



ESCUELA
POLITÉCNICA
NACIONAL



Instituto Geofísico

Rendición DE CUENTAS 2024

Instituto Geofísico

A photograph of a volcanic landscape at dusk. A mountain range is visible in the background, with a bright, glowing line of lava flowing down its slope. The foreground shows a calm body of water reflecting the sky and the lava flow.

JUNIO 2025

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

Presentación

El 07 de Febrero de 1983, El Consejo Politécnico de la Escuela Politécnica Nacional, (máximo organismo institucional) resuelve: Crear en la Escuela Politécnica Nacional el Instituto Geofísico, quien orientará sus actividades a la Investigación y estudio de la sismicidad y riesgo sísmico del país y su incidencia en la construcción de obras civiles de infraestructura relacionada con la Ingeniería en base a investigaciones dinámicas y estructurales; y proporcionará la asistencia correspondiente en los aspectos académicos de la Politécnica y en la presentación de servicios requeridos sobre tales campos.

Por Decreto Ejecutivo Nro. 3593, publicado en registro Oficial del 20 de enero del 2003, recibe el Encargo del Estado Ecuatoriano, "... el diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos en todo el territorio nacional.

Para cumplir con este encargo, el Instituto Geofísico – Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional, realizará las siguientes actividades:

- a) Vigilancia, detección y comunicación mediante la red nacional de sismógrafos de los movimientos sísmicos ocurridos en el territorio nacional, así como el estudio e investigación de la sismicidad con fines de reducción del riesgo sísmico;
- b) Vigilancia, detección y comunicación mediante la red de observatorios volcánicos de las erupciones ocurridas en el territorio nacional, así como el estudio de investigación del volcanismo activo con fines de reducción del riesgo volcánico; y,
- c) Identificación de amenazas volcánicas y sísmicas y preparación de los mapas de peligro respectivos.

El Consejo Politécnico de la Escuela Politécnica Nacional, mediante Resolución RCP-353-2020 del 03 de diciembre de 2020, crea el Instituto de Investigación Multidisciplinario con la denominación "Instituto Geofísico de la Escuela

Politécnica Nacional”, conformado con los funcionarios y servidores del Instituto Geofísico.

El Instituto Geofísico funciona como una unidad ejecutora, lo que le permite un manejo administrativo y financiero desconcentrado. Cada año elabora su propio presupuesto, el mismo que es integrado al presupuesto institucional, el que luego de ser aprobado por Consejo Politécnico es enviado al Ministerio de Finanzas para su aprobación final.

En el aspecto legal, al formar parte de la Escuela Politécnica Nacional, está obligado a cumplir con la Ley Orgánica de Educación Superior Ley Orgánica del Servicio Público LOES, LOSEP, el Código de Trabajo, Estatuto Institucional y Normativos Internos de la EPN.

Plan Estratégico Institucional

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional IG-EPN; cuenta con un plan estratégico establecido, mismo que se encuentra alineado a los objetivos institucionales de la Escuela Politécnica Nacional y al Plan Nacional del Buen Vivir.

Misión

“El Instituto Geofísico es un instituto de investigación multidisciplinario de la Escuela Politécnica Nacional que se encarga del diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos en el territorio ecuatoriano, mediante el análisis permanente de las redes de monitoreo instaladas en todo el país, el desarrollo de estudios, publicaciones, asesoramiento a las autoridades y difusión de información a la sociedad en general, a través de la experticia de profesionales altamente calificados, contribuyendo a la reducción del impacto negativo de los riesgos y a la generación de una cultura de prevención en el Ecuador.”

Visión

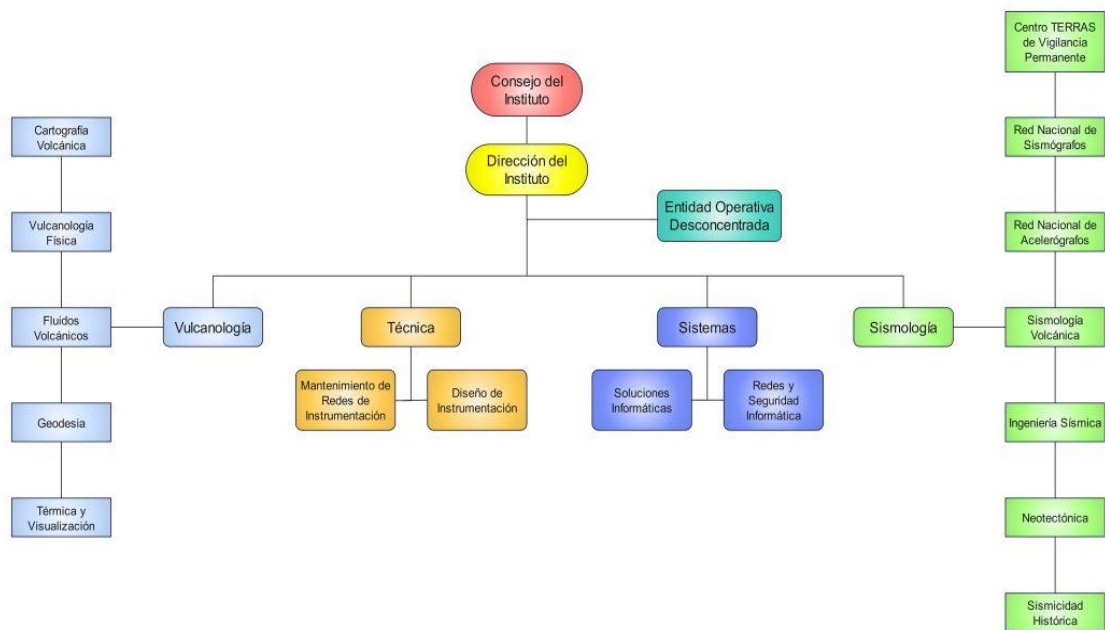
“En el 2025 el Instituto Geofísico será un Instituto multidisciplinario de investigación de la Escuela Politécnica Nacional, eficiente y oportuno que vigila los fenómenos sísmicos y volcánicos en el Ecuador. Dispondrá de información de

calidad en tiempo real para evaluar de manera efectiva las amenazas sísmicas y volcánicas, al servicio de la sociedad y de la comunidad científica.

El IG-EPN será el referente regional de investigación en sismología y vulcanología sustentando su producción científica en la formación de los mejores investigadores dentro de sus programas de posgrado. Incidirá en las políticas del Estado para propender al mejoramiento de la seguridad individual y colectiva de la población y está involucrado en la educación nacional en lo referente a prevención de amenazas sísmicas y volcánicas contribuyendo a la resiliencia de la población.

Contará con instalaciones propias, con una red vigilancia con cobertura óptima y con la tecnología necesaria para brindar sus servicios. El trabajo será realizado en equipo potencializando las capacidades de nuestros colaboradores, apoyándonos mutuamente e incentivando la creatividad y proactividad de todos.”

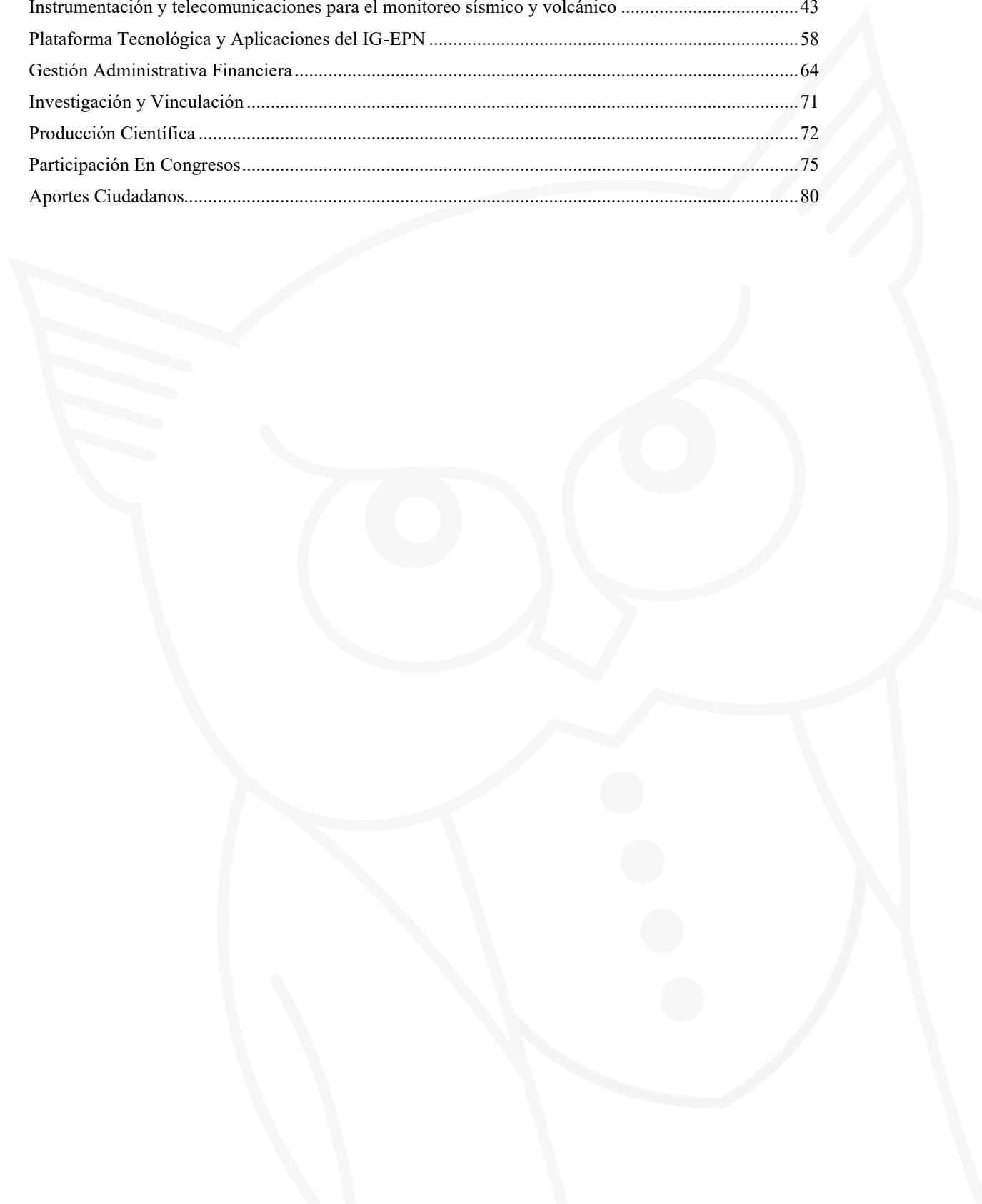
Organigrama



Organigrama del Instituto Geofísico

Contenido

Presentación.....	2
Plan Estratégico Institucional	3
Trabajo realizado durante el 2024 por el IG-EPN	6
Actividad Sísmica en el Ecuador.....	6
Actividad Volcánica en el Ecuador	18
Instrumentación y telecomunicaciones para el monitoreo sísmico y volcánico	43
Plataforma Tecnológica y Aplicaciones del IG-EPN	58
Gestión Administrativa Financiera	64
Investigación y Vinculación.....	71
Producción Científica	72
Participación En Congresos.....	75
Aportes Ciudadanos.....	80



Trabajo realizado durante el 2024 por el IG-EPN

Actividad Sísmica en el Ecuador

GENERALIDADES SOBRE LA SISMICIDAD

Durante el año 2024, la Red Nacional de Sismógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (RENSIG), localizó 3019 eventos de origen tectónico en el Ecuador (Figura 1) de los cuales 59 tuvieron una magnitud igual o superior a 4 MLv (magnitud local).

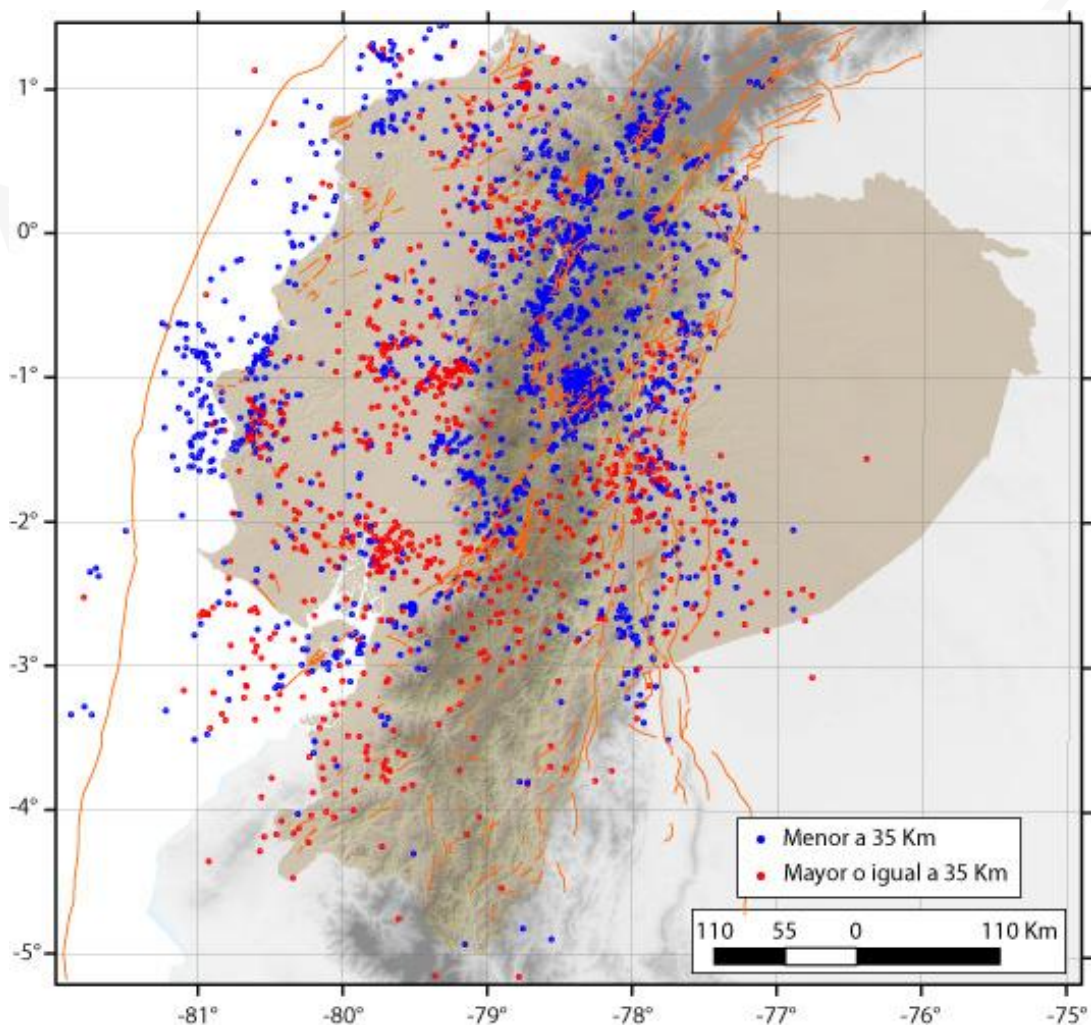


Figura 1. Eventos sísmicos localizados por la RENSIG durante el año 2024. Los sismos superficiales relacionados con las fuentes de la interfaz o con las fuentes corticales se muestran en color azul y los sismos relacionados con las fuentes profundas se muestran en color rojo. Consulta a la base: 9 de enero de 2025.

La mayoría de los sismos durante el año 2024 (~69%), tuvieron magnitudes inferiores a 2.5 grados (Figura 2).

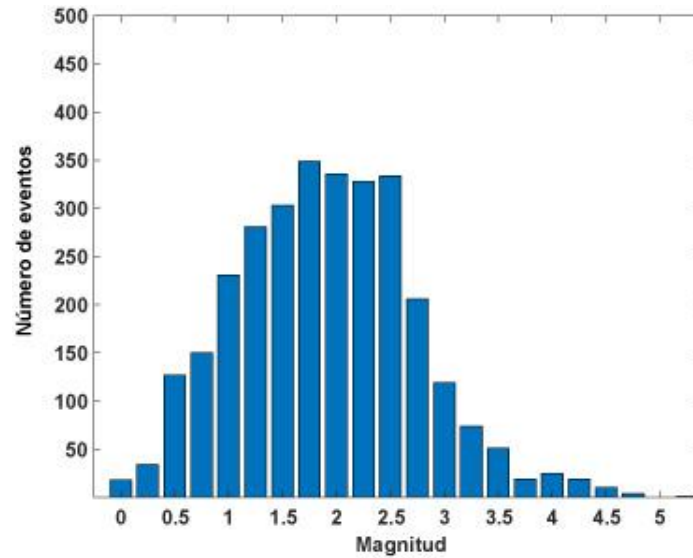


Figura 2. Distribución de la magnitud de los eventos registrados y localizados por la RENSIG durante el año 2024. Consulta a la base: 9 de enero de 2025.

En la figura 3 se presenta el momento sísmico (o energía sísmica liberada). El salto más grande en la curva, corresponden al único sismo de magnitud MLv superior a 5 registrado este año (ver Tabla 1).

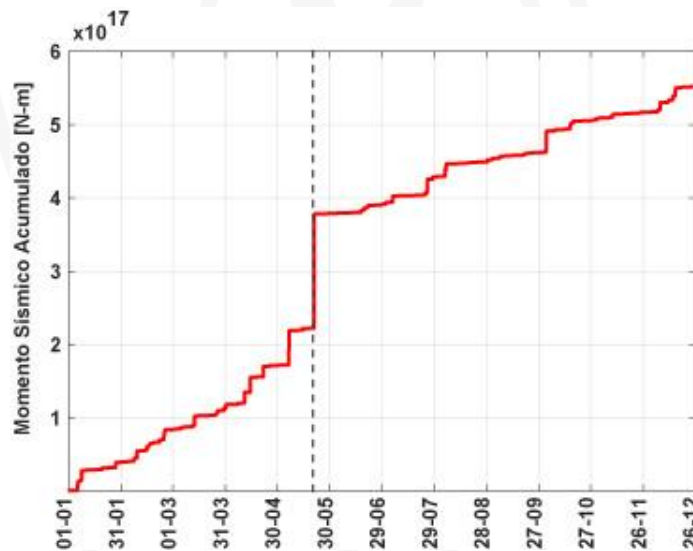


Figura 3. Curva de liberación de momento sísmico o energía sísmica liberada por los eventos registrados y localizados por la RENSIG durante el año 2024. Consulta a la base: 9 de enero de 2025.

El promedio mensual del número de sismos durante el año 2024 fue de 251.58 con una desviación estándar de 34.61 (Figura 4), con una tasa de ocurrencia casi constante (Figura 5).

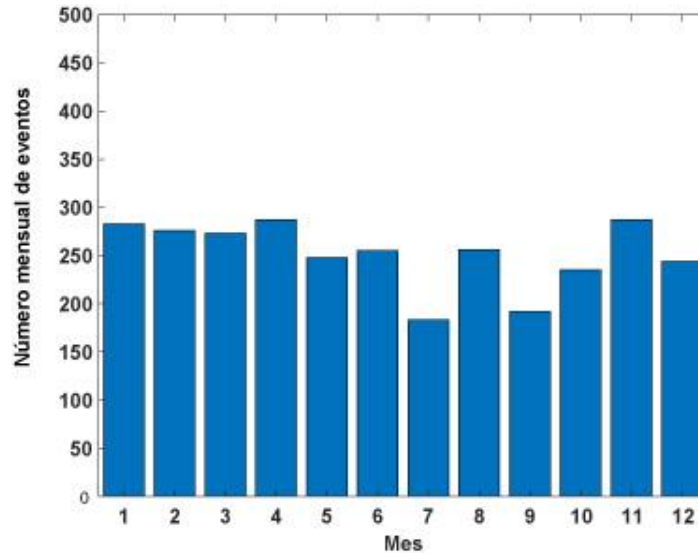


Figura 4. Número de mensual de eventos registrados y localizados por la RENSIG durante el año 2024. Consulta a la base: 9 de enero de 2025.

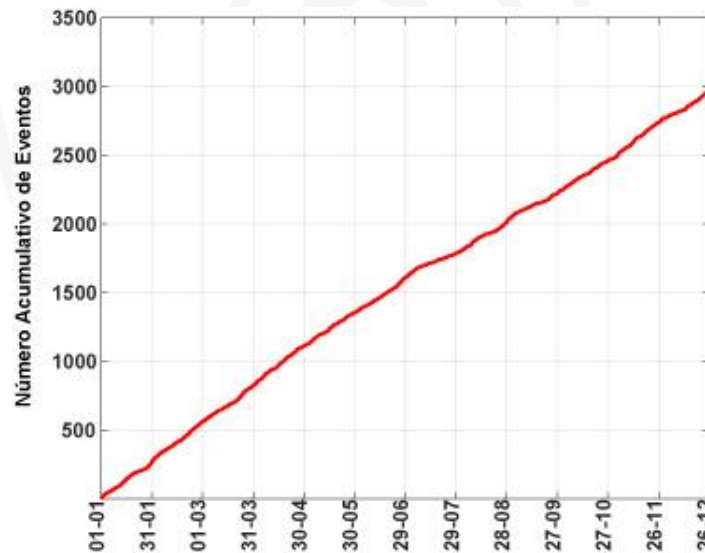


Figura 5. Tasa de sismicidad durante el año 2024. Consulta a la base: 9 de enero de 2025.

No.	Tiempo de origen UTC	Latitud	Longitud	Profundidad	Magnitud MLv	Magnitud Mw (preferida)
1	21/05/2024 02:43:08	-3.658	-79.705	90.02	5.39	5.1

*UTC=Tiempo de origen universal, para convertir a hora local, restar 5 horas

Tabla 1. *Parámetros de los sismos con magnitud MLv ≥ 5.0 durante el año 2024. La magnitud preferida es la magnitud momento o Mw determinada con inversión de formas de onda (Método MECAVEL).*

COMPARACIÓN CON OTROS AÑOS

En la figura 6 presenta una comparación del número de eventos anuales registrados y localizados desde el año 1988, observándose diferentes picos de sismicidad que responden a diferentes crisis (eg. 1995, Terremoto de Macas; 1998, Terremoto de Bahía, enjambre en Quito, enjambre en Manta-Puerto López; 2005, enjambre Manta-Puerto López), y luego, un incremento paulatino del número a partir del año 2014 como consecuencia de la densificación y expansión de la red sísmica lo cual permitió el registro y localización de sismos más pequeños a lo largo y ancho del país. En el caso de los años 2016 y 2017, el número alto de sismos corresponde a la actividad desencadenada por el Terremoto de Pedernales (abril – 2016) cuyas réplicas se registraron hasta un año y medio después. En el año 2018, el alto número de sismos estuvo relacionado con la actividad registrada en la zona fronteriza con Colombia, en las cercanías del Complejo Volcánico Chiles –Cerro Negro (eventos de tipo volcano-tectónico distales). Entre 2018 y 2021, el número de eventos registrados y localizados se mantuvo entre 4500 y 5000, rango habitual para el nivel de detección de la red sísmica, sin embargo, aún se mantuvieron valores mayores a los observados antes del Terremoto de Pedernales en 2016. El alto número de eventos en el año 2022 se debió a la actividad en la fuente El Ángel y por la ocurrencia de dos crisis en la fuente Esmeraldas, en marzo y agosto (consultar informes sísmicos anuales). Finalmente, en los años 2023 y 2024 se ha observado un marcado descenso en el número de eventos puesto que no se han registrado crisis sísmicas significativas ni sismos con un número alto de réplicas.

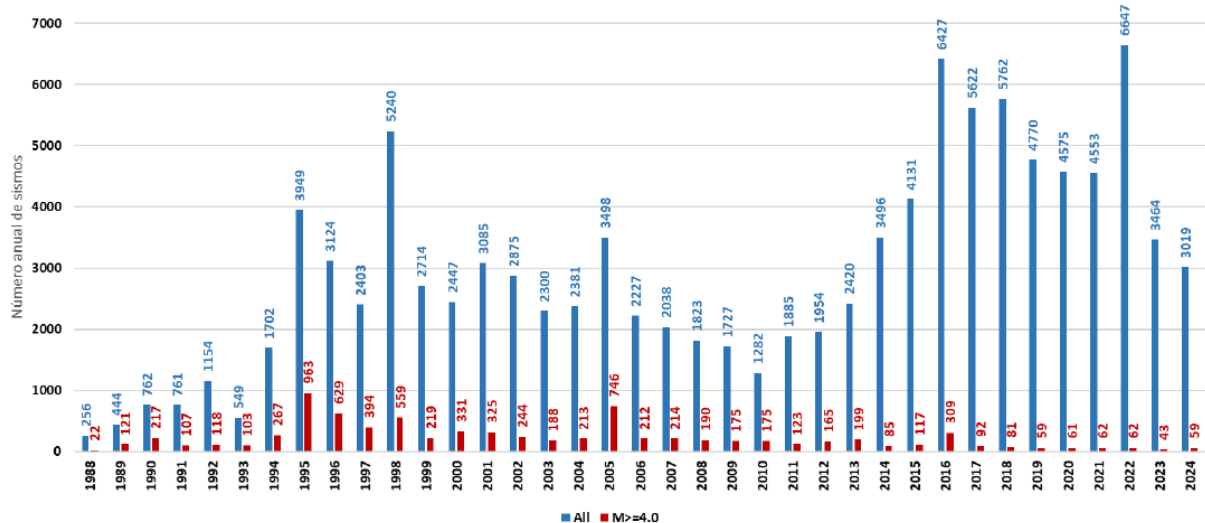


Figura 6. Número de eventos registrados y localizados por la RENSIG desde 1988: total (barras azules) y eventos con magnitud igual o superior a 4.0 MLv (barras rojas).

SISMOS IMPORTANTES DURANTE EL AÑO 2024

1. Sismos en la provincia de Sucumbíos

El día 06 de mayo de 2024 a las 10h17 TL se registró un sismo de magnitud 4.8 MLv (magnitud revisada), 4.79 Mw (magnitud preferida). Posterior a este evento, se registraron y localizaron 3 eventos más, el de mayor magnitud: 4.8 MLv, 4.67 Mw (magnitud preferida) ocurrió a las 10H32 TL. Los epicentros se localizaron en la provincia de Sucumbíos, al norte de La Bonita, en la fuente Chingual, cuya falla principal tiene una cinemática de rumbo dextral (Figura 7).

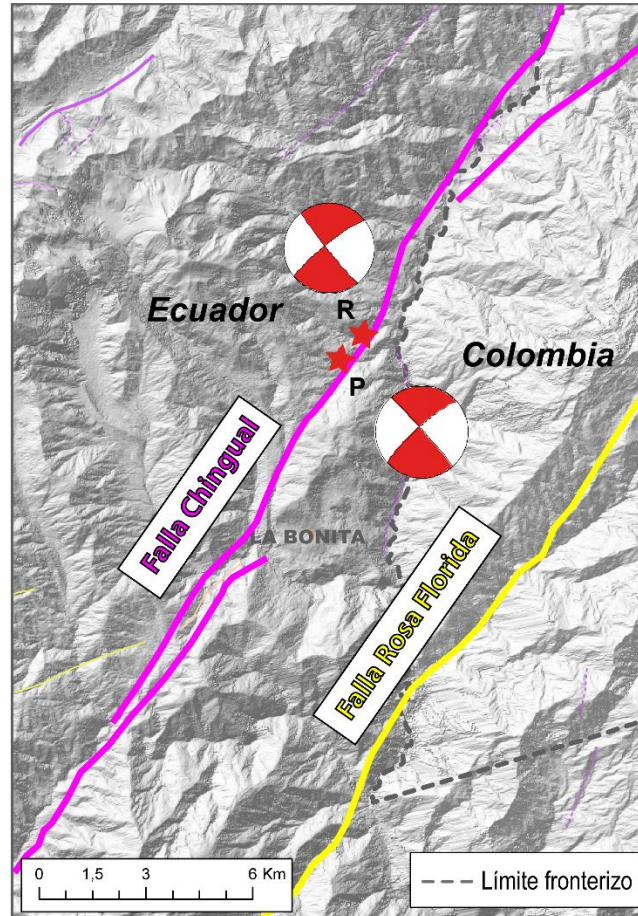


Figura 7. Ubicación del evento registrado el 6 de mayo a las 10h17 TL (P) y de la réplica ocurrida a las 10h23 TL (R) en la falla Chingual (consulta a la base: 9 de enero de 2025). Se incluyen los mecanismos focales obtenidos con inversión de formas de onda (método MECAVEL).

De acuerdo con el barrido realizado por la Secretaría de Gestión de Riesgos (SGR), el evento principal y la réplica más grande, fueron sentidos algunos cantones de las provincias de Sucumbíos, Carchi e Imbabura de forma moderada y en algunos cantones de las provincias de Napo, Orellana y Pichincha, de manera leve. Adicionalmente, informó que se registró afectaciones en 1 vivienda y en el Palacio Municipal de La Bonita, a unos 6 km al sur de la zona epicentral.

2. Sismo en la provincia de El Oro

El día 20 de mayo de 2024 a las 21h43 TL, se registró un sismo de magnitud 5.39 MLv, 5.1 Mw (magnitud momento - magnitud preferida) a 2.8 km de la ciudad de Piñas, en fuente Loja, a una profundidad de 90 Km. El mecanismo focal con inversión de formas de onda (método MECAVEL), para este evento señala una

fuente con cinemática normal, coherente con una fractura de la placa oceánica que se encuentra en subducción bajo la placa continental (Figura 8).

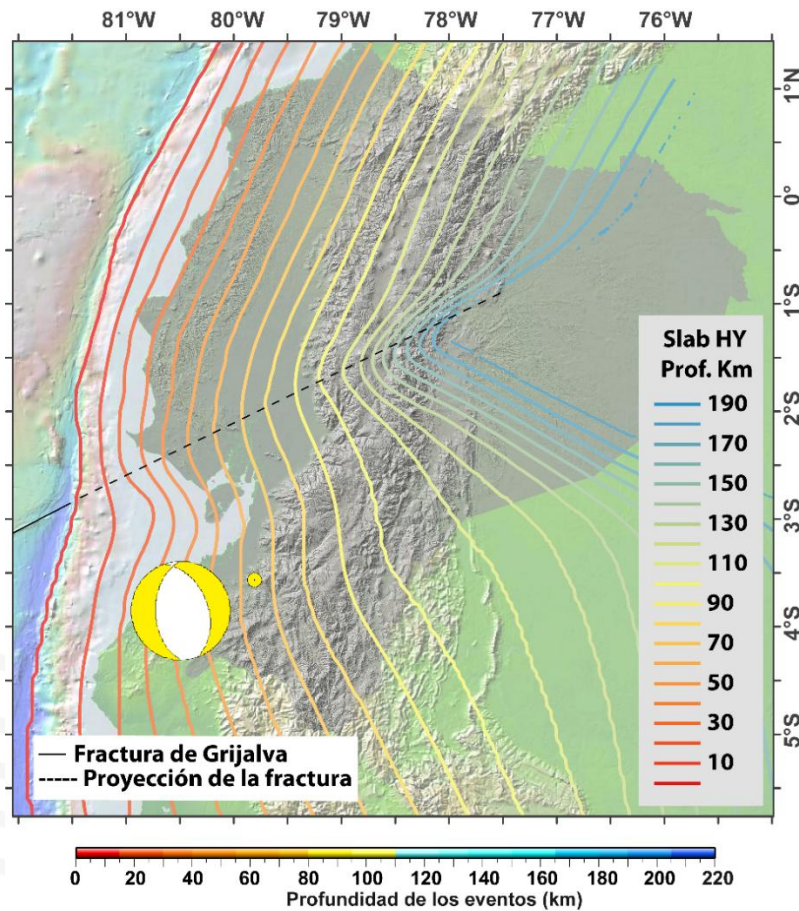


Figura 8. Ubicación del evento registrado el 20 de mayo a las 21h43 TL (consulta a la base: 9 de enero de 2025). Se incluye el mecanismo focal obtenido con inversión de formas de onda (método MECAVEL). Modelo del slab de Yepes et al., 2016.

De acuerdo con el barrido realizado por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos el sismo fue sentido en las provincias de El Oro, Loja, Los Ríos, Guayas, Cañar, Azuay y Zamora Chinchipe entre leve y moderado.

En la figura 9, se muestra la variación de las aceleraciones máximas registradas durante el evento vs. la distancia con respecto al epicentro, observándose que las estaciones localizadas en la ciudad de Machala (ACH1 y ACH2) a pesar de estar más cerca de la zona epicentral, tienen aceleraciones menores con respecto a las estaciones de Alamor (LAMO) y Loja (ALJ1), más distantes, evidenciándose que en estas dos últimas ciudades, se produjo un efecto de sitio o amplificación del

sacudimiento [Colaboración Externa: Ing. Edwin Duque, Grupo de Ingeniería Sísmica y Sismología de la UTPL].

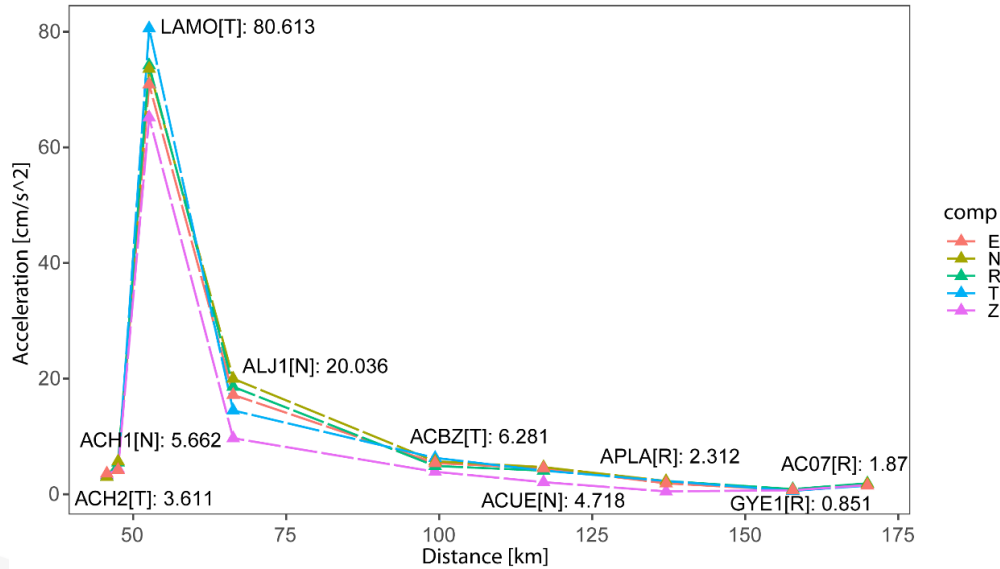


Figura 9. Aceleración Máxima vs Distancia. Estaciones red EC (IG-EPN): Acelerógrafos ACH1, ACH2, ALJ1, ACBZ, ACUE, APLA, AC07, GYE1 y Sismógrafo LAMO. Estaciones red LJ (UTPL): Acelerógrafos AMCA y LAMO.

3. Sismo en la provincia de Pichincha

El 01 de julio de 2024 a las 00h27 TL, se registró un sismo de magnitud 4.2 MLv, 4.07 Mw, magnitud preferida cuyo epicentro se localizó 1.7 km al sur-oeste de Puembo en la provincia de Pichincha (Figura 10). El mecanismo focal con inversión de formas de onda indica que el evento tuvo su origen en el segmento norte del sistema de fallas de Quito, con un fallamiento de tipo inverso. Dada su profundidad y cercanía fue sentido ampliamente en Quito, donde se reportó el desplazamiento y caída de objetos, además daños no estructurales en viviendas. En la zona cercana al epicentro se observó pequeños deslizamientos, y según reportes de la Secretaría Nacional de Riesgos, el sismo fue sentido también en las provincias de Imbabura y Napo.

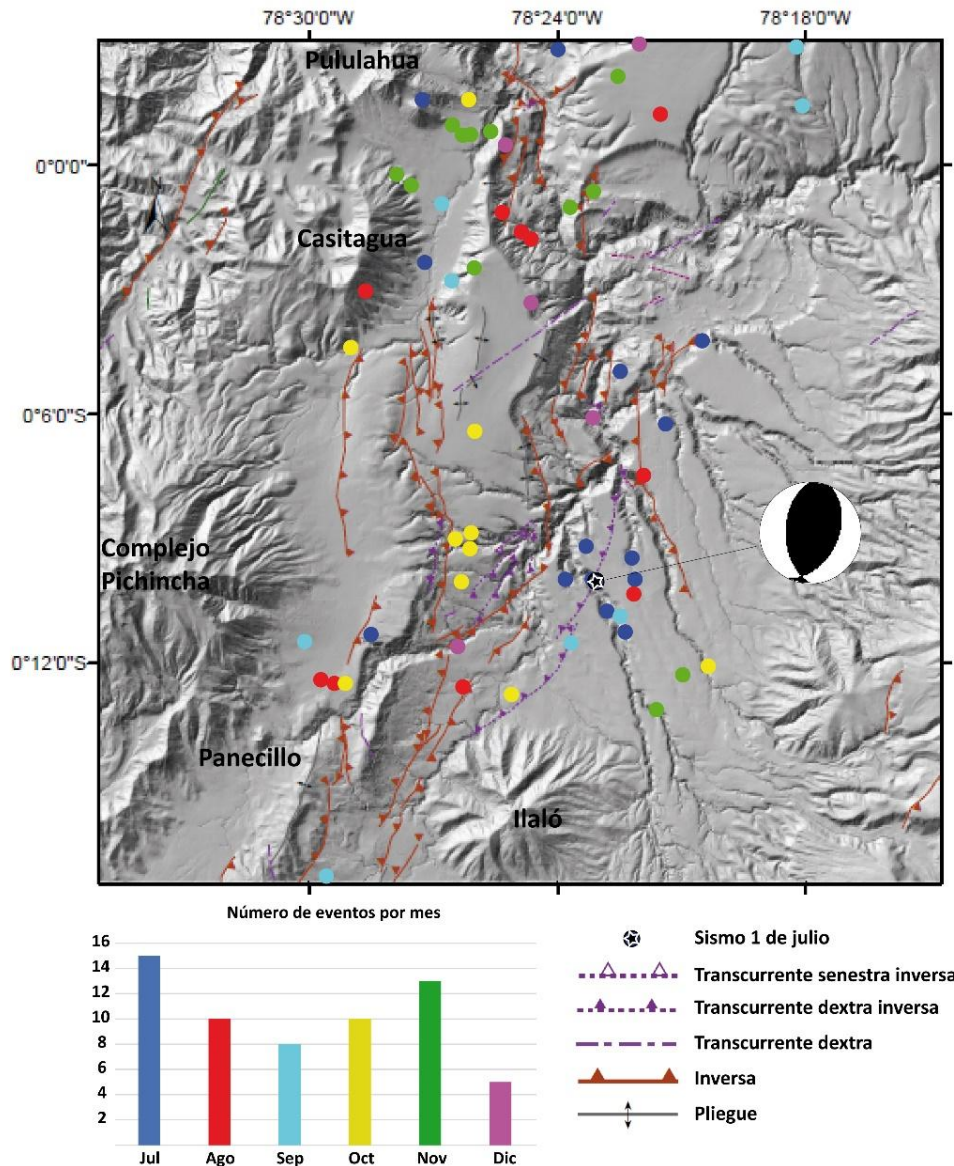


Figura 10. Sismicidad asociada con el sistema de fallas de Quito por mes a partir del del evento registrado el 1 de julio a las 00h27 TL en el segmento norte del sistema (consulta a la base: 9 de enero de 2025). Se incluye el mecanismo focal con inversión de formas de onda (Método MECAVEL).

En la estación más cercana al epicentro del sismo PUEM (a 3.62 km) se obtuvo un valor de aceleración pico de 103.29 cm/s² en la componente radial, mientras que en la componente este de AEPN (a 12.92 km) se registró el valor más alto de aceleración, 145.04 cm/s². Las estaciones FENY, IESS, AEPN y SANF muestran valores de aceleración pico más altos que lo esperado a las distancias epicentrales a las que se encuentran estas estaciones (Figura 11).

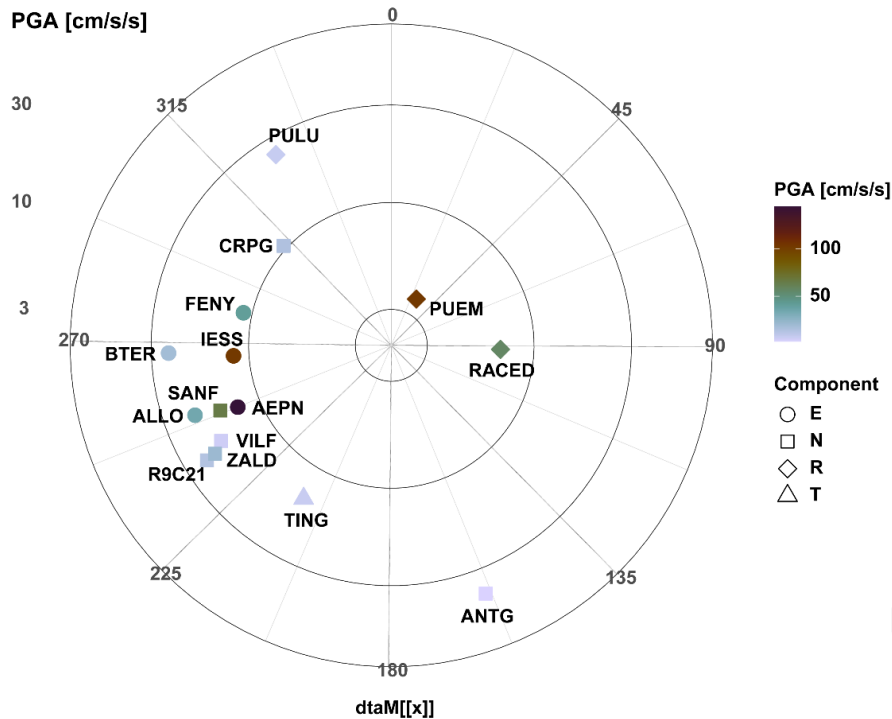


Figura 11. Distribución espacial de los valores de aceleración pico medidas. El centro está definido por el epicentro del sismo, y el radio representa la distancia, los anillos señalan las distancias 3, 10 y 30 km. El color señala los valores de aceleración mientras que el símbolo muestra la componente por estación en la cual se midió el valor pico. Estaciones pertenecientes a la RENSIG, RENAC y a la red mundial (AM) [Raspishake, Raspberry Shake, S.A. (2016), <https://doi.org/10.7914/SN/AM>].

En resumen, se observa una zona estrecha comprendida hacia el occidente y sur-occidente del epicentro, en donde los valores de aceleración son anormalmente altos, con respecto a las aceleraciones que se registraron en la zona sur y norte de la ciudad, a distancias similares, o incluso, menores. Este efecto no está claramente entendido, y algunas hipótesis podrían explicar este fenómeno: 1) el segmento que se deslizó sobre la falla al momento del sismo es justamente donde se concentraron las mayores aceleraciones, o 2) por efectos de sitio debido al relleno y/o la forma de la cuenca.

Posterior a este evento, se registraron varias réplicas con magnitudes menores a 3.5 MLv. (Ver Informe Sísmico Especial No. 2024-004, REPORTE DE ACELERACIONES DEL SISMO DE PUEMBO - 01 DE JULIO DE 2024).

Se debe mencionar que, en los meses posteriores (octubre), se reportaron varios eventos sentidos en la zona norte de Quito, concretamente en Nayón. Estos eventos en su mayoría no superaron una magnitud de 2.0 MLv y sus epicentros estuvieron tanto en la zona del evento del 1 de julio como más al este, entre Nayón y Zábiza (ver Figura 10).

TAREAS DE VIGILANCIA

La vigilancia, realizada desde el Centro TERRAS se mantuvo las 24 horas durante los 365 días con 8 analistas de vigilancia cumpliendo turnos rotativos.

Durante los turnos se cumplieron diferentes tareas cuyas estadísticas se presentan a continuación:

Descripción	No. informes
<p>Informe de actividad volcánica: Se registra la información de las observaciones y reportes de la actividad interna y externa de los diferentes volcanes monitoreados en base a los parámetros de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lluvias/Lahares • Columna de emisión/ceniza • Gases • Sismicidad • Observación • Otro parámetro de monitoreo • Control Goes16&Sismica • Geodesia 	1423
<p>Informe VONA: permite alertar a las autoridades sobre emisiones de ceniza en los volcanes Reventador y Sangay.</p>	1312
<p>Informe Volcánico Periódico: es un resumen de la actividad diaria de los volcanes El Reventador y Sangay.</p>	1078
<p>Informe IGAllstante: Permite notificar a la ciudadanía y tomadores de decisión sobre fenómenos súbitos de los diferentes volcanes y que pueden causar un impacto negativo como, por ejemplo: las emisiones de ceniza, caídas de ceniza y lahares secundarios.</p>	96
<p>Informe Estado de Turno: se registra las novedades registradas durante los 3 turnos de monitoreos y estas novedades pueden ser en los equipos de Comunicación, Adquisición y Estaciones.</p>	1426



Mapas de simulación de dispersión y caída de ceniza: guía sobre las zonas potencialmente afectadas por emisiones de ceniza de los volcanes Sangay y El Reventador	732
Informes periódicos diarios: Volcanes El Reventador, Sangay y Fernandina	813
Informes periódicos semanales: Volcán Cotopaxi	11



Actividad Volcánica en el Ecuador

Durante el año 2024, para analizar la actividad volcánica en el Ecuador, se han establecido las líneas de vigilancia en: Deformación, Gravimetría, Ceniza, Fluidos, Visual-Termografía y Lahares. En conjunto, se ha logrado cumplir con al menos con **183** comisiones de servicio generadas desde vulcanología y **13** en apoyo o coordinación de otras áreas (por ejemplo: área de instrumentación o sismología), cuyo propósito es la obtención de datos y control directo de la actividad superficial de los diferentes volcanes activos y en erupción; así también se realiza el mantenimiento de la red de vigilancia volcánica permanente. En comparación con el año pasado (2023), la cantidad de comisiones ha incrementado sustancialmente (**94** comisiones en 2023), en función de la incorporación de nuevo personal técnico al Centro TERRAS para cumplir con los turnos de vigilancia volcánica y sísmica 24/7.

Se ha efectuado vigilancia de campo en los volcanes que se mantienen en erupción (El Reventador y Sangay), activos (Cotopaxi, Guagua Pichincha, Tungurahua y Sierra Negra en las Galápagos), y potencialmente activos (Cuicocha, Quilotoa y Chiles-Cerro Negro). Particularmente, el 2 de marzo 2024 se registró la erupción del volcán La Cumbre en la Isla Fernandina (Galápagos).

Durante 2024 se generó/revisó y publicó al menos **5 Informes Especiales** y **96** informes de tipo “**IGAlInstante**”, con la finalidad de comunicar a la población y autoridades, cambios relevantes en la actividad volcánica, como, por ejemplo: emisiones de ceniza, lahares secundarios (remoción de material volcánico por lluvias) y ruidos. Estos informes fueron emitidos principalmente asociados a la erupción del Volcán Fernandina, iniciada el 2 de marzo y que duró hasta el 9 de mayo del mismo año, pulsos eruptivos del volcán Sangay (principalmente: enero, julio y agosto), así como el incremento de la actividad superficial del volcán El Reventador en mayo. En función de optimizar las comunicaciones con los organismos encargados de la gestión del riesgo (Secretaría de Gestión de Riesgos), se generó un comunicado interno (Oficio Nro. EPN-IG-EPN-2024-0088-O del 28 de octubre de 2024), asociado a cambios leves en algunos parámetros de vigilancia en el volcán Guagua Pichincha. Finalmente, debido a una anomalía en la desgasificación del volcán Cotopaxi, el 13 de diciembre de 2024 se emitió el oficio EPN-IG-EPN-2024-0099-O, cuyo adjunto (Informe Mensual del Volcán Cotopaxi No. 2024-011) detallaba dichas anomalías.

Una de las tareas primordiales fue cumplir con los turnos (Dos Vulcanólogos) de 24 horas, durante 7 días, que consisten en la supervisión de la vigilancia volcánica efectuada por el Centro TERRAS y la publicación de informes periódicos (diarios, semanales y mensuales). Dichos turnos se intercambian en la reunión de

evaluación de actividad volcánica, mantenida todos los jueves y llamada “Evaluación de Volcanes”.

El objetivo principal de estas dos tareas es conjugar la información recibida y procesada, con interpretaciones a corto y mediano plazo de la actividad volcánica y así gestionar la respuesta del Instituto Geofísico ante autoridades y comunidad.

Los volcanes con informes diarios durante 2024 fueron: El Reventador (366 informes diarios), Sangay (366 informes diarios). Otros informes, tales como: informes semanales (3 informes) y mensuales (11 informes mensuales), fueron generados para el volcán Cotopaxi. Los informes mensuales se generaron entre enero y noviembre, y los semanales cubrieron la anomalía de desgasificación detectada durante el mes de diciembre.

En total se generaron **847 informes diarios de actividad volcánica** durante 2024.

Durante el 2024 se ha logrado mantener en funcionamiento óptimo todas las redes de vigilancia, recolectar nuevos sets de datos para evaluación de la amenaza volcánica, así como establecer nuevos y mejorados protocolos de manejo de crisis.

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES POR LÍNEA DE VIGILANCIA

Deformación: Este parámetro involucra algunas metodologías para determinar cambios relativos en las posiciones de dos puntos conocidos en el espacio. Estos cambios pueden interpretarse como movimientos horizontales y verticales, que a su vez tienen un significado sobre una hinchazón o una deflación detectada en el volcán. Dentro de este contexto, durante 2024 se ha realizado:

1. GPS-GNSS: Los Sistemas de Posicionamiento Global Continuos (cGPS) entregan información de la ubicación de una antena, con precisión milimétrica. Las posiciones obtenidas, son analizadas respecto a un marco de referencia local. Cuando se observan cambios progresivos (desplazamientos) relativos de uno o varios puntos de monitoreo, formando un patrón que rodea una zona geológica o volcánica, esta presenta una deformación. Se dispone de 90 estaciones, de las cuales se ha procesado el 90% de los datos de monitoreo obtenidos. Durante el 2024 se realizó 9 comisiones de servicio para mantenimiento de estaciones GNSS tectónicas y Real Time, 22 comisiones de servicio para mantenimiento de estaciones GNSS volcánicas (2 nuevas instaladas y 2 reinstalaciones) (Figura 12).
2. InSAR (interferometría de radar de apertura sintética): Las imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) contienen información de amplitud y fase, que se obtienen del escaneo satelital por radar de una zona o terreno determinado. Al

comparar por interferometría la información de fase entre dos o más imágenes SAR de una misma zona, separadas en el tiempo, es posible obtener datos de los cambios que han ocurrido durante ese intervalo. Durante el 2024 se realizaron un total de 69 procesamientos de series temporales de imágenes SAR para el monitoreo de los volcanes Fernandina, Sierra Negra, Chiles - Cerro Negro, Cotopaxi, Sangay, Reventador, Cayambe, Guagua Pichincha. Se procesó el 90% de los datos accesibles.

3. **Inclinometría:** Durante el 2024 se realizó 9 comisiones de servicio de estaciones inclinométricas, estaciones que recibieron mantenimiento. Bases de datos actualizadas permanentemente y procesados de forma mensual (12 veces en el año).

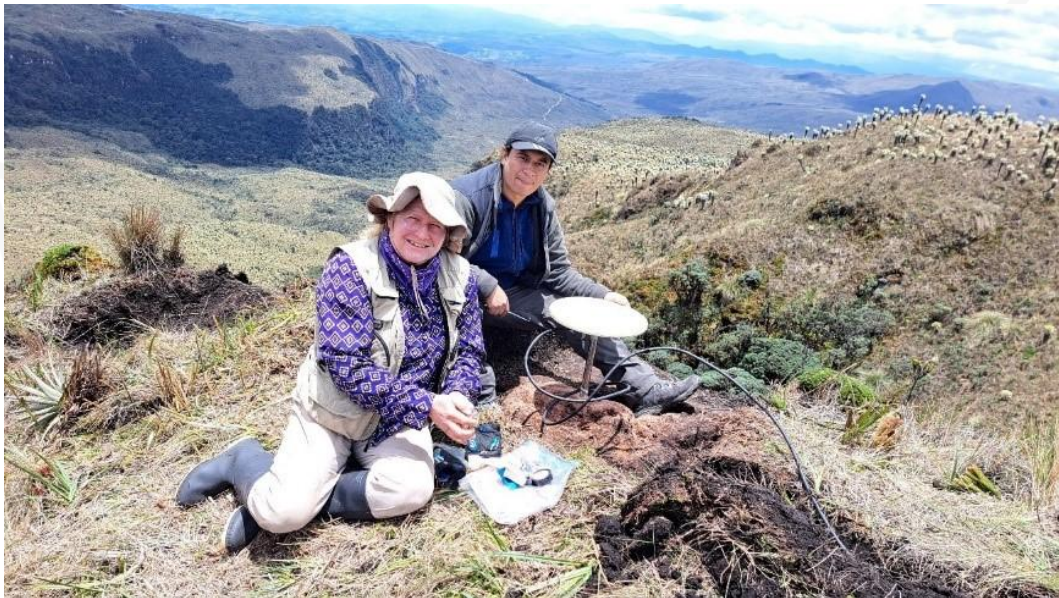


Figura 12. Trabajos de mantenimiento y descarga de datos en estaciones cGPS, sector de Lagunas Verdes (Cortesía Comunidad Tufiño).

Gravimetría: La gravimetría es una herramienta de la geofísica que, en el caso del estudio de los volcanes, permite inferir aspectos y procesos que ocurren en el interior de un volcán, así como proveer información relacionada con la acumulación del magma en las cavidades internas del sistema magmático, la dinámica de los gases y los mecanismos que desencadenan la deformación de los macizos volcánicos.

A lo largo del año 2024, se realizaron 10 campañas de campo para mediciones de microgravedad (Figura 13). Durante estas campañas, se llevaron a cabo mediciones

gravimétricas en 27 estaciones de gravimetría, con datos recolectados en cada una de ellas. El procesamiento de los datos ha sido finalizado para todas las campañas, alcanzando un 99,7% de los datos procesados, y se han aplicado las correcciones necesarias para garantizar su precisión.

En cada una de estas campañas se realizaron al menos entre 11 y 12 ciclos de medidas. Un ciclo de medida consiste en realizar una medida en la estación base, para luego realizar todo el control de ida y vuelta en la zona de interés y retornar a realizar una nueva medida en la base. Gracias a esto se mantuvieron las Bases de datos de medidas relativas de gravedad para los volcanes Cotopaxi, Chiles-Cerro Negro y Potrerillos, y se presentaron gráficos de series temporales con datos de micro-gravimetría para los volcanes Cotopaxi, Chiles-Cerro Negro y Potrerillos como reportes de series temporales en la reunión semanal de volcanes.

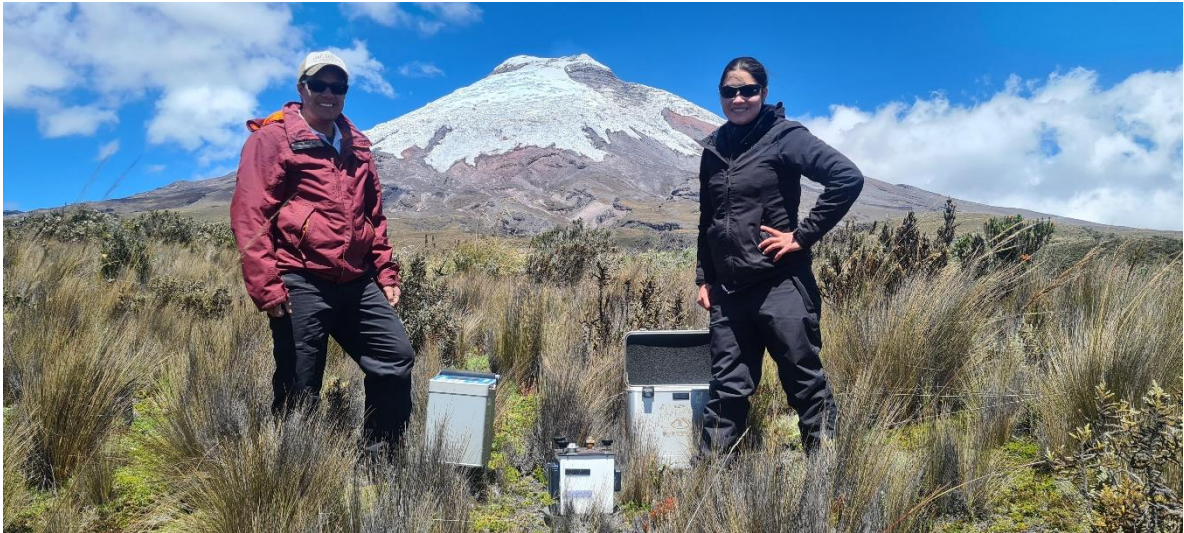


Figura 13. Medidas gravimétricas realizadas en el volcán Cotopaxi (Foto: M. Almeida – IG/EPN).

Lahares:

La mayoría de los detectados durante 2024, responden a eventos generados en épocas del año con precipitaciones importantes, es decir, todos ellos corresponden a eventos de tipo secundario, por removilización de material acumulado en los flancos de un volcán.

Los eventos laháricos más importantes se resumen a continuación:

1. **Cotopaxi:** Se registraron 25 lahares secundarios principalmente entre enero y junio del 2024 (23). La mayoría de estos eventos (21) descendieron por la quebrada Cutzualo que luego desembocan en la quebrada Agualongo, al



occidente del volcán, sector de la vía al refugio del volcán Cotopaxi. El evento más significativo ocurrió el 23 de mayo con un caudal máximo de 13,1 m³/s, caudal promedio de 3,8 m³/s, duración de 65 minutos y un volumen aproximado de 14,9 mil m³. Estos flujos fueron de tamaño pequeño y se restringen a las inmediaciones del Parque Nacional Cotopaxi sin causar daños. Estos eventos son provocados por las fuertes lluvias que remobilizan el material suelto depositado en las quebradas del volcán y no corresponden a un incremento en la actividad. Debido a esta actividad se emitieron 11 informativos al instante, 11 informes mensuales y 1 informe anual.

2. **Tungurahua:** Se registraron lluvias de diferente intensidad en la zona alta del volcán mismas que generaron la ocurrencia de lahares secundarios durante los meses de abril, junio y julio. En total se registraron 7 eventos durante este año, en la zona norte, noroccidental y suroccidental del volcán, en las quebradas de Ulba, Palmaurcu y Mapayacu y Vazcún. Estos eventos son provocados por las fuertes lluvias que remobilizan el material suelto depositado en las quebradas del volcán y no corresponden a un incremento en la actividad. Debido a esta actividad se emitieron 6 informativos al instante, 11 informes mensuales y 1 informe anual.
3. **Reventador:** Se registraron 7 lahares secundarios de tamaño pequeño en los drenajes sur del volcán El Reventador, ríos Marker y Montana. Estos eventos son provocados por las fuertes lluvias que remobilizan el material suelto depositado en las quebradas altas del volcán y no corresponden a un incremento en la actividad de este. Debido a esta actividad se emitieron 7 informativos al instante y 1 informe anual.
4. **Sangay:** Se registró el incremento del caudal del río Upano vía cámara visual, el mismo que provocó el cierre temporal de la vía Macas-Puyo en el sector del río Upano, en varias ocasiones (Figura 14). Debido a esta actividad se emitieron 5 informativos al instante y 1 informe anual.



Figura 14. Incremento del caudal del río Upano el día 21 de junio de 2024. Cámara Santa Rosa. Fotografía cortesía ECU-911.

Ceniza: El grupo dedicado al Monitoreo de Ceniza se encarga de varias actividades, incluyendo:

1. Elaboración e instalación de recolectores de ceniza (cenizómetros): Durante el presente año se elaboraron 10 cenizómetros, los mismos que fueron instalados de la siguiente manera: dos se instalaron en el mes de abril en las localidades de Santa Rosa y Quinta Cooperativa-Luz de América en la provincia de Morona Santiago para la recolección de muestras de ceniza del volcán Sangay; ocho se instalaron en el mes de noviembre en las comunidades de Chacauco, Palictahua, Choglontus, Pondoja Bajo, Baños, Ulba, Casua, e Illuchi, aledañas al volcán Tungurahua, esta información puede ser encontrada la página web (<https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted>).
2. Recolección de muestras de ceniza y el mantenimiento de los cenizómetros: A lo largo del 2024 se han desarrollado varias campañas de recolección de ceniza y mantenimiento de la red de cenizómetros, con un mayor énfasis en los centros volcánicos que se encuentran en erupción como lo son El Reventador y Sangay (Figura 15). Para el volcán El Reventador se realizaron siete salidas, en los meses de enero (30-31), marzo (25-27), mayo (10), julio (10-12), septiembre (09-11), octubre (08-10) y noviembre (01-03). Por su parte, para el volcán Sangay se realizaron seis campañas en los meses de enero (09-11), febrero (19-22), mayo (09-06), julio (24-26), septiembre (16-18) y noviembre (19-22). Informes



para la comunidad sobre estas salidas al campo fueron publicadas en la página web (<https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted>) y las redes sociales del Instituto Geofísico. También se realizó el mantenimiento de la red de cenizómetros de otros volcanes para tener una red operativa ante cualquier eventualidad. En el caso de la red del volcán Cotopaxi se realizaron tres campañas de campo en enero, abril y julio. En el norte del país, la red de cenizómetros para el Complejo Volcánico Chiles Cerro Negro tuvo un mantenimiento en el mes de mayo.

3. Análisis de las muestras de ceniza en el laboratorio para obtener valores de carga, distribución granulométrica y componentes: En el 2024 se obtuvieron un total de 178 muestras de ceniza volcánica para el Sangay y 23 muestras para el volcán El Reventador, las cuales fueron procesadas en el laboratorio del IG-EPN y para las cuales se estimaron los valores tanto de peso (g) como de carga (g/m^2) y tasa de caída ($g/m^2/d$). Entre las muestras de ceniza con mayor volumen, 13 del Sangay y 8 de El Reventador fueron seleccionadas para ser procesadas y obtener la distribución granulométrica de las mismas. De igual manera, se seleccionaron cuatro muestras de ceniza para realizar el análisis de componentes para el volcán Sangay y El Reventador, respectivamente.
4. Elaboración de mapas de caída de ceniza y la estimación de la masa emitida: En base a los valores de carga obtenidos para cada la recolección de muestras de ceniza, en combinación con los reportes de caída y las proyecciones de las alertas de nubes volcánicas emitidas por la Washington VAAC, entre enero y septiembre del 2024 se elaboraron seis mapas de isomasas de caída de ceniza para el volcán Sangay. Posteriormente, las áreas de las isomasas fueron utilizadas para estimar la masa total de ceniza emitida por el volcán durante cada periodo aplicando las ecuaciones propuestas por Legros 2000, Pyle 1989, Fierstein and Nathenson 1992, Bonadonna and Houghton 2005 y Bonadonna and Costa 2013. El promedio geométrico de los valores resultantes fue utilizado para graficar la tendencia de la masa total emitida por el volcán y así poder entender de mejor manera el proceso eruptivo que atraviesa.
5. Revisión de imágenes satelitales y el registro de las emisiones de ceniza observadas: Las imágenes satelitales GOES-16 de los centros volcánicos que se encuentran en erupción son revisadas y descargadas periódicamente para llenar una base de datos que, además de la descripción de las observaciones hechas en las imágenes satelitales, contiene los valores de altura, velocidad y



dirección de las alertas Washington VAAC, los reportes de caída de ceniza y observaciones de nubes de ceniza hechas en cámaras o por Observadores Volcánicos. Para las emisiones de ceniza que son registradas claramente en las imágenes satelitales, se estima su alcance, dirección, velocidad y altura en base a las imágenes de rango visible (RGB) e infrarrojo (BT = temperatura de brillo). Para el 2024, se han hecho dichas estimaciones para 291 emisiones de ceniza del volcán Sangay y 122 del volcán El Reventador.

6. Elaboración de gráficos que indican las tendencias y la proyección de las alertas de ceniza reportadas por la Washington VAAC: Un insumo principal relacionado a las emisiones de ceniza que se registran en el país son los reportes emitidos por el Centro de Avisos de Cenizas Volcánicas de Washington (W-VAAC por sus siglas en inglés). Estos reportes son cargados al Sistema de Administración y Monitoreo de Actividad Sísmica y Volcánica (SAM) y luego los datos son utilizados para extraer el número de alertas diarias, la altura máxima diaria, el alcance máximo diario y la velocidad máxima diaria de las emisiones registradas. El software R es aplicado para graficar estos valores y observar la tendencia de estos, así como proyectar las emisiones en un mapa para observar su dirección, alcance y áreas afectadas. Adicionalmente, los reportes ciudadanos de caída de ceniza son incluidos en estos mapas. Estos gráficos son presentados en las reuniones semanales e influyen en la asignación de los niveles de actividad superficial para los volcanes con emisiones de ceniza.
7. Recolección de muestras de caídas piroclásticas asociadas a eventos anteriores para trabajos de investigación: En enero de este año se procedió a recolectar muestras de lapilli asociadas a caídas piroclásticas en el volcán Pululahua, las cuales están siendo utilizadas para trabajos investigativos y posteriores publicaciones en colaboración con la Universidad de Múnich, Alemania, con la meta de entender de mejor manera el comportamiento del volcán en el pasado. Adicionalmente, a lo largo del año se realizaron varios análisis geoquímicos en muestras de caídas piroclásticas del volcán Cotopaxi en colaboración con el Laboratorio de Magmas y Volcanes (LMV) en Francia, los resultados de los cuales ayudan a entender de mejor manera las erupciones pasadas del volcán y serán incorporados en publicaciones futuras. Informes relacionados a estos estudios en curso fueron publicados con el título “Estudio de las erupciones del Cotopaxi en colaboración con el IRD y el Laboratorio de Magmas y Volcanes, Francia” en la página web (<https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted>) y las redes sociales del Instituto Geofísico.

8. Elaboración de informes anuales y especiales por emisiones de ceniza: En enero de este año, se procedió a elaborar la parte correspondiente a las emisiones de ceniza durante el 2023 para los informes anuales de los volcanes Cotopaxi, Sangay y El Reventador, mismos que fueron publicados a través de la página web del Instituto Geofísico, así como redes sociales en el mes de marzo. Por otra parte, debido a la actividad actual que presenta el volcán Sangay, se generaron 59 informes especiales, llamados IGAllnstante, por emisiones de ceniza y reportes de caídas de ceniza. Por su parte, para el volcán El Reventador se realizaron cuatro IGAllnstante por reportes de caídas de ceniza durante el 2024. Finalmente, hay que mencionar que, aunque el volcán Tungurahua no se encuentra en proceso eruptivo, se emitió un IGAllnstante por removilización de ceniza depositada sobre los flancos del volcán. Todos estos reportes pueden ser encontrados en la página web (<https://www.igepn.edu.ec/servicios/busqueda-informes>).



Figura 15. Mantenimiento del cenizómetro de Piscinas de Atillo-Guamote, noviembre 2024. Foto: A. Vásquez IG-EPN.

Fluidos: La vigilancia de las vertientes naturales tiene especial énfasis en aquellas que se presume son de origen termal, así como los campos fumarólicos y otras manifestaciones fluidas asociadas al volcanismo o fenómenos geodinámicos a nivel nacional. Esto incluye efectuar el muestreo, medición de parámetros,

caracterización y control de variaciones temporales mediante análisis químicos de los fluidos que emanan de dichas fuentes.

1. Informes de emisiones de CO₂

Durante el 2024 se realizaron tres campañas de medición de CO₂ difuso en lagos cratéricos, como se detalla a continuación.

Volcán	Fecha	Informe (Observaciones)
Cuicocha	jul-24	Realizado y entregado a las autoridades
Quilotoa	jul-24	Realizado y entregado a las autoridades
Quilotoa	nov-24	Informe en elaboración

Tabla 2.- Informes de campañas CO₂ en 2024.

2. Informes para respuesta a crisis locales (que involucren emisiones de gases)

El día 09 de julio de 2024, el IG-EPN recibe el oficio Nro. FPX-FEPG1-0301-2024-002419-0 por parte de la Fiscalía General del Estado, solicitando al IG-EPN “apoyo con los servicios de investigación y análisis de gases” que emanan en un pozo de agua perteneciente al Rancho Camila; tras haber ocurrido en el mismo el fallecimiento de un ciudadano el martes 02 de julio de 2024. El sitio de interés se localiza en la comunidad José Guango Bajo, a unos 25 km al SW del Volcán Cotopaxi.

Habiendo informado a la Fiscalía los limitantes de las mediciones de la instrumentación que posee el IG-EPN, el director del IG-EPN, Dr. Mario Ruiz con oficio EPN-IG-EPN-AV-2024-0183-M designa una comisión de servicios conformada por tres técnicos del Área de Vulcanología: Dra. Silvana Hidalgo, Dr. Daniel Sierra, e Ing. Marco Almeida, profesionales que trabajan sobre las emisiones de gases asociadas a volcanes. Se les encarga inspeccionar este pozo y realizar las mediciones de gases que el IG-EPN está en capacidad de hacer, siendo estos: CO₂, SO₂, H₂S.

3. Muestreo de Aguas y vertientes termales

Durante el 2024 se realizó un total de 20 campañas de mediciones de fluidos habiéndose recolectado y analizado la química de elementos mayoritarios para un total de 86 muestras. A continuación, se observan las estadísticas y campañas de muestreo de los últimos 3 años.

El 18/07/2024, se envía a fiscalía el “Informe de medición de Gases en los Pozos de “Camila” en José Guango Bajo, Provincia de Cotopaxi”.

	2022		2023		2024	
	Campanas	Muestras analizadas	Campanas	Muestras analizadas	Campanas	Muestras analizadas
Tungurahua	0	0	1	9	1	10
Cotopaxi	1	4	4	16	4	13
Pichincha	1	4	3	11	2	5
Otavaló	2	6	2	6	1	3
Tangalí	2	2	0	0	0	0
Chiles Cerro N	4	27	4	27	3	20
Cayambe	1	7	0	0	1	3
Cuicocha	2	2	2	2	1	1
Pululahua	0	0	0	0	0	0
Reventador	0	0	0	0	2	3
Quilotoa	1	7	1	6	3	18
Costa	0	0	0	0	1	9
Extras (zona de Pallatanga)			0	0	1	1
TOTAL	14	59	17	77	20	86

Tabla 3.- Comparativa resumen de campañas de medición de fuentes termales en los 3 últimos años. Se incluyó en el inventario nacional, al menos nueve puntos de medición que han sido anexados al catálogo nacional de vertientes y surgentes termales.

4. Estado de la Red de Estaciones DOAS

Durante el 2024 se ha dado mantenimiento y se ha procesado los datos de las estaciones DOAS de la red NOVAC. Durante el 2024, tres nuevas estaciones fueron instaladas en 3 volcanes por miembros del área Técnica junto con el grupo de fluidos. Además, se dio mantenimiento a la estación de Azufral en Galápagos, que mantenía una conexión inestable e intermitente desde 2022.

	Estatus	Observaciones
Cotopaxi		
Refugio	funcionando	s/n
Refugio Sur	funcionando	s/n
Cami	funcionando	s/n
San Joaquín	funcionando	s/n
Tambo	funcionando	s/n
Tungurahua		
Pillate	funcionando	s/n
El Reventador		
Azuela	funcionando	Sin transmisión de datos desde 23 de febrero 2024
OVR	funcionando	Instalado en marzo 2024
Cayambe		
CAYR	funcionando	s/n
Sangay		
Atillo	funcionando	s/n
SNIC	funcionando	Instalado en agosto 2024 / sin transmisión y datos desde 22/08 al 11/09
PIKA	funcionando	Instalado en junio 2024 / 4 días sin funcionamiento en 2024

Sierra Negra (Galápagos)		
Azufraal	funcionando	Extracción de datos y reconexión en noviembre 2024

Tabla 4.- Resumen del estado de las estaciones NOVAC en 2024.

5. Bases de datos de SO₂ obtenidas gracias a instrumentos satelitales

Los instrumentos satelitales proveen información complementaria a la obtenida con las estaciones DOAS. Los sensores satelitales han proporcionado información valiosa para la vigilancia volcánica en tiempo casi real. Se utilizó la información de los sensores TROPOMI, OMPS Y OMI para estimar la masa de SO₂ emitida por los volcanes. En especial la información de TROPOMI se utilizó mantener actualizadas las bases de datos de SO₂ de los volcanes Sangay, Cotopaxi, Reventador y Fernandina. Adicionalmente, con esta información se elaboraron más de 200 mapas comparativos semanales de las emisiones de SO₂ para los volcanes: Chiles-Cerro Negro, El Reventador, Cotopaxi, Sangay y las Islas Galápagos. Además, se elaboraron mapas de respuesta a emergencia durante erupciones mayores de los volcanes Fernandina y Sangay.

6. Campañas y recolección de datos MultiGAS

Durante el 2024 se realizaron al menos 10 campañas de medición con MultiGAS para obtención de concentraciones gaseosas y razones entre especies mayoritarias. Las campañas se realizaron en los siguientes volcanes: volcanes Guagua Pichincha (1), Chiles-Cerro Negro (3), Fernandina (1), Cayambe (1), y Cotopaxi (4).

Cabe mencionar que algunas de las campañas realizadas al volcán Cotopaxi han sido ejecutadas con el apoyo de la Asociación de Guías de Montaña “ASEGUIM”, conformada por montañistas experimentados que han ascendido a la cumbre del volcán.

Producto del análisis de estos datos se han obtenido series temporales que han sido utilizadas como insumo para las reuniones de evaluación de volcanes, toma de decisiones y para la realización de infografías socializadas con el personal que trabaja en alta montaña y en el Parque Nacional Cotopaxi (Figura 16) .

De igual manera, por primera vez el equipo MultiGAS detectó una señal de dióxido de azufre en el cráter del Guagua Pichincha, reportada en un comunicado interno dirigido a la Secretaría de Gestión de Riesgos y el Municipio de Quito.

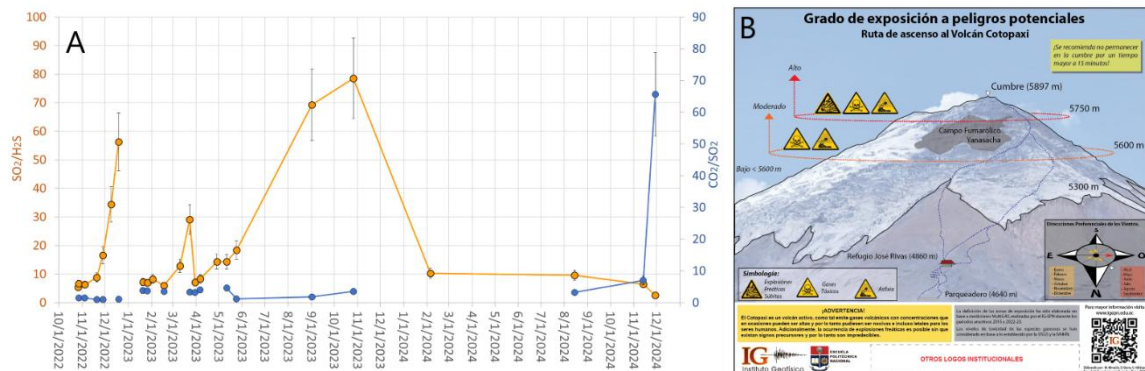


Figura 16. A) Serie temporal de las razones entre especies gaseosas obtenidas mediante el equipo MultiGAS en el Cotopaxi 2022-2024. **B)** Infografía resultante del análisis de las concentraciones máximas de dióxido de azufre obtenidas en el ascenso a la cumbre del volcán.

Termografía: El grupo de vigilancia térmica realiza el monitoreo visual y térmico de los campos fumarólicos, fuentes termales, cráteres activos y productos volcánicos asociados a los volcanes potencialmente activos, activos y en erupción del Ecuador. Este parámetro sirve para evaluar cualitativamente el tamaño de las áreas con anomalías termales, cambios relativos de temperatura máxima aparente, identificar estructuras volcánicas tales como: fisuras, nuevas fumarolas, flujos de lava, corrientes piroclásticas, depósitos piroclásticos y nubes de gas.

1. Mediciones directas y remotas de temperatura

La estimación de temperatura en volcanes activos y en erupción en el Ecuador continental e insular se realiza a través de mediciones directas y remotas. Las mediciones directas abarcan el uso de termocupla y conductímetro, este último en fuentes termales; por el contrario, las mediciones remotas se obtienen a través cámaras térmicas infrarrojas fijas, portátiles y sensores satelitales. Paralelamente al monitoreo térmico se incluye también la vigilancia visual que igualmente se realiza en campañas periódicas y con la red de vigilancia de cámaras fijas cuya información es transmitida en tiempo real a las instalaciones del Instituto Geofísico. Los volcanes en los cuales se realiza este trabajo son principalmente los que muestren evidencias de actividad termal superficial, con el fin de observar la evolución de su temperatura en las anomalías que pudieran presentar, y cambios

morfológicos. Las estructuras que involucran estos cambios son: cráteres, campos fumarólicos, fuentes de agua termal y productos volcánicos como emisiones de gas y/o ceniza, flujos de lava entre otros.

Durante el 2024, el análisis de este parámetro de vigilancia volcánica se ha obtenido a través de campañas de campo periódicas y otras excepcionales en función de la actividad de un volcán en específico (erupción de Fernandina en marzo de 2024).

1.1. Mediciones directas de Fuentes termales y Campos fumarólicos

Las mediciones de temperatura en estas zonas se asocian con el Monitoreo Geoquímico y han sido realizados mediante el uso de un conductímetro y/o termocupla en fuentes de agua termal o fumarolas en trabajos de campo periódicos. En el 2024 se realizaron mediciones 16 campañas, en fuentes termales de los volcanes activos Cayambe, Chiles - Cerro Negro, Cotopaxi, Cuicocha, Otavalo (volcán Imbabura), Quilotoa, Reventador y Tungurahua, y para los campos fumarólicos de los volcanes Chiles – Cerro Negro, Guagua Pichincha y Sierra Negra (Galápagos), Figura 17.



Figura 17. Medición de temperatura utilizando termocupla en campo fumarólico de alta temperatura de Minas de Azufre – Sierra Negra (Foto: S. Hidalgo, IG-EPN).

1.2. Mediciones remotas: Cámaras térmicas infrarrojas y Drones

Se realizaron 11 campañas **vía terrestre** para la vigilancia termal en los volcanes Chiles Cerro Negro, Cotopaxi, Tungurahua, Guagua Pichincha, Reventador, Sangay, Fernandina y Sierra Negra. Particularmente se pudo atender la emergencia dada por la erupción del volcán Fernandina en marzo de 2024. Con el mismo objetivo, se realizaron 15 campañas para **sobrevuelos con dron** distribuidas en los volcanes Cayambe, Cotopaxi, Fernandina, Guagua Pichincha, Reventador, Sierra Negra y Tungurahua. Con las imágenes tanto de rango visible como infrarrojo obtenidas se obtuvieron modelos digitales de elevación de alta resolución para determinar y caracterizar los cambios morfológicos de las zonas anómalas.

2. Red de vigilancia a través de cámaras fijas

La red de vigilancia a través de cámaras fijas incluye cámaras visuales, infrarrojas y ultravioletas, sumando un total de 34 equipos distribuidos en 6 volcanes. Durante el año 2024 la mayor parte de la red se ha mantenido operativa, con excepción de 3 cámaras pertenecientes a la red del volcán El Reventador y Sangay. La cámara perteneciente al volcán Sangay sufrió un desperfecto en octubre debido a los actuales cortes de energía eléctrica.

Las imágenes provenientes de la red de vigilancia visual y térmica son transmitidas vía radio, microonda o satelital hacia las instalaciones del Instituto Geofísico lugar en que son almacenadas en los servidores institucionales del IG-EPN. Estas imágenes son captadas durante el día y/o en la noche y su frecuencia de adquisición depende de las necesidades de vigilancia de cada volcán, la cual puede variar entre 1 min a 1 hora.

Los paquetes de imágenes son analizados por el personal de vulcanología según se requiera, y su información obtenida es graficada en secuencias temporales dependiendo del parámetro a ser considerado.

Análisis de temperatura en cámaras fijas: Para el volcán Cotopaxi se realiza estadísticas de variación de temperatura campos fumarólicos y columnas de emisión de gases y/o ceniza. La colección de imágenes para el 2024 alcanza las 274 mil imágenes aproximadamente.

Estimación de alturas de columnas de emisión de gas y/ceniza: Esta estimación se realiza para el volcán Guagua Pichincha y volcán Cotopaxi, y se enfoca en buscar variación en las alturas de las columnas de emisión y su dispersión en función de la velocidad y dirección de los vientos. Gracias a este análisis se pudieron identificar anomalías en la actividad superficial del volcán Guagua Pichincha.

Las imágenes obtenidas (térmica y visible) son almacenadas en servidores del IG-EPN y son respaldadas periódicamente en discos duros externos, los cuales son manejados por el Área de Sistemas. Este material también es utilizado para realizar tareas de investigación.

Adicionalmente, las dos cámaras trampa capturan imágenes cada 5 minutos y éstas son recuperadas periódicamente durante las salidas de campo. Estas imágenes son analizadas posteriormente por el personal.

El buen funcionamiento de la red de vigilancia térmica y visual es el resultado articulado con el personal de las Áreas Técnica y de Sistemas.

Volcán	Cámara	Tipo	Nro. de cámaras	Fuera de servicio
Cotopaxi	Visual	Fija	15	-
	IR	Fija	1	-
	UV	Fija	1	-
El Reventador	Visual	Fija	4	1
		Trampa	1	-
	IR	Fija	2	1
	UV	Fija	1	-
Guagua Pichincha	Visual	Fija	1	-
Sangay	Visual	Fija	2	1
		Trampa	2	-
Sierra Negra, Galápagos	Visual	Fija	1	-
Tungurahua	Visual	Fija	4	-

Tabla 5.- Red de vigilancia permanente visual y térmica en 2024 de seis volcanes tanto en el territorio continental como insular.

3. Anomalías termales en satélite

Adicionalmente, se mantienen actualizadas las bases de datos diarias, semanales y mensuales de anomalías termales detectadas por sensores satelitales. Las anomalías se detectan para volcanes en erupción como: Sangay, El Reventador y Fernandina, pero también en Cotopaxi que presentó anomalías de baja energía debido a la actividad fumarólica en el cráter. Esta información permitió elaborar más de 150 mapas, permitiendo identificar fenómenos volcánicos calientes como flujos de lava, flujos piroclásticos y actividad fumarólica.

MANTENIMIENTO DE LAS BASES DE DATOS

- La base de datos de parámetros físico – químicos, así como de análisis químicos de aguas y fuentes termales se mantiene actualizada.
- Se ha creado la base de datos de alturas de columnas de emisión de campos fumarólicos en el volcán Guagua Pichincha desde 2017.
- Se ha mantenido actualizada la base de datos de emisión de ceniza de la Washington VAAC, Química de ceniza, cenizoteca, tamizaje-granulometría, densidad y simulaciones diarias.
- Se ha mantenido actualizada la base de datos de ocurrencia de lahares en los volcanes.
- Se mantiene actualizada la base de datos termográfica permanente: Guagua Pichincha, Cotopaxi y El Reventador.
- Se mantiene actualizada la base de datos geodésicos.
- Se mantiene actualizada la base de datos gravimétrica.

- Se ha generado la base de datos termográficos con DRON.
- Se ha generado la base de datos de control morfológico con DRON.

EVENTOS VOLCÁNICOS (ERUPCIONES O AGITACIONES)

Gracias a la recopilación, procesamiento y análisis de los datos obtenidos durante 2024 por la red de vigilancia volcánica, así como la implementación de recopilación de datos satelitales, se han podido manejar de forma adecuada los diferentes eventos asociados a la actividad volcánica. Siendo los más relevantes:

Erupciones

Actividad eruptiva continua en el volcán Sangay

Comenzó en el mes de mayo de 2019, siendo catalogada como una de las más intensas registradas en este volcán durante los últimos 21 años. Durante 2024 el volcán Sangay continuó con su actividad eruptiva (Figura 18), los pulsos de actividad más importantes fueron detectados en el mes de: enero, julio y agosto.

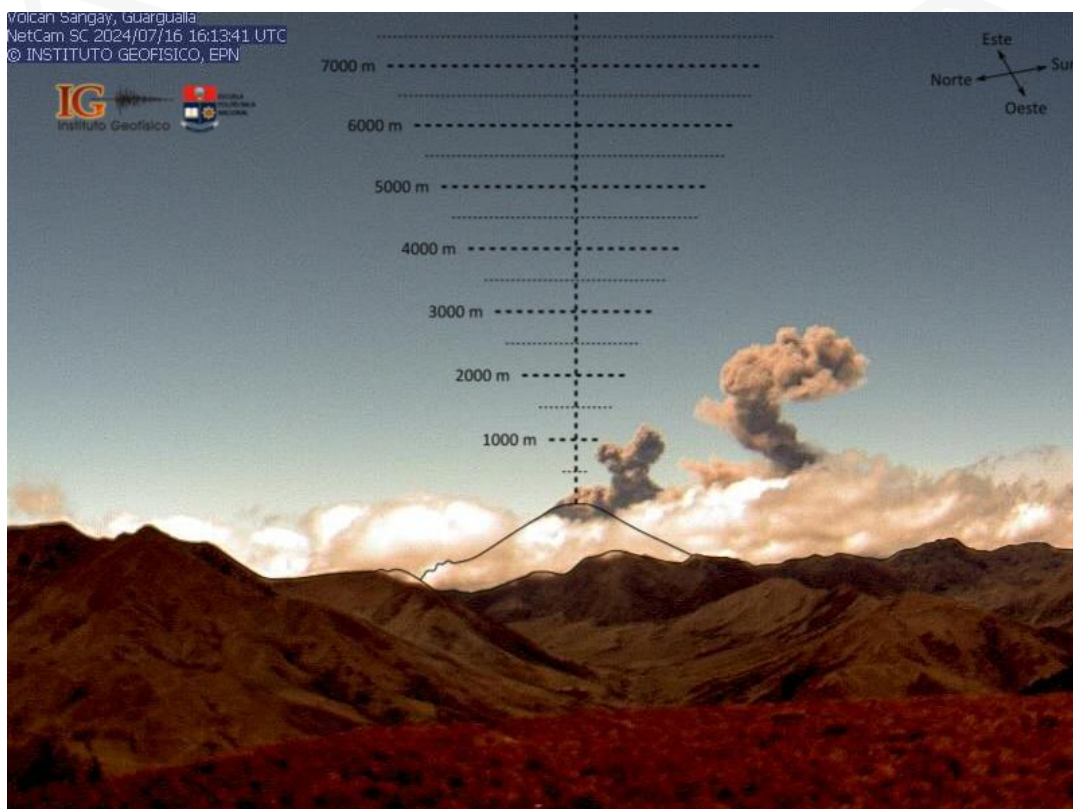


Figura 18. Columna de emisión de ceniza detectada por la cámara Guarguallá, de rango visible y con transmisión permanente ubicada al occidente del volcán.

Actividad continua del volcán El Reventador

Este volcán se ha mantenido en erupción durante todo el 2024 (Figura 19), desde 2002. En particular la actividad de El Reventador no suele causar mayores estragos en lo referente a emisión de ceniza o lahares, sin embargo, ocasionalmente pequeñas caídas de ceniza alcanzaron pequeñas zonas pobladas, especialmente hacia el suroriente del volcán. Durante el año 2024, el volcán El Reventador mantuvo su actividad interna moderada y una actividad superficial entre alta y moderada. Característicamente a nivel superficial estuvo dominada por emisiones de ceniza pequeñas de corta duración y de corto alcance, que raramente causaron caída de ceniza en poblados cercanos en las provincias de Napo y Sucumbíos. Durante este mismo año, la actividad superficial del volcán tuvo un repunte desde el mes de mayo, que se mantiene hasta la fecha de emisión del presente informe. Dicha actividad esta caracterizada por la emisión de columnas de ceniza, y explosiones que ocasionalmente generan flujos piroclásticos (nubes ardientes), así mismo otro tipo de nubes ardientes derivadas de los flujos de lava fueron evidenciados mediante las cámaras de vigilancia.

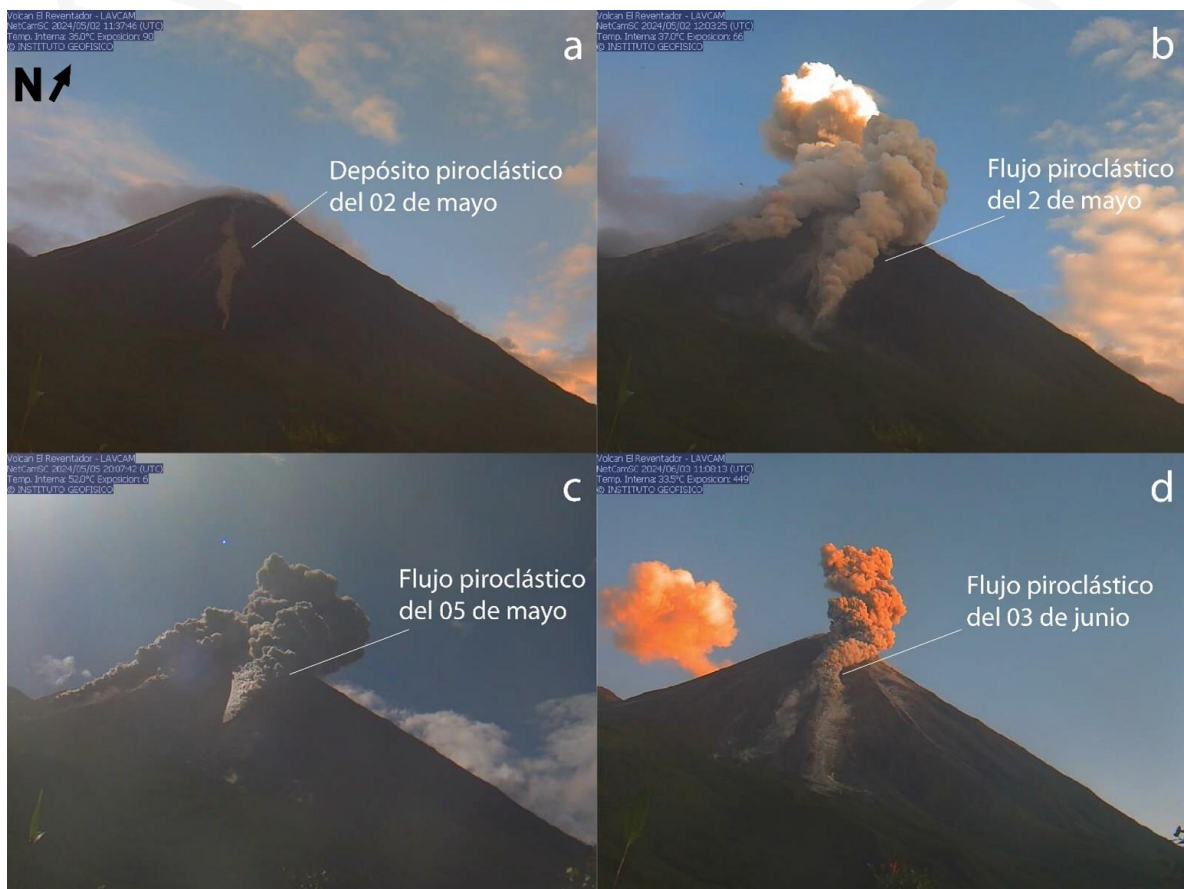


Figura 19. a) Depósito de flujo piroclástico observado el 5 de mayo a las 06h37 am TL. b, c y d) Flujos piroclásticos o nubes ardientes que descienden por los flancos sur y suroriental del volcán (Elaborado por: M. Almeida – IGEPN).

Erupción volcán La Cumbre – Fernandina, Islas Galápagos

El 2 de marzo de 2024, a las 23h50 TL (Galápagos), el volcán Fernandina (La Cumbre) inició un nuevo proceso eruptivo el cual terminó entre el 8 y 9 de mayo de 2024, después de ~68 días de actividad. La erupción se caracterizó por la emisión de gases volcánicos y flujos de lava. Los gases volcánicos, principalmente SO_2 , tuvieron valores máximos al inicio de la erupción (> 30000 toneladas), pero en los días subsiguientes disminuyeron significativamente. Durante la mayor parte de la erupción las medidas de SO_2 fluctuaron entre 100 y 1000 toneladas. La erupción se dio a partir de 20 fisuras en el borde superior suroriental de la caldera, con una longitud total de 4,3 km. Todas las fisuras estuvieron activas por un máximo de dos días emitiendo flujos de lava, excepto por la fisura número 13, que fue la única activa durante todo el proceso eruptivo (~68 días). Esta fisura emitió flujos de lava hacia la zona costera a través de túneles de lava. La tasa de emisión de lava fue de aproximadamente $200 \text{ m}^3/\text{s}$, al inicio de la erupción, y progresivamente disminuyó a menos de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Los flujos de lava cubrieron un área aproximada de $15,5 \pm 0,8 \text{ km}^2$ (~1550 hectáreas) y alcanzaron el mar el día 6 de abril, extendiendo la superficie de la isla en un área aproximada de $0,1 \text{ km}^2$ (10 hectáreas, Figura 20). Se estima que el volumen total de material volcánico emitido durante la erupción fue de $\sim 60,5 \pm 30$ millones de m^3 . Estos valores sugieren que la erupción del volcán Fernandina de este año es posiblemente la más grande de los últimos 40 años; superando a las erupciones ocurridas en los años 1995 y 2009.

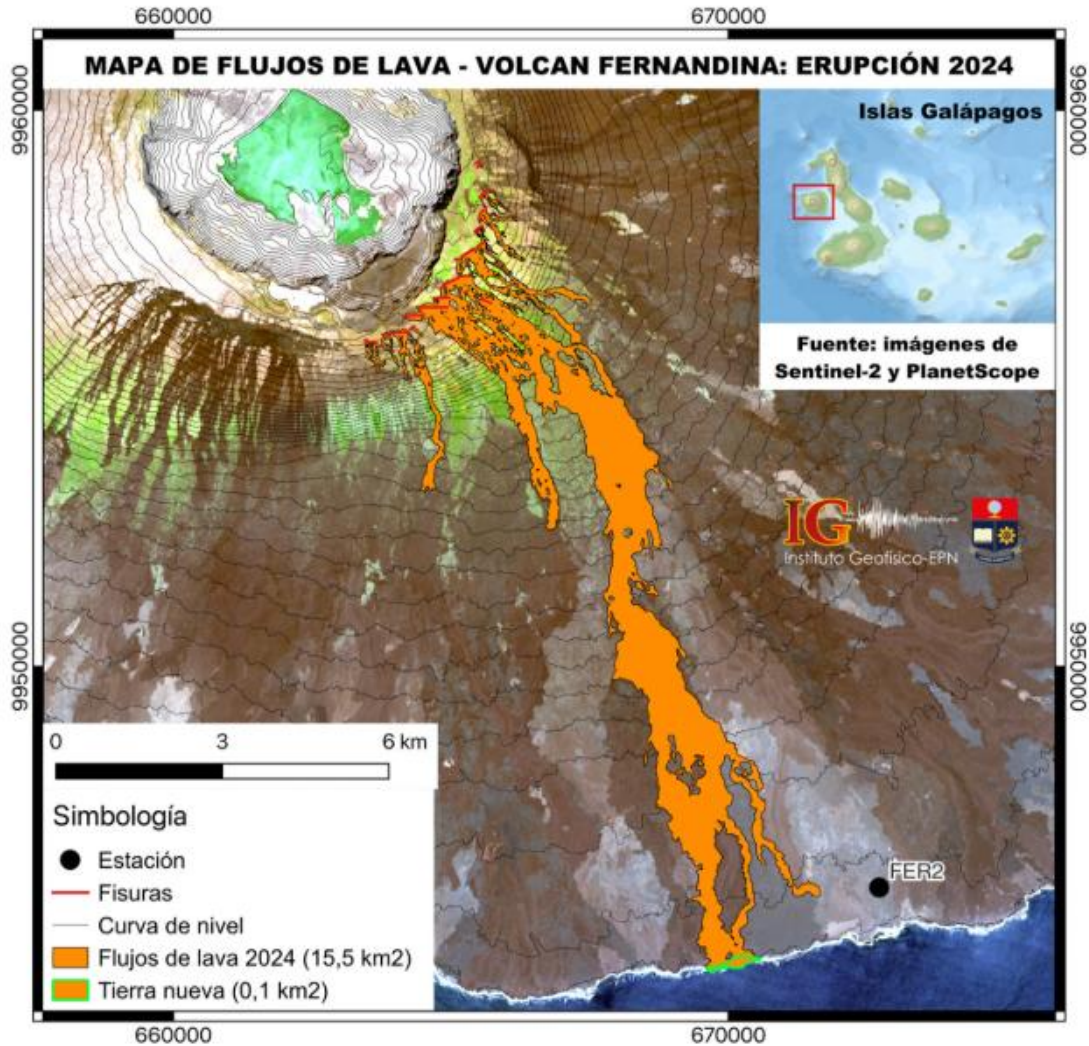


Figura 20. Mapa de los flujos de lava de la erupción del volcán Fernandina (La Cumbre) ocurrida entre marzo y mayo de 2024. El mapa fue elaborado con imágenes satelitales de Sentinel-2 y PlanetScope. Elaborado por: F.J. Vasconez - IG-EPN.

Agitaciones

Anomalía en la desgasificación del volcán Cotopaxi

Se observaron leves cambios en el volcán que incluyeron deformación superficial, cambios en la composición de los gases emitidos, y un aumento en la temperatura y la frecuencia de las emisiones gaseosas. Sin embargo, no se observaron cambios importantes en la actividad sísmica. Tratándose de un volcán con conducto abierto que ha presentado actividad eruptiva reciente (2015 y 2022-23), estos cambios, aunque leves, pudieran ser significativos. Finalmente, dentro de los comunicados emitidos por el Instituto Geofísico se mencionó que: si bien no se esperó una

erupción grande a corto plazo, es probable que veamos pequeñas emisiones de ceniza sin señales precursoras tal como ocurrió en octubre del 2022 a futuro (Figura 21).

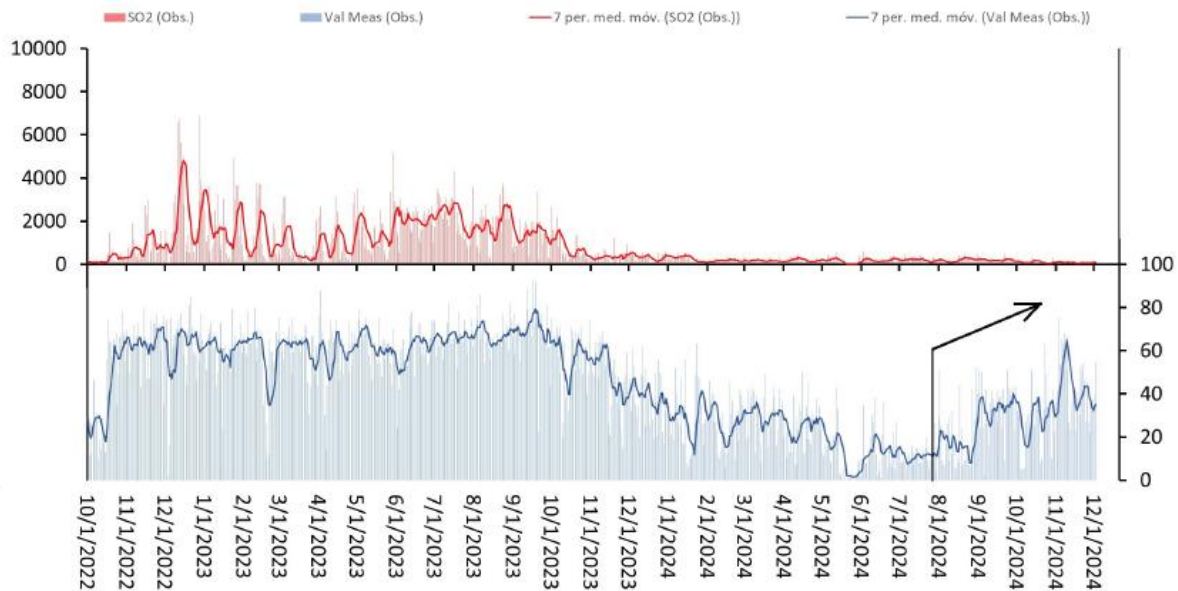


Figura 21. Serie temporal DOAS. Flujo de dióxido de azufre (línea roja) y número de medidas válidas (línea azul) medido por la red permanente DOAS en el volcán Cotopaxi. Elaborado por: M Almeida - IGEPN.

Enjambres sísmicos y emisiones de gas en el Volcán Guagua Pichincha

El volcán Guagua Pichincha ha mantenido niveles bajos y muy bajos de actividad a nivel interno y superficial durante 2024.

Sin embargo, entre 2023 y 2024 se ha venido detectando un proceso de inflación (hinchamiento) en la zona de los campos fumarólicos, dentro del cráter a una tasa de deformación máxima de 20-30 mm/año. Además, se observó un aumento en la altura y un cambio en la composición química de las columnas de gas emitidas por las fumarolas (Figura 22).

Aunque no se evidenciaron cambios significativos, estas pequeñas perturbaciones aumentan la probabilidad de eventos súbitos como explosiones freáticas, emisiones de grandes cantidades de gas y colapsos de roca hacia el interior del cráter, por lo cual se emitieron diferentes comunicados a las autoridades.



Figura 22. a) Fotografía de las mediciones de gas (MultiGAS: maletín de color amarillo) efectuadas en las fumarolas del domo del volcán Pichincha. (Foto cortesía de: Roberto Valdez / Robinski). b) Captura de pantalla de las mediciones de gas, la escala numérica de la izquierda le corresponde al dióxido de carbono (CO_2) en color café y amarillo, mientras que la escala de la derecha le corresponde al dióxido de azufre (SO_2) en color rojo y al ácido sulfhídrico (H_2S) en color verde (Elaborado por: M. Almeida / IG-EPN).

Actividad sísmica, deformación y parámetros físico-químicos del complejo volcánico Chiles – Cerro Negro

La actividad sísmica del complejo volcánico Chiles – Cerro Negro (CV-CCN) se ha mantenido en niveles bajos. La sismicidad localizada en el flanco sur del volcán Chiles a poca profundidad estuvo caracterizada principalmente por eventos de fractura, de baja magnitud y que no superaron los 400 eventos por día.

Se observó deformación entre enero y septiembre. Entre octubre y diciembre, la deformación disminuyó hasta presentar tendencias estables. Por otro lado, la deformación con InSAR continuó mostrando patrones inflacionarios en la zona de Lagunas Verdes y Potrerillos. Los cambios registrados a través de la gravimetría pudieran estar ligados a movimientos de masa someros, con valores de gravedad pequeños, estos se han atribuido muy probablemente al movimiento de fluidos hidrotermales.

Algunas de las fuentes termales del CV-CCN mostraron cambios en sus parámetros físico-químicos, tal es el caso de la fuente de Aguas Hediondas que desde el 2022 presenta una tendencia ascendente en la temperatura y conductividad llegando casi hasta los niveles de 2014, que son los más altos desde que se tiene un registro periódico de estos parámetros.



ESCUELA
POLITÉCNICA
NACIONAL

 **Rendición
DE CUENTAS**
2024

IG 
Instituto Geofísico

Con respecto a gases, no se detectó emisiones de SO₂ en superficie, siendo este el principal gas de origen magmático, por esto, se concluye que la actividad registrada en superficie es netamente hidrotermal. Sin embargo, si se han detectado variaciones en las razones de CO₂/H₂S de las emisiones gaseosas en el Chiles después de la crisis sísmica de 2022.



Instrumentación y telecomunicaciones para el monitoreo sísmico y volcánico

Para cumplir con la vigilancia sísmica y volcánica, el IG-EPN mantiene operativa una red de aproximadamente 380 estaciones de monitoreo distribuidas en diversas regiones del país, incluyendo zonas de difícil acceso y áreas sin conexión a la red eléctrica convencional.

El personal del área de instrumentación del IG-EPN realiza revisiones semanales de las redes de monitoreo. Los hallazgos técnicos, tales como defectos en los sistemas de alimentación, comportamiento anómalo de los registros, fallas de transmisión o pérdida de autonomía de las baterías, son documentados y discutidos en las reuniones técnicas de planificación, que se llevan a cabo semanalmente. Este proceso sistemático permite la identificación y el abordaje oportuno de problemas de funcionamiento relacionados con la infraestructura energética de las estaciones, con especial atención a aquellos que comprometen la estabilidad de la transmisión de datos en tiempo real y se ejecutan tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. Estas actividades aseguran que las señales de monitoreo sean captadas por los instrumentos y transmitidas en tiempo real y de manera continua al centro de datos del Instituto Geofísico. El mantenimiento incluye la revisión, reparación, configuración y reemplazo de componentes de los sistemas de alimentación, transmisión y adquisición de señales. Además, en las estaciones que no transmiten datos en tiempo real debido a limitaciones geográficas, logísticas o económicas, se realiza el mantenimiento del equipo y la recolección de datos in situ.

Otros aspectos importantes que se gestionan en el Área Técnica están asociados con el desarrollo tecnológico, investigación y aplicación de nuevas tecnologías.

Plan de Mantenimiento Preventivo

Durante el año 2024, se continuó con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo, el cual ha sido objeto de mejoras continuas en los últimos tres años. Este plan se organiza por provincias, considerando aspectos logísticos, climáticos y de localización geográfica.

Actividades de Campo

En el transcurso del año 2024, se realizaron 417 visitas a las estaciones de monitoreo en todo el territorio nacional, incluyendo las estaciones de vigilancia

sísmica y volcánica en las Islas Galápagos. Esto representa una cobertura del 86.19% de la instrumentación instalada, superando el 83.9% alcanzado en 2023.

Trabajo Realizado	Total
Actualización de firmware	7
Agregar/Retirar equipos	85
Búsqueda de sitio	4
Cambios de accesorios	67
Descarga de datos	105
Desinstalación de Estación	4
Instalación/Reemplazo	78
Limpieza	51
Otro	34
Pruebas	67
Reparación	22
Retirar equipos	1
Total general	525

Tabla 6. Actividades de campo ejecutadas en 2024

Las actividades detalladas en la Tabla 6 permitieron alcanzar una disponibilidad del 88.10% en la red de monitoreo que transmite datos en tiempo real, superando el 74,77% cuyo valor se registró en 2023. Esta mejora se atribuye a la contratación del servicio de transmisión satelital, cuya reactivación se inició el 10 de octubre de 2024. El área técnica gestionó la contratación del servicio por un período de 24 meses, incluyendo la entrega del informe de necesidad, ofertas, estudio de mercado y términos de referencia.

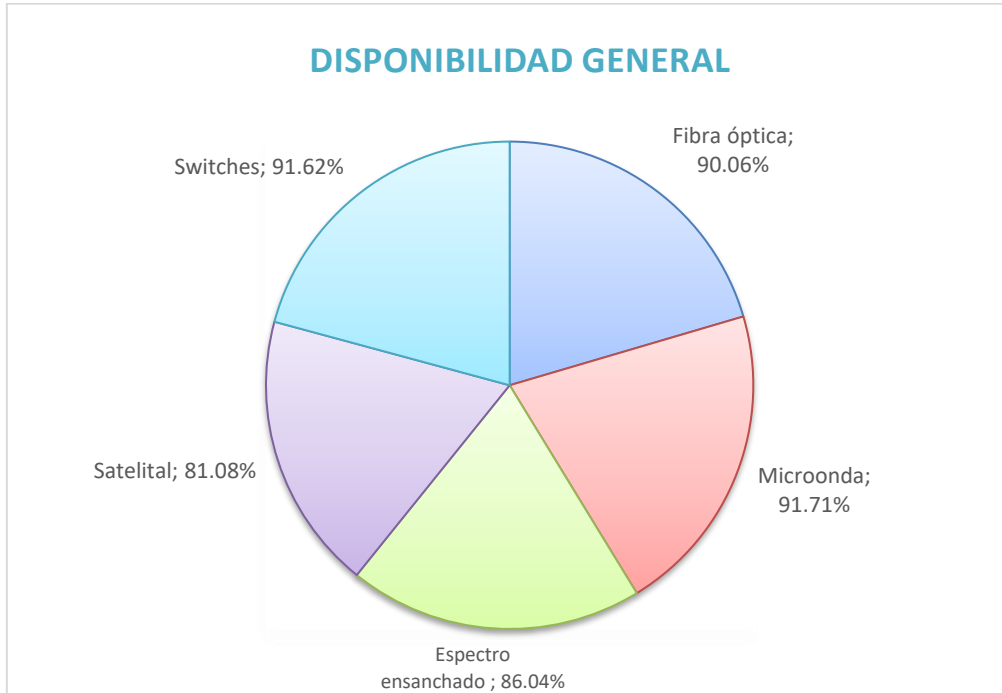


Figura 23. Resumen de disponibilidad general – año 2024.

Estado de la Instrumentación

Es importante señalar que una parte significativa de la instrumentación de la red de monitoreo ha superado su vida útil. Los esfuerzos técnicos y la optimización de los equipos han permitido mantener su funcionamiento, a pesar de la falta de un stock de repuestos. Algunas estaciones han sido desinstaladas debido a su tipo de respuesta o funcionamiento no óptimo para un monitoreo eficiente.

Disponibilidad por Tipo de Red de Transmisión

Las siguientes figuras ilustran la disponibilidad de las estaciones de monitoreo, clasificadas según el tipo de red de transmisión.

Disponibilidad por Nodos de Fibra Óptica

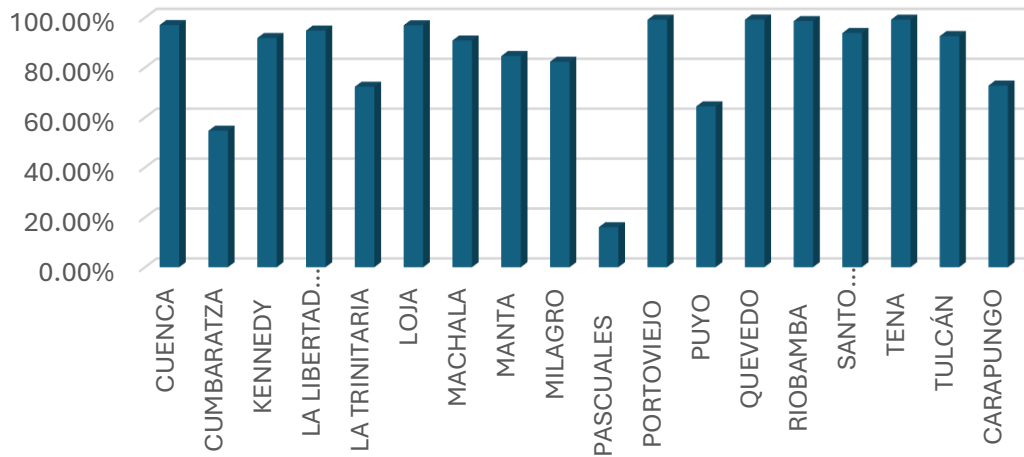


Figura 24. Resumen de disponibilidad enlaces de fibra óptica – año 2024.

RED FIBRA ÓPTICA

El promedio de disponibilidad anual de las estaciones de monitoreo y telecomunicaciones conectadas a la red de fibra óptica es del 90.06%. La mayoría de las estaciones presentan una disponibilidad superior al 95%, lo que indica una transmisión de datos continua y con mínimas interrupciones. Los mantenimientos preventivos y correctivos realizados contribuyeron a la operación efectiva y la adquisición de datos. Se identificó la necesidad de fortalecer los programas de mantenimiento para las estaciones con disponibilidad inferior al 95%, con el fin de mitigar los incidentes que afectan su rendimiento.

- Aproximadamente el 67% de las redes de monitoreo y telecomunicaciones conectadas a la red troncal de fibra óptica tienen una disponibilidad igual o superior al 95%.
- El 37% restante presenta valores de disponibilidad inferiores al 95%, principalmente debido a cortes de energía eléctrica a nivel nacional, que afectan la red desde las estaciones de monitoreo hasta los sistemas de transmisión y repetición.
- Las estaciones con baja disponibilidad se ubican en áreas remotas, lo que dificulta la logística para su mantenimiento. Factores externos, como la seguridad del personal y las restricciones de movilidad, también influyen en la capacidad de realizar mantenimiento oportuno.

RESUMEN DE COMPORTAMIENTO ENLACES MICROONDA

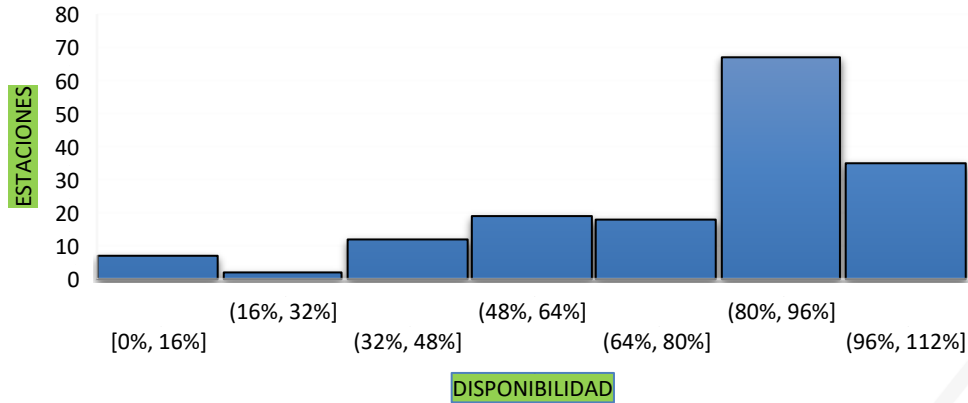


Figura 25. Resumen de disponibilidad enlaces microonda – año 2024.



Figura 26. Resumen detallado disponibilidad enlaces microonda (red crítica) – año 2024.

Análisis de Disponibilidad

Aproximadamente el 67% de las redes conectadas a la red microonda tienen una disponibilidad igual o superior al 75%. El 26% presenta valores de disponibilidad

menores al 75%, afectados principalmente por los cortes de energía eléctrica, registrados en el país por la crisis eléctrica decretada por el gobierno nacional.

- Los factores logísticos y geográficos, así como las restricciones de movilidad, representan desafíos para el mantenimiento de las estaciones en zonas remotas.
- Se reitera la importancia de la planificación de acciones preventivas para garantizar la continuidad operativa de las redes.
- Fortalecer los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Renovar y optimizar los recursos de infraestructura tecnológica y los sistemas de energía.
- Implementar un monitoreo remoto y continuo con software especializado para la detección temprana de fallas.

DISPONIBILIDAD RED FREEWAVE

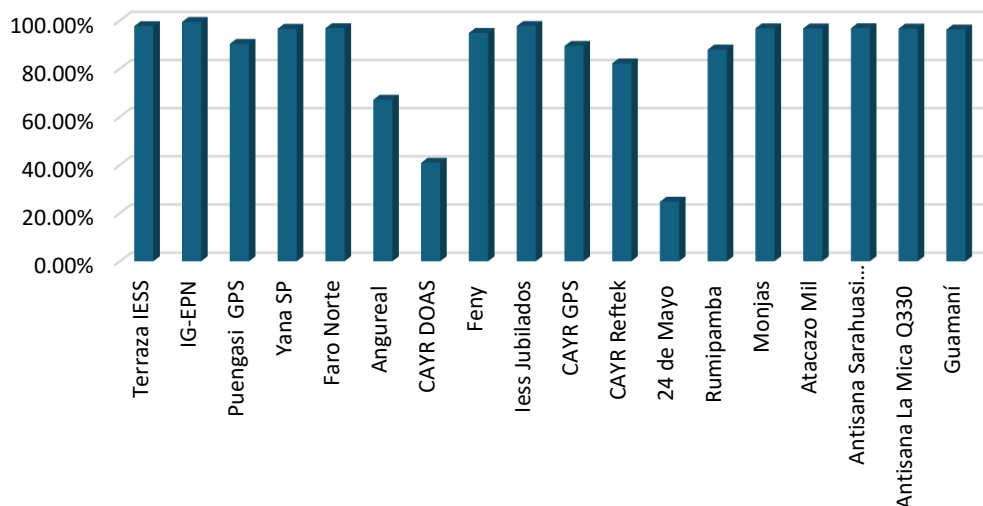


Figura 27. Resumen de disponibilidad enlaces de espectro ensanchado– año 2024.

RED FREEWAVE

El promedio de disponibilidad anual de las estaciones de monitoreo y de telecomunicaciones conectadas a la red freewave corresponde al 86.04, y en su mayoría las estaciones presentan una disponibilidad mayor al 90%, lo que indica que durante el periodo de revisión en su mayor parte del tiempo se encontraban transmitiendo sin sufrir fallas o incidentes prolongados en la transmisión de datos. Adicionalmente, los mantenimientos preventivos y/o correctivos realizados a lo

largo del año 2024 en dichas estaciones, han contribuido a la efectiva operación y adquisición de datos.

En el caso de las estaciones que presentan resultados de disponibilidad inferiores al 90%, es necesario fortalecer los programas de mantenimiento, a fin de mitigar los incidentes que provocan su baja disponibilidad.

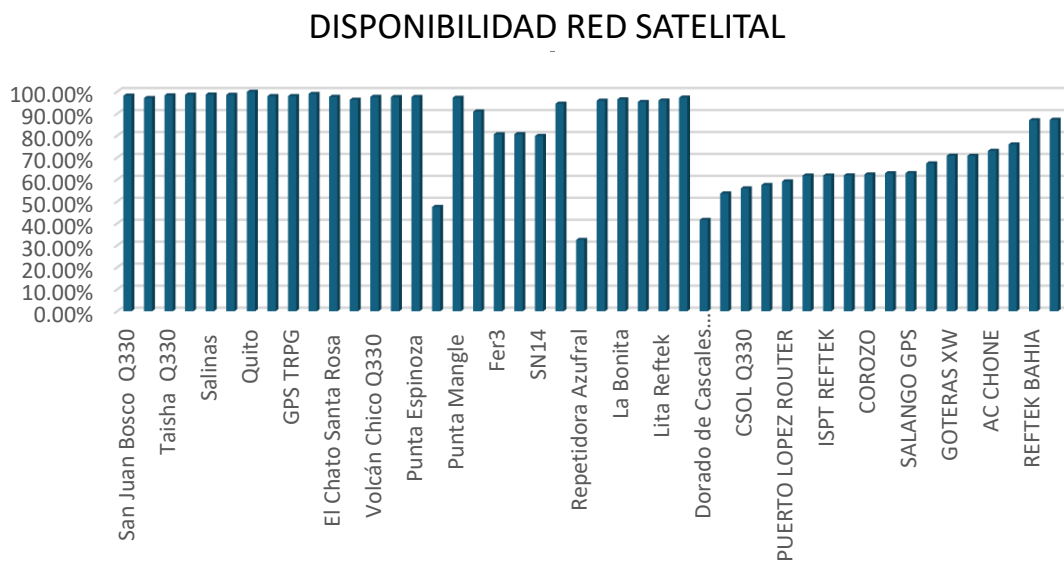


Figura 28. Resumen de disponibilidad enlaces satelitales - año 2024.

RED SATELITAL

Se procedió con la rehabilitación de la red a través de los enlaces satelitales, la cual estuvo suspendida por falta de contrato desde el 21 de abril de 2023. Tras la contratación pública del servicio, el contrato se suscribió el 10 de octubre de 2024, resultando en una disponibilidad de la red del 81.08% durante el 2024.

DISPONIBILIDAD SWITCHES

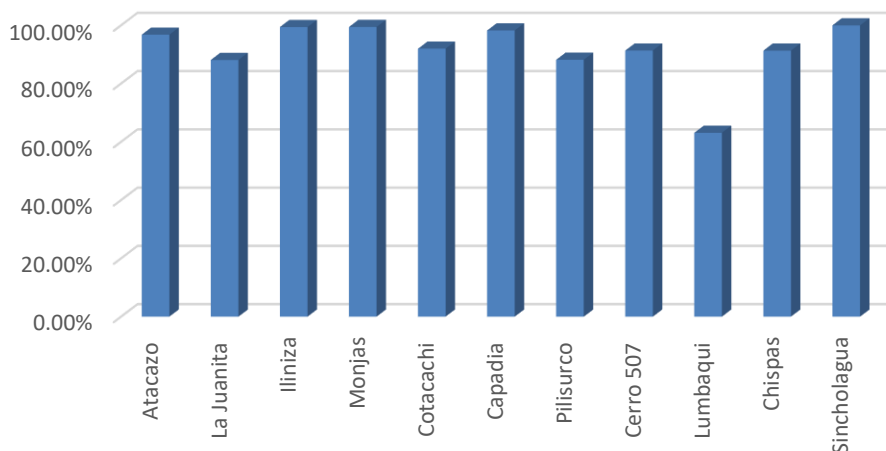


Figura 29. Resumen de disponibilidad switch - año 2024.

SWITCHES ADMINISTRATIVOS

El funcionamiento de los switches administrativos durante el año 2024 garantizó una disponibilidad promedio del 91.62%. Los cortes de energía eléctrica prolongados ocurridos durante el año afectaron la disponibilidad; sin embargo, las respuestas inmediatas a través de mantenimientos permitieron evitar daños en el hardware y la interrupción prolongada del funcionamiento.

Mantenimiento instrumentación de redes de vigilancia sísmica y volcánica.

Para dar cumplimiento a la importante labor de vigilar las amenazas sísmicas y volcánicas en el territorio nacional, el IG-EPN realiza trabajos de mantenimiento de las redes ampliamente desplegadas. Estas redes cuentan con sensores de diversos tipos, sistemas de alimentación con energía renovable, sistemas de digitalización y adquisición de las señales y sistemas de transmisión de datos. Para mantener la operatividad de estas redes, se realiza un extenuante trabajo de campo por todo el país. A continuación, se resumen los trabajos categorizados por regiones geográficas, realizados durante el año 2024:

CONTROL MANTENIMIENTO PREVENTIVO-CORRECTIVO				
REGIÓN	PROVINCIA	CONTEO	TOTAL DE SITIOS	POCENTAJE
SIERRA	AZUAY	3	3	100,00%
	BOLIVAR	4	5	80,00%
	CAÑAR	1	4	25,00%
	CARCHI	9	9	100,00%
	COTOPAXI	40	44	90,91%
	CHIMBORAZO	11	13	84,62%
	IMBABURA	12	14	85,71%
	LOJA	6	8	75,00%
	PICHINCHA	42	48	87,50%
	TUNGURAHUA	25	32	78,13%
COSTA	EL ORO	5	6	83,33%
	ESMERALDAS	19	23	82,61%
	GUAYAS	5	12	41,67%
	LOS RÍOS	1	2	50,00%
	MANABI	32	36	88,89%
	SANTO DOMINGO	1	2	50,00%
	SANTA ELENA	1	5	20,00%
ORIENTE	MORONA SANTIAGO	8	8	100,00%
	NAPO	10	16	62,50%
	PASTAZA	4	4	100,00%
	ZAMORA CHINCHIPE	4	4	100,00%
	SUCUMBÍOS	6	8	75,00%
	ORELLANA	1	2	50,00%
GALÁPAGOS	GALÁPAGOS	8	8	100,00%
TOTAL		258	316	81,65%

Tabla 7. Control Mantenimiento Preventivo en 2024.

Instalación de nuevas estaciones

Para mejorar la arquitectura de la red de monitoreo sísmico y volcánico y proporcionar redundancia a enlaces críticos, se instaló una nueva estación satelital en Loma de Viento, cantón Bahía de Caráquez, provincia de Manabí. Actualmente, el 50% de los enlaces en esta estación se transmiten por la red de microonda y el otro 50% por el nuevo enlace satelital. La instalación se llevó a cabo el 20 de noviembre de 2024, en terrenos de la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, con quien se coordinó la elaboración del anteproyecto y los documentos técnicos requeridos.



Figura 30. Estación satelital Loma de Viento - Noviembre 2024.

Además, el 11 de septiembre de 2024, se inició el trámite con la CNT para la autorización de instalación de una estación repetidora en el Cerro Idilio, provincia de Esmeraldas. El objetivo de esta estación es transmitir en tiempo real los datos de la estación sísmica y GPS Río Verde. El trámite fue aceptado con observaciones relacionadas con la seguridad y el suministro eléctrico de la zona, las cuales deben ser resueltas por CNT.

RE: EXTERNO - ANTEPROYECTO CERRO **IDILIO** - INSTITUTO GEOFISICO



Ana Peralvo
Para ARI Arauz Jose
CC Wilson Enríquez; Francisco Mejía; ARI Lopez Monica



8/11/2024



Informe de inspección CNT_Cerroidilio-signed-signed.pdf
785 KB

Para: ARI Arauz Jose <jose.arauz@cnt.gob.ec>
CC: Wilson Enríquez <wenriquez@igepn.edu.ec>; Francisco Mejía <fmejia@igepn.edu.ec>
Asunto: EXTERNO - ANTEPROYECTO CERRO **IDILIO** - INSTITUTO GEOFÍSICO

Estimado José

Por medio del presente, se adjunta el anteproyecto que propone el IGEPN en el Cerro El **Idilio**, cuya finalidad es instalar una estación repetidora para la estación de monitoreo sísmico Río Verde, solicitamos de la manera más comedida pueda ser analizado y consecuentemente aprobado.

De ante mano gracias por su gentil ayuda.

Saludos Cordiales
Anita

Figura 31. Evidencia gestión CNT - Septiembre 2024.

Cerca del volcán El Reventador, se instaló una estación multiparamétrica en el sector suroriental, incluyendo cámaras y un DOAS.



Figura 32. Instalación equipamiento multiparamétrico OVR (El Reventador).

Desarrollo tecnológico

- Se continúa el desarrollo de un recolector de ceniza automático, proyecto en curso durante los últimos años, probado en Palmira (caída de ceniza del Sangay), el volcán Reventador y el volcán Cotopaxi.



Figura 33. Pruebas en campo cenizómetro automático.

- Se avanza en el proyecto "Aplicación de la Tecnología IoT en la Mitigación del Impacto Causado por Lahares en el Volcán Cotopaxi". La tercera fase del proyecto se enfoca en el desarrollo de un sistema embebido IoT para la adquisición, digitalización, filtrado y envío de datos, e implementación de algoritmos para el control del sistema. Esta fase es crucial para asegurar el funcionamiento eficiente y fiable del sistema de detección de lahares y la provisión de datos en tiempo real para una respuesta rápida ante emergencias.



Figura 34. Prototipo.



Figura 35. Instalación de equipos, prototipos en Quebrada Agualongo.

Implementación de la plataforma para administración y control de calidad de las redes de transmisión.

WhatsUp Gold



Figura 36. Captura de pantalla software de monitoreo WhatsUpGold.

Se utiliza el software WhatsUp Gold v16.2.7 para el monitoreo del equipamiento instalado. La licencia perpetua adquirida permite el monitoreo en tiempo real de hasta 300 dispositivos con dirección IP. En el año 2024, se realizaron 19 actualizaciones en el sistema operativo.

El mantenimiento del software WhatsUp Gold incluye la actualización de los mapas de red, que se realiza cuando se incorporan o se retiran equipos o se agregan nuevas estaciones de monitoreo. El mantenimiento constante del software permite la evaluación y el diagnóstico de posibles averías en las estaciones, facilitando el mantenimiento preventivo y correctivo y asegurando la transmisión de datos en tiempo real. El monitoreo 24/7 permite identificar problemas críticos en los sistemas de alimentación y transmisión, garantizando la continuidad operativa y evitando la pérdida de datos cruciales.

Implementación de plataforma Zabbix

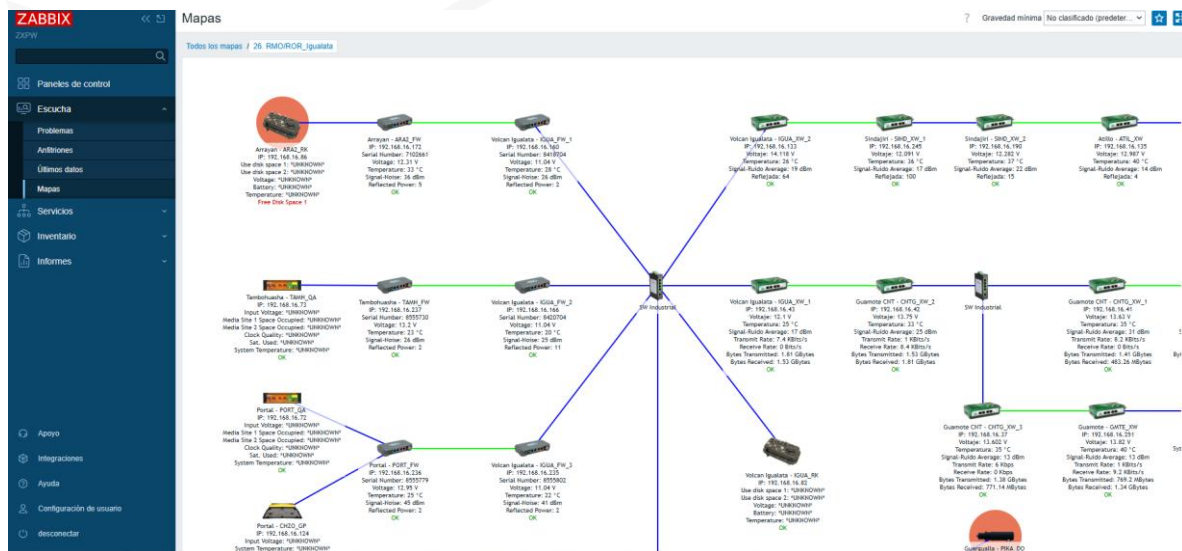


Figura 37. Captura de pantalla software de monitoreo Zabbix.

Se realizaron 37 modificaciones en la configuración de hosts, redes y mapas en Zabbix 4.0.1 para mejorar la precisión del monitoreo, la detección temprana de fallos y la continuidad operativa de los sistemas críticos. Zabbix 4.0.1 permite la supervisión en tiempo real, el registro histórico de datos y la generación de alertas. Las actualizaciones aseguran que el sistema se mantenga alineado con los requerimientos operativos y tecnológicos del Instituto.



Se investigó la viabilidad de migrar a Zabbix 7.2, que introduce funcionalidades como monitorización de alto rendimiento, alertas mejoradas, soporte avanzado para contenedores y servicios en la nube, análisis predictivo, seguridad ampliada e interfaz gráfica modernizada. El análisis de la migración incluye la evaluación de compatibilidad, requisitos de infraestructura y beneficios potenciales.

Las acciones llevadas a cabo en Zabbix 4.0.1, incluyen la integración de nuevos equipos, la actualización de mapas de red y la optimización de configuraciones para contribuir al desarrollo de las actividades del área.



Plataforma Tecnológica y Aplicaciones del IG-EPN

Comunicación digital del IG-EPN durante el año 2024

Durante el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2024, la página web del IG-EPN recibió un total de 673.647 usuarios, con 4'408.722 páginas vistas y un promedio de 6,54 páginas por visita.

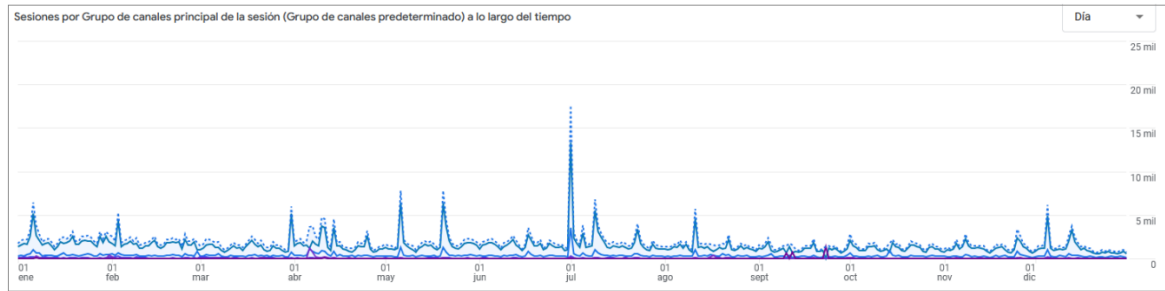


Figura 38. Tráfico de visitas en la página web del IG-EPN.



Pico de visitas:

El día de mayor tráfico fue el 1 de julio de 2024, con 17.547 usuarios, a raíz de un sismo de magnitud 4.2 ocurrido en las cercanías de la ciudad de Quito.

Alcance en redes sociales (hasta el 31 de diciembre de 2024)

Plataforma	Seguidores/Suscriptores
Twitter	2'060.414
Instagram	86.561
Facebook	45.713
Threads	19.462
Telegram	23.602
YouTube	7.053
TikTok	1.229

Tabla 8. Alcance en redes sociales en 2024.

Descargas de datos científicos

A través del formulario disponible en el sitio web, la comunidad realizó un total de 6.735 descargas de datos sísmicos y volcánicos durante el año.

Publicaciones en la página web institucional

Se registraron 103 publicaciones, entre las que se incluyen:

- ✓ Banners informativos para la comunidad
- ✓ Informes especiales
- ✓ Comunicaciones institucionales y boletines técnicos

Contingencia ante cortes de energía

Entre mediados de septiembre y mediados de diciembre de 2024, se presentaron cortes de energía eléctrica a nivel nacional. Ante esta situación, se implementaron medidas de contingencia para garantizar que la información publicada en la web y redes sociales del IG-EPN se mantuviera accesible y actualizada sin interrupciones.

Operatividad del IGEPN

Una de las tareas principales del Área de Sistemas es mantener operativo 24/7 los principales sistemas de adquisición y procesamiento de datos para un monitoreo eficiente de la actividad sísmica y volcánica del país e informar de manera oportuna a la población y autoridades.

La operatividad del Instituto implica mantener funcional los servidores, sistemas de almacenamiento y respaldo de datos, red de comunicación interna, red de computadores, y las diversas aplicaciones y solventar los inconvenientes que puede presentarse a nivel de usuarios.

Soporte a usuarios

En el año 2024 se solicitaron aproximadamente 900 requerimientos pedidos por el Personal que trabaja en el Instituto Geofísico al Personal del Área de Sistemas.

Estos pedidos fueron realizados por: correo electrónico, por WhatsApp, verbalmente. Y a partir del 05 de septiembre del 2024 se implementó el aplicativo de Asistencia Técnica ODOO para mantener un control y registro del servicio de

Soporte que se realiza al personal que trabaja en el Instituto Geofísico. En este Sistema tenemos un total de 529 solicitudes.

Soporte al cliente Información general Tickets Reportes Configuración

Información general del soporte al cliente
Atención al cliente

Buscar...

Medidas

Total	Nuevo	Asignado a:	En progreso	En pruebas	Resuelto	Cancelado	
Número	Número	Número	Número	Número	Número	Número	Número
Total	1	16	4	4	500	4	529

Figura 39. Resumen del soporte a usuarios en la aplicación ODOO.

Aplicación SIS²VOL

SIS²VOL es una aplicación modular que se encuentra en funcionamiento y en desarrollo de nuevas funcionalidades que automatiza los principales procesos del Instituto.



Figura 40. Interfaz de entrada a la aplicación SIS²VOL.

En el año 2024 se realizó el mantenimiento y mejoras en los servicios web que utiliza el IG y que facilita la comunicación con la comunidad y entes externos como la SGR, así también se añadió nuevas funcionalidades.

- ✓ Mantenimiento y mejoras



- Informe Periódico Mensual
- Informe Sísmico Especial
- Informes en general
- ingreso y consumo de datos en módulo de sitio y estación
- Servicios Web en X
- ✓ Mantenimiento correctivo
- ✓ Desarrollo de nuevas funcionalidades
 - Administrar Persona
 - Sitio y Estación
- ✓ Migración emergente nuevos servidores
- ✓ Pruebas de funcionalidad de la funcionalidad del aplicativo en servidores con otro tipo de tecnología

SeisComP

- ✓ Migración de la base de datos al nuevo servidor
- ✓ Mejoras al proceso de sincronización
- ✓ Implementación de uso de servicios del aplicativo SIS²VOL
- ✓ Compilación y Pruebas en arquitectura Power 10
- ✓ Mejora en la detección de eventos volcánicos

Migración WhatsUp Gold

- ✓ Migración del servidor
- ✓ Migración de la base de datos
- ✓ Configuración de licencias y usuarios

ODOO

Instalación y configuración del sistema para llevar un historial del soporte mediante la generación de tickets por parte de los usuarios de otras áreas para solventar sus necesidades o problemas y dar un seguimiento.

- ✓ Implementación
- ✓ Puesta en producción
- ✓ Soporte

WAZUH

Instalación del sistema para monitoreo de logs.

Clasificación de eventos volcánicos

Algoritmos para integración y uso de otras técnicas de ML

SSAM

Complementar la visualización de RSAM mediante la implementación de SSAM en Grafana

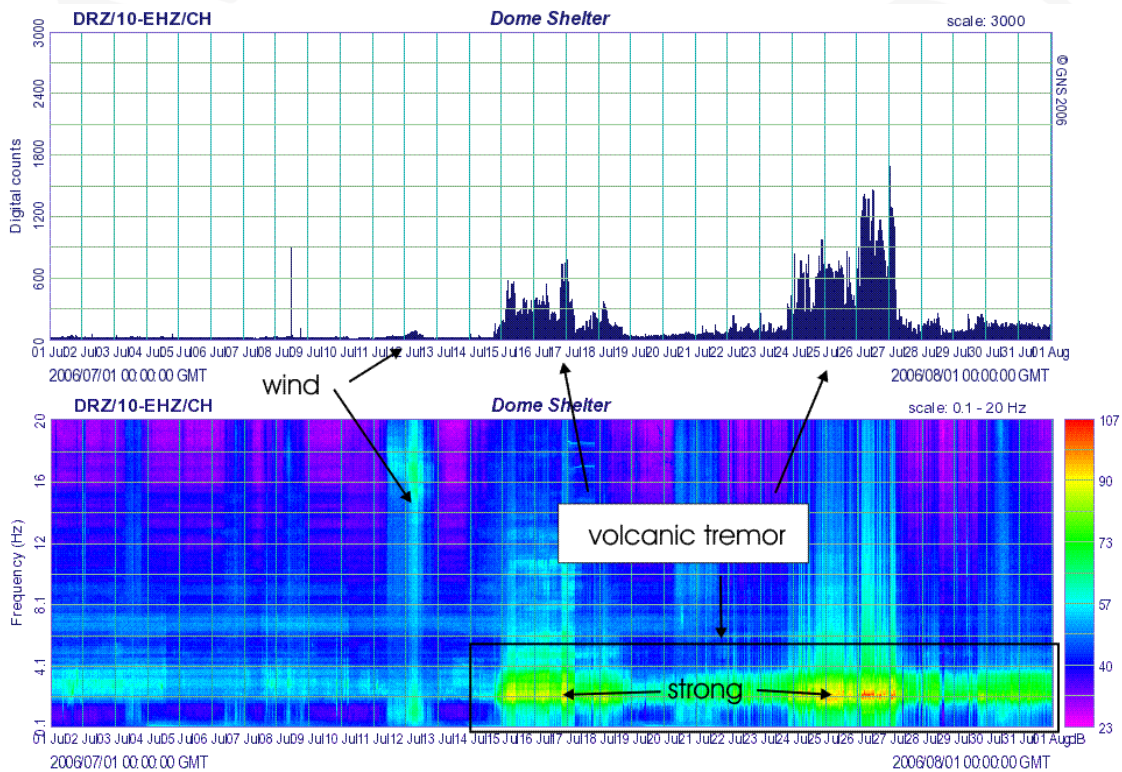


Figura 41. Una vista del RSAM y SSAM.



Base de Datos

- ✓ Mantenimiento correctivo
- ✓ recuperación de datos

Sincronización y Replicación de bases de datos

- ✓ Mantenimiento correctivo
- ✓ Mantenimiento y mejoras



Gestión Administrativa Financiera

El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional para el cumplimiento de su misión institucional y los objetivos estratégicos señalados en la Planificación operativa, en el ejercicio económico 2024 dispuso de un presupuesto que alcanzó el valor de USD \$1.278.791,19 (sin incluir la fuente 998) el mismo que se encuentra registrado en el Programa 83 GESTION DE LA INVESTIGACION.

El presupuesto señalado se encuentra descompuesto en: Proyecto de Inversión “Generación de Capacidades para la Difusión de Alertas Tempranas y para el Desarrollo de Instrumentos de Decisión Dirigidos al Sistema Nacional de Gestión de Riesgos” cuyo presupuesto codificado alcanza el valor de US\$ 229.594,72; Proyecto de inversión “Fortalecimiento de conocimiento volcánico en el Ecuador para disminuir el riesgo de desastre en la población”, con un presupuesto codificado de \$647.558,08, Fondos del Decreto Ejecutivo 3593 que constituyen transferencias corrientes del Presupuesto General del Estado por el valor de \$216.677,01, y los Recursos de Autogestión que constituyen recaudaciones producto de la gestión del Instituto Geofísico por el valor de \$184.961.38.

La ejecución del presupuesto se detalla en la siguiente tabla No. 9 y se muestra en el gráfico de la figura 42.

MONTO CODIFICADO POR PROYECTO

AREAS PROGRAMAS Y PROYECTOS	PRESUPUEST O CODIFICADO	PRESUPUEST O EJECUTADO	% CUMPLIMIENTO
Proyecto Generación de Capacidades para la Difusión de Alertas Tempranas y para el Desarrollo de Instrumentos de Decisión Dirigidos al Sistema Nacional de Gestión de Riesgos	\$ 229.594,72	\$ 186.668,51	83,10%

Proyecto Fortalecimiento del conocimiento volcánico en el Ecuador para disminuir el riesgo de desastre en la población	\$ 647.558,08	\$ 632.718,04	97,71%
Decreto Ejecutivo, fuente 001	\$ 216.677,01	\$ 155.656,29	71,84%
Autogestión, fuente 002	\$ 184.961,38	\$ 121.244,40	65,55%
TOTAL US\$	\$ 1.278.791,19	\$ 1.096.287,21	85,73%

Tabla 9. Monto codificado por proyecto.

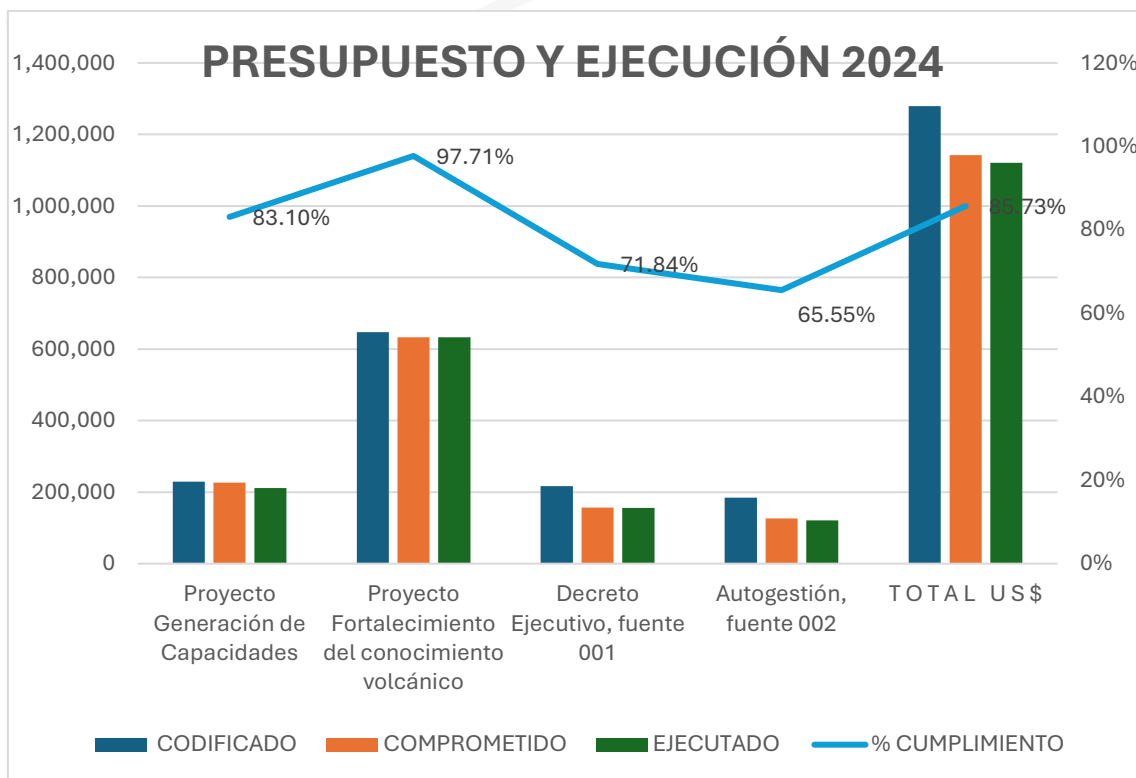


Figura 42. Gráfico Ejecución de presupuesto año 2024 Instituto Geofísico.

En la Tabla 10, se muestra la ejecución presupuestaria por tipo de gasto:

TOTAL PRESUPUESTO INSTITUCIONAL	GASTO CORRIENTE PLANIFICADO	GASTO CORRIENTE EJECUTADO	GASTO DE INVERSIÓN PLANIFICADO	GASTO DE INVERSIÓN EJECUTADO
Proyectos			\$ 877.152,80	\$ 819.386,55
Decreto Ejecutivo y Autogestión	\$ 401.638,39	\$ 276.900,66		

Tabla 10. Detalle presupuesto año 2024 por tipo de gasto Instituto Geofísico.

Con la finalidad de observar la orientación de la planificación del Instituto Geofísico, es necesario evidenciar a que grupo de gasto se canalizaron los recursos financieros asignados al Instituto en el ejercicio 2024, por lo cual se presenta la ejecución del presupuesto por Grupo de Gasto, en la Tabla 11 y se puede observar en el gráfico de la figura 43.

MONTOS CODIFICADOS, COMPROMETIDOS Y DEVENGADOS POR GRUPO DE GASTO

GRUPO DE GASTO	Monto Codificado	Monto Comprometido	Monto Devengado
53 Bienes y servicios de consumo	181.850,24	126,687.88	125.951,11
57 Otros gastos corrientes	100.138,11	70,869.18	70.869,16
73 Bienes y Servicios para Inversión	128.622,76	109,545.17	108.798,17
84 Bienes de Larga Duración	868.180,08	810,928.78	790.668,77
TOTAL US\$	1.278.791,19	1,118,031.01	1.096.287,21

Tabla 11. Ejecución de presupuesto año 2024 por grupo de gasto Instituto Geofísico.

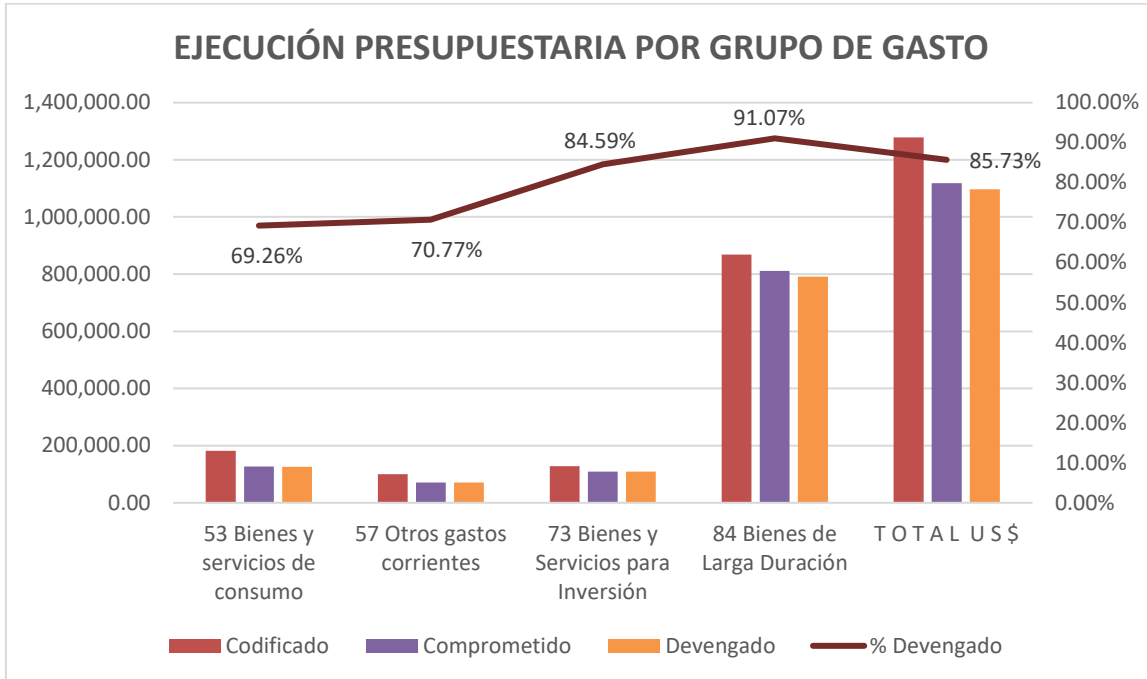


Figura 43. Gráfico Ejecución de presupuesto año 2024 por grupo de gasto Instituto Geofísico.

El cuadro corresponde a la distribución de la ejecución presupuestaria por Grupo de Gasto, en el mismo se puede observar que la mayor aplicación del gasto corresponde al al Grupo 84 Bienes de Larga Duración, por adquisiciones de equipo computacional fijo y portátil, Workstation, radios modem, acelerógrafos, equipos digitalizadores, estaciones geodésicas, vehículo y otros equipos de monitoreo que ascienden al valor de \$ 790.668,77 y que en términos relativos representa el 91,07%.

En segundo lugar, tenemos el Grupo 53 Bienes y Servicios de Consumo, que agrupa procesos tales como servicios básicos; servicios generales; materiales de oficina y aseo; repuestos; accesorios; edición, impresión, reproducciones, publicaciones, suscripciones; servicios eventuales y otros, por el valor de \$ 125.951,11 que equivale al 69,26%.

A continuación, tenemos el Grupo 73 Bienes y Servicios para Inversión, al que solo se aplicó el mantenimiento preventivo y correctivo de vehículos; mantenimiento de equipos; adquisición de repuestos informáticos; baterías; ejes de acero, tóners y otros accesorios, que asciende al valor de \$ 108.798,17 y que en términos relativos es el 84,59%.

Por último, tenemos el Grupo 57 Otros gastos corrientes, que comprende gastos por concepto de seguros de bienes y accidentes personales; tasas generales e impuestos; matriculación de vehículos, comisiones generadas por las actividades operacionales y otros, por un valor de \$ 70.869,16 y que representa el 70,77%.

COMPRAS PÚBLICAS

A continuación, se presenta en la Tabla 12, un resumen de los procesos de contratación de compras públicas por tipo de contratación realizados en el año 2024.

PROCESOS DE CONTRATACIÓN Y COMPRAS PÚBLICAS DE BIENES Y SERVICIOS		
TIPO DE CONTRATACIÓN	Adjudicados y finalizados	
	Número Total	Valor Total - USD
Ínfima Cuantía	17	42.505,8
Licitación	1	60.781,80
Subasta Inversa Electrónica	9	778.365,00
Régimen Especial	3	67.446,52
Menor Cuantía	1	10.876,00
Catálogo Electrónico	41	77.527,81
TOTAL	72	1'037.502,93

Tabla 12. Compras públicas año 2024 por tipo de contratación.

Por otro lado, es importante señalar que el uso de la plataforma de compras públicas permitió un ahorro de \$117.370,47 dólares con relación a los valores presupuestado en los procesos realizados en el año 2024, como se puede observar en la Tabla 13.

PROCESOS DE CONTRATACIÓN Y COMPRAS PÚBLICAS DE BIENES Y SERVICIOS					
TIPO DE CONTRATACIÓN	Adjudicados				
	Número Total	Presupuesto inicial	Valor Adjudicado	Ahorro con relación al presupuesto inicial	Porcentaje de ahorro con relación al presupuesto inicial
Ínfima Cuantía	17	42.505,80	42.505,80	-	
Licitación	1	87.450,88	60.781,80	26.669,08	30,50%
Subasta Inversa Electrónica	9	859.942,39	778.365,00	81.577,39	9,49%
Menor Cuantía	1	20.000,00	10.876,00	9.124,00	45,62%
Régimen Especial	3	67.446,52	67.446,52	-	0,00%
Catálogo Electrónico	41	77.527,81	77.527,81	-	0,00%
TOTAL		1.154.873,40	1.037.502,93	117.370,47	10,16%

Tabla 13. Ahorro en procesos de compras públicas por uso de herramientas del SERCOP.

Conclusiones

- El Instituto Geofísico en el año 2024 alcanzó una ejecución presupuestaria del 85,73% frente al devengado, sin embargo; considerando los recursos comprometidos, la ejecución alcanza el 87,43%.
- El área de compras públicas, en los procesos de contratación producto de



las pujas y negociaciones obtuvo un ahorro del 10,16%, este ahorro es el resultado de la diferencia entre el valor certificado y el valor adjudicado.

- El Instituto Geofísico durante el año 2024, realizó 72 procesos de compras públicas por un monto de \$ 1'037.502,93 que corresponde al 81,13% del presupuesto codificado para este año.



Investigación y Vinculación

PROYECTOS INTERNOS Y EXTERNOS EN EJECUCIÓN

1. PIE-IG-EPN2013: Generación de capacidades para la difusión de alertas tempranas y para el desarrollo de instrumentos de decisión ante las amenazas sísmicas y volcánicas dirigidos al Sistema Nacional de Gestión de Riesgos.
2. PIEX-IG-SNGRE2023: Fortalecimiento del conocimiento volcánico en el Ecuador para disminuir el riesgo de desastre en la población.
3. PIGR-22-02: Estudio Interdisciplinario de lagos cratéricos en el Ecuador.
4. PIGR-22-03: Identificación automática de productos volcánicos como instrumento para la construcción de un sistema de alerta temprana.
5. PIGR-23-02: The Chalupas Extension: ¿Hay parentesco entre los centros eruptivos circundantes a la Caldera de Chalupas con la fuente magmática Chalupas?
6. PIS-23-11: Estudio geomorfológico y térmico de los cráteres y domos volcánicos activos en Ecuador continental.
7. PIS-23-27: Estudio de fuentes sísmicas del complejo volcánico Chiles Cerro Negro con aplicación de antena de sensores sísmicos de apertura corta.
8. PIEX-IG-23- 01: ¿Qué dispara las erupciones de los volcanes de Galápagos? Nuevos objetivos en el volcán Alcedo.
9. PIM-20-01: Estimación de parámetros y modelización computacional de flujos de lava de volcanes ecuatorianos.
10. PIM-21-01: Desarrollo de una metodología de monitoreo de emisiones volcánicas y evaluación geomorfológica para el volcán Reventador mediante vehículos aéreos no tripulados (UAVs) de ala fija con sistemas de propulsión eléctrica distribuida (eDP) para despegue y aterrizaje vertical(VTOL).
11. PII-IG-2023-01: Diseño e implementación de un nuevo sistema de monitoreo para volcanes activos basado en los Campos Magnéticos aplicado en el complejo volcánico Chiles- Cerro Negro en Ecuador
12. Desarrollo de un recolector de ceniza volcánica automático
13. Proyecto Cedia I+D+I 62
14. Propuesta Modernización de la red de detección de lahares, conjunto con el GAD de Rumiñahui
15. Implementación de algoritmos en el sistema de monitoreo Zabbix para la recolección de datos del estado de salud de equipos: Quanterra, Receptores GPS NetRS.
16. Estructura organizacional Área de Instrumentación
17. Campaña SUPER-MOUV (*Sub-seafloor effects of the Pedernales Earthquake Rupture, Ecuador and associated vertical MOUVements*) - GEOAZUR
18. Estudio de la respuesta sísmica de la cuenca de Quito.

19. Volcanismo de calderas Basálticas en las islas Galápagos, Ecuador: mecanismos de acumulación, almacenamiento y erupción del magma – Universidad de Edimburgo.

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

1. Acocella, V., F. Galetto, F. Amelung, y **S. Aguaiza**. 2024. «Sierra Negra, Galápagos: A resurgent-block basaltic caldera». *GSA Bulletin*. doi: [10.1130/B37799.1](https://doi.org/10.1130/B37799.1).
2. Anzieta, Juan C., Glyn Williams-Jones, Hugo D. Ortiz, y **Mario C. Ruiz**. 2024. «Investigating 10 Yr of Volcanoacoustic Activity at Tungurahua Volcano, Ecuador, Aided by Machine Learning». *Seismological Research Letters*. doi: [10.1785/0220240082](https://doi.org/10.1785/0220240082).
3. Aravena, A., A. Tadini, A. Bevilacqua, P. Samaniego, **B. Bernard, S. Hidalgo**, J. L. Le Penneç, P. Martínez-Yáñez, J. García, y O. Roche. 2024. «Probabilistic, Scenario-Based Hazard Assessment for Pyroclastic Density Currents at Tungurahua Volcano, Ecuador». *Bulletin of Volcanology* 86(10):84. doi: [10.1007/s00445-024-01768-y](https://doi.org/10.1007/s00445-024-01768-y).
4. **Arrais, S.**, Urquiza L. Analysis of data gaps in multiparametric datasets for seismic and volcanic monitoring networks. *Communications in Computer and Information Science (CCIS series)* by Springer.
5. **Bernard, Benjamin**, Alessandro Tadini, Pablo Samaniego, Andrea Bevilacqua, **Francisco J. Vasconez**, Alvaro Aravena, Mattia de' Michieli Vitturi, y **Silvana Hidalgo**. 2024. «Developing Hazard Scenarios from Monitoring Data, Historical Chronicles, and Expert Elicitation: A Case Study of Sangay Volcano, Ecuador». *Bulletin of Volcanology* 86(8):68. doi: [10.1007/s00445-024-01754-4](https://doi.org/10.1007/s00445-024-01754-4).
6. Chalumeau, Caroline, Hans Agurto-Detzel, Andreas Rietbrock, Michael Frietsch, Onno Oncken, **Monica Segovia**, y Audrey Galve. 2024. «Seismological Evidence for a Multifault Network at the Subduction Interface». *Nature* 628(8008):558-62. doi: [10.1038/s41586-024-07245-y](https://doi.org/10.1038/s41586-024-07245-y).
7. Escobar-Rey, Lusette Karime, David Mencin, Tim Dittmann, **Patricia A. Mothes**, y Héctor Mora-Páez. 2024. «A Geodetic-Based Earthquake Early Warning System for Colombia and Ecuador». *Seismological Research Letters*. doi: [10.1785/0220230390](https://doi.org/10.1785/0220230390).
8. Espín Bedón, Pedro Alejandro, Susanna K. Ebmeier, John R. Elliott, Tim J. Wright, **Patricia Mothes**, Valérie Cayol, Yasser Maghsoudi, Milan Lazecský, y **Daniel Andrade**. 2024. «Co-eruptive, endogenous edifice growth, uplift during 4 years of eruption at Sangay Volcano, Ecuador». *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 454:108147. doi: [10.1016/j.jvolgeores.2024.108147](https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2024.108147).

9. Gaunt, H. Elizabeth, Mía M. Pique, **Stephen Hernández, Silvana Hidalgo, Marco D. Córdova**, Patricio Ramón, y **Benjamin Bernard**. 2024. «Unravelling Eruption Dynamics at El Reventador, Ecuador: Linking the Physiochemical Properties of Volcanic Ash with Geophysical, Geochemical and Satellite Remote Sensing Data». *Bulletin of Volcanology* 86(11):89. doi: [10.1007/s00445-024-01777-x](https://doi.org/10.1007/s00445-024-01777-x).
10. **Hidalgo, Silvana, Benjamin Bernard, Patricia Mothes, Cristina Ramos, Jorge Aguilar, Daniel Andrade**, Pablo Samaniego, Hugo Yepes, Minard Hall, **Alexandra Alvarado, Mónica Segovia, Mario Ruiz**, Patricio Ramón, **Mayra Vaca**, y **IG-EPN staff**. 2024. «Hazard Assessment and Monitoring of Ecuadorian Volcanoes: Challenges and Progresses during Four Decades since IG-EPN Foundation». *Bulletin of Volcanology* 86(1):4. doi: [10.1007/s00445-023-01685-6](https://doi.org/10.1007/s00445-023-01685-6).
11. Lambert, M. C., **D. Sierra**, C. Cardellini, F. Viveiros, **A. Vásconez Müller, F. J. Vasconez**, D. F. Narváez, C. Silva, G. Melián, S. Caliro, B. M. Kis, A. Ionescu, y S. Hidalgo. 2024. «Results of the CO₂ diffuse degassing survey from the 2017 IAVCEI CCVG 13th volcanic gas workshop: Pululahua Dome Complex, Ecuador». *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 453:108145. doi: [10.1016/j.jvolgeores.2024.108145](https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2024.108145).
12. Ligot, Noa, William Viera, Diego Peñaherrera, **Benjamin Bernard**, Patrick Bogaert, y Pierre Delmelle. 2024. «A Quantitative Assessment of Crop Vulnerability to Tephra Hazard at Tungurahua Volcano, Ecuador: Understanding the Effect of Volcanic and Biological Factors». *Bulletin of Volcanology* 86(4):28. doi: [10.1007/s00445-024-01710-2](https://doi.org/10.1007/s00445-024-01710-2).
13. Marconato, L., L. Audin, M. P. Doin, J. M. Nocquet, P. Jarrin, F. Rolandone, N. Harrichhausen, **P. Mothes**, H. Mora-Páez, y D. Cisneros. 2024. «Internal deformation of the North Andean Sliver in Ecuador-southern Colombia observed by InSAR». *Geophysical Journal International* ggae338. doi: [10.1093/gji/ggae338](https://doi.org/10.1093/gji/ggae338).
14. Molina, Indira, Hiroyuki Kumagai, **Mario Ruiz, Stephen Hernández, Patricia Mothes**, Gabriela Arias, y Joan Andújar. 2024. «Very-long-period seismicity associated with the 2009–2015 reawakening of Cotopaxi Volcano, Ecuador». *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 453:108150. doi: [10.1016/j.jvolgeores.2024.108150](https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2024.108150).
15. Ortiz, Hugo D., Robin S. Matoza, **Benjamin Bernard**, Rodrigo De Negri, y **Mario C. Ruiz**. 2024. «Seismo-Acoustic Characterization of the 2018 Sierra Negra Caldera Resurgence and Fissure Eruption in the Galápagos Islands». *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 129(10):e2024JB029144. doi: [10.1029/2024JB029144](https://doi.org/10.1029/2024JB029144).

16. Rodríguez, E. E., S. L. Beck, M. Ruiz, A. Meltzer, D. E. Portner, **S. Hernández, M. Segovia**, H. Agurto-Detzel, y P. Charvis. 2024. «Seismic imaging of the Northern Andean subduction zone from teleseismic tomography: a torn and fragmented Nazca slab». *Geophysical Journal International* 236(1):593-606. doi: [10.1093/gji/ggad421](https://doi.org/10.1093/gji/ggad421).
17. Santamaría, Santiago, Mathilde Bablon, Xavier Quidelleur, Pablo Samaniego, Jean-Luc Le Pennec, **Silvana Hidalgo**, y Céline Liorzou. 2024. «Blossoming of the Pleistocene Volcanism in the Ecuadorian Andes: A Review Based on New and Recent Geochronological Data». *Bulletin of Volcanology* 86(9):80. doi: [10.1007/s00445-024-01767-z](https://doi.org/10.1007/s00445-024-01767-z).
18. Tadini, Alessandro, Federica Pardini, Andrea Bevilacqua, **Benjamin Bernard**, Pablo Samaniego, Mattia de' Michieli Vitturi, Alvaro Aravena, **Silvana Hidalgo**, Olivier Roche, Nourddine Azzaoui, Augusto Neri, y **Jorge Aguilar**. 2024. «Probabilistic tephra fallout hazard maps for Sangay volcano, Ecuador». *Bulletin of Volcanology*. doi: [10.21203/rs.3.rs-4735739/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4735739/v1).
19. Torres Torres-Torriti, M. **Nazate-Burgos, P.** (2023). SLAM in Agriculture. In: Zhang, Q. (eds) Encyclopedia of Smart Agriculture Technologies. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89123-7_235-1
20. **Vallejo, Silvia**, Angela K. Diefenbach, H. Elizabeth Gaunt, **Marco Almeida**, Patricio Ramón, **Fernanda Naranjo**, y Karim Kelfoun. 2024. «Twenty Years of Explosive-Effusive Activity at El Reventador Volcano (Ecuador) Recorded in Its Geomorphology». *Frontiers in Earth Science* 11. doi: [10.3389/feart.2023.1202285](https://doi.org/10.3389/feart.2023.1202285).
21. **Vasconez, Francisco J.**, Jeremy Phillips, Mark J. Woodhouse, y **S. Daniel Andrade**. 2024. «Numerical Simulation of Long-Distance Debris Flows (Lahars) on Glacier-Clad Volcanoes: The Case of Cotopaxi, Ecuador». *Frontiers in Earth Science* 12. doi: [10.3389/feart.2024.1426088](https://doi.org/10.3389/feart.2024.1426088).
22. **Vásconez Müller, Anais**, **Benjamin Bernard**, y **Francisco J. Vasconez**. 2024. «Near-Real-Time Ash Cloud Height Estimation Based on GOES-16 Satellite Imagery: A Case Study of the 2022–2023 Eruption of Cotopaxi Volcano, Ecuador». *Volcanica* 7(1):405-19. doi: [10.30909/vol.07.01.405419](https://doi.org/10.30909/vol.07.01.405419).
23. Vizuete, Nicole, Pablo Samaniego, **Benjamin Bernard**, Jean-Luc Devidal, Diego Narvaez, Céline Liorzou, y **Silvana Hidalgo**. 2024. «Eruptive dynamics of open-vent andesitic volcanoes retrieved from petrological and componentry analysis of recent explosive phases (2021–2022) of Sangay (Ecuador)». *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 108238. doi: [10.1016/j.jvolgeores.2024.108238](https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2024.108238).
24. Wickham-Piotrowski, Alexander, Yvonne Font, Marc Regnier, Bertrand Delouis, Jean-Mathieu Nocquet, Louis De Barros, Virginie Durand, Quentin Bletery, y **Monica Segovia**. 2024. «Intraslab seismicity migration simultaneously with an



interface slow slip event along the Ecuadorian subduction zone». *Tectonophysics* 883:230365. doi: [10.1016/j.tecto.2024.230365](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2024.230365).

25. **Arrais, Santiago** «Contribution to the improvement of the information availability for seismic and volcanic monitoring systems», dentro del Programa de Doctorado en Informática de la Facultad de Ingeniería de Sistemas EPN.

PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS

Se participó con 15 trabajos en 7 congresos internacionales en Ciencias de la Tierra y en Tecnologías.

No.	Congreso	Tema del trabajo presentado
1	COV12	Detecting and characterizing tremor emission episodes during the 2022-2023 Cotopaxi eruption using network and array methods
2	LACSC-2024	Spatiotemporal distribution of distal volcanic-tectonic swarms in the Northern Inter-Andean Valley, Ecuador
3	LACSC-2024	Determinación de la curva mHVSr característica para las microzonas geológicas en la cuenca de Quito (Sector Sur)
4	LACSC-2024	Implementación del cómputo automático del mecanismo de ruptura a distancias regionales con el algoritmo FMNEAR
5	LACSC-2024	Slow Slip Event in the Northern Ecuadorian Subduction Zone Preceded March 2022 Mw=5.84 Mainshock and Swarm at Esmeraldas
6	LACSC-2024	Spatiotemporal distribution of distal volcanic-tectonic swarms in the Northern Inter-Andean Valley, Ecuador
7	AGU-2024	Seismic Source Location at Cotopaxi Volcano Using Geophone Arrays
8	AGU-2024	Practical Insights Derived from the 2023 Mw 6.6 Earthquake in Puná Island, Ecuador
9	AGU-2024	High Density Seismic Network for Improved Tomographic Imaging of the Ecuadorian Forearc; Analyzing the Seismic Swarm in Atacames, Ecuador

10	AGU-2024	A 3D Velocity Model of Northern Ecuador: Insights into Forearc Structures and Seismicity Patterns
11	AGU-2024	Lava Tube System Development Mapped by InSAR and Multispectral Imaging during the March 2024 Eruption of Fernandina Volcano, Galapágos
12	LACSC-2024	Optimización de espacio de almacenamiento utilizado por imágenes de cámaras fijas: una aplicación del algoritmo de VIGIA para el reconocimiento del volcán
13	EGU 2024	Evidence of rapid conduit sealing driving explosive activity at El Reventador (Ecuador) underpinned by a permanent SO2 camera installation.
14	AGU-2024	Developing an Autonomous, Multi-spectral Camera System for Volcano Monitoring. AGU 2024, Washington D.C., Estados Unidos.
15	LACSC-2024	Nuevo sistema de monitoreo basado en sensores electromagnéticos y su correlación con la actividad sísmica en el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro.
16	ECT-2024 Singapur	New monitoring system based on electromagnetic sensors and its correlation with seismic activity on the Chiles – Cerro Negro volcanic complex.
17	SEIA-2024	New monitoring system based on electromagnetic sensors and its correlation with seismic activity on the Chiles – Cerro Negro volcanic complex
18	SmartTech- IC-2024	Analysis of data gaps in multiparametric datasets for seismic and volcanic monitoring networks

DIFUSIÓN CIENTÍFICA, ASESORÍA Y CAPACITACIÓN

La extensión es una de las tareas más importantes que posee el Instituto Geofísico, en este ámbito, los diferentes grupos de vigilancia se han enfocado en la enseñanza comunitaria. Diferentes estudios científicos y proyectos sobre peligro volcánico han sido acoplados a la nueva realidad, diferentes capacitaciones y seminarios virtuales se han llevado a cabo. De entre ellos se destaca la creación de informativos de fácil entendimiento (infografías) sobre peligros volcánicos. Se han realizado al menos **12 entrevistas a medios nacionales e internacionales**, y **29**

charlas informativas en diferentes eventos relacionados con la vigilancia volcánica, procesos eruptivos y peligro volcánico, tanto para instituciones del sector público y privado.

A continuación, se detallan algunos de ellos:

1. Análisis topográficos detallados para optimizar las simulaciones numéricas de lahares. Se analizó la resolución del DEM necesaria para obtener resultados realistas en tiempos óptimos para el caso de los drenajes norte y sur del volcán Cotopaxi, mismos que son presentados en las reuniones de Consejo Consultivo del volcán Cotopaxi en el ECU-911.
2. Se elaboró un libro animado para observar la propagación de dichos lahares en el tiempo y espacio el cual fue presentado en el congreso internacional Cities on Volcanoes 12, llevado a cabo en Guatemala en febrero 2024.
3. Como parte de un proyecto con JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón) se realizaron seminarios y varias visitas de campo en la zona de influencia por lahares del volcán Cotopaxi en el mes de marzo. El objetivo de la visita fue validar los resultados de las nuevas simulaciones y acompañar al experto japonés para una primera evaluación de la prefactibilidad para realizar estudios sobre la construcción de obras de mitigación en los drenajes norte y sur del volcán Cotopaxi <https://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/2114-ecuador-recibe-la-visita-del-dr-makoto-konno-experto-japones-en-mitigacion-de-riesgos-de-desastres>.
4. Charlas: "Primera Plataforma de Diálogo Nacional Sobre Acciones Anticipatorias" organizado por la Cruz Roja Ecuatoriana (BB 2 charlas; ET 2 charlas), Casa abierta –Feria Ciudadana para el fortalecimiento de nuevas generaciones (ET, DS; Pallatanga), "Satellite Application sin Ecuador at IGEPN" en el marco del AMERIGEO, "Monitoreo e investigación en el IGEPN" para la subsecretaría del Senescyt.
5. Proyectos: Anticípate por el Cotopaxi -Formación de Formadores a docentes Latacunga, Saquisilí, Salcedo (IG, PNUD, ECHO, CESA, CARE, Plan Internacional), Casa abierta Evento Alerta Guaguas –El volcán Cotopaxi.
6. Talleres: Capacitación IG –Red de Observadores a vigías de Tungurahua y voluntarios de Cotopaxi (3 Talleres).
7. Elaboración de 2 informes especiales y un comunicado interno a Secretaría de Gestión de Riesgos y Municipio de Quito. El primer informe especial estuvo asociado a la erupción del volcán La Cumbre en la Isla Fernandina el 13 de marzo de 2024, y el segundo informe especial estuvo asociado a la actualización de la actividad del volcán El Reventador el 10 de junio de 2024. El comunicado interno estuvo asociado a cambios en la actividad superficial



del volcán Guagua Pichincha, emitido mediante oficio Nro. EPN-IG-EPN-2024-0088-O el 28 de octubre de 2024.

8. Producto del análisis de datos MultiGAS se han obtenido series temporales que han sido utilizadas como insumo para las reuniones de evaluación de volcanes y toma de decisiones por parte de las autoridades asociadas a la gestión de las actividades de alta montaña en el volcán Cotopaxi por medio de la realización de infografías.
9. Las campañas de medición MultiGAS han sido realizadas al volcán Cotopaxi gracias a la colaboración interinstitucional entre el Instituto Geofísico y la Asociación Ecuatoriana de Guías de Montaña “ASEGUIM”, conformada por montañistas experimentados que han ascendido a la cumbre del volcán.
10. Técnicos del IG-EPN participaron en la IV Reunión Operativa de GEOVOL, organizada por el Instituto Geofísico de Perú (IGP), con el respaldo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) mediante el Programa de Asistencia para Desastres Volcánicos (VDAP), y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Este evento contó con la participación de más de 35 miembros de distintos observatorios volcánicos de toda Latinoamérica.
11. El IG-EPN fue organizador del Curso de INSAR aplicado al estudio de Riesgos Naturales, PSF TelRiskNat 2024, realizado en Quito del 21 al 25 de octubre, con el apoyo del Instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia (IRD); y con el soporte de centros como: La Universidad de Grenoble Alpes, el Laboratorio de Ciencias del Universo de Grenoble OSUG, el Instituto de ciencias de la tierra ISTERRE, y el Servicio Nacional de Deformación ISDEFORM.
12. Se realizó la publicación del mapa de amenaza del Volcán Cotopaxi Oriental.
13. 13 participaciones en capítulos de libros académicos, de difusión comunitaria y trípticos.
14. Como parte del convenio con el CCFFAA, se impartieron diversos cursos y capacitaciones a su personal:
 - BGP IPv6
 - JAVA desde cero e introducción a Programación Orientada a Objetos
 - Sistemas de protección de puesta a tierra
 - Programación en Python
 - Diseño de radio enlaces
 - Seguridad informática
 - Herramientas de estadística descriptiva
 - Programación en R
 - Diseño y simulación de redes MPLS y QoS
 - Direccionamiento IPv6



ESCUELA
POLITÉCNICA
NACIONAL

 **Rendición
DE CUENTAS**
2024

IG 
Instituto Geofísico

- Uso de energías renovables con mención en energía fotovoltaica
- Taller de acciones recomendadas para la prevención de daños a causa de terremotos
- Taller de acciones recomendadas para la prevención de daños a causa de erupciones volcánicas



Aportes Ciudadanos

Para la resolución de los aportes ciudadanos recibidos en las Mesas de Trabajo luego del evento de Rendición de Cuentas del año 2023, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Con la finalidad de buscar la integración de los diferentes grupos de investigación del IG-EPN, se optimizó la Planificación de Actividades de Campo semanales de forma conjunta, lo cual ha permitido unificar esfuerzos para alcanzar los objetivos planteados en cada comisión de servicios, optimizando los recursos disponibles del Instituto.
- En este año se han realizado varias publicaciones científicas, algunas de ellas han contado con cooperación internacional, elaboradas por servidores de las diferentes líneas de investigación del IG-EPN, demostrando así la multidisciplinariedad existente, ayudando a la divulgación de temas técnicos volcanológicos y sísmicos a la comunidad.
- Se ha incentivado la participación en congresos, seminarios y workshops de los servidores y funcionarios del IG-EPN, a fin de conocer el trabajo y las investigaciones llevadas a cabo en el Instituto, establecer vínculos con otras instituciones científicas u organismos internacionales e intercambiar experiencias con pares científicos.
- Para la elaboración de informes especiales de eventos sísmicos con una magnitud menor a 4, se ha decidido que éstos serán realizados únicamente si son sentidos por la población y cumplen criterios técnicos definidos por el Instituto.



ESCUELA
POLITÉCNICA
NACIONAL

 **Rendición
DE CUENTAS**
2024

Instituto Geofísico