

**Título. Riesgo en la Región de Información de Vuelo Habana ante la afectación de los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación.**

*Autor: MSc. Lemay Entenza Tilman.*

*Institución: Empresa Cubana de Aeropuertos y Servicios Aeroportuarios. ECASA.sa*

*País: Cuba*

*Teléfono: 78708383 52496218*

*e-mail: [lemay081976@gmail.com](mailto:lemay081976@gmail.com)*

**Resumen**

La investigación tiene como objetivo proponer analizar la gestión de riesgo en la Región de Información de Vuelo Habana (FIR HABANA) ante los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación. A pesar del gran desarrollo tecnológico de las aeronaves y del conocimiento sobre eventos meteorológicos, persisten los riesgos en áreas geográficas que pueden ocasionar incidentes, accidentes, desastres y catástrofes con altos costos económicos, humanos, sociales y ambientales. Identificar los fenómenos, analizar la gestión de riesgo y exponer un caso de estudio donde se elaboró una propuesta metodológica operativa, descriptiva y explicativa son los principales objetivos que definen por qué se investiga la FIR Habana, cómo actúan los fenómenos en ellas, cómo se relacionan el área geográfica y los fenómenos y porqué puede ser de aplicación práctica para conocimientos teóricos en la solución de problemas de la meteorología aeronáutica. Además, permite llevar el tema de riesgo a un análisis de microescala. La investigación es de utilidad práctica para programas de capacitación, autoridades aeronáuticas operativas, para el sistema de control de la calidad y el establecimiento de recomendaciones operacionales, al mismo tiempo, dirige las acciones para que en el futuro se desarrollen investigaciones de mayor alcance y profundidad, enfocadas hacia la micro escala de los fenómenos y acciones de reducción de riesgos en el área con un enfoque geográfico.

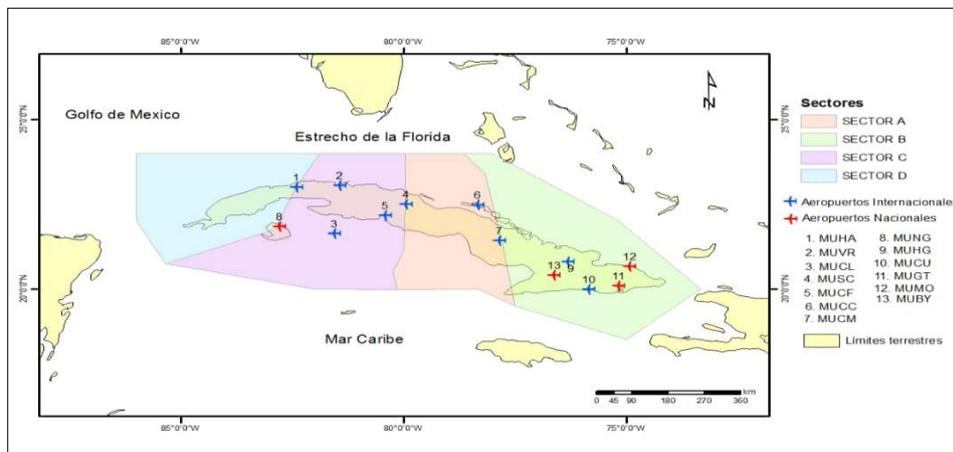
**Abstract**

The investigation has as objective to intend to analyze the administration of risk in the Region of Information of Flight Havana (FIR HAVANA) before the dangerous meteorological phenomena for the aviation. In spite of the great technological development of the airships and of the knowledge it has more than enough meteorological events, the risks persist in geographical areas that can cause incidents, accidents, disasters and catastrophes with high economic, human, social and environmental costs. To identify the phenomena, to analyze the administration of risk and to expose a case of study where you elaborated an operative, descriptive and explanatory methodological proposal they are the main objectives that define why the FIR Havana is investigated, how the phenomena act in them, how they are related the geographical areas and the phenomena and reason can being of practical application for theoretical knowledge in the solution of problems of the aeronautical meteorology. Also, it allows taking the topic of risk to a micro it climbs analysis. The investigation is of practical utility for training programs, operative aeronautical authorities, for the system of control of the quality and the establishment of operational recommendations, at the same time, it directs the actions so that in the future investigations of more reach and depth are developed, focused toward the micro it climbs of the phenomena and actions of reduction of risks in the area with a geographical focus.

## Introducción

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) tiene entre sus objetivos estratégicos y propósitos reforzar la seguridad del sistema mundial de transporte aéreo estableciendo políticas en el estudio de la gestión de riesgo de las operaciones aéreas (OACI 2011,2). Conocer los indicadores, tendencias y estandarizaciones en función de los factores económicos, sociales, ambientales y naturales es uno de sus propósitos (OACI 2009). Entre los factores naturales se encuentran y destacan los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación, que en el mayor de los casos pueden ser detectados, pero no por ello se pueden evitar los desastres. Desde la perspectiva geográfica analizar el riesgo en la Región de Información de Vuelo Habana ante los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación es el objetivo principal.

La Región de Información de Vuelo Habana (FIR-Habana) se localiza en la región Caribe-Antillana, limita al norte con las aguas del Golfo de México, al sur con la Hoya de Yucatán y con el estrecho de Colón; al este con el Canal de los Vientos y por el oeste con el Estrecho de Yucatán. Su localización la sitúa en una posición privilegiada desde el punto de vista estratégico para los vuelos entre América del Norte, del Sur y Centroamérica, pues existen aeronaves que necesitan hacer escala en el país o, al menos, permiso para transitar por nuestro espacio aéreo. En esta región se localizan aeropuertos nacionales e internacionales y esta dividida por sectores para controlar el espacio aéreo cubano, figura 1.



**Figura 1. Localización geográfica de la Región Información de Vuelo.**

El tema de la gestión de riesgo en el FIR Habana ante los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación en Cuba se expone en procedimientos, manuales y documentos. Los documentos externos vigentes pertenecientes al Sistema de Gestión de Riesgo en la Oficina de Vigilancia y Pronóstico de Meteorología de la Empresa Cubana de Navegación Aérea son: Regulación Aeronáutica Cubana número tres, Manual de Meteorología Aeronáutica y el Procedimiento 01-09 de Gestión de Riesgo por lo que la cantidad y calidad de la información no es tan abundante, no obstante se han realizado investigaciones sobre fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación como el de (Entenza

2006), que presentó una investigación concluyendo que los fenómenos que más inciden en el Aeropuerto Internacional José Martí son las tormentas eléctricas, las fuertes precipitaciones, los vientos cruzados en superficie, la niebla, la neblina y la turbulencia mecánica, los mismos pueden ocasionar problemas a los servicios aéreos. Un ejemplo de ello fue el accidente causado por una aeroavalancha, el día 3 de septiembre de 1989, el IL-62 despegó en las lluvias torrenciales y vientos de 30-40 km/h en el aire, el avión fue capturado por corrientes descendentes y ascendentes y descendió de nuevo después de llegar a una altura de 150 pies. El mismo golpeó antenas de navegación y una colina antes de estrellarse en una zona residencial. Otro incidente ocurrido fue el 6 de diciembre del 2002 donde una aeronave con 10 ocupantes de matrícula CU-T1110 de la compañía Aerotaxi, se estrelló contra la pista mientras se acercaba un fuerte aguacero en el aeródromo, esto ocurrió en la fase de aproximación de la aeronave.

Por su parte, (Sánchez 2014), abordó las tormentas eléctricas y sus efectos en rutas y sectores aéreos con un análisis geográfico, el cual arrojó como resultado que sus efectos para la aviación están asociados a su irregularidad y variabilidad en tiempo y espacio. Otros estudios internacionales vinculados a los fenómenos y sus posibles efectos como riesgos son los de (Ledesma y Baleriola, 2003), quienes realizan un estudio físico de las variables y fenómenos que repercuten en la aviación con un enfoque meteorológico.

Los efectos de fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación se manifiestan en las diferentes fases de vuelo afectando la sustentación, la estabilidad y la visibilidad.

#### **Los que afectan la sustentación**

**Engelamiento:** es la formación de hielo que se produce sobre un avión en determinadas circunstancias. (Ledesma y Baleriola, 2003).

#### **Los que afectan la estabilidad**

**cizalladura del viento:** es el cambio en la dirección y la intensidad del viento en una distancia dada; es un gradiente de viento. La cizalladura puede ser horizontal (cambio del viento en una distancia horizontal), vertical (cambio del viento en una distancia vertical), o una combinación de ambas. Cuanto menor es la distancia en la que se produce el cambio, y mayor es la velocidad a la que éste ocurre, más fuerte es la cizalladura (González, 2006).

**tormenta:** una nube cumulonimbo que siempre va acompañada por descargas eléctricas. Dependiendo de su severidad pueden dar lugar a granizo, rachas de viento fuertes, engelamiento, turbulencia, cizalladura y, a veces tornados (González, 2006).

**tornado:** columna de aire que rota violentamente y se extiende desde la base de un cumulonimbo, normalmente una supercélula, hasta el suelo (González, 2006).

**turbulencia aeronáutica:** es lo que normalmente se conoce como “baches”. Son aceleraciones horizontales o verticales, que pueden modificar los parámetros del vuelo. La turbulencia es una de las causas que con mayor frecuencia causa daños a los pasajeros y al propio avión siendo sustancial el gasto que ello supone para las compañías aéreas. (González, 2006).

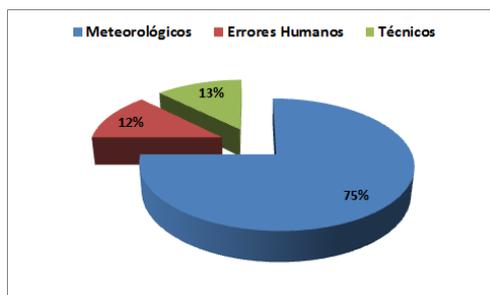
### Los que afectan la visibilidad

**niebla:** una nube en contacto con el suelo a poca altura que envuelve al observador y restringe la visibilidad a valores inferiores a 1000 metros (Ledesma y Baleriola, 2003)

**precipitación:** el agua, ya sea en forma sólida o líquida, que alcanza tierra procedente de las nubes(Ledesma y Baleriola, 2003).

Realizar el estudio de la gestión de riesgo basado en una propuesta metodológica, con un enfoque geográfico, asociado a los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación en la FIR es importante porque permitirá identificar los fenómenos mediante las características geográficas y las afectaciones que ocasionan, definir una escala de estudio a investigar que es descriptiva, explicativa y definitoria. Se aplican los conocimientos teóricos en la solución de problemas de la meteorología aeronáutica donde diferentes actores están involucrados en reducir la vulnerabilidad de estos fenómenos como: meteorólogos aeronáuticos, controladores de tránsito aéreo, despachadores de vuelo, personal de operaciones y capitanes de aeronaves, además que permite la toma de decisiones en la elaboración de avisos, mensajes con nomenclatura aeronáutica y pronósticos de aeródromo estimulando una gestión proactiva.

El registro más riguroso, público y desglosado por los factores de riesgo, en la FIR Habana, permite advertir que la formación de hielo en la aeronave, las tormentas eléctricas y la presencia de niebla en el aeródromo y su cercanía han sido la causa del 75% de los accidentes por causas meteorológicas. Los desvíos de aeronaves, la violación de separación entre las aeronaves, la frustración de entrega o salidas de aeronaves de la FIR Habana a otra en un determinado nivel de vuelo, penetración en zonas prohibidas, restringidas y peligrosas, convergencia de aeronaves hacia un mismo punto, despistes de aeronaves, eventos LHD por turbulencia y violaciones de separación entre las aeronaves son algunos de los incidentes que ocurren por causas de fenómenos meteorológicos.



*Figura 2 Porcentaje de las causas de los accidentes aéreos en Cuba desde 1945-2018. Fuente: Elaborada por el autor, a partir de la información obtenida de la base de datos "Aviation Safety Network" (ASN). <http://aviation-safety.net/database/dblist.php?Country=CU>.*

El problema a investigar es la gestión de riesgo de los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación. El objetivo principal es: Analizar la gestión de riesgo en la Región de Información Habana (FIR Habana) ante los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación.

## Objetivos específicos

- Relacionar los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación mediante la caracterización físico geográfico de la FIR e identificarlos.
- Analizar la gestión de riesgo en la FIR Habana ante los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación.
- Ejemplificar mediante un caso de estudio la mitigación de los riesgos en la FIR basado en una propuesta metodológica operativa.

## Materiales y Métodos

Destinado a armonizar conceptos, términos, y combinar toda su orientación en materia de gestión de riesgo, se utilizarán los siguientes conceptos:

**Análisis de los riesgos:** identificación de los riesgos, con el objetivo esencial de conocer las causas y consecuencias que pueden provocar los mismos. OACI 2009.

**Gestión del riesgo:** identificación, análisis y eliminación, y/o mitigación de los riesgos a un nivel aceptable, que amenazan las capacidades de una organización. OACI 2009

**Riesgo:** evaluación de las consecuencias de un peligro, expresada en términos de probabilidad y severidad, tomando como referencia la peor condición previsible. OACI 2009.

La metodología es sobre la base del documento 9859 de la OACI para la Identificación de Peligros y Gestión de Riesgo, modificado por el autor, con un enfoque geográfico, teniendo en cuenta que son los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación los que tienen un carácter crítico en el funcionamiento de los aeródromos en las diferentes fases de vuelo. Esta modificación dispone de un proceder que permite caracterizarlos y prevenir los peligros mediante la identificación, análisis, y evaluación con un enfoque cualitativo y cuantitativo, figura 3.

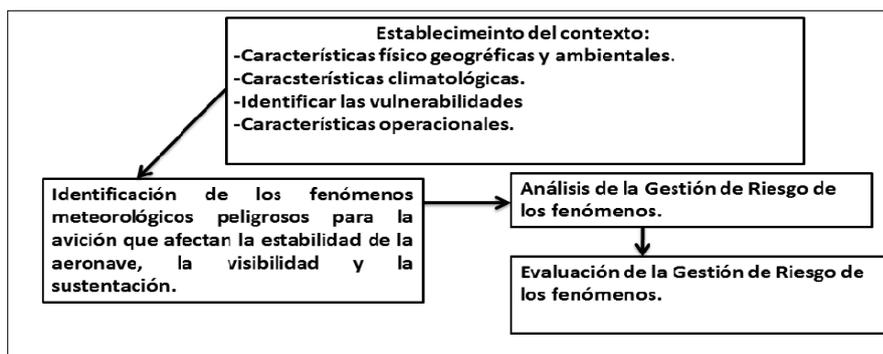


Figura 3. Esquema metodológico para la Gestión de Riesgo en cada aeropuerto de estudio. Fuente: Elaborada por el autor sobre la base del Manual de la gestión y la seguridad operacional, OACI.

El establecimiento del contexto en una caracterización física, geográfica, climática, operacional y ambiental, además de identificar vulnerabilidades. La tipificación para cada fenómeno meteorológico peligroso que afecte la sustentación, la visibilidad y estabilidad de la aeronave, comprende todos aquellos declarados como significativos en el FIR Habana.

En la medida que se identifiquen los fenómenos, las posibles causas o factores que puedan poner en peligro las aeronaves y sus impactos se identificarán los orígenes, las áreas de impacto, los sucesos, así como las causas y consecuencias potenciales.

Después de haber identificado los fenómenos se pasa al análisis de los riesgos. Éste implica definir la gravedad y el impacto que le corresponderá. Este impacto, representa las pérdidas, consecuencias o magnitud de los efectos que se pueden generar en caso de ocurrencia o materialización. En la medida que se definan los fenómenos se mostrará la frecuencia, probabilidad de ocurrencia y el grado de severidad en que estos puedan ocurrir, así como su impacto, tabla 1.

*Tabla No 1. Clasificación de Frecuencia.*

	Expresión del Tiempo	Significado del Impacto	Valor
<b>Alta</b>	<b>Frecuente</b>	<b>Probable que ocurra muchas veces</b>	<b>5</b>
<b>Media</b>	<b>Ocasional</b>	<b>Ha ocurrido con frecuencia</b>	<b>4</b>
<b>Baja</b>	<b>Remoto</b>	<b>Posible que ocurra</b>	<b>3</b>
	<b>Improbable</b>	<b>Probable que ocurra algunas veces</b>	<b>2</b>
	<b>Extremadamente Improbable</b>	<b>Casi inconcebible que el suceso ocurra</b>	<b>1</b>

*Fuente: Manual de la gestión y la seguridad operacional, OACI*

Estos impactos se pueden clasificar en pérdidas directas, relacionadas con las alteraciones físicas de las instalaciones y pérdidas indirectas relacionadas con aspectos sociales y económicos. El análisis de los fenómenos define en cada aeropuerto la gravedad del impacto .ver tabla 2

*Tabla 2. Clasificación de la Gravedad- Impacto.*

	Gravedad del suceso	Significado - Impacto	Valor
<b>Alta</b>	<b>Catastrófico</b>	<b>Provoca que la aeronave se estrelle o impacte ocasionando muertes. Afectación total en los servicios aeroportuarios e instalaciones. Afectaciones en zonas urbanas próximo a la aproximaciones de los vuelos.</b>	<b>A</b>
	<b>Peligroso</b>	<b>Choque violento contra el suelo que puede reventar los neumáticos y/o destruir el tren de aterrizaje. Despiste de la aeronave. Restringe el área geográfica y la visibilidad en el aeródromo. Limitante del viento cruzado en la pista .Afectaciones en las instalaciones del aeropuerto, terminales aéreas y asentamientos urbanos. Afectaciones en zonas urbanas próximo a la aproximaciones de los vuelos. Colisiones en tierra.</b>	<b>B</b>
	<b>Mayor</b>	<b>Dificulta la orientación de los pilotos cuando afecta el rodaje del avión y para incorporarse a la pista e iniciar la carrera de despegue. Pérdida de la velocidad. Aceleraciones verticales extremadamente fuerte que pueden someterse a tensiones o fuerzas peligrosas. Cambio repentinos del viento. Disminución del ángulo de ataque. Momento de cabeceo. Afectaciones en las instalaciones del aeropuerto y terminales aéreas.</b>	<b>C</b>
<b>Media</b>	<b>Menor</b>	<b>Desvíos de altitud del avión. Atraso de las operaciones de aterrizaje y despegue. Ascendencias y descendencias moderadas.</b>	<b>D</b>
<b>Baja</b>	<b>Insignificante</b>	<b>Modificación del equilibrio de las fuerzas sobre la aeronave.</b>	<b>E</b>

*Fuente: Modificado por el autor en el significado del impacto, sobre la base del Manual de la gestión y la seguridad operacional, OACI y criterios geográficos.*

Para determinar si el riesgo es consecuentemente aceptable se aplica el valor obtenido del resultado del análisis de la probabilidad y la severidad de las consecuencias del peligro a la siguiente matriz, tabla 3.

*Tabla No 3. Evaluación tolerabilidad–índice de riesgo*

Probabilidad del riesgo	Gravedad del riesgo					Descripción de la tolerabilidad	Índice de riesgo evaluado	Criterios sugeridos
	Catastrófico A	Peligroso B	Importante C	Leve D	Insignificante E			
Frecuente 5	5A	5B	5C	5D	5E		5A, 5B, 5C, 4A, 4B, 3A	No Tolerable: según las circunstancias actuales Severo Importante
Ocasional 4	4A	4B	4C	4D	4E		5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C, 1A	Tolerable: Puede necesitar una decisión de Gestión Moderado
Remoto 3	3A	3B	3C	3D	3E		3E, 2D, 2E, 1B, 1C, 1D, 1E	Aceptable: Debe ser documentado Trivial
Improbable 2	2A	2B	2C	2D	2E			
Sumamente improbable 1	1A	1B	1C	1D	1E			

Fuente: Manual de la Gestión y la Seguridad operacional, OACI.

Según los resultados del análisis, la evaluación permitirá la toma de decisiones, determinando los riesgos a tratar y la prioridad para implementar, permitirá implementar programas de capacitación para autoridades aeronáuticas y de calidad sobre la base de las causas explicativas, diferencias y rasgos comunes que apoyarán la gestión flexible por parte de los diferentes servicios proveedores de la información aeronáutica y en especial el de tránsito aéreo porque mejora la conciencia situacional, la toma de decisiones en colaboración y la planificación ante la seguridad operacional y el medioambiente.

Tabla No 4. Criterio de Tolerabilidad.

<b>Aceptable, Trivial, Insignificante</b>	Mantener una supervisión puntual, para verificar que se mantienen practicando las acciones de control y no aumente el nivel de riesgo de los fenómenos meteorológicos.
<b>Tolerable, Moderado, Importante</b>	Mantener una supervisión continuada, para asegurar que se practican las acciones. Cumplir estrictamente las acciones de control, para reducir los riesgos de los fenómenos meteorológicos, enfocando los esfuerzos hacia las causas que pueden ocasionar su ocurrencia, realizando supervisiones continuadas y puntuales.
<b>No Tolerable (Intolerable), Importante, severo:</b>	Precisar los recursos necesarios, a partir de las causas que pueden originar la ocurrencia del riesgo de los fenómenos meteorológicos y remediar los problemas en un plazo determinado. Reducir las causas de riesgo. De asumir un nivel de riesgo intolerable, el impacto financiero de las pérdidas pone en peligro la supervivencia de los pasajeros. Si no es posible explicar cuando finaliza el riesgo, debe prohibirse las operaciones.

Fuente: Modificado por el autor en el criterio de tolerabilidad, sobre la base del Manual de la gestión y la seguridad operacional, OACI.

Dentro de los materiales utilizados se encuentran las observaciones meteorológicas aeronáuticas del código METAR y SPECI. La estadística descriptiva muestra los resultados mediante gráficos en los cuales se representan algunos fenómenos. Como métodos teóricos para la gestión de riesgo en su función explicativa teórica se utilizan el análisis y la síntesis, el método deductivo, inductivo y la generación e histórico lógico y sistémicoestructural citados en (Mateo, 2005).

### Resultados y Discusión.

La relación de los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación con la descripción geográfica de la FIR Habana obedece que las distintas partes de la Región de Información de Vuelo Habana (FIR Habana) experimentan una acción desigual de los procesos atmosféricos basados en el sistema de circulación de la atmósfera donde la situación geográfica es uno de los elementos fundamentales que influye en la formación de los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación como el engelamiento, la cizalladura del viento en niveles bajos, los

distintos tipos de turbulencias, las tormentas eléctricas con el desarrollo de aerovalanchas y tornados, la niebla y la fuerte precipitación. Los cambios bruscos en el tiempo, asociados a los diferentes patrones sinópticos, a las características físicas de la atmósfera y al aspecto general de tiempo, tabla 4. Otra de las causas es la configuración del archipiélago con gran contraste de formas de relieve que ejercen una gran influencia en los procesos de formación e intensidad de estos fenómenos que les confiere una diferenciación espacial. Las formas de relieve constituyen barreras naturales que hacen posibles el establecimiento de un comportamiento de las brisas que acentúa la formación de estos fenómenos, como es el caso de las tormentas eléctricas. Otro fenómeno que se pone de manifiesto dentro del relieve de alturas y llanuras es la niebla. En los aeropuertos donde se reporta presenta ciertas particularidades como las condiciones locales del viento, el relieve tanto de alturas como de llanuras, las características del suelo como la humedad y la cercanía de espejos de aguas hacen posible que se conjuguen las variables meteorológicas que condicionan su formación.

**Tabla No 5. Patrones sinópticos, condiciones atmosféricas y generales del tiempo en el archipiélago cubano.**

	Patrones Sinópticos	Condiciones atmosféricas	Condiciones generales del tiempo
Verano	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Áreas de bajas presiones</li> <li>-Organismos Tropicales</li> <li>-Hondonada</li> <li>-Línea de convergencia</li> <li>-Anticiclón del atlántico</li> <li>-Baja superior</li> <li>-Onda superior</li> <li>-Vaguada</li> <li>-Corriente en chorro subtropical</li> <li>-Divergencia /difluencia superior</li> <li>-Convergencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Inestabilidad</li> <li>- Abundante Humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Vientos de región sur (intensidad)</li> <li>-Vientos del nordeste (brisotes, intensidad)</li> <li>-Actividad convectiva típica del verano (Después del mediodía/horas de la tarde, etc.)</li> <li>-Áreas de neblina (madrugada/amanecer)</li> </ul>
Invierno	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Frente frío</li> <li>-Frente estacionario</li> <li>-Frente en disipación</li> <li>-Onda frontal</li> <li>-Líneas de tormentas</li> <li>-Baja extratropical</li> <li>-Anticiclón Continental</li> <li>-Periferia anticiclón continental</li> <li>-Gradiente de viento</li> <li>-Baja superior</li> <li>-Onda corta superior</li> <li>-Hondonada superior</li> <li>-Corriente en chorro subtropical</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Áreas de niebla/neblina (madrugada/amanecer)</li> <li>-Vientos moderados/fuertes de región sur</li> </ul>

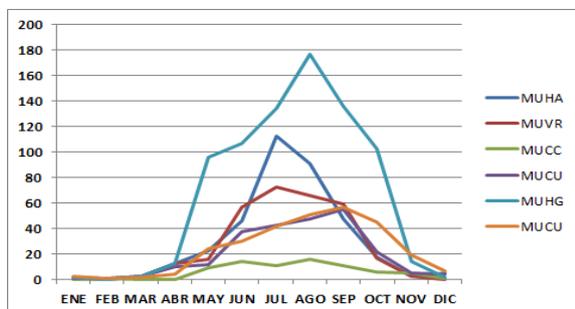
*Fuente: Elaborado por el autor sobre criterios Lic Juan Simeon Rego.*

**Análisis de la gestión de riesgo en la Región de Información de Vuelo FIR Habana.**

Para la identificación de los fenómenos se tuvo en cuenta reportes de la estadística descriptiva de algunos de los fenómenos, los reportados en incidentes y accidentes aéreos en la FIR y la experiencia de 17 años en el trabajo operativo de la meteorología aeronáutica. Estos fenómenos tienen una historia de eventos en probabilidad de ocurrencia en las diferentes fases de vuelos y en los aerodromos, a saber: las tormentas eléctricas, la turbulencia, cizalladura del viento a bajo nivel, engelamiento, fuerte precipitación, niebla, neblina y turbulencia mecánica. De estos fenómenos se seleccionaron los reportes de tormentas eléctricas con lluvias, tormentas en la vecindad y niebla con visibilidad reducida a 1000 metros. Estas observaciones se reflejan en el código METAR y SPECI como TSRA, VCTS y SHRA, FG. La figura 4 muestra la marcha anual de las TSRA y VCTSRA en el periodo del 2012 al 2017, como se observa, el aeródromo que más reportes del código TSRA y VCTSRA es el Aeropuerto Internacional de Holguín (MUHG) con 787 observaciones, seguidamente se encuentran los aeropuertos internacionales de La Habana "José Martí" (MUHA),

Varadero (MUVR) y Santiago (MUCU), con 366, 308 y 285 respectivamente. Los reportes de los aeropuertos internacionales de Camaguey (MUCM) y Cayo Coco (MUCC) son menores, con valores de 242 y 74 respectivamente. Todos estos reportes poseen una marcada estacionalidad al concentrarse en los meses más cálidos (mayo-octubre). Todos los aeródromos presentan un número inferior de reportes en los meses menos cálidos (noviembre-abril) donde este fenómeno se reporta con muy poca frecuencia. Los mecanismos de formación de este fenómeno son propicios para que se produzca en horas de la tarde, los mayores reportes se concentran entre las 1600UTC hasta las 0300UTC (Sanchez, 2014) y sus efectos en las aeronaves y operaciones son (Fajardo, 2013):

- Pérdida de la velocidad de la aeronave lo que provoca cambios de altitud. Desvíos de la ruta o abortar su aproximación.
- Despiste de las aeronaves. Penetración en zonas prohibidas.
- Aceleraciones verticales extremadamente fuertes que pueden someter a las aeronaves a fuerzas o tensiones muy peligrosas.
- Ruptura o modificación del equilibrio de las fuerzas sobre la aeronave en el plano horizontal y vertical. Afectación de los ángulos de deriva y derrape
- Disminución del ángulo de ataque de la aeronave, lo cual modifica la forma aerodinámica del avión, que puede disminuir su levantamiento.

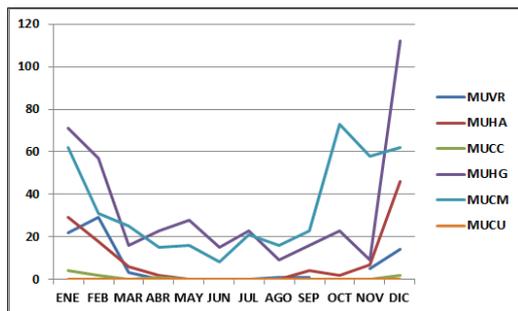


**Figura 4. Marcha anual de la tormentas electricas con lluvias y en la venciad de los aerodromos en el periodo 2012–2017.**

La figura 5 muestra que en el aeródromo que más reportó la niebla fue MUHG con un 41%, concentrándose los mayores reportes en los meses de octubre, diciembre y enero, en este último se encuentra un máximo absoluto. En segundo lugar fue el aeródromo de MUCM con el 40%, siendo los meses más significativos diciembre, octubre, enero y febrero. El aeródromo de MUVR ocupó el tercer lugar con el 11%, los meses de enero, febrero, marzo y abril concentraron los mayores reportes. Similar comportamiento tuvo el de MUHA pero con menor cantidad de reportes (7%). El de MUCC sólo reportó este fenómeno de forma aislada con el 1% de los reportes de niebla. Por último, es necesario explicar que en el aeropuerto de MUCU no se reporta el fenómeno en el aeródromo pues las características geográficas y el comportamiento local de las variables meteorológicas no permiten que existan reportes de este tipo.

Este comportamiento está influenciado por el tipo de niebla ya que los aeródromos de MUHG y MUCM, reportan niebla de radiación debido al enfriamiento nocturno en las noches despejadas, en combinación con vientos en calma o muy ligeros y abundante humedad. Los aeródromos de MUHA y MUVR reportan niebla de advección-radiación por la presencia de los frentes fríos que se desplazan hacia el archipiélago. Este fenómeno presenta una marcada estacionalidad en los meses del período menos cálido donde el denominador común son algunas situaciones sinópticas, las características físicas de la atmósfera y las condiciones del tiempo (Entenza, 2006). La mayor cantidad de reportes para los aeródromos abarca el horario comprendido entre las 0800UTC y las 1300UTC. Algunos efectos en la aeronave y las operaciones son: (Entenza, 2007):

- Atrasa las operaciones de aterrizaje y despegue.
- Provoca que la aeronave se estrelle en áreas aledañas al aeródromo debido a la falta de visibilidad.
- Dificulta la orientación de los pilotos en dos momentos: primero, cuando efectúan el rodaje del avión por las calles de carreteo, para luego incorporarse a la pista e iniciar la carrera de despegue; y segundo cuando, después de haber aterrizado, deben conducir la aeronave, utilizando las calles de carreteo, hasta el hangar que le oriente el controlador de tráfico terrestre.



**Figura 5. Marcha anual de la niebla en los aerodromos en el periodo 2012–2017**

Teniendo en cuenta la matriz del documento 9859 de la OACI para la Identificación de Peligros y Gestión de Riesgo tabla 6 y se atendiendo a Se determinó que las tormentas electricas es el fenómeno más frecuente y catastrófico que ocurre en la FIR Habana. La turbulencia es otro fenómeno frecuente pero peligroso. La cizalladura del viento a bajo nivel y el engelamiento se califican como ocasionales y catastroficos. La fuerte precipitación, la niebla y la neblina se clasifican como ocasionales y de menor severidad del riesgo. La turbulencia mecánica ocurre remotamente con menor severidad de riesgo.

**Tabla No 6. Consecuencias del peligro y posibilidades que ocurran.**

Probabilidad del Riesgo	Severidad del Riesgo		
	Catastrofico A	Peligroso B	Menor D
Frecuente 5	Tormentas electricas	Turbulencia	
Ocacional 4	Cizalladura del Viento a Bajo nivel. Engelamiento.		Fuerte precipitación. Niebla y Neblina
Remoto 3			Turbulecia mecánica

*Fuente: Elaborada por el autor sobre la base de la matriz evaluación tolerabilidad–índice de riesgo del Manual de la gestión y la seguridad operacional, OACI.*

Para determinar si el riesgo es aceptable y está dentro del criterio de la seguridad operacional se aplicó el valor obtenido del resultado del análisis de la probabilidad y la severidad en la matriz de la tabla No 2 y se determinó el índice de evaluación de riesgo que permitió la toma de decisiones y acciones para la mitigación de los riesgos mediante criterios sugeridos y la región donde se localizan, tabla No 7. Las tormentas eléctricas, la cizalladura del viento a bajo nivel, la turbulencia y el engelamiento se localizan en la región no tolerable. Cuando los patrones sinópticos, condiciones atmosféricas y generales del tiempo permitan pronosticar estos fenómenos hay que precisar bien las áreas de afectación para reducir los impactos de estos fenómenos en los accidentes, incidentes y catástrofes. La fuerte precipitación, niebla, neblina y la turbulencia mecánica se localizan en una región tolerable donde hay que mantener una supervisión continuada en sus pronósticos enfocados a las situaciones o factores que los originan para reducir sus efectos.

**Tabla No 7. Índice de evaluación de riesgo y criterio sugerido de los fenómenos meteorológicos seleccionados que afectan la Región de Información de Vuelo Habana.**

Gestión de Riesgo	Índice de Evaluación de Riesgo	Criterio Sugerido
Región no tolerable	5A, 5B, 4A	Inapceptable bajo las circunstancias existentes
Región Tolerable	4D,3D	Aceptables en base a mitigación del riesgo.

*Fuente: Elaborada por el autor sobre la base del Manual de la gestión y la seguridad operacional, OACI.*

La toma de decisiones y acciones para la mitigación de los riesgos de estos fenómenos se puede realizar mediante una propuesta metodológica operativa que va dirigida para el personal del Centro de Control de Tránsito Aéreo, la cual permitirá la toma de decisiones mediante una zonificación en la identificación de los fenómenos que deberían estar localizados en los diferentes sectores primarios en que trabaja el Centro de Tránsito Aéreo (CTA), a saber: Sector A, Sector B, Sector C, Sector D. Los Sector G y Sector H se consideran secundarios por el horario en que se trabaja. Además de las cuatro y las Áreas de Control Terminal (TMA) Habana, Varadero, Camagüey y Santiago. Los sectores tienen diferentes rutas aéreas, identificadas en la cartas aeronáuticas, figura 6. Estos sectores y TMA presentan diferentes horarios y niveles donde se comienza a controlar aeronaves por lo que el personal especializado en la meteorología aeronáutica destinado a la realización de esta actividad

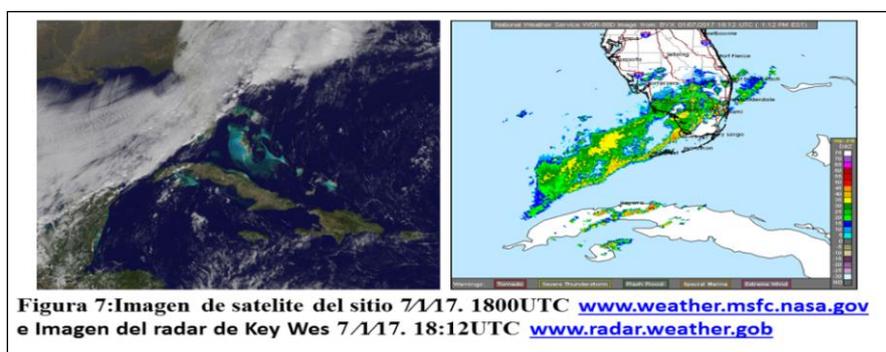
debe de tener presente la realización de un buen diagnóstico, observación de las variables meteorológicas y su posterior seguimiento. Además que es indispensable el conocimiento de las cartas de navegación aérea y los procedimientos que realizan las aeronaves en las diferentes fases de vuelo.



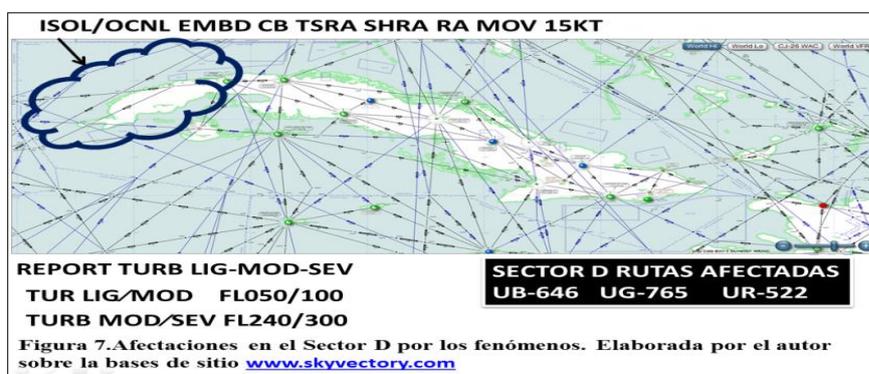
La identificación de los fenómenos, mediante un mapa con las rutas y sectores, será de utilidad para el personal del (CTA). La ubicación, la extensión vertical considerando sus límites, la dirección, velocidad de movimiento y el nivel o niveles de vuelo que afectarán los fenómenos, así como su intensidad serán el elemento más importante para reducir las causas del riesgo. El impacto de esta propuesta metodológica previene los efectos de los fenómenos, permite la coordinación de tramitar información meteorológica con el Centro de Control de Tránsito Aéreo para prevenir catástrofes, accidentes e incidentes ya que nuestra FIR no está exenta de éstas. El establecimiento de una vía de comunicación gráfica permitirá al personal del CTA visualizar los fenómenos existentes y los pronosticados. El impacto de la mitigación del riesgo de los fenómenos meteorológicos en la FIR Habana, estimulando una gestión proactiva, mantendrá una supervisión continuada para que se practiquen las acciones garantizando un tránsito aéreo seguro, reduciendo al mínimo los efectos a las aeronaves ante los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación, permitirá un flujo óptimo de tránsito aéreo en las diferentes fases de las operaciones del vuelo y tramitará las limitaciones y eventos meteorológicos imprevistos que afectan el tránsito aéreo con el objetivo de reducir al mínimo los efectos negativos de estos fenómenos en la Región de Información de Vuelo. Los avisos, mensajes con nomenclatura aeronáutica y pronósticos de aeródromo también forman parte de la mitigación del riesgo. Precisar de los recursos necesarios a partir de las causas que pueden originar los riesgos de estos fenómenos es uno de los criterios de tolerabilidad para mitigarlos. De asumir un nivel de riesgo intolerable como las tormentas eléctricas, la turbulencia, la cizalladura del viento en niveles bajos y el engelamiento y tengan un impacto financiero de pérdidas y pone en peligro la supervivencia de los pasajeros, las afectaciones en la instalación aeroportuaria y el entorno debería prohibirse las operaciones a la hora del análisis.

### **Caso de estudio**

El riesgo y el efecto de los fenómenos meteorológicos en la FIR Habana es un tema donde todos los días hay que tener una vigilancia extrema ya que a pesar del gran desarrollo tecnológico de las aeronaves y del conocimiento sobre eventos meteorológicos, persisten los riesgos de este tipo que pueden ocasionar accidentes, desastres y catástrofes con altos costos económicos, humanos, sociales y ambientales. Estos fenómenos presentan una historia de eventos y una frecuencia que permitirá deducir la fuente o los mecanismos que lo generan. La imagen del satélite del 7 de enero del 2017 a las 1812 UTC localiza en el Estrecho de la Florida un frente frío desplazándose hacia el este. La imagen de radar muestra actividad de tormentas eléctricas en una línea prefrontal al sur del Aeropuerto Internacional José Martí con tendencias a desplazarse y afectar el Aeropuerto Internacional de Juan Gualberto Gómez.



Esta situación meteorológica de aisladas y ocasionales tormentas eléctricas embebidas, chubascos y lluvias afectó el tránsito aéreo en el sector D y la aproximación de las aeronaves que se dirigían al aeropuerto de la Habana. Algunos efectos fueron reportados por las aeronaves como turbulencia moderada y severa en los niveles de 24000 a 32000 mil pies y de 5000 a 12000 pies en el TMA Habana, además de pérdida de la velocidad de la aeronave lo que provocó solicitud de cambios de altitud para las aeronaves que se desplazaban por el sector D, ocasionando desvíos de la ruta, otras abortaron su aproximación y penetraron en zonas prohibidas por la presencia de una línea de tormentas al sur del aerodromo.



Atendiendo a la situación se pronosticó al TMA Habana aisladas y ocasionales tormentas eléctricas embebidas, chubascos, lluvias, cizalladura del viento en niveles bajos para la cabecera de pista 24 y reportes de turbulencia moderada desde los 18000 pies hasta los 5000pies.



Esta presentación desarrolló aptitudes para la solución de problemas de los efectos negativos de los fenómenos en la FIR a una escala de macro hasta la micro escala en un contexto donde la planificación de las aeronaves en las rutas aéreas juega un papel importante debido a sus afectaciones, al mismo tiempo implementó políticas mediante la relación de las Ciencias Geográficas y las Ciencias Meteorológicas, permitiendo ver cuáles son las diferencias y similitudes en cuanto a los programas de implementación de la seguridad operacional, de conformidad con los lineamientos, programas, anexos y textos de orientación relacionados con la OACI y aprovechó las buenas prácticas en la implementación de los planes de riesgo que se utilizan para la mitigación, y la disminución de la ocurrencia de incidentes, accidentes, desastres y catástrofes al disponerse de una mejor percepción situacional. Definió una escala de estudio, la propuesta fue descriptiva, explicativa y definitoria porque identificó los fenómenos en su aplicación práctica para conocimientos teóricos en la solución de problemas de la meteorología aeronáutica. Por tal motivo, esta investigación es de utilidad práctica para programas de capacitación, autoridades aeronáuticas operativas, para el sistema de control de la calidad y el establecimiento de recomendaciones operacionales, además, permite llevar el tema de gestión de riesgo a un análisis de microescala para las condiciones específicas de cada aeropuerto, lo cual permitirá reducir la exposición de la población, pasajeros e instalaciones aeroportuarias a las amenazas, además permitió una nueva visión analítica de los procesos de riesgo. Para Cuba la literatura demuestra que hay un desafío importante para la investigación en cuanto a mayor y mejor producción sobre el tema.

### **Conclusiones**

1. La relación de los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación con las características físicas geográficas de la FIR Habana obedecen a tres factores: la situación geográfica, la configuración de la isla y sus formas de relieve; confiriéndole a estos una diferenciación espacial. Las tormentas eléctricas, el engelamiento, la fuerte precipitación, la cizalladura del viento en niveles bajos, la turbulencia, la niebla, la neblina y la turbulencia mecánica son los que más identifican en esta relación.
2. El análisis de la gestión de riesgo mostró que en la FIR Habana existen fenómenos como las tormentas eléctricas, la cizalladura del viento en niveles bajos y el engelamiento en la región

no tolerable, donde hay que precisar los recursos necesarios a partir de las situaciones meteorológicas que pueden originarlos. La niebla, neblina, fuerte precipitación y la turbulencia mecánica se encuentran en una región tolerable, aceptable en base a la mitigación del riesgo que podrá requerir de una decisión especializada para precisar los diagnósticos.

3. El caso de estudio evidencio los peligros que se localizan en la FIR y a los que están expuestas las aeronaves durante las operaciones de aterrizaje, despegue, aproximación y crucero antes los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación constituyendo un peligro inminente para estas operaciones. La mitigación de los riesgos se realiza mediante una propuesta metodológica operativa que va dirigida al personal del Centrol de Control de Tránsito Aéreo permitiendo la toma de decisiones mediante una zonificación en la identificación de los fenómenos.

## Referencias

1. Aviation Safety Network (ASN). Consultado en la base de datos <http://aviation-safety.net/database/dblist.php?Country=CU> consultado el 9 de enero de 2019.
2. Entenza L. (2006). Estudios sobre la ocurrencia de niebla en el Aeropuerto Internacional “José Martí”. Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Ciencias Meteorológicas. UDICT, Instituto de Meteorología, T 41-06. 74pp.
3. Entenza L. (2007). Estudio sobre la ocurrencia de niebla en el Aeropuerto Internacional “José Martí”. Memorias del IV Congreso Cubano de Meteorología, Ciudad de la Habana, del 4 al 8 de diciembre de 2007, publicación electrónica, ISBN: 978-959-7167-12-9
4. Entenza Tilman, Lemay. 2009. Comportamiento de los fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación civil en el Aeropuerto Internacional José Martí. Memorias del V Congreso Cubano de Meteorología, Instituto de Meteorología, 1 de diciembre al 4 de diciembre, La Habana.
5. González, Blanca. 2006. *Meteorología Aeronáutica*. España: Editado por AVA, Actividades Varias Aeronáuticas .SL. Segunda edición.
6. Fajardo Fernández, Yeniley 2013. Fenómenos meteorológicos peligrosos para la aviación que inciden en la seguridad de las operaciones aeronáuticas en la Región de Información de Vuelo Habana. Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana.
7. Ledesma Manuel, Baleriola Gabriel. 2003. *Meteorología aplicada a la aviación*. España. Thomson Editores Spain Paraninfo, S.A. 12ª Edición.
8. Manual del sistema de la Seguridad Operacional.2009. Organización de la Aviación Civil Internacional. Segunda Edición. Aprobado por el Secretario General y publicado bajo su responsabilidad.
9. Mateo, José. 2015. *Teoría y Metodología de la Geografía*. Cuba: Editorial Félix Varela.
10. Organización de la Aviación, 2009. Curso de Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional. 6-5-2009. Madrid.
11. Organización de la Aviación, 2011. “Situación de la Seguridad operacional de la aviación mundial”. Publicado en Montreal, Canadá.
12. Sánchez Simón, Patricia 2014. Las tormentas eléctricas en la Región de Información de Vuelo Habana. Tesis de Licenciatura en Meteorología, Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Facultad de Medio Ambiente.