

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS POR CAÍDA DE CENIZA
VOLCÁNICA PARA EL PLAN DE CONTINGENCIA DEL AEROPUERTO LA NUBIA,
MANIZALES

TESIS DE MONOGRAFÍA PARA ASPIRAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA

ESTUDIANTES:

ING. DANIELA CARDONA MEJIA

LIC. CARLOS DARIO MONTOYA ECHEVERRI

TUTOR DE MONOGRAFÍA:

JOHN MAKARIO LONDOÑO BONILLA, PhD.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE MANIZALES

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESPECIALIZACIÓN EN PREVENCIÓN, REDUCCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES

COHORTE XVI

MANIZALES

2021

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	7
3. JUSTIFICACIÓN	14
4. OBJETIVOS	16
4.1. Objetivo general	16
4.2. Objetivos específicos	16
5. CONTEXTO GEOGRÁFICO DE ESTUDIO	17
6. ANTECEDENTES	20
7. MARCO NORMATIVO	29
8. MARCO CONCEPTUAL	30
9. MARCO TEÓRICO	35
10. METODOLOGÍA	48
11. RESULTADOS	52
12. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	76
13. RECOMENDACIONES	80
14. CONCLUSIONES	83
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
16. ANEXOS	95

TABLA DE ILUSTRACIONES

Tabla 1: Niveles de alerta según decreto 2157 de 2017	70
Tabla 2: Niveles de alerta y actividades relacionadas a cada nivel.....	71
Tabla 3: Miembros Comité Seguridad Operacional.....	71
Tabla 4: Cadena de Llamadas	75

1. RESUMEN

El presente documento es una propuesta de inclusión del componente de amenaza por caída de ceniza volcánica en el plan de contingencia del Aeropuerto La Nubia de Manizales, que actualmente carece de dicho componente. La terminal aérea en mención fue escogida por el grupo de trabajo para comparar los efectos adversos del citado material volcánico en infraestructuras y aeronaves, vitales para la industria de la aviación, tomando como ejemplo algunos casos puntuales de aeropuertos con similares características geográficas a nivel mundial que han sido afectados por nubes de ceniza volcánica, y con base en ellos analizar una serie de criterios regidos de la mano de la ICAO (International Civil Aviation Organization) como ente rector de la aviación global, la Aerocivil (Aeronáutica Civil) como ente regulador colombiano en el ámbito aeronáutico y la Gestión del Riesgo de Desastres como eje articulador de los conocimientos adquiridos en la especialización cursada, que contribuyeron a la creación de ejercicio.

El trabajo consistió en una recopilación de estándares y lineamientos establecidos en algunos aeropuertos análogos al de La Nubia en materia de caída de ceniza volcánica, que fueron tomados como modelo para la propuesta antes descrita y su posterior adaptación. Se obtuvo una Matriz Final luego de decantar las diversas opciones estudiadas para establecer la propuesta de protocolo, con sus respectivos componentes de acción, que servirá en un futuro para que otras terminales aéreas opten por actualizar sus planes de contingencia abarcando la amenaza en cuestión, y se logre en tiempos venideros que Colombia sea referente en la promoción y prevención de riesgos de desastres, sobre todo en un país que históricamente ha sido ligado a la aviación desde sus inicios en dicha industria.

1. INTRODUCCIÓN

En la presente monografía, se plantea la adopción futura y necesaria de una actualización en el plan de contingencia aeroportuaria de la terminal aérea La Nubia en la ciudad de Manizales, con base en los estándares internacionales que regulan las operaciones aéreas en tierra y aire, en el apartado de la caída de ceniza volcánica, fenómeno natural que afecta la vida en general, y a la industria de la aviación en particular, como principal centro de atención en este estudio monográfico para optar por el título de Especialistas en Prevención, Reducción y Atención de Desastres.

Se comprende que, en el proceso formativo recibido a lo largo del posgrado de especialización, la normatividad o regulaciones vigentes en la gestión del riesgo de desastres urgen ir de la mano con los planteamientos surgidos en el discurso del desarrollo sostenible, meta a alcanzar por nuestros gobiernos en pro de buscar el equilibrio entre el desarrollo económico y social frente a la ocupación del medio natural, que resulta afectado y modificado por la mano del hombre. Si bien el proyecto hablará sobre la incidencia del fenómeno natural expuesto anteriormente, no cabe duda que el mismo hace parte de una gama de riesgos que por su origen natural, pueden ser estudiados en detalle. Los volcanes colombianos están monitoreados por el SGC y emiten las alertas por posibles erupciones, por lo que deben ser estudiados con mayor profundidad para estar preparados ante las emergencias de forma rápida y comprensible, dado que la comunicación es fundamental para que las estrategias emanadas por parte de las autoridades competentes sean utilizadas por los ciudadanos en general si se busca la resiliencia ante los eventos, causando menores pérdidas económicas y menor vulnerabilidad.

Se cuenta entonces con el estudio detallado de eventos históricos que marcaron un antes y un después en las regulaciones aeronáuticas a nivel mundial, así como sus implicaciones en la industria de la aviación (en el apartado de caída de ceniza volcánica), que permitirán facilitarle al

personal encargado emitir alertas tempranas sobre los posibles eventos, y a la par de ello, adoptar un plan de contingencia de la terminal aérea de La Nubia, y proponer medidas a futuro encaminadas al mejoramiento, con estrategias y modelos que permitan un mejor manejo de las emergencias suscitadas por la caída de ceniza volcánica.

La ciudad de Manizales, considerada como “laboratorio natural del riesgo” (UCM, 2020) ha sido modelo y referencia en cuanto al manejo de emergencias de orden natural. Sin embargo, su terminal aérea, se ha quedado atada a las limitaciones geográficas que impone el espacio donde fue construida, y al localizarse en un terreno bastante complejo en el ámbito aeronáutico, requiere de los mejores pilotos para operar sobre ella. Es normal que se cierre dicha terminal ante el evento de ceniza, pero en última instancia, ella opera bajo pérdidas económicas la mayor parte del tiempo, producto de las condiciones atmosféricas desfavorables al vuelo, lo que le significa estar cerrada al tráfico aéreo, desviando vuelos de su recepción a otras ciudades.

Dichas pérdidas económicas no se traducen solamente en cierres de la terminal o desvío de aeronaves, sino en las finanzas de la ciudad, que tiene visitantes todo el año, pero que con dicho fenómeno en ciernes reduce notablemente el acceso a la misma directamente, al menos por vía aérea, aumentando costos de transporte de pasajeros y fletes de carga. Por ello, esta propuesta se encamina a mitigar los efectos adversos del fenómeno en una industria como la aviación (que Colombia, a contramano de su devenir histórico desarrolló primero comparada con otros países), hacen mella en la misma y en todo lo que ella encarna como disciplina y profesión.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las cenizas volcánicas derivan de las erupciones o eyecciones volcánicas, las cuales son altamente abrasivas y se componen esencialmente de roca y mineral muy fino, y su forma puede variar según el tipo del volcán y tipo de erupción. Así mismo, su concentración está en función de variables como altura de la columna de humo, condiciones meteorológicas y el gradiente vertical de la temperatura (ICAO, Doc. 9691, 2009).

La ceniza volcánica en sí misma, es notada de dos formas, a saber:

- a- ***Ceniza visible***, que es la perceptible por el ojo humano, a simple vista, pudiendo tocarse y frotarse, pero no puede medirse cuantitativamente por lo fino y espeso de su material químico disperso en el espacio.
- b- ***Ceniza discernible***, que es la detectada por los impactos directos sobre las estructuras y aparatos de medición remotos. En este caso, las estructuras vienen a ser las aeronaves, aeropuertos y zonas de influencia de los mismos.

A nivel general, dependiendo de la cantidad y condiciones del suelo, las cenizas resultan ser beneficiosas en términos de que aportan nutrientes una vez llegan a la superficie; los microelementos que la componen, aportan fertilidad a las áreas donde se deposita, ayudan por ejemplo a que crezcan los cultivos y, por consiguiente, para que la tierra recupere elementos que pierde paulatinamente debido a las actividades agrícolas (BUAP, 2012).

Sin embargo, una exposición prolongada a la caída de ceniza puede tener efectos nocivos, no solo en la salud de las personas, a nivel respiratorio, ocular y cutáneo (IVHHN, 2003), sino que también puede representar una gran amenaza para el sector aeroportuario, pues la contaminación causada por las cenizas volcánicas representa un peligro inminente para la seguridad de las operaciones

aéreas (Aeropuerto Internacional Benito Juárez, 2018). La naturaleza abrasiva de las cenizas puede llevar a fallas en los instrumentos críticos e indispensables de navegación y operación, además de generar daños graves a las estructuras de las aeronaves, como ventanillas y parte de los motores (ICAO, 2009).

En los últimos 30 años, más de 90 aeronaves que trabajaban para aviación comercial resultaron con daños de diversa consideración por cuenta de este material proveniente de los volcanes (Aerocivil, 2014).

En pleno vuelo, el material es sumamente peligroso, puesto que la abrasión de la ceniza raya y destruye la estructura de las aeronaves, provoca nula visibilidad y al congelarse en el aire a elevadas altitudes, se adhiere de tal forma que no se puede remover.

Las partículas de ceniza aspiradas en un motor deterioran su rendimiento, incluso, hasta el punto de pérdida de potencia del compresor en vuelo y la pérdida de potencia de empuje (Larenas, 2019), provocando que se disminuya la sustentación.

Los efectos más graves se evidencian en los motores, donde la ceniza puede erosionar las cuchillas del compresor del motor, reduciendo su eficiencia, así como bloquear las boquillas de combustible, obstruir los filtros de aire, fundirse con el calor, cubrir y aislar los sensores de temperatura del sistema de combustible, provocando lecturas incorrectas en cabina y contaminando a su vez, el sistema de aceite y afectando el sistema "*bleed air*", que se utiliza principalmente para presurizar la cabina. (Larenas, 2019). Así mismo, las partículas pueden provocar explosión de inmediato, al ser materia de ignición rápida en contacto con el aire a altas revoluciones. Al colarse por los ductos de ventilación y aire acondicionado, la ceniza provoca humo inmediatamente dentro del fuselaje, lo que puede provocar muertes por asfixia. (Pérez, 2020, citado en Jeppesen, 1999).

Lógicamente, los aviones no son los únicos elementos afectados por la ceniza volcánica, sino también la infraestructura aeroportuaria, que también puede sufrir los estragos de estos fenómenos, afectando su operación, incluso si la erupción no se dio cerca. (Larenas, 2019). En el caso de Colombia, que es un país de volcanes, han ocurrido dos episodios, curiosamente al mismo tiempo de una contingencia (erupción del volcán Nevado del Ruiz el 13 de noviembre de 1985), cuando dos aeronaves (un Douglas DC-8, perteneciente a Líneas Aéreas del Caribe y un Boeing 727-200 de SAM) estaban en operación de pleno vuelo. Partieron del aeropuerto El Dorado de la ciudad de Bogotá, con destino a Medellín y Barranquilla respectivamente, pero en el momento se vieron inmersos en el perímetro más lejano de la ceniza producto de la erupción, por lo que tuvieron que aterrizar de emergencia en el aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón de Palmira. Las citadas aeronaves sufrieron *esmerilización* de sus ventanillas, tanto de cabina como de fuselaje, y los pilotos, milagrosamente, pudieron colocar los aparatos en tierra, corriendo peligro al abrir mínimamente las ventanillas de cabina para ver la pista en medio de la ceniza misma. El saldo final no se tradujo en decesos ni heridos, pero la ceniza quedó literalmente pegada al material vítreo de las ventanillas y panorámicos, causando nula visión natural. Las aeronaves fueron trasladadas de inmediato a los hangares para su limpieza con escobillas en seco (Pérez, 2020). No había plan de contingencia por la caída de ceniza volcánica en aquella terminal.

Estos antecedentes a nivel de país permitieron establecer pautas de acción frente a la caída de ceniza, pero su implementación no se hizo gradualmente, porque el fenómeno natural y su recurrencia no eran frecuentes en el tiempo, y conllevó a que no hubiera una línea esperada de directrices que ayudasen a enfrentar el problema (Aerocivil, 2017), aunque sí se tuvieron en cuenta casos aislados como los relacionados con los volcanes Nevado del Ruiz y Galeras.

Los aeropuertos de las ciudades de Pereira, Armenia e Ibagué, también están en el área de influencia del volcán Nevado del Ruiz, pero no tienen a la fecha planes de contingencia que mencionen el componente de amenaza por caída de ceniza volcánica, es menester que ellas actualicen sus apartados incluyendo el componente de amenaza en mención, Además, dichas terminales son de vital importancia en el tráfico aéreo regional, lo cual indica su rol a nivel económico y turístico en una zona geográfica tan visitada y de mucho peso en las arcas de los entes territoriales a quienes sirven. Por otro lado, el aeropuerto Antonio Nariño de la ciudad de Pasto si posee dicho componente puesto que el volcán Galeras tiene mayor índice de peligrosidad en la aerovía (es más transitada por vuelos internacionales y sumado a ello, es más reducida debido a la topografía tan abrupta) y las cenizas viajan más rápido que las del Ruiz (es una zona de vientos más veloces).

Por su parte, las aerovías que utilizan el sector del nevado del Ruiz son más numerosas, por lo que un ligero cambio en la percepción del material volcánico en cuestión inmediatamente obliga a las aeronaves y al personal en tierra desviar las rutas para evitar accidentes.

El aeropuerto La Nubia, construido en 1961, en la zona urbana de Manizales, contiguo al popular barrio La Enea, presenta dificultades por su ubicación geográfica y las frecuentes alteraciones del tiempo atmosférico que dificultan la aeronavegabilidad. A la fecha no se ha determinado un plan de contingencia en el apartado de caída de ceniza volcánica para el citado terminal aéreo.

Las características climáticas de la zona son fuertes vientos predominantes en temporada seca, más lluvias torrenciales y neblina en temporada de lluvias, lo que hace que, por el clima de Manizales, que es de altas precipitaciones y de temperaturas de menos de 18 grados Celsius permanezca

cerrado el 70% del día en periodo de lluvias. Aunado a esto, padece el riesgo de su cercanía al volcán Nevado del Ruiz, lo que incrementa su baja operatividad cuando cae ceniza volcánica en sus pistas y equipo. Por su parte, el aeropuerto Antonio Nariño, que sirve a la ciudad de Pasto, muy similar al de Manizales al estar rodeado de montañas y elevado al filo de una meseta contigua al río homónimo, mejoró sus operaciones con la inversión de los recursos del departamento, y está prácticamente en frente del volcán Galeras. Cuando éste entra en actividad, el aeropuerto pone en marcha su plan de contingencias acorde a la potencial caída de ceniza (Aerocivil, 2018). Dicho plan se activa cuando se presenta también baja visibilidad. Sin embargo, el plan radica en el desvío de aeronaves inmediatamente se perciben cambios en la atmósfera, por lo que sería insuficiente si se trata de actividades en tierra.

En Colombia, la mayoría de los reportes a los aeropuertos proceden de los institutos y observatorios vulcanológicos, pero como los volcanes en su totalidad son muy difíciles de monitorear al mismo tiempo, prácticamente depende del usuario y su acceso a la información el estar pendiente de la evolución en tiempo real del fenómeno natural, porque es en primera instancia, el más afectado por el mismo. Las bandas de *frecuencia K* (kilohercios), usadas por los radares, son las más útiles para detectar en el aire perturbaciones de ondas magnéticas ocasionadas por la ceniza cuando ioniza eléctricamente la atmósfera (Pérez, 2020), pero en nuestro país, muchos aeropuertos carecen de este esencial elemento para operar, obligando a los controladores aéreos depender de los contactos establecidos con las aeronaves solamente en el despegue y aterrizaje en pista. Lo más usual es que se desvíen dichas aeronaves de su ruta, o las devuelvan a tierra.

Para el caso de la aviación y de los aeropuertos, la ceniza volcánica debe tenerse en cuenta como potencial riesgo para que ocurran accidentes, sean en pleno vuelo o en tierra. Como material volcánico más tangible y numeroso, es de vital importancia que los aeropuertos adviertan su

presencia, mediante las adaptaciones e inclusión de los reportes de los observatorios vulcanológicos en los planes de contingencia de las terminales aéreas. Muchos aeropuertos deben actualizar dichos planes, puesto que el fenómeno natural en cuestión se sujeta a variables que cambian en el tiempo y en el espacio, dependiendo del área de influencia o peligrosidad que pueda tener el citado material en su momento.

Los aeropuertos a nivel mundial deben tener regulados por sus estados, las operaciones aéreas que, en la práctica, tendrán inconvenientes por fenómenos naturales que impidan los vuelos de manera normal. Por lo tanto, el personal en tierra y en aire debe ser conocedor de los reglamentos que son asignados para las operaciones en caso de contingencias por fenómenos naturales. En el caso de los aeropuertos, deben contar con su respectivo plan de contingencia en la recepción, despacho y operación de aeronaves cuando se presentan caídas de ceniza volcánica, altamente responsable de accidentes y percances antes, durante y después de los vuelos.

En esta monografía, se hará especial énfasis en la caída de dicho material sobre el aeropuerto de la ciudad de Manizales. La terminal aérea de La Nubia, ubicada en el barrio La Enea, comuna Tesorito, es una terminal localizada en la zona de influencia directa de un volcán, a saber, el Volcán Nevado del Ruiz.

La ciudad ha experimentado un desarrollo turístico notable en los últimos años. Pero muchos se quejan, tanto locales como foráneos, de que ella carece de un aeropuerto capaz de tener mayor capacidad y frecuencias de vuelos, sin embargo, hay que pensar que las condiciones geográficas de la terminal aérea en mención no permiten una mejora sustancial ni de la pista de aterrizaje, ni de expansiones futuras. De esto se hablará en el componente geográfico posteriormente.

La terminal aérea no cuenta con un plan de contingencia¹ para caída de ceniza volcánica, siendo que está ubicada en el área de influencia del Volcán Nevado del Ruiz, activo y estudiado con mayor profundidad desde 1985, y por ello, no está acorde a los estándares internacionales relacionados con el fenómeno natural. Si el aeropuerto en un futuro planea ser una terminal alterna a la ciudad, de orden regional o estacional debe de contar con dicho plan de contingencia para prevenir, reducir y manejar la emergencia en pista e infraestructuras que serían perjudicadas, sin importar el tamaño relativamente pequeño de la terminal, y así pueda su personal en tierra disponer de las herramientas necesarias para la atención a las aeronaves. Es decir, el hecho de que la terminal sea pequeña y de un uso menor en comparación con otros aeropuertos colombianos, no significa que no deba estar a la altura de casos análogos a nivel mundial, y ello conlleva a la propuesta de trabajo para esta monografía final de especialización.

El resultado de esta monografía indudablemente servirá de insumo para que el futuro explotador del aeropuerto Internacional del Café adapte e incluya en su plan de contingencia el componente de amenaza por caída de ceniza volcánica en este futuro proyecto de interés nacional ubicado en el municipio de Palestina, Caldas, marcado también en la zona de influencia del Volcán Nevado del Ruiz.

Con los respectivos ajustes, adaptados a las dimensiones y necesidades de la nueva terminal, es factible que la adopción de los lineamientos aeronáuticos en materia de remoción de ceniza volcánica, sienten un precedente a nivel regional y continental para mejorar las operaciones aéreas y prevenir los riesgos.

¹ De acuerdo a la inspección realizada y la información suministrada por la administración de la terminal aérea.

3. JUSTIFICACIÓN

Es fundamental que la terminal área de la ciudad de Manizales esté al día con los lineamientos de carácter internacional en materia aeronáutica, en su apartado del manejo de contingencias por caída de ceniza, ya que La Nubia se ubica en la zona de influencia del volcán Nevado del Ruiz. Además, sería de gran ayuda formular este proyecto para tenerlo en cuenta como modelo a seguir por *Aerocafé* (nombre abreviado del futuro Aeropuerto Internacional del Café), cuando sea terminado, localizado en el municipio de Palestina, como referente para la región del Eje Cafetero. Igualmente, los aeropuertos de Colombia pueden tener como base para sus planes de contingencia la experiencia de Manizales (siempre y cuando carezcan de dichos planes) para ponerse al corriente en los estándares internacionales, independientemente de que sus terminales se localicen en áreas de influencia volcánica o no. El principal beneficio que puede tener este proyecto, es que el aeropuerto puede responder de manera más eficaz ante el evento de caída de ceniza, porque así tendría mejores herramientas para atender la contingencia en tierra y prevenir accidentes (no se trata solamente de cerrar la terminal aérea ante el evento). La ceniza volcánica no es sólo de interés y preocupación de la aviación, sino también de las autoridades mundiales en general por sus potenciales riesgos a la salud y a la infraestructura que esta pudiera generar. Con más de 500 volcanes activos en el mundo y un promedio de 12 erupciones anuales, comprender el riesgo de las cenizas volcánicas podría contribuir al bienestar económico de los países en desarrollo, donde las alteraciones de vuelos y del comercio pueden causar grandes perjuicios (Tupper, 2015). Se hace perentorio que la terminal aérea no solamente pase de un estado inoperativo inherente al decolaje o aterrizaje de aeronaves por diversas cuestiones, sino que por medio de la propuesta del plan de contingencia sea capaz de atender la emergencia como parte de los procesos conocidos en la gestión de riesgo de desastres que son regidos desde la UNGRD (conocimiento, reducción y manejo), que para este

caso, son más impredecibles por su origen geológico, y sumamente costosos para la aviación en general, y para la ciudad misma en particular. En un futuro, si otras terminales aéreas de nuestro país a la fecha no tuviesen sus propios planes, podrían acogerse a la adaptación de la experiencia manizaleña, previos estudios y permisos según normatividad de la Aerocivil según sus condiciones particulares a nivel geográfico. Puede ser este proyecto punto de partida para otros de características similares, que encuentren en dicha experiencia bases para la actualización y mejoramiento continuo en nuestro país en materia aeronáutica y en gestión de riesgo de desastres.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Formular y proponer medidas de mitigación que permitan actualizar y complementar el plan de contingencia de la terminal aérea La Nubia, en el apartado de amenazas naturales por caída de ceniza.

4.2. Objetivos específicos

1. Analizar las posibles afectaciones debido a la materialización del escenario de riesgo.
2. Definir medidas ajustadas a los estándares internacionales que permitan mitigar los riesgos operacionales por caída de ceniza.
3. Incluir el componente de amenaza por caída de ceniza en la propuesta del plan de contingencias del aeropuerto La Nubia.

5. CONTEXTO GEOGRÁFICO DE ESTUDIO

El Aeropuerto La Nubia, ubicado en la ciudad de Manizales (Ilustración 1), es el único aeropuerto que actualmente opera en el departamento de Caldas, aproximadamente se realizan diez (10) operaciones diarias (a la fecha de actualización del presente documento); el ARP (*Aerial Reference Point*, o Punto Aéreo de Referencia) se encuentra a 2080 msnm y opera desde el año 1956. La terminal fue inaugurada en 1961, para reemplazar la antigua que se encontraba en el sector de Santágueda, municipio de Palestina. (Jeppesen Company, 1999). Sobre ella, sólo pueden aterrizar aviones de pistón y turbohélice, entre ellos los que han operado en el pasado y los que están actualmente a la fecha se encuentran:

- Douglas DC-3
- De Havilland Canada Twin Otter en todas sus versiones.
- De Havilland Canada Dash series 7 y 8.
- Fokker 50
- *Dornier Do-328 (actualmente en operación con EasyFly).*
- *Avions de Transport Régional ATR series 42 y 72 (actuales en operación con Avianca).*
- *Antonov An-32 (código OTAN: Cline)*, operados por el Ejército Nacional de la República de Colombia, en visitas oficiales de altos mandos militares.

Debido a las regulaciones de la Aerocivil, aeronaves como el Douglas DC-3 no pueden usar las instalaciones de la terminal, porque las nuevas condiciones atmosféricas en aeropuertos de más 2000 msnm no garantizan descolaje y aterrizaje con carga total cuando un solo motor está en funcionamiento en caso de emergencia. Para adaptarlo a la terminal, su motorización debe cambiar de pistón a turbohélice. (Pérez, 2020).

Su pista, de 1480 m de longitud máxima, no puede recibir más que aviones turbo-hélice y de pistón, por su corto tramo. Pese a que cuenta con dos pistas, sólo una se utiliza para el despegue y aterrizaje, puesto que la otra se canceló debido a la dificultad técnica de vuelo y quedó para el transporte de las aeronaves. Elevada a la razón de 2124 msnm, o 6974 ft, es de las más difíciles y técnicas para operar por su consabida elevación rodeada de montañas y factores atmosféricos muy variables (lluvias, vientos cruzados, neblina, alta luminosidad en vuelo visual de cara al sol), las que, aunadas a la caída de material volcánico (ceniza) cuando el Volcán Nevado del Ruiz entra en actividad, genera que la terminal no sea viable económicamente para las aerolíneas, ya que a la fecha, solo cuenta con dos en operación (Avianca y EasyFly) y dos rutas permanentes (Bogotá y Medellín), repartidas en sus respectivas frecuencias. Generalmente los vuelos deben programarse sobre la marcha y deben llegar a ciudades como Pereira, con mejores instalaciones y condiciones atmosféricas cuando La Nubia presenta problemas para la recepción de dichos vuelos. (Jeppesen Company. 1999). Los vuelos chárteres son muy escasos y no existen rutas estacionales (a otras ciudades más pequeñas).

A continuación, se relacionan las características aeronáuticas del aeropuerto La Nubia de Manizales:

- Latitud: 05°01'47.44" N
- Longitud: 075° 27' 46.65" W
- Municipio: Manizales
- Tipo de uso: Civil y Militar/ Nacional
- Categoría: A
- Código OACI: SKMZ
- Código IATA: MZL (Jeppesen Company. 1999)



Ilustración 1: Aeropuerto La Nubia - Tomado de Google Earth

Aeropuerto nacional La Nubia: datos técnicos

- Ubicación: Manizales
- País: Colombia
- Elevación 2.094 msnm / 6.871 ft
- Sirve a: Manizales

Detalles del aeropuerto

- Tipo: Público
- Propietario/operador: INFICALDAS

Estadísticas (a 2009)

- Movimiento de pasajeros: 234.419
- Movimiento de carga: 453 Tm
- Operaciones aéreas: 9.477
- Pista(s): 2

Dirección: 10/28

Longitud: 1.480 x 20 metros (3.281x 49 Pies)

Superficie: Asfalto

6. ANTECEDENTES

Para la formulación de este proyecto de grado, es pertinente hablar sobre acontecimientos particulares que engloba el fenómeno natural en cuestión, con el fin de comparar su abordaje en otras partes del mundo frente a la experiencia de nuestro país en materia de gestión de riesgos frente a la caída de ceniza volcánica. Basándose en la normatividad de los países analizados es posible entender cómo han respondido ante el riesgo, a través de autores especializados en el tema.

Para 1985, ocurrió en nuestro país la peor tragedia natural que se recuerde, como lo fue el lahar que literalmente borró al municipio de Armero, en el departamento del Tolima, a causa del deshielo del 10% del glaciar que corona al volcán Nevado del Ruiz cuando entró en erupción, cobrando la vida de aproximadamente 26 mil ciudadanos. Más allá de los errores cometidos por entes del gobierno y particulares antes del advenimiento del desastre, no se ha hablado todavía de la gestión del riesgo en su tiempo, porque solamente se pensaba en el proceso de recuperación, más no en el de la prevención. Mucho menos, se iba a hablar de la caída de ceniza volcánica, la cual se subestimó, pero que, en el fondo, sí logró sentar un precedente en la aviación colombiana cuando dos aeronaves, casualmente ese 13 de noviembre de 1985, bordearon el perímetro de caída de ceniza en sus aerovías, afectando los aviones, que milagrosamente aterrizaron (Pérez, 2020), cuyo caso se abordó anteriormente. Los planes de contingencia aeroportuaria para aquel tiempo no hablaban de caída de ceniza, por lo que tuvieron que replantear sus directrices con apoyo de la Aerocivil.

Si bien siempre han existido erupciones volcánicas, con el surgimiento de la aviación en el siglo anterior y su evolución como disciplina y profesión, es de notar que las regulaciones aeronáuticas son sumamente categóricas y severas, debido a la complejidad enorme de volar, llevar personas y

carga en el aire, equipo militar y científico, y ser responsables de las emergencias que ocurran, tanto en tierra como en aire.

El 15 de diciembre de 1989, el vuelo 867 de KLM en ruta al aeropuerto internacional Ted Stevens de Anchorage, Alaska, desde el aeropuerto de Ámsterdam- Schiphol, se encontraba en descenso hacia el aeropuerto de Anchorage cuando sus cuatro motores fallaron. El Boeing 747-400, con menos de seis meses de estrenado en operación, voló a través de una nube de ceniza volcánica procedente del Monte Redoubt, que había erupcionado el día antes (Witkin, 1989). Los cuatro motores del avión fallaron, dejando al avión sólo con los sistemas críticos, haciendo uso de la electricidad de reserva. Un informe afirmó que los motores se detuvieron debido a la entrada de polvo volcánico dentro de la cubierta de vidrio del motor lo que hizo fallar los sistemas de control de temperatura y esto llevó a una auto-desconexión de los motores. (Campbell, 2010). No hubo bajas ni heridos.

En 1989, el Observatorio de Volcanes de Alaska (AVO, en idioma inglés) desarrolló un "código de colores" para comunicar rápida y claramente la probabilidad de una erupción en volcanes potencialmente peligrosos. Este formato, para resumir el estado de un volcán, ha demostrado ser extremadamente eficaz para alertar a la comunidad de la aviación sobre posibles peligros de cenizas en la región del Pacífico Norte, asociada a los múltiples volcanes (40 solamente en las Islas Aleutianas, la Península de Kamchatka en Rusia y las Montañas Rocosas canadienses y estadounidenses). Posteriormente, dichas convenciones fueron adquiridas por la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos, que la hizo adoptar en todos los aeropuertos de la nación (USGS, 1997). Tanto los servicios geológicos como los climatológicos en la zona afectada empezaron a trabajar de la mano desde 1991 con las universidades, como la de Fairbanks, en Alaska, y la de Míchigan, para formular los planes de contingencia hoy conocidos como Centros

de Asesoramiento de Cenizas Volcánicas (VAAC, en idioma inglés), para el enlace entre meteorólogos, vulcanólogos y la industria de la aviación. Para 2019, existen nueve centros ubicados en todo el mundo, cada uno de los cuales se centra en una región geográfica en particular para mejor análisis (ICAO, 2020).

Antes del percance sufrido por el vuelo 867 de KLM, hubo un caso similar en 1982, con el vuelo 9 de British Airways, y otro (sin número de vuelo) de Singapore Airlines, que en ese momento hacían vuelos entre las escalas de Kuala Lumpur (Malaysia) y Perth (Australia). El primer avión penetró en una nube de ceniza volcánica, procedente de la erupción del Monte Galunggung (situado a unos 180 km al sureste de Yakarta, Indonesia) y tuvo como consecuencia la parada de los cuatro motores propulsores de la aeronave. El motivo del fallo no estuvo claro en un primer momento para la tripulación ni para el control en tierra. La aeronave fue desviada a Yakarta con la esperanza de que los motores pudieran ser reiniciados nuevamente antes del aterrizaje en el aeropuerto de dicha ciudad. El segundo avión se vio forzado a apagar tres de sus cuatro motores mientras sobrevolaba la zona días después, aterrizando en Yakarta sin problemas. Indonesia no contaba con planes de contingencia aeronáutica por caída de cenizas, siendo un país eminentemente volcánico, por lo que tuvo que rediseñar este con sus autoridades luego del suceso. En ambos casos citados, tampoco hubo bajas ni heridos. (Brennan, 2007).

Después de estos y otros incidentes, se reconoció que la ceniza volcánica era un peligro para la aviación comercial y que la única forma de garantizar que no hubiera pérdida de una aeronave era alertar a los pilotos de manera oportuna para desviar su vuelo alrededor de la nube.

Es de notar, que, en la mayoría de los casos, la pérdida de motores y la adhesión de ceniza a las aeronaves afectadas a lo largo de la historia son las que causan más pérdidas económicas a las

aerolíneas, por lo que es ley natural, que las aerovías no se utilicen en pleno vuelo en caso de ceniza volcánica generada por erupción.

En el caso de los aeropuertos, la caída de ceniza provoca traumatismos en sus operaciones rutinarias, generando que los vuelos tengan que cancelarse o retrasarse por cuenta de los citados fenómenos, y las aerolíneas, en uso de sus facultades y reglamentos que les rigen, por seguridad del personal y de las aeronaves, deben retrasar y cancelar vuelos. El caso más reciente a nivel global, que afectó en gran medida la industria de la aviación y a la economía en general, ocurrió en 2010, con la erupción del volcán islandés Eyjafjallajökull, que arrojó a la atmósfera 250 millones de m³ de ceniza volcánica, afectando principalmente el área del Atlántico Norte entre Groenlandia, el este de Canadá, la Península Escandinava, Reino Unido e Islandia, así como el norte de Rusia y el centro de Europa. Como la mayoría de los vuelos transcontinentales usan la ruta del Ártico entre Europa y Asia, entre 14000 y 20000 vuelos tuvieron que ser cancelados, generando pérdidas de 2600 millones de USD. Islandia, el país más afectado, fue el primero a nivel mundial en actualizar los protocolos sobre contingencias por ceniza volcánica en sus aeropuertos. (Aerocivil, 2014, citado en ICAO, 2012). Sin embargo, cabe decir que la mayoría de los protocolos son sobre desvío de aviones en pleno vuelo, y no sobre la remoción de ceniza en tierra.

En Latinoamérica, ha habido casos similares, que reordenaron los esquemas en los planes de contingencia por ceniza volcánica (Damiani, 2016, citado en ICAO, 2016), definiendo los riesgos inherentes al fenómeno natural. Con la erupción del volcán Puyehue en Chile en 2010, se alteraron las condiciones normales de vuelo en gran parte del hemisferio sur. Con base en este suceso, que por fortuna no tuvo tampoco bajas ni heridos, la ICAO tuvo que intervenir con talleres de formación en el VAAC de Buenos Aires, responsable de esta parte del mundo en el manejo de las alertas tempranas ante la amenaza de ceniza volcánica, porque las autoridades no tenían actualizados sus

protocolos para atender en tierra las aeronaves. Además, las rutas de aerovías transoceánicas en esta región son muy largas, por lo que se paralizó la economía temporalmente en la zona. Tampoco se encontraron planes de contingencia aeroportuaria anteriores al suceso, por lo que Uruguay, Ecuador y Bolivia se encaminaron en realizar sus propios modelos, muy básicos, si se comparan con otras regiones del mundo, pero que siguen los dictámenes de ICAO según su protocolo LAR 153 de adopción y ejecución de planes de contingencia básicos por caída de ceniza (Latin American Aeronautics Reglament, 2016) en aeródromos.

Por lo tanto, ya sea que trabajen en el gobierno o en la industria, los especialistas en seguridad de la aviación deben asegurarse de que sus conocimientos, sistemas de alerta, planes de contingencia, planificación de vuelo, capacitación de pilotos y capacitación de controladores de tránsito aéreo reflejen los últimos conocimientos y las mejores prácticas operativas.

Para el caso del aeropuerto La Nubia en nuestra ciudad, sus procesos actuales de gestión de riesgos requieren información detallada y precisa sobre el alcance de la contaminación real dentro de las áreas de peligro del "espacio aéreo afectado" y sobre la probabilidad de que las aeronaves encuentren concentraciones y tipos de partículas de ceniza volcánica importantes, asociadas al volcán Nevado del Ruíz como fuente más próxima del fenómeno natural. Adicional a ello, si se compara el espacio disponible del total de la terminal con pistas incluidas, sería uno de los aeropuertos más "estrechos" del país por cuenta de dichas dimensiones, al estar sobre el borde de una meseta junto a la vera del río Chinchiná, haciendo el trapecio de aproximación sumamente difícil de tomar para los pilotos, que lo necesitan para calcular el tiempo de aterrizaje en pleno vuelo y sacar el tren del fuselaje. Entre más estrecho sea el aeropuerto, más difícil es el aterrizaje.

De acuerdo a Casadevall (1991 y 1993), en sus informes de simposios sobre seguridad en aviación y procedimientos con base en caída de ceniza volcánica, era imperioso, en los aeropuertos del

mundo (no solo en los influenciados por dicho fenómeno natural), que cada país, en su servicio geológico y meteorológico, incluyera un serio apartado sobre la caída de ceniza, puesto que para la economía mundial es de vital importancia la aviación como medio de transporte, logístico y humanitario, y sobre todo, en situaciones de emergencia que se requiera de infraestructura necesaria para atender el evento. La ciudad de Kagoshima, Japón, situada casi a los pies del Monte Sakurajima, volcán bastante activo en la zona, fue pionera en dicho país sobre la adopción de los postulados venidos de la USGS y la FAA (Administración Federal de Aviación, por su sigla en inglés), recomendados por el mismo Casadevall (inspector técnico aeroportuario norteamericano y empleado de la USGS en aquel tiempo; y logró en un plazo de veinte años configurar un aeropuerto acorde a sus dimensiones y capacidades, con los recursos técnicos y logísticos disponibles para ejecutar su propio plan de contingencia, que, Japón como nación, tomó como modelo para las demás terminales. Del mismo modelo en el citado plan, se tomaron para la ciudad de Manizales muchas consideraciones en caso de poder adaptarse, porque la extensión y el cabotaje del aeropuerto japonés y el colombiano son muy similares en términos geográficos.

Catania, ciudad italiana en la isla de Sicilia, también fue pionera en su país elaborando un plan de contingencia similar (en su mayoría) al caso japonés, sólo que con menos recursos económicos. El aeropuerto internacional Fontanarossa, ubicado cerca del monte Etna, tiene respuestas logísticas muy de la mano con el Estado italiano, porque el país transalpino es potencia mundial en estudios vulcanológicos de primer nivel, y con apoyo del IGI (Instituto Geológico de Italia), pone en marcha sus sistemas de alertas tempranas. Al igual que en el caso japonés, del caso italiano se tomaron componentes útiles para el estudio monográfico, en el ámbito de traslado de personas (evacuación) y de limpieza, cuya parte será explicada más adelante en los anexos correspondientes.

Con el paso del tiempo, se volvió mandatorio, que en los componentes de caída de ceniza en los aeropuertos (por recomendación de ICAO) se tengan en cuenta los servicios geológicos y meteorológicos (en el caso de la dispersión, alcance y velocidad de ráfagas de vientos) como ejes principales antes de declarar el estado de emergencia en los aeropuertos, destacando siempre al principio.

Haciendo entonces un chequeo general exploratorio de aeropuertos en el mundo cuyas características fueran similares a las de La Nubia, y decantando opciones por continente, se tuvieron en cuenta los siguientes casos paradigmáticos:

- Aeropuerto Internacional de Kagoshima, Kagoshima, Japón.
- Aeropuerto Internacional de Catania-Fontanarossa, Italia.
- Aeropuerto Internacional de Seattle-Tacoma, EE.UU.
- Aeropuerto Internacional El Alto, Bolivia.
- Aeropuerto Internacional de Carrasco, Montevideo, Uruguay.
- Aeropuerto Internacional Reina Sofía, Tenerife, España.
- Aeropuerto Internacional Ciudad de la Laguna, Tenerife, España.

Cabe destacar que en el caso de los dos últimos, funcionan bajo el mismo operador aeroportuario (AENA, S.A.) y que surgieron como necesidad de acondicionar el antiguo aeropuerto tinerfeño de Los Rodeos, tristemente célebre por ser el lugar donde acaeció el peor accidente en la historia de la aviación civil en 1977, lo cual repartió sus operaciones en dos terminales distintas.

Nota: En el caso de Ecuador, se tomó como directriz lo emanado por la DGAC (Dirección General de Aviación Civil) para sus aeródromos.

Se tomó como recomendación general de tutoría, investigar bibliográficamente sobre si existían planes de contingencia o modelos de mitigación en terminales asociadas histórica o geográficamente a los eventos eruptivos, así como de material técnico ligado a la aviación en general que ofreciera datos plausibles sobre manejo del evento, y en efecto, en la fase I de búsqueda se hallaron los respectivos lineamientos descritos en ICAO, ente rector de la aviación civil mundial y también de Aerocivil como reguladora de la normatividad aeronáutica y aeroportuaria en Colombia.

Como complemento, se hizo un escaneo rápido de volcanes activos en lista mundial, con apoyo del *Smithsonian Museum*, que proveyó datos en tiempo real de los VAAC regionales. Cada volcán en cuestión relaciona fácilmente muchos aeropuertos en su área de influencia, pero fue complicado encontrar protocolos directamente relacionados con operaciones en tierra. Por consiguiente, de las citadas terminales aéreas anteriores se hizo una depuración (teniendo en cuenta que a veces eran los entes estatales quienes proponían dichos planes y no los aeropuertos, salvo los casos de Japón e Italia). En el apartado de metodología se explicará paso a paso el proceso de depuración de información de dichos aeropuertos.

El documento 9691 de la ICAO menciona que, aunque las cuestiones técnicas y de procedimiento se han resuelto fundamentalmente desde 1982, todavía se debe prestar importante atención a dos cuestiones. Una, es mantener la cooperación voluntaria entre las muchas disciplinas afectadas en la industria aeroespacial, meteorólogos aeronáuticos, vulcanólogos, sismólogos y fuentes nacionales de observación. La otra es que, a nivel local durante largos períodos, las organizaciones encuentran extremadamente difícil mantenerse al día sobre el tema y estar listas para activar procedimientos que su gente nunca puede utilizar dada la rareza de las erupciones volcánicas explosivas, que tienden a ocurrir con poca o sin advertencia. Ya que nuestro país es volcánico en

gran medida, la UNGRD debe mantener actualizados sus mapas de amenaza ante las entidades dependientes, en este caso, la Aerocivil, que regula los planes de contingencia a nivel aeroportuario. Para efectos comparativos, que es lo que busca la descripción de la investigación en este proyecto, es preciso hablar de los cambios surgidos a nivel global en la estandarización de planes de contingencia aeroportuaria por caída de ceniza, que son la base fundamental para proponer un plan de contingencia por caída de ceniza para el aeropuerto La Nubia, en aras de que sus autoridades en un futuro puedan atender mejor posibles emergencias ante el fenómeno en cuestión.

7. MARCO NORMATIVO

Para las operaciones aeroportuarias y de gestión de riesgo de desastres, se cuentan con los siguientes entes y normativa:

UNGRD - Ley 1523 de 24 de abril de 2012. Por el cual se adopta la política nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

Ley 1801 de 2016 Código Nacional de Policía y Convivencia, Artículo 64, donde se establece la definición de plan de emergencias y contingencias.

Decreto 2157 de 2017. - Por medio de la cual se adoptan las directrices generales para la elaboración del plan de gestión de riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012.

ICAO - Documento 9859 - AN/460. Manual de Gestión de la Seguridad Operacional.

ICAO - Documento 9974 - AN/487. La seguridad del vuelo y las cenizas volcánicas.

AERONÁUTICA CIVIL - Resolución 04076 de 9 de diciembre de 2019. Por la cual se adopta la política de operación de administración de riesgos, y documento AIC-C 0217, en el que se disponen los lineamientos aeroportuarios en caso de caída de ceniza volcánica.

8. MARCO CONCEPTUAL

En este apartado, se definirán para fácil lectura y apropiación, los conceptos técnicos que serán abordados durante el trabajo de monografía.

AEROCIVIL: es el organismo estatal encargado del control y regulación de la aviación civil en la República de Colombia y a su vez organismo gubernamental (rama ejecutiva del poder público) vinculado al Ministerio de Transporte. La Aerocivil es la autoridad aeronáutica en la República de Colombia, ocupándose de la reglamentación, vigilancia y control de la aviación civil, además de la prestación de los servicios de navegación aérea y administración del espacio aéreo bajo la jurisdicción del Estado colombiano; también opera el Centro de Estudios de Ciencias Aeronáuticas, CEA, entidad de educación superior, técnica e intermedia con programas de formación y entrenamiento en especialidades del campo aeronáutico (Ministerio de Transporte de Colombia, 2020).

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (UNGRD, 2012).

Análisis y evaluación del riesgo: Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad

establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación. (Congreso de Colombia, 2012).

Banda K: proviene de la palabra alemana "*kurz*" que significa corto. Es la frecuencia de radar donde se tienen percepciones mínimas de las ondas electromagnéticas, usadas en aviación para detectar anomalías a distancia en pleno vuelo. Su amplitud de onda va desde KHz hasta GHz (Pérez, 2020).

Ceniza: Polvo mineral de color gris claro que queda como residuo de una combustión completa. En el caso de estudio, es el material peligroso que puede perjudicar el vuelo normal de una aeronave y las instalaciones aeroportuarias en su operación. (Montoya y Cardona, 2020, citado en SGC, 2012).

Esmerilado: tallado vítreo producido por ceniza volcánica en las ventanillas y panorámicos de cabina en las aeronaves, que le generan tonos grises e indelebles, causando nula visibilidad a los pilotos y potencial riesgo de accidente. (Pérez, 2020, citado en Jeppesen, 1999).

Flame-out: Llamada producida dentro de una turbina producto de la explosión de un motor de avión en pleno vuelo, originada por el ingreso de elementos extraños a los mecanismos del aparato. La ceniza volcánica, como elemento de estudio, hace parte de estos riesgos potenciales (Pérez, 2020).

IATA: Asociación Internacional de Transporte Aéreo. es el instrumento para la cooperación entre aerolíneas, promoviendo la seguridad, fiabilidad, confianza y economía en el transporte aéreo en beneficio económico de sus accionistas privados.

ICAO: Organización de Aviación Civil Internacional (traducida al castellano) es una agencia de la Organización de las Naciones Unidas creada en 1944 por el Convenio sobre Aviación Civil

Internacional para estudiar los problemas de la aviación civil internacional y promover los reglamentos y normas únicos en la aeronáutica mundial. La dirige un consejo permanente con sede en Montreal, Canadá.

Ignición: momento en que un elemento comburente hace chispa frente a un elemento combustible, generando el encendido de un bloque motor.

ILS: (*instrumental landing system*, o sistema de aterrizaje instrumental) es el sistema de ayuda a la aproximación y el aterrizaje establecido por ICAO (Organización de Aviación Civil Internacional) como sistema normalizado en todo el mundo. Este sistema de control permite que un avión sea guiado con precisión durante la aproximación a la pista de aterrizaje y, en algunos casos, a lo largo de la misma.

Pista (aeronáutica): Superficie rectangular adecuadamente señalizada donde despegan y aterrizan las aeronaves, delimitada por dos cabeceras, una al frente de la otra (Pérez, 2020).

Radar: Sistema de detección de objetos empleado en aeronáutica, navegación, astronomía, etc., que sirve para indicar la presencia de un objeto y determinar la distancia a la que se halla, mediante la emisión de ondas especiales de altísima frecuencia reflejadas en él (ICAO, 2020).

Regulación: consiste en el establecimiento de normas, reglas o leyes dentro de un determinado ámbito.

Riesgo: El riesgo es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. La vulnerabilidad o las amenazas, por separado, no representan un peligro. Pero si se juntan, se convierten en un riesgo, o sea, en la probabilidad de que ocurra un desastre. Sin embargo, los riesgos pueden conocerse, reducirse y manejarse (UNGRD, 2012).

Start-lever: momento en que los pilotos de aviación desconectan eléctricamente los motores de la aeronave en caso de emergencia por explosión, aislando el fuselaje y las alas de un incendio (Jeppesen, 1999).

Turbina: Máquina que consiste en una rueda en el interior de un tambor provista de paletas curvas sobre las cuales actúa la presión de un fluido haciendo que esta gire. En los aviones a reacción, es el aparato que genera la propulsión de la aeronave (Jeppesen, 1999).

UNGRD: es la unidad que dirige, orienta y coordina la Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia, fortaleciendo las capacidades de las entidades públicas, privadas, comunitarias y de la sociedad en general, con el propósito explícito de contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible, a través del conocimiento del riesgo, su reducción y el manejo de los desastres asociados con fenómenos de origen natural, socio natural, tecnológico y humano no intencional.

USGS: *United States Geological Survey*, o Servicio Geológico de los Estados Unidos. Es nuestro equivalente al Servicio Geológico Colombiano y sus funciones en el marco de la descripción geológica y de riesgos asociados al factor geológico en el territorio colombiano.

VFR: (*Visual Flight Rules*, o Reglas de Vuelo Visual) son el conjunto de normas contenidas en el Reglamento de Circulación Aérea que establecen las condiciones suficientes para que el piloto pueda dirigir su aeronave, navegar y mantener la separación de seguridad con cualquier obstáculo con la única ayuda de la observación visual. Bajo reglas VFR, el piloto dirige su aeronave manteniendo en todo momento contacto visual con el terreno, aunque le está permitido utilizar los instrumentos de vuelo a bordo como ayuda suplementaria (Jeppesen, 1999).

Volcán: Abertura o grieta de la corteza terrestre conectada a una cámara magmática del interior de la Tierra por un conducto o chimenea; los materiales incandescentes, gases y vapor de agua se expulsan a través del cráter o abertura y se van depositando y solidificando alrededor (SGC, 2015).

VOR: (*VHF Omnidirectional Radio Range*, o Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia). Se trata de una radioayuda a la navegación que utilizan las aeronaves para seguir en vuelo una ruta preestablecida. Generalmente se encuentra una estación terrestre VOR en cada aeropuerto, además de otras en ruta, que constituyen los denominados "fijos", los puntos sobre los que ha de pasar la ruta seguida por el piloto (Jeppesen, 1999).

Vulnerabilidad: En este contexto, la vulnerabilidad puede definirse como la capacidad disminuida de una persona o un grupo de personas para anticiparse, hacer frente y resistir a los efectos de un peligro natural o causado por la actividad humana, y para recuperarse de los mismos (adaptado de UNGRD, 2012).

9. MARCO TEÓRICO

Para abordar técnicamente el caso de estudio presentado en el trabajo de monografía, es necesario entonces dilucidar los conceptos recurrentes para el mismo, por medio de la definición de estos y su correspondiente explicación para el lector.

- ¿Qué es la ceniza volcánica?

Composición de partículas de roca y mineral muy finas (de menos de 2 mm de diámetro en general) eyectadas por un volcán. Se componen fundamentalmente de partículas vítreas duras y afiladas y rocas pulverizadas. Son muy abrasivas y, como están compuestas en gran medida de materiales silíceos, su temperatura de fusión está por debajo de la temperatura de funcionamiento de los motores de reacción modernos de las aeronaves al empuje de crucero. La nube de cenizas volcánicas puede estar acompañada de soluciones gaseosas de dióxido de azufre (que, al combinarse con agua, forman ácido sulfúrico), cloro (que, al combinarse con agua, forma ácido clorhídrico) y otras sustancias químicas que son corrosivas para la célula de la aeronave y peligrosas para la salud. Por lo tanto, las cenizas volcánicas en la atmósfera pueden representar un peligro grave para las aeronaves en vuelo, por lo que la vigilancia y predicción de la nube de cenizas es de vital importancia para el sector aeronáutico y la ciudadanía en general. (Meteo Glosario Visual, 2020)

- ¿Cuáles son sus características?

La ceniza volcánica está muy caliente cerca del volcán, pero es fría cuando cae a distancias mayores. La caída de ceniza bloquea la luz del sol, reduciendo la visibilidad, causando, algunas veces, la oscuridad. La caída de ceniza puede también estar acompañada por relámpagos.

La ceniza, desgasta y atasca la maquinaria. Contamina y obstruye la ventilación, suministros de agua y drenajes. También causa cortocircuito eléctrico en las líneas de transmisión (sobre todo cuando está mojada), en las computadoras, y en los componentes electrónicos. La energía eléctrica a menudo queda fuera después de la caída de ceniza. La exposición a largo plazo de la ceniza húmeda puede corroer los metales.

La ceniza se acumula como una fuerte nevada pero no se funde. El peso de la ceniza puede causar el colapso de los techos. Una capa de ceniza de una pulgada (25.4 mm) llega a pesar de 5-10 libras (2.28 kg – 4.35 kg.) por pie cuadrado (962 cm²) cuando está seca, pero cuando está mojada pasa a 10-15 libras (4.53-6.8 kg) por pie cuadrado. Además, la ceniza mojada es resbaladiza, puede quedar suspendida por el viento y puede perturbar la vida de los habitantes incluso varios meses después de una erupción. (EcuRed, 2020).

- ¿Cuáles son los efectos de la ceniza volcánica en la aviación?

Los efectos adversos generados en la aeronave pueden ser muy diversos, desde afectación de la célula hasta obstrucción de los sistemas de ventilación.

Como se ha mencionado anteriormente, el poder altamente abrasivo de las cenizas puede llegar a generar erosiones en el fuselaje, alas, empenaje de cola y álabes de motor fundamentalmente.

Puede generar una pérdida de visión de menor o mayor grado a través de los cristales de la cabina por lo que afecta gravemente a la seguridad operacional de la aeronave. También puede formarse un resplandor en el área de entrada de los motores y borde de ataque de los planos. (Berzal Recarey, S.f.).

- **Taponamiento de sondas Pitot/estática.** A consecuencia de la entrada de cenizas, tanto en las sondas Pitot como en las sondas estáticas, los pilotos se pueden encontrar con indicaciones de velocidad y altitud erróneas, así como, falsos «*warnings*» (señales de advertencia en cabina).
- **Pérdida parcial o total de empuje en los motores.** Debido al menor punto de fusión de los elementos que componen las cenizas volcánicas en comparación con la temperatura de funcionamiento del motor de las aeronaves, las partículas que se introducen dentro del motor pueden llegar a fundirse dentro del mismo, quedando adheridas a los álabes (aspas) de la etapa de turbina u obstruir los inyectores de combustible, produciendo una alteración en el ciclo del aire dentro del motor, lo que genera una pérdida de eficiencia del mismo o podemos llegar al «*flameout*» o parada de motor. Por otro lado, la erosión generada por las cenizas puede producir daños internos sobre todo en el compresor de altas como en la turbina de bajas (rpm). (Berzal Recarey, S.f.).
- **Fallo en el sistema de refrigeración de equipos.** La entrada de partículas en los filtros de aire del sistema de refrigeración de equipos puede generar una obstrucción de dichos filtros e impedir la circulación de aire a través de los equipos situados en los compartimentos de aviónica, lo que puede llevar a un estado de sobre temperatura de las computadoras y generar fallos en múltiples sistemas.
- **Contaminación del aire de cabina.** Anteriormente hemos mencionado que, durante la erupción, se generan ciertas sustancias que son potencialmente peligrosas para la salud. Estas sustancias al penetrar en el sistema de ventilación generan una contaminación del aire dentro de la cabina que lo convierte en irrespirable, por lo que se hace necesario la utilización de máscaras de oxígeno por parte de la tripulación técnica (Berzal Recarey, S.f.).

- **Obstrucción del sistema de ventilación/presurización.** Con la entrada de partículas dentro del sistema de ventilación/presurización los parámetros de presión dentro de cabina pueden variar y llegar a una pérdida de presión dentro de la misma, por el posible mal funcionamiento de los elementos de control y monitorización, como puede ser la «*outflow valve*» (válvula cuya misión principal es la apertura y cierre, posibilitando la salida de aire para el control de la presión en el interior de la aeronave) o CPC (AIRBUS)/ASCPC (BOEING) (computadora que se encarga del control y monitorización del sistema de presurización).

En situaciones como las ocurridas con la erupción del volcán Bardarbunga en Islandia en 2014, o el sucedido en 2010, también en Islandia, las compañías aéreas modificaron sus procedimientos de mantenimiento, en los que introducen nuevos puntos de inspección en las listas de chequeo de inspecciones como la de tránsito o la diaria, donde se recalcó la necesidad de inspeccionar ciertas partes del avión donde se pueden evidenciar posibles trazas de cenizas volcánicas, en caso de sobrevolar áreas con actividad volcánica y los pasos a seguir en caso de que se encuentre evidencias de cenizas (Berzal Recarey S.F). En el protocolo habitual, se inspeccionan las superficies de la aeronave (fuselaje, nariz, alas, cubiertas de motores, motores y escapes).

- ¿Cuál es la instrumentación que permite determinar la caída de ceniza en un momento determinado?

Monitoreo de ceniza

Consiste de un dispositivo de vigilancia del volcán constituido por equipos de alta tecnología, como redes de instrumentos desplegados sobre el volcán para detectar actividad sísmica, los cambios en la composición de fumarolas y la emisión de ceniza volcánica.

Estos instrumentos transmiten sus datos a un centro de recepción y análisis, donde se elaboran diagnósticos del estado del volcán y pronostican su actividad a corto plazo.

Estos pronósticos permiten generar una alerta temprana y la puesta en marcha de los planes operativos de respuesta, incluso antes del inicio de la actividad eruptiva (CENAPRED, 2001)

Monitoreo de ondas

El monitoreo de las columnas fumarólicas permite en primera instancia, detectar señales relacionadas con emisión de cenizas causadas o por explosiones a través de cámaras de video (CENAPRED, 2001), y en segunda instancia, la ionización eléctrica del aire producto de las cargas estáticas que alterarían los instrumentos de aeronavegabilidad en tierra.

- ¿Qué es un sistema de alerta temprana?

Los Sistemas de Alerta Temprana –SAT- son herramientas que permiten proveer una información oportuna y eficaz a través de instituciones técnicas, científicas y comunitarias, por medio de herramientas y elementos, que permiten a los individuos expuestos a una amenaza latente, la toma de decisiones para evitar o reducir su riesgo y su preparación para que puedan brindar una adecuada respuesta teniendo en cuenta sus capacidades (UNGRD, 2016).

Los SAT permiten “...*facultar a las personas y comunidades que enfrentan una amenaza, para que actúen con suficiente tiempo y de manera adecuada y así reducir la posibilidad de que se produzcan lesiones personales, pérdidas de vidas humanas y daños a los bienes y el medio ambiente...*”. Por ello, la alerta temprana les da respaldo técnico a las comunidades o individuos para actuar con tiempo suficiente y de una manera apropiada para reducir la posibilidad de daño

personal, pérdida de vidas, daños a la propiedad y al ambiente ante una amenaza o evento adverso que puede desencadenar situaciones potencialmente peligrosas. (UNGRD, 2016).

- ¿Qué es un plan de contingencia?

Un plan de contingencia es un conjunto de procedimientos alternativos a la operatividad normal de cada institución. Su finalidad es la de permitir el funcionamiento de ésta, aun cuando alguna de sus funciones deje de hacerlo por cuenta de algún incidente tanto interno como ajeno a la organización.

Todas las instituciones deberían (en la práctica, según el decreto 2157 de 2017) contar con un plan de contingencia actualizado, porque es una valiosa herramienta en general basada en un análisis de riesgo, para actuar y tomar decisiones referentes a casos como los del aeropuerto La Nubia.

Permitirá entonces, ejecutar un conjunto de normas, procedimientos y acciones básicas de respuesta que se deberían de tomar, para afrontar de manera oportuna, adecuada y efectiva, ante la eventualidad de incidentes, accidentes y/o estados de emergencias que pudieren ocurrir tanto en las instalaciones como fuera de ella, por ejemplo, el secuestro de un funcionario, una amenaza de bomba, un conato de incendio, explosiones y demás casos plausibles.

Los riesgos se pueden eliminar, transferir, mitigar o aceptar. Ello dependerá de varios factores tales como la probabilidad de ocurrencia o impacto del riesgo y su estudio previo.

- ¿Cómo se elabora un plan de contingencia?

El plan de contingencia es el documento en donde se analizan integralmente los riesgos para responder a las situaciones perturbadoras o de desorden, desastres, calamidades o emergencias generadas por hechos o fenómenos naturales o humanos, y se determinan las medidas de

prevención, mitigación y respuesta, de conformidad con la forma y condiciones que para tales efectos establezca la entidad respectiva de prevención y atención de emergencias (Ley 1801, 2016).

La planificación sobre la contingencia abarca la preparación y la ampliación de las actividades para responder eficazmente a riesgos muy específicos que se han determinado durante la fase de planificación de la respuesta a desastres (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, 2008).

- Formulación de un Plan de Contingencia

Las acciones y procedimientos que se deben seguir en caso de un riesgo específico deben quedar establecidas en el Plan de Contingencia, según la necesidad y de acuerdo con el proceso de gestión del riesgo establecido, y los escenarios de riesgo identificados por cada organización. Por lo tanto, esta guía debe ser aplicada teniendo en cuenta las particularidades, competencias y contexto de cada institución (Convenio 344, 2016).

El Plan de Contingencia debe quedar definido en un documento escrito y contener los siguientes aspectos:

1. Introducción
2. Definición de amenaza
3. Justificación
4. Objetivos
5. Antecedentes
6. Diagnóstico
7. Capacidad de respuesta

8. Líneas operativas del plan
9. Plan de acción
10. Implementación, evaluación y validación
11. Anexos

La organización debe preparar los planes de contingencia, de acuerdo a:

- Riesgos priorizados dentro de un proceso de planeación.
- Ante un evento específico, que pone en riesgo la institución o la comunidad del área de influencia.

(Convenio 344, 2016)

- ¿Cómo es la Gestión del Plan de Contingencia?

La gestión del Plan de Contingencia comprende todos los aspectos que se indicaron en la formulación del plan y para su adecuada gestión se propone la aplicación del ciclo PHVA. El ciclo PHVA (planear, hacer, verificar, actuar) es una herramienta dinámica que puede ser empleada dentro de los procesos de la organización en la formulación, aplicación, auditoría y retroalimentación del plan de contingencia. Este instrumento es de simple aplicación y, cuando se utiliza adecuadamente, puede ayudar mucho en la realización de las actividades de una manera más organizada y eficaz.

A través del ciclo PHVA la organización planea, estableciendo objetivos, definiendo los métodos para alcanzar los objetivos y definiendo los indicadores para verificar que, en efecto, éstos fueron logrados. Luego, implementa y realiza todas sus actividades según los procedimientos y conforme a los requisitos y a las normas técnicas establecidas, comprobando, monitoreando y controlando (Convenio 344, 2016) sobre el espacio donde ocurre el evento.

- ¿Cómo es la gestión de riesgos de las operaciones en las que se sabe que habrá contaminación por ceniza volcánica?

Inicialmente se deben tener en cuenta los indicadores que permiten saber cuándo una aeronave se encuentra con una nube de cenizas volcánicas. Se relacionan fundamentalmente con lo siguiente:

- **Olor.** Al encontrarse con cenizas volcánicas, la tripulación de vuelo suele notar un olor acre o a humo similar al de una descarga eléctrica, polvo quemado o azufre.
- **Calima.** La mayoría de las tripulaciones de vuelo, tripulaciones de cabina y pasajeros ven formarse *calima* dentro del puesto de pilotaje y/o la cabina de la aeronave. Es posible que se deposite polvo en las superficies.
- **Modificación de las condiciones del motor.** Pueden producirse aumentos de tensión, incendios en el escape y extinciones de llama. Es posible que cambien inesperadamente las temperaturas de los motores y aparezca un resplandor blanco en la admisión de los motores.
- **Velocidad aerodinámica.** Si la ceniza volcánica obstruye el tubo de Pitot, la velocidad aerodinámica indicada puede disminuir o fluctuar de forma irregular.
- **Presurización.** Puede variar la presión de la cabina e incluso producir una pérdida de presurización afectando la seguridad de vuelo. Las cenizas volcánicas en aviones presurizados se congelan con facilidad, por lo que al tapar ductos de ventilación, dicha presurización de aire fresco, disminuye en calidad y cantidad.
- **Descargas estáticas.** Puede ocurrir un fenómeno similar a los resplandores o *fuegos de San Telmo*. En esos casos, pueden verse chispas azules que parecen elevarse por fuera del parabrisas o puede aparecer un resplandor blanco en los bordes de ataque de las alas o en la parte delantera de la admisión de los motores.

Cualquiera de estos indicadores *debe bastar* para alertar a la tripulación de vuelo de un encuentro con cenizas y deben tomarse medidas apropiadas para abandonar el espacio aéreo contaminado de la manera más rápida y segura que sea posible (ICAO, 2012).

- Manejo del riesgo

La gestión del riesgo tiene diferentes etapas o estadios, los cuales son variables si, en este caso de nubes con cenizas volcánicas, alteran el ambiente alrededor de la aeronave.

Cuando está dirigido específicamente a la cuestión de vuelos previstos hacia los espacios aéreos donde se pronostica contaminación por cenizas volcánicas o en los aeródromos contaminados por esas cenizas, el proceso implica:

- **Identificar el peligro** (es decir, el que surge de los peligros genéricos de los espacios aéreos o aeródromos donde se pronostica contaminación por cenizas volcánicas o de aquellos contaminados por esas cenizas con características que perjudican la aeronavegabilidad y operación de la aeronave);
- **Tener en cuenta la gravedad del peligro que se avecina** (es decir, el nivel real de daño que se prevé que reciba una aeronave en particular a raíz de la exposición a la nube de cenizas volcánicas);
- **Evaluar la probabilidad** de encontrar nubes de cenizas volcánicas con características que perjudiquen la seguridad de la operación de la aeronave;
- **Determinar** si el riesgo resultante es aceptable y se encuentra dentro de los criterios de desempeño de riesgos de la organización;
- **Tomar medidas** para reducir el riesgo de seguridad operacional a un nivel que sea aceptable para el oficial ejecutivo responsable del explotador o su equivalente.

- Identificación de los peligros

El peligro genérico, en el contexto del presente documento, es el espacio aéreo o los aeródromos pasibles de contaminación por cenizas volcánicas con características que perjudican la aeronavegabilidad y operación de la aeronave. Dentro de este peligro genérico se incluye el peligro específico de que un explotador (en este caso, el operador de la terminal aérea) no haya obtenido la información necesaria para que identifique adecuadamente ese peligro y elabore una evaluación sólida del riesgo y así, compruebe la probabilidad de éxito de las medidas de mitigación seleccionadas. Para brindar asistencia a los explotadores con respecto a ese peligro específico, en el Apéndice 2 se incluye una orientación sobre la lista de procedimientos que deben tenerse en cuenta. En el Apéndice 3 figura una lista donde se sugieren peligros y sus riesgos asociados. Ninguna de esas listas es exhaustiva; el explotador debe elaborar su propia lista teniendo en cuenta su equipo, experiencia, conocimientos y tipo de operación específicos. (ICAO, 2012).

- Gravedad de los riesgos

Para cada peligro se deben evaluar los posibles resultados o consecuencias adversos. Como ya se dijo, los resultados de esta etapa de la evaluación deben registrarse en una hoja de trabajo para la evaluación de riesgos de seguridad operacional. (ICAO, 2012).

- Probabilidad de los riesgos

Para cada peligro se debe evaluar la probabilidad, ya sea de forma cualitativa o cuantitativa, de que se produzcan consecuencias adversas. Al evaluar probabilidades, deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- La duración de la exposición al peligro y la gravedad conexas;

- Todo dato sobre incidentes históricos o sucesos de seguridad operacional relativos al peligro. Esto puede obtenerse de los datos suministrados por las TCH (*theoretical height o altura teórica sobre pista*), reguladores, otros explotadores, proveedores de servicios de navegación aérea, informes internos, etc.;
 - La opinión de expertos de las partes interesadas pertinentes, en particular, de los TCH;
 - El entorno operacional en el que se realizan las operaciones de vuelo. Los resultados de esta etapa de la evaluación deben registrarse en una hoja de trabajo para la evaluación de riesgos de seguridad operacional.
- Tolerabilidad de los riesgos

En esta etapa del proceso, es preciso clasificar los riesgos de seguridad operacional como aceptables o inaceptables. La evaluación de la tolerabilidad será subjetiva y estará basada en datos cualitativos y opiniones de expertos hasta que se disponga de datos cuantitativos específicos sobre una serie de parámetros, tales como la incertidumbre respecto de la precisión del pronóstico de nubes de cenizas volcánicas, el rango probable de tolerancia del motor a la ingestión de ceniza y otros elementos de la nube de cenizas volcánicas considerando el tiempo y el estado del motor. Luego se deben analizar las medidas de mitigación apropiadas para cada riesgo definido como inaceptable, registrar en una hoja de trabajo para la evaluación de riesgos de seguridad operacional y aplicar a fin de reducir los riesgos a un nivel que sea aceptable para el Oficial ejecutivo responsable, o su equivalente, del explotador. No es posible mitigar todos los riesgos adecuadamente; cuando eso ocurra, no debe realizarse la operación. (ICAO, 2012)

- Medidas de mitigación

Las propias medidas de mitigación pueden crear nuevos riesgos. Un SMS (sistema de seguridad operacional) eficaz debe incorporar procedimientos para el control continuo de peligros y riesgos y personal calificado que determine las medidas de mitigación o detenga las operaciones afectadas. Ante la posible creación de nuevos riesgos o un cambio de las circunstancias en las que se basaba la evaluación inicial, resulta esencial que el explotador se asegure de que la evaluación de riesgos de seguridad operacional se repita, según sea necesario, después de todo proceso de mitigación y, de forma periódica, como parte de las actividades de su SMS. (ICAO, 2012)

- Registros

Es preciso documentar los resultados de la evaluación de riesgos de seguridad operacional. Es necesario llevar a cabo, verificar y respaldar con pruebas las medidas de mitigación antes de iniciar las operaciones. Se debe indicar con claridad toda hipótesis y examinar periódicamente la evaluación de riesgos de seguridad operacional según sea necesario para garantizar que las hipótesis y decisiones sigan siendo válidas. (ICAO, 2012)

10. METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo cualitativa, ya que busca establecer los parámetros para incluir en un plan de emergencias, una nueva categoría. La metodología empleada para realizar esta propuesta se desarrolló con una fase previa o preliminar y 3 fases principales, como se describe a continuación:

FASE PRELIMINAR: de acuerdo a los avances presentados en el anteproyecto, se ajustaron los objetivos para darle prioridad a la propuesta antes de su posible ejecución, porque se revisó que el tiempo de planificación de un protocolo por caída de ceniza implicaba buscar bibliográficamente los ejemplos a nivel mundial para una potencial adaptación y demandó un tiempo razonablemente largo, porque no todos los ejemplos encontrados fueron iguales y los contextos sobre seguridad aeroportuaria en materia de prevención ante el fenómeno natural no obedecen a un único patrón, incluso si se rigen a al reglamento de ICAO y sus operadores en tierra que administran las operaciones aéreas.

Fase I: Inicialmente se realizó una revisión bibliográfica sobre los antecedentes que hay en el sector de la aeronáutica frente a la amenaza que representa la caída de ceniza para la seguridad operacional; planes de contingencia, casos de estudio, normatividad vigente y contratiempos por caída de ceniza en el aeropuerto La Nubia. Dicha fase se resolvió de la siguiente forma:

- A. Se tomó como modelo el aeropuerto localizado en Kagoshima, Japón. De todos los aeropuertos analizados fue el que mejor se acomodó a las condiciones buscadas para proponer el manejo de caída de ceniza volcánica, puesto que posee componentes completos en cada dependencia y situación. Con base en él, se hicieron los respectivos ítems en una matriz, en el programa Excel, para ubicar los demás aeropuertos y obtener mejor capacidad

de abordaje sobre cuál de todos era más completo. Dicha matriz se encuentra en los Anexos finales.

- B. Se obtuvieron luego los datos correspondientes a los demás aeropuertos. En el llenado de la matriz de Excel se acomodaron entonces las similitudes encontradas en la interpretación de los ítems de acuerdo a lo ofrecido por los aeropuertos sin importar su fecha o antigüedad. A esta primera matriz se le llamó Matriz Inicial, que era básicamente, el compendio general de todos los aeropuertos y su información.
- C. Depuración de la matriz inicial para hacer una mejor acomodación de los criterios necesarios en el momento de implementar la propuesta. Se buscó entre los aeropuertos como casos de estudio, las condiciones ofrecidas de mejor forma en cada aeropuerto, separando entonces las más completas de las menos.
- D. Por último, se titularon los ítems referentes a la operación del aeropuerto propiamente dicha, con base en sus organigramas. De izquierda a derecha, siguiendo esa línea, se hizo un proceso algorítmico donde se inició de la siguiente forma:
 - I. Durante la caída de ceniza (alerta y alistamiento del personal en pistas).
 - II. Manejo de caída de ceniza
 - 2.1 en ATC (sistemas de aeronavegación).
 - 2.2 en terminales (edificios).
 - III. Aeronaves en tierra
 - IV. Telecomunicaciones
 - V. Procedimientos de limpieza en pista (en seco y en húmedo).
 - VI. Procedimientos en bodegas y talleres
 - VII. Equipo disponible
 - VIII. Traslado de personas

- IX. Limpieza de la terminal área y sus dependencias (barrido, lavado)
- X. Limpieza en subestaciones eléctricas
- XI. Limpieza de aeronaves
- XII. Limpieza de espacios adyacentes
- XIII. Transporte de residuos, disposición final y mantenimiento de equipos eléctricos y electrónicos.

Con base en esta disposición se procedió a adaptar cada ítem en el caso de que La Nubia pudiese acoplarse a los requerimientos o estándares de cada uno si no (porque no existían en la realidad), y se reescribió finalmente el contenido de cada ítem de ser necesario si los estándares no coincidían con las capacidades técnicas del aeropuerto o la normatividad vigente.

Como consideración especial, se estableció que era mejor proponer el ejercicio para el aeropuerto La Nubia con base en sus posibilidades, porque se había contemplado la idea inicialmente de adaptar algunos datos de los aeropuertos más grandes en caso de tomar el hipotético ejemplo de Aerocafé, pero en aras de tener un mejor momento para hacerlo, se optó por hacer el ejercicio con La Nubia como posible receptor de estos estándares adaptados a su geografía.

Además, se cambiaron los nombres de los entes estatales regulatorios de los ejemplos citados por los de Colombia, para mejor comprensión de la matriz y del lector.

Se tomaron también, como anotación final en esta fase, los protocolos de ICAO y Aerocivil concernientes a las alertas y a la disposición de algunos elementos (ATC, remoción de residuos, traslado de aeronaves y mantenimiento técnico), que era perentorio añadir en dicha matriz como sustento claro para ejercer cualquier propuesta, porque en el marco legal es obligatorio contar con la aprobación de estos entes si se desea implementar dicha propuesta en el plan de contingencia.

Fase II: Para la segunda fase se consultó el mapa por amenaza volcánica del Servicio Geológico Colombiano, con el fin de determinar según la ubicación del aeropuerto La Nubia, el nivel de amenaza a la cual se encuentran expuestas las instalaciones e infraestructura de la terminal aérea. Con el fin de complementar el análisis de amenaza y tener una certeza más aproximada del nivel al que se encuentra expuesto el aeropuerto, y sus instalaciones se realizó una descripción de la misma, con el fin de determinar posibles daños y pérdidas.

Fase III: para esta fase se formuló una propuesta de brigada de emergencia adaptada a los requerimientos del aeropuerto mediante la experiencia adquirida en las terminales aéreas con el alistamiento del personal y su comandancia, para realizar sus funciones en atención a los posibles eventos que se mostrarán en los resultados. Se determinaron niveles de alerta, se definieron roles y una cadena de llamada para los responsables de la ejecución del protocolo.

11. RESULTADOS

La propuesta de protocolo por caída de ceniza volcánica se estableció por medio de la visualización de la información obtenida versus el contexto geográfico, tecnológico y normativo de la terminal aérea, citando los posibles elementos que pueden adaptarse en un futuro si dicha propuesta es acogida por aquellos interesados en mejorar y actualizar su plan de contingencia.

Se obtuvieron, de 6 aeropuertos analizados, los elementos que podrían adaptarse para el entorno y operación de La Nubia antes, durante y después del evento, explicados de la siguiente forma según la Matriz Final, que se cita en los anexos:

PROTOCOLO

I. Durante la caída de ceniza (alerta y alistamiento del personal en pistas)

De acuerdo con la disposición de notificaciones ASHTAM (de Aerocivil) y NOTAM (del VAAC de Washington que rige esta zona del mundo) cuando se inicia un evento eruptivo, es posible atender la emergencia de acuerdo a los estados del formato VONA (semáforo de colores que indican el nivel de riesgo). Si las notificaciones de ASHTAM no han tenido cambios dentro de las 24 horas siguientes a su expedición, el aeropuerto puede seguir operando. De lo contrario, se empieza a implementar el plan de contingencia con el cierre del aeropuerto y sus funciones en cada dependencia. Los pilotos informan a la ATC sobre su posición aérea. Si el formato VONA indica color rojo, es inminente que deben retornar a la terminal para inspección inmediata de la aeronave.

II. Manejo de caída de ceniza

Ocurre cuando el material volcánico cae eventualmente en las infraestructuras que atienden la aeronavegación y a las personas dentro de la terminal (gente de paso, pasajeros y empleados).

a. en ATC (sistemas de aeronavegación).

La torre de control internamente deberá cubrir con lonas antiestáticas los equipos susceptibles de alteraciones en su funcionamiento, pero se requiere con prontitud hacerlo en la pista donde se ubican los aparatos telemétricos, que pueden tener errores de calibración por cuenta de la ceniza; también antenas, radares y cajas, así como cámaras de video y los rotores hidráulicos que mueven los radares. Con abundante agua a vapor se debe eyectar con aspersores el espacio de la torre por dentro y limpiar con bayetillas o paños húmedos pisos y paredes.

b. en terminales (edificios)

En el plan de contingencia del aeropuerto debe contemplarse el Plan de Ayuda Mutua cuando existan aglomeraciones mayores a 100 personas (aunque es un número bajo si se tiene en cuenta la dimensión total de los edificios, porque se aplica en números mayores a 500). En este plan se prioriza la evacuación ordenada del personal, se alistan los empleados (personal no indispensable como los de cafeterías y tiendas), personas (madres gestantes, personas con movilidad reducida, niños, adultos mayores) y se deja solamente el personal (ya entrenado y preparado) para atender la emergencia (brigadas de evacuación o de primeros auxilios, aseo industrial, bomberos) y el exclusivo que atiende las aeronaves (tripulación y mecánicos).

c. Aeronaves en tierra

No pueden moverse las aeronaves hasta la total limpieza de las pistas y el personal médico o de apoyo de la aerolínea debe estar listo para atender la tripulación. El capitán debe pasar la custodia de la aeronave a la terminal para chequear según protocolo RAC 43 en caso de que sea necesario hacer mantenimiento correctivo. Además, según protocolo RAC 91, los *loaders* (o vehículos de arrastre) son los únicos autorizados para mover las aeronaves de su sitio por medio de cables de hule o caucho.

d. Telecomunicaciones

Se tendría entonces comunicación constante con el SGC para constatar la evolución de la nube de ceniza (si disminuyen los niveles de riesgo en el formato VONA). Desde la torre de control, para estudiar la permanencia de partículas de ceniza, se requieren aparatos o sensores que manejen frecuencias de ondas K (en kilohercios) para analizar las alteraciones en dichas ondas.

e. Procedimientos de limpieza en pista (en seco y en húmedo).

Ya que el tiempo atmosférico es variable, se requiere manejo en condiciones secas o húmedas. Para el caso de La Nubia, después de analizar los aeropuertos análogos, no necesita mucha cantidad de personas para la remoción del material volcánico, pero sí necesita capacitación para operar equipos de limpieza. Históricamente se ha designado dicha labor a la unidad de Bomberos ubicada en la terminal.

- Para proceder en seco, 2 barredoras de cara al viento repasarán la pista de punta a punta. El personal de aseo barre con escobas manuales acequias y desagües, recoge la ceniza en bolsas y la asciende a las volquetas.
- Para proceder en húmedo, los camiones de bomberos eyectan agua a la presión recomendada. El personal lava con hidro-lavadoras sobre acequias y desagües. Como la adhesión es mayor, se raspa con palines la superficie. Se deposita en sacos o bolsas y se asciende a las volquetas.

Se vierte entonces el material en el depósito asignado para tal fin.

f. Procedimientos en bodegas y talleres

Dentro de las bodegas o espacios de almacenamiento, se deben cubrir o elevar los materiales propensos a rayaduras o abrasión. Cada armario con utensilios debe estar localizado en sitios

accesibles para su apertura, y las salidas de camiones o volquetas deben de estar despejadas para entrar en acción.

g. Equipo disponible

Este fue el ítem que, por cuestiones de espacio en la terminal aérea de Manizales, tuvo que ajustarse en materia de elementos de limpieza y aparatos móviles. La terminal no cuenta a la fecha con un espacio adecuado para almacenar los potenciales equipos, solamente se tiene (porque la ley lo exige) camiones de bomberos y cisterna, pero no posee máquinas manuales o ligeras para remover material particulado como la ceniza volcánica. En el anexo 1 (al final del documento) se encuentra el número aproximado de aparatos y utensilios para operar.

h. Traslado de personas

La Cruz Roja establece en su protocolo de evacuación la forma en cómo se debe llevar a cabo la salida ordenada de personas (con despeje de estacionamientos, para procurar paso ágil de las personas a los medios de transporte). No se tiene a la Cruz Roja con personal permanente en el aeropuerto, pero sí deben capacitar y formar el personal disponible para tal fin.

La brigada de emergencias propuesta para el caso de la terminal aérea deberá estar especializada en traslado de personas y primeros auxilios. Si la capacidad de la misma se desborda ante el evento se pide ayuda al personal del municipio más cercano según lo exigido por la ley.

i. Limpieza de la terminal área y sus dependencias (barrido, lavado)

Se entiende que el barrido de ceniza volcánica debe hacerse distinto al lavado de la misma por la diferencia de los utensilios. En el caso de barrer, se emplean barredoras (chequeadas previamente) para localizarlas de acuerdo a donde lo exija la torre de control para aprovechar el espacio y no desperdiciar combustible. Con escobas y cepillos se vierten los residuos en bolsas, se arrojan en

los volquetes o se izan en elevadores para retirarla. Se limpian posteriormente las barredoras en el taller y se desechan los cepillos inservibles.

Por su parte, en el lavado, se hace lo mismo con los camiones cisterna. En vez de escobas se emplean hidro-lavadoras manuales. Se conducen exactamente igual que las barredoras. Los camiones de bomberos eyectan la cantidad de agua a las presiones recomendadas buscando siempre las rejillas de desagüe (siempre y cuando estén destapadas, previa inspección), para luego repasar con cepillos y emulsiones de enjuague. Por último, se vaporiza a pie, con alcohol al 45% en volumen por medio de aspersores tipo backpack (mochila).

j. Limpieza en subestaciones eléctricas

Se recomienda apagar el equipo no indispensable provisto por generadores. Las acometidas de corriente continua deben inhabilitarse de inmediato, ya que el voltaje directo es especialmente peligroso sin equipo de aislamiento. Cada borne, fusible y cableado debe ser retirado para limpieza.

k. Limpieza de aeronaves

Los elementos más críticos, por su injerencia en las operaciones aéreas, son las aeronaves, como fundamentos claves en las mismas. En ellas se debe hacer una limpieza de acuerdo a los protocolos establecidos por ICAO y asumidos por la aerolínea.

Las aeronaves tienen unas partes específicas donde limpiarse, por lo que se dividen de esta forma

- Techo y fuselaje
- Motores
- Superficie alar
- Sistemas de escape

Para mejor comprensión de este apartado, conviene revisar el protocolo dispuesto en la Matriz Final localizada en el Anexo 1.

1. Limpieza de espacios adyacentes

Los aeropuertos se componen de muchos sectores o edificios de acuerdo a su localización geográfica y su finalidad, así como su flujo de pasajeros y carga. Fue pertinente dividir de manera clara los sectores del aeropuerto a limpiar e intervenir aparte de la torre de control y la pista como zonas más críticas por ser las receptoras de las aeronaves. Se clasificó el espacio de la terminal como sigue:

- Techos: con lugares designados por los cuales ascender y descender, el personal, con utensilios manuales, limpia juntas y ranuras de los tejados. Al acumularse el material en bolsas, se bajan directamente a las volquetas. No se puede lavar el sitio hasta pasada la emergencia.
- Corredores: quizá sean los lugares de atención más sencilla, ya que no tienen puntos críticos. Sin embargo, su limpieza ha de ser completa, con barrido manual, llenado en bolsas, aspersión y vaporización de los pasillos, ventanas y puertas. Tampoco pueden lavarse hasta que pase la emergencia.
- Espacios de almacenaje: como el aeropuerto carece de un lugar específico para acumular material residual como la ceniza volcánica, se propone que en la mitad de la pista se acopie para ser llevado por las volquetas. Depende entonces del lugar designado para la disposición final en la ciudad, sea un nuevo vertedero o en los ya existentes.

m. Transporte de residuos, disposición final y mantenimiento de equipos eléctricos y electrónicos.

Mientras dure la contingencia, las notificaciones ASHTAM no dejarán de expedirse, por lo que el personal y el equipo de traslado de los residuos debe estar siempre listo (y atender normativa LAR 153 de ICAO sobre el procedimiento de limpieza antes, durante y después del evento). Si la Aerocivil y el operador (en este caso Inficaldas) inspeccionan de manera favorable el aeropuerto y determinan listas de prioridades para atender los requerimientos del caso, es más factible el reinicio de operaciones.

Para disponer y transportar la ceniza volcánica, se propuso, con base en la experiencia japonesa, que fue la más completa, el siguiente criterio:

- La ceniza debe ser manipulada y transportada por el personal de aseo (que para efectos prácticos, en el aeropuerto no hay personas capacitadas en aseo industrial sino de interiores), que localizará recipientes debidamente marcados e iluminados.
- Dichos recipientes se elevan con montacargas a las volquetas o camiones designados. Cuando se llenen pasan a la escombrera o lugar designado. Inversamente se descargan con montacargas, se sepultan en hoyos y se recubren, para nivelar el suelo, por último. De inmediato se regresan al aeropuerto, bien sea para seguir removiendo material o para guardarse en caso de superarse la emergencia.

Los equipos electrónicos (escasos en el aeropuerto, limitados a lectores de rayos X, bandas elásticas para equipaje y cámaras de seguridad), deben ser deshabilitados temporalmente. En un futuro podría contar con equipos superiores (sea en La Nubia o Aerocafé) de auto *check-in* o lectores de tarjetas inteligentes (habitual en torniquetes o registradoras). Se tomó como referencia el caso de

Seattle-Tacoma, porque se maneja en él un sistema prácticamente inalámbrico para mejorar el tránsito de sus pasajeros, que podría utilizarse en el tiempo venidero.

Es perentorio, que las aerolíneas provean el mantenimiento a sus aparatos siempre y cuando estos se vean afectados, así como suministrar repuestos. Se deben contar con baterías de emergencia (una por cada dependencia) (Francisco, 2018) pero no de litio, ya que es altamente inflamable para suministrar energía si la corriente eléctrica baja intempestivamente y a su vez proveerles los encargados del mantenimiento eléctrico de la terminal. Para optimizar su uso se deben priorizar los aparatos necesarios en caso de tener el evento. En el caso de La Nubia queda a discreción del operador de la terminal quien decida cuántas se deben manipular dependiendo de la cantidad necesaria.

Las máquinas ligeras como hidrolavadoras o aspersores requieren limpieza adecuada luego de prestar su servicio, y sus niveles de agua deben estar óptimos para trabajar. Todo esto está especificado en la Matriz Final como parte del anexo 1, para mejor comprensión del lector.

MEDIDAS AJUSTADAS A ESTÁNDARES INTERNACIONALES PARA MITIGACIÓN DE RIESGOS OPERACIONALES POR CAÍDA DE CENIZA.

Ya que en el documento se tomaron en cuenta adaptaciones existentes en otros aeropuertos con similares características, es necesario reevaluar el estándar internacional en materia de caída de ceniza, que, como se planteó en uno de los objetivos, es de sumo cumplimiento que Colombia y sus terminales aéreas regulen los protocolos asociados al fenómeno natural para su tratamiento en pistas, ATC y edificios, así como hangares y lógicamente, las aeronaves. Se tendrá como marco de

referencia la región SAM (Sudamérica), ya que ICAO divide el mundo en zonas especiales dadas sus particularidades geográficas.

Medidas a nivel institucional (explotadores o compañías operadoras de las terminales)

1. Conocer al detalle el glosario terminológico expuesto en el Plan de Contingencia emitido por ICAO (actualizado a 2015) para la enseñanza al personal adscrito en los aeropuertos, así como a pilotos y tripulación de cualquier aerolínea. Consultar páginas 6 a 8 del documento.
2. Establecer (si hay evento o posibilidad alta del mismo), la Toma de Decisiones en Colaboración, que es el enlace de los servicios geológicos y meteorológicos con las autoridades de la terminal. En este caso, la SGC y el Ideam, con Inficaldas, previos permisos activados desde la Aerocivil. Consultar página 9 del Preámbulo.
3. Cerrar el aeropuerto hasta que la ceniza haya sido removida en su totalidad y re-enrutar, de ser el caso, el tránsito aéreo en vuelo y aterrizar aeronaves en terminales alternas.
4. Disponer de plantillas NOTAM, SIGMET Y ASHTAM en la ATC del aeropuerto para tener reservas escritas, y no sobre la marcha, de la evolución del evento para notificar rápidamente y agilizar el proceso.
5. Tener listos los protocolos durante las fases de erupción volcánica de la siguiente forma:
 - a. Fase previa a erupción: solamente usada con Sistemas de Alerta Temprana dado de que los volcanes inesperadamente pueden entrar en erupción sin previo aviso.
 - b. Fase de inicio de erupción: de conformidad con el protocolo ICAO, activar mensajes MET y AIS (meteorológicos y de re-enrutamiento aéreo) para aeronaves en vuelo.

- c. Fase de erupción en progreso: emitido solamente si se activa el VAA (Aviso de ceniza volcánica, en inglés) de la región aérea, que brinda información sobre el movimiento de la nube de cenizas.
- d. Fase de recuperación: se activa cuando ya no se emitan más VAA y se proceda a la limpieza del aeropuerto explicados en la Matriz Final, en su respectivo anexo.

Para el entrenamiento de los especialistas en mantenimiento y limpieza de la terminal y las respectivas aeronaves, se debe consultar el apéndice K del documento en mención.

Al considerar la necesidad de desarrollar un Plan de contingencia local (ICAO, 2015), Colombia debería generar un Plan de Acción que incluya por lo menos tres (3) fases, a saber:

- Fase I: Elaboración del Plan de Contingencia Nacional por ceniza volcánica considerando el plan de contingencia sobre ceniza volcánica de la región;
- Fase II: Armonización del Plan de Contingencia Nacional con el de los países limítrofes; y,
- Fase III: Envío del Plan de Contingencia Nacional a la Oficina Regional de ICAO

correspondiente. En este caso, sería el VAAC de Washington, que controla esta parte del mundo.

Los pilotos y tripulación (en vuelo), deben consultar apéndices B y C del documento, para reaccionar ante el fenómeno natural y enviar notificaciones a la ATC, definiendo roles y participación en su elaboración.

Por último, la ATC de la terminal aérea debe incluir el formato VONA (sugerido en el apéndice L del documento ICAO) para estudiar con mayor detalle la evolución de la erupción volcánica como puntos de partida para inventariar información del fenómeno natural de acuerdo al comportamiento del mismo, así:

- fecha de emisión
- clave de color aeronáutico actual (nivel de peligro verde, amarillo, naranja y rojo)
- clave de color aeronáutico anterior (si aumenta o disminuye el peligro)
- fuente (en este caso, SGC)
- número de notificación (porque, podría haber varias según la evolución periódica del evento)
- ubicación del volcán (en coordenadas WGS84 y formato de NOTAM)
- Área (descripción general corta del volcán)
- elevación de la cima volcánica (en metros o pies)
- resumen de la actividad volcánica (breve descripción de la actividad observada en relación a la erupción o pre-erupción, si se conoce, se especifica la hora y la duración de la erupción local y UTC)
- altura de la nube de ceniza volcánica (en metros o pies), con información del observador en tierra o informe de piloto en vuelo.
- otras informaciones (breve descripción de la nube, como su color, altura y forma, así como dirección en movimiento)
- observaciones: de carácter optativo si hay datos relevantes adicionales.
- contactos (números telefónicos del aeropuerto, oficinas de servicios geológicos y meteorológicos)
- próxima notificación (si se cambia de color según la evolución del fenómeno natural).
-

MAPAS DE AMENAZA VOLCÁNICA Y DE ELEMENTOS EXPUESTOS

De acuerdo con el mapa de amenaza del volcán nevado del Ruiz, del Servicio Geológico Colombiano, el aeropuerto se encuentra localizados en una zona de Amenaza Media, la cual

corresponde a un sector afectado por caída de cenizas de ceniza lapilli con acumulaciones entre 1 y 10 cm, con un radio aproximado de 54 km (Ilustración 2).

Las condiciones de amenaza de la terminal radican en la caída de ceniza volcánica (como fenómeno natural) y en menor medida, las aglomeraciones de personas. Al estar ubicada en el radio de amenaza media (por cuenta de la influencia del Volcán Nevado del Ruiz), es monitoreada la aerovía en el tránsito de aviones en vuelo. Los elementos expuestos que están a merced de las cenizas volcánicas, usualmente son aquellos donde está dispuesto el tráfico y carreo de aeronaves, los edificios administrativos y los hangares, así como los estacionamientos de camiones de bomberos y talleres de mantenimiento. En el caso de La Nubia, la pista, paralela a la terminal, sería afectada en su totalidad. Las techumbres y la torre de control serían notablemente afectadas, sobre todo las primeras, ya que los tejados presentan una antigüedad notable y el peso por metro cúbico de ceniza puede llegar a colapsar o fisurar la estructura. En la Ilustración 3 se tiene dicho plano, con las divisiones del aeropuerto que pueden tener afectaciones. Las aeronaves no tendrían hangares para sí mismas (salvo las de aviación civil, por su reducido tamaño), a lo cual, es pertinente cubrir con lonas los propulsores, trenes de aterrizaje y aparatos de aviónica en cabina. Las aeronaves son más vulnerables puesto que económicamente, pueden tener un valor elevado de fabricación y pierden notablemente sus capacidades de aeronavegación y propulsión si entran en contacto directo con la ceniza volcánica, generando pérdidas de operación a las aerolíneas.

Si se materializa la amenaza, los daños y pérdidas radican en la infraestructura y equipo, y con sus consecuencias en materia de operación. Según el protocolo LAR de ICAO, es factible que la terminal cierre (ante el fenómeno citado) debido a:

- a. Acumulación de ceniza en aparatos de aeronavegación y telemetría. Eso traduce en la práctica, al cierre indefinido de la terminal porque las aeronaves en vuelo y en tierra tendrían dificultades de aproximación instrumental, y problemas de ignición en motores, así como “efecto esmeril” en ventanillas.
- b. Acumulación de ceniza en techumbres. Si bien no genera riesgos operacionales de la terminal, es peligroso que el material fisure tejados débiles. En el caso de La Nubia, dichos tejados son muy antiguos y pueden colapsar por el peso sobre el interior de edificios como los administrativos y comerciales. Ya que el edificio es de un solo bloque y tiene el mismo tejado (salvo el mirador, que es de plástico traslúcido), es perentorio que una cuadrilla limpie de inmediato el sector.
- c. Hangares, bodegas y talleres: como son los lugares que reciben maquinaria y equipo móvil, son los más susceptibles de tener daños y pérdidas millonarias, puesto que los equipos y sus piezas, en extremo delicadas, requieren ser elevados del suelo para evitar abrasiones. Al ser los que albergan camiones de bomberos, camiones cisterna, maquinaria “amarilla” (o utilizada en construcción) y utensilios mecánicos o electrónicos, el costo de estos elementos, si llegasen a dañarse o a sufrir averías, sería un desastre para la terminal porque no tendría cómo atender a las aeronaves mismas, pistas y edificios, así como personas.

La consecución de estos tres posibles escenarios configura el desastre potencial para la terminal, porque ella, al igual que otras infraestructuras de su tipo, radica su operación en el uso diario, y las aerolíneas entran en pérdidas económicas. La ciudad en general, por su parte, vería afectada notablemente su movilidad de transporte aéreo, aumentando costos de transporte de pasajeros que se desplacen a otras ciudades hasta que se supere la emergencia.

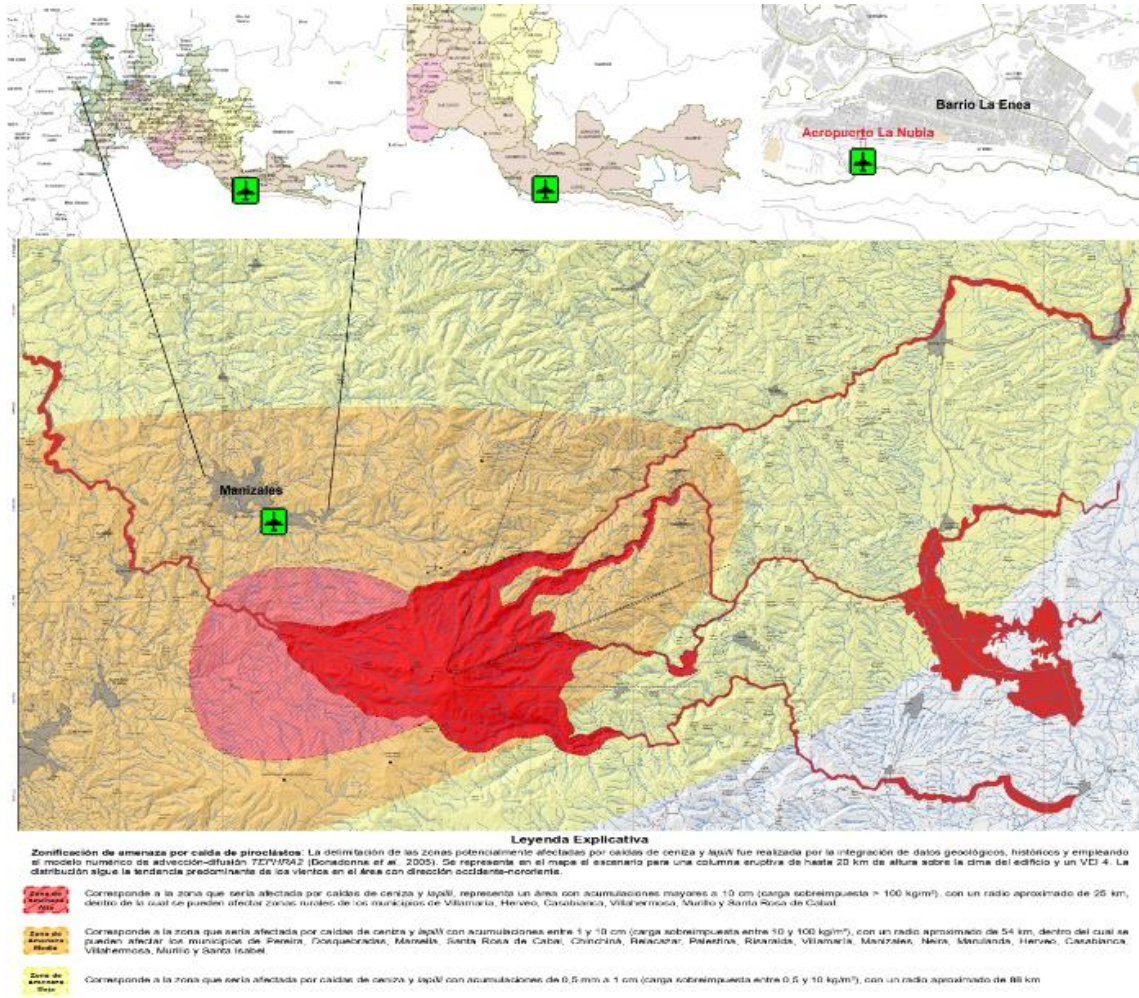


Ilustración 2: Mapa de amenaza volcánica - Tomado y modificado del mapa de amenaza volcánica del SGC

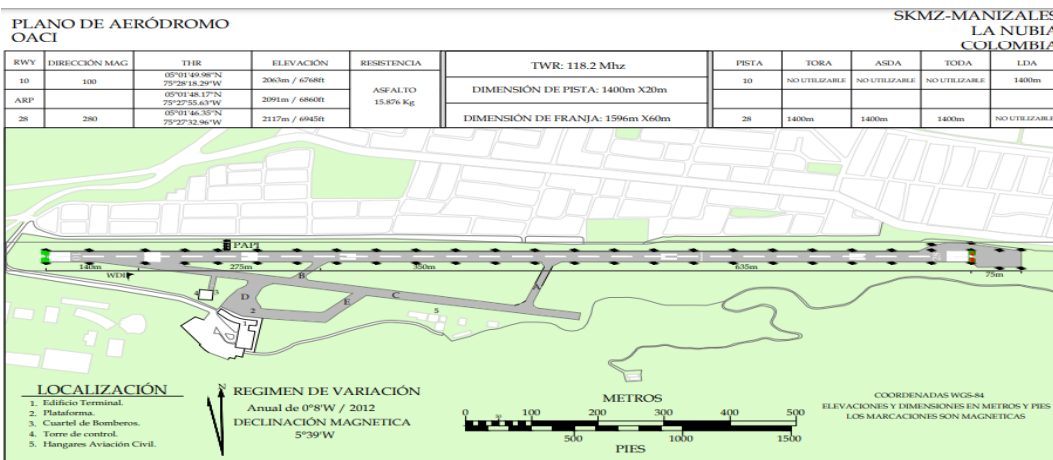


Ilustración 3: Plano de las secciones de la terminal aérea - Tomado y modificado del manual de servicios e información aeronáutica de ICAO-SKMZ (Código de identificación de La Nubia).

Adopción de estándares internacionales de mitigación de riesgos operacionales por caída de ceniza en aeropuertos y medidas para el conocimiento para contribución en toma de decisiones.

Como se especificó en el segundo objetivo, es menester alinear los estándares regulados por ICAO, que rige la aviación civil en el mundo, con el contexto operacional del aeropuerto de La Nubia, ya que la Gestión de Riesgos de Desastres implica también, en el decreto 2157 de 2017, la adopción de los más altos lineamientos en materia de seguridad dentro de espacios públicos y privados, sea con personas o con equipamiento e infraestructuras.

Dentro del contexto de la aviación, la seguridad operacional es el estado donde la posibilidad de dañar a las personas o las propiedades se reduce y mantiene al mismo nivel o debajo de un nivel aceptable mediante el proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos de la seguridad operacional (Aerocivil, 2009, citado en ICAO, 2009). Por ello, aunque la eliminación de los accidentes o incidentes graves en aeronaves sigue siendo la meta final, se reconoce que el sistema de aviación no puede estar completamente libre de peligros y riesgos asociados. Las actividades humanas o los sistemas construidos por humanos no pueden garantizar estar completamente libres de errores de operaciones y de sus consecuencias. En el caso de estudio, se notó que la *no inclusión* del componente de amenaza por caída de ceniza volcánica ya era *per se* un problema asociado a la falta de conocimiento como parte del proceso de gestión de riesgo de desastres, porque este apartado, como generador de las estrategias para reducir la vulnerabilidad de los elementos expuestos en la terminal aérea, no estuvo nunca en los planes de emergencia y contingencia. Es un rezago a nivel institucional no tener en cuenta los manuales que rigen la seguridad operacional por falta de voluntad política para hacerla efectiva.

Es importante tener en cuenta que la aceptabilidad del rendimiento en materia de seguridad operacional se ve influenciado comúnmente por las normas y la cultura tanto nacionales como internacionales. Siempre y cuando los riesgos de seguridad operacional se mantengan en un nivel de control adecuado, un sistema tan abierto y dinámico como la aviación podrá seguir gestionando para mantener el equilibrio correcto de producción y protección, y que Colombia debe adoptar cuanto antes en sus terminales aéreas.

Para que la cultura en GRD sea aplicada desde la ley 1523 de 2012 (en el proceso de conocimiento) y desde el decreto 2157 de 2012 (que habla del contexto externo que se percibe desde afuera e identifica cuáles son esos posibles riesgos que podrían afectar a una organización), es necesario que nuestro país se ponga al día en la adquisición de recursos para actualizar sus planes de GRD. En el caso del aeropuerto en mención, dichos planes deben ir alineados con las directrices emanadas de ICAO y no obrar como “rueda suelta”. Por ejemplo, un fabricante o proveedor de servicios de navegación aérea puede querer fomentar un crecimiento anticipado mediante la inversión en nuevas tecnologías. Dichas tecnologías pueden proporcionar, al mismo tiempo, las mejoras de eficiencia necesarias además de una mejor confiabilidad y rendimiento en materia de seguridad operacional. Para el aeropuerto La Nubia, la necesaria actualización de equipos que permitan predecir mejor alteraciones a nivel meteorológico (relacionadas con el fenómeno de caída de ceniza volcánica) y de conocimientos en el personal, contribuirá a la mejor preparación ante un evento de estas características.

En el proceso de conocimiento, identificando y analizando las metodologías de riesgos (asociados en este caso, a los predictivos, reactivos y proactivos ligados a la aviación en general), es posible relacionar, según el decreto 2157 de 2017, los antecedentes que generen un historial (de la operación aérea) para una buena identificación de riesgos, que debe ser rigurosa, porque debe cubrir

todas las posibilidades para que no se materialicen. Esto es posible si se ejecuta con una buena metodología para identificar los riesgos, determinar adecuadamente las causas y fuentes de los riesgos y caracterizar los controles.

En la metodología reactiva, pueden tenerse en cuenta el análisis de resultados o eventos pasados. Los peligros se pueden identificar gracias a la investigación de sucesos de seguridad operacional. Los incidentes y accidentes son muy claros indicadores de deficiencias del sistema y, por lo tanto, pueden usarse para determinar peligros que contribuyeron con el evento o que estén latentes. En el caso de estudio, La Nubia, si bien ha tenido eventos esporádicos asociados al fenómeno natural, no existe un historial escrito que evidencie el trato que se le haya dado en su momento.

En la metodología proactiva, conlleva al análisis de situaciones existentes o en tiempo real, lo cual es el principal trabajo de la función de aseguramiento de la seguridad operacional mediante auditorías, evaluaciones, notificación de los empleados y los procesos de análisis y evaluación asociados. Esto obliga a la búsqueda activa de peligros en los procesos existentes. Si se toma La Nubia como elemento de investigación, habría que capacitar constantemente el personal en conocimientos, y decantarse por los mejor evaluados para enfrentar el problema. En la GRD es de vital importancia que el personal capacitado retroalimente lo aprendido, sobre todo en el ámbito de la aviación, disciplina que constantemente va en evolución en paralelo a los adelantos técnicos y reglamentarios.

Por último, en la metodología predictiva, se requiere la recopilación de datos para poder identificar resultados o eventos futuros posiblemente negativos, el análisis de los procesos del sistema y del entorno para identificar posibles peligros futuros y el inicio de medidas de mitigación. La terminal aérea en cuestión, requeriría que sus conexiones con el SGC y el IDEAM como entes que proporcionan información sobre el comportamiento vulcanológico y meteorológico, articulen

archivos y mapas que permitan una mejor interpretación del comportamiento del fenómeno natural, para lograr en última instancia, una mejor predicción real del mismo y modelar mediante SIGs un Big Data que recopile digitalmente el fenómeno espacialmente, articulado con la cartografía manejada en la Aerocivil.

A lo largo de los estudios de especialización, bajo el marco de la Ley 1523 de 2012, se ha evidenciado que dentro del **proceso de Conocimiento**, como eje primario para la consecución de la reducción y el manejo de desastres, es necesario elaborar un listado de posibles medidas que contribuyan a una mejor comprensión del fenómeno natural en relación con los dictámenes de ICAO, la Aerocivil, la SGC y demás entes estatales y privados que rijan la GRD, como pueden verse en los siguientes ejemplos:

a. identificación y caracterización de escenarios de riesgo:

- Caracterización general de escenario de riesgo por erupción volcánica.

b. Análisis de riesgos:

- Desarrollar estudios básicos de amenaza por caída de ceniza volcánica.
- Realizar inventario de elementos expuestos (en aeropuertos).
- Realizar análisis de riesgo de los sistemas de aeronavegabilidad.

c. Monitoreo

- Implementar un SAT con sensores de ondas K (de baja frecuencia) que emitan las señales de alteración eléctrica o ionizante hacia la ATC de los aeropuertos

d. comunicación del riesgo

- Socializar el PEC con el componente incluido de caída de ceniza ante el personal aeroportuario y de seguridad.
- Socializar mapas de amenaza volcánica con el personal aeroportuario.

PROPUESTA DE BRIGADA PARA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS.

Niveles de alerta.

De acuerdo con el decreto 2157 de 2017 “Por medio del cual se adoptan las directrices generales para la elaboración del Plan de Gestión del Riesgo de Desastres en empresas públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012” se establecen cuatro niveles de alerta, (verde, amarillo, naranja y rojo) Tabla 1.

Tabla 1: Niveles de alerta según decreto 2157 de 2017

Color	Acciones
Verde	Normalidad en las actividades
Amarillo	Preparación para la respuesta
Naranja	Alistamiento
Rojo	Inicio de las acciones de respuesta

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, las actividades propuestas en este protocolo se desarrollan dependiendo de los niveles de alerta los cuales son determinados por el Servicio Geológico Colombiano. No obstante, debido a las características del evento amenazante, el inicio de las actividades de respuesta a emergencia se iniciará a partir del nivel de alerta naranja, pues normalmente este nivel de alerta se determina cuando existen altas probabilidades de una erupción volcánica en los próximos días o semanas. En la Tabla 2 se muestra un resumen general de las acciones, dependiendo del nivel de alerta.

Tabla 2: Niveles de alerta y actividades relacionadas a cada nivel

Verde	Operación con normalidad en el Aeropuerto
Amarillo	Se activa el Comité de Seguridad Operacional y se inician labores de monitoreo de los niveles de altera según el Servicio Geológico.
Naranja	Se inician labores de limpieza infraestructura operacional además del mantenimiento y limpieza de las aeronaves
Rojo	Se ejecutan todas las actividades descritas en el protocolo de respuesta a emergencia.

Roles y responsabilidades

Para una adecuada ejecución de las actividades de respuesta a emergencia es necesario definir claramente los roles y responsabilidades de las personas que componen el Comité de Seguridad Operacional y la Brigada para la atención de emergencias.

El Comité de seguridad operacional el cual será activado por el responsable de la operación del Aeropuerto ya se encuentra conformado por las siguientes personas:

Tabla 3: Miembros Comité Seguridad Operacional

1	Profesional Especializado Aeropuerto
2	Secretario General
3	Capitán de Bomberos
4	Un Representante de cada Aerolínea
5	Coordinador Grupo ATS
6	Comandante de la Policía Nacional
7	Gerente de Proyectos
8	Asesor Control Interno

1. Profesional Especializado Aeropuerto (operador). Es la persona encargada de solicitar la activación del Comité de Seguridad Operacional y el presente protocolo de respuesta a la

emergencia, además hace parte de la Brigada Especial para la Atención de Emergencias, como jefe de Sección de Operaciones.

2. Secretario General. Su función principal está relacionada con la gestión y aprobación de los recursos necesarios para desarrollar las actividades de respuesta a emergencia.

3. Capitán Bomberos Es el responsable de garantizar la disponibilidad del personal que hace parte del Cuerpo Oficial de Bomberos, para el apoyo de las actividades de limpieza y mantenimiento de la infraestructura operacional.

4. Un representante de cada Aerolínea Se encargarán de coordinar todas las actividades relacionadas con garantizar un adecuado mantenimiento y limpieza de las aeronaves de cada aerolínea.

5. Coordinador Grupo ATS Su función principal es garantizar un adecuado tránsito aéreo y determinar las suspensiones temporales de la operación, de acuerdo con las condiciones meteorológicas y los niveles de alerta del Servicio Geológico Colombiano.

6. Comandante Policía Nacional. Garantizar la disponibilidad del personal a su cargo para realizar labores de apoyo enmarcadas en el presente protocolo.

7. Gerente de Proyectos. Impulsar y gestionar las necesidades identificadas para la adecuada respuesta a la emergencia, antes, durante y después de ella.

8. Asesor Control Interno. Junto con el operador y el gerente de proyectos debe realizar un análisis posterior de la respuesta a la emergencia, a fin de identificar las fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora del presente protocolo.

PROPUESTA DE BRIGADA ESPECIAL PARA ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

Como se dijo anteriormente, la terminal aérea debe contar con personal capacitado y presto a la alteración de la normalidad en las operaciones aéreas, al menos, en la atención del personal (vulnerable como el antes descrito), sumado a ello, con una cadena de mando establecida para dirigir y atender oportunamente la contingencia (Cardona, 2021) de acuerdo al contexto de La Nubia, así:

“...Para la adecuada implementación y ejecución de este protocolo, se propone la creación de la brigada de emergencia, para lo cual es necesario definir un sistema de comando de incidente, que será integrado por(...)

El comandante del incidente (Operador Aeropuerto), cuya función principal es tomar todas las medidas encaminadas a garantizar la ejecución del protocolo de emergencia.

Un jefe de Sección de Operaciones (Capitán de Bomberos), que será la persona encargada en adoptar e implementar las acciones de respuesta enfocadas en restaurar de manera oportuna las operaciones en el terminal aéreo.

Bajo la coordinación del jefe de Sección de operaciones será dirigido el siguiente personal:

- *3 integrantes encargados de realizar las actividades de barrido en la pista e instalaciones del aeropuerto en que se requiera.*
- *1 integrante encargado de realizar la limpieza en las diferentes superficies de los equipos y demás de la zona administrativa.*
- *3 integrantes encargados de realizar las actividades de lavado en las pistas e instalaciones que se requiera.*
- *2 integrantes encargados de realizar la recolección de los materiales y residuos resultantes de dichas actividades de limpieza.*

- *1 integrante encargado de realizar la disposición final adecuada de estos elementos.*

Un jefe de Monitoreo (Coordinador ATS), que se encargará de vigilar los niveles de alerta e informarlos al del comité de emergencias.

Un jefe de comunicaciones (Coordinador Oficina de Comunicaciones Inficaldas), que se encargará de informar todo lo relacionado con la respuesta a la emergencia al personal del aeropuerto y a la ciudadanía en general. Además de llevar a cabo convenios de ayuda mutua para que, en caso de que se supere la capacidad de respuesta del personal operativo del aeropuerto, se solicite ayuda de instituciones del orden municipal o departamental, por ejemplo: Bomberos, Defensa Civil, Policía Aeroportuaria y Empresa de servicios públicos; es importante resaltar que estos convenios deben realizarse previo al inicio de las actividades de los protocolos.

Todas las personas anteriormente mencionadas se encargarán de hacer una evaluación posterior a la respuesta a la emergencia, con el objetivo de identificar posibles falencias u oportunidades de mejoras basadas en la experiencia, para de esta manera, mejorar la capacidad de respuesta.

CADENA DE LLAMADAS

La cadena de llamadas se establece según los roles y responsabilidades de las personas que componen la Brigada de Atención de Emergencias y el Comité de Seguridad Operacional. En la tabla 3 se muestra la cadena de llamadas propuesta para garantizar una adecuada ejecución del protocolo y las actividades enmarcadas en este.

Tabla 4: Cadena de Llamadas

Orden	Responsable	Cadena de llamadas
1	Coordinador Torre de Control. <i>Jefe de monitoreo</i>	2,9
2	Profesional Especializado Aeropuerto <i>El comandante del incidente</i>	1,3,4,6,7,8,9,10
3	Capitán de Bomberos. <i>Jefe de Sección de Operaciones</i>	2,5
4	Un representante de cada Aerolínea	2,5
5	<i>Personal operativo</i>	3,4
6	Comandante de la Policía Nacional	2
7	Gerente de Proyectos	2,8,10
8	Secretario General	2,7,10
9	<i>Coordinador oficina de Comunicaciones Inficaldas</i>	1,2
10	Asesor Control Interno	2,7,8

12. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

De acuerdo a lo cotejado en la información de la Matriz Final, se infiere que para el aeropuerto La Nubia pueden en un futuro adaptarse, según el reglamento de ICAO y Aerocivil, así como de los entes estatales, las funciones de un plan de contingencia por caída de ceniza, según los factores encontrados que condicionan la terminal aérea a nivel geográfico, tecnológico y normativo, a partir de la información recopilada en la monografía.

La Nubia es una terminal aérea limitada en cuanto a espacio locativo, longitud de pista, aproximación por parte de los pilotos y con pocas radio-ayudas, si se tiene en cuenta su ubicación geográfica adversa desde el punto de vista de la aviación, aunada a la influencia del Volcán Nevado del Ruiz. Por lo tanto, el aeropuerto, debido a sus escasas dimensiones de pista (largo por ancho) y un equipamiento básico, no puede albergar aeronaves más allá de la propulsión a turbohélice, limitando el acceso de más pasajeros, en una ciudad donde ha crecido el turismo en los últimos años, dejando perder ingresos por concepto de operaciones aéreas.

Por ejemplo, si se tiene en cuenta que la pista es de 1400 m de longitud, los equipos para su limpieza deberían en poco tiempo, si cayera ceniza, devolver la operación a la misma, pero no se cuenta con el personal indicado para operar dichas máquinas, a lo cual se requiere capacitación permanente en el uso de estos equipos y utensilios.

Por otra parte, la Aerocivil como ente regulatorio de la aviación colombiana, tiene actualizado su derrotero en los documentos que emite sobre prevención y alerta de caída de ceniza volcánica, pero no se ha llegado a poner en práctica (al menos en el caso de estudio) porque hasta la fecha el fenómeno natural ha sido esporádico. Solamente en 2012 hubo una reactivación del edificio volcánico con su consecuente expulsión de material a la atmósfera, pero no afectó seriamente la

infraestructura de la terminal, y los vuelos se desviaron, como era de esperarse, mas no se atendieron aeronaves en tierra. Entonces, en la práctica, el aeropuerto tiene instalaciones justas para la atención a la ciudadanía, pero no se ha modernizado, porque se considera innecesaria una inversión millonaria en la adquisición de nuevos equipos y en la construcción de otros espacios (hangares, talleres, bodegas). El ambiente es muy “familiar” y las personas consideran que no se necesita una infraestructura que sea disonante con el entorno geográfico. En un futuro, la locación del aeropuerto sería utilizada (según el POT que se proyectó para la ciudad) para levantar una posible ciudadela, con parques y avenidas.

Según la percepción del ejercicio, se evidencian dos posibles escenarios:

El primero, que el actual aeropuerto sirva como terminal alterna para la ciudad de Manizales, o para aerolíneas de bajo costo, que aumenten el flujo de pasajeros y el número de destinos. Desde el punto de vista económico, habría que mejorar las locaciones actuales del mismo y su aeronavegabilidad invirtiendo de todas formas, importantes sumas de dinero para la adquisición de equipos nuevos, personal para operarlos y espacios para otra aerolínea por lo menos. Pero sería viable si se materializa el proyecto de Aerocafé, dejando La Nubia como terminal para vuelos domésticos.

Y el segundo, que, si en un futuro la terminal de Aerocafé atiende en un rango mucho mayor las operaciones aéreas, sea esa la puerta de entrada a la ciudad. Sin embargo, esto aumentaría las tarifas de transporte en taxis o buses metropolitanos (29 km de distancia hasta Manizales desde el municipio de Palestina frente a los 8 km de La Nubia). Al justificar los costos de operación de Aerocafé, sea quien sea el operador privado, con mayor razón se podría pensar en el componente de amenaza por caída de ceniza propuesto para el plan de contingencia, porque se requeriría mucho más dinero para atender las aeronaves en tierra con equipos acordes al tamaño de la terminal.

Algo bastante curioso es que la normatividad que rige directamente el aeropuerto La Nubia no es laxa en el sentido estricto de la palabra. Es decir, que, aunque se cuentan con los debidos protocolos para operar la terminal, por su tamaño reducido no se ha pensado o tenido en cuenta que, si va a seguir en funciones, es necesario tener un derrotero expedito y fiable para atender el evento natural, dado que la terminal lo requiere, puesto que su localización se encuentra en la zona de amenaza media del Volcán Nevado del Ruiz, y puede servir de modelo a seguir en otros aeropuertos de Colombia y del mundo.

De acuerdo con la normatividad de ICAO los aeropuertos a nivel global deben contar con tecnologías basadas en sensores remotos que permitan notar alteraciones tanto atmosféricas como ambientales para dar advertencia sobre las anomalías encontradas que puedan alterar la operación normal de dichos aeropuertos. En este caso se hace la siguiente observación: En la recopilación bibliográfica en un comienzo, era muy habitual que los servicios geológicos de los países con volcanes activos hicieran las veces de “soporte” o de mediación con los aeropuertos citados, porque propusieron a los operadores mejorar sus servicios aeronáuticos en atención a la amenaza de caída de ceniza, y esa mejora derivó en la obtención de equipos adecuados para predecir alteraciones en ondas de radio (como se explicó en el proceso de ionización de la atmósfera por cuenta de las nubes de ceniza) que ayudan a pilotos en pleno vuelo y a las aeronaves en tierra. El Servicio Geológico Colombiano debe ser el garante de dicho mejoramiento siempre y cuando el operador acceda a utilizarlo. No es para menos que la Aerocivil tenga, para todos los aeropuertos con características particulares como el de La Nubia, estos planteamientos necesarios en materia de equipamiento. Sin embargo, la tecnología en cuanto a equipos electrónicos y de aeronavegabilidad es muy básica (en la terminal de La Nubia) si se compara con otros aeropuertos de igual tamaño en el mundo, pero

con mayor razón debe asegurarse contar con dichos equipos para detectar la nube de ceniza de la atmósfera.

Teniendo un nivel de amenaza media por ceniza volcánica sobre el aeropuerto, es necesario establecer dicho componente, porque requiere la terminal un elemento clave como éste para sostener su operatividad en el tiempo si se planea dejar como *hub* (centro de conexión) de aerolíneas de bajo costo, o de aeropuerto alternativo que sirva a la ciudad, por lo tanto, es factible, desde que se tenga la voluntad política y se haga caso a las políticas públicas en gestión de riesgo de desastres, que la propuesta sea tenida en cuenta por los entes operativos de la terminal (Inficaldas) y sienten un precedente en el manejo de caída de ceniza. El tamaño reducido del aeropuerto podría facilitar pruebas piloto que brinden oportunidades de mejora en un futuro para el mismo y otras terminales de características similares.

Los operadores podrían tomar como ejemplo la formulación del plan de contingencias de La Nubia y utilizarlo como modelo en casos parecidos donde existan factores de riesgo (antrópico), o para efectos comparativos que puedan trascender la ley. Es decir, que si se realizan operaciones que intervengan el riesgo oportunamente para mitigarlo, pueden modificar los parámetros que existan para atender emergencias o complementar los ya existentes.

Con la inclusión del componente de amenaza por caída de ceniza volcánica en el PEC del aeropuerto en cuestión, se busca que la razón o sentido de esta propuesta de monografía impacte favorablemente en la consecución de lineamientos en GRD para la operación aérea a nivel nacional, tomando claro está, los principios de protección de la ley 1523 de 2012 y los emitidos del decreto 2157 de 2017 (en materia de seguridad y gestión de riesgos en bienes públicos y privados), y que repercuta notablemente a futuro la toma de decisiones frente al fenómeno natural, sirviendo de base al conocimiento en el proceso de GRD.

13. RECOMENDACIONES

Según los objetivos planteados

a. Analizar las posibles afectaciones debido a la materialización del escenario de riesgo

- El espacio operativo del aeropuerto requiere ser analizado concienzudamente para determinar cuáles zonas requieren mayores niveles de atención a la hora de atender el evento, porque se deben optimizar recursos logísticos y técnicos (sin abandonar claro está, los lineamientos de ICAO).
- Mediante la Matriz Final como anexo a este documento, conviene adaptar (siempre y cuando el explotador aeroportuario lo disponga) los espacios adecuados de acuerdo a las experiencias vistas en otras terminales citadas, para distribuir el personal capacitado en el manejo de maquinaria y equipos de remoción del material volcánico.
- También conviene hacer mediante SIG, dentro de la terminal aérea, a la escala adecuada, un modelamiento de microzonificación de la caída de ceniza volcánica en elementos expuestos, como ATC y pistas, que son los más vulnerables por cuenta de la dispersión del material, para predecir mejor las acumulaciones del mismo y así removerlo.

b. definir medidas ajustadas a los estándares internacionales que permitan mitigar los riesgos operacionales por caída de ceniza

- La GRD en Colombia, pese a ser tan avanzada respecto a otras naciones, debe articular más la normatividad vigente desde el sector aeronáutico, puesto que los aeropuertos deben estar al día en la prevención, reducción y manejo de los desastres, y no concierne únicamente a la Aerocivil.

- El empleo de sensores remotos es la tendencia obligada a nivel mundial para predecir la mayoría de los fenómenos naturales, y en el ámbito de las erupciones volcánicas, sería de gran ayuda que los reportes de actividad en el aeropuerto La Nubia se den con equipos obtenidos con recursos del sector público o privado, porque mejorarían bastante las comunicaciones entre pilotos y la terminal en caso de avistar nubes de ceniza (siempre y cuando se tome en cuenta la propuesta).
- La adopción del manual de riesgos en seguridad operacional de ICAO, que se sabe a la fecha, debe ser de obligatorio cumplimiento, debe profundizar más la capacitación del personal en tierra y la recopilación de datos (para elaborar o armar un histórico) de afectaciones suscitadas por el fenómeno natural, que sirva de precedente al momento de organizar logísticamente los roles de cada empleado en la atención de la emergencia.
- Es importante que Infiacaldas y el Aeropuerto realicen y actualicen periódicamente un Plan de Gestión del Riesgo de Desastres que incluya claramente los capítulos de los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo del desastre, todo lo anterior de acuerdo a lo establecido y enmarcado en el Decreto 2157 de 2017.

c. incluir el componente de amenaza por caída de ceniza en la propuesta del plan de contingencias del aeropuerto La Nubia

- Debido a la problemática de la caída de ceniza para las operaciones aéreas y el riesgo que implica en la seguridad operacional la materialización de este fenómeno natural (ICAO, 2012), es importante que la terminal aérea contemple una propuesta seria para un plan de contingencia por caída de ceniza volcánica, cuyos resultados permitan implementar

medidas o estrategias encaminadas a mitigar los riesgos derivados del fenómeno en mención en el aeropuerto.

- La ciudad de Manizales, respecto a otras capitales de departamento o ciudades intermedias, requiere de una terminal aérea que por lo menos posea su plan de contingencia para aplicarse en caso de evento y no quede con rezagos en el manejo de las emergencias.
- el componente de amenaza por caída de ceniza requiere actualizaciones periódicas en el plan de contingencia (acogiéndose siempre a los lineamientos de ICAO) y a los posibles cambios en el escenario de riesgo (si se cierra la terminal definitivamente y se traslada el servicio al Aeropuerto Internacional del Café en un futuro).

14. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados:

a. Analizar las posibles afectaciones debido a la materialización del escenario de riesgo

- La mejor forma de proponer el plan sobre el fenómeno a revisar es haciendo una metodología que permita revisar y diagnosticar planes de contingencia similares al estándar internacional y según las regulaciones aeronáuticas. De otro modo no hubiera sido posible comparar los escenarios.
- Los aeropuertos más parecidos en cuanto al posible manejo del material volcánico y la consecuente evacuación de personas fueron: Catania-Fontanarossa (Italia) y el de Kagoshima (Japón), en torno a sus dimensiones análogas en su mayoría con el de La Nubia, que permitieron adaptar mejor las probables evacuaciones, transporte y disposición del material volcánico y el número de equipos utilizados para tal fin.
- Es evidente que la terminal aérea de La Nubia puede, por su reducido tamaño, servir de eje investigativo para implementar los protocolos expuestos en la Matriz Final, y exportar la idea a todos los aeropuertos colombianos de similares características, que se vean influenciados por cenizas volcánicas, independientemente de la cercanía del edificio volcánico ante una determinada localidad.

b. Definir medidas ajustadas a los estándares internacionales que permitan mitigar los riesgos operacionales por caída de ceniza

- Es evidente que la terminal aérea en mención serviría de base teórica para aplicar propuestas similares, porque hasta la fecha no se había hecho el estudio del verdadero impacto de la caída de ceniza volcánica, al menos en esta zona del país. Dicha propuesta

puede ser la forma en que otros aeropuertos puedan adoptarla con el aval de la Aerocivil y la normativa vigente en GRD.

- Existen los debidos formatos de notificaciones y de alertas emanados de los VAAC frente a la amenaza de caída de ceniza volcánica, pero a la fecha son de poco conocimiento por parte de los operadores del aeropuerto, lo que amerita una revisión total del empleo de la norma y auditorías que encaren o controlen el uso debido de dichos formatos, porque se ha subestimado durante el paso del tiempo.
- Es posible que con el paso del tiempo, se tomen en cuenta propuestas similares o alineadas a esta, para sentar bases o precedentes en lineamientos articulados a las operaciones aéreas y su respectiva GRD.

c. incluir el componente de amenaza por caída de ceniza en la propuesta del plan de contingencias del aeropuerto La Nubia

- Para casos similares al del aeropuerto La Nubia, como los aeropuertos Matecaña de Pereira, El Edén de Armenia y Los Perales de Ibagué, es factible que la propuesta planteada en este ejercicio se lleve a cabo en un futuro.
- Es factible la utilización de manuales estandarizados de ICAO (no puede ser de otra manera) para que en la propuesta de inclusión del componente, se mejoren los conocimientos en torno a la atención del evento y se programen reuniones con el personal aeroportuario en materia de actualización.
- En el caso puntual de Manizales, dicho plan de contingencia puede hacerla referente nacional e internacional en la prevención, reducción y manejo de desastres (de origen natural con el Nevado del Ruiz) y antrópico (aglomeración de personas).

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENA-ESPAÑA. (s.f.) *ANEXO VI: AIP. AEROPUERTO DE TENERIFE SUR – Aena.*

Recuperado de <http://www.aena.es> › csee › Satellite

AEROCIVIL (2017, Febrero). *PROCEDIMIENTO EN CASO DE ERUPCIÓN VOLCÁNICA.*

(*archivo PDF*). Recuperado de https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/Documents/AIC%202012/AIC_C17_A16_2012.pdf

AEROCIVIL (2019, Diciembre). *RAC 43 -Protocolos de mantenimiento aeronáutico.* (*Archivo*

PDF). Recuperado de <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%2043%20-%20Mantenimiento.pdf>

AEROCIVIL (2020, Junio). *RAC 91- Reglas generales de vuelo y operación.* (*Archivo PDF*).

Recuperado de <https://www.aerocivil.gov.co/normatividad/RAC/RAC%20%2091%20-%20Reglas%20%20Generales%20de%20Vuelo%20y%20Operaci%C3%B3n.pdf>

AEROPORTO INTERNAZIONALE DI CATANIA (2012). Recuperado de

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1Y3u6e0PcK7WZOnyZ5SSP9gvmgFmG4Mrn>

AILA. (2015). *PLAN DE CONTROL DE CENIZA Y ARENA VOLCÁNICA-AEROPUERTO*

INTERNACIONAL LA AURORA-AILA. Guatemala, editado y compilado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

Allende, I. (2010). “*La oscuridad era densa, olía a sulfuro y los motores se pararon*”. La Voz de

Galicia. Recuperado de https://www.lavozdegalicia.es/noticia/sociedad/2010/04/19/oscuridad-era-densa-olia-sulfuro-motores-pararon/0003_8427740.htm

Beneficiosa la ceniza volcánica para suelos y plantas. (2012). Recuperado de [http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/wb/comunic/beneficiosa la ceniza volcanica para suelos y 1831](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/wb/comunic/beneficiosa_la_ceniza_volcanica_para_suelos_y_1831)

Berzal Recarey, I. (S.f.) *Efectos de las cenizas volcánicas en la aviación.* Recuperado de <http://www.hispaviacion.es/efectos-de-las-cenizas-volcanicas-en-la-aviacion/>

Biass, S. et al. (2014, Abril 9). *A multi-scale risk assessment for tephra fallout and airborne concentration from multiple Icelandic volcanoes.* *NHESS*, vol 14. Pp. 1-23. Recuperado de <https://nhess.copernicus.org/articles/14/2265/2014/nhess-14-2265-2014.pdf>).

Brennan, Z. (2007). *The story of BA flight 009 and the words every passenger dreads.* Mail Online. Recuperado de <https://www.dailymail.co.uk/news/article-431802/The-story-BA-flight-009-words-passenger-dreads-.html>

Campbell, L. (2010). *A look back at Alaska volcano's near-downing of a 747.* McClatchy Newspapers. Pág. 1. Recuperado de <https://web.archive.org/web/20160303221900/http://www.heraldnet.com/article/20100418/NEWS02/704189878>

Casadevall, J. (1991). *USGS-BULLETIN 2047. Volcanic Ash and Aviation Safety: Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash.* Editado por USGS. Recuperado de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=pKY_VLqMTgsC&oi=fnd&pg=PA191&dq=bali+airport+volcanic+ashes&ots=Nf58SGM5vN&sig=j1e5B8W7qJWjNWnOGk7PBMY-HRw#v=onepage&q=bali%20airport%20volcanic%20ashes&f=false

Casadevall, J. (1993). *Volcanic ash and airports. Discussions and Recommendations from the Workshop on Impacts of Volcanic Ash on Airport Facilities*. Editado por USGS. Recuperado de http://www3.alpa.org/portals/alpa/volcanicash/08_Effectvolcanicashairports-openfilereport93-518.pdf

Caselli, A. et al. (2011) *Manual de Procedimientos ante caída de Cenizas Volcánicas*. Grupo de estudio y seguimiento a los volcanes activos. (Archivo PDF). Recuperado de http://www.fcen.uba.ar/cenizas/Manual_Cenizas_2011.pdf

Ceniza volcánica. (en Wikipedia). Recuperado (2020, 26 de octubre) de https://es.wikipedia.org/wiki/Ceniza_volc%C3%A1nica

Composición de las cenizas volcánicas y los gases asociados. (2011). recuperado de <http://www.flap152.com/2011/06/composicion-de-las-cenizas-volcanicas-y.html>

Congreso de Colombia. *Adaptación de la Ley 1801 de 2016. Código Nacional de Policía y Convivencia*. Artículo 64. Disponible en: http://www.imprenta.gov.co/gacetap/gaceta.mostrar_documento?p_tipo=21&p_numero=1801&p_consec=45806

Congreso de Colombia. *Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones*. Artículo 4. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>

Convenio 344 . (Noviembre de 2016). *Guía para la Preparación de Planes de Contingencia*. Recuperado de <http://cruesantander.com/data/documents/Guia-para-la-Preparacion-de-Planes-de-Contingencia-.pdf>

Cuartas Rodríguez, R. (2004, Diciembre 4). *PLANES DE SEGURIDAD, EMERGENCIA Y CONTINGENCIA DEL AEROPUERTO LA NUBIA DE MANIZALES*. [tesis de pregrado]. Universidad de Manizales, Manizales. Recuperado de https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/454/Cuartas_Rodriguez_R_einerio_2005.pdf?sequence=1&isAllowed=y

DGAC. (2015, Junio). *PLAN DE CONTINGENCIA POR CENIZA VOLCÁNICA DE LOS SERVICIOS DE NAVEGACIÓN AÉREA DEL ECUADOR*. (archivo PDF). Recuperado de <http://www.sms-atc.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/Plan-de-Contingencias-Ceniza-Volc%C3%A1nica-SEFG.pdf>

DGAC. (2018, Octubre). *PLAN DE CONTINGENCIA POR CENIZA VOLCÁNICA DE LOS SERVICIOS DE NAVEGACIÓN AÉREA DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA*. (Archivo PDF). Recuperado de dgac.gob.bo/wp-content/uploads/2018/12/PCCV.pdf

DGAC-SCT. (2014, Marzo). *Circular de asesoramiento que establece los métodos recomendados en caso de ceniza volcánica*. (Archivo PDF). Recuperado de <https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGAC/00-aeronautica/ca-av-019-14.pdf>

DOC 9974-AN/487. (2012). *La seguridad del vuelo y las cenizas volcánicas. Gestión de riesgos de las operaciones de vuelo en que se sabe o se pronostica que habrá contaminación por cenizas volcánicas*. Estados Unidos, ICAO.

Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. *Guía para la elaboración de planes de respuesta a desastres y de contingencia*. 2008.

GOBIERNO DE ESPAÑA. MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA (2019, Junio) *Guía MET para la Información Meteorológica Aeronáutica*. (archivo PDF). Recuperado de <http://www.aemet.es/documentos/es/conocerlas/aeronautica/AU-GUI-0102.pdf>

IAVCEI (2013, Julio). *Outcomes of the International Volcanic Ash Task Force 2010 2012*. (archivo PDF). Recuperado de http://www.kazan-g.sakura.ne.jp/iavcei2013/iavcei_hp/PDF/4F.pdf

ICAO (2010) *Manual sobre nubes de cenizas volcánicas, materiales radiactivos y sustancias químicas tóxicas*. (archivo PDF en modo presentación). Recuperado de <https://es.slideshare.net/rentaplane/doc-9691-cenizas-volcanicas>

ICAO (2012). *Flight safety and volcanic ash*. (archivo PDF). Recuperado de https://www.icao.int/publications/Documents/9974_en.pdf

ICAO (2014) *Plan de respuesta a emergencias en aeródromos. Plan de control de cenizas volcánicas*. (Archivo PDF). Recuperado de https://www.icao.int/SAM/Documents/2014-LAR153/12_Control%20de%20cenizas%20volc%C3%A1nicas.pdf

ICAO (2016). *SIGMET por Cenizas Volcánicas-Introducción General*. VAAC Buenos Aires, República Argentina. (archivo PDF). Recuperado de <https://www.icao.int/SAM/Documents/2016-SIGMET/Pres.1%20VAAC%20BUE.pdf>

ICAO (2016). *VOLCANIC ASH CONTINGENCY PLAN-EUROPEAN AND NORTH ATLANTIC REGIONS*. France, ENA Office-ICAO.

ICAO SAFETY (2014, Junio). *Plan de respuesta a emergencias en aeródromos y plan de Control de Cenizas Volcánicas*. (Archivo PDF). Recuperado de

https://www.icao.int/SAM/Documents/2014LAR153/12_Control%20de%20cenizas%20volc%C3%A1nicas.pdf

ICAO, (2010, Julio). *INTERNATIONAL VOLCANIC ASH TASK FORCE (IVATF) FIRST MEETING. MT SAKURAJIMA AND OPERATION OF KAGOSHIMA AIRPORT IN JAPAN.* (archivo PDF). Recuperado de <https://www.icao.int/safety/meteorology/ivatf/Meeting%20MetaData/IP.14.pdf>

Ingrassia, V. (2019). *El innovador radar láser argentino que permite volar ante la ceniza volcánica.* Mi Plan de Gobierno. Recuperado de <http://www.miplandegobierno.com/267632893/6728401/posting/>

IVHHN et al. (2003). *Los peligros de las cenizas volcánicas para la salud. Guía para el público.* (Archivo PDF). recuperado de https://www.ivhhn.org/images/pamphlets/Health_Guidelines_Spanish_WEB.pdf

Jeppesen Company. (1999) *Airway Manual. Index of Aerials Routes for northern South America. Chapter XV, La Nubia Airport, ICAO code-SKMZ. Inverness, CO, USA.*

Jeppesen Company. (1999) *South America aerial sector. Airway Manual, chapter VI.* Inverness, CO. USA.

La ceniza volcánica vuelve a afectar el tráfico aéreo. (2010). Recuperado de https://www.bbc.com/mundo/internacional/2010/05/100509_2159_ceniza_volcan_europa_cierres_jg

La realidad de los aeropuertos de Colombia. (2010). Recuperado de https://caracol.com.co/radio/2010/08/18/nacional/1282108200_342509.html

Larenas, N. (2019). *Los riesgos de la ceniza volcánica en la aviación*. Recuperado de <https://www.nlarenas.com/2019/06/riesgos-de-la-ceniza-volcanica-en-aviacion/>

Leighton, P. (2015). *Estudio sobre ceniza volcánica mantendría aviones volando*. Recuperado de <https://www.scidev.net/america-latina/ciencias-de-la-tierra/noticias/estudio-sobre-ceniza-volcanica-mantendria-aviones-volando.html#>

Los grandes accidentes aéreos del mundo. (2011). Recuperado de <http://grandesaccidentesaereos.blogspot.com/2011/05/cenizas-volcanicas-la-gran-proeza-aerea.html>

Managing Volcanic Ash Risk to the Safety of Flights. (s.f.) Recuperado de https://www.skybrary.aero/index.php/Managing_Volcanic_Ash_Risk_to_the_Safety_of_Flights

Melnikov, V. et al. (2016, Agosto). *Detecting and tracking of airborne volcanic ash with the WSR-88Ds*. (archivo PDF). Recuperado de https://nssl.noaa.gov/publications/wsr88d_reports/rocrou16_Task8_Volcanic%20Ash.pdf

Meteo Glosario Visual (2020). *Ceniza volcánica*. Gobierno de España, edición de la Agencia Estatal de Meteorología. De https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/562_ceniza-volcanica

OACI. (2012). *La seguridad de vuelo y las cenizas volcánicas*. Recuperado de https://www.icao.int/publications/Documents/9974_es.pdf

Pérez, C.P. (2020). *B-727-200 Operator's Manual*, T-2. Boeing, Seattle, USA.

Pulido, J. C. (2014). *Vigilancia de ceniza volcánica*. (Archivo PDF). Recuperado de <http://www.aerocivil.gov.co/atencion/control/Documents/PRESENTACION%20FINAL%20NOVIEMBRE%20%202014.pdf>

Reckeweg, I. (1982). *A Singapore Airlines jumbo jet flew into a plume...UPI News*, pp. 2-3.

Recuperado de <https://www.upi.com/Archives/1982/07/14/A-Singapore-Airlines-jumbo-jet-flew-into-a-plume/6084395467200/>

SKYbrary. (s.f.) *B742, en-route, Mount Galunggung Indonesia, 1982*. Recuperado de

https://www.skybrary.aero/index.php/B742_en-route_Mount_Galunggung_Indonesia_1982

SKYbrary. (s.f.) *Managing Volcanic Ash Risk to the Safety of Flights*. Recuperado de

https://www.skybrary.aero/index.php/Managing_Volcanic_Ash_Risk_to_the_Safety_of_Flights

Smithsonian Institution. NMNH. Global Volcanism Program. (s.f.) *List of Volcanoes of the World for VAAC Use*. Recuperado de <https://volcano.si.edu/projects/vaac-data/>

UNAM. (2018). *Calibración de datos de nubes de ceniza para los Volcanes Mexicanos*. México.

Editorial del IG-UNAM.

UNAM-Instituto de Geografía. (2018). *Calibración de datos de nubes de ceniza para los volcanes mexicanos*. (Archivo PDF). Recuperado de

http://www1.cenapred.unam.mx/SUBCUENTA/30a%20SESI%C3%93N%20ORDINARIA/V.%20GOES_16/Ceniza/Actividad%2031%20Recopilaci%C3%B3n%20de%20publicaciones%20cient%C3%ADficas.pdf

USGS (1997). *REDUCING THE RISK FROM VOLCANO HAZARDS UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY*. Volcanic Ash—Danger to Aircraft in the North Pacific. (Archivo PDF).

Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/fs/fs030-97/fs030-97.pdf>

Witkin, R. (1989). *Jet Lands Safely After Engines Stop in Flight Through Volcanic Ash*. The New York Times. Pág. 13 Recuperado de <https://www.nytimes.com/1989/12/16/us/jet-lands-safely-after-engines-stop-in-flight-through-volcanic-ash.html>

Francisco, M. (2018, Agosto 2.) *Baterías de litio: enemigo de la seguridad*. <https://a21.com.mx/index.php/cambio-y-fuera/2018/08/02/baterias-de-litio-enemigo-de-la-seguridad>

Cap. (r) Pérez, C. Comunicación personal. 10 de noviembre de 2020.

Pérez, C. afirma que ... *”los aeropuertos deben tener designados puntos de acopio, como mínimo cuatro, para recoger la ceniza volcánica en caso de nube, y esos puntos han de ser cabecera, columnas de paredes en edificios, centro de la pista y bermas, sugirió consultar protocolos ASHTAM de Aerocivil en manejo o disposición de las alertas en ATC’s...”*

Cap. (r) Pérez, C. Comunicación personal. 30 de enero de 2021.

Pérez, C. afirma que... *”el Central Link del aeropuerto Sea-Tac puede servir de modelo en un futuro para la evacuación de personas si se aplica en el caso de Aerocafé (sic) para dicho traslado...”*

Cap. (r) Pérez, C. Comunicación personal. 10 de abril de 2021.

Pérez, C. afirma que... *” Colombia está en mora de tener PEC en los aeropuertos regionales afectados por la posible nube de cenizas, y que si mal no recordaba, Pasto pudo tenerlo en su tiempo, pero desconoce a la fecha si se aplicó...”*

Dr. Londoño, J. Comunicación personal vía Google Meet para tutoría. 4 de marzo de 2021.

Londoño afirma que... ” puede tomarse en cuenta la lista de aeropuertos con amenaza de caída de ceniza según los VAAC mundiales y se encuentra en la página web del Smithsonian Institute y que pueden tomarse como referencia para la actividad volcánica...”

16. ANEXOS

Anexo 1: Matriz de trabajo protocolo La Nubia (Archivo Excel adjunto).