que todos los elementos de la población tienen las mismas posibilidades de ser elegidos, los cuales se obtienen definiendo las características de la muestra, siendo ideales para alcances descriptivos o correlaciones (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Por tal motivo, como características de la muestra se tiene que los reportes METAR y los reportes de las operaciones aéreas del aeródromo Las Palmas deben ser de la estación de invierno.

Según Hernández-Sampieri & Mendoza (2018), la muestra elegida es mediante la estratificación, ya que el interés en esta investigación es comparar la población mediante segmentos, grupos o nichos de la población, para este caso será mediante una climatología horaria considerando 14 horas de reportes, siendo cada estrato de la población para los meses de invierno, es decir mayo, junio, julio y agosto en un periodo de 10 años, por lo tanto, se obtendrá una muestra de 1240 reportes considerando que 31 días por mes.

RESULTADOS

En este apartado se presentan los elementos más importantes que se han respondido en cada subcategoría sobre la visibilidad y techo de nubes y operaciones aéreas, basado en los documentos proporcionados:

Conforme al objetivo general: Describir de qué manera la visibilidad y techo de nubes bajas influye en las operaciones aéreas durante la estación de invierno en el aeródromo Las Palmas año 2023.

Durante el período de estudio comprendido entre mayo y agosto de los años 2013 a 2022, se observaron patrones consistentes en el aeródromo de Las Palmas, ubicado en las costas de Lima, Perú. La presencia del Anticiclón del Pacífico Suroriental (APSO) y la corriente de Humboldt genera condiciones meteorológicas específicas, especialmente durante el invierno del hemisferio sur. Estos sistemas atmosféricos interactúan para formar una capa atmosférica con inversión térmica y nubosidad estrato-cumuliforme, lo que resulta en una notable reducción de la visibilidad, predominantemente debido a la presencia de neblina, bruma y llovizna.

El análisis detallado de los datos revela que durante los meses invernales, el aeródromo de Las Palmas experimenta una mayor incidencia de condiciones meteorológicas adversas, caracterizadas por una visibilidad reducida y techos de nubes bajos. Comparativamente, estos eventos son más frecuentes que en otros aeródromos de la región, como se evidencia al comparar con estudios previos realizados en el aeropuerto Alcantarí en Bolivia. Estos hallazgos subrayan la importancia de comprender la variabilidad estacional y diurna en la visibilidad y la altura de los techos de nubes bajas para mejorar la seguridad operacional, especialmente en operaciones IFR.

El cumplimiento de las reglas de vuelo VFR e IFR en el aeródromo Las Palmas durante los meses invernales se ve influenciado por las condiciones meteorológicas adversas, con un notable porcentaje de casos que requieren vuelos bajo reglas IFR debido a la baja visibilidad y los techos de nubes bajos. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar protocolos de control y guía para mejorar la seguridad operacional durante condiciones climáticas adversas, así como la importancia de la capacitación adecuada del personal y el uso de tecnología avanzada para la predicción y mitigación de riesgos.

Por consiguiente, los resultados de este estudio destacan la importancia de comprender las condiciones meteorológicas específicas que afectan al aeródromo Las Palmas durante los meses invernales, especialmente en lo que respecta a la visibilidad y los techos de nubes bajos. Se recomienda implementar medidas de mitigación, como inspecciones periódicas de obstáculos, mejoras en la señalización e iluminación, y la utilización de tecnologías avanzadas para la predicción y monitoreo del clima. Estas acciones son fundamentales para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones aéreas en el aeródromo Las Palmas y contribuir a la reducción de incidentes relacionados con condiciones meteorológicas adversas.

De acuerdo al primer objetivo específico: Determinar de qué manera los fenómenos de tiempo presente influyen en las operaciones aéreas durante la estación de invierno en el aeródromo Las Palmas año 2023.

Los resultados de este estudio sobre las condiciones meteorológicas en el aeródromo Las Palmas durante los meses invernales del hemisferio sur (mayo a agosto) muestran una interrelación significativa con los fenómenos de tiempo presente y la visibilidad reducida. Del 51.5% de los fenómenos de tiempo presente registrados cuando la visibilidad se reduce a menos de 5000 m y el techo de nubes bajas BKN u OVC es inferior a 450 m, se observa que el mayor porcentaje se produce en julio, con el 14%, y el menor en mayo, con el 10.2%.

Además, se destaca que, para todas las horas y todos los meses analizados, la neblina es el fenómeno más frecuente. La llovizna con neblina predomina principalmente en el mes de julio, especialmente entre las 6 y 8 am, y es menos frecuente en mayo. Por otro lado, la niebla predomina más en el mes de mayo, también entre las 6 y 8 am, y en menor medida en el mes de julio.

Estos hallazgos refuerzan la comprensión de cómo los diferentes fenómenos meteorológicos afectan la visibilidad y los techos de nubes bajos en el aeródromo Las Palmas durante los meses invernales. La variabilidad mensual y diurna en la incidencia de estos fenómenos resalta la importancia de considerar estas condiciones al planificar y operar vuelos en esta región, especialmente durante la temporada invernal.

Teniendo en cuenta el segundo objetivo específico: Conocer de qué manera la visibilidad reinante influye en las operaciones aéreas durante la estación de invierno en el aeródromo Las Palmas año 2023.

Los resultados obtenidos en este estudio sobre las condiciones meteorológicas en el aeródromo Las Palmas durante los meses invernales (mayo a agosto) muestran una correlación interesante con los casos de visibilidad reinante y los techos de nubes bajos. Del 35.8% de los casos de visibilidad reinante que ocurren cuando la visibilidad se reduce a menos de 5000 m y el techo de nubes bajas BKN u OVC es inferior a 450 m, se observa una distribución significativa a lo largo de los meses analizados.

En este sentido, el mayor porcentaje de estos casos se produce en julio, con el 9.7%, seguido de los meses de junio y agosto, con el 9.5%, mientras que el menor porcentaje se registra en mayo, con el 7.1%. Además, se destaca que en el mes de mayo se presentan más casos de visibilidad reinante menor a 1500 m, seguido del mes de junio en horas de la mañana.

Estos hallazgos resaltan la importancia de comprender cómo la interacción entre la visibilidad reinante y los techos de nubes bajos varía a lo largo de los meses invernales en el aeródromo Las Palmas. Esta información es crucial para la planificación y operación de vuelos en esta región, especialmente durante la temporada invernal, donde las condiciones meteorológicas pueden ser más desafiantes.

Además, de acuerdo al tercer objetivo específico: Describir de qué manera los techos de nubes influyen en las operaciones aéreas durante la estación de invierno en el aeródromo Las Palmas año 2023.

Los datos recopilados revelan una relación clave entre la hora del día, la altura de los techos de nubes bajas y la incidencia de estos fenómenos meteorológicos en el aeródromo Las Palmas. Durante las primeras horas de la mañana, especialmente entre las 6 am y 7 am, se registra el mayor porcentaje de casos, superando el 5.5%. Por el contrario, los menores porcentajes se observan entre las 1 pm y 3 pm, cercanos al 1%.

Es importante destacar que, para todas las horas analizadas, el techo de nubes bajas es consistentemente menor a 300 m, y durante las horas matutinas, entre las 6 am y 12 pm, este techo es aún más bajo, menor a 150 m, aunque con una disminución en el porcentaje de casos.

Además, se observa una variación estacional en la incidencia de estos fenómenos, con el mayor porcentaje ocurriendo en julio, con el 11.3%, y el menor en mayo, con el 8.3%. Esta variación también se refleja en la altura de los topes de nubes bajas, siendo más frecuentes los casos menores a 150 m en mayo, seguido del mes de junio en horas de la mañana.

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la hora del día y la estacionalidad al analizar la frecuencia y la intensidad de los fenómenos meteorológicos, así como su impacto en la operación aérea en el aeródromo Las Palmas. Esta comprensión detallada es fundamental para implementar medidas efectivas de gestión de riesgos y garantizar la seguridad operacional durante condiciones meteorológicas adversas.

Finalmente, de acuerdo al cuarto objetivo específico Identificar de qué manera la cobertura nubosa influye en las operaciones aéreas durante la estación de invierno en el aeródromo Las Palmas año 2023.

Los datos recopilados muestran una clara interrelación entre la cobertura nubosa, la visibilidad reducida y los techos de nubes bajas en el aeródromo Las Palmas. Del total de los 14,408 casos de cobertura nubosa BKN u OVC de la capa de la nube más baja, se observa que el 41.7% de los casos ocurre cuando la visibilidad se reduce a menos de 5000 m y el techo de nubes bajas BKN u OVC es inferior a 450 m.

Además, se nota que para todas las horas analizadas, es más frecuente la cobertura nubosa de OVC, lo que indica un cielo totalmente cubierto, seguido de BKN, cuando el cielo está entre 5 a 7 octas. Este patrón se mantiene consistente a lo largo del día.

También se destaca una variación en la incidencia de estos casos a lo largo del día, con el mayor porcentaje de ocurrencia ocurriendo entre las 6 y 8 am, siendo mayor al 5%, mientras que el menor porcentaje se registra entre las 1 y 3 pm, cercano al 1%.

Estos hallazgos subrayan la importancia de comprender cómo la cobertura nubosa, la visibilidad y los techos de nubes bajas interactúan entre sí, especialmente durante las horas de la mañana y la tarde. Esta información es esencial para la planificación y operación segura de vuelos en el

aeródromo Las Palmas, permitiendo a los profesionales de la aviación tomar decisiones informadas y mitigar los riesgos asociados con condiciones meteorológicas adversas.

COMENTARIOS

Después de haber descrito los resultados de la investigación, se procederá a hacer la discusión por cada objetivo, a saber:

Conforme al objetivo general: Describir de qué manera la visibilidad y techo de nubes bajas influye en las operaciones aéreas durante la estación de invierno en el aeródromo Las Palmas año 2023, se tiene que:

Como se puede observar en la Figura 10, el Aeropuerto Las Palmas presenta mayor cantidad de reportes menores a 5000 m de visibilidad, representando el 41.8% de los casos para los meses de invierno mayo, junio, julio y agosto desde el 2013 al 2022. En comparación con los resultados determinados por Ticona (2018), que estudió las condiciones favorables para la reducción de la visibilidad y el techo de nubes bajas en el aeropuerto Alcantarí en Bolivia, encontró que tan solo el 3.45% de los datos analizados durante el período de mayo del 2016 a julio del 2018 presentan casos de visibilidad debajo de 5000 m. Estos porcentajes difieren, ya que el autor estudió considerando todos los meses del año, pero para este trabajo de investigación solo se consideraron los meses de invierno. Por lo tanto, esto es una evidencia que durante el invierno existen más casos de reducción de la visibilidad del aeródromo Las Palmas.

Por otro lado, en las Figuras 11 y 12, al seleccionar los casos con visibilidad menor a 5000 m, se encontró que el mayor porcentaje de los casos se presentaron entre las 6 y 8 de la mañana y para el mes de junio, y el menor porcentaje es entre la 1 y 3 de la tarde para el mes de mayo. Estos resultados son muy similares a los determinados por Ticona (2018), ya que encontró que en el aeródromo de Alcantarí el mayor número de casos con visibilidad horizontal menor a 4000 m se dan entre las 5 y 8 de la mañana. Pero estacionalmente si existen diferencias, debido a que, en todo el año, encontró que los meses con el mayor número de casos son enero, febrero, marzo y abril. Sin embargo, considerando únicamente los meses en estudio, encontró que, entre los meses de invierno, el mes de mayo presentó el mayor número de casos y el menor en el mes de junio.

Tal como menciona el autor Stevens (2019), el techo de nubes es el nivel más bajo de cobertura nubosa dispersas o nubladas que superan los 5 octavos de cobertura. Es por ello, que, en el presente estudio, se determinó la altura de la base de las nubes más bajas con cobertura BKN u OVC. Por lo cual se halló en la Figura 13, que el 59.65% de los casos en los meses de invierno para el aeródromo Las Palmas, representan los casos con techo nubes menores a 450 m, los cuales afectan significativamente a las operaciones IFR. Por su parte, Ticona (2018), determinó que para el aeródromo Alcantarí solo el 8.9% de los casos presentaron techos de nubes menores a 450 m, ya que consideró todos los meses del año, en comparación con este estudio.

Asimismo, en las Figuras 14 y 15, al seleccionar los casos de techos de nubes menores a 450 m, se encontró que el mayor porcentaje de los casos se presentaron entre las 6 y 8 de la

mañana para el mes de agosto y los menores porcentajes se presentaron entre la 1 y 3 de la tarde para el mes de mayo. Por su parte, Ticona (2018), encontró que el mayor porcentaje de casos con techos de nubes menores a 450 m se tuvieron entre las 5 y 9 de la mañana, muy similares al presente estudio, pero estacionalmente, encontró que los meses que más presentaron estos casos fueron enero, febrero, marzo, abril y diciembre. Pero al considerar los meses de invierno, el mes que presentó mayores casos de techos de nubes bajas fue el mes de mayo seguido del mes de agosto.

En el caso específico de Análisis de la visibilidad y techo de nubes bajas según las reglas de vuelo VFR e IFR, en primer lugar, tal como menciona Yabra et al. (2023), en los vuelos visuales VFR el piloto debe dirigir su nave manteniendo contacto visual con el terreno, por lo cual los mínimos requerimientos meteorológicos que se deben cumplir son 5000 m de visibilidad. Pero por su parte los vuelos instrumentales IFR, se pueden realizar cuando la visibilidad es menor a 5000 m, por lo cual disponen de una infraestructura adecuada. Por su parte, el RAP 91 (2022), menciona que los mínimos meteorológicos para los vuelos visuales son que el techo de nubes sea inferior a 450 m (1500 ft) ni la visibilidad menor a 5000 m.

Como se sabe las condiciones de baja visibilidad (niebla o neblina) pueden provocar reorganización del tráfico aéreo, desvíos, pérdidas económicas, estrés en los profesionales encargados, etc. y en donde la seguridad operacional puede estar comprometida (Malvé *et al.*, 2021). Cuando el fenómeno meteorológico se presenta se debe realizar un procedimiento de control y guía para las aeronaves, vehículos, personal que se encuentran en la zona con la finalidad de mejorar las condiciones operativas y debe ser manejado como un protocolo de actuación en caso las condiciones se agraven (la visibilidad se reduzca por debajo de los valores estimados).

Por lo tanto, considerando las reglas de vuelo VFR del RAP 91, al filtrar los casos donde la visibilidad es menor a 5000 m y el techo de nubes más bajo menor a 450 m, se encontró que de todos los reportes METAR de visibilidad reinante del aeródromo Las Palmas para los meses de invierno desde el 2013 al 2022, el 35.8% cumplen con estas condiciones (Figura 16), siendo un porcentaje muy alto en comparación con Ticona (2018), como antes se había mencionado. Asimismo, Stevens (2019), al estudiar las condiciones de vuelo IFR en 30 aeropuertos de los Estados Unidos, encontró que estacionalmente estas condiciones son más comunes en los meses de invierno, siendo el doble de frecuentes que en los meses de verano. Pero según la variación diurna, las horas de las 6 y 7 de la mañana presentan la mayor frecuencia, siendo estos resultados muy coherentes con lo que menciona Stevens (2019), ya que las condiciones IFR son muy comunes en horas de la mañana, porque la temperatura es mínima y el aire tiene más probabilidad de estar saturado. Y según la Figura 17, el mes que presenta más casos es el mes de julio, con el 9.7% de los casos. Asimismo, se encontró mayores casos de visibilidad menores a 1500 m en horas del amanecer.

Según la Junta Nacional de Seguridad en el Transporte (NTSB), los retrasos de los vuelos relacionados a la baja visibilidad representan entre el 30-35% y son los que tienen efectos más letales. Según otro estudio de la NTSB, la baja visibilidad y el techo de nubes bajas fue la segunda causa de accidentes relacionados al clima representando el 17.8%, solo superado por los accidentes relacionados a la turbulencia. Estos accidentes ocurren principalmente cuando el piloto no se encuentra bien capacitado para volar una nave que no posee equipamiento de sensores para un vuelo controlado (Gultepe, 2023). Para contribuir a la seguridad de la aviación, Akbaba (2023), desarrolló un modelo diagrama de flujo de proceso de toma de decisiones estándar para el análisis de riesgos de las aerolíneas en la gestión de operaciones por un desvío del aterrizaje debido a la baja visibilidad.

De los 14408 reportes observados en este estudio, 41.7% se presenta cuando la visibilidad se reduce a 5000 metros y el techo de nubes bajas es inferior a 450 m (Figura 18). Durante las primeras horas de operatividad se presentan los mayores (5.5%) frecuencias de visibilidad superior a 450 m y un mínimo de 1% durante las horas de la tarde, así mismo durante todas las horas el techo de nubes es menor a 300 m, estos casos tienen un mínimo a las 14 horas con un 2.63%. Durante los meses de invierno (Figura 19) el mes de julio representa mayor cantidad de casos con un 11.3% y menores en mayo con un 8.3%, notamos también que este mes presenta más casos de nubes bajas menores a 150 m. Durante el mes de junio los techos de nubes bajas presentan mayor frecuencia. Las 2pm es la hora del mínimo para casos registrados de nubes bajas menores de 450 m. Este comportamiento es similar a lo expuesto por García (2023), que también muestra que la visibilidad mejora considerablemente de acuerdo al ciclo diurno.

En estudios de mayor escala como lo es producido por la FAA (Federal Aviation Administration) durante 1900 a 2000, ocurrieron 21400 accidentes aeronáuticos, 4800 accidentes tuvieron como causa contribuyente las condiciones meteorológicas (22% del total); siendo el viento y visibilidad/ techo de nubes las que más contribuyen. En el 2023 se observó que para la región de Sudamérica (SAM) de la OACI se encontró que los principales contribuyentes meteorológicos también fueron el viento con un 53% y la nubosidad y visibilidad con un 15% en el periodo de 2013 al 2023 (Bezek et.al, 2023)

En la Figura 20, se observa que el fenómeno de tiempo presente es más frecuente en el aeródromo Las Palmas en condiciones debajo de los mínimos meteorológicos para los vuelos VFR es la neblina, seguido de la lluvia con neblina, la niebla y la lluvia con neblina entre las 6 y 8 de la mañana. Sin embargo, mensualmente en el período de invierno, el comportamiento de los fenómenos de tiempo presente bajo estas condiciones difiere por mes. Tal como lo muestra la Figura 21, la neblina predomina para todos los meses, pero la lluvia con neblina predomina más en el mes de julio y la niebla en el mes de mayo. Esto se debe a que la niebla se produce cuando la visibilidad es menor a 1000 m y la neblina cuando la visibilidad está entre 1000 y 5000 m (Yabra *et al.*, 2023), puesto que en las Figura 17, esto se cumple, ya que el mes de mayo es el que más casos de visibilidad reinante menor a 1500 m y el mes de julio es el que tiene más casos de visibilidad entre 3000 a 5000 m.

Además, el autor Stevens (2019), encontró que los períodos de baja visibilidad son más frecuentes en un ambiente saturado, debido a la obstrucción visual a causa de la niebla, la lluvia o la nieve en los aeropuertos de Estados Unidos. Y como se sabe, el Aeropuerto Las Palmas se encuentra en las costas peruanas, por lo tanto, tal como determinó Cabezas (2023) estudiando las condiciones para el pronóstico de nieblas en el Aeropuerto Jorge Chávez siendo para el día 5 de mayo, las nieblas se forman cuando la presión en superficie se incrementa, la inversión térmica llega hasta 840 hPa, advección de aire frío y seco en superficie, causando un incremento en la subsidencia, por lo tanto, los techos de nubes descienden más, siendo el mes de mayo también con el mayor número de casos con techos de nubes menores a 150 m (Figura 19).

Por lo tanto, esto evidencia que las condiciones de baja visibilidad (niebla o neblina) pueden provocar reorganización del tráfico aéreo, desvíos, pérdidas económicas, estrés en los profesionales encargados, etc. y en donde la seguridad operacional puede estar comprometida (Malvé *et al.*, 2021). Esto se observa en estudios históricos de caracterización de la niebla en Corea del Sur, mostraron 837 retrasos en operaciones aéreas y 138 vuelos cancelados debido a la niebla entre el 2001 al 2005 en el aeropuerto de Incheon (Chang Ki y Yum, 2009, como se citó en Jerez, 2011), como se observa estas situaciones van más allá de la GSO (Gestión de la Seguridad Operacional) y del SMS (Safety Management System). Es por ello que para la seguridad en la aviación es muy importante su predicción en los modelos PNT, que se obtiene de 2 formas: Parametrizaciones masivas con el número de gotas (Nd) y el contenido de agua precipitable (LWC), o mediante el uso de esquemas de parametrización de microfísica para gotas de nubes y precipitación.

Con respecto a la cobertura nubosa que más significativa para la aviación, OVC (cielo cubierto) y BKN (nuboso). La cobertura nubosa de tipo OVC es mucho mayor respecto a la BKN. Durante las primeras horas de la mañana son las que presentan mayor cantidad de reportes de condiciones de OVC que disminuyen con un mínimo a las 14 horas (Figura 22), así mismo durante la variación invernal los mayores casos de reportes para OVC se presentan durante el mes de junio (Figura 23). En el caso de Cuba trabajo desarrollado por Valdés en el 2022, las condiciones entre los meses de abril y mayo las nubes con bases bajas fueron más frecuentes en esos meses, especialmente la cobertura de tipo BKN y OVC, condiciones observadas para el invierno del hemisferio norte.

Asimismo, los accidentes también se deben a la toma de malas decisiones en las operaciones de despegue y aterrizaje por parte del personal o por baja visibilidad, para esto se requiere una mejor comunicación desde la torre de control para mejorar la toma de decisiones. Aunque los aeropuertos o aeródromos pueden escasear de la tecnología adecuada para volar en estas condiciones (por ejemplo, un radar de superficie), un buen pronóstico ayuda preparando los probables escenarios horas antes de la ocurrencia del fenómeno (Jerez, 2011).

Es importante resaltar que la tecnología desarrollada en estas últimas décadas nos permite optimizar las operaciones aeronáuticas, dándonos herramientas que nos permiten pronosticar la niebla/neblina lo que disminuye en gran parte la visibilidad. Una herramienta son los instrumentos que se pueden manejar para realizar mediciones de visibilidad y alcance visual en pistas como son los sensores transmisómetros, escaterómetros y luminancímetros. De igual

forma se puede realizar un pronóstico mediante modelado numérico que pueden ser de tipo explícito, dinámico-estadístico y estadístico, al mismo tiempo se realizan pronósticos con información de estudios climatológicos de visibilidad en el aeropuerto (Malvé, 2021). Un ejemplo de ello es la tesis realizada por Tenaud (2023), en donde desarrolló un algoritmo para el pronóstico de la visibilidad horizontal y las temperaturas máximas y mínimas en el Aeropuerto de Trujillo a través del uso de redes neuronales de re propagación, usando 8 neuronas y 10 neuronas para la visibilidad horizontal y las temperaturas respectivamente.

Para finalizar, es bien sabido que la nubosidad baja y la mala visibilidad son fenómenos que afectan significativamente las operaciones, cuando la visibilidad se reduce a valores inferiores a 1000 metros, en cuyo caso es necesario conocer el alcance visual en pista (RVR), factor que junto con la altura de la base de nubes es determinante en la activación de los procedimientos de visibilidad reducida (PVR)). Es por eso que será importante reconocer la longitud de la mitad de la pista, siendo en el Aeródromo Las Palmas de 1200 m aproximadamente, por lo tanto, será importante reconocer cuántas veces al año la longitud de la pista es menor a esa cantidad. Como medidas de mitigación con el fin de evitar que ocurran colisiones en las fases de aproximación, despegue y aterrizaje durante los episodios de baja visibilidad durante el invierno, se proponen las siguientes medidas, tal como menciona Díaz (2017):

- a. Inspección periódica de los obstáculos identificados en el aeródromo Las Palmas. Se deben vigilar las zonas de vegetación debido a que su crecimiento puede afectar las operaciones aéreas. La inspección en la zona del entorno de la pista, en donde se encuentran los postes eléctricos, antenas y árboles; y también en las proximidades del aeródromo, en ambos umbrales y extremos de la pista
- b. Publicar la información acerca de los obstáculos que presenta el aeródromo Las Palmas a través de planos cartográficos.
- c. Señalización e iluminación de todos los obstáculos identificados de los que penetren en la superficie. Actualmente el aeródromo Las Palmas cuenta con luces de borde de pista, de borde de calle de rodaje, de umbral de pista y de punto de espera. Pero también es importante tomar en cuenta los postes, edificios, torres, antenas y árboles.

Un ejemplo de aplicación de ello es el caso del aeropuerto de Córdoba, Díaz (2017) nos indica que las medidas de mitigación para condiciones de visibilidad mínima para las pistas deberán contar con estudios de las proximidades de los obstáculos, teniendo una base de datos de las situaciones del número de accidentes ocurridos (aproximación, aterrizaje o despegue en el aeropuerto). Los obstáculos en la cercanía del aeropuerto o aeródromo suponen una amenaza como los explica Bezek (2023) indicando que el 53% accidentes cuyo origen es meteorológico para la región Sudamericana (SAM - OACI), estas condiciones también se ven relacionadas a las condiciones geográficas en zonas montañosas con cambios repentinos en techo de nubes y visibilidad las naves de bajo porte son propensos a accidentes.

CONCLUSIONES

1. Durante la estación invernal del año 2023 en el aeródromo de Las Palmas, se constató una influencia adversa de la baja visibilidad y el techo de nubes bajas sobre las operaciones aéreas. Esta influencia negativa quedó evidenciada en el análisis de datos recopilados entre 2013 y 2022, donde se observó que el 41.8% de los casos registrados entre las 6 y 8 de la mañana presentaron una visibilidad inferior a 5000 m. Además, se encontró que el 59.6% de estos casos se caracterizaban por la presencia de nubes bajas, con parcial (BKN) y total cobertura (OVC), lo que limita aún más la visibilidad y afecta las operaciones bajo las reglas de vuelo visual (VFR).
2. Los fenómenos atmosféricos predominantes durante estos meses fueron la neblina, la llovizna con neblina y la niebla, especialmente en las primeras 12 horas del día, con picos de frecuencia entre las 6 y 8 de la mañana. Estos eventos reducen considerablemente la visibilidad, tanto para vuelos visuales como instrumentales, lo que representa un desafío adicional para las operaciones aéreas.
3. Se observó que aproximadamente el 35.8% de los casos analizados presentaban una visibilidad inferior a 5000 m y un techo de nubes inferior a 450 m, siendo las 6 y 7 de la mañana las horas con mayor frecuencia de ocurrencia. Además, se destacó que el mes de julio registró la mayor frecuencia mensual de casos con una visibilidad inferior a 5000 m.
4. La información obtenida de los reportes METAR sugiere que las condiciones atmosféricas en el aeródromo Las Palmas están influenciadas por un sistema de alta presión conocido como el Anticiclón del Pacífico Suroriental (APSO), lo que contribuye a la formación de nubes estratocúmulos. Los vientos alisios, el afloramiento costero y la corriente de Humboldt mantienen la temperatura superficial del mar baja, lo que favorece la formación de nubes bajas y una capa de inversión térmica.
5. Diversos estudios respaldan estas observaciones al señalar que las condiciones de baja visibilidad son más frecuentes en la temporada invernal debido a la variación diurna y la probabilidad de saturación del aire en las primeras horas de la mañana. Estas condiciones adversas pueden provocar reorganización del tráfico aéreo, desvíos, pérdidas económicas y estrés en los profesionales a cargo, comprometiendo la seguridad operacional.
6. En resumen, la estación invernal en el aeródromo de Las Palmas se caracteriza por condiciones atmosféricas que afectan significativamente las operaciones aéreas, especialmente debido a la baja visibilidad y la presencia de nubes bajas. Estos hallazgos resaltan la importancia de abordar adecuadamente estos desafíos para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones aéreas en el aeródromo Las Palmas durante la temporada invernal.

REFERENCIAS

- Ahrens, C., & Henson, R. (2019). *Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment* (12 ed.). Boston, USA: Cengage.
- Altamirano, M. (2020). Análisis del impacto de las condiciones meteorológicas en la seguridad de la operación aérea en el Aeropuerto Internacional de Tocumen. *Tesis de maestría*. Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá.
- Arias, P. (2019). Análisis del impacto de las condiciones meteorológicas en la seguridad operacional de los vuelos en el Aeropuerto Internacional de Quito. *Tesis de maestría*. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Quito.
- Aviation Safety Network. (03 de mayo de 2006). *Informe de investigación de accidente vuelo 967 de Armavia*. Obtenido de Aviation Safety Network: <https://aviation-safety.net/database/record.php?id=20060503-0&lang=es>
- Beltrán, C. A. (2018). Optimización de las Operaciones Aéreas en el Aeropuerto Internacional el Dorado. *Ensayo*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.
- Cabezas, F. (2023). Análisis de las condiciones meteorológicas para el pronóstico de nieblas en el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, año 2021. *Tesis de pregrado*. Universidad Agraria La Molina, Lima.
- Diario EP. (24 de enero de 2020). *Vuelos de aviones afectados por lluvias, neblina y vientos*. Obtenido de Diario EP: <https://diarioep.pe/vuelos-de-aviones-afectados-por-lluvias-neblina-y-vientos/>
- Dirección General Aeronáutica Civil (DGAC). (2019). *Léxico Operativo* (Vol. 1). Santiago, Chile: Securitate.
- El Comercio. (10 de marzo de 2017). *Estambul: Caída de helicóptero en autopista deja 7 muertos*. Obtenido de El Comercio: <https://archivo.elcomercio.pe/amp/mundo/actualidad/estambul-caida-helicoptero-sobre-autopista-deja-5-muertos-noticia-1974947>
- El Tiempo. (26 de agosto de 2022). *Puertos y aeropuerto cerrados por espesa niebla: visibilidad de pocos metros*. Obtenido de El Tiempo: <https://www.subrayado.com.uy/puertos-y-aeropuerto-cerrados-espesa-niebla-visibilidad-pocos-metros-n877324>
- Federal Aviation Administration (FAA). (2022). *Aviation Weather Handbook*.
- García, J. (16 de enero de 2023). *Accidente Aéreo Nepal*. Obtenido de El Confidencial: https://www.elconfidencial.com/mundo/2023-01-16/peligroso-volar-nepal-aerolineas-no-vuelan-europa_3558365/
- IDEAM. (2011). Información meteorológica aeronáutica. *Guía Meteorológica*, 1-37.
- Infobae. (01 de noviembre de 2022). *Restricciones y atrasos en el aeropuerto de Rionegro por bajos niveles de visibilidad*. Obtenido de Infobae: <https://www.infobae.com/america/colombia/2022/11/01/restricciones-y-atrasos-en-el-aeropuerto-de-rionegro-por-bajos-niveles-de-visibilidad/>
- INUMET. (2020). Claves Meteorológicas utilizadas en Meteorología Aeronáutica. *Guía MET*, 1-24.
- La Nación. (23 de julio de 2022). *Niebla en la Ciudad: demoras en los vuelos en aeroparque*. Obtenido de La Nación: <https://www.lanacion.com.ar/sociedad/niebla-en-la-ciudad-demoras-en-los-vuelos-en-aeroparque-nid23072022/>
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.

- Lutgens, F., Tarbuck, E., & Herman, R. (2019). *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology* (14 ed.). New York, USA: Pearson.
- MTC. (30 de mayo de 2007). *Procedimientos Generales de Elaboración Normativa de las Regulaciones Aeronáuticas del Perú*. Obtenido de El Peruano: http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1201.pdf
- MTC. (15 de 05 de 2023). *Dirección General de Aeronáutica Civil*. Obtenido de Gobierno del Perú: <https://www.gob.pe/8032-ministerio-de-transportes-y-comunicaciones-direccion-general-de-aeronautica-civil>
- Organización de Meteorológica Mundial. (15 de mayo de 2023). *Acerca de la OMM*. Obtenido de Organización de Meteorológica Mundial: <https://public.wmo.int/es/acerca-de-la-omm>
- Organización Meteorológica Mundial (OMM N° 782). (2022). Manual para la utilización de las clave. En *Informes y pronósticos de aeródromo* (págs. 1-79). Genève 2, Suiza: Edición de 2022.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM N°306). (2019). Claves internacionales. En *Manual de claves* (págs. 3-1210). Genève 2, Suiza: Edición de 2019.
- Ramirez, J. (2018). Evaluación del impacto de las condiciones meteorológicas en la seguridad operacional de los vuelos en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. *Tesis de maestría*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Regulaciones Aeronáuticas del Perú (RAP 303). (2022). *Servicio Meteorológico para la Navegación Aérea*. Nueva Edición.
- Regulaciones Aeronáuticas del Perú (RAP 91). (2022). *Reglas de vuelo y operación general*. Tercera Edición.
- RPP . (13 de agosto de 2015). *VMT: Avioneta de la FAP cayó en cerro La Candelaria*. Obtenido de RPP: <https://rpp.pe/lima/actualidad/vmt-avioneta-de-la-fap-cayo-en-cerro-la-candelaria-noticia-826333>
- Tenaud, B. A. (2023). Pronóstico de visibilidad horizontal y temperaturas para el aeropuerto de trujillo mediante el uso de redes neuronales artificiales de retropropagación. *Tesis de pregrado*. Universidad Agraria La Molina, Lima.
- Viñas, J. M. (12 de septiembre de 2021). *Techos, topes de nubes y su medición*. Obtenido de Meteored: <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/techos-topes-de-nubes-y-su-medicion.html>
- Yshida, C. T. (2022). Metodología para la elaboración del pronóstico terminal de aeródromo con énfasis en los fenómenos meteorológicos en el aeropuerto de Iquitos. *Tesis de pregrado*. Universidad Agraria La Molina, Lima.

RESUMEN DE HOJA DE VIDA:

MAY FAP Kristhian Carlos Guillén Cueva



Oficial graduado en la Escuela de Oficiales de la Fuerza Aérea del Perú con el grado de Alférez en el año 2010, con la especialidad de ingeniero meteorólogo, obteniendo además el grado de bachiller en Ciencias de la Administración Aeronáutica, asimismo cuenta con una maestría en Gestión Medioambiental, de la universidad de Alcalá, España.

Además de su experiencia como ingeniero meteorólogo, ha asumido roles de liderazgo y responsabilidad dentro de la Fuerza Aérea del Perú. Ha ejercido oficial ayudante del GRUP6, Comandante de escuadrón del EBA-117 del GRU11, sub jefe del Dpto. de planes y presupuesto de la EDACI, Jefe del Dpto administrativo y módulo de meteorología del DIVAN, , sub jefe del Dpto. de planes y presupuesto, además de jefe de la sección meteorología del CAVRAEM, jefe de la oficina de comercialización de la DIRMA, sub jefe del Dpto. de planes y presupuesto y jefe del dpto. de Informática de la ESOFA, oficial ayudante y sub jefe del departamento de operaciones de base del ALAR6, segundo jefe del dpto administrativo del EMGRA, oficial ayudante y jefe del estado mayor A-4 del COMEC.

Además de su formación militar, ha ampliado sus conocimientos mediante la participación en el Curso Táctico y el Programa de Comando y Estado Mayor de la Fuerza Aérea del Perú. Asimismo, ha realizado estudios en áreas clave como Investigación de Accidentes, Didáctica de la educación superior, entre otros.

RESUMEN DE HOJA DE VIDA:

MAY FAP Rodrigo Ernesto Collazos Corzo



Oficial graduado en la Escuela de Oficiales de la Fuerza Aérea del Perú con el grado de Alférez en el año 2010, con la especialidad de Administración de Personal, obteniendo además el grado de bachiller en Ciencias de la Administración Aeronáutica, asimismo cuenta con el título de Licenciado en Ciencias de la Administración Aeroespacial.

Además de su experiencia como administrador de personal, ha asumido roles de liderazgo y responsabilidad dentro de la Fuerza Aérea del Perú. Ha ejercido oficial ayudante del GRU51, Comandante de Escuadrón del EBA-517 del GRU51, Sub Jefe de Departamento de Personal de Tropa de la JEPFE, Sub Jefe del Departamento de Personal Civil de la JEPFE, Jefe del Departamento de Personal y Jefe del Escuadrón de Base Aérea en BASRA, Jefe del Departamento Administrativo, Jefe del Departamento Técnico Pedagógico y Jefe de la Oficina de Inspectoría en CASED, Jefe de la Oficina de Inspectoría en CMONT, Jefe del Departamento Administrativo y Jefe del Departamento de Evaluación de ESCAP, Sub Jefe del Departamento de Viajes y Comisiones de la DIGPE.

Además de su formación militar, ha ampliado sus conocimientos mediante la participación en el Curso Táctico y el Programa de Comando y Estado Mayor de la Fuerza Aérea del Perú. Asimismo, ha realizado estudios en áreas clave como Prevención de Accidentes. Investigación de Accidentes, Gestión del Riesgo Operacional, Tecnología Educativa y Docencia Superior, entre otros.

Por último, en el área operativa, Oficial calificado como Operador en Sistemas Optronicos (AMOSP3000 y TRAKA300) operados por el GRUP3 en las Aeronaves Bell 212/412, asimismo ha participado como Oficial de Estado Mayor en la Fuerza Provisional de Seguridad de la Naciones Unidas para Abyei (UNISFA).