

U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR  
U.S. GEOLOGICAL SURVEY

Pamphlet to accompany

**WORLD MAP OF VOLCANOES AND PRINCIPAL  
AERONAUTICAL FEATURES**

By

Thomas J. Casadevall and Theodore B. Thompson

Spanish and French translations of text and warning chart have been  
designed to place over English text on the map sheet.

Geophysical Investigations Series Map GP-1011

## LOS VOLCANES Y LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS AERONÁUTICAS

### INTRODUCCIÓN

Este mapa muestra las ubicaciones de los 1330 volcanes de la Tierra que tuvieron erupciones en los últimos 10 000 años, junto con determinadas ayudas para la navegación aeronáutica y rutas orto-drómicas. El objetivo del mapa consiste en informar y crear una mayor conciencia respecto a la estrecha relación espacial que existe entre los volcanes y las operaciones aeronáuticas. Si se usa en forma correcta, este mapa disminuirá la amenaza que los peligros volcánicos representan para las aeronaves y, de ese modo, contribuirá a mejorar la seguridad de la aviación.

Las aeronaves modernas, especialmente la última generación de aviones de reacción, están diseñadas para operar en entornos libres de polvo y de gases corrosivos. Las erupciones volcánicas explosivas, tales como las erupciones del volcán Redoubt en 1989-90 en Alaska, y las erupciones de 1991 del volcán del Monte Pinatubo en Filipinas, inyectaron cantidades considerables de fragmentos de roca extremadamente pequeños, denominados cenizas volcánicas, así como gases corrosivos, en la troposfera y en la estratosfera inferior. Estas capas de la atmósfera constituyen las altitudes normales de crucero para el tránsito de las aeronaves de reacción comerciales. Estas erupciones explosivas ocurren en algún lugar de la Tierra aproximadamente 10 veces al año. Muchos de estos volcanes explosivos se encuentran en torno a la cuenca del océano Pacífico, en el "Anillo de fuego," y tienen un efecto directo en los aeropuertos, las rutas aéreas y las operaciones de vuelo.

En los últimos 15 años, más de 80 aeronaves de reacción han sido averiadas como resultado de encuentros sorpresivos con nubes en movimiento bajas de ceniza volcánica que han contaminado las rutas aéreas y las instalaciones aeroportuarias. La mayor parte de estos encuentros afectaron a aeronaves de reacción de gran envergadura de líneas aéreas comerciales, siete de las cuales experimentaron pérdidas en vuelo de la potencia del motor. Los costos de reparación y repuestos relacionados con encuentros entre aeronaves y nubes de cenizas en los últimos 15 años superan los \$200 millones. Además del elevado costo económico de estos encuentros, el costo humano potencial es extremadamente alto: se arriesgaron las vidas de 1 500 pasajeros a bordo de siete aeronaves de transporte. El problema se complica al tomar en consideración el hecho de que las nubes de cenizas volcánicas no son detectables por los instrumentos radar de la generación actual instalados a bordo de las aeronaves. La única forma de impedir que las cenizas volcánicas produzcan averías a las aeronaves consiste en eludir las completamente.

Las nubes de cenizas volcánicas pueden desplazarse en forma errática por cientos o miles de millas a partir de su fuente, y pueden contaminar volúmenes substanciales de espacio aéreo. Las nubes de ceniza pueden desplazarse por encima de numerosos países y dentro de diferentes regiones de información de vuelo (FIR) y jurisdicciones de control del tránsito

aéreo (ATC). En algunas oportunidades, las cenizas provenientes de una sola erupción pueden contaminar una región del espacio aéreo que se utiliza intensamente. Esto obliga a desviar, retardar o cancelar vuelos. Dado el carácter de las operaciones de vuelo a grandes distancias en la actualidad, una sola erupción puede tener repercusiones mundiales en las operaciones de tránsito aéreo.

Un elemento importante para eludir las zonas conocidas de actividad volcánica y de nubes de cenizas consiste en la capacidad de determinar la proximidad relativa de volcanes o nubes de cenizas respecto a los aeropuertos y corredores de vuelo que podrían ser afectados por cenizas volcánicas. Este mapa y la información representada en el mismo, correlaciona los volcanes con las principales características aeronáuticas. Asimismo, proporciona la latitud y longitud de las posiciones de volcanes activos, así como un medio para transcribir en forma gráfica datos meteorológicos tales como trayectorias de las nubes de cenizas o fenómenos meteorológicos similares a escala mundial.

Debido a que resulta difícil elaborar cartas adecuadas sobre el origen, la posición y el movimiento mundial de una nube de cenizas utilizando cartas aeronáuticas convencionales en ruta, los participantes en el *Primer Simposio sobre cenizas volcánicas y seguridad de la aviación*, celebrado en Seattle, Washington, en julio de 1991, convinieron en que una carta mundial de diseño único constituía el medio más eficaz para mostrar el aspecto global de las nubes de cenizas volcánicas y sus relaciones con la aviación comercial.

### VOLCANES

Normalmente, los volcanes activos se concentran en forma de cinturones o cadenas a lo largo de los bordes de diversos continentes, tales como las regiones occidentales de las Américas, o en archipiélagos, tales como el de Indonesia, el Japón, las islas Kuriles, y las islas Aleutianas. La distribución de los volcanes refleja las estructuras fundamentales de la Tierra, denominadas placas tectónicas. En las inmediaciones de los bordes de las placas, sale a la superficie una materia fundida, denominada magma, expulsada por medio de una erupción a lo largo de fisuras o a través de orificios de escape, formando volcanes.

Existen aproximadamente 564 volcanes respecto a los cuales se cuenta con pruebas de que hicieron erupción en los últimos 500 años. Solamente unos 170 volcanes activos se encuentran bajo vigilancia constante por parte de científicos especializados en volcanes. En el mapa se indican los volcanes históricamente activos por medio de un punto rojo entero. Cada volcán se distingue por medio de un identificador numérico utilizado en los *Catálogos de volcanes activos del mundo*, publicado por la Asociación internacional de vulcanología y de la química del interior de la Tierra (IAVCE) entre 1950 y 1975, así como en *Volcanes del mundo*, publicado por la Smithsonian Institution en 1981. Los volcanes con respecto a los cuales existen pruebas de actividad en los últimos 10 000 años se indican en el mapa por medio de un círculo rojo abierto.

## PENACHOS Y NUBES DE CENIZAS VOLCÁNICAS

Los volcanes activos emiten diversos tipos de penachos y nubes.

Los **penachos estables** son nubes blanquizas, compuestas en gran medida de vapor de agua y gases, conteniendo pocas o ninguna partículas de roca sólida. Los penachos estables rara vez alcanzan más de 20 000 pies (6 000 m) de altitud, se dispersan generalmente a pocas millas del volcán, y no representan ningún peligro significativo para la seguridad de la aviación. Los pilotos notifican a menudo el olor de azufre gaseoso (olor a huevos podridos) cuando vuelan a favor del viento en relación con los penachos estables.

Las **columnas de una erupción** son los pilares de color oscuro de cenizas y gases que ascienden rápidamente por encima de un orificio de escape volcánico durante una erupción explosiva. En pocos minutos, estas concentraciones densas de cenizas y gases pueden alcanzar altitudes que exceden los 100 000 pies (30 km). Es poco frecuente que las columnas de una erupción afecten directamente una zona de más de unas pocas decenas de millas a partir del orificio de escape volcánico.

Las **nubes de cenizas bajas y móviles** de fragmentos pequeños de roca y gas son transportadas por vientos en altitud por cientos y, posiblemente, miles de millas desde el volcán. A menudo, grandes nubes de erupciones ingresan en la estratosfera y son capaces de recorrer enteramente el globo terráqueo en periodos que duran de días a semanas, pero generalmente pierden la mayor parte de su carga de cenizas más pesadas en un lapso que fluctúa desde unas pocas horas a unos pocos días. Las nubes de cenizas bajas y móviles representan el peligro más grave para las aeronaves. Las mismas se desplazan por encima de fronteras nacionales y de una región de información de vuelo a otra.

Debido a que las nubes de cenizas resultan difíciles de identificar desde una aeronave en vuelo, la detección y el seguimiento de nubes de cenizas dependen de la información exacta y oportuna recibida de observadores de volcanes en tierra, de informes de pilotos y de observaciones provenientes de satélites. A raíz de que las nubes de cenizas bajas y móviles son transportadas en el aire por vientos, los meteorólogos desempeñan un papel importante en la labor de predecir dónde es probable que las nubes de cenizas se desplacen horizontal y verticalmente. Resulta esencial que los vulcanólogos y los meteorólogos comuniquen inmediatamente esta información, y mantengan una estrecha coordinación con los despachadores y los controladores de tránsito aéreo, y, en última instancia, con los pilotos.

## CARACTERÍSTICAS AERONÁUTICAS

Las características aeronáuticas que se muestran en el mapa son representativas de los componentes principales de la aviación mundial. Se seleccionaron estas características debido a que las personas relacionadas con la industria aeronáutica las reconocen fácilmente y les permiten comprender la relación que tienen los volcanes con sus propias operaciones.

Inversamente, el mapa permite a los geólogos y a los vulcanólogos discernir la proximidad de los volcanes a los corredores de tránsito aéreo, y proporciona un método para determinar la jurisdicción y la responsabilidad respecto a zonas definidas de espacio aéreo dentro de las cuales están situados los volcanes. Las características aeronáuticas incluyen determinadas radioayudas para la navegación (nav aids), las principales ciudades a las cuales se presta servicio comercial de tránsito aéreo, las rutas ortodrómicas (directas) entre pares de ciudades determinados, y los límites de las regiones de información de vuelo (FIR) sobre agua.

**Radioayudas para la navegación (nav aids).** Las nav aids que figuran en el mapa son radiofaros omnidireccionales (VOR) de muy alta frecuencia (VHF) y de gran altitud (clase H). Un VOR es una ayuda electrónica para la navegación instalada en tierra que transmite una señal de radio VHF utilizada por aeronaves para la navegación.

**Rutas ortodrómicas.** Una ruta ortodrómica es la distancia más corta entre dos puntos de la superficie terrestre. Las rutas ortodrómicas que se muestran en el mapa se incluyen solamente como referencia visual. Se seleccionaron determinadas rutas porque eran representativas de operaciones a grandes distancias entre pares de ciudades. En algunos casos, las rutas se incluyen para ilustrar gráficamente la forma en la cual algunas rutas entre pares de ciudades atraviesan zonas importantes de actividad volcánica. Las limitaciones en materia de escala y de tamaño permiten presentar solamente unas pocas rutas de este tipo. Las aerovías establecidas y las rutas aéreas fijas son demasiado numerosas y detalladas como para representarse en esta escala. Las rutas por las cuales se vuela en la práctica pueden discrepar significativamente respecto a estas rutas ortodrómicas. Sin embargo, un número considerable de las aerovías y rutas aéreas más utilizadas del mundo pasan a menos de 1 000 millas náuticas (1 800 km) de las regiones de volcanes activos de la Tierra.

**Regiones de información de vuelo (FIR/UIR).** Estas son regiones de espacio aéreo, definidas por dimensiones laterales y verticales, dentro de las cuales una dependencia gubernamental presta servicios de información de vuelo. Estos servicios incluyen el suministro de asesoría e información utilizadas para volar en forma segura y eficaz dentro de la región geográfica correspondiente. Las FIR de gran altitud (o de nivel superior) se denominan también UIR. Debido al carácter de este mapa, sólo se muestran los límites de las FIR de gran altitud sobre agua. Sobre tierra, los límites de las FIR generalmente coinciden con las fronteras nacionales, y pueden ser subdivididas en numerosos sectores más pequeños. Generalmente, la información de vuelo y los servicios de control del tránsito aéreo son más fáciles de obtener sobre tierra que en regiones remotas sobre agua.

**Notificación de actividad volcánica.** Los informes sobre actividad volcánica o nubes de cenizas deberían notificarse en forma oportuna a la dependencia gubernamental correspondiente responsable de la gestión del tránsito aéreo en la FIR local, así como a la dependencia responsable de observaciones vulcanológicas.

## LISTA DE REFERENCIA DE VOLCANES

La lista de referencia de volcanes contiene los nombres y las ubicaciones de los 564 volcanes que se sabe que han estado en erupción desde el año 1 500 D.C., el número de referencia IAVCEI del volcán, la latitud y la longitud del mismo, y su radial (marcación magnética) y distancia respecto a la ayuda para la navegación más próxima (VOR de clase H). Se incluyen el nombre y el identificador de las navais. Los volcanes están dispuestos por región geográfica y clasificados en orden alfabético por nombre dentro de cada grupo. Utilizando una lista de referencias recíprocas, se puede encontrar un volcán determinado en el mapa conociendo su región geográfica, su nombre, su número de identificación, o sus coordenadas geográficas. Después de ubicarlo en la lista, las coordenadas geográficas se encuentran en la misma línea horizontal. A continuación, se ubica el volcán en el mapa utilizando la cuadrícula de referencia y el número de identificación.

Inversamente, para identificar el nombre y las coordenadas de un volcán determinado que figura en el mapa, se toma nota de la región geográfica del volcán en la lista y, a continuación, se ubica el volcán por su número de identificación. El nombre, la ubicación y las coordenadas geográficas se encuentran en la misma línea horizontal. La radial (marcación magnética) y la distancia, así como el nombre y el identificador del VOR más próximo, se incluyen para los usuarios del mapa relacionados con la aviación.

## PREPARACIÓN DEL MAPA

La carta de base es una proyección ecuatorial Mercator de la Tierra centrada en el ecuador y en 90° de longitud oeste. La escala verdadera de la carta es 1 pulgada = 470 millas marinas (NM) (1 cm = 343 km), medidas en el ecuador. La preparación de la carta comprendió diversos conjuntos substanciales de datos digitales (1330 volcanes, 220 navais VOR, 126 ciudades, y rutas ortodrómicas), lo cual requirió transcribir en forma precisa las posiciones de las coordenadas.

El mapa fue diseñado y elaborado por Jeppesen-Sanderson, Inc., utilizando un puesto terminal gráfico de computadora Intergraph en sus oficinas de Englewood, Colorado. La información aeronáutica y topográfica fue generada a partir de la base de datos electrónica de información mundial de vuelo de Jeppesen. Los ficheros digitales de datos sobre volcanes fueron suministrados por el Programa mundial de vulcanismo de la Smithsonian Institution de Washington, D.C. La reproducción final del mapa se llevó a cabo por medio de una combinación de un sistema de computadora, un trazador laser Scitex y técnicas tradicionales.

## AGRADECIMIENTOS

Un grupo especial interorganismos, compuesto de órganos federales y de asociaciones relacionadas con volcanes y seguridad aeronáutica, se unió en 1990 para hacer frente al problema de los peligros volcánicos y la seguridad de la aviación en forma coordinada. Este mapa refleja el trabajo y los intereses colectivos de estos organismos.

**Aerospace Industries Association of America**  
**Asociación de Pilotos de Líneas Aéreas**  
**Air Transport Association of America**  
**American Institute of Aeronautics and Astronautics**  
**Federal Aviation Administration**  
**Flight Safety Foundation**  
**Asociación Internacional de Vulcanología y Química del Interior de la Tierra**  
**Organización de Aviación Civil Internacional**  
**National Oceanic and Atmospheric Administration**  
**National Transportation Safety Board**  
**Smithsonian Institution**  
**U.S. Geological Survey**

La información cartográfica fue proporcionada generosamente por numerosos colegas e instituciones. El Programa de vulcanismo mundial de la Smithsonian Institution, proporcionó la base de datos sobre volcanes. Ed Miller (ALPA), David Porter y Rick Lawler de la Federación Internacional de Asociaciones de Despachadores de Líneas Aéreas (IFALDA), y Tom Fox (OACI) proporcionaron asesoría para la representación gráfica de la información en este mapa. Jane Ciener, Gene Ellis, y Diane Jones del U.S. Geological Survey prestaron asistencia editorial en el diseño del mapa; Tom Loesch y Bill Sower contribuyeron a producir el mapa definitivo.

Se agradece especialmente el trabajo de la totalidad del personal de Jeppesen-Sanderson, particularmente el esfuerzo de las siguientes personas: Ken Eells y Steve Martin por la elaboración del mapa; Rick Ellerbrock y Mark Cady por el apoyo técnico y la programación de computadora; George Wilbur por el apoyo Scitex, y Greg Bowlin, Jim Terpstra y Horst Bergmann por el apoyo que prestaron a todo el proyecto.

La traducción del texto del mapa fue realizada por el personal de la Organización de Aviación Civil Internacional de Montreal, Canadá.

## REFERENCIAS CORRESPONDIENTES

Casadevall, T.J., editor, 1994, The First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety- Proceedings Volume: U.S. Geological Survey Bulletin 2047.  
Smithsonian Institution, 1981, Volcanoes of the World: Stroudsburg, Penns., Hutchinson Ross, 240 p.  
Smithsonian Institution, 1989, Global Volcanism 1975-1985: Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, and Washington, D.C., American Geophysical Union, 657 p.

## LES VOLCANS ET LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DU SYSTÈME AÉRONAUTIQUE

### INTRODUCTION

La présente carte montre l'emplacement des 1 330 volcans du monde qui ont donné des signes d'activité au cours des 10 000 dernières années ainsi que certaines aides de navigation et routes orthodromiques aéronautiques. Le but de la carte est d'informer le public et de le sensibiliser à la relation étroite qui existe dans l'espace aérien entre les volcans et l'exploitation aérienne. Utilisée à bon escient, la carte permettra de réduire la menace que les éruptions volcaniques présentent pour les aéronefs et d'améliorer ainsi la sécurité aérienne.

Les avions modernes, surtout les avions à réaction de la dernière génération, sont conçus pour voler dans un environnement libre de poussière et de gaz corrosifs. Lors d'éruptions volcaniques accompagnées d'explosions, comme les éruptions du Mont Redoubt (Alaska) en 1989-1990 et du volcan Mont Pinatubo (Philippines) en 1991, de grandes quantités de menus fragments de roches, que l'on désigne par l'expression cendres volcaniques, et de gaz corrosifs sont rejetées dans la troposphère et dans les basses couches de la stratosphère. C'est dans ces couches de l'atmosphère que se situent habituellement les altitudes de croisière des avions de ligne commerciale à réaction. On compte tous les ans une dizaine de ces éruptions explosives dans le monde. Un grand nombre de ces volcans explosifs se trouvent en bordure de l'Océan Pacifique, dans la région du «Cercle de feu» et ont des incidences directes sur les aéroports, les routes aériennes et leur exploitation aérienne.

Au cours des 15 dernières années, plus de 80 avions à réaction ont été endommagés après avoir traversé sans le vouloir des nuages de cendres volcaniques dérivants, qui ont contaminé des routes aériennes et des installations aéroportuaires. Dans la plupart des cas, il s'agissait de gros avions à réaction commerciaux, dont sept ont souffert d'une perte de puissance en vol. Les coûts de réparation et de remplacement occasionnés par ces traversées de nuages de cendres volcaniques s'élèvent à plus de 200 millions de dollars pour les 15 dernières années. En plus du coût économique élevé de ces incidents, leur coût humain est potentiellement très élevé: la vie de plus de 1 500 passagers à bord des sept appareils en question a été mise en danger. La situation est d'autant plus grave que les nuages de cendres volcaniques ne peuvent être détectés par la génération actuelle de radars de bord. Le seul moyen d'empêcher les dommages aux avions consiste à éviter complètement les nuages de cendres volcaniques.

Les nuages de cendres volcaniques peuvent se déplacer sur des centaines, voire des milliers de kilomètres à partir de leur lieu de formation en contaminant de grands volumes d'espace aérien. Ils peuvent dériver au-dessus de plusieurs pays et de plusieurs régions d'information de vol et centres de contrôle du trafic aérien. Parfois, les cendres provenant

d'une seule éruption peuvent contaminer une zone de l'espace aérien à haute densité du trafic, ce qui oblige à dérouter, retarder ou annuler des vols. Avec les vols long-courriers que nous connaissons aujourd'hui, une seule éruption peut avoir des incidences mondiales sur l'exploitation aérienne.

Pour éviter des régions d'activité volcanique connue et/ou des nuages de cendres, il est important de pouvoir déterminer la proximité relative des volcans ou de ces nuages par rapport aux aéroports et aux couloirs aériens susceptibles d'être touchés par des débris volcaniques. La carte et les indications qui y figurent illustrent le lien entre les volcans et les principaux éléments du système aéronautique. Elle donne également les coordonnées - latitude et longitude - des volcans actifs et peut servir à la représentation graphique, à l'échelle mondiale, de données météorologiques telles que les trajectoires de nuages de cendres volcaniques ou de phénomènes météorologiques analogues.

Vu la difficulté de représenter adéquatement sur des cartes aéronautiques de route du type classique le lieu de formation, l'emplacement et le déplacement dans le monde d'un nuage de cendres volcaniques, les participants au premier symposium international sur les cendres volcaniques et la sécurité aérienne (*First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*), qui s'est tenu en juillet 1991 à Seattle (Washington) ont convenus qu'une carte mondiale spécialement conçue était le moyen le plus efficace de faire apparaître l'aspect mondial du problème des nuages de cendres volcaniques et leurs incidences sur l'aviation commerciale.

### VOLCANS

Les volcans actifs sont généralement concentrés en chaînes, en bordure de plusieurs continents, par exemple la partie ouest du continent américain, et sur des archipels, tels l'Indonésie, le Japon, les îles Kuriles et Aléoutiennes. La répartition des volcans est fonction des plaques tectoniques, éléments fondamentaux de l'écorce terrestre. À la limite des plaques, les matières minérales fondues, constituant ce que l'on appelle le magma, montent ou s'injectent vers la surface, par des fissures ou des trous, pour former les volcans.

Il existe environ 564 volcans pour lesquels on dispose de preuves d'une éruption au cours des 500 dernières années. Toutefois, les volcanologues surveillent de façon continue seulement quelque 170 volcans actifs. Les volcans historiquement actifs sont indiqués sur la carte par un point rouge. Chaque volcan est identifié par un code numérique utilisé dans les *Catalogues des volcans actifs du Monde*, qui ont été publiés par l'Association internationale de volcanologie (IAVCEI) entre 1950 et 1975, et dans les *Volcans du Monde (Volcanoes of the World)*, ouvrage publié par la Smithsonian Institution en 1981. Les volcans dont on a la preuve qu'ils ont été actifs au cours des 10 000 dernières années sont indiqués sur la carte par un cercle rouge.



## PANACHES ET NUAGES DE CENDRES VOLCANIQUES

Les volcans actifs émettent plusieurs types de panaches et de nuages.

*Les panaches au repos* sont des nuages blanchâtres composés en grande partie de vapeur d'eau et de gaz et comportant peu ou pas de particules de roches solides. Les panaches au repos montent rarement à plus de 6 000 mètres (20 000 pieds) d'altitude environ, se dispersent habituellement dans un rayon de quelques kilomètres autour du volcan et sont sans grand danger pour la sécurité aérienne. Les pilotes signalent souvent la présence d'une odeur de gaz sulfureux (odeur d'oeufs pourris) lorsqu'ils se trouvent sous le vent par rapport aux panaches au repos.

*Les colonnes éruptives* sont des colonnes de cendres et de gaz de couleur foncée qui s'élèvent rapidement au-dessus de la cheminée du volcan pendant une éruption explosive. Ces concentrations élevées de cendres et de gaz peuvent monter en quelques minutes à des altitudes supérieures à 30 000 mètres. Il est rare que des colonnes d'éruption touchent directement une zone située à plus de quelque dizaines de kilomètres de la cheminée volcanique.

*Les nuages de cendres dérivants* composés de menus fragments de roches et de gaz sont emportés par des vents en altitude jusqu'à des centaines et éventuellement, des milliers de kilomètres du volcan. Les nuages des grandes éruptions pénètrent souvent dans la stratosphère et sont capables de faire le tour du globe en quelques jours ou quelques semaines, mais ils perdent habituellement la plus grande partie de leurs cendres lourdes dès les premières heures ou les premiers jours. Ce sont ces nuages qui sont les plus dangereux pour les aéronefs. Ils traversent les frontières nationales et se déplacent d'une région d'information de vol à l'autre.

Les nuages de cendres étant difficiles à repérer à partir d'un avion en vol, leur détection et leur surveillance s'appuient sur des renseignements précis et opportuns communiqués par des volcanologues au sol, sur des comptes rendus en vol de pilotes et des observations des nuages à partir de satellites. Les nuages de cendres dérivants étant transportés par des vents en altitude, les météorologues ont un rôle important à jouer en prévoyant la direction probable de ces nuages, horizontalement et verticalement. Il faut absolument une coordination étroite et un échange immédiat de ces renseignements entre volcanologues et météorologues, qui les communiqueront immédiatement aux agents techniques d'exploitation, aux contrôleurs de la circulation aérienne et, enfin aux pilotes.

## INDICATIONS AÉRONAUTIQUES

Les éléments aéronautiques portés sur la carte sont représentatifs des principales composantes du système aéronautique mondial. Ces éléments ont été choisis parce qu'ils sont facilement reconnaissables par les intervenants du milieu aéronautique auxquels ils permettent de comprendre le rapport entre les volcans et leurs activités respectives.

Inversement, la carte aide également les géologues et volcanologues à se rendre compte de la proximité des volcans par rapport aux couloirs aériens et leur fournit un moyen de déterminer l'attribution de la compétence et de la responsabilité dans des zones définies de l'espace aérien où se trouvent des volcans. Les éléments aéronautiques comprennent certaines aides radio à la navigation, quelques grandes villes desservies par trafic commercial, des routes orthodromiques (directes) entre certaines paires de villes et les limites de régions d'information de vol (FIR) couvrant des étendues d'eau.

*Aides radio à la navigation.* Les aides radio à la navigation indiquées sur la carte sont des VOR (radiophares omnidirectionnels à très haute fréquence) à haute altitude (classe H). Un VOR est une aide de navigation électronique, basée au sol, qui transmet des signaux radio VHF utilisés par les aéronefs pour la navigation.

*Routes orthodromiques.* Une route orthodromique est la distance la plus courte entre deux points sur la surface de la terre. Les routes orthodromiques sont portées sur la carte seulement à titre de repères visuels. Un certain nombre de routes ont été choisies parce qu'elles sont représentatives des vols long-courriers par paires de villes. Dans certains cas, elles servent à illustrer de façon graphique comment certaines routes entre paires de villes passent au-dessus de grandes régions d'activité volcanique. Les limitations en termes d'échelle et de dimensions ne permettent de représenter que quelques-unes de ces routes. Les voies aériennes établies et les routes aériennes fixes sont trop nombreuses et trop détaillées pour être représentées à cette échelle. Les routes utilisées réellement peuvent s'écarter sensiblement de ces routes orthodromiques. Toutefois, un grand nombre des voies et routes aériennes les plus chargées du monde passent à une distance inférieure à 1 000 milles marins (1 800 km) des régions du monde marquées par une activité volcanique.

*Régions d'information de vol (FIR/UIR).* Il s'agit de zones de l'espace aérien définies par des dimensions latérales et verticales, à l'intérieur desquelles un organisme gouvernemental fournit des services d'information de vol. Ces services comprennent des avis et des renseignements utiles à un déroulement sûr et efficace des vols à l'intérieur de la zone géographique en question. À haute altitude (niveaux supérieurs), les FIR sont également appelées régions supérieures d'information de vol ou UIR. Compte tenu du caractère de la présente carte, seules sont indiquées les limites des FIR haute altitude. Au-dessus des régions terrestres, les limites de FIR coïncident habituellement avec les frontières nationales et peuvent être subdivisées en secteurs. Habituellement, il est plus facile d'obtenir des services d'information de vol et de contrôle de la circulation aérienne au-dessus des régions terrestres que dans des régions éloignées, ou au-dessus de l'eau.

*Comptes rendus d'activité volcanique.* Les rapports sur l'activité volcanique ou sur les nuages de cendres devraient être communiqués en temps voulu à l'organisme gouvernemental responsable de la gestion du trafic aérien dans la FIR locale ainsi qu'à l'organisme responsable des observations volcanologiques.

## RÉPERTOIRE DES VOLCANS

Le répertoire des volcans contient le nom et l'emplacement des 564 volcans qui sont entrés en éruption à un moment ou à un autre depuis 1500 av. J.-C., le numéro de référence IAVCEI, la latitude et la longitude du volcan, sa radiale (relèvement magnétique) et la distance par rapport à l'aide à la navigation la plus proche (VOR classe H). Le nom et l'identificateur des aides à la navigation sont également indiqués. Les volcans sont disposés par région géographique et classés par ordre alphabétique d'après leur nom à l'intérieur de chaque groupe. Ce répertoire permet de situer un volcan donné sur la carte si l'on connaît sa région géographique, son nom, son numéro d'identification ou ses coordonnées géographiques. Une fois repéré le nom du volcan sur la liste, on peut lire sur la même ligne ses coordonnées géographiques. On peut alors situer le volcan sur la carte en utilisant la grille de référence et le numéro d'identification.

Dans l'autre sens, pour retrouver le nom et les coordonnées d'un volcan donné indiqué sur la carte, il convient de se reporter à la région géographique du volcan, indiquée sur la liste et de repérer ensuite le volcan en question à l'aide de son numéro d'identification. Le nom, l'emplacement et les coordonnées géographiques sont indiqués sur la même ligne. La radiale (relèvement magnétique) et la distance, ainsi que le nom et l'identificateur de l'installation VOR la plus proche sont indiqués à l'intention des utilisateurs aéronautiques.

## ÉLABORATION DE LA CARTE

La carte de base est une projection équatoriale de Mercator de la Terre centrée sur l'équateur et la longitude 90° ouest. L'échelle réelle de la carte est de 1 pouce = 470 milles marins (NM) (1 cm = 343 km), mesurée à l'équateur. Pour élaborer la carte, il a fallu recueillir plusieurs grandes séries de données numériques (1 330 volcans, 220 aides de navigation VOR, 126 villes et les routes orthodromiques) et tracer précisément les coordonnées et les routes orthodromiques.

La carte a été conçue et préparée par Jeppesen-Sanderson Inc., à l'aide d'ordinateurs équipés de traceurs de graphiques électroniques Intergraph, dans les locaux de la société à Englewood (Colorado). Les renseignements aéronautiques et topographiques ont été obtenus à partir de la base mondiale de données de vol électroniques de la Société Jeppesen. Les fichiers des données numériques sur les volcans ont été fournis par le Global Volcanism Program de la Smithsonian Institution (Washington, D.C.). La reproduction finale de la carte a été élaborée en utilisant à la fois un traceur électronique laser informatisé (Scitex) et les méthodes traditionnelles.

## REMERCIEMENTS

En 1990, une équipe spéciale interinstitutions regroupant des institutions fédérales et des associations qui s'intéressent à la volcanologie et à la sécurité aérienne, a étudié de façon coordonnée la question du péril volcanique et de la sécurité aérienne. La présente carte est le fruit de ces efforts collectifs et des intérêts communs des organisations suivantes :

**Aerospace Industries Association of America**  
**Association de pilotes de ligne (ALPA)**  
**Air Transport Association of America**  
**American Institute of Aeronautics and Astronautics**  
**Federal Aviation Administration**  
**Flight Safety Foundation**  
**Association internationale de volcanologie** (*International Association of  
Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior*)  
**Organisation de l'aviation civile internationale**  
**National Oceanic and Atmospheric Administration**  
**National Transportation Safety Board**  
**Smithsonian Institution**  
**U.S. Geological Survey**

Les renseignements cartographiques ont été généreusement fournis par un certain nombre de collègues et d'organismes. Le Global Volcanism Program, Smithsonian Institution, a fourni la base de données sur les volcans. Ed Miller (ALPA), David Porter et Rick Lawler (International Federation of Airline Dispatchers Association) et Tom Fox (OACI) ont donné des avis pour la présentation des données sur la carte. Jane Ciener, Gene Ellis et Diane Jones (Geological Survey, États-Unis) ont aidé à la conception et la présentation de la carte; Tom Loesch et Bill Sower ont contribué à la phase finale de production de la carte.

La contribution de tout le personnel de la Jeppesen-Sanderson, Inc., a été grandement appréciée et des remerciements spéciaux sont adressés à : Ken Eells et Steve Martin, pour l'élaboration de la carte; Rick Ellerbrock et Mark Cady pour le soutien technique et la programmation; Georges Wilbur pour la partie Scitex et Greg Bowlin, Jim Terpstra et Horst Bergmann pour le soutien apporté à l'ensemble du projet.

La traduction des légendes a été effectuée par le personnel de l'Organisation de l'aviation civile internationale à Montréal (Canada).

## RÉFÉRENCES

Casadevall, T.J., editor, 1994, The First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety-Proceedings Volume: U.S. Geological Survey Bulletin 2047.  
Smithsonian Institution, 1981, Volcanoes of the World: Stroudsburg, Penns., Hutchinson Ross, 240 p.  
Smithsonian Institution, 1989, Global Volcanism 1975-1985: Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, and Washington, D.C., American Geophysical Union, 657 p.

Manuscrito aprobado para publicación el  
8 de junio de 1994

Producción cartográfica de este mapa cortesía de  
JEPPESEN

Para la venta en:  
U.S. Geological Survey Map Distribution  
Box 25286 Federal Center  
Denver, CO 80225, U.S.A.

Organización de Aviación Civil Internacional  
Subsección de venta de documentos  
1000 Sherbrooke St. West  
Montreal, Quebec H3A 2R2, CANADA

Jeppesen-Sanderson, Inc.  
Airway Manual Sales and Services  
55 Inverness Drive East  
Englewood, CO 80112-5498, U.S.A.

Jeppesen & Company, GmbH  
Airway Manual Sales and Services  
P.O. Box 70-05-51 Water-Kold-Strauss 13  
6000 Frankfurt/Main-70, GERMANY

Todo uso de marcas comerciales en esta publicación se hace con fines exclusivamente descriptivos, y no implica el apoyo del U.S. Geological Survey. La nomenclatura y la presentación utilizadas en el texto de esta publicación no suponen juicio alguno con respecto a la situación jurídica de cualquier país, territorio, ciudad o zona jurisdiccional, ni acerca de la delimitación de sus fronteras o confines.

Manuscrit approuvé pour publication le  
8 juin 1994

Production cartographique réalisée avec  
l'aimable concours de JEPPESEN

Mise en vente par  
U.S. Geological Survey Map Distribution  
Box 25286 Federal Center  
Denver, CO 80225, U.S.A.

Organisation de l'aviation civile internationale  
Groupe de la vente des documents  
1000, rue Sherbrooke Ouest  
Montréal, Québec H3A 2R2, CANADA

Jeppesen-Sanderson, Inc.  
Airway Manual Sales and Services  
55 Inverness Drive East  
Englewood, CO 80112-5498, U.S.A.

Jeppesen & Company, GmbH  
Airway Manual Sales and Services  
P.O. Box 70-05-51 Water-Kold-Strauss 13  
6000 Frankfurt/Main-70, ALLEMAGNE

Les appellations commerciales utilisées dans la présente publication ne le sont qu'à titre descriptif et n'impliquent aucune approbation de la part des U.S. Geological Survey. Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.



## PRECAUCIONES

**¡ADVERTENCIA! Su radar meteorológico no detectará  
nubes de cenizas volcánicas.**

**Indicios de que se ha ingresado inadvertidamente en una nube de  
cenizas volcánicas, recomendándose generalmente que el piloto  
tome las medidas siguientes.**

### *Indicios de Cenizas Volcánicas*

- Humo o polvo muy fino en la cabina
- Olor corrosivo (como el humo eléctrico)
- Indicaciones de reducción de velocidad aerodinámica
- Advertencias de incendio de la carga (ocasionadas por el hecho de que las cenizas volcánicas activan los detectores de humo)
- Descargas estáticas (fuego de Santelmo) en torno al parabrisas o en un ala, un estabilizador, o en las puntas de los planos de deriva
- Resplandor blanco (efecto de linterna) que emana de los conductos de admisión del motor
- Desperfectos múltiples del motor [temperatura de los gases de escape (EGT) creciente, disminución, pérdida o extinción de potencia]

### *Medidas recomendadas generalmente para los pilotos*

- Salir de la nube de cenizas tan pronto como sea posible (giro de 180°)
- No intentar un ascenso para salir de la nube de cenizas
- |   |                         |
|---|-------------------------|
| • Mando automático de combustible   | Desconectar             |
| • Mandos de combustible (si el terreno lo permite)  | Al mínimo               |
| • Encendido   | Prendido                |
| • Sistemas de abducción de aire<br>(aire acondicionado, dispositivos antihielo<br>para el motor y las alas, etc.) | En pleno funcionamiento |
| • Grupo auxiliar de energía   | Poner en marcha         |
| • Límites de la temperatura de los gases<br>de escape (EGT) del motor   | Verificar               |
| • Rearranque del motor  | Si es necesario         |
| • Velocidad aerodinámica y actitud en cabeceo   | Verificar               |
| • Máscaras de oxígeno de la tripulación al 100%   | Si es necesario         |
- Declarar una emergencia al ATC (si se justifica)
- Transmitir un informe aéreo especial de actividad volcánica
- Aterrizar en el aeropuerto adecuado más próximo

**Este mapa debe utilizarse exclusivamente como referencia  
y no para fines de navegación.**

## AVERTISSEMENT

**Votre radar météorologique ne détecte pas les nuages de cendres volcaniques**

**Indices annonçant la pénétration par inadvertance dans un nuage de cendres volcaniques et manoeuvres généralement recommandées aux pilotes**

### *Indices révélant la présence de cendres volcaniques*

- Présence en cabine de fumée ou de poussière très fine
- Odeur âcre (semblable à la fumée électrique)
- Baisse de la vitesse propre
- Alerte incendie dans la soute à bagages (déclenchement des détecteurs de fumée provoqué par la présence de cendres volcaniques)
- Décharges statiques (feu St-Elme) autour du pare-brise ou sur l'aile, sur le plan fixe horizontal ou aux extrémités des ailettes
- Lueur blanche (effet projecteur) à l'entrée du moteur
- Multiples défaillances du moteur (augmentation de la température de sortie des gaz, perte de puissance, décrochage ou extinction)

### *Manoeuvres généralement recommandées aux pilotes*

- Sortir du nuage de cendres le plus vite possible (faire demi-tour)
- Ne pas essayer de sortir du nuage de cendres en montée
- |   |                      |
|---|----------------------|
| • Automanette   | Débrancher           |
| • Gaz (si les circonstances le permettent)  | Niveau minimal       |
| • Allumage  | En position «marche» |
| • Purger les circuits d'air (climatisation, dégivrage du moteur et des ailes, etc.) | Plein régime         |
| • Groupe auxiliaire de puissance  | Mettre en route      |
| • Température limite de sortie des gaz  | À surveiller         |
| • Remettre le moteur en marche  | Si nécessaire        |
| • Vitesse propre et angle de tangage  | À surveiller         |
| • Port permanent de masques d'oxygène par l'équipage                                | Le cas échéant       |
- Signaler à l'ATC qu'il y a une urgence (si cela est justifié)
- Transmettre un compte rendu spécial en vol de l'activité volcanique
- Atterrir à l'aéroport accessible le plus proche

**La présente carte ne doit être utilisée qu'à titre d'information et non à des fins de navigation.**