



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSTGRADOS

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MAGISTER EN GERENCIA EN SEGURIDAD Y
RIESGO**

**TEMA: EL SISTEMA DE SEGURIDAD EN EL G.A.E 45
“PICHINCHA” UBICADO EN LA BALBINA, PROVINCIA DE
PICHINCHA FRENTE A AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL**

AUTOR: GARCÉS MEDINA, DANILO GONZALO

DIRECTOR: TOULKERIDIS, THEÓFILOS

SANGOLQUÍ

2017



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSTGRADOS

CERTIFICACIÓN

CERTIFICO que el trabajo de titulación, “**EL SISTEMA DE SEGURIDAD EN EL G.A.E 45 “PICHINCHA” UBICADO EN LA BALBINA, PROVINCIA DE PICHINCHA FRENTE A AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL**” realizado por el señor **DANILO GONZALO GARCÉS MEDINA**, ha sido revisado en su totalidad, y analizado por el software anti-plagio, verificándose que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al autor **DANILO GONZALO GARCÉS MEDINA** para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, octubre de 2017

Atentamente:

DR. THEOFILOS TOULKERIDIS



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSTGRADOS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **DANILO GONZALO GARCÉS MEDINA**, portador de la Cédula de Identidad N° 180231784-0, declaro que este trabajo de titulación **“EL SISTEMA DE SEGURIDAD EN EL G.A.E 45 “PICHINCHA” UBICADO EN LA BALBINA, PROVINCIA DE PICHINCHA FRENTE A AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes y respetando los derechos intelectuales de terceros, considerándolos en las citas bibliográficas.

Consecuentemente, declaro que este trabajo es de mi autoría y en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, octubre de 2017

Danilo Gonzalo Garcés Medina

C.I. 180231784-0



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSTGRADOS

AUTORIZACIÓN

Yo, **DANILO GONZALO GARCÉS MEDINA**, AUTORIZO a la Universidad de las Fuerzas Armadas, ESPE, a publicar en la Biblioteca Virtual de la Institución el trabajo de titulación **“EL SISTEMA DE SEGURIDAD EN EL G.A.E 45 “PICHINCHA” UBICADO EN LA BALBINA, PROVINCIA DE PICHINCHA FRENTE A AMENAZAS DE ORIGEN NATURAL”**, cuyo contenido, ideas y criterios, son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, octubre de 2017

Danilo Gonzalo Garcés Medina

C.I. 180231784-0

DEDICATORIA

Con infinito amor dedico este sacrificio a mis hijos Daniela Alexandra y Esteban Danilo ya que la única manera de influirlos es el ejemplo, sé que ustedes me están superando es todos los sentidos y me siento orgulloso porque serán personas de bien constructores de una sociedad de éxito.

Danilo G. Garcés Medina

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida, la salud y el amor elementos esenciales para materializar este nuevo proyecto que me he planteado.

A mi esposa Alexandra quien con infinito amor apoya incondicionalmente mis proyectos y es la razón de mi vivir.

A mis hijos Daniela y Esteban por brindarme la tranquilidad de ser buenos hijos, buenos estudiantes y buenas personas, lo que me ha permitido concentrarme en mis estudios.

A Theofilos Toulkeridis quien ha sabido guiarme en la elaboración del trabajo de titulación y me ha dado ejemplo de trabajo y dedicación.

Danilo G. Garcés Medina

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Tema	1
1.2. Planteamiento del problema de investigación	1
1.3. Delimitación y formulación del problema de investigación	4
1.4. Objetivos de la Investigación	5
1.5. Justificación de la Investigación	6
1.6. Preguntas de la Investigación	7
1.7. Operacionalización de las variables	7
CAPÍTULO II	11
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Antecedentes de la Investigación	11
2.2. Fundamentos Teóricos.....	13
2.3. Marco conceptual	71
2.4. Marco legal	75
CAPITULO III	78
3. METODOLOGÍA	78
3.1. Enfoque de la investigación	78
3.2. Modalidad de la investigación	78

3.3. Tipos de investigación.....	78
3.4. Técnicas de Recolección de la Información	79
3.5. Fuentes primarias	79
3.6. Fuentes Secundarias	80
CAPITULO IV	82
4. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN	82
CAPITULO V	88
5. Conclusiones y Recomendaciones	88
5.1. Conclusiones:	88
5.2. Recomendaciones:.....	89
Referencias.....	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de la Variable Independiente</i>	9
Tabla 2 <i>Operacionalización de la Variable Dependiente</i>	10
Tabla 3 <i>Peligros naturales a los que están expuestos las unidades militares de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE)</i>	13
Tabla 4 <i>Peligros Naturales a nivel mundial</i>	16
Tabla 5 <i>Peligros Naturales que afectan al G.A.E 45 “PICHINCHA”</i>	18
Tabla 6 <i>Leyenda del mapa Interactivo de Sismicidad</i>	21
Tabla 7 <i>Sismos en la Provincia de Pichincha</i>	22
Tabla 8 <i>Principales Volcanes del Ecuador</i>	24
Tabla 9 <i>Vigilancia y monitoreo de volcanes del Ecuador</i>	26
Tabla 10 <i>Niveles de alerta de los volcanes del Ecuador</i>	27
Tabla 11 <i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Enero 2000-2017</i>	40
Tabla 12 <i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Febrero 2000-2017</i>	42
Tabla 13 <i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Marzo 2000-2017</i>	44
Tabla 14 <i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Abril 2000-2017</i>	45
Tabla 15 <i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Mayo 2000-2017</i>	47
Tabla 16 <i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Junio 2000-2017</i>	50
Tabla 17 <i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Julio 2000-2016</i>	52
Tabla 18 <i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Agosto 2000-2016</i>	54
Tabla 19 <i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Septiembre 1999-2016</i>	55

Tabla 20	<i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Octubre 1999-2016</i>	57
Tabla 21	<i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Noviembre 1999-2016</i>	60
Tabla 22	<i>Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Diciembre 1999-2016</i>	61
Tabla 23	<i>Tabla de probabilidad de los riesgos de seguridad operacional</i>	64
Tabla 24	<i>Tabla de gravedad de los riesgos de seguridad operacional</i>	64
Tabla 25	<i>Matriz de evaluación de los riesgos de seguridad operacional</i>	65
Tabla 26	<i>Matriz de tolerabilidad de los riesgos de seguridad operacional</i>	66
Tabla 27	<i>Medidas recomendadas según el nivel del riesgo</i>	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Carta militar de vuelo visual para helicópteros.....	3
Figura 2 Ubicación del G.A.E 45 “Pichincha”.....	5
Figura 3 Mapa de Intensidades Sísmicas.....	19
Figura 4 Mapa Interactivo de Sismicidad.....	20
Figura 5 Volcán Cotopaxi	30
Figura 6 Simulación de caídas de ceniza del Volcán Cotopaxi 05/06/2017.....	31
Figura 7 Afectación del Volcán Cotopaxi	32
Figura 8 Volcán Guagua Pichincha.....	33
Figura 9 Volcán Reventador.....	34
Figura 10 Simulación de caída de cenizas del Volcán Reventador 06/06/2017	35
Figura 11 Volcán Sangay	36
Figura 12 Simulación de caída de ceniza del Volcán Sangay 19/09/2017	36
Figura 13 Volcán Tungurahua.....	38
Figura 14 Simulación de caída de ceniza del Volcán Tungurahua 07/08/2017.....	38
Figura 15 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Enero 2000-2017	41
Figura 16 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Febrero 2000-2017	43
Figura 17 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Marzo 2000-2017	45
Figura 18 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Abril 2000-2017	47
Figura 19 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Mayo 2000-2017	49

Figura 20 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Junio 2000-2017.....	52
Figura 21 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Julio 2000-2016.....	53
Figura 22 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Agosto 2000-2016.....	55
Figura 23 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Septiembre 1999-2016.....	57
Figura 24 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Octubre 1999-2016	59
Figura 25 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Noviembre 1999-2016	61
Figura 26 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Diciembre 1999-2016	63
Figura 27 El proceso de mitigación de seguridad operacional	70
Figura 28 Principal dirección de las nubes	80
Figura 29 Rosa de los vientos.....	83
Figura 30 Rutas aéreas afectadas con ceniza volcánica	87

GLOSARIO

ALARP	Nivel tan bajo como sea razonable en la práctica
ASHTAM	Serie especial de NOTAM que notifica un cambio en la actividad de un volcán.
FAE	Fuerza Aérea Ecuatoriana
GAE 45 “Pichincha”	Grupo de Aviación del Ejército No. 45 “Pichincha”
IFIS	Sistema de información para el vuelo a través de internet.
Km	Kilómetros
METAR	Es el estándar internacional del formato del código utilizado para emitir informes de las observaciones meteorológicas en los aeródromos
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOTAM	Información para aviadores
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
SIGMET	Información relativa a fenómenos meteorológicos en ruta.
VAAC	Centro de Aviso de Ceniza Volcánica
VMC	Condiciones meteorológicas para vuelo visual

RESUMEN

Este proyecto proporciona al G.A.E 45 “Pichincha” información científica de los riesgos de origen natural a los que se encuentra expuesto tanto las instalaciones, personal y equipo de apoyo así como las operaciones de vuelo que día a día desarrollan a lo largo del territorio nacional y que son de fundamental importancia para el Ejército, la sociedad en general especialmente los más necesitados y para el Estado Ecuatoriano. Esta información le permitirá al G.A.E 45 “Pichincha” actualizar los planes de evacuación de aeronaves ante contingencias de una manera efectiva y sobre todo garantizará la continuidad de las operaciones aéreas, ante dos riesgos latentes que son los sismos y la actividad volcánica, ya que las instalaciones del grupo aéreo están ubicadas en un zona de muy alta actividad sísmica y también los cinco volcanes en proceso de erupción representan un riesgo muy elevado para las operaciones aéreas. El proyecto está sustentado por criterios técnicos del Manual de gestión de la seguridad operacional y La seguridad de vuelo y las cenizas volcánicas de organizaciones como la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) además por el trabajo de campo realizado, a fin de ser aplicado e implementado para reducir el porcentaje de accidentes y mantener los niveles de riesgo aceptable en las operaciones de helicópteros del G.A.E 45 “Pichincha”.

PALABRAS CLAVE:

- **RIESGOS DE ORIGEN NATURAL.**
- **G.A.E 45 “PICHINCHA”.**
- **SEGURIDAD OPERACIONAL.**
- **CENIZA VOLCÁNICA.**
- **RIESGO ACEPTABLE.**

ABSTRACT

This current study provides scientific information about the risks and hazards of natural origin to the GAE 45 "Pichincha". These hazards threaten the exposed infrastructure, the personnel and support equipment as well as the day-to-day flight operations developed along the national territory and which are of fundamental importance for the Army, the society and most needy people as well as for the Ecuadorian State. The obtained information will allow the GAE 45 "Pichincha" to update the evacuation plans for aircrafts due to contingencies in an effective way and enabling the continuity of air operations, facing seismic and volcanic activity. The infrastructure of the aerial group is located in a zone of very high seismic activity as well as in the vicinity of five active volcanoes, demonstrating a very high risk for the air operations. The project is sustained by technical criteria of the Safety Management Manual, Flight Safety Manual and Volcanic Ashes Manual of organizations such as the International Civil Aviation Organization (ICAO), in addition to the realized field work. The application and implementation of the obtained results will allow to reduce the percentage of potential accidents and maintain the acceptable risk levels in the helicopter operations of the GAE 45 "Pichincha".

KEY WORDS:

- **NATURAL HAZARDS.**
- **G.A.E 45 "PICHINCHA".**
- **OPERATIONAL SECURITY**
- **VOLCANIC ASH.**
- **ACCEPTABLE RISK.**

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1. Tema

El sistema de seguridad en el G.A.E 45 “Pichincha” ubicado en la Balbina, Provincia de Pichincha frente a amenazas de origen natural.

1.2. Planteamiento del problema de investigación

El mundo entero ha sufrido los embates de la naturaleza entre los que podemos mencionar: huracanes, tsunamis, erupciones volcánicas, terremotos, deslizamientos de tierra, entre otros con diferentes intensidades y con consecuencias muchas veces nefastas para la población, infraestructura y otros medios, así como impactos muy significativos en la aviación mundial, es así como el 15 de diciembre de 1989, el vuelo 867 de la aerolínea neerlandesa KLM tuvo un incidente, el cual fue investigado a detalle y una parte de la investigación es la siguiente:

Durante su descenso a 25 000 pies (~7,5 km), la aeronave pasó por una espesa nube volcánica, como resultado de lo cual tanto la cabina de mando como la de pasajeros se llenaron de gases y cenizas. Pensando que podrían subir por encima de la nube, los pilotos aumentaron la potencia a las turbinas, pero la ingestión de cenizas disminuyó en seguida la potencia de los cuatro motores a menos de la velocidad de ralentí. Mientras el avión perdía altitud, la tripulación trabajó desesperadamente para re arrancar los motores hasta que finalmente lograron poner en marcha dos de ellos. Cuando ya casi estaban a 12 000 pies (~3,5 km) de altitud, lograron activar los otros dos motores y la aeronave pudo aterrizar sin más problemas en Anchorage. (University Corporation for Atmospheric Research., 2011)

Las consecuencias que se hubieran presentado al convertirse en accidente serían nefastas ya que en este vuelo viajaban 231 pasajeros y 14 tripulantes en donde la vida humana no tiene costo y las consecuencias sociales son incalculables por lo que los riesgos de origen natural afectan considerablemente al ámbito aeronáutico.

En el Ecuador en el año 2015 se reactivó el proceso eruptivo del volcán Cotopaxi con la presencia de ceniza volcánica que afectaba a la población, sembríos, animales, fuentes de agua y a la aviación en general por lo que la Dirección General de Aviación Civil como una manera de minimizar el riesgo implementó el 01 de septiembre de 2015 una nueva aerovía “temporal” denominada W23/UW23 con la finalidad de evitar la ceniza volcánica y permitir la continuidad de las operaciones aéreas.

El G.A.E 45 “Pichincha” es una unidad aérea que cuenta con helicópteros multipropósitos que cumplen varias misiones a lo largo del territorio ecuatoriano y se encuentra ubicado en la Provincia de Pichincha, cantón Quito entre las parroquias Sangolquí y Amaguaña en el sector la Balbina, su ubicación estratégica en la sierra centro norte permite la movilidad en las tres regiones del Ecuador (Costa, Sierra y Amazonía). El vuelo hacia los distintos destinos se lo ejecuta a través de rutas aéreas que están establecidas en los valles por lo que las instalaciones del G.A.E 45 “Pichincha” se convierten en un punto estratégico para reabastecimiento de combustible de los helicópteros que se trasladan desde la Costa hacia la Amazonía o viceversa, además para garantizar la seguridad operacional se han establecido rutas seguras de color verde como se observa en la figura 1, las rutas son las siguientes:

- Balbina – Esmeraldas – Balbina.
- Balbina – San Lorenzo – Balbina.
- Balbina – Lumbaqui – Balbina.
- Balbina – Santo Domingo – Balbina.
- Balbina – Shell – Balbina.
- Balbina – Cuenca – Balbina.
- Guayaquil – Cuenca - Guayaquil.
- Cuenca – Patuca – Cuenca.

- Cuenca – Loja – Cuenca.
- Santa Rosa – Loja – Santa Rosa.
- Catamayo – Macará – Catamayo.
- Catamayo – Zumba – Catamayo.

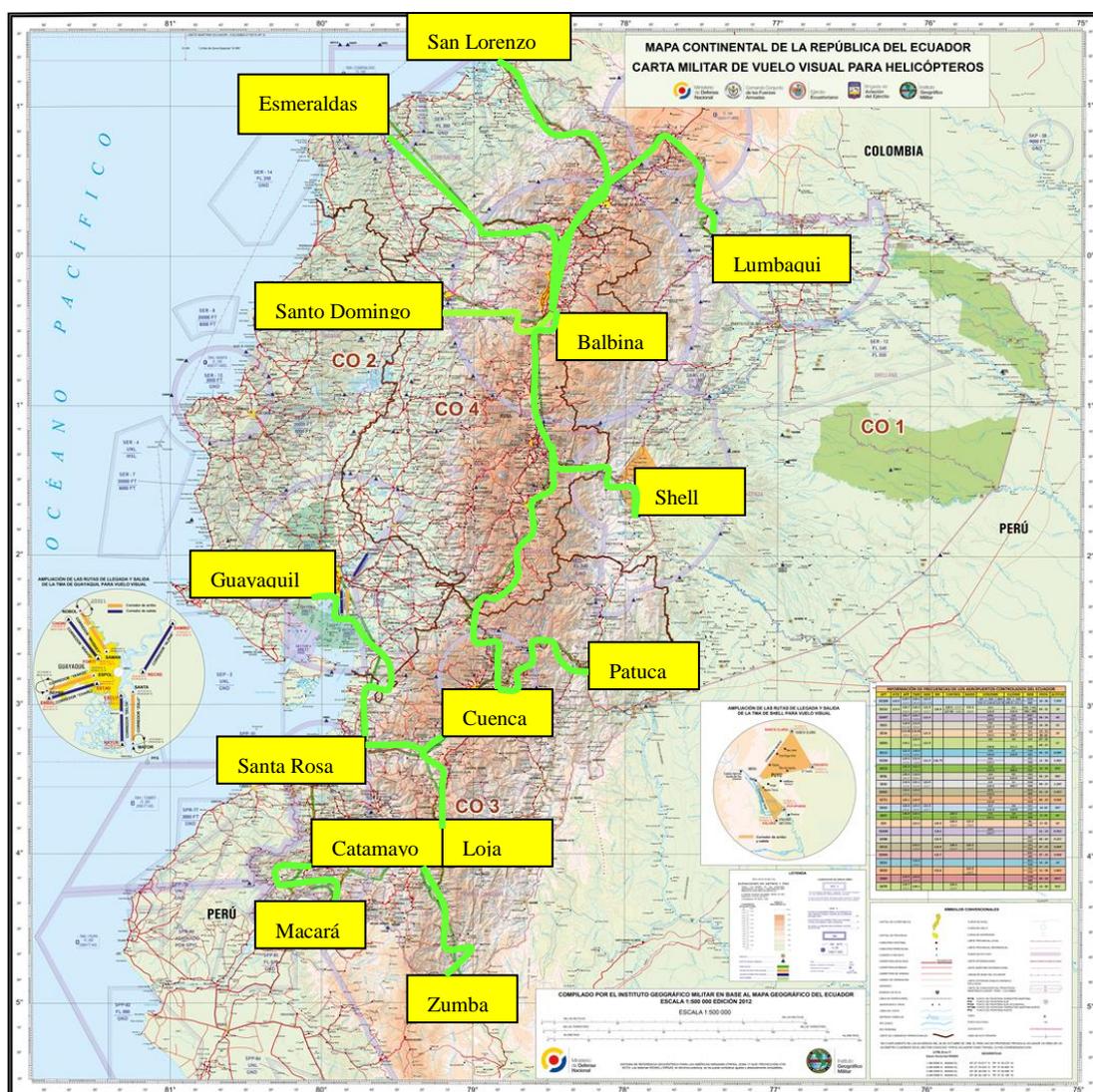


Figura 1 Carta militar de vuelo visual para helicópteros

Si las instalaciones, medios y equipos del G.A.E 45 “Pichincha” así como las rutas aéreas pre establecidas de entrada y salida se encuentran amenazadas por riesgos de origen natural las operaciones aéreas y de mantenimiento serán afectadas e incidiría directamente a los usuarios de los medios aéreos que son el Gobierno Nacional, la ciudadanía que vive en lugares más apartados donde no existen carreteras, población que sufre los embates de la naturaleza, personal militar que presta sus servicios en unidades donde solo ingresan medios aéreos. La seguridad externa también sería afectada al no contar con helicópteros para el ingreso de equipos de combate que patrullen el límite político internacional.

El G.A.E 45 “Pichincha” cuenta con un plan de seguridad con sus respectivos anexos pero que no fue elaborado en base a datos científicos y en caso de emergencia por acción de la naturaleza su comandante no podrá tomar decisiones acertadas.

1.3. Delimitación y formulación del problema de investigación

1.3.1. Delimitación espacial

La investigación se desarrolló en el Grupo de Aviación del Ejército No. 45 “Pichincha”, como se puede observar en la figura 2 está ubicado en la Provincia de Pichincha, cantón Quito entre las parroquias Sangolquí y Amaguaña en el sector de la Balbina que está representado por la letra H dentro de un círculo rojo.

1.3.2. Delimitación temporal

La investigación se ejecutó con los datos obtenidos en el periodo comprendido de septiembre de 1999 a junio de 2017, además se consideró las misiones ejecutadas por las aeronaves orgánicas del G.A.E 45 “Pichincha” y las que se encuentran bajo control operacional y pertenecen a otras unidades.

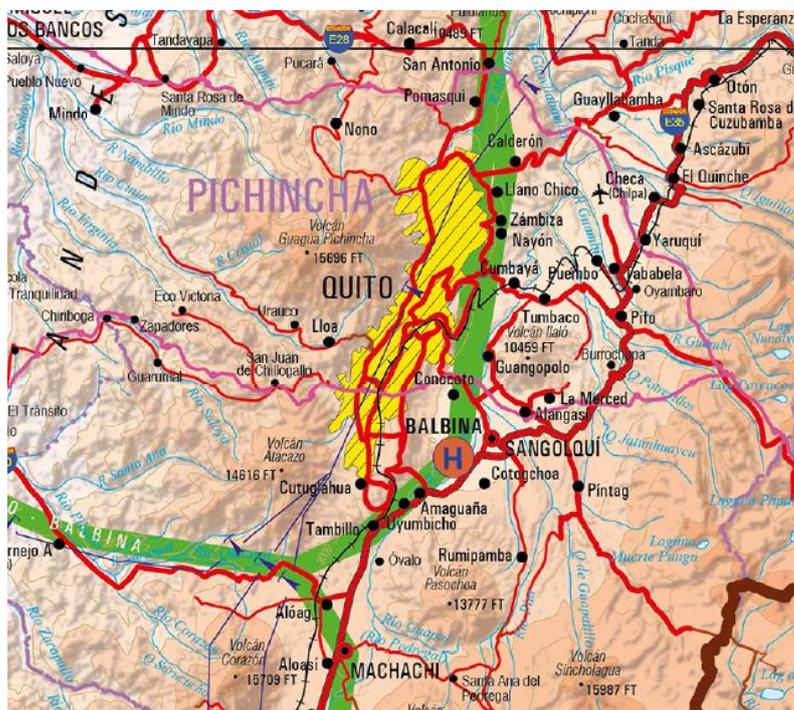


Figura 2 Ubicación del G.A.E 45 “Pichincha”

1.3.3. Formulación del problema de investigación

¿Las amenazas de origen natural pueden afectar las operaciones aéreas del G.A.E 45 “Pichincha” ubicado en la Balbina, Provincia de Pichincha?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Proporcionar información científica de las amenazas de origen natural y sus áreas de influencia que pueden afectar las operaciones aéreas del G.A.E 45 “Pichincha” mediante análisis documental y verificación de campo, a fin de garantizar la seguridad operacional.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- a) Identificar los peligros de origen natural que pueden afectar al recurso humano, los medios aéreos, el equipo de apoyo y las operaciones aéreas del G.A.E 45 “Pichincha” mediante análisis documental y verificación de campo para un adecuado tratamiento del riesgo.
- b) Pronosticar la trayectoria de la ceniza volcánica impulsada por los vientos utilizando información satelital a fin de garantizar la continuidad de las operaciones aéreas.
- c) Analizar y evaluar los peligros identificados mediante una matriz de identificación y evaluación inicial del riesgo operacional, para implementar medidas de mitigación y reducir el riesgo a un nivel aceptable.

1.5. Justificación de la Investigación

1.5.1. Utilidad Teórica

La información referida en el presente trabajo de investigación servirá como fuente de información bibliográfica, facilitando a los operadores aéreos civiles y militares la información sobre una adecuada gestión del riesgo ante amenazas de origen natural que permita la continuidad de las operaciones aéreas.

1.5.2. Trascendencia y Utilidad Práctica

La utilidad práctica de la presente investigación es que los medios aéreos del G.A.E 45 “Pichincha” continúen operando con seguridad en todo el territorio nacional.

1.5.3. Aporte que constituirá la investigación.

El contenido de la presente investigación será un aporte importante para el comandante, oficiales responsables de la planificación y seguridad de las operaciones aéreas, tripulaciones de vuelo, personal de mantenimiento y equipo de apoyo, ya que

contribuirá con información efectiva y eficaz que permitirá la continuidad de las operaciones aéreas frente a amenazas de origen natural.

1.5.4. Beneficiarios al desarrollarse la investigación.

Una vez validada la presente investigación, será importante su aplicación, lo que beneficiaría no solo a los operadores de los medios aéreos sino también a las instituciones y personas que reciben el servicio, ya que los helicópteros son multipropósito y apoyan principalmente a gestiones del Estado en temas como sofocamiento de incendios, apoyo a poblaciones lejanas o de difícil acceso, soporte a las labores de desminado humanitario, monitoreo de volcanes, seguridad hidrocarburífera, seguridad de los recursos estratégicos, cuidado de fronteras, entre otras.

1.6. Preguntas de la Investigación

- a) ¿Es necesario la identificación y evaluación inicial de los riesgos operacionales del G.A.E 45 “Pichincha” frente a amenazas de origen natural?
- b) ¿La identificación y evaluación inicial de los riesgos operacionales permitirá al G.A.E 45 “Pichincha” mantenerse en un nivel aceptable del riesgo y garantizar la continuidad de las operaciones?

1.7. Operacionalización de las variables

Las variables son herramientas que permiten realizar mediciones y tenemos de dos tipos que son las independientes y dependientes.

1.7.1. Variable Independiente

En la tabla 1 Operacionalización de la variable independiente se determina que son los peligros naturales, en la primera columna permite una idea clara de lo que son los peligros naturales mediante la conceptualización es decir lo general, la segunda columna se refiere a las dimensiones y vamos cerrando el círculo a la especificidad de lo que se pretende investigar, la tercera columna se refiera a los indicadores es

decir la cuantificación de los conceptos para finalmente en la última columna indicar cuales son las técnicas e instrumentos que se aplicarán en el presente trabajo.

1.7.2. Variable Dependiente

En la tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente se determina que es la seguridad operacional y la descripción de las columnas es similar a la de la figura 1.

Tabla 1***Operacionalización de la Variable Independiente*****Variable Independiente:** Peligros naturales

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Son consecuencia del hábitat o entorno en el que se realizan las operaciones dirigidas a la prestación de servicios. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009a)	Eventos geofísicos	Reportes sísmicos	Matriz de identificación y evaluación inicial del riesgo operacional.
	Condiciones geográficas	Dirección del viento cargada con ceniza volcánica. Reportes de zonas de riesgo	Notificaciones voluntarias. Encuestas de seguridad operacional.

Tabla 2***Operacionalización de la Variable Dependiente*****Variable Dependiente:** Seguridad operacional

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
Estado en que el riesgo de lesiones a las personas y los daños a los bienes se reducen y se mantiene en un nivel aceptable o por debajo del mismo, por medio de un proceso continuo de identificación de peligros y gestión del riesgo. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009b)	SEGURIDAD INTEGRAL	<p>Número de sismos registrados en el G.A.E 45 “Pichincha”.</p> <p>Número de reportes registrados en los libros de mantenimiento de las aeronaves por encuentros con ceniza volcánica.</p>	<p>Libro de registros de riesgos.</p> <p>Fórmula 11 de las aeronaves.</p>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Unidad Ejecutora del Proyecto

El G.A.E 45 “Pichincha”, en su planificación hará constar la socialización, revisión y validación del presente proyecto, considerando a la unidad donde existen aeronaves de ala rotativa y que pasa bajo control operacional cuando realizan vuelos en su jurisdicción y de esta manera minimizar los riesgos de origen natural que se puedan presentar durante la ejecución de operaciones aéreas.

2.1.2. Estado de Arte

A nivel mundial se han elaborado Planes de Emergencia para distintos aeropuertos que presentan diferentes riesgos, construcciones, número de personas, etc, es decir cada plan tiene su particularidad para que sea efectivo en el caso de ser aplicado.

La propuesta de plan de emergencia del Aeropuerto Dr. Jiménez Cantú de Atizapán de Zaragoza en México contiene acciones pertinentes para hacer cara a una emergencia/contingencia que pueda ocurrir dentro del aeropuerto o sus cercanías, tratando de reducir a un mínimo sus consecuencias a salvaguardar las vidas de personas y la continuidad de las operaciones aeronáuticas, procurando que sea posible la preservación de las aeronaves y los bienes existentes en el aeropuerto para lo cual establecen responsabilidades y procedimientos de todos los que participarían, en este plan hacen referencia a riesgos como accidentes de aeronaves, incendios en aeronaves en vuelo o tierra, incendio en las instalaciones, equipos, tanques de combustible, etc, muerte de pasajeros en las aeronaves, ataques por bomba pero no hacen mención a riesgos de origen natural que pueden afectar la operación. (Macías & Méndez, 2010)

El Plan de atención de Emergencias aéreas y atención de contingencias del Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños Palma en Costa Rica tiene como objetivo primordial, establecer líneas de acción y procedimientos que permitan enfrentar debidamente los riesgos inherentes derivados, tanto de las operaciones aeronáuticas, como de las distintas actividades complementarias a través de un esquema de previsión, coordinación y actuación de las diferentes instituciones y

dependencias involucradas, que les facilite generar una respuesta rápida y una conveniente movilización de los recursos existentes, sin alterar las acciones cotidianas de cada institución, mediante un sistema adecuado de información y de administración de los recursos disponibles, para lo cual ha identificado riesgos naturales, riesgos técnicos o tecnológicos y factores humanos. Dentro de los riesgos naturales han identificado nieblas, fuertes lluvias, vientos, tormentas, tornados, inundaciones, derrumbes, hundimientos, incendios forestales, etc., es decir cada aeropuerto tiene su particularidad comparándolo con nuestro país en el que los riesgos de erupciones volcánicas y sismos son altos. (Dirección General de Aviación Civil de Costa Rica, 2013)

Una vez leídos los planes de emergencia a nivel mundial en los que se ha mencionado que cada país, cada ciudad, cada aeropuerto tiene su particularidad y los riesgos a los que están expuestos son diferentes, a continuación procedo a ir cerrando el círculo de la información e ingresando a Ecuador para tener una visión más clara de lo que sucede en nuestro país.

El Plan de Contingencia del Aeropuerto Internacional Cotopaxi localizado en la zona centro del Ecuador en el que se plantea como objetivo fundamental el reducir riesgos contra servidores, usuarios y bienes, también se orienta en otro eje fundamental que son las enfermedades profesionales, incidentes y accidentes de trabajo y finalmente se fundamenta teóricamente en el enfoque humanista de Frederick Herzberg que se basa en los factores extrínsecos e intrínsecos en tres ejes fundamentales: plan de contingencia, riesgos laborales y equipos de protección personal. Los tipos de emergencia que considera son erupción volcánica, derrumbes, explosión, incendios, y terremotos o sismos. Dentro de la erupción volcánica ha considerado la posibilidad de erupción de los volcanes Cotopaxi y Tungurahua. (Caisapanta, 2012)

En otra investigación titulada “MANUAL DE GESTIÓN DE RIESGOS NATURALES Y ANTRÓPICOS PARA LA FUERZA AÉREA ECUATORIANA” el autor identifica los peligros naturales que pueden afectar a las diferentes bases aéreas de la Fuerza Aérea Ecuatoriana que están localizadas únicamente en la región costa. En la tabla 3 la primera columna se refiere al ordinal y está representado por ORD que da a notar una sucesión ordenada, en la segunda columna se registra el nombre de las unidades militares de la Fuerza Aérea Ecuatoriana, la tercera columna se refiere a la ubicación de cada una de ellas y en la cuarta columna se enuncian los peligros naturales que pueden afectar a las bases aéreas, el orden en el que se encuentran los peligros no significa que sean más o menos peligrosos.

Tabla 3

Peligros naturales a los que están expuestos las unidades militares de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE)

ORD	UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN	PELIGROS NATURALES
01	Ala de Combate No. 21	Taura	Inundaciones e incendios forestales
02	Ala de Combate No. 22	Guayaquil	Terremoto, inundaciones, erupciones volcánicas e incendios.
03	Ala de Combate No. 23	Manta	Tsunamis, Inundaciones, Incendios Forestales, Erupciones Volcánicas.
04	Escuela Superior Militar de Aviación “Cosme Rennella B. ESMA”	Salinas	Tsunamis, terremotos e inundaciones

Fuente: (Villamarín, 2013)

Por último enfocamos nuestra investigación a la Provincia de Pichincha para identificar los peligros naturales que pueden afectar al G.A.E 45 “Pichincha”

Al vivir en un país altamente expuesto a eventos adversos nos hace rápidamente analizar que debemos buscar alternativas contingentes y preventivas para responder a posibles emergencias sin dejar de lado la historia que bien nos sirve de parámetro de arranque para posibles escenarios tangenciales. Analizando la situación geográfica, geológica y geodinámica de la provincia de Pichincha, se encuentra el impacto de posibles amenazas naturales debido a la recurrencia de procesos geológicos e hidrometeorológicos, que se dan en la zona de estudio, entre ellos podemos mencionar: inundaciones, sequías, deslizamientos, erupciones volcánicas y sismos, con sus fallas geológicas. En esta zona se puede resaltar dos variables importantes la primera que corresponde a las posibles amenazas que pueden presentar los diversos riesgos de origen natural antes mencionados y la segunda la vulnerabilidad a la que está expuesta la población, sus actividades socioeconómicas y la infraestructura. (Pauker, 2014)

2.2. Fundamentos Teóricos

A continuación se presentan una serie de fundamentos teóricos que permitirá tener una visión más amplia de la seguridad pero sobre todo de la seguridad operacional en el campo de la aviación a fin de evitar accidentes.

2.2.1. Gestión de la seguridad operacional.

Es un proceso que sigue una secuencia lógica, ordenada y minuciosa iniciando en la identificación de los peligros como base fundamental para continuar con el análisis y evaluación de los riesgos para finalmente establecer el control/mitigación cortando así la cadena de eventos y evitando accidentes, en un sistema aeronáutico no se puede asumir que no existen peligros pero lo fundamental es llevar los riesgos a un nivel tan bajo como sea razonable en la práctica (ALARP).

El G.A.E 45 “Pichincha” al recibir asignaciones del estado sus recursos son limitados, por tal razón el comandante tiene una toma de decisiones complicada en tratar de resolver el “dilema de las dos P” que consiste en asignar recursos para el mantenimiento y mantener la operabilidad de los medios es decir la producción pero por otro lado asignar recursos para que sean invertidos en seguridad es decir la protección, un adecuado asesoramiento desde el punto de vista de las operaciones, mantenimiento y seguridad permitirá al comandante un equilibrio, ya que si solo se enfoca en volar y descuida la seguridad puede existir accidentes, pero si sobre dimensiona la seguridad las operaciones disminuirán y no se cumplirá la razón de ser de la Aviación del Ejército que es el servicio.

En la gestión de los riesgos de seguridad operacional es fundamental realizar un análisis detallado de la relación costo beneficio para la toma de decisiones. Los costos directos son los que se relacionan directamente con daños físicos y son fácilmente cuantificables pero las Fuerzas Armadas ha transferido el riesgo monetario a Seguros Sucre. Los costos indirectos son los que no son cubiertos por el seguro y son los más altos y perjudiciales, pese a que el G.A.E 45 “Pichincha” es una entidad sin fines de lucro, se ve afectado por la pérdida del equipo, disminución en la operatividad de sus pilotos, pagos de deducible pero lo más importante e irremplazable la vida de compañeros, amigos y camaradas.

2.2.1.1. Identificación del peligro

La identificación del peligro es la base fundamental en la gestión de la seguridad operacional por lo que los encargados de la seguridad deben realizar un trabajo detallado, minucioso y permanente en la identificación de los peligros que afectan las operaciones aéreas y de mantenimiento.

En aviación se determinan peligros genéricos pero hay que llegar a la minuciosidad es decir a los peligros específicos de ese genérico y en base a los peligros específicos se comienza a analizar cuales podrán ser las consecuencias de cada uno de ellos, que pueden ser una o varias.

Los peligros pueden causar daños en diferentes escalas y en aviación estos daños pueden multiplicarse por el nivel de impacto que causan, los peligros son componentes hasta cierto punto normales en un sistema de aviación, y no necesariamente todos los peligros son malos, negativos o perjudiciales pero si lo son cuando estos interactúan con las operaciones aéreas. En aviación su recurso humano interactúa estrechamente y en forma permanente con la tecnología por lo que a la aviación se le conoce como sistemas socio técnicos.

Es importante saber identificar el peligro, por ejemplo el viento está presente en nuestro entorno natural y puede ser un peligro porque puede causar daños pero a la vez puede ser favorable para las operaciones aéreas ya que si un helicóptero se aproxima para aterrizar con viento de frente de 15 nudos, este le va a ayudar a mejorar las performance de la aeronave, pero si el helicóptero se aproxima con viento cruzado de 15 nudos es un peligro que tiene consecuencias ya que existe la posibilidad de que el piloto no pueda controlar la aeronave, necesite más demanda de potencia y finalice en un accidente.

Los peligros están en el presente, son parte de un contexto operacional, están presentes en un área geográfica o en el lugar de trabajo están incluso antes que iniciemos un vuelo, por eso lo importante de tener una visión, experiencia y

minuciosidad para identificarlos. En cambio las consecuencias son del futuro y no se materializan hasta que los peligros interactúan con las operaciones aéreas o de mantenimiento.

Los peligros pueden agruparse en tres grandes grupos: peligros naturales, peligros técnicos y peligros económicos, la presente investigación está relacionada únicamente a los peligros naturales, en tal virtud en la tabla 4 se describe los peligros naturales en todo el mundo, la primera columna se refiere al ordinal y está representado por ORD que da a notar una sucesión ordenada, la segunda columna está relacionada a los eventos o condiciones a manera de subdivisión de los peligros naturales para finalmente nombrar todos los peligros a nivel mundial.

Tabla 4
Peligros Naturales a nivel mundial

ORD	EVENTOS/CONDICIONES	PELIGROS
01	Eventos meteorológicos o climatológicos	Huracanes
		Nevadas intensas
		Tornados
		Tormentas
		Relámpagos
		Cortantes de viento
02	Condiciones meteorológicas adversas	Formación de hielo
		Lluvia congelante
		Lluvia fuerte
		Nieve
		Viento
		Restricción de visibilidad
		Continúa ...

03	Eventos geofísicos	Terremotos
		Actividad volcánica.
		Tsunamis
		Inundaciones
04	Condiciones geográficas	Deslizamiento de terreno
		Terreno montañoso
		Grandes superficies de agua
05	Eventos ambientales	Incendios
		Animales
		Infecciones
		Pestes
06	Eventos de salud pública	Epidemias de influenza.
		Otras enfermedades

Fuente: (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009b)

En la aviación militar todo el personal de vuelo y mantenimiento son los ojos de la seguridad y están en la capacidad y obligación de identificar pero sobre todo de reportar los peligros al Departamento del Sistema Integrado de Seguridad a fin de realizar la gestión de la seguridad operacional.

El análisis de los peligros se realiza a través de un proceso de tres pasos que consiste en identificar el peligro genérico un segundo paso que consiste en desmenuzar y reconocer los peligros específicos que derivan del primero y por último relacionar una o varias consecuencias para cada uno de los peligros genéricos.

(Toulkeridis, 2015) en su publicación sobre las amenazas de origen natural y gestión de riesgos en el Ecuador indica que “las amenazas son de tres tipos: naturales, socio naturales y antrópicas. Las amenazas naturales por su origen se clasifican en amenazas geológicas (terremotos, tsunamis, volcanismo, deslizamientos, etc) e hidrometereológicas (huracanes, inundaciones, sequías, etc.)”

Cuando el Cotopaxi erupciona genera avalanchas de rocas, ceniza y gases calientes que bajan por los flancos del volcán (flujos piroclásticos), parte del glaciar se derrite y produce enormes cantidades de agua que se mezclan con el material sólido volcánico, esta mezcla tiene la consistencia similar al cemento y baja por las quebradas y ríos del volcán a grandes velocidades arrastrando rocas muy grandes (Lahar o flujo de lodo y escombros). (Ordóñez, 2015)

Basándome en los tipos de peligros que existen en el mundo, a la investigación realizada por (Pauker, 2014) sobre los riesgos de origen natural que afectan a la Provincia de Pichincha, que son: inundaciones, sequías, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas y sismos, a mi experiencia profesional de trabajar en el ámbito de la seguridad y volar helicópteros durante veinte y un años, se puede deducir que las sequías no afectan a las operaciones aéreas y tampoco a las instalaciones, la ubicación del GAE 45 “Pichincha” es alejado de montañas o elevaciones así como de ríos, tiene además buenos drenajes naturales por lo que se descarta la posibilidad de deslizamientos de tierra o inundaciones. En la tabla 5 se enuncia los peligros naturales que afectan al G.A.E 45 “PICHINCHA”, la primera columna se refiere al ordinal y está representado por ORD que da a notar una sucesión ordenada, la segunda columna está relacionada a los eventos o condiciones a manera de subdivisión de los peligros naturales para finalmente nombrar los peligros que afectan tanto a las operaciones de vuelo como a las instalaciones.

Tabla 5

Peligros Naturales que afectan al G.A.E 45 “PICHINCHA”

ORD	EVENTOS/CONDICIONES	PELIGROS
01	Eventos geofísicos	Sismos Actividad volcánica.

2.2.1.1.1. Sismos

Los sismos son fenómenos geológicos que ocurren debido al movimiento de las placas tectónicas que, al desplazarse, deslizarse, colisionar o deformarse, genera energía que es liberada en forma de temblor. Los sismos también pueden ser provocados por procesos volcánicos en los cuales la liberación de magma hacia la superficie genera sacudidas sísmicas en la tierra. El sitio en que se siente con mayor intensidad el sismo se llama foco o hipocentro, y se encuentra ubicado en el interior de la tierra. Su proyección en la superficie terrestre, por su parte, recibe el nombre de epicentro. (Significados, 2013)

La Cámara de Construcción de Quito, encargó al Instituto Geofísico – EPN (IG-EPN) la edición de un mapa en el que se han delimitado cuatro zonas, cuyo peligro es de menor a mayor respectivamente: I, II, III y IV...Pichincha se encuentra en las zonas III y IV, catalogadas como de Alta Intensidad Sísmica y Muy Alta Intensidad Sísmica, respectivamente (Pauker, 2014)

En la figura 3 se observa el mapa del Ecuador en el que se representan de cuatro colores las intensidades sísmicas, en donde el color verde representa a la zona I de Baja Intensidad Sísmica, el color amarillo representa a la zona II de Media Intensidad Sísmica, el color anaranjado representa a la zona III de Alta Intensidad Sísmica y el color rojo de Muy Alta Intensidad Sísmica. El G.A.E 45 “PICHINCHA” se encuentra representado con una estrella de color violeta en el sector de rango IV, de Muy Alta Intensidad Sísmica.

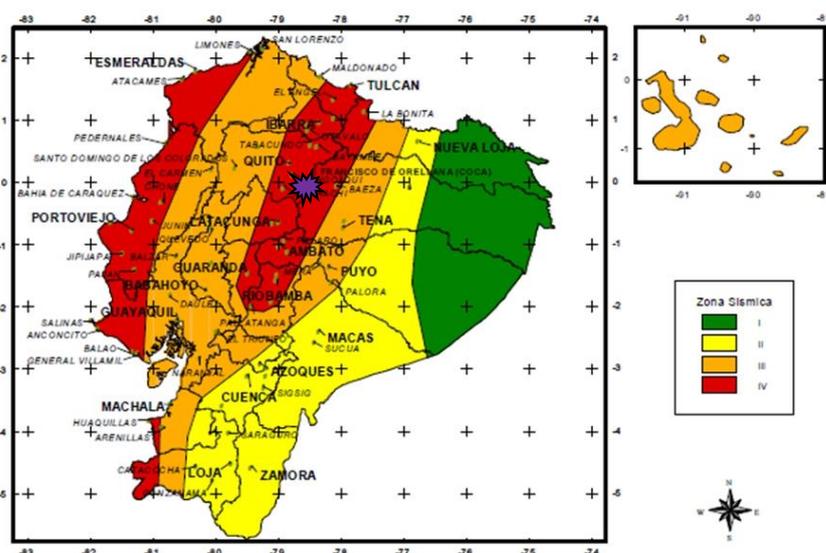


Figura 3 Mapa de Intensidades Sísmicas

Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

La figura 4 es un mapa interactivo de sismicidad que permite tener una visualización más clara de la cantidad de sismos que se ocurren en el Ecuador, pero en esta figura se enfoca a una parte de la Provincia de Pichincha y la ubicación del GAE 45 “Pichincha” está representado por la letra H dentro de un círculo rojo, alrededor del mismo se observa varios sismos representados de diferentes colores según su magnitud, estos colores se puede observar en la tabla 7.

La tabla 6 muestra una leyenda del mapa interactivo de sismicidad, la primera columna es de magnitudes en la escala de Richter y la segunda columna de identificación en la que se muestran diferentes colores de acuerdo a la escala de la primera columna.

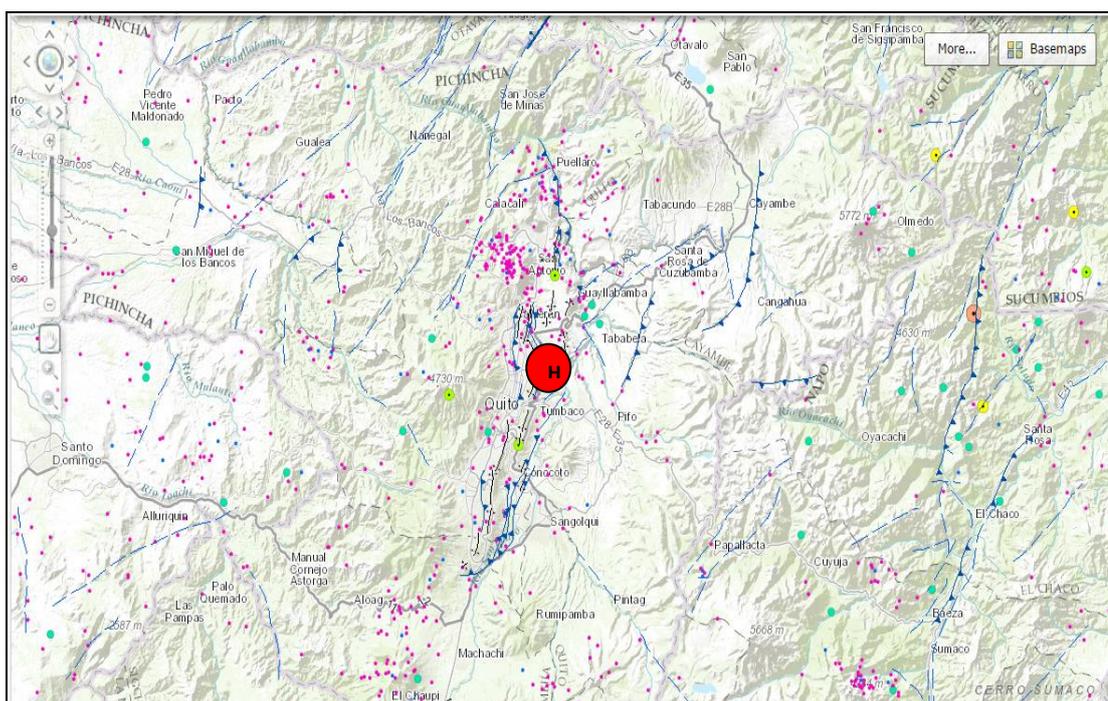


Figura 4 Mapa Interactivo de Sismicidad

Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

Tabla 6***Leyenda del mapa Interactivo de Sismicidad***

LEYENDA DEL MAPA INTERACTIVO DE SISMICIDAD	
MAGNITUD (grados en escala de Richter)	IDENTIFICACIÓN
3 a 4	
4 a 5	
5 a 6	
6 a 7	
7 a 8	

Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

En la tabla 7 se identifica los sismos en la Provincia de Pichincha en la primera columna nombrada con Mag representa la magnitud en la escala de Richter, en la segunda columna se registra la hora local en la que ocurrió el sismo, en la tercera y cuarta columna la localización en grados magnéticos latitud y longitud respectivamente, la quinta columna Prof representa la profundidad en kilómetros, la sexta columna la región en la que ocurrió, la séptima columna se identifica la ciudad más cercana al epicentro del sismo, la octava columna está la hora en el tiempo universal coordinado. Entre el 25 de mayo de 2016 y el 08 de agosto de 2016 se observa 15 sismos en la Provincia de Pichincha y uno en Sangolquí de magnitud 3,8 grados en la escala de Richter , cerca del GAE 45 “Pichincha”.

Tabla 7***Sismos en la Provincia de Pichincha***

Mag	Hora Local	Latitud	Longitud	Prof	Region	Ciudad mas cercana	Hora UTC	Last Update
3.6	25/05/2017 3:43	0.19° S	78.59° W	2.9	Ecuador - Pichincha	13.68km Quito,Pichincha	25/05/2017 8:43	25/05/2017 16:47
2.8	24/04/2017 11:57	0.15° S	78.38° W	7	Ecuador - Pichincha	10.41km Quito,Pichincha	24/04/2017 16:57	24/04/2017 17:10
3.7	12/04/2017 0:08	0.18° N	79.12° W	4	Ecuador - Pichincha	35.62km La Concordia,Sto Dom Tsachilas	12/04/2017 5:08	24/05/2017 19:25
3.5	01/12/2016 19:21	0.45° S	78.70° W	4	Ecuador - Pichincha	16.03km Machachi,Pichincha	02/12/2016 0:21	02/12/2016 4:54
3.6	27/11/2016 17:30	0.04° N	77.97° W	6	Ecuador - Pichincha	20.60km Cayambe,Pichincha	27/11/2016 22:30	28/11/2016 14:59
3.0	14/10/2016 6:43	0.16° S	78.37° W	4	Ecuador - Pichincha	10.69km Quito,Pichincha	14/10/2016 11:43	14/10/2016 11:52
3.2	27/09/2016 0:46	0.15° S	78.37° W	3	Ecuador - Pichincha	11.44km Quito,Pichincha	27/09/2016 5:46	27/09/2016 6:09
2.6	08/09/2016 23:06	0.06° S	78.43° W	4	Ecuador - Pichincha	13.74km Quito,Pichincha	09/09/2016 4:06	09/09/2016 4:28
4.6	04/09/2016 19:22	0.16° S	78.36° W	5	Ecuador - Pichincha	12.49km Quito,Pichincha	05/09/2016 0:22	12/09/2016 21:08

Continúa ...

2.7	03/09/2016 8:32	0.18° S	78.40° W	4	Ecuador - Pichincha	7.71km Quito,Pichincha	03/09/2016 13:32	03/09/2016 13:37
2.6	19/08/2016 23:47	0.16° S	78.37° W	6	Ecuador - Pichincha	10.71km Quito,Pichincha	20/08/2016 4:47	20/08/2016 4:55
3.4	15/08/2016 2:05	0.13° S	78.62° W	6	Ecuador - Pichincha	17.67km Quito,Pichincha	15/08/2016 7:05	15/08/2016 7:14
3.7	14/08/2016 10:31	0.14° S	78.36° W	7	Ecuador - Pichincha	12.43km Quito,Pichincha	14/08/2016 15:31	12/09/2016 22:10
3.8	11/08/2016 15:26	0.57° S	78.28° W	4	Ecuador - Pichincha	32.46km Sangolqui,Pichincha	11/08/2016 20:26	11/08/2016 23:22
4.6	08/08/2016 23:23	0.15° S	78.37° W	6	Ecuador - Pichincha	11.92km Quito,Pichincha	09/08/2016 4:23	15/09/2016 16:58

Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

2.2.1.1.2. Actividad volcánica

El arco volcánico ecuatoriano forma parte de la Zona Volcánica Norte de los Andes (NVZ), que se extiende desde los 5° N (volcán Cerro Bravo, en Colombia) hasta los 2° S (volcán Sangay, en Ecuador) (Barberi et al., 1988). Al sur del Sangay no existen volcanes activos en Los Andes hasta la región de Arequipa, en Perú. El volcanismo en los Andes ecuatorianos es el resultado de la subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa continental de América del Sur. La placa oceánica de Nazca tiene una edad de entre 12 y 20 millones de años (Ma) frente a las costas ecuatorianas e incluye a la Cordillera submarina de Carnegie. Esta cordillera de origen volcánico, es producto de la actividad del punto caliente de Galápagos sobre la placa Nazca. El arco volcánico ecuatoriano se caracteriza por ser muy ancho (100-120 km) y presentar varias filas paralelas de volcanes... (Turrano, 1989)

Ecuador posee más o menos 250 volcanes, la mayoría extintos (ej. Panecillo, el Corazón, etc) y ellos son productos de subducciones de diferentes placas oceánicas ya desaparecidas. En los últimos 10.000 años, 250 volcanes en América Latina y el Caribe han erupcionado casi 1300 veces. (Toulkeridis, 2015)

En la tabla 8 se enumeran los principales volcanes del Ecuador con la respectiva altura en metros, se enumeran 84 volcanes.

Tabla 8
Principales Volcanes del Ecuador

PRINCIPALES VOLCANES DEL ECUADOR					
1	Cerro Negro (4465 m)	29	Casitagua (3519 m)	57	Huañuña (4251 m)
2	Chiles (4707 m)	30	Pambamarca (4075 m)	58	Iliniza Norte (5105 m)
3	Potreros (4165 m)	31	Reventador (3562 m)	59	Santa Cruz (3978 m)
4	Chulamuez (3566 m)	32	Rucu Pichincha (4696 m)	60	Chapuloma (4196 m)
5	Chalpatán (3624 m)	33	Guagua Pichincha (4776 m)	61	Iliniza Sur (5245 m)
6	Horqueta (3700 m)	34	Izambi (4356 m)	62	Cotopaxi (5897 m)
7	Chiltazón (3967 m)	35	Cerro Puntas (4550 m)	63	Volcán Azul (3069 m)
8	Virgen Negra (3658 m)	36	Coturco (3575 m)	64	Chalupas (4214 m)
					Continúa ...

9	Iguán (3876 m)	37	Chacana (4493 m)	65	Quilindaña (4876 m)
10	Chaquilulo (3649 m)	38	Ilaló (3188 m)	66	Quilotoa (3915 m)
11	Soche (3955 m)	39	Carcacha (3813 m)	67	Chinibano (4200 m)
12	Pilavo (4224 m)	40	Yanaurcu (3127 m)	68	Putzalagua (3512 m)
13	Parulo (3300 m)	41	Atacazo - Ninahuilca (4455 m)	69	Angahuana (4125 m)
14	Yanaurcu de Piñán (4535 m)	42	Pan de Azúcar (3482 m)	70	Sagoatoa (4169 m)
15	Chachimbiro (4105 m)	43	Pasochoa (4199 m)	71	Pilisurco (4508 m)
16	Pulumbura (4214 m)	44	Antisana (5758 m)	72	Huicutambo (3534 m)
17	Mangus (3944 m)	45	Machángara (3460 m)	73	Puñalica (3988 m)
18	Cotacachi (4944 m)	46	Corazón (4782 m)	74	Huisla (3763 m)
19	Cuicocha (3377 m)	47	Aliso (4260 m)	75	Carihuairazo (5018 m)
20	Imbabura (4621 m)	48	Bermejo (2939 m)	76	Mulmul (3878 m)
21	Cubilche (3828 m)	49	Sincholagua (4873 m)	77	Conos de Puyo
22	Cushnirumi (3776 m)	50	Sumaco (3732 m)	78	Chimborazo (6268 m)
23	Cusín (3989 m)	51	El Dorado (2785 m)	79	Tungurahua (5023 m)
24	Fuya Fuya (4279 m)	52	Domos Huevos de Chivo	80	Igualata (4430 m)
25	Mojanda (4263 m)	53	Rumiñahui (4722 m)	81	Conos de Calpi
26	Viejo Cayambe (4815 m)	54	Almas Santas (3745 m)	82	Altar (5319 m)
27	Nevado Cayambe (5790 m)	55	Pumayacu (2950 m)	83	Conos de Licto
28	Pululahua (3356 m)	56	Cosanga (4011 m)	84	Sangay (5260 m)

Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

Actualmente los volcanes del Ecuador son observados y monitoreados con diversas tecnologías por medio de observatorios de acuerdo a niveles de vigilancia según la actividad sísmica de los volcanes, la tabla 9 Vigilancia y monitoreo de volcanes del Ecuador, en la primera columna están los niveles de vigilancia en el que

el nivel uno es el que más controles o estaciones tiene en este caso cuatro, el nivel de vigilancia dos tiene más de una estación y el nivel de vigilancia tres tiene una estación, en la siguiente columna son los volcanes que se encuentran vigilados, agrupados según su actividad y por lo tanto le corresponde cierto nivel de vigilancia.

Tabla 9
Vigilancia y monitoreo de volcanes del Ecuador

VIGILANCIA Y MONITOREO DE VOLCANES DEL ECUADOR	
NIVELES DE VIGILANCIA	VOLCANES
Nivel de vigilancia 1	Tungurahua, Cotopaxi y Guagua Pichincha
Nivel de vigilancia 2	Reventador, Cayambe, Antisana, Cuicocha, Chimborazo, Imbabura y Sangay
Nivel de vigilancia 3	Pululahua, Ninahuilca, Cerro Negro, Chachimbiro, Soche y Quilotoa

Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

La Tabla 10 indica los niveles de alerta de los volcanes del Ecuador en el que en la primera columna indican los volcanes y la siguiente columna los niveles de alerta determinados con colores en el que el color blanco significa que el volcán está inactivo o dormido, el color amarillo significa potencialmente activo, el color naranja significa activo. El color rojo que no está en la tabla 10 significa en erupción.

Tabla 10
Niveles de alerta de los volcanes del Ecuador

NIVELES DE ALERTA DE LOS VOLCANES	
VOLCÁN	NIVEL DE ALERTA
Tungurahua	
Reventador	
Chiles – Cerro Negro	
Cotopaxi	

Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

2.2.1.1.2.1. Ceniza volcánica

Las cenizas volcánicas 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 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, es evidente que las cenizas volcánicas en la atmósfera pueden representar un peligro grave para las aeronaves en vuelo. Así, las aeronaves deberían evitar encuentros con cenizas volcánicas. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2012)

Las regiones naturales del Ecuador Continental son Costa, Sierra y Oriente; los helicópteros del G.A.E 45 “PICHINCHA” realizan las operaciones aéreas en condiciones visuales e instrumentales pero debido a la geografía del terreno, altitud de las aerovías y a las condiciones de las aeronaves el vuelo visual e instrumental se lo realiza en las regiones Costa y Oriente y únicamente el vuelo visual en la Región Sierra. En condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC) diurnas, es probable que la forma de percibir de información de un encuentro con cenizas volcánicas sea

la observación de calima o nube de cenizas volcánicas, es importante recalcar los vuelos visuales en la Sierra ya que los pilotos de helicópteros jamás deberán volar en condiciones instrumentales y por tal razón podrán observar y sentir la presencia de ceniza volcánica fundamentalmente con el olor, presencia de calima o polvo en las superficies, modificación de las condiciones de los motores, variación de la velocidad aerodinámica.

Los pilotos realizan vuelo visual en la región sierra a través de las rutas establecidas a una altura aproximada de 1000 pies, esto significa que tienen contacto visual con el terreno, pero hacia arriba de la aeronave puede existir una capa de nubes que no permite la observación hacia los volcanes y pueden ser sorprendidos con la presencia de ceniza volcánica si no disponen de la información oportuna.

Las consecuencias de un encuentro con cenizas volcánicas pueden ser muy perjudicial tanto para la tripulación, pasajeros como para los helicópteros.

Las consecuencias a la seguridad operacional inmediata de una aeronave son las siguientes:

- Falla o el mal funcionamiento de uno o dos motores.
- Fallas en los sistemas eléctricos, neumáticos e hidráulicos.
- Obstrucción de los sensores de Pitot y estáticos.
- Oscurecimiento parcial o total de los parabrisas.
- Contaminación del aire de la cabina, por lo que la tripulación debe usar máscaras de oxígeno.

Las consecuencias a la seguridad operacional y los costos a más largo plazo que afectan al funcionamiento de la aeronave:

- Erosión de los componentes externos de la aeronave.
- Reducción de la eficiencia del enfriamiento electrónico.
- Depósitos de ceniza volcánica en las pistas de aterrizaje.

La ceniza volcánica causa grandes dificultades tanto para la seguridad operacional como para las pistas de aterrizaje por lo que es importante disponer de información oportuna y confiable, esta información debe estar al alcance de las tripulaciones y de los oficiales de operaciones que son los que planifican los vuelos. El Centro de Aviso

de Ceniza Volcánica (VAAC) con sede en Washington es el que publica la información referente a la ceniza volcánica para nuestro país y a la vez se utiliza para preparar la información de fenómenos meteorológicos en ruta (SIGMET).

La Dirección General de Aviación Civil dispone de una plataforma denominada IFIS que es un sistema de información para el vuelo a través de internet en el que proporciona información para los aviadores (NOTAM), informes de las observaciones meteorológicas en los aeródromos (METAR), SIGMET y cuando exista información especial de NOTAM que notifica un cambio en la actividad de un volcán (ASHTAM).

2.2.1.1.3. Volcanes que han tenido actividad en los últimos 19 años

Existe información de cinco volcanes han tenido actividad en los últimos diez y nueve años y que posiblemente afectarán las rutas establecidas para los vuelos con helicópteros.

2.2.1.1.3.1. Volcán Cotopaxi

Desde la llegada de los españoles, el volcán Cotopaxi ha experimentado 5 períodos eruptivos: 1532-1534, 1742-1744, 1766-1768, 1853-1854 y 1877-1880. Cada ciclo tuvo explosiones pequeñas a moderadas y al menos una gran erupción cada siglo. Este tipo de erupciones presentó varios fenómenos volcánicos: expulsión y posterior “lluvia” de ceniza, flujos piroclásticos, flujos de lodo y rocas (LAHARES). El Valle de los Chillos fue impactado y destruido al menos 3 veces durante los años: 1744, 1768 y 1877. Cuando el Cotopaxi erupciona genera avalanchas de rocas, ceniza y gases calientes que bajan por los flancos del volcán (flujos piroclásticos). Parte del glaciar se derrite y produce enormes cantidades de agua que se mezclan con el material sólido volcánico. Esta mezcla tiene la consistencia similar al cemento y baja por las quebradas y ríos del volcán a grandes velocidades arrastrando rocas muy grandes (Lahar o flujo de lodo y escombros). Genera nubes de gases y ceniza de varios km de altura (10-15 km o más). La nube se mueve según la dirección y velocidad del viento. La lluvia o caída de ceniza se produce por acción de la gravedad; mientras más cerca se está del volcán, de mayor tamaño serán las partículas. (Ordóñez, 2015)

El Cotopaxi es un volcán activo que se encuentra sobre la Cordillera Oriental, a una distancia de 35,5 km al sur de las instalaciones del G.A.E 45 “Pichincha” y tiene una altura de 5897 metros sobre el nivel del mar.

En la figura 5 se observa al Volcán Cotopaxi emanando gran cantidad de gases y ceniza volcánica en una dirección Este Oeste lo que afecta a las rutas aéreas establecidas y hace imposible el vuelo con helicópteros



Figura 5 Volcán Cotopaxi
Foto: (Toulkeridis, Volcán Cotopaxi, s.f)

En la figura 6 se observa una simulación de caída de ceniza del Volcán Cotopaxi del 05 de junio de 2017 en la que la dirección de la ceniza es un arco aproximadamente de 270 a 280 grados desde el volcán, afectando de esta manera las rutas aéreas establecidas para vuelos con helicópteros del GAE 45 “Pichincha”.

En caso de erupción del Volcán Cotopaxi el flujo de lodos y escombros no afectarían las instalaciones del GAE 45 “Pichincha” además según la Secretaría de Gestión de Riesgos estas instalaciones se encuentran en sitio seguro y el Fuerte

Militar “Marco Aurelio Subía” es considerado como refugio temporal durante la emergencia.

Dentro del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” están unidades de ingeniería, el Comando de la Brigada de Aviación del Ejército, el GAE 45 “Pichincha”, el Centro de Salud, el Centro de Mantenimiento del Ejército, el Comando de Apoyo Logístico y escuadrones como a Policía Militar y Comunicaciones.

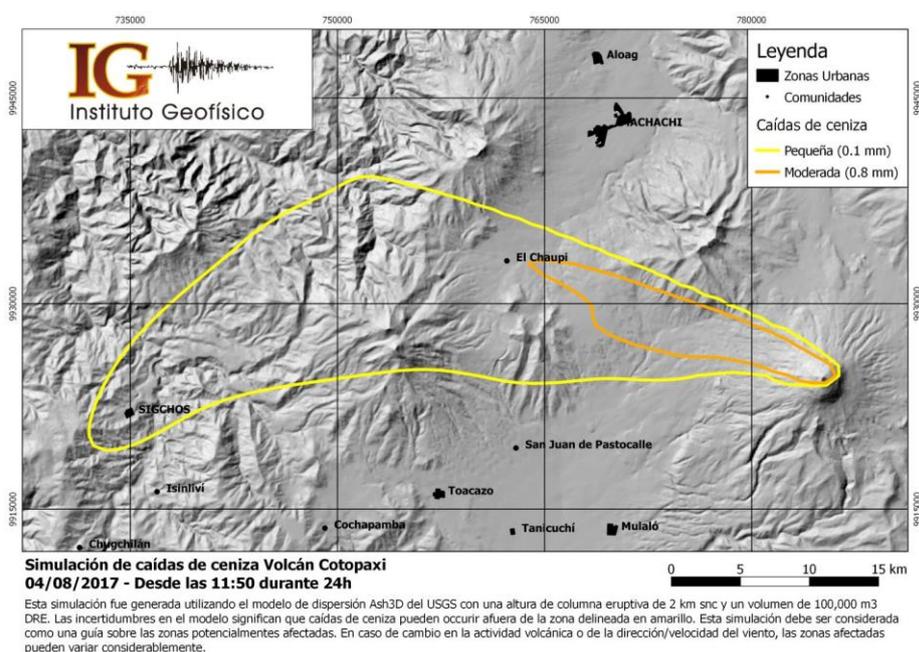


Figura 6 Simulación de caídas de ceniza del Volcán Cotopaxi 05/06/2017

Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

En la figura 7 se identifica al final al Volcán Cotopaxi y de color rojo las rutas que en caso de erupción seguiría los lahares y lodo a grandes velocidades afectando viviendas, terrenos, animales y todo lo que se encuentre a su paso, la letra H dentro de un círculo rojo representa las instalaciones del GAE 45 “Pichincha” que en caso de erupción sus instalaciones no sería afectadas.

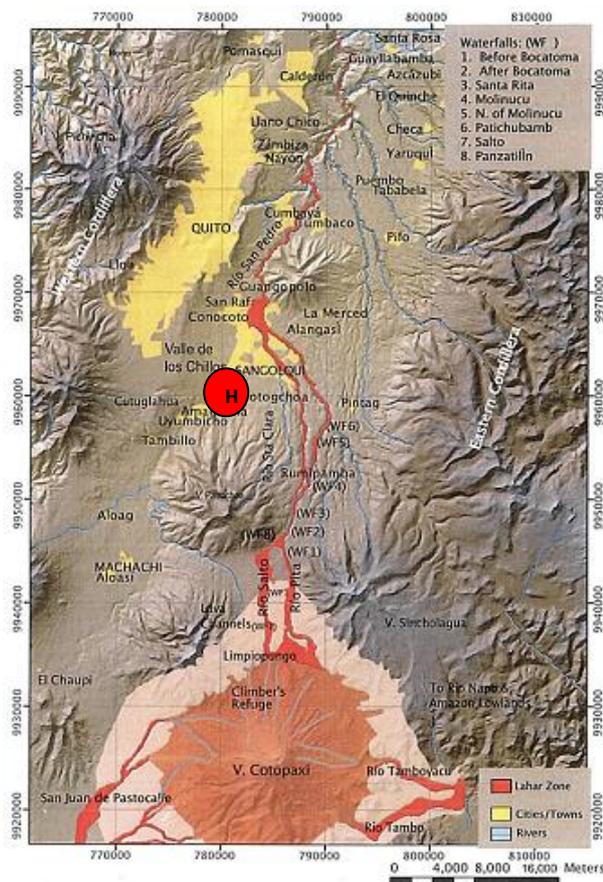


Figura 7 Afectación del Volcán Cotopaxi

Fuente: (Ordóñez, 2015)

2.2.1.1.3.2. Volcán Guagua Pichincha

La ciudad de Quito está rodeada de volcanes y varios de ellos permanecen activos como el Guagua Pichincha situado a 4 784 m de altura y a 15 km al oeste del centro histórico. Este volcán, de tipo explosivo, ha conocido cuatro erupciones plinianas durante los 2000 últimos años. Desde 1660, última erupción de este tipo, este no se ha manifestado sino a través de una actividad de carácter freático marcada por modestas explosiones como en 1982 y 1993. El 1 de octubre de 1998, por primera vez en la historia de la ciudad, el alcalde de Quito decretó la alerta volcánica, más precisamente la alerta amarilla por causa de una actividad anormal del volcán. La alerta amarilla fue mantenida hasta el mes de setiembre de 1999, es decir durante casi un año, periodo durante el cual el volcán presentó una actividad freática sostenida acompañada de algunas explosiones limitadas al cráter. A partir de ahí, dos eventos van a marcar el periodo de crisis asociado a la actividad del volcán Guagua Pichincha: la declaración de alerta naranja el 27 de setiembre y la erupción del 5 de octubre. Tras la disminución de la actividad sísmica registrada por los científicos, el 4 de octubre se decretó el retorno a la

alerta amarilla. Sin embargo, al día siguiente se produjo la explosión más importante del volcán desde su despertar 14 meses antes. Las cenizas expulsadas fueron más abundantes que las del 28 de setiembre y las condiciones desfavorables de circulación atmosférica (dirección de los vientos del oeste hacia el este) provocaron caída de ceniza, de un espesor de 1 a 2 mm, sobre todo el distrito urbano. El cierre del aeropuerto internacional de Quito del 5 al 14 de octubre de 1999. Las consecuencias más graves, a escala de la ciudad, están asociadas al cierre del aeropuerto internacional Mariscal Sucre cuya pista fue cubierta por las cenizas. (D'Ercole, Metzger, & Sierra, 2009)

La información del Volcán Guagua Pichincha lleva a la reflexión de que una emergencia se puede presentar de improviso por lo cual es necesario estar preparados. El impacto de la caída de ceniza volcánica es grande y más aún en aviación por sus consecuencias y por el tiempo que tarda en retomar las operaciones aéreas con seguridad.

La figura 8 es la explosión del Volcán Guagua Pichincha el 05 de Octubre de 1999 que se formó una columna, los vientos de oeste a este arrastraron la ceniza a la ciudad y se produjo el cierre del Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre.

En la explosión del 05 de octubre de 1999 las cenizas no afectaron a las instalaciones actuales del G.A.E 45 "Pichincha", pero antiguamente esta unidad estaba localizada en el antiguo Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre.



Figura 8 Volcán Guagua Pichincha
Foto: (Toulkeridis, Volcán Guagua Pichincha, 1999)

2.2.1.1.3.3. Volcán Reventador

El Reventador está ubicado aprox. 90 km al Este de Quito y es en la actualidad uno de los tres volcanes en erupción del Ecuador. La actividad histórica de este volcán es poco conocida debido a su remota ubicación, su inaccesibilidad y a las persistentes malas condiciones climáticas que impiden observaciones visuales directas. Sin embargo, se estima que el volcán ha tenido al menos 16 erupciones entre 1541 y la actualidad. Los períodos eruptivos confirmados previo al que se inició en 2002 son: 1898-1912, 1926-1929, 1944, 1959-1960, 1972-1974 y 1976. Estas erupciones estuvieron caracterizadas por flujos piroclásticos menores, flujos de lava en bloques, flujos de lodo y caídas de ceniza (Hall et al., 2004). La erupción actual inició en 2002 con una fase bastante explosiva. La columna eruptiva generada se elevó 16-17 km y se transportó hacia el Occidente del volcán. La caída de ceniza tuvo una afectación regional significativa, llegándose a medir entre 1 y 2 mm de ceniza acumulada en Quito. Adicionalmente se generaron flujos piroclásticos que afectaron la carretera. Desde entonces el volcán ha permanecido con una actividad de tipo más efusivo generando flujos de lava y algunos periodos explosivos de magnitud moderada que generan columnas de explosión de 1 a 2 km de altura. (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

El Volcán Reventador se encuentra ubicado al este de las instalaciones del G.A.E 45 “Pichincha” y en la erupción del 2002 se vio afectado por la ceniza volcánica en pequeñas cantidades que no interfirieron con las operaciones aéreas y según conversatorio con pilotos y mecánicos no tomaron ninguna medida ni para los vuelos ni para el mantenimiento.



Figura 9 Volcán Reventador.
Foto: (Toulkeridis, Volcán Reventador, 2002)

En la figura 10 se observa una simulación de caída de ceniza volcánica del Volcán Reventador en el que la ceniza va de este a oeste, en esta simulación no alcanza a afectar a las rutas aéreas preestablecidas pero en caso de erupción dependerá de la altitud, dirección e intensidad del viento.

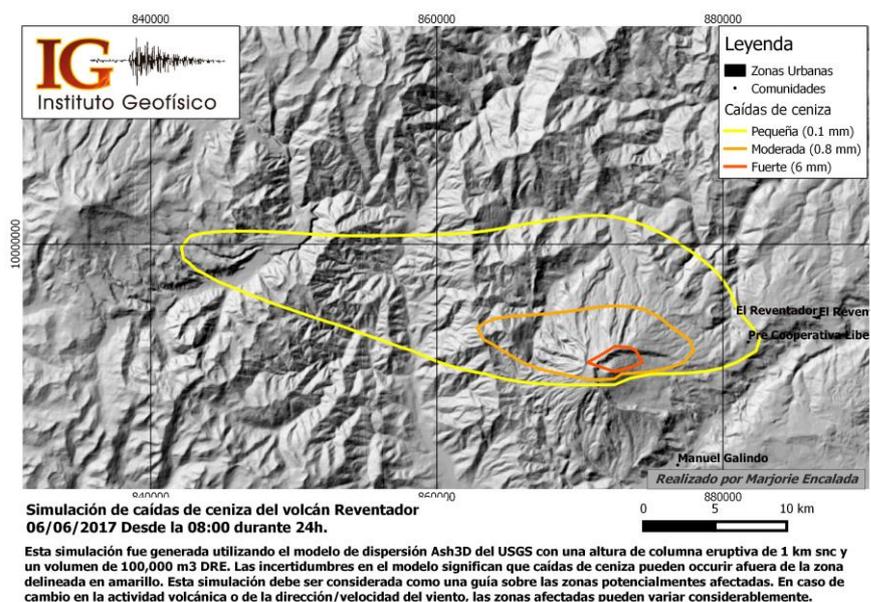


Figura 10 Simulación de caída de cenizas del Volcán Reventador 06/06/2017

2.2.1.1.3.4. Volcán Sangay

El Volcán Sangay es el último volcán al sur del Ecuador, ubicado en la Cordillera Real, en la provincia de Morona Santiago. Es uno de los volcanes más activos del Ecuador, manteniéndose en actividad eruptiva constante desde 1628 (Hall, 1977). En el último periodo eruptivo que habría empezado en 1628, se conoce que el volcán emitió una gran columna de ceniza que se dirigió hacia el noroccidente hasta 50 km de distancia, afectando a la ciudad de Riobamba. (Lewis, 1950 en Monzier et al., 1999). La actividad del Sangay es poco conocida porque no afecta sitios habitados a diferencia del volcán Tungurahua. Sin embargo, se conoce por exploraciones de investigadores, andinistas y sobrevuelos que realiza el Instituto Geofísico con fines de monitoreo, que en el volcán es común la generación de flujos piroclásticos, flujos de lava y lahares. (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

Con la información proporcionada en caso de erupción podría afectar a las rutas aéreas preestablecidas para vuelos con helicópteros.

En la figura 11 se observa una fotografía aérea del Volcán Sangay con pequeñas emisiones de flujos piroclásticos.



Figura 11 Volcán Sangay
Foto. (Toulkeridis, Volcán Sangay, s.f)

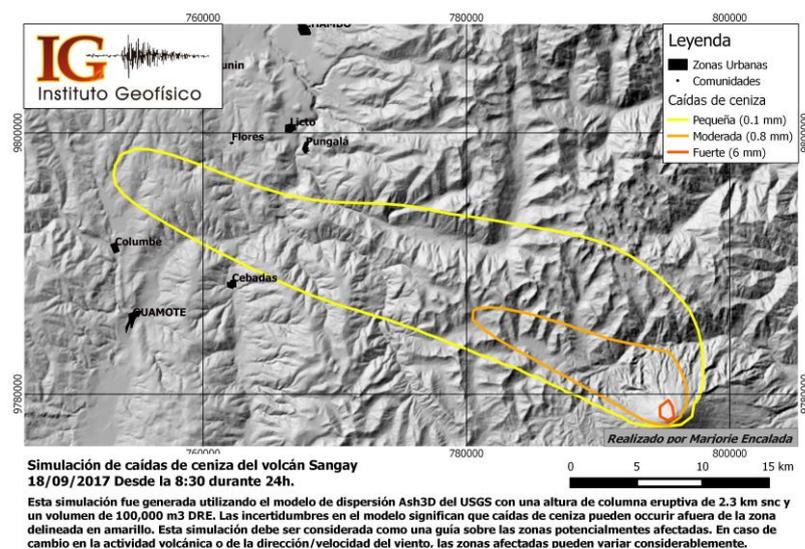


Figura 12 Simulación de caída de ceniza del Volcán Sangay 19/09/2017
Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

En la figura 12 se observa una simulación del Volcán Sangay del 19 de septiembre de 2017 en la que la ceniza volcánica va en una dirección general de este a oeste con una dirección aproximada de 290 grados.

2.2.1.1.3.5. Volcán Tungurahua

El Tungurahua está ubicado en la Cordillera Real del Ecuador, 120 km al sur de Quito, 33 km al SE de Ambato y tan sólo a 8 km al Norte de la ciudad de Baños, tiene 5020 m de altura con un diámetro basal de 16 km. Hall et al. (1999) dividen a este volcán en tres edificios sucesivos, Tungurahua I, II y III, siendo el tercero el edificio actual. Los dos edificios anteriores sufrieron colapsos sectoriales hace 30 y 3 ka, cuyos depósitos de avalancha afloran en los valles de los ríos Chambo y Patate. La actividad del Tungurahua III habría comenzado con la emisión del gran flujo de lava de las Juntas hace aproximadamente 2300 años (Hall et al., 1999). Desde el año 1300 el Tungurahua ha producido erupciones con flujos piroclásticos, caídas de ceniza, flujos de lava y lahares, al menos una vez por siglo (LePennec et al., 2008). El periodo eruptivo actual se inició en 1999 y persiste hasta el momento. Al inicio la erupción actual fue subcontinua caracterizada por emisiones de gases y ceniza. En Julio y Agosto del 2006, por primera vez en este periodo el volcán produjo dos grandes erupciones explosivas con formación de flujos piroclásticos que afectaron principalmente al flanco occidental y sur occidental. La caída de ceniza asociada a estos eventos fue de carácter regional afectando incluso a la ciudad de Guayaquil. Desde entonces el volcán ha mantenido episodios de actividad intermitentes con duraciones de pocos días a semanas y pausas en la actividad de hasta 3 meses. La actividad puede iniciarse con fuertes explosiones vulcanianas, como en Mayo 2010, Diciembre 2012 y Julio 2013; o con emisión continua de gases y ceniza. (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

La ruta aérea pre establecida para vuelos con helicópteros está aproximadamente a 8 kilómetros del Volcán Tungurahua, esta ruta es de primordial importancia para vuelos desde la sierra hasta el oriente y viceversa, pero normalmente la observación hacia el volcán es difícil ya que siempre se encuentra cubierto con nubes, la ceniza volcánica afectaría a la ruta dependiendo de la dirección e intensidad del viento.

En la figura 13 se observa al Volcán Tungurahua en proceso de erupción durante la noche.



Figura 13 Volcán Tungurahua
Foto: (Toulkeridis, Volcán Tungurahua, s.f)

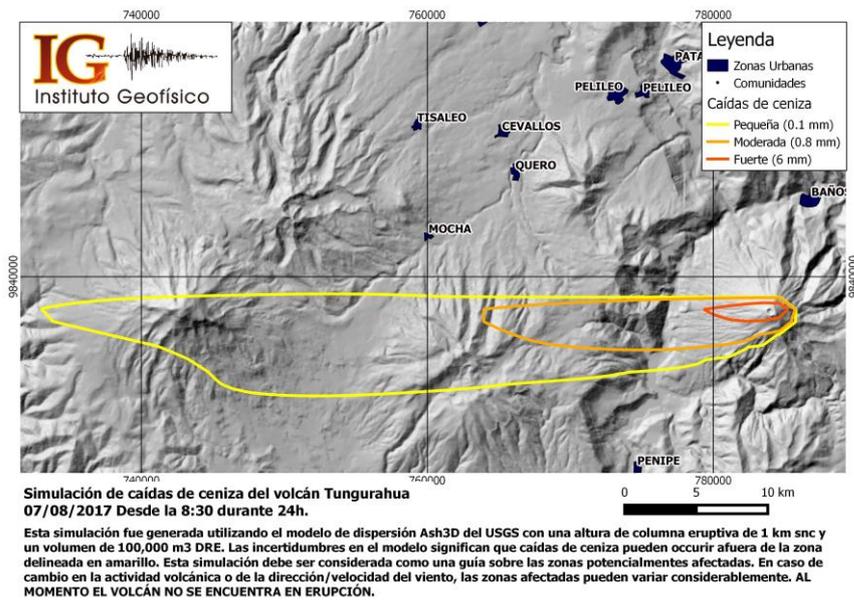


Figura 14 Simulación de caída de ceniza del Volcán Tungurahua 07/08/2017
Fuente: (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

En la figura 14 se observa una simulación de caída de ceniza volcánica del Volcán Tungurahua del 07 de septiembre de 2017 en la que la dirección general es de este a oeste sin afectar las rutas aéreas preestablecidas.

2.2.1.1.3.6. Direcciones del viento cargadas de ceniza volcánica

En los últimos 19 años, los dos principales aeropuertos internacionales de Quito y Guayaquil, así como los aeropuertos de Latacunga, Ambato, Riobamba, Manta, Portoviejo, Salinas e incluso Cuenca fueron cerradas hasta por una semana, debido a la presencia de la ceniza en la atmósfera como resultado de la actividad de cinco volcanes que son: Sangay (con actividad permanente pero con más alta, la intensidad registrada en 2004-2011, 2013 y 2016), Guagua Pichincha (1999-2001 y 2009), Reventador (2002 a 2016 con importantes interrupciones), Tungurahua (1999 -2016 con menos interrupciones) y Cotopaxi (desde el 2015 hasta la presente fecha).

El objetivo principal de este estudio es analizar las direcciones del viento con nubes cargadas con cenizas volcánicas desde el año 1999 hasta el presente año, teniendo en cuenta las diferentes estaciones del año con el fin de predecir con una mayor probabilidad las rutas de este tipo de nubes de cenizas. Por lo tanto, las siguientes estadísticas se presentan como una herramienta importante en el establecimiento de planes de contingencia y de emergencia para la seguridad de las operaciones aéreas.

En la tabla 11 están datos de las observaciones de las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en el período Enero del 2000 hasta Junio de 2017, la primera columna las direcciones en grados desde 0 hasta 360 grados, la columna dos es la del Volcán Tunguragua y el número representa la cantidad de veces que la ceniza ha tomado esa dirección en este saco indica que nueve veces la ceniza ha tenido dirección norte o cero grados, cinco veces ha tenido diez grados y así sucesivamente, en la columna tres están los datos del Volcán Reventador, en la cuarta columna del Volcán Sangay, en la quinta columna del Volcán Cotopaxi, en la sexta columna del Volcán Guagua Pichincha y en la séptima columna el total de observaciones para cada dirección del viento, al final se encuentra el número total de observaciones por volcanes y un total general en este caso 1536 observaciones. Esta información es obtenida de National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Las siguientes siete columnas son similares a las siete primeras en cuanto al

orden pero los valores mostrados son porcentajes que se obtiene de una regla de tres simple en que el número total de observaciones es decir 1536 representa al 100 % se debe calcular cual es el porcentaje para cada observación, por ejemplo las siete observaciones del Volcán Tungurahua representan el 0,46 %.

Tabla 11***Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Enero 2000-2017***

	Enero 2000-2017						Enero 2000-2017						
	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	
0	7		2			9	0	0,46	0,00	0,13	0,00	0,00	0,59
10	5		1			6	10	0,33	0,00	0,07	0,00	0,00	0,40
20	5					5	20	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
30	7					7	30	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
40	13					13	40	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
50	19					19	50	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25
60	14		1			15	60	0,92	0,00	0,07	0,00	0,00	0,99
70	6		2			8	70	0,40	0,00	0,13	0,00	0,00	0,53
80	14		1			15	80	0,92	0,00	0,07	0,00	0,00	0,99
90	23		9			32	90	1,52	0,00	0,59	0,00	0,00	2,11
100	18		2			20	100	1,19	0,00	0,13	0,00	0,00	1,32
110	16		1			17	110	1,06	0,00	0,07	0,00	0,00	1,12
120	22					22	120	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45
130	22					22	130	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	1,45
140	12					12	140	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79
150	6					6	150	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
160	6					6	160	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
170	13	1				14	170	0,86	0,07	0,00	0,00	0,00	0,92
180	21	2				23	180	1,39	0,13	0,00	0,00	0,00	1,52
190	15	3				18	190	0,99	0,20	0,00	0,00	0,00	1,19
200	18	4				22	200	1,19	0,26	0,00	0,00	0,00	1,45
210	36	2				38	210	2,37	0,13	0,00	0,00	0,00	2,51
220	63					63	220	4,16	0,00	0,00	0,00	0,00	4,16
230	97		5			102	230	6,40	0,00	0,33	0,00	0,00	6,73
240	114		12			126	240	7,52	0,00	0,79	0,00	0,00	8,31
250	122		9			131	250	8,05	0,00	0,59	0,00	0,00	8,64
260	153		4			157	260	10,09	0,00	0,26	0,00	0,00	10,36
270	176		4			180	270	11,61	0,00	0,26	0,00	0,00	11,87

Continúa ...

280	132		2		134	280	8,71	0,00	0,13	0,00	0,00	8,84
290	74				74	290	4,88	0,00	0,00	0,00	0,00	4,88
300	56				56	300	3,69	0,00	0,00	0,00	0,00	3,69
310	40	1	1		42	310	2,64	0,07	0,07	0,00	0,00	2,77
320	37	2	2		41	320	2,44	0,13	0,13	0,00	0,00	2,70
330	32	3	1		36	330	2,11	0,20	0,07	0,00	0,00	2,37
340	24	4			28	340	1,58	0,26	0,00	0,00	0,00	1,85
350	14	2	1		17	350	0,92	0,13	0,07	0,00	0,00	1,12
	1452	24	60	0	0	1536						

La figura 15 es la gráfica de los datos obtenidos en la tabla 11. La figura es similar a la tela de la araña en el que los volcanes están en el centro del círculo. Desde el interior va hacia afuera en escalas de dos, desde cero hasta 12, representa los porcentajes que obtuvimos en la segunda parte de la tabla 11. La dirección de la ceniza volcánica está representada con grados desde 0 hasta 360 en el exterior de la circunferencia. Por ejemplo de la tabla 11 se toma los datos del Volcán Tungurahua en la dirección 270 grados, se observa que el porcentaje es 11,61, se observa el gráfico de la figura 15 y se confirma, es decir los datos se transforman en gráfico.

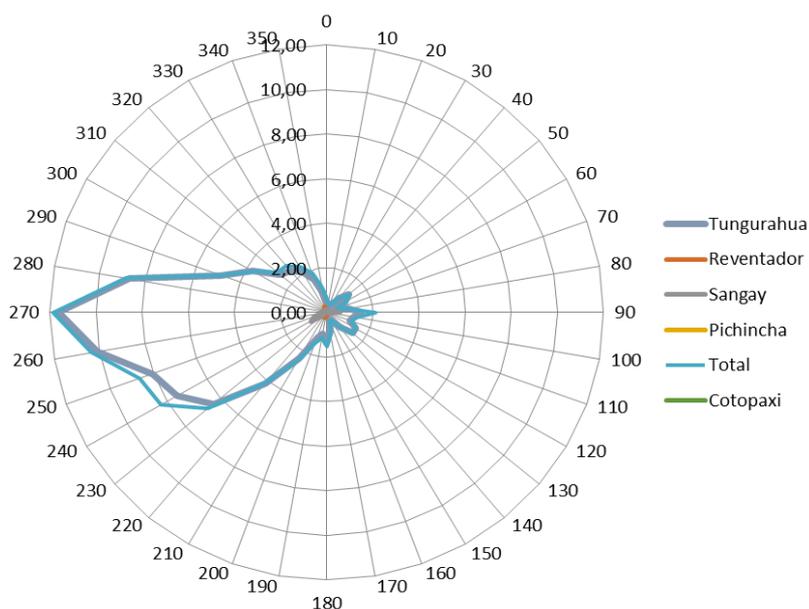


Figura 15 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Enero 2000-2017

Desde la tabla 12 hasta la tabla 22 la explicación es la misma para todas pero cada tabla representa un mes desde febrero hasta diciembre.

Tabla 12
Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Febrero 2000-2017

	Febrero 2000-2017					Febrero 2000-2017							
	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	
0	34					34	0	1,74	0,00	0,00	0,00	0,00	1,74
10	32					32	10	1,64	0,00	0,00	0,00	0,00	1,64
20	27					27	20	1,38	0,00	0,00	0,00	0,00	1,38
30	23					23	30	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18
40	23					23	40	1,18	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18
50	22					22	50	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13
60	11					11	60	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56
70	1					1	70	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
80	1					1	80	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
90	4					4	90	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
100	9					9	100	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
110	18	1				19	110	0,92	0,05	0,00	0,00	0,00	0,97
120	27	3				30	120	1,38	0,15	0,00	0,00	0,00	1,54
130	43	3				46	130	2,20	0,15	0,00	0,00	0,00	2,36
140	58	3				61	140	2,97	0,15	0,00	0,00	0,00	3,13
150	44	4				48	150	2,25	0,20	0,00	0,00	0,00	2,46
160	22	3				25	160	1,13	0,15	0,00	0,00	0,00	1,28
170	24	2	1			27	170	1,23	0,10	0,05	0,00	0,00	1,38
180	40	1	2			43	180	2,05	0,05	0,10	0,00	0,00	2,20
190	44	1	1			46	190	2,25	0,05	0,05	0,00	0,00	2,36
200	41	2				43	200	2,10	0,10	0,00	0,00	0,00	2,20
210	65	1	1			67	210	3,33	0,05	0,05	0,00	0,00	3,43
220	104		2			106	220	5,33	0,00	0,10	0,00	0,00	5,43
230	128		1			129	230	6,56	0,00	0,05	0,00	0,00	6,61
240	143	1				144	240	7,33	0,05	0,00	0,00	0,00	7,38
250	163	3	3			169	250	8,35	0,15	0,15	0,00	0,00	8,66
260	181	4	8			193	260	9,27	0,20	0,41	0,00	0,00	9,89

Continúa ...

270	168	3	7		178	270	8,61	0,15	0,36	0,00	0,00	9,12
280	109	1	2		112	280	5,58	0,05	0,10	0,00	0,00	5,74
290	75	2	1		78	290	3,84	0,10	0,05	0,00	0,00	4,00
300	60	4	2		66	300	3,07	0,20	0,10	0,00	0,00	3,38
310	44	3	5		52	310	2,25	0,15	0,26	0,00	0,00	2,66
320	36	2	9		47	320	1,84	0,10	0,46	0,00	0,00	2,41
330	25	1	6		32	330	1,28	0,05	0,31	0,00	0,00	1,64
340	21		1		22	340	1,08	0,00	0,05	0,00	0,00	1,13
350	28				28	350	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43
	1898	48	52	0	0	1998						

De la figura 16 hasta la 26 la forma de representar los valores numéricos en la gráfica es el mismo procedimiento para los meses de febrero hasta diciembre.

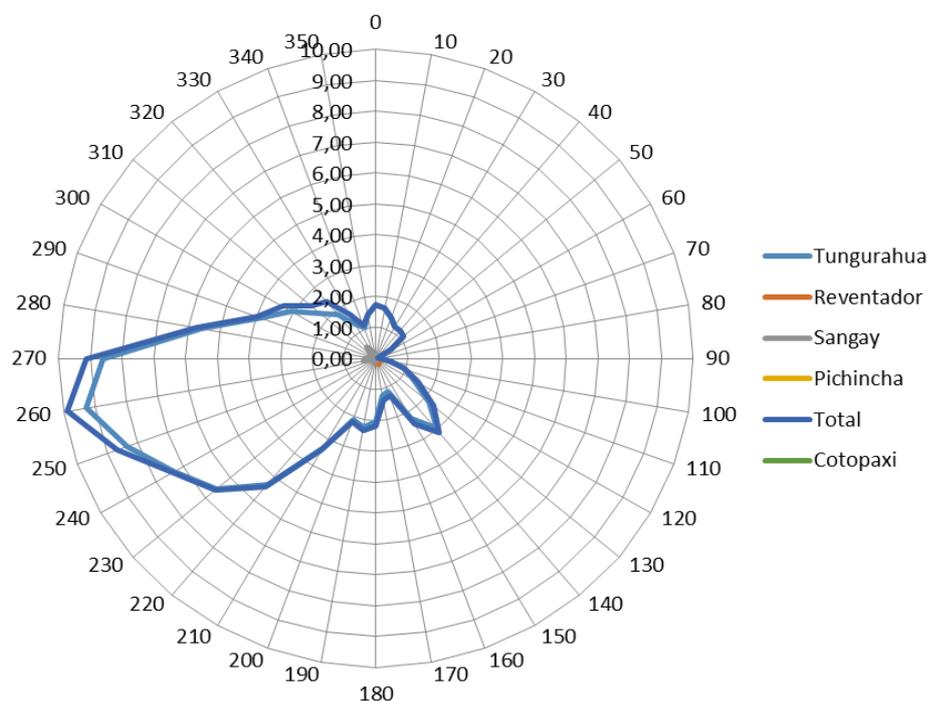


Figura 16 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Febrero 2000-2017

320	37	1			38	320	3,69	0,10	0,00	0,00	0,00	3,78
330	34	2			36	330	3,39	0,20	0,00	0,00	0,00	3,59
340	21	4			25	340	2,09	0,40	0,00	0,00	0,00	2,49
350	15	2			17	350	1,49	0,20	0,00	0,00	0,00	1,69
	975	72	36	0	0	1083						

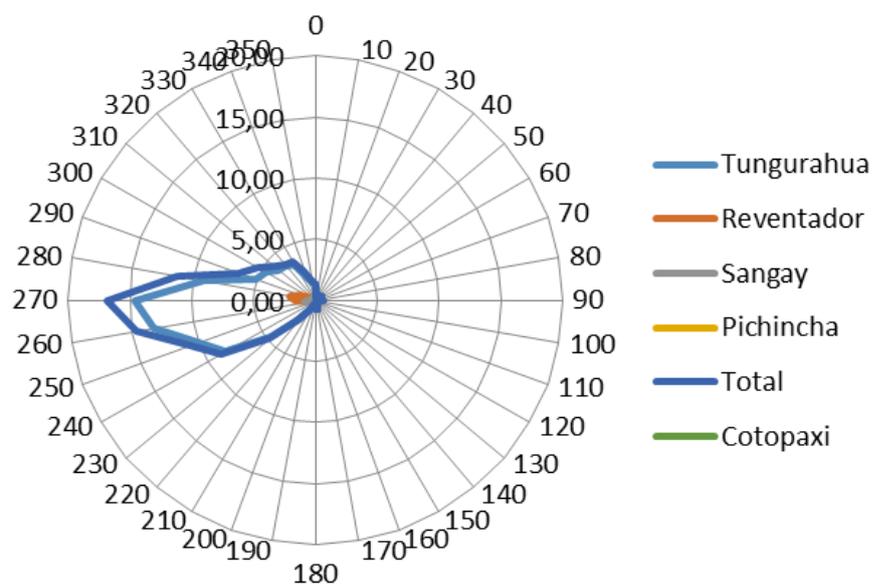


Figura 17 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Marzo 2000-2017

Tabla 14

Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Abril 2000-2017

Abril 2000-2017							Abril 2000-2017						
	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	
0	22					22	0	1,46	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46
10	12					12	10	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79
20	8					8	20	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53
Continúa ...													

30	9				9	30	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
40	9				9	40	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
50	14				14	50	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93
60	17				17	60	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12
70	12				12	70	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79
80	7				7	80	0,46	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
90	13				13	90	0,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,86
100	21				21	100	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39
110	16				16	110	1,06	0,00	0,00	0,00	0,00	1,06
120	8				8	120	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,53
130	3				3	130	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
140	1				1	140	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
150	3				3	150	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
160	4				4	160	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
170	7	1			8	170	0,46	0,07	0,00	0,00	0,00	0,53
180	11	2			13	180	0,73	0,13	0,00	0,00	0,00	0,86
190	10	2			12	190	0,66	0,13	0,00	0,00	0,00	0,79
200	10	2			12	200	0,66	0,13	0,00	0,00	0,00	0,79
210	22	1			23	210	1,46	0,07	0,00	0,00	0,00	1,52
220	33				33	220	2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18
230	52	1	1		54	230	3,44	0,07	0,07	0,00	0,00	3,57
240	94	5	2	1	102	240	6,22	0,33	0,13	0,00	0,07	6,75
250	133	10	1	2	146	250	8,80	0,66	0,07	0,00	0,13	9,66
260	173	13	2	1	189	260	11,44	0,86	0,13	0,00	0,07	12,50
270	199	14	7		220	270	13,16	0,93	0,46	0,00	0,00	14,55
280	134	13	8		155	280	8,86	0,86	0,53	0,00	0,00	10,25
290	78	17	4		99	290	5,16	1,12	0,26	0,00	0,00	6,55
300	57	18	2		77	300	3,77	1,19	0,13	0,00	0,00	5,09
310	38	17	1		56	310	2,51	1,12	0,07	0,00	0,00	3,70
320	38	15			53	320	2,51	0,99	0,00	0,00	0,00	3,51
330	47	8			55	330	3,11	0,53	0,00	0,00	0,00	3,64
340	33	1			34	340	2,18	0,07	0,00	0,00	0,00	2,25
350	24				24	350	1,59	0,00	0,00	0,00	0,00	1,59
1372	140	28	0	4	1544							

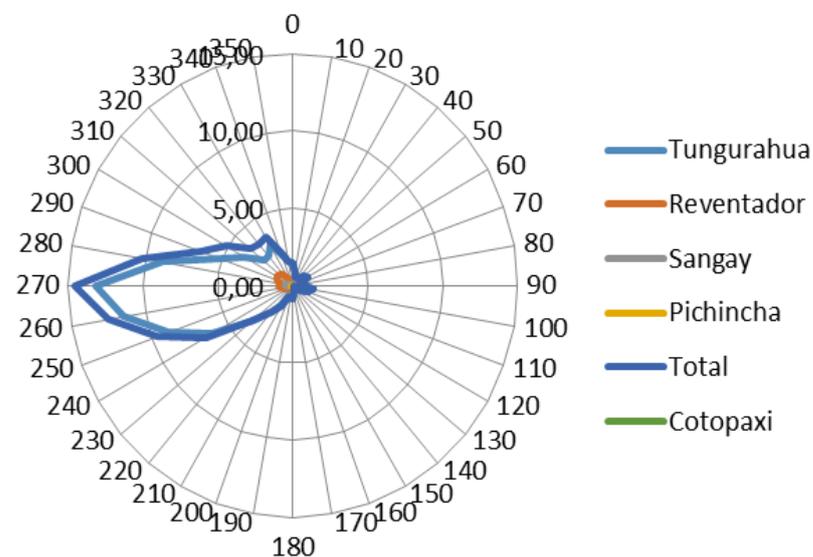


Figura 18 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Abril 2000-2017

Tabla 15

Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Mayo 2000-2017

	Mayo 2000-2017					Mayo 2000-2017							
	Tungurahua ^a	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	Tungurahua ^a	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	
0	8					8	0	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
10	0					0	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	0					0	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30	3		1			4	30	0,17	0,00	0,06	0,00	0,00	0,23
40	7		2			9	40	0,40	0,00	0,11	0,00	0,00	0,51
50	5		1			6	50	0,28	0,00	0,06	0,00	0,00	0,34
60	2					2	60	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
70	3					3	70	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17

Continúa ...

80	7			7	80	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
90	11			11	90	0,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,62
10	13			13	10	0,74	0,00	0,00	0,00	0,00	0,74
11	21			21	11	1,19	0,00	0,00	0,00	0,00	1,19
12	24			24	12	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36
13	12			12	13	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68
14	10			10	14	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57
15	18			18	15	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,02
16	14			14	16	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79
17	7			7	17	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
18	7			7	18	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
19	7			7	19	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
20	6			6	20	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,34
21	20			20	21	1,13	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13
22	24			24	22	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00	1,36
23	37		1	38	23	2,09	0,00	0,06	0,00	0,00	2,15
24	71	1	3	75	24	4,02	0,06	0,17	0,00	0,00	4,24
25	123	2	6	131	25	6,96	0,11	0,34	0,00	0,00	7,41
Continúa ...											

26	235	3	10		248	26	13,29	0,17	0,57	0,00	0,00	14,03
27	323	6	9		338	27	18,27	0,34	0,51	0,00	0,00	19,12
28	255	7	3		265	28	14,42	0,40	0,17	0,00	0,00	14,99
29	156	9			165	29	8,82	0,51	0,00	0,00	0,00	9,33
30	98	12			110	30	5,54	0,68	0,00	0,00	0,00	6,22
31	51	8			59	31	2,88	0,45	0,00	0,00	0,00	3,34
32	38	4			42	32	2,15	0,23	0,00	0,00	0,00	2,38
33	38	4			42	33	2,15	0,23	0,00	0,00	0,00	2,38
34	34	3			37	34	1,92	0,17	0,00	0,00	0,00	2,09
35	24	1			25	35	1,36	0,06	0,00	0,00	0,00	1,41
	1712	60	36	0	0	1808						

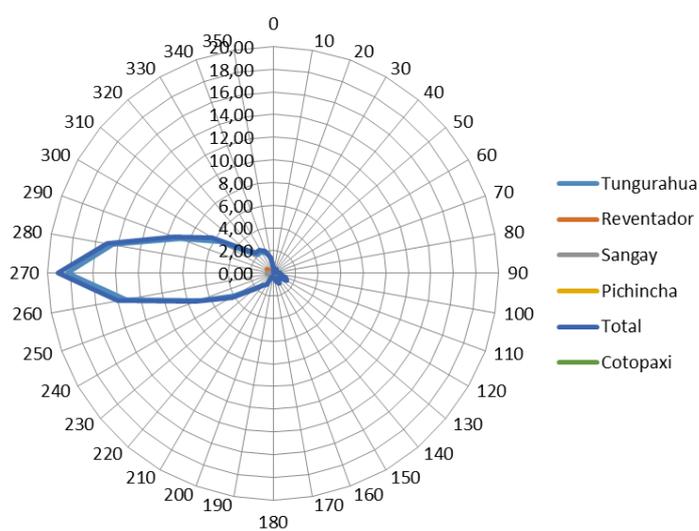


Figura 19 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Mayo 2000-2017

Tabla 16

Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Junio 2000-2017

Junio 2000-2017						Junio 2000-2017					
Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total
0					0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10					0	10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20					0	20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30					0	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40					0	40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50					0	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60					0	60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
70					0	70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80					0	80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
90					0	90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
100					0	100	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
110					0	110	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
120					0	120	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
130					0	130	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
140					0	140	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
150					0	150	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
160					0	160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
170					0	170	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
180					0	180	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Continúa ...											

190					0	190	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
200					0	200	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
210					0	210	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
220	1				1	220	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
230	8		2		10	230	0,72	0,00	0,18	0,00	0,00	0,90
240	21		5		26	240	1,89	0,00	0,45	0,00	0,00	2,34
250	63	1	6		70	250	5,67	0,09	0,54	0,00	0,00	6,29
260	208	2	10		220	260	18,7 1	0,18	0,90	0,00	0,00	19,7 8
270	305	1	12		318	270	27,4 3	0,09	1,08	0,00	0,00	28,6 0
280	217	1	6		224	280	19,5 1	0,09	0,54	0,00	0,00	20,1 4
290	103	2	2		107	290	9,26	0,18	0,18	0,00	0,00	9,62
300	64	1	1		66	300	5,76	0,09	0,09	0,00	0,00	5,94
310	34				34	310	3,06	0,00	0,00	0,00	0,00	3,06
320	17				17	320	1,53	0,00	0,00	0,00	0,00	1,53
330	11				11	330	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99
340	8				8	340	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72
350	4				4	350	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36
	1064	8	44	0	0	1116						

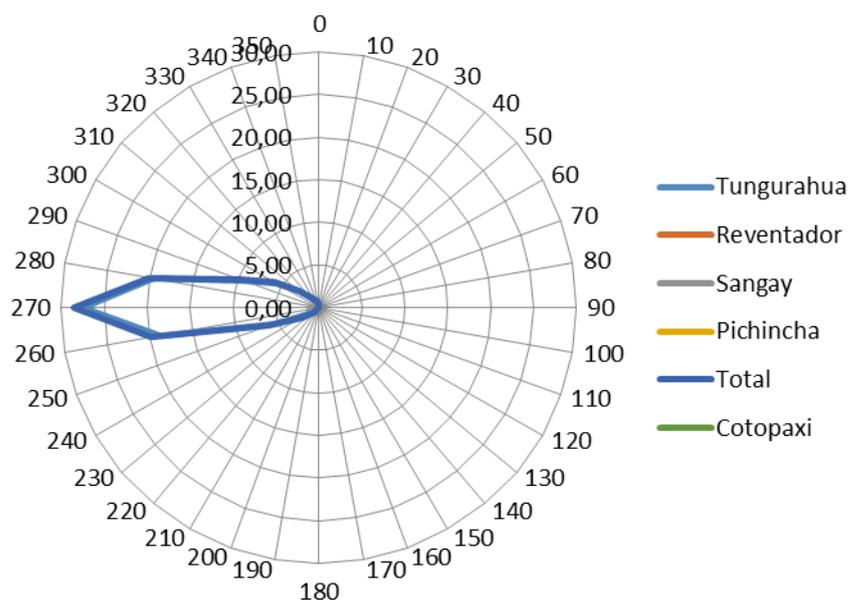


Figura 20 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Junio 2000-2017

Tabla 17

Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Julio 2000-2016

Julio 2000-2016						Julio 2000-2016					
Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total
0	11				11	0	0,55	0,00	0,00	0,00	0,55
10	11				11	10	0,55	0,00	0,00	0,00	0,55
20	9				9	20	0,45	0,00	0,00	0,00	0,45
30	9				9	30	0,45	0,00	0,00	0,00	0,45
40	10				10	40	0,50	0,00	0,00	0,00	0,50
50	9				9	50	0,45	0,00	0,00	0,00	0,45
60	6				6	60	0,30	0,00	0,00	0,00	0,30
70	4				4	70	0,20	0,00	0,00	0,00	0,20
80	4				4	80	0,20	0,00	0,00	0,00	0,20
90	5				5	90	0,25	0,00	0,00	0,00	0,25
100	6				6	100	0,30	0,00	0,00	0,00	0,30
110	3				3	110	0,15	0,00	0,00	0,00	0,15
120	3				3	120	0,15	0,00	0,00	0,00	0,15

Continúa ...

130	8				8	130	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40
140	11				11	140	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
150	11				11	150	0,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55
160	9				9	160	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
170	7				7	170	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
180	7				7	180	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35
190	6				6	190	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
200	9				9	200	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45
210	17				17	210	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,84
220	40				40	220	1,99	0,00	0,00	0,00	0,00	1,99
230	85				85	230	4,22	0,00	0,00	0,00	0,00	4,22
240	139				139	240	6,91	0,00	0,00	0,00	0,00	6,91
250	196	4	4		204	250	9,74	0,20	0,20	0,00	0,00	10,14
260	305	12	12	1	330	260	15,16	0,60	0,60	0,00	0,05	16,40
270	358	23	16	2	399	270	17,79	1,14	0,80	0,00	0,10	19,83
280	244	29	11	1	285	280	12,13	1,44	0,55	0,00	0,05	14,17
290	125	19	7		151	290	6,21	0,94	0,35	0,00	0,00	7,50
300	73	11	4		88	300	3,63	0,55	0,20	0,00	0,00	4,37
310	31	11	1		43	310	1,54	0,55	0,05	0,00	0,00	2,14
320	19	7			26	320	0,94	0,35	0,00	0,00	0,00	1,29
330	23	3			26	330	1,14	0,15	0,00	0,00	0,00	1,29
340	19	1			20	340	0,94	0,05	0,00	0,00	0,00	0,99
350	12				12	350	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60
1844	120	55	0	4	2023							

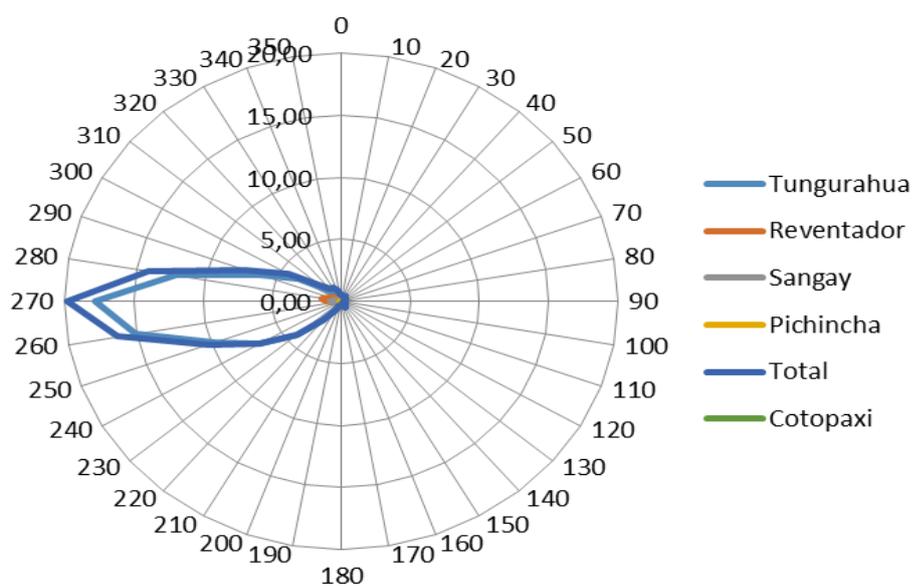


Figura 21 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Julio 2000-2016

Tabla 18
Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Agosto 2000-2016

Agosto 2000-2016							Agosto 2000-2016						
	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total		Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total
0	10			1		11	0	0,44	0,00	0,00	0,04	0,00	0,49
10	6					6	10	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
20	6					6	20	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
30	2					2	30	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
40	1					1	40	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
50	2					2	50	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
60	2					2	60	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
70	2					2	70	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
80	4			1		5	80	0,18	0,00	0,00	0,04	0,00	0,22
90	7			2		9	90	0,31	0,00	0,00	0,09	0,00	0,40
100	8			1		9	100	0,36	0,00	0,00	0,04	0,00	0,40
110	9			1		10	110	0,40	0,00	0,00	0,04	0,00	0,44
120	10			3		13	120	0,44	0,00	0,00	0,13	0,00	0,58
130	10			3		13	130	0,44	0,00	0,00	0,13	0,00	0,58
140	7			1		8	140	0,31	0,00	0,00	0,04	0,00	0,36
150	3					3	150	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13
160	2					2	160	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
170	5					5	170	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
180	8					8	180	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36
190	6					6	190	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27
200	6			1		7	200	0,27	0,00	0,00	0,04	0,00	0,31
210	13			2		15	210	0,58	0,00	0,00	0,09	0,00	0,67
220	25			1		26	220	1,11	0,00	0,00	0,04	0,00	1,16
230	48			2		50	230	2,14	0,00	0,00	0,09	0,00	2,22
240	97	1		8		106	240	4,31	0,04	0,00	0,36	0,00	4,72
250	201	2		18		221	250	8,94	0,09	0,00	0,80	0,00	9,83
260	374	1	8	28		411	260	16,64	0,04	0,36	1,25	0,00	18,28
270	428		16	37		481	270	19,04	0,00	0,71	1,65	0,00	21,40
280	297	1	10	35		343	280	13,21	0,04	0,44	1,56	0,00	15,26
290	169	8	5	30		212	290	7,52	0,36	0,22	1,33	0,00	9,43
300	91	14	6	18		129	300	4,05	0,62	0,27	0,80	0,00	5,74
310	34	9	5	5		53	310	1,51	0,40	0,22	0,22	0,00	2,36
320	13	5	5	2		25	320	0,58	0,22	0,22	0,09	0,00	1,11

Continúa ...

330	5	5	6	5	21	330	0,22	0,22	0,27	0,22	0,00	0,93
340	8	2	3	5	18	340	0,36	0,09	0,13	0,22	0,00	0,80
350	13			2	15	350	0,58	0,00	0,00	0,09	0,00	0,67
	1932	48	64	212	0	2256						

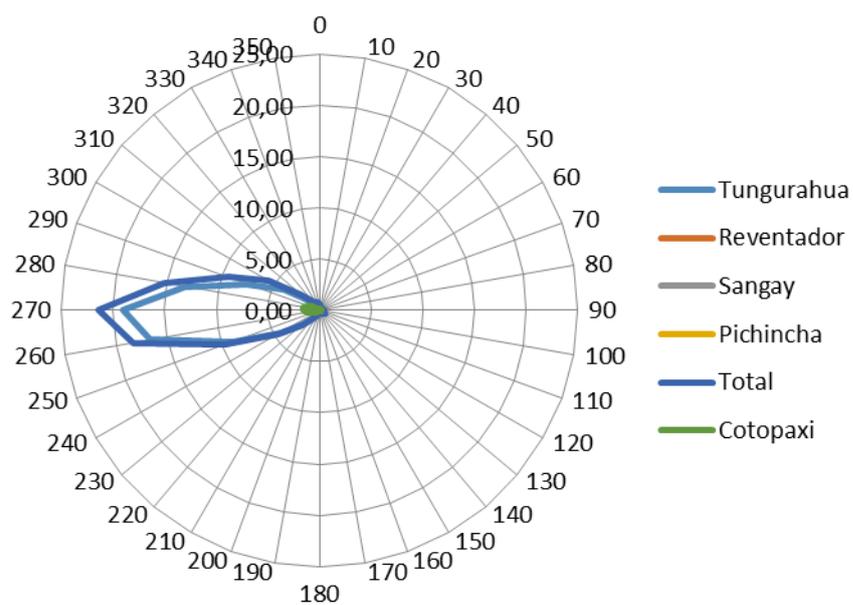


Figura 22 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Agosto 2000-2016

Tabla 19

Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Septiembre 1999-2016

	Septiembre 1999-2016						Septiembre 1999-2016						
	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	
0	6			2		8	0	0,61	0,00	0,00	0,20	0,00	0,81
10	4			1		5	10	0,41	0,00	0,00	0,10	0,00	0,51
20	2					2	20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
30	2					2	30	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
40	1					1	40	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
50	0					0	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Continúa ...												

60	0				0	60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
70	0				0	70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80	2				2	80	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
90	5				5	90	0,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,51
100	6				6	100	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61
110	6				6	110	0,61	0,00	0,00	0,00	0,00	0,61
120	4				4	120	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
130	1				1	130	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
140	1				1	140	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
150	4				4	150	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
160	5		1		6	160	0,51	0,00	0,00	0,10	0,00	0,61
170	2		2		4	170	0,20	0,00	0,00	0,20	0,00	0,41
180	0		1		1	180	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,10
190	1				1	190	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
200	3				3	200	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
210	3		2		5	210	0,30	0,00	0,00	0,20	0,00	0,51
220	12	1		7	20	220	1,22	0,10	0,00	0,71	0,00	2,03
230	35	4	1	8	48	230	3,56	0,41	0,10	0,81	0,00	4,88
240	49	6	3	8	66	240	4,98	0,61	0,30	0,81	0,00	6,71
250	61	7	3	20	91	250	6,20	0,71	0,30	2,03	0,00	9,25
260	92	11	3	35	141	260	9,35	1,12	0,30	3,56	0,00	14,33
270	103	12	4	41	160	270	10,47	1,22	0,41	4,17	0,00	16,26
280	67	6	2	39	114	280	6,81	0,61	0,20	3,96	0,00	11,59
290	46	2	5	35	88	290	4,67	0,20	0,51	3,56	0,00	8,94
300	34	2	10	26	72	300	3,46	0,20	1,02	2,64	0,00	7,32
310	19	1	5	8	33	310	1,93	0,10	0,51	0,81	0,00	3,35
320	24	1		3	28	320	2,44	0,10	0,00	0,30	0,00	2,85
330	25	2		4	31	330	2,54	0,20	0,00	0,41	0,00	3,15
340	16	1		3	20	340	1,63	0,10	0,00	0,30	0,00	2,03
350	7			2	9	350	0,71	0,00	0,00	0,20	0,00	0,91
	648	56	36	248	0	988						

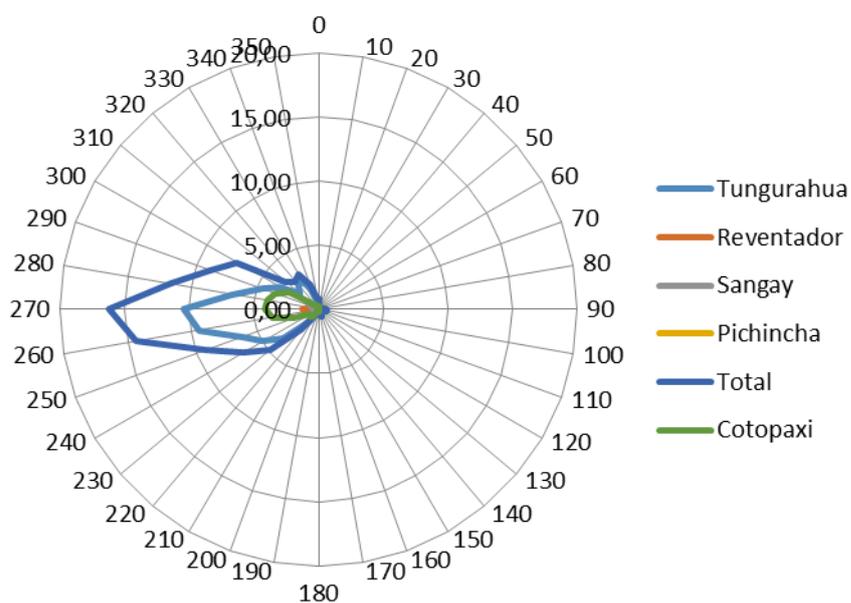


Figura 23 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Septiembre 1999-2016

Tabla 20

Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Octubre 1999-2016

Octubre 1999-2016						Octubre 1999-2016						
	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total
0	20		3	1	24	0	1,65	0,00	0,00	0,25	0,08	1,98
10	13		2	2	17	10	1,07	0,00	0,00	0,17	0,17	1,40
20	8		1	1	10	20	0,66	0,00	0,00	0,08	0,08	0,83
30	12				12	30	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,99
40	10				10	40	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,83
50	6			1	7	50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,08	0,58
60	12			2	14	60	0,99	0,00	0,00	0,00	0,17	1,16

Continúa ...

70	18			1	19	70	1,49	0,00	0,00	0,00	0,08	1,57	
80	27		1	1	29	80	2,23	0,00	0,08	0,00	0,08	2,39	
90	42		3	2	47	90	3,47	0,00	0,25	0,00	0,17	3,88	
100	36		3	1	40	100	2,97	0,00	0,25	0,00	0,08	3,30	
110	22		1		23	110	1,82	0,00	0,08	0,00	0,00	1,90	
120	13				13	120	1,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	
130	8		1		9	130	0,66	0,00	0,08	0,00	0,00	0,74	
140	10		2		12	140	0,83	0,00	0,17	0,00	0,00	0,99	
150	8		1		9	150	0,66	0,00	0,08	0,00	0,00	0,74	
160	3				3	160	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	
170	6	1			7	170	0,50	0,08	0,00	0,00	0,00	0,58	
180	10	2			12	180	0,83	0,17	0,00	0,00	0,00	0,99	
190	6	1		2	9	190	0,50	0,08	0,00	0,17	0,00	0,74	
200	7	2	6		15	200	0,58	0,00	0,17	0,50	0,00	1,24	
210	24	4	6		34	210	1,98	0,00	0,33	0,50	0,00	2,81	
220	38	3	2		43	220	3,14	0,00	0,25	0,17	0,00	3,55	
230	40	5	1		46	230	3,30	0,00	0,41	0,08	0,00	3,80	
240	41	8	2	1	52	240	3,38	0,00	0,66	0,17	0,08	4,29	
250	61	5	2	2	70	250	5,03	0,00	0,41	0,17	0,17	5,78	
260	122	2	1	6	2	133	260	10,07	0,17	0,08	0,50	0,17	10,97
270	154	5		11	2	172	270	12,71	0,41	0,00	0,91	0,17	14,19
280	109	5		9	2	125	280	8,99	0,41	0,00	0,74	0,17	10,31
290	57	7	1	9	2	76	290	4,70	0,58	0,08	0,74	0,17	6,27
300	30	11	2	9	1	53	300	2,48	0,91	0,17	0,74	0,08	4,37
Continúa ...													

310	19	10	1	7	37	310	1,57	0,83	0,08	0,58	0,00	3,05
320	33	9		5	47	320	2,72	0,74	0,00	0,41	0,00	3,88
330	47	10		3	60	330	3,88	0,83	0,00	0,25	0,00	4,95
340	33	7		4	44	340	2,72	0,58	0,00	0,33	0,00	3,63
350	19	2		5	26	350	1,57	0,17	0,00	0,41	0,00	2,15
	1124	72	44	95	24	1359						

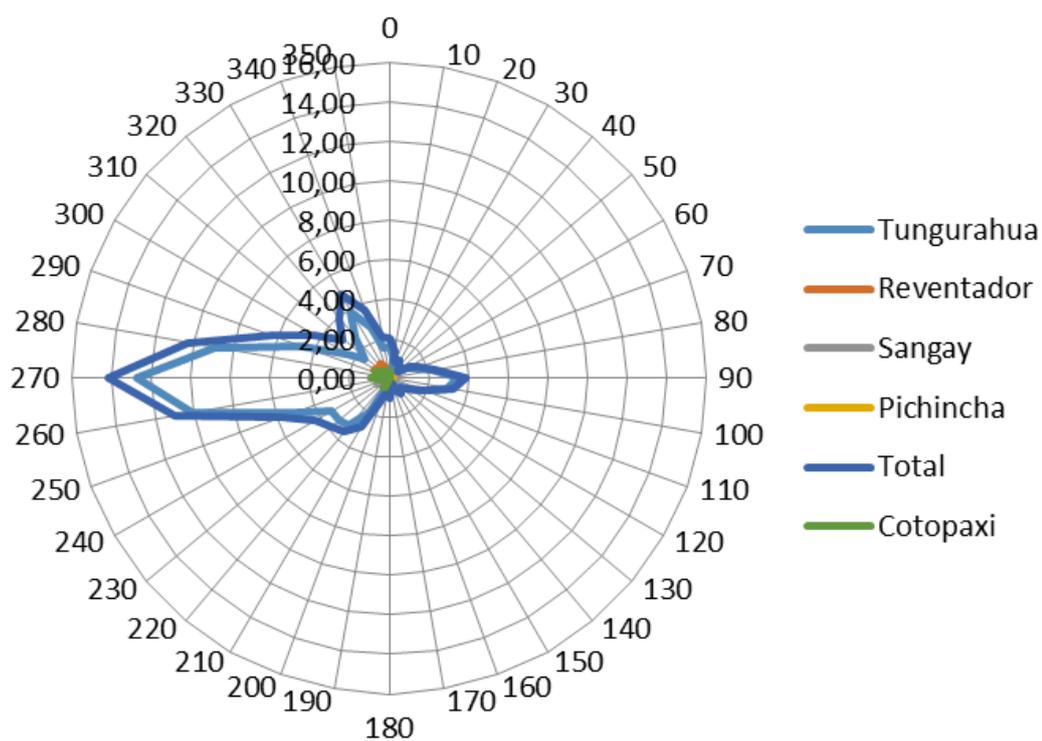


Figura 24 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Octubre 1999-2016

330	41	3		44	330	2,50	0,18	0,00	0,00	0,00	2,68
340	22			22	340	1,34	0,00	0,00	0,00	0,00	1,34
350	13			13	350	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,79
	1535	216	24	44	56	1875					

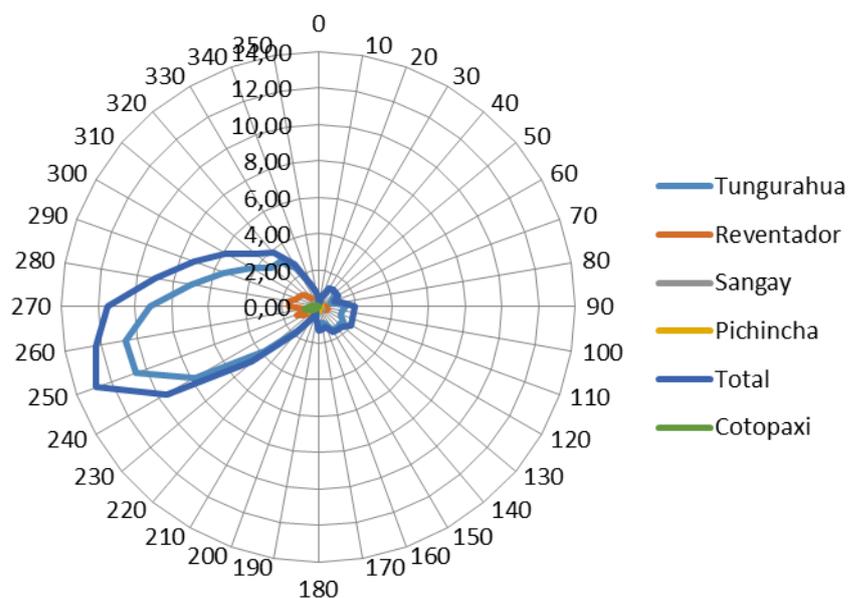


Figura 25 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Noviembre 1999-2016

Tabla 22

Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Diciembre 1999-2016

	Diciembre 1999-2016						Diciembre 1999-2016						
	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	Tungurahua	Reventador	Sangay	Cotopaxi	Pichincha	Total	
0	34		4		2	40	0	1,52	0,00	0,18	0,00	0,09	1,79
10	22		2		1	25	10	0,98	0,00	0,09	0,00	0,04	1,12
20	13					13	20	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58
30	28					28	30	1,25	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25
40	42					42	40	1,88	0,00	0,00	0,00	0,00	1,88
50	48	1			1	50	50	2,15	0,04	0,00	0,00	0,04	2,24
	Continúa ...												

60	42	2			2	46	60	1,88	0,09	0,00	0,00	0,09	2,06
70	27	1	1		1	30	70	1,21	0,04	0,04	0,00	0,04	1,34
80	26	1	2			29	80	1,16	0,04	0,09	0,00	0,00	1,30
90	36	2	1		1	40	90	1,61	0,09	0,04	0,00	0,04	1,79
100	25	1			3	29	100	1,12	0,04	0,00	0,00	0,13	1,30
110	13				3	16	110	0,58	0,00	0,00	0,00	0,13	0,72
120	15				1	16	120	0,67	0,00	0,00	0,00	0,04	0,72
130	19					19	130	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,85
140	21					21	140	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94
150	17				1	18	150	0,76	0,00	0,00	0,00	0,04	0,81
160	7				2	9	160	0,31	0,00	0,00	0,00	0,09	0,40
170	22				1	23	170	0,98	0,00	0,00	0,00	0,04	1,03
180	44					44	180	1,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1,97
190	32					32	190	1,43	0,00	0,00	0,00	0,00	1,43
200	43		1			44	200	1,92	0,00	0,04	0,00	0,00	1,97
210	83		2			85	210	3,71	0,00	0,09	0,00	0,00	3,80
220	95	1	2			98	220	4,25	0,04	0,09	0,00	0,00	4,38
230	121	3	3		1	128	230	5,41	0,13	0,13	0,00	0,04	5,72
240	181	4	7		3	195	240	8,09	0,18	0,31	0,00	0,13	8,72
250	223	3	13		4	243	250	9,97	0,13	0,58	0,00	0,18	10,87
260	238	3	15	1	2	259	260	10,64	0,13	0,67	0,04	0,09	11,58
270	212	5	10	2	2	231	270	9,48	0,22	0,45	0,09	0,09	10,33
280	125	5	3	1	1	135	280	5,59	0,22	0,13	0,04	0,04	6,04
290	62	4	3		1	70	290	2,77	0,18	0,13	0,00	0,04	3,13
300	51	3	6		2	62	300	2,28	0,13	0,27	0,00	0,09	2,77
310	35	1	3		1	40	310	1,57	0,04	0,13	0,00	0,04	1,79
320	25					25	320	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12
330	23					23	330	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00	1,03
340	16					16	340	0,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72
350	22		2			24	350	0,98	0,00	0,09	0,00	0,00	1,07
2088	40	80	4	36	2248								

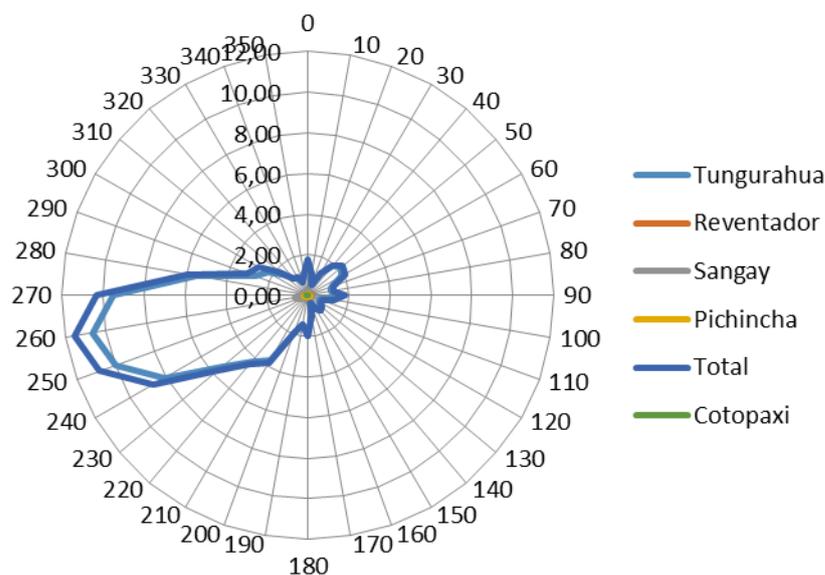


Figura 26 Direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica Diciembre 1999-2016

2.2.1.2. Análisis y evaluación de riesgos

Posterior a la identificación de los peligros específicos y una vez identificadas las consecuencias de los mismos se debe analizar y evaluar los riesgos mediante dos variables la probabilidad y la gravedad. La probabilidad es la posibilidad que un evento o condición insegura pueda ocurrir y la severidad son los posibles efectos de un evento o condición insegura, tomando como referencia la peor condición previsible.

Existen varios métodos para la evaluación de los riesgos pero seguiremos el método empleado en el Manual de Gestión de la Seguridad operacional, pero el significado lo hemos limitado de acuerdo a nuestra realidad.

En la tabla 23 se observa la probabilidad de los riesgos de seguridad operacional, en la primera columna están cinco posibilidades y en la columna dos está el significado de cada una de ellas, las consecuencias deben relacionarse con una de estas opciones.

Tabla 23***Tabla de probabilidad de los riesgos de seguridad operacional***

PROBABILIDAD	
Frecuente	Es probable que suceda muchas veces (ha ocurrido frecuentemente), en cortos periodo de intervalo. Se espera que ocurra más del 75% de veces que se ha realizado esa operación o actividad.
Ocasional	Probable que ocurra en el tiempo. Se espera que ocurra varias veces, entre un 50% y 74% de veces que se ha realizado esa actividad u operación.
Remoto	Puede ocurrir en el tiempo. Puede ser esperado razonablemente que ocurra pocas veces, entre un 25% y 49% de veces que se ha realizado esa actividad u operación.
Improbable	Es muy poco probable que ocurra. Puede ocurrir entre un 1% y 24% de veces que se ha realizado esa actividad u operación. No se sabe si ha ocurrido.
Sumamente improbable	Improbable que ocurra. Es casi inconcebible que ocurra el evento

La tabla 24 se observa la gravedad de los riesgos de seguridad operacional, en la primera columna consta cinco categorías para indicar el nivel de gravedad severidad de un evento u ocurrencia y en la siguiente columna el significado de cada uno de ellos, esto con la finalidad de estandarizar criterios en todos los usuarios.

Tabla 24***Tabla de gravedad de los riesgos de seguridad operacional***

SEVERIDAD DEL RIESGO	
Catastrófico	El riesgo puede causar una o varias muertes, perdida de un bien (equipo destruido) o no cumplimiento de la misión.
Peligroso	El riesgo puede causar heridas o lesiones severas permanentes, enfermedades crónicas, daños importantes al equipo o a la propiedad, una afectación seria al cumplimiento de la misión. Una gran reducción de los márgenes de seguridad operacional, estrés físico o una carga de trabajo tal que ya no se pueda confiar en el personal para que realicen sus tareas con precisión o por completo
Grave	El riesgo puede ocasionar heridas, lesiones o enfermedades temporales, daños a la propiedad o una afectación menor para el cumplimiento de la misión. Una reducción importante de los márgenes de seguridad operacional, una reducción en la capacidad del personal para tolerar condiciones de operación adversas como resultado de un aumento en la carga de trabajo o como resultado de condiciones que afecten su eficiencia. También deben considerarse los Incidentes aéreos graves. Continúa ...

Leve	El riesgo puede ocasionar heridas o lesiones mínimas, daños a la propiedad o afectaciones mínimas al cumplimiento de la misión. Molestias, limitaciones operacionales, el uso de procedimientos de emergencia. También deben considerarse los incidentes leves aéreos.
Insignificante	El riesgo presenta una amenaza mínima a la seguridad o salud, material o misión. El personal involucrado no requiere atención médica.

Una vez analizados los riesgos en términos de probabilidad y gravedad, la siguiente etapa es llevar el proceso bajo control de la organización, mediante una evaluación de la tolerabilidad de las consecuencias del peligro.

El proceso de la evaluación de la tolerabilidad consiste en dos etapas, la primera es la combinación de las tablas de probabilidad y gravedad mediante una matriz de los riesgos de seguridad operacional.

En la tabla 25 se encuentra la matriz de evaluación de los riesgos de seguridad operacional, en la primera columna está compuesta de cinco categorías de la probabilidad del riesgo que son frecuente, ocasional, remoto, improbable y sumamente improbable y en la segunda fila la severidad del riesgo que es catastrófico, peligroso, importante, leve y moderado. Una vez evaluado el riesgo operacional en términos de probabilidad y severidad por ejemplo la probabilidad es remoto y la severidad es importante se obtiene que el riesgo es alto, al combinar la tabla.

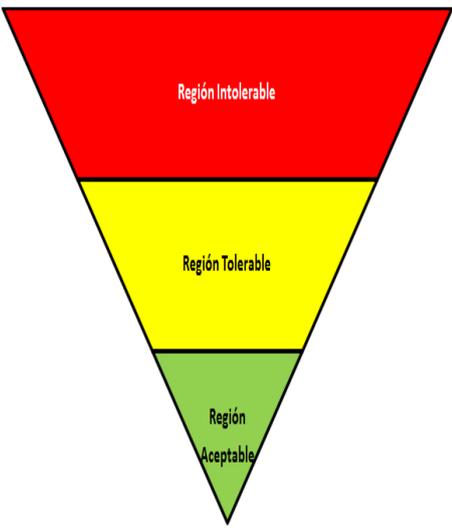
Tabla 25
Matriz de evaluación de los riesgos de seguridad operacional

Probabilidad del riesgo	Severidad del riesgo				
	Catastrófico	Peligroso	Importante	Leve	Insignificante
Frecuente	ALTO	ALTO	ALTO	MODERADO	MODERADO
Ocasional	ALTO	ALTO	MODERADO	MODERADO	MODERADO
Remoto	ALTO	MODERADO	MODERADO	MODERADO	BAJO
Improbable	MODERADO	MODERADO	MODERADO	BAJO	BAJO
Sumamente Improbable	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	BAJO

La siguiente etapa una vez obtenido el índice de riesgo de seguridad operacional obtenido de la matriz de evaluación de los riesgos de seguridad operacional debe llevarse a una matriz de tolerabilidad de los riesgos de seguridad operacional, la misma que se representa como un triángulo en posición invertida, que desde el punto de vista de seguridad operacional está recargado desde arriba, es decir la mayoría de los riesgos se evalúan inicialmente desde la región intolerable, un número menor de riesgos se evaluarán dentro de la región tolerable y muy pocos estarán en la región aceptable, esto debido al detalle rigurosidad en los procesos de identificación de peligros, análisis y evaluación de los riesgos.

Tabla 26

Matriz de tolerabilidad de los riesgos de seguridad operacional

Regiones de tolerabilidad	Expresión cualitativa del riesgo	Criterio sugerido
 <p>Región Intolerable</p>	Alto	Inaceptable en las actuales circunstancias
<p>Región Tolerable</p>	Moderado	Aceptable según las medidas de minimización de riesgos. Requiere de una decisión de gestión por el Nivel de Comando pertinente.
<p>Región Aceptable</p>	Bajo	Aceptable

En la tabla 26 se observa la Matriz de tolerabilidad de los riesgos de seguridad operacional, en la primera columna están las regiones de tolerabilidad identificadas con colores, rojo es la región intolerable, amarillo la región tolerable y verde la

región aceptable, en la segunda columna la expresión cualitativa del riesgo: alto moderado y bajo; y en la tercera columna los criterios sugeridos para cada una de las anteriores.

2.2.1.3. Control / mitigación de los riesgos de seguridad operacional

La última etapa de llevar bajo control de la organización las consecuencias de los peligros que se han identificado y la evaluación de los riesgos de seguridad operacional son las estrategias de control / mitigación que deben aplicarse, ambos términos hacen referencia a designar medidas para enfrentar el peligro y reducir los riesgos de seguridad operacional.

La razón de ser del triángulo invertido es que mediante medidas de mitigación y control, el riesgo operacional va disminuyendo entrando en parámetros aceptables o con un nivel de riesgo tan bajo como sea practicable a fin de evitar que se produzcan accidentes.

En la tabla 25 sobre medidas recomendadas según el nivel de riesgo se observa que la primera columna expresiones cualitativas del riesgo relacionadas con colores, el rojo es alto, el amarillo moderado y el verde bajo, en la segunda columna la expresión cuantitativa relacionada con la primera columna en que el valor para un riesgo alto es 3, para un riesgo moderado es 2 y para un riesgo bajo es 1 y la tercera columna son las medidas recomendadas para cada nivel de riesgo.

En teoría resulta imposible eliminar un riesgo, únicamente que suspendamos las operaciones aéreas de forma permanente.

Tabla 27
Medidas recomendadas según el nivel del riesgo

Expresión cualitativa del riesgo	Expresión cuantitativa del riesgo	Medidas recomendadas
Alto	3	Suspenda la actividad o disminuya la operación oportunamente, si fuera necesario. Realice la mitigación de riesgos con controles preventivos adicionales o mejorados implementados para reducir el índice de riesgos al rango moderado o bajo.
Moderado	2	Programe una evaluación de seguridad operacional para reducir el índice de riesgos hasta el rango bajo, si fuera factible. Implemente controles adicionales.
Bajo	1	Aceptable en las condiciones actuales. Es necesario mantener los controles establecidos. No se necesita una mitigación de riesgos adicional.

Las estrategias genéricas para el control / mitigación de los riesgos de seguridad operacional son tres:

- **Evitar.**- Cancelar las operaciones aéreas porque los riesgos de seguridad operacional exceden los beneficios de continuar con la operación. Los encargados de la seguridad deben permanente identificar nuevos peligros, para evaluarlos y si caen dentro de la región no tolerable identificada con rojo cancelar inmediatamente la operación.
- **Reducir.**- Disminuir la frecuencia de las operaciones aéreas o se toman medidas para minimizar los riesgos. Como por ejemplo prohibir el vuelo instrumental en la región sierra.

- **Separar la exposición.** Adoptar medidas para aislar los efectos de las consecuencias de los peligros. Por ejemplo realizar sobrevuelos en áreas posiblemente contaminadas con ceniza volcánica únicamente aeronaves bimotor.

La transferencia del riesgo se lo realiza a través de seguros en este caso el Ejército Ecuatoriano tiene un contrato con Seguros Sucre tanto para las tripulaciones, pasajeros, aeronaves que se encuentran en tierra como en vuelo así como seguro a terceros, sin embargo la transferencia del riesgo no es una medida empleada para reducir los riesgos operacionales.

Las estrategias de control / mitigación de los riesgos de seguridad operacional pueden sustentarse en las defensas establecidas para el campo aeronáutico que son la tecnología, instrucción y reglamentos, las mismas que se pueden reforzar en busca de la mejora continua. A continuación se presentan defensas existentes en el G.A.E 45 “PICHINCHA”:

- Tecnología, a las aeronaves operables se ha realizado una reingeniería total con la modernización que consiste en cambiar la tecnología análoga por digital en los instrumentos de navegación y control.
- Instrucción, el G.A.E 45 “PICHINCHA” cuenta con un plan anual de instrucción en el que se considera exámenes teóricos y de vuelo, además de un chequeo semestral obligatorio para verificar la proeficiencia, realización de entrenamientos en simulador de vuelo que permite a las tripulaciones simular de emergencias, el personal de mantenimiento igualmente tiene sus capacitaciones y evaluaciones permanentes, por parte de la oficina de Adiestramiento en el trabajo.
- Reglamentos, las tripulaciones de vuelo y personal de mantenimiento permanentemente están revisando los manuales de vuelo y mantenimiento para el cumplimiento de sus actividades ya que es mandatorio el uso de manuales puesto la memoria es frágil y por diferentes problemas el

personal puede olvidarse algún procedimiento, al utilizar los manuales técnicos garantiza la seguridad operacional.

Las defensas pueden ser mantenidas, reforzadas e incluso se pueden introducir nuevas defensas, con esto los riesgos de seguridad operacional iniciales se vuelven a evaluar para determinar si el nivel es tan bajo como sea practicable para llegar a determinar la aceptación o no de los riesgos de seguridad operacional. Una vez aceptada la mitigación las estrategias elaboradas e implementadas deben reintroducirse en las defensas para asegurar su efectividad.

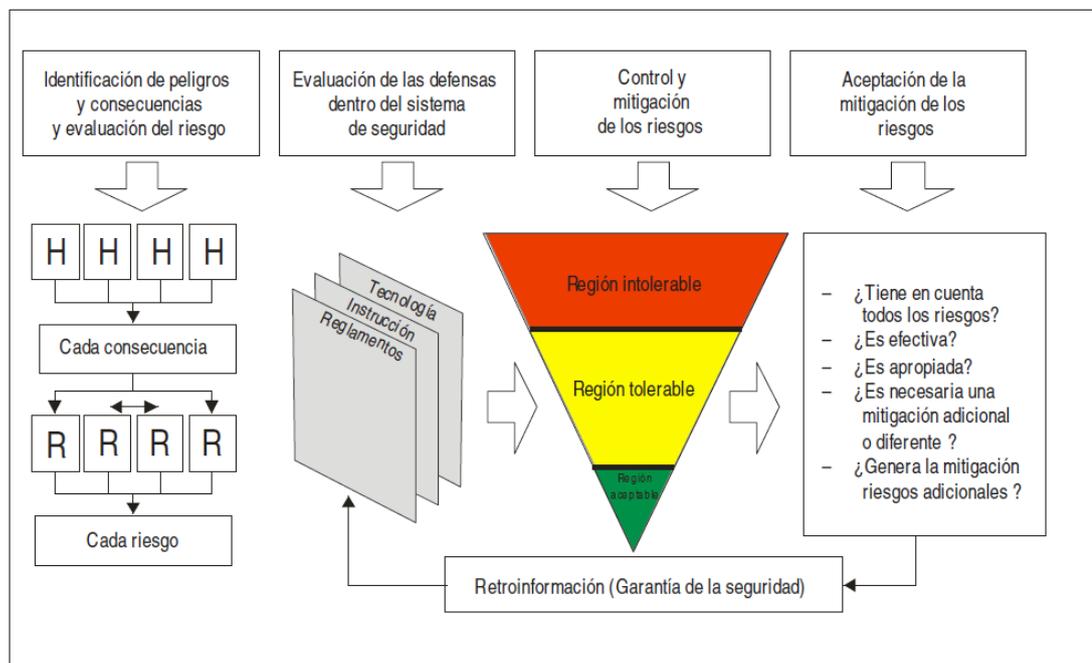


Figura 27 El proceso de mitigación de seguridad operacional

Fuente: (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009b)

En la figura 28 está el proceso de mitigación de seguridad operacional, la primera columna es la identificación de peligros y consecuencias y evaluación del riesgo, las H representa que cada peligro puede tener varias consecuencias y que cada consecuencia puede tener varios riesgos

representada por la letra H, la segunda columna se refiere a la evaluación de las defensas dentro del sistema de seguridad que son tecnología, instrucción y reglamentos, la tercera columna se refiere al control y mitigación de los riesgos para determinar la región en la que se ubica el riesgo: intolerable, tolerable y aceptable, la cuarta y última etapa es aceptar la mitigación de los riesgos de seguridad operacional para lo cual se ayuda de cinco interrogantes, y finalmente se realiza una retroinformación con las medidas de mitigación aceptadas para asegurar la integridad y efectividad de tales defensas en las nuevas condiciones operacionales.

2.3. Marco conceptual

Para entender varios conceptos sobre el tema investigado, se ha considerado fuentes bibliográficas de varios autores, quienes ponen de manifiesto su doctrina, que facilita su entendimiento y comprensión.

2.3.1. ASHTAM

NOTAM de una serie especial que notifica, por medio de un formato específico, un cambio de importancia para las operaciones de las aeronaves debido a la actividad de un volcán, una erupción volcánica o una nube de cenizas volcánicas. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2012)

2.3.2. Aeronaves orgánicas

Son las aeronaves que constan en los estados de determinada unidad.

2.3.3. Aeronaves bajo control operacional

Son las aeronaves que deben cumplir misiones de vuelo en una jurisdicción que no corresponde a su unidad orgánica, por lo que otra unidad acoge a esa aeronave bajo control operacional y es responsable de hacerla constar en la orden de vuelo, proveer

lo necesario para la operación, seguridad, seguimiento y control diario de todas las actividades.

2.3.4. Ceniza volcánica

Compuesto de minerales característicos de las erupciones volcánicas. Los minerales característicos de la mayoría de las cenizas volcánicas son el sílice y cantidades menores de óxidos de aluminio, hierro, calcio y sodio. El material vítreo del silicato es muy duro y sumamente abrasivo. Su punto de fusión está por debajo de la temperatura del quemador del motor de reacción, lo que implica riesgos adicionales. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2012)

2.3.5. Consecuencia

Es el posible resultado de un peligro. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009).

2.3.6. Desastre

Un desastre es un evento calamitoso, repentino o previsible, que trastorna seriamente el funcionamiento de una comunidad o sociedad y causa unas pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales que desbordan la capacidad de la comunidad o sociedad afectada para hacer frente a la situación a través de sus propios recursos. Aunque frecuentemente están causados por la naturaleza, los desastres pueden deberse a la actividad humana. (Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja, s.f)

2.3.7. Epicentro

Es el punto en la superficie terrestre situado directamente encima del hipocentro. (Universidad de Costa Rica, 2014)

2.3.8. Gravedad de los riesgos de seguridad operacional

Es la posible consecuencia de un suceso o condición inseguro, tomando como referencia la peor situación previsible. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009)

2.3.9. Gestión de los riesgos de seguridad operacional

Evaluación y mitigación de los riesgos de seguridad operacional como consecuencias de los peligros que amenazan las capacidades de una organización, a un nivel tan bajo como sea razonable en la práctica (ALARP) (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009)

2.3.10. Gestión de Seguridad Operacional

Función de la organización que se esfuerza continuamente en identificar todos los peligros para la seguridad operacional y en evaluar y gestionar los riesgos de seguridad operacional asociados a través de un enfoque sistemático que incluye la estructura organizativa necesaria, las obligaciones de rendición de cuentas, las políticas y los procedimientos (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009)

2.3.11. Hipocentro

El hipocentro o foco es la zona en el interior de la Tierra donde inicia la ruptura de la falla: desde ahí se propagan las ondas sísmicas. (Universidad de Costa Rica, 2014)

2.3.12. Mitigación

Proceso de llevar bajo control de la organización los riesgos de seguridad operacional. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009)

2.3.13. NOTAM

Es el acrónimo inglés de Notice To Airmen ó (Información para aviadores). Los NOTAM contienen información importante sobre las condiciones extraordinarias que se estén presentando desde el aeropuerto de salida, la ruta y el aeropuerto de llegada, como pueden ser entre otras circunstancias, vuelos gubernamentales y/o de jefes de estado, nacionales o internacionales, operaciones militares, eventos acrobáticos, pistas cerradas o en mantenimiento etc. (Mtz, 2009)

2.3.14. Nube de cenizas volcánicas

La totalidad del material expulsado de un volcán a la atmósfera y transportado por vientos en altura. Consta de cenizas volcánicas, gases y sustancias químicas. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2012)

2.3.15. Peligro

Una condición o un objeto que podría provocar lesiones al personal, daños al equipo o estructuras, pérdidas de material o reducción de la capacidad de realizar una función prescrita. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009)

2.3.16. Probabilidad de los riesgos de seguridad operacional

Es la probabilidad de que pueda ocurrir un suceso o condición insegura. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009)

2.3.17. Riesgo de seguridad operacional.

Es la evaluación expresada en términos de probabilidad y gravedad previstas, de las consecuencias de un peligro, tomando como referencia la peor situación previsible. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009).

2.3.18. Sistemas sociotécnicos.-

Son los sistemas en que las personas deben interactuar activa y estrechamente con la tecnología. (Organización de Aviación Civil Internacional, 2009)

2.4. Marco legal

El marco legal que sustenta el presente trabajo de investigación es la Constitución de la República del Ecuador, Ley de Seguridad Pública y del Estado, Plan Nacional del Buen Vivir, Plan Nacional de Seguridad Integral, Agenda Política de la Defensa, y Planes Militares.

En la (Constitución de la República del Ecuador, 2008), en el artículo 3 menciona como uno de los deberes primordiales del estado garantizar y defender la soberanía nacional, proteger el patrimonio natural y cultural del país y garantizar a sus habitantes el derecho a una cultura de paz y a la seguridad integral. En el artículo 389 establece que el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos tendrá como funciones principales garantizar el financiamiento suficiente y oportuno para el funcionamiento del Sistema, y coordinar la cooperación internacional dirigida a la gestión de riesgo. En el artículo No. 390 señala que los riesgos se gestionaran bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicara la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindaran el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad.

La (Ley de Seguridad Pública y del Estado , 2014) en el artículo 1 señala que la ley tiene por objeto regular la Seguridad Integral del Estado y de todos los habitantes del Ecuador, garantizando el orden público, la convivencia, la paz, el buen vivir, asegurando la defensa nacional, previniendo los riesgos y amenazas de todo orden, a través del sistema de seguridad pública y del estado

En el (Plan Nacional para el Buen Vivir , 2013-2017) en el objetivo No. 6 indica que es necesario consolidar la transformación de la justicia y fortalecer la seguridad integral, en estricto respeto a los derechos humanos.

En el (Plan Nacional de Seguridad Integral , 2014 - 2017), dentro de los ámbitos de la Seguridad Integral señala la Gestión de Riesgos y Ambiente.

En la (Agenda Política de la Defensa, 2014-2017) la política 2 indica que se deberá participar en la Seguridad Integral y protección de los derechos, libertades y garantías de las personas.

En el (Plan del Sistema Integrado de Seguridad de la Fuerza Terrestre “RESPONSABILIDAD DE TODOS, 2015-2016) la misión del Ejército en lo referente al campo de seguridad es que la Dirección del Sistema Integrado de Seguridad de la Fuerza Terrestre, gestionará la prevención y valoración de seguridad en forma permanente en las unidades y repartos militares de la Fuerza Terrestre, para prevenir accidentes y enfermedades ocupacionales; prevenir, mitigar, compensar o remediar impactos ambientales negativos y los efectos ocasionados por desastres naturales o antrópicos al interior de los repartos militares, a fin de mejorar la capacidad operativa de la Fuerza Terrestre.

En el Plan de Seguridad “BALUARTE 2017” para la 15 B.A.E “PAQUISHA” y para el Fuerte Militar “GRAE. MARCO AURELIO SUBIA” la misión en el campo de seguridad es que planificará, coordinará y ejecutará actividades de seguridad y prevención de accidentes a partir de la presente fecha, asesorando e interviniendo permanentemente en todos los niveles operativos y administrativos de la Brigada, para prevenir accidentes aéreos, terrestres, enfermedades ocupacionales e impactos ambientales negativos; a fin de precautelar los recursos humanos y materiales de la Institución y su entorno de trabajo; cumpliendo todas sus misiones con elevados estándares de seguridad y a través de un adecuado sistema de identificación de peligros y gestión del riesgo. (Benavides, 2017)

2.4.1. Influencia del Marco Legal en la Investigación

La exigencia de todas estas leyes, normas, procedimientos emitidos por los estamentos correspondientes, buscan mejorar la gestión, garantizar la vida, los recursos y el medio ambiente minimizando los riesgos en el cumplimiento de las operaciones del G.A.E 45 “PICHINCHA”.

Estos requisitos legales contemplan la base principal para garantizar la continuidad de las operaciones aéreas.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque mixto, es decir cuantitativo debido a la obtención de datos, cifras, números y también cualitativo porque se enfoca a la experiencia de vuelo en helicópteros.

3.2. Modalidad de la investigación

Para la presente investigación se aplicará una modalidad de tipo bibliográfica para la conformación del marco teórico, conceptual y el desarrollo mismo de la investigación.

Posteriormente se incluirá la investi

gación de campo para la recaudación de la información referente a procedimientos establecidos en los manuales de vuelo, manuales de mantenimiento y procedimientos operativos normales.

3.3. Tipos de investigación

Para la presente investigación se ha considerado la investigación descriptiva porque es el proceso mediante el cual se perciben ciertos rasgos existentes en la realidad tratando de caracterizar un fenómeno, como es la ceniza volcánica.

3.3.1. Por su finalidad

Se realizará una investigación de tipo aplicada debido a que se busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los riesgos de origen natural que afectan a las operaciones del G.A.E 45 “Pichincha”.

3.3.2. Por las fuentes de información

Esta investigación puede ser considerada de carácter mixto ya que involucra la investigación de campo (investigación exploratoria) y documental (concluyente descriptiva).

3.3.3. Por las unidades de análisis

La investigación por unidades de análisis será de tipo “In situ”, debido a que la investigación se realizará en el lugar de los hechos es decir el G.A.E 45 “Pichincha”.

3.3.4. Por el control de las variables

La investigación ejecutará un control de variables de tipo no experimental pues no es posible la manipulación de las variables de estudio, por el contrario se estudian y analizan en base a su comportamiento histórico y actual.

3.3.5. Por el alcance

Al considerar el alcance de la presente investigación se la considera de tipo correlacional, ya que el objetivo que persigue es demostrar la relación entre las variables de estudio.

3.4. Técnicas de Recolección de la Información

3.5. Fuentes primarias

Las fuentes primarias que se utilizaron y que constituyeron testimonio o evidencia directa sobre el tema de investigación y que ofrecieron un punto de vista desde adentro del evento en particular fueron las siguientes:

- Documentos, manuales sobre el tema.
- Entrevistas.
- Apuntes de investigación.
- Noticias tomadas de diarios nacionales e internacionales.

- Fotografías.
- Otras generadas por el investigador ya que al ser Piloto de Aviación del Ejército, mantiene datos reales recogidos mediante encuestas y entrevistas informales con compañeros pilotos de la institución.

3.6. Fuentes Secundarias

Este tipo fuentes fueron recopiladas a través del internet, guías, diccionarios especializados, enciclopedias, base de datos, es decir, aquella información que contiene material ya conocido, pero organizado según un esquema determinado. La información hace referencia a las fuentes primarias.

La información fue basada en los vientos generados del modelo de circulación global en una base 24/7 y reportada en cortos periodos de tiempo, pendiente en la gravedad de las emisiones y son proyectadas por los siguientes 6,12 y 18 horas, respectivamente.

El método usado para evaluar las nubes cargadas de ceniza de los archivos del satélite de imágenes de Ecuador del of the Satellite Services Division of the National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS) por el periodo entre septiembre de 1999 y junio de 2017. La principal dirección de las nubes 270° han sido contadas doble, mientras los flancos laterales de la misma nube (260° y 280°) son contados de una vez.

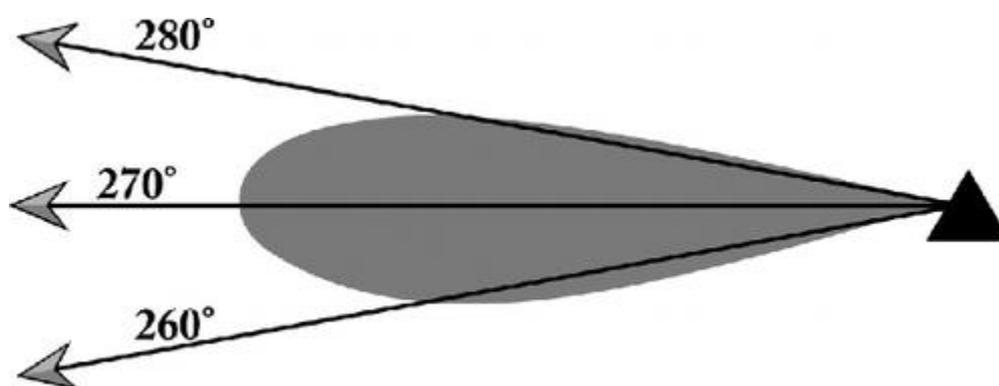


Figura 28 Principal dirección de las nubes

Un total de 19844 datos (suma total de los datos de todos los meses del año que constan en las tablas desde la 11 a la 22) de las 4961 (valor al dividir 19844 para cuatro) imágenes fueron subdivididas por meses en orden para determinar la principal dirección del viento por las diferentes estaciones en Ecuador. Alrededor del 89.55% de los datos obtenidos pertenecen al volcán Tungurahua, 4.18% al volcán Reventador, 2,57% al volcán Sangay, 3.07% al volcán Cotopaxi y el resto 0.63% al volcán Guagua Pichincha.

Direcciones del viento trazadas en un diagrama de rosa en dependencia de diferentes meses por el periodo de tiempo de septiembre de 1999 hasta junio de 2017 basado en archivos del NOAA. El área cubierta es Ecuador continental, con pequeñas excepciones donde la ceniza alcanzaba el océano pacífico. La altitud de las nubes de ceniza está variando entre 20.000 y 25.000 y otro entre 30.000 y 40.000 pies. Generando juntas un 98% de la información disponible.

La simulación proporcionada por la página del (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017) fue generada utilizando el modelo de dispersión Ash3D del Servicio Geológico de los Estados Unidos con una altura de columna eruptiva variable y un volumen de 100.000 m³. Las incertidumbres en el modelo significan que caídas de ceniza pueden ocurrir afuera del área que está delineada en color amarillo, como se observa en la figura 10.

CAPITULO IV

4. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

En la investigación se dio un panorama sumamente amplio de los riesgos de origen natural existentes en el Ecuador que afectan tanto a las operaciones aéreas como a la infraestructura misma, y así fui cerrando el escenario para enfocarme en la Provincia de Pichincha basándome en la investigación realizada por María Fernanda Pauker en la que menciona que los riesgos de origen natural que afectan a la Provincia de Pichincha son los sismos, la actividad volcánica, sequías, inundaciones y deslizamientos de tierra. Enfocándose al área de estudio que es el G.A.E 45 “Pichincha” localizado en la Balbina se puede determinar que las sequías no afectan las operaciones aéreas ni de mantenimiento, según información proporcionada por la Secretaría de Gestión de Riesgos la Balbina se encuentra clasificada como aérea segura en caso de inundaciones producto de la erupción del Volcán Cotopaxi, además el sector es plano con buenos drenajes naturales y artificiales por lo que no se considera las inundaciones, las mismas consideraciones de un sector plano y además sin elevaciones a su alrededor descarta la posibilidad de deslizamientos de tierras.

En base a lo anterior se puede establecer que los riesgos de origen natural que afectan al G.A.E 45 “Pichincha” localizado en la Balbina son los sismos y la actividad volcánica. La Balbina está localizada en una zona calificada como Muy Alta Intensidad Sísmica según se observó en la figura 3, en la que en los últimos 15 meses se han registrado 15 sismos en la Provincia de Pichincha y uno cuyo epicentro fue el sector de Sangolquí junto a la Balbina con una intensidad de 3,8 grados como se observa en la tabla 7, lo que significa que las instalaciones son muy vulnerables pero desde el punto de vista de las operaciones aéreas el riesgo se reduce considerablemente, sin embargo el GAE 45 “Pichincha” dispone de un plan en caso de sismos. En lo que se refiere a la actividad volcánica se presentan varios peligros como son flujos piroclásticos, lahares, inundaciones, ceniza volcánica, etc, pero lo

que afecta a las instalaciones y operaciones aéreas del G.A.E 45 “Pichincha” es la ceniza volcánica.

Al realizar operaciones aéreas a todo el territorio nacional el G.A.E 45 “Pichincha” se ve afectado por los cinco volcanes que en los últimos 19 años se encuentran en proceso eruptivo que son Guagua Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Reventador y Sangay; los mismos que han emitido ceniza volcánica, la misma que es transportada por la influencia del viento hasta lugares muy alejados por lo que los datos nos permitirá tener información para una seguridad predictiva en la planificación de las rutas aéreas.

Para el análisis e interpretación de la información obtenida de la dirección del viento cargadas de cenizas volcánicas es importante recordar la ayuda que nos brinda la rosa de los vientos representada en la figura 30, mostrándonos la dirección de los ocho vientos principales, donde la N significa norte, S sur, E este, O oeste, NE noreste, SE sureste, SO sur oeste y NO noroeste.

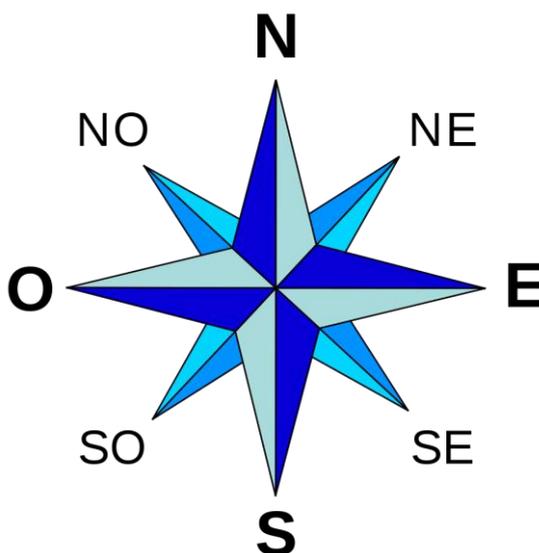


Figura 29 Rosa de los vientos

Realizada la recolección de información, mediante la aplicación de los instrumentos para dicho efecto, se procedió a analizar, interpretar y procesar la información, la misma que arrojó los siguientes resultados:

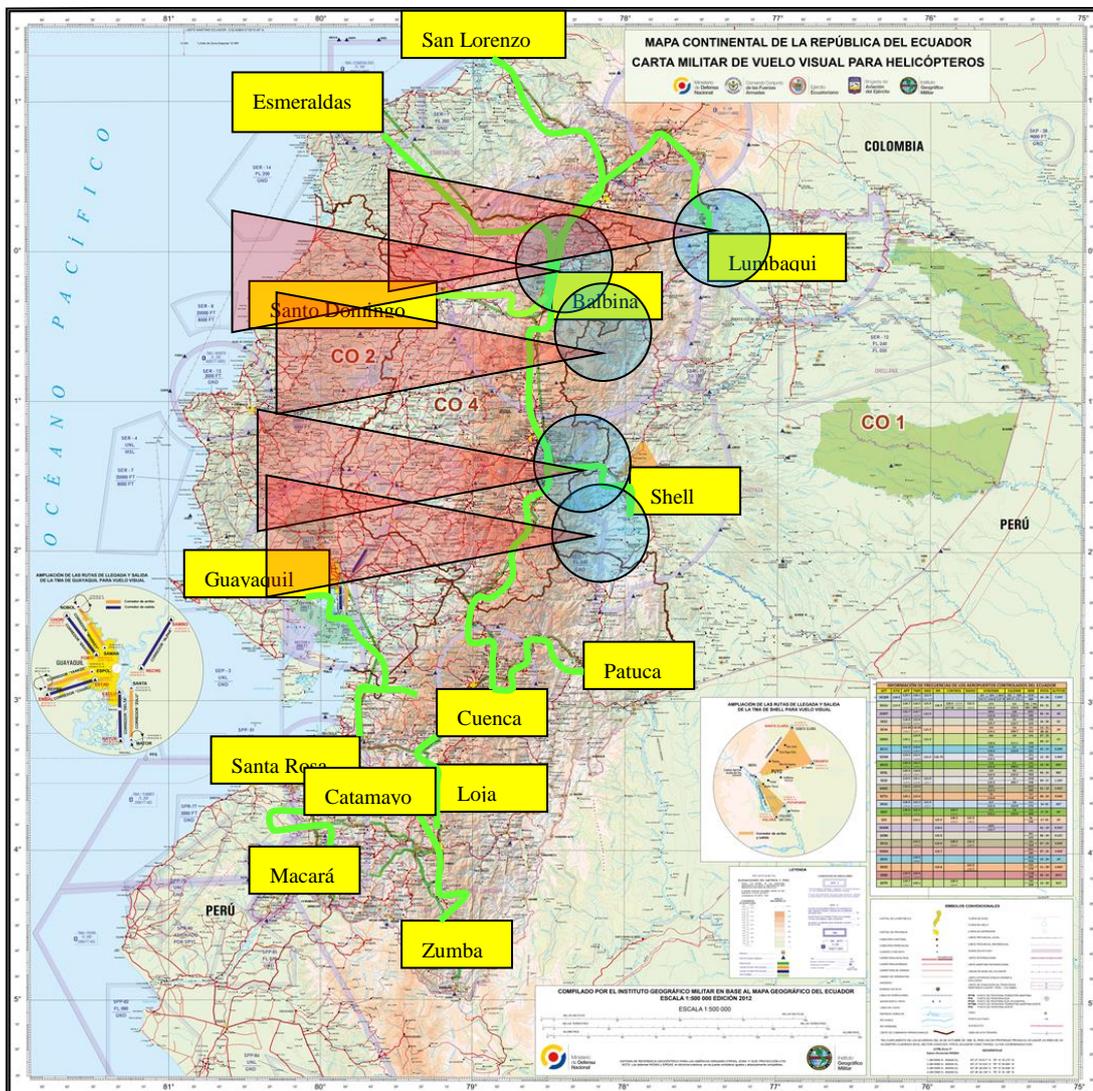
- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de enero desde el año 2000 hasta el 2017 como se observa en la figura 15, se determina que existe una marcada tendencia del viento de E a O y en pequeñas magnitudes de O a E, del SO al NE y del NO al SE, la mayor información es del Volcán Tungurahua, en menor cantidad del Sangay y Reventador y no existen datos del Volcán Pichincha y Cotopaxi, estas direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina y Balbina – Cuenca – Balbina.
- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de febrero desde el año 2000 hasta el 2017 como se observa en la figura 16, se puede determinar que existe una marcada tendencia del viento de E a O especialmente del Volcán Tungurahua y en pequeñas magnitudes del NO al SE, del N al S y del S al N, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina y Balbina – Cuenca – Balbina.
- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de marzo desde el año 2000 hasta el 2017, se puede determinar que existe una marcada tendencia del viento de E a O como se observa en la figura 17, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina y Balbina – Cuenca – Balbina, incluso dependiendo de la altitud que alcance la ceniza volcánica en una explosión del Volcán Reventador podría afectar las instalaciones del GAE 45 “Pichincha” y las rutas aéreas Balbina – Esmeraldas – Balbina, Balbina, San Lorenzo – Balbina y Balbina – Lumbaqui – Balbina.
- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de abril desde el año 2000 hasta el 2017, se puede determinar que existe una marcada tendencia del viento de E a O como se observa en la figura 18, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina y Balbina – Cuenca – Balbina, incluso

dependiendo de la altitud que alcance la ceniza volcánica en una explosión del Volcán Reventador podría afectar las instalaciones del GAE 45 “Pichincha”.

- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de mayo desde el año 2000 hasta el 2017, se puede determinar que existe una marcada tendencia del viento de E a O como se observa en la figura 19, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina y Balbina – Cuenca – Balbina.
- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de junio desde el año 2000 hasta el 2017, se puede determinar que existe una marcada tendencia del viento de E a O, como se observa en la figura 20, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina y Balbina – Cuenca – Balbina.
- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de julio desde el año 2000 hasta el 2016, se puede determinar que existe una marcada tendencia del viento de E a O, como se observa en la figura 21, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina y Balbina – Cuenca – Balbina, incluso dependiendo de la altitud que alcance la ceniza volcánica en una explosión del Volcán Reventador podría afectar las instalaciones del GAE 45 “Pichincha” y las rutas aéreas Balbina – Esmeraldas – Balbina, Balbina, San Lorenzo – Balbina y Balbina – Lumbaqui – Balbina.
- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de agosto desde el año 2000 hasta el 2016, se puede determinar que existe una marcada tendencia del viento de E a O, como se observa en la figura 22, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina y Balbina – Cuenca – Balbina.
- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de septiembre desde el año 1999 hasta el 2016, se puede determinar que la tendencia del viento de E a O ya no es tan marcada, inicialmente forma un arco entre los 240 y 300 grados, como se observa en la figura 23, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina, Balbina - Santo Domingo - Balbina y Balbina – Cuenca – Balbina.
- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de octubre desde el año 1999 hasta el 2016, se puede determinar direcciones de E a O, sin embargo el comportamiento de viento comienza a variar en magnitudes mucho

menores de O a E y del SE al NO, como se observa en la figura 24, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina, y Balbina – Cuenca – Balbina.

- Las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de noviembre desde el año 1999 hasta el 2016, se puede determinar que la tendencia de E a O no es marcada y tiende en una dirección entre 240 y 270 grados, así como también vientos de O a E en pequeñas magnitudes, como se observa en la figura 25, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina, y Balbina – Cuenca – Balbina, incluso dependiendo de la altitud que alcance la ceniza volcánica en una explosión del Volcán Reventador podría afectar las instalaciones del GAE 45 “Pichincha” y las rutas aéreas Balbina – Esmeraldas – Balbina, Balbina, San Lorenzo – Balbina y Balbina – Lumbaqui – Balbina.
- La figura 26 nos indica las direcciones del viento cargadas con ceniza volcánica en los meses de diciembre desde el año 1999 hasta el 2016, se puede determinar que la tendencia de E a O no es marcada y tiende en una dirección entre 240 y 270 grados, en pequeñas magnitudes las direcciones son variadas de N a S, de S a N, del SO al NE, lo que afectaría a las rutas aéreas Balbina – Shell – Balbina, y Balbina – Cuenca – Balbina.



CAPITULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones:

En la investigación realizada por (Pauker, 2014) sobre los riesgos de origen natural que afectan a la Provincia de Pichincha, concluye que estos son: inundaciones, sequías, deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas y sismos.

En base a mi experiencia profesional de trabajar en el ámbito de la seguridad y volar helicópteros durante veinte y un años, se puede determinar que las sequías no afectan a las operaciones aéreas y tampoco a las instalaciones.

La ubicación del GAE 45 “Pichincha” es alejado de montañas o elevaciones así como de ríos, tiene además buenos drenajes naturales por lo que se descarta la posibilidad de deslizamientos de tierra e inundaciones, además la Secretaria General de Riesgos ha designado como área segura a todo el Fuerte Militar en caso de erupción del Volcán Cotopaxi.

Los riesgos de origen natural que afectan al G.A.E 45 “Pichincha” localizado en la Balbina son los sismos y la actividad volcánica.

El G.A.E 45 “Pichincha” está localizado en una zona calificada como de Muy Alta Intensidad Sísmica en la que en los últimos 15 meses se han registrado 15 sismos en la Provincia de Pichincha y uno en Sangolquí, esto significa que las instalaciones podrían ser afectadas, sin embargo se cuenta con planes de emergencia, pero si las aeronaves se encuentran en vuelo durante un evento inesperado no habrá afectaciones a la seguridad operacional.

Los volcanes Reventador, Guagua Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Sangay han estado en actividad durante los últimos 19 años, el peligro específico que afecta a la seguridad operacional es la ceniza volcánica, la misma que es transportada por los vientos que van de este a oeste entre los meses de abril y septiembre, los otros meses

existen pequeñas variaciones en todas las direcciones, lo que prácticamente afecta a la mayoría las rutas aéreas preestablecidas para helicópteros, las que no se verían afectadas son las rutas que existen al sur del país, pero al ser la base principal en el sector de la Balbina no se podría avanzar hacia el sur.

5.2. Recomendaciones:

- Que el G.A.E 45 “Pichincha” ejecute trimestralmente simulacros de sismos en coordinación con las unidades del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía”.
- Que el G.A.E 45 “Pichincha” elabore planes de contingencia ante la erupción de los Volcanes Reventador, Guagua Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Sangay considerando la afectación de la ceniza volcánica en las rutas aéreas preestablecidas.
- Que el G.A.E 45 “Pichincha” actualice el plan de evacuación de aeronaves con la información proporcionada en la presente investigación.

Referencias

- Agenda Política de la Defensa.* (2014-2017). Obtenido de <http://www.defensa.gob.ec/agenda-politica-de-la-defensa-2014-2017/>
- Benavides, G. (01 de 01 de 2017). Plan de Seguridad BALUARTE. *Brigada de Aviación del Ejército No. 15 "Paquisha"*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Caisapanta, G. (2012). *Diseño en implementación de un Plan de Contingencia para el control de emergencias, tendiente a disminuir los riesgos a los que están expuestos los servidores y usuarios del Aeropuerto Internacional Cotopaxi de la Dirección General de la Aviación Civil.* Obtenido de Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1744/1/T-UCE-0007-46.pdf>
- Constitución de la República del Ecuador.* (20 de 10 de 2008). Obtenido de http://www.inocar.mil.ec/web/images/lotaip/2015/literal_a/base_legal/A._Constitucion_republica_ecuador_2008constitucion.pdf
- D'Ercole, R., Metzger, P., & Sierra, A. (2009). *Alerta volcánica y erupción del volcán Pichincha en Quito (1998-1999)*. Obtenido de Bulletin de l'Institut français d'études andines: <http://bifea.revues.org/2290>
- Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja. (s.f). *Qué es un desastre?* Obtenido de <http://www.ifrc.org/es/introduccion/disaster-management/sobre-desastres/que-es-un-desastre/>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (24 de 08 de 2017). *Tungurahua*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/tungurahua-sim-ceniza>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2017). *Sangay*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/sangay-sim-ceniza>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2017). *Mapa de sismos*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/sismos>

- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (19 de Julio de 2017). *Mapas e informes sísmicos*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/portal/ultimo-sismo/informe-ultimo-sismo.html>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2017). *Reventador*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/reventador>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2017). *Sangay*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/sangay>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (21 de 09 de 2017). *Simulación de caída de ceniza*. Obtenido de Volcán Cotopaxi: <http://www.igepn.edu.ec/cotopaxi-sim-ceniza>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2017). *Tungurahua*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/tungurahua>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2017). *Volcanes*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/red-de-observatorios-vulcanologicos-rovig>
- Ley de Seguridad Pública y del Estado* . (09 de 06 de 2014). Obtenido de http://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic5_ecu_panel5_sercomp_1.3._ley_seg_p%C3%BAblica.pdf
- Macías, C., & Méndez, M. (2010). *Propuesta del Plan de Emergencia del Aeropuerto Dr. Jiménez Cantú de Atizapán de Zaragoza*. Obtenido de Sistemas Aeroportuarios: <http://tesis.ipn.mx:8080/bitstream/handle/123456789/7442/1629%202010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mtz, M. (21 de 02 de 2009). *Qué es un NOTAM?* Obtenido de Revista IVAO-MX: <https://ivaomx.wordpress.com/2009/02/21/que-es-un-notam/>
- Ordóñez, J. (Julio de 2015). Riesgo volcánico en el Valle de los Chillos. *Secretaría de Seguridad de Quito*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Organización de Aviación Civil Internacional. (2009). *Peligros*. Obtenido de Manual de gestión de la seguridad operacional:

http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/ssp-sms/doc_oaci_9859.pdf

Organización de Aviación Civil Internacional. (2009). *Riesgos seguridad operacional*.

Obtenido de Manual de gestión de la seguridad operacional:

http://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/ssp-sms/doc_oaci_9859.pdf

Organización de Aviación Civil Internacional. (2012). *La seguridad de vuelo y las cenizas volcánicas*. Obtenido de Doc 9974: www.icao.int

Pauker, M. (Abril de 2014). *Sistema integral de gestión del riesgo web de origen natural en la Provincia de Pichincha*. Obtenido de ESPE:

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/8643>

Plan del Sistema Integrado de Seguridad de la Fuerza Terrestre "RESPONSABILIDAD DE TODOS. (2015-2016). Obtenido de

<http://biblioteca.gestionderiesgos.gob.ec/items/show/27>

Plan Nacional de Seguridad Integral. (2014 - 2017). Obtenido de

<http://biblioteca.gestionderiesgos.gob.ec/items/show/27>

Plan Nacional para el Buen Vivir. (2013-2017). Obtenido de

<http://www.buenvivir.gob.ec/objetivo-6.-consolidar-la-transformacion-de-la-justicia-y-fortalecer-la-seguridad-integral-en-estricto-respeto-a-los-derechos-humanos>

Significados. (2013). *Significado de sismo*. Obtenido de

<https://www.significados.com/sismo/>

Toulkeridis, T. (05 de 10 de 1999). Volcán Guagua Pichincha. Quito, Pichincha, Ecuador.

Toulkeridis, T. (2002). Volcán Reventador. Chaco, Napo, Ecuador.

Toulkeridis, T. (2015). *Amenazas de origen natural y gestión de riesgos en el Ecuador*.

Obtenido de ESPE:

