

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
IDENTIFICACIÓN		
Información de la citación		
CITACIÓN		
Nombre del responsable	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano
Tipo de responsable	Autor Corporativo	Autor corporativo
Nombre del responsable		Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto;
Tipo de responsable	Autor intelectual. Si hay varios autores hay que escribirlo cada uno.	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto;
Nombre del responsable		
Tipo de responsable	Procesador: persona encargada de recibir y organizar la información	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto;
Nombre del responsable		Jorge Edison Mora Arroyo y Jairo Antonio Ortiz Valencia
Fecha	De publicación/disposición tres primeras letras del mes/año	Ene/2014
Título		INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO. ENERO DE 2014.
Edición	Primera versión.- Actualización conjunto de datos la numeración va del 0.1 al 0.9	0.1
Serie		No aplica
Identificador	En proceso de definición	
Descripción	Breve descripción del conjunto de datos, se destacan los objetivos, metodologías y productos entregados	Presentación de resultados y análisis de los datos obtenidos del monitoreo continuo a la actividad del volcán Galeras en diferentes aspectos como son el funcionamiento de estaciones, la actividad sísmica, la actividad superficial, las medidas geoquímicas y deformación. Presentación de datos obtenidos de monitoreo continuo de la actividad de los volcanes Doña Juana, Azufra, Cumbal y Las Ánimas. Se utilizan gráficas, tablas, esquemas, mapas y fotografías que ilustran el trabajo.
Uso/Información complementaria	Información básica sobre aplicaciones específicas donde el conjunto de datos ha sido o se está utilizando. Incluye opcionalmente lista de anexos, fuentes y documentos relacionados con el conjunto de datos.	
Programa-Proyecto		
Tipo de programa o proyecto	Cobertura macro y la capa a la cual pertenece el conjunto de datos según las estrategias institucionales (Investigación, plan, programa, proyecto).	Proyecto
Nombre del programa/proyecto	Nombre del proyecto	
Nombre del programa/Proyecto	Nombre del proyecto	Inventario y Monitoreo de Geoamenazas y procesos en las capas superficiales de la tierra - Investigación y monitoreo de la actividad volcánica – AME13-06.
Periodo de tiempo	Lapso de tiempo que corresponde a la información contenida en el conjunto de datos.	Enero de 2014.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
Dominio Espacial		
Extensión geográfica	Descripción del área geográfica. Incluir el nombre del territorio que cubre el producto. Incluir área geográfica dada en km ²	Zona de influencia del Volcán Galeras. Zona de influencia del Volcán Doña Juana. Zona de influencia del Volcán Azufral. Zona de influencia del Volcán Cumbal. Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. Zona de influencia del Volcán Chiles. Zona de influencia del Volcán Cerro Negro.
Coordenadas /límites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptores		
Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	Descriptores primarios: -Actividad Sísmica -Número diario -Energía diaria -Frecuencia -Localizaciones -Deformación -Geoquímica -Emisiones -Actividad Superficial -Temperaturas -Estación climática -Cenizas
Descriptor de lugar	Nombre de lugares geográficos cubiertos por el conjunto de datos. Nombre de zonas, regiones, municipios.	- Zona de influencia del Volcán Galeras, cono activo, municipios de la carretera Circunvalar a Galeras, Pasto. - Zona de influencia del Volcán Doña Juana. - Zona de influencia del Volcán Azufral. - Zona de influencia del Volcán Cumbal. -Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. -Zona de influencia del Volcán Chiles. -Zona de influencia del Volcán Cerro Negro.
Código temático		Capas de información.
Restricción de acceso	Limitaciones para acceso al conjunto de datos incluye restricciones que aseguren protección de privacidad o propiedad intelectual o limitaciones en obtención del conjunto de datos.	Derechos de propiedad intelectual. Prohibida su reproducción total o parcial con fines comerciales. Incluye información básica para documentos e investigación.
Muestra gráfica	Ilustración gráfica del conjunto de datos. Se especifica la dirección del computador, trayectoria, nombre y extensión del archivo.	Los datos se encuentran en el Servidor de archivos principal en la unidad VIGILANCIA en la siguiente ruta: V:\informes\informes_finales\VIGILANCIA\informes_tecnicos_mensuales\2014\ene
Calidad de los datos		
Informe general de calidad	Incluye conceptos sobre limitaciones, exactitud temática, contenido, normatividad	Se vigila y monitorea las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica y sísmica en la zona de influencia del Volcán

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
		Galeras, y volcanes del suroccidente colombiano, para acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen y a un pronóstico de eventos eruptivos.
Distribución		
Distribuidor		
Tipo de producto	Artículo, boletín, fotografía aérea, mapa, imagen satelital, informe técnico	Informe Técnico
Proceso estándar de pedido		
Productos impresos	Identificación que tipo de producto impreso. Ej. mapa impreso a color	No aplica.
Forma digital		
Formato	Nombre, versión del formato. Ejm: PDF.- Si no se encuentra en forma digital se escribe "No disponible"	El informe se encuentra en formato DOC y PDF
Opción de transferencia digital		
Dirección en línea	Dirección electrónica donde se puede obtener el conjunto de datos	http://www.sgc.gov.co/Pasto/Publicaciones/Informes-tecnicos/Informe-Mensual/2014.aspx
Medio digital/Ubicación	Opciones del medio digital en el cual puede ser entregado el conjunto de datos y su ubicación física. Disquete de 3-1/2; CD-ROM	CD-ROM
Contacto		
Organización	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano.
Cargo/persona	Nombre e identificación del cargo o persona asociado al conjunto de datos	Asesores de Oficina de Servicio al Cliente
Sede		Bogotá
Dirección		Diag. 53 No. 34-53
Ciudad		Bogotá, D.C.
Departamento		Cundinamarca
País		Colombia
Teléfono		(57+1)2 20 02 00 - 2 20 01 00 - 2 22 18 11 (57+1) 01-8000-110842
Fax		(57+1) 2 20 00 92
Correo electrónico		cliente@sgc.gov.co



**INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS
CHILES Y CERRO NEGRO,
ENERO DE 2014**

Edición:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, febrero de 2014

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – ENERO DE 2014	4
1.1. RED DE VIGILANCIA	4
1.2. SISMOLOGÍA	10
1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	19
1.3.1. Inclínometría Electrónica	19
1.3.2. Estaciones GNSS permanentes	24
1.4. GEOQUÍMICA	28
1.4.1. Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO ₂) a la atmósfera-Estaciones SCANDOAS	28
1.4.2. Mediciones del gas Radón – Rn ₂₂₂	31
1.5. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS	36
1.6. CONCLUSIONES	39
2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – DICIEMBRE DE 2013	40
2.1. RED DE VIGILANCIA	
2.2. SISMOLOGÍA	
2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	44
2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	48
2.5. CONCLUSIONES	50
3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO – ENERO DE 2014	51
3.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA	52
3.1.1. Red de vigilancia	52
3.1.2. Sismología	53
3.1.3. Deformación Volcánica	54
3.1.4. Actividad Superficial	56
3.1.5. Conclusiones	56
3.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	56
3.2.1. Red de vigilancia	56
3.2.2. Sismología	59
3.2.3. Deformación Volcánica	60
3.2.3.1. Inclínometría Electrónica	60
3.2.3.2. Medición Electrónica de Distancias – E.D.M.	61
3.2.4. Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos	61
3.2.6. Conclusiones	64
3.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS	64
3.3.1. Ubicación Geográfica	64
3.3.2. Red de vigilancia	64
3.3.3. Sismología	66
3.3.4. Deformación Volcánica	67
3.3.5. Actividad Superficial	68
3.3.6. Conclusiones	69
3.4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO	69
3.4.1. Ubicación Geográfica	69
3.4.2. Red de vigilancia	69

3.4.3.	Sismología	71
3.4.4.	Deformación Volcánica	73
3.4.5.	Actividad Superficial	74
3.4.6.	Conclusiones	74

TABLAS

Pág.

Tabla 1.	Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de Enero de 2014.	5
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de Enero de 2014.	5
Tabla 3.	Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de Enero de 2014.	6
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras.	8
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	8
Tabla 6.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras (Línea Galeras).	9
Tabla 7.	Estaciones instaladas por el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.	9
Tabla 8.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de septiembre y el 31 de Enero de 2014, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	11
Tabla 9.	Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 1 de octubre y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	13
Tabla 10.	Ubicación Geográfica estaciones SCANDOAS en Volcán Galeras	29
Tabla 11.	Concentración de dióxido de azufre mes de enero de 2014	31
Tabla 12.	Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Baranco)-enero de 2014	34
Tabla 13.	Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Galeras)-enero de 2014.	35
Tabla 14.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de enero de 2014.	41
Tabla 15.	Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, se resalta en color azul el mes objeto de evaluación.	42
Tabla 16.	Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color verde.	44
Tabla 17.	Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.	54
Tabla 18.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Doña Juana, ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, resaltado en color azul el mes objeto de evaluación.	55
Tabla 19.	Estaciones instaladas en el volcán Azufral.	57
Tabla 20.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Azufral, ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, resaltado en color azul el mes objeto de evaluación en este informe.	60

Tabla 21.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de enero de 2014.	69
Tabla 22.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Las Ánimas, ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, el mes objeto de evaluación se resalta en color azul.	70
Tabla 23.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de enero de 2014.	74
Tabla 24.	Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Chiles, ocurridos entre el 2 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.	75

FIGURAS

Pág.

Figura 1	Mapa de localización de las estaciones sísmicas y de sensores acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de Enero de 2014.	6
Figura 2	Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros y GNSS que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de Enero de 2014.	7
Figura 3	Mapa de localización y orientación de las componentes de las estaciones de inclinometría instaladas en Galeras.	7
Figura 4	Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, flujos de lodos, ScanDOAS, climatológica y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de Enero de 2014.	8
Figura 5	Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.	9
Figura 6	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de Enero de 2014, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.	10
Figura 7	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	11
Figura 8	Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante el mes de enero de 2014, con respecto al mes de diciembre de 2013.	12
Figura 9	Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales.	12
Figura 10	Energía diaria liberada por los eventos volcánicos ocurridos en Galeras entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.	13
Figura 11	Relación porcentual para Galeras, que compara la energía diaria liberada de eventos por tipo ocurridos durante el mes de enero de 2014, con respecto al mes de diciembre de 2013.	14
Figura 12	Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales.	14
Figura 13	Sismogramas y espectros en frecuencia del TRE registrado el 12 de enero de 2014, a las 07:20 a.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.	15
Figura 14	Sismogramas y espectros en frecuencia del TRE registrado el 12 de enero de 2014, a las 3:29 p.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.	16
Figura 15	Sismogramas y espectros en frecuencia del TRE registrado el 29 de enero de 2014, a las 6:20 p.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.	16

Figura 16	Sismogramas y espectros en frecuencia del TRE registrado el 30 de enero de 2014, a las 5:20 p.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.	17
Figura 17	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de enero de 2014. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2.5 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).	18
Figura 18	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cráter, instalado en Galeras para el periodo comprendido entre junio de 2013 y enero de 2014.	19
Figura 19	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2012 y el 31 de enero de 2014.	20
Figura 20	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de enero de 2014.	20
Figura 21	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 al 31 de enero de 2014.	21
Figura 22	Componentes de inclinación Radial y Tangencial, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.	21
Figura 23	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2013 y el 31 de enero de 2014.	22
Figura 24	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.	22
Figura 25	Componentes de inclinación Radial y Tangencial del inclinómetro Huairatola, y del sensor de temperatura, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2013 y el 31 de enero de 2014.	23
Figura 26	Orientación y magnitud del Vector resultante de los inclinómetros instalados en Galeras, periodo tomado teniendo en cuenta el cambio mostrado por el inclinómetro Calabozo.	24
Figura 27	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras (circunferencias) respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño (triángulo azul) y orientación de los vectores resultantes de deformación para cada estación (flechas). Las elipses representan los márgenes de error de cada estación.	25
Figura 28	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.	26
Figura 29	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.	26
Figura 30	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.	26
Figura 31	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.	27
Figura 32	Comportamiento de las tres componentes del campo magnético en el sector de Frailejón para el periodo comprendido entre mayo de 2012 y diciembre de 2013.	29

Figura 33	Comportamiento de las componentes Norte y Este del campo eléctrico, en el sector de Frailejón entre el 1 de julio de 2012 y el 31 de diciembre de 2013.	30
Figura 34	Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación Lavas para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2012 y el 13 de diciembre de 2013. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente EW y los azules en la componente NS.	31
Figura 35	Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación Peladitos para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2012 y el 13 de diciembre de 2013. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente NS y los azules en la componente EW.	31
Figura 36	Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación La Y para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2012 y el 13 de diciembre de 2013. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente NS y los azules en la componente EW.	32
Figura 37	Mapa de localización de las estaciones telemétricas SCANDOAS del proyecto NOVAC para el monitoreo de emisiones de Dióxido de Azufre (SO ₂). Las líneas punteadas en amarillo muestran el radio enlace utilizado para la transmisión de la información hasta la sede del OVSP.	33
Figura 38	Flujo de dióxido de azufre (SO ₂)-mes de enero de 2014	34
Figura 39	Flujo de dióxido de azufre (SO ₂), velocidad y dirección del viento-mes de enero de 2014.	34
Figura 40	Mapa de localización de las estaciones no telemétricas Línea Galeras, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.	36
Figura 41	Mapa de localización de las estaciones no telemétricas Línea Barranco, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.	37
Figura 42	Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Barranco)-enero de 2014.	38
Figura 43	Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Galeras)-enero de 2014.	38
Figura 44	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la mañana hacia las 6:06 y 7:20, el 12 de enero de 2014 desde Barranco, al noroccidente y suroccidente del edificio volcánico.	40
Figura 45	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la tarde el 12 de enero de 2014 desde Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.	41
Figura 46	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 19 de enero de 2014 a las 6:26 p.m. desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edificio volcánico.	41
Figura 47	Imágenes de la emisión de gases y ceniza del volcán Galeras presentada el 21 de enero, capturadas desde las cámaras ubicadas en el OVS Pasto y en Bruma.	41
Figura 48	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 23 de enero de 2014 desde Bruma y Barranco, al suroccidente y al noroccidente del edificio volcánico.	42
Figura 49	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 29 de enero de 2014 desde Bruma, al suroccidente del edificio volcánico.	42
Figura 50	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas desde Barranco, el 29 de enero de 2014.	42
Figura 51	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 30 de enero, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.	43
Figura 52	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 30 de enero, capturadas desde Bruma y Barranco.	43
Figura 53	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de enero de 2014.	44

Figura 54	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de enero de 2014.	45
Figura 55	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	46
Figura 56	Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de enero de 2014, con respecto al mes de diciembre de 2013.	47
Figura 57	Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales.	47
Figura 58	Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por la estación sismológica La Mesa, instalada en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 8 de octubre de 2012 y el 31 de enero de 2014, resaltando los eventos registrados en el mes de enero de 2014.	48
Figura 59	Sismogramas, espectros y espectrograma en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 11 de enero de 2014 a las 2:38 p.m.	49
Figura 60	Sismograma de la estación sísmica La Mesa del Complejo Volcánico de Cumbal, en la gráfica se resalta el enjambre de sismos presentado el 19 de enero de 2014.	49
Figura 61	Sismograma de la estación sísmica La Mesa del Complejo Volcánico de Cumbal, en la gráfica se puede evidenciar el enjambre de sismos presentado entre el 21 y 22 de enero de 2014.	50
Figura 62	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de enero de 2014 en el complejo volcánico de Cumbal. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 1 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).	51
Figura 63	Componentes de inclinación Norte y Este del sensor de temperatura, del inclinómetro La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de enero de 2014.	52
Figura 64	Componentes de inclinación Norte y Este del sensor de temperatura, del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de enero de 2014.	52
Figura 65	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Punta Vieja, y del sensor de temperatura, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de enero de 2014.	53
Figura 66	Imagen de la emisión de gases del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde la población de Cumbal, en la mañana del 13 de enero de 2014.	53
Figura 67	Magnitud y orientación del vector resultante de la red de Inclinómetros instalada en el volcán Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.	54
Figura 68	Imagen de la emisión de gases del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde la población de Cumbal el 13 de enero de 2014, en horas de la mañana.	55
Figura 69	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, en la mañana del 21 de enero de 2014; en las fotografías se observa emisión de gases.	55
Figura 70	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas el 23 de enero de 2014 desde el municipio de Cumbal, en las fotografías se observa emisión de gases.	55
Figura 71	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas el 24 de enero de 2014 desde el municipio de Cumbal, en las fotografías se observa emisión de gases.	56
Figura 72	Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas en la mañana del 27 de enero de 2014, desde el municipio de Cumbal, en las fotografías se observa emisión de gases.	56
Figura 73	Imagen en la cual se aprecia la localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.	57

Figura 74	Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	58
Figura 75	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de enero de 2014, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	59
Figura 76	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Doña Juana entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	60
Figura 77	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de enero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	60
Figura 78	Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2013 y el 31 de enero de 2014.	61
Figura 79	Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2013 y el 31 de enero de 2014.	61
Figura 80	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de enero de 2014.	63
Figura 81	Mapa de localización de los puntos materializados para mediciones EDM, en el volcán Azufral. Las figuras de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.	63
Figura 82	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de enero de 2014.	64
Figura 83	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	65
Figura 84	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de enero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	65
Figura 85	Componentes de inclinación Norte, Este, y sensor de temperatura, del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.	66
Figura 86	Componentes de inclinación Norte, Este, y sensor de temperatura, del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.	66
Figura 87	Mapa de localización de los puntos materializados para mediciones EDM, en el volcán Azufral. Las figuras de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.	67
Figura 88	Comportamiento de las líneas de medición realizadas desde la Base 1 en el volcán Azufral entre enero de 2013 y enero de 2014.	68
Figura 89	Comportamiento de las líneas de medición realizadas desde la Base 2 en el volcán Azufral entre enero de 2013 y enero de 2014.	68
Figura 90	Comportamiento de las líneas de medición realizadas desde la Base 3 en el volcán Azufral entre enero de 2013 y enero de 2014.	69
Figura 91	Comportamiento de las líneas de medición realizadas desde la Base 4 en el volcán Azufral entre enero de 2013 y enero de 2014.	69
Figura 92	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 7 de enero de 2014 en horas de la mañana, por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías	70

	se observa salida de gases de uno de los domos.	
Figura 93	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 8 de enero de 2014, izquierda: en horas de la mañana, derecha: en horas de la tarde, por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	70
Figura 94	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 11 de enero de 2014 por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías se observa salida de gases de uno de los domos.	71
Figura 95	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 25 de enero de 2014 en horas de la tarde por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	71
Figura 96	Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 28 de enero de 2014 por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.	71
Figura 97	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	72
Figura 98	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de enero de 2014.	73
Figura 99	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante enero de 2014.	74
Figura 100	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de enero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	75
Figura 101	Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 30 de agosto de 2013 y el 31 de enero de 2014.	76
Figura 102	Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 30 de agosto y el 31 de enero de 2014.	76
Figura 103	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	77
Figura 104	Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.	78
Figura 105	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de enero de 2014.	79
Figura 106	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.	80
Figura 107	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de enero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2.0 Km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	80
Figura 108	Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 7 de noviembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.	81
Figura 109	Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro El Morro, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.	81

Figura 110	Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 7 de noviembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.	82
------------	---	----

INTRODUCCIÓN

Durante el período evaluado mes de enero de 2014, el Servicio Geológico Colombiano - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, continuó con la tarea institucional de vigilar en tiempo real la actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Azufra, Doña Juana, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Se reciben datos en forma continua de las diferentes estaciones de la red de vigilancia instaladas en los diferentes volcanes instrumentados, que permiten realizar la evaluación de la actividad volcánica y generar los diferentes comunicados.

Los volcanes presentan cambios en el tiempo y es por esta razón que se necesita una permanente vigilancia desde diferentes disciplinas como la Geofísica, Geoquímica, Geovulcanología y mediante observaciones superficiales. Las variaciones del estado de los volcanes obedecen a una compleja interacción de diversos factores como movimiento de fluidos (magma o gases), variaciones de presión interna o por cambios en el estado de esfuerzos en la corteza. Estos factores se generan como consecuencia de la intrusión de material desde niveles profundos a niveles superficiales y/o por la variación del contenido de volátiles y/o gases en los reservorios.

En el informe técnico se detallan los datos y los resultados obtenidos como producto de la vigilancia instrumental telemétrica, en tiempo continuo y, de la toma de datos in situ, en las diferentes disciplinas, para el mes de enero de 2014. El procesamiento primario de los datos obtenidos arroja resultados que son analizados semanalmente con el fin de evaluar la actividad de los volcanes, para poder asignar a cada uno, el nivel de actividad correspondiente, de acuerdo con sus manifestaciones.

RESUMEN

En el período evaluado los eventos sísmicos dominantes fueron aquellos que involucran dinámica de fluidos al interior de los conductos volcánicos, de fuente persistente en el tiempo (Tremor – TRE), se resalta que varios de estos eventos estuvieron asociados con emisión de gases y cenizas. Realizando una comparación con el período anterior se observó un incremento en la sismicidad clasificable y en los valores de energía diaria liberada.

La localización de la sismicidad relacionada con el fracturamiento de material cortical presenta una tendencia hacia el nororiente. Se clasificaron 20 eventos sísmicos con distancias aproximadas al cono volcánico que varían entre 0.3 y 9.5 km y profundidades entre 1 y 15 km, con magnitudes locales entre -0.2 y 2.4 en la escala de Richter.

La deformación del edificio volcánico muestra estabilidad, según el análisis de los registros de los sensores que conforman la red de Galeras.

Se obtuvieron escaneos en el sistema de espectroscopia ScanDOAS, la mayor parte del mes, con valores que oscilan entre 15 Ton/día, el 25 de Enero, hasta 520 Ton/día el 2 de Enero, estos valores son considerados como bajos a moderados para Galeras.

Del análisis de las imágenes registradas por las diferentes cámaras y, con reportes de personal del OVSP en campo, fue posible corroborar las emisiones de gases que, la mayor parte del mes se presentaron de tonalidad blanca; eventualmente se evidenció una tonalidad un poco más oscura, asociada con la presencia de material particulado que en algunas ocasiones se asociaron con la ocurrencia de eventos tipo Tremor.

Teniendo como base lo anteriormente expuesto, el nivel de actividad de Galeras se mantuvo en: Nivel Amarillo  (III) **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

De acuerdo al monitoreo sísmico registrado por las estaciones instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo evaluado, la mayor parte de eventos se asociaron con movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico, seguidos por los eventos relacionados con fractura de la roca. En relación al mes anterior se observó un leve descenso en ocurrencia. Para el periodo evaluado se tiene el registro de dos eventos de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR), asociados con movimiento de fluidos, donde las características físicas y geometría de la cavidad favorecen una gran duración o resonancia del fluido en el medio y, un contenido frecuencial monocromático, cuyas frecuencias dominantes oscilaron entre 2.16 y 2.20 Hz.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de enero de 2014 permitió, que la actividad del Complejo Volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO  (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

En cuanto a la actividad del volcán Doña Juana, se observó que la sismicidad estuvo dominada por eventos tipo VT, asociados a fracturamiento de material cortical, que con respecto al mes anterior, presentaron un aumento en ocurrencia.

En el volcán Azufra, predominaron los sismos clasificados como VT, y en comparación con el mes anterior, la sismicidad del volcán presentó un leve incremento, continuando los niveles bajos de ocurrencia, totalizando 18 eventos. La mayoría de los eventos localizados se ubicó de manera dispersa en inmediaciones del edificio volcánico, las magnitudes estuvieron entre 0.2 y 1.8 en la escala de Richter, sin embargo se resalta la concentración de cuatro eventos ubicados al NNE en cercanías de la laguna.

Con respecto al volcán Las Ánimas, para el periodo evaluado se registraron 2 sismos asociados a fracturamiento de material sólido (VT), presentando una disminución considerable en comparación con el mes anterior, en el cual se tuvo registro de 12 eventos tipo VT.

Haciendo referencia a los volcanes Chiles y Cerro Negro, la ocurrencia sísmica presentó una notable disminución del 65% respecto al mes anterior; la mayoría de los eventos localizados se ubicaron principalmente hacia el sector suroccidental del edificio volcánico, con magnitudes entre 0.1 y 3.2 en la escala de Richter. Se resaltan los sismos del día 19 de enero de 2014 a las 4:53 y 5:43 a.m. que presentaron magnitudes de 3.2 y 2.1 en la escala de Richter, los cuales fueron reportados como sentidos por habitantes del sector del resguardo indígena de Chiles, Corregimiento del municipio de Cumbal (Nariño).

Con base en el análisis de la información de los volcanes Doña Juana, Azufra, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, estos se consideran en Nivel Verde ● (IV), "Volcán activo y comportamiento estable".

1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – ENERO DE 2014

1.1. RED DE VIGILANCIA

Para el periodo evaluado, la red de monitoreo del volcán Galeras, estuvo conformada por:

- Doce estaciones sísmicas telemétricas: siete de corto periodo (4 triaxiales y 3 de componente vertical) y cinco de banda ancha triaxiales (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores acústicos, uno ubicado en el sector occidental, en el sitio de la estación sísmica de corto periodo Calabozo, otro ubicado en el sitio de la estación sísmica de banda ancha Cráter-2 y el último ubicado en el sitio de la estación sísmica Cóndor (Figura 1, Tabla 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figuras 2 y 3, Tabla 2).
- Cuatro estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas en el sitio de la estación sísmica Cráter-2, sector de Barranco Alto, San Felipe al noroccidente y hacia el sector de San Cayetano hacia el oriente de Galeras (Figura 2, Tabla 3).
- Tres estaciones con transmisión telemétrica para la detección de emisiones de dióxido de azufre (SO_2), localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 4, Tabla 4).
- Tres sistemas de medición de variación del campo Magnético: Cráter, Frailejón y Barranco. Adicionalmente, las estaciones EM-Frailejón y EM-Barranco cuentan con sistemas de medición de variación de campo eléctrico (Figura 4, Tabla 5).
- Cuatro cámaras de video permanentes para observación y seguimiento de la actividad superficial, una instalada en la sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, otra en el municipio de Consacá, otra instalada en el flanco norte de la cima de Galeras, en el sitio denominado Barranco Alto y la última Bruma, hacia el sector suroccidental del cono (Figura 4).
- Dos estaciones para monitoreo constante de flujos de lodos, con transmisión telemétrica, compuestas por un geófono y un pluviómetro, instaladas en la cuenca del río Mijitayo (Figura 4).
- Un anemómetro telemétrico, para medición de la velocidad y dirección del viento, ubicado en el sitio de la estación sísmica Cráter-2 (Figura 4).
- Veinte estaciones para la medición de emisiones del gas Radón (Rn-222) proveniente del suelo, distribuidas en dos líneas, una hacia el sector oriental del volcán, por la vía de acceso a la cima y la segunda hacia el sector norte del volcán (Tablas 6 y 7, Figura 5).

En el periodo evaluado, se realizaron mantenimientos correctivos a las estaciones de Urcunina sísmica, Inclinómetro Urcunina, Inclinómetro Cráter y además se dio inicio a la construcción de un

nuevo sistema de protección para la estación de Inclínómetro Cráter que involucra una nueva estación repetidora en el sitio que se denominará Repetidora Cráter que se adicionaría a las redes que conforman el monitoreo volcánico de Galeras; adicionalmente, se hicieron mantenimientos en los equipos de recepción en la sede del Observatorio. La operatividad de la red instrumental de Galeras fue del 97%. La Figura 6 muestra el histograma de porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo telemétrico durante el mes de enero de 2014.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de enero de 2014.

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Anganoy	ANGV	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Vertical	0.8	E	4170
Cráter-2	CR2R	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.5	S	4048
Cufiño	CUVZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.9	ENE	3800
Urcunina	URCR	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	2.3	ESE	3494
Cobanegra-3	COB3	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Vertical	3.9	SSE	3625
Arlés	ARLZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.0	NW	3450
Cóndor	COND	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	4.9	SW	3985
Obonuco	OBVR	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.9	SE	3010
Nariño-2	NAR2	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Vertical	5.0	N	2870
Calabozo	CAVZ	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	6.8	WSW	2353
San Felipe	SNFZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7.6	SW	3491
Morasurco	MORA	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	13.7	NE	3504
Cráter Acústico	CRAC	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	1.5	S	4048
Cóndor Acústico	COND	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	4.9	SW	3985
Calabozo Acústico	CAMI	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	6.8	WSW	2353

Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de enero de 2014.

Inclínómetros Electrónicos	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Cráter	0,8	E	4060
Peladitos	1,4	SE	3850
Huairatola	1,7	N	3745
Urcunina	2,3	ESE	3494
Cobanegra	3,9	SSE	3625
Arlés	4,0	NW	3450
Cóndor	4,9	SW	3985
Calabozo	7,1	WSW	2350

Tabla 3. Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de enero de 2014.

Estaciones GNSS	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Cráter	1,5	S	4048
Barranco	2,6	NW	3904
Cóndor	7,6	SW	3520
San Cayetano	4,1	E	3035

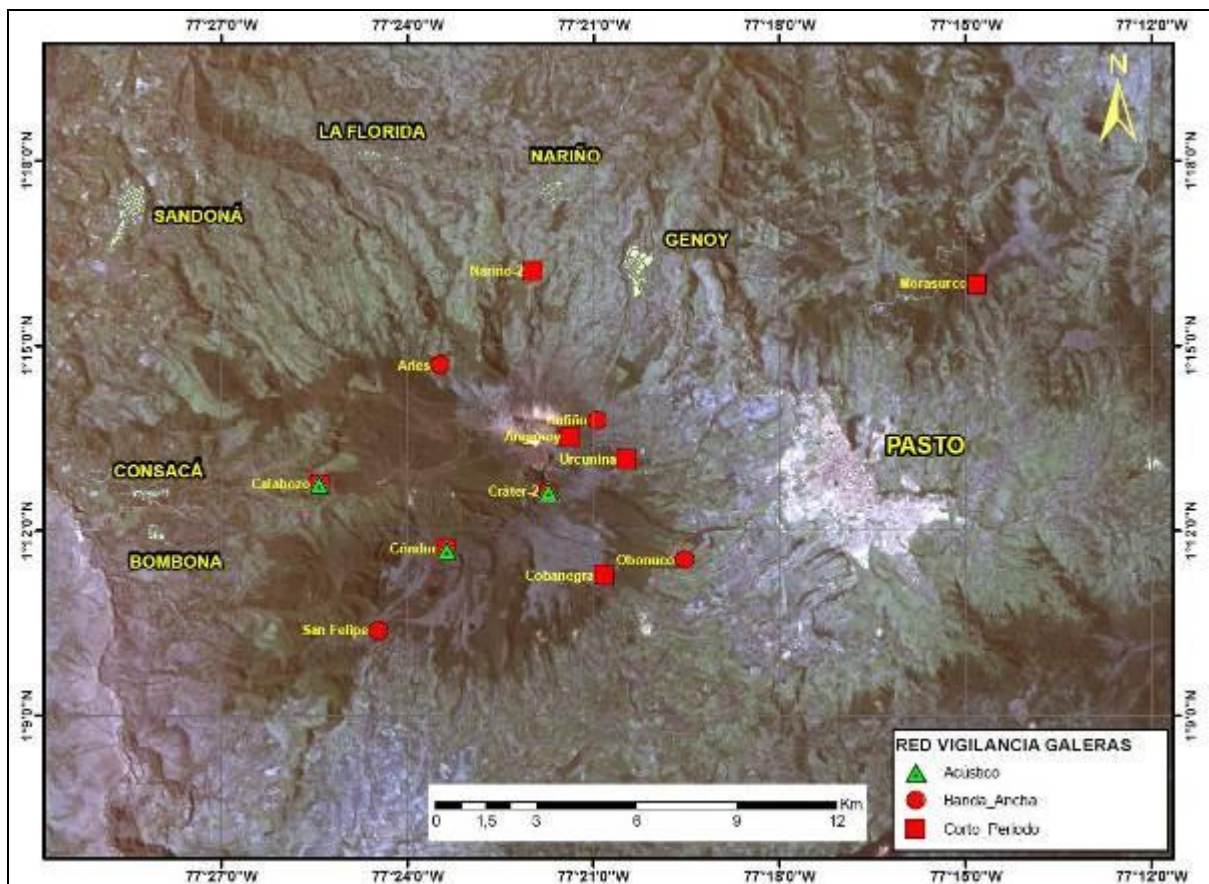


Figura 1. Mapa de localización de las estaciones sísmicas y de sensores acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de enero de 2014.

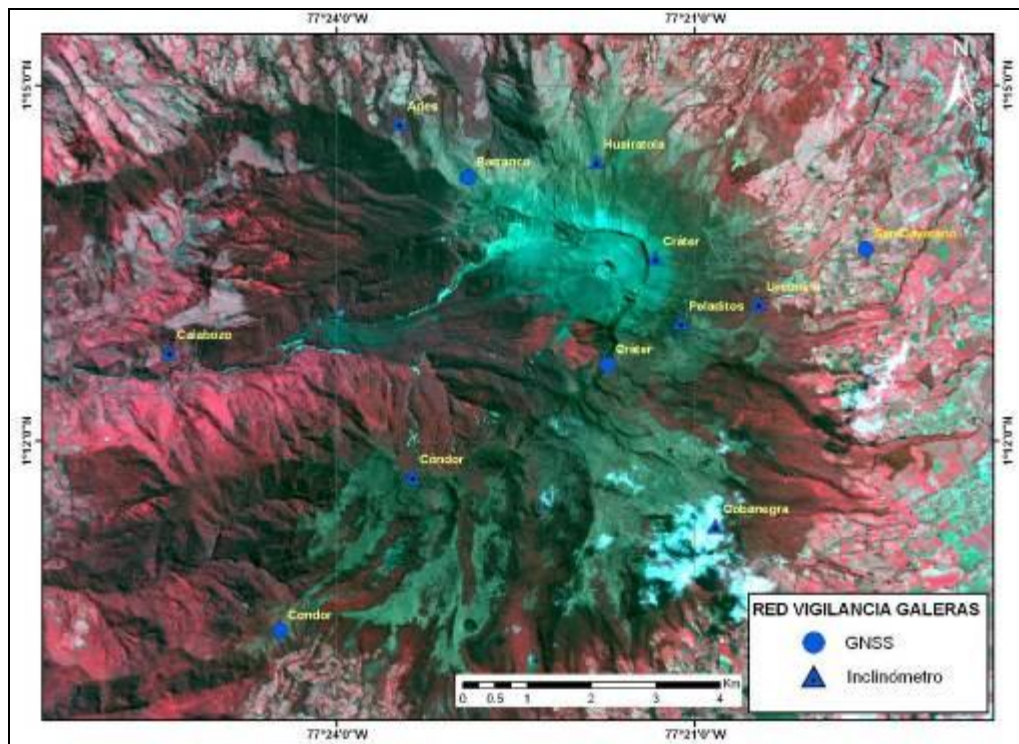


Figura 2. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros y GNSS que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de enero de 2014.

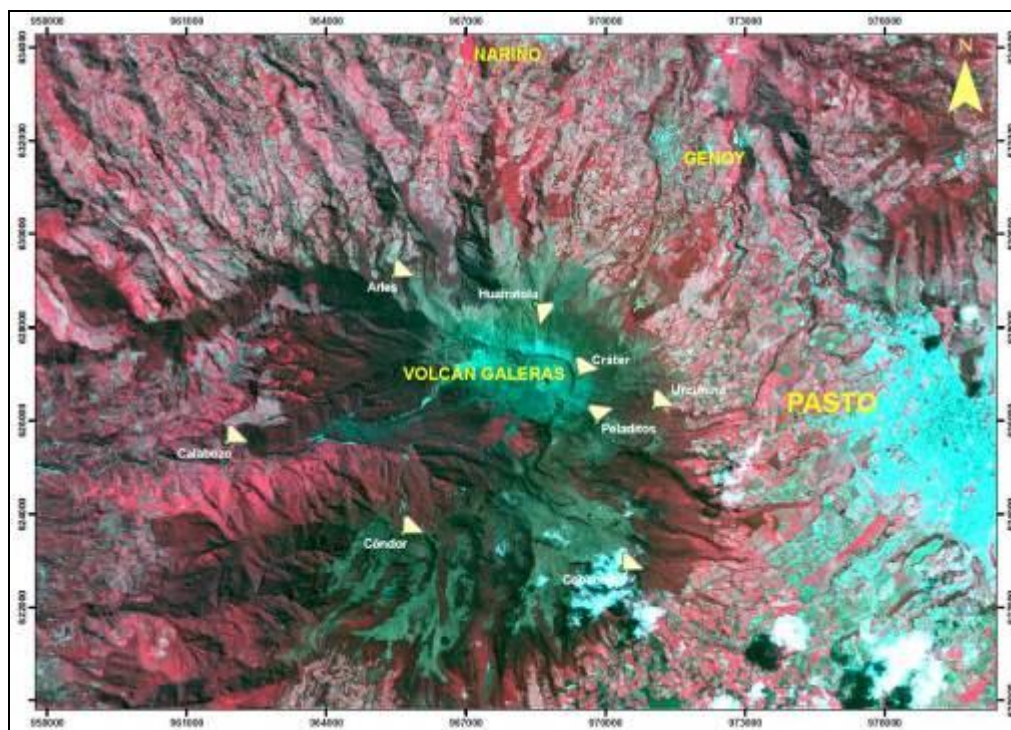


Figura 3. Mapa de localización y orientación de las componentes de las estaciones de inclinometría instaladas en Galeras.

Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras.

Estación	Distancia al cráter (km)	ángulo del scan (°)	Altura de referencia de la pluma* (m)	Dirección compás (° azimuth)	Ubicación respecto al cráter	Altitud (msnm)
Santa Bárbara	7.9	60	1600	131	NNW	2600
Alto Jiménez	10.8	90	1800	295	NW	2400
Alto Tinajillas	13.3	60	2100	94	W	2100

* Altura de referencia de la pluma respecto a la cima de Galeras (aproximadamente 4200 msnm).

Tabla 5. Estaciones que monitorean las variaciones del campo eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.

Estación	Transmisión de datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Frailejón	Digital	Eléctrico	Biaxial	2,7	E	3727
Frailejón	Digital	Magnético	Triaxial	2,7	E	3727
Barranco	Digital	Eléctrico	Biaxial	2.0	NW	3800
Barranco	Digital	Magnético	Triaxial	2.0	NW	3800
Cráter	Digital	Magnético	Triaxial	1,9	SSE	4001

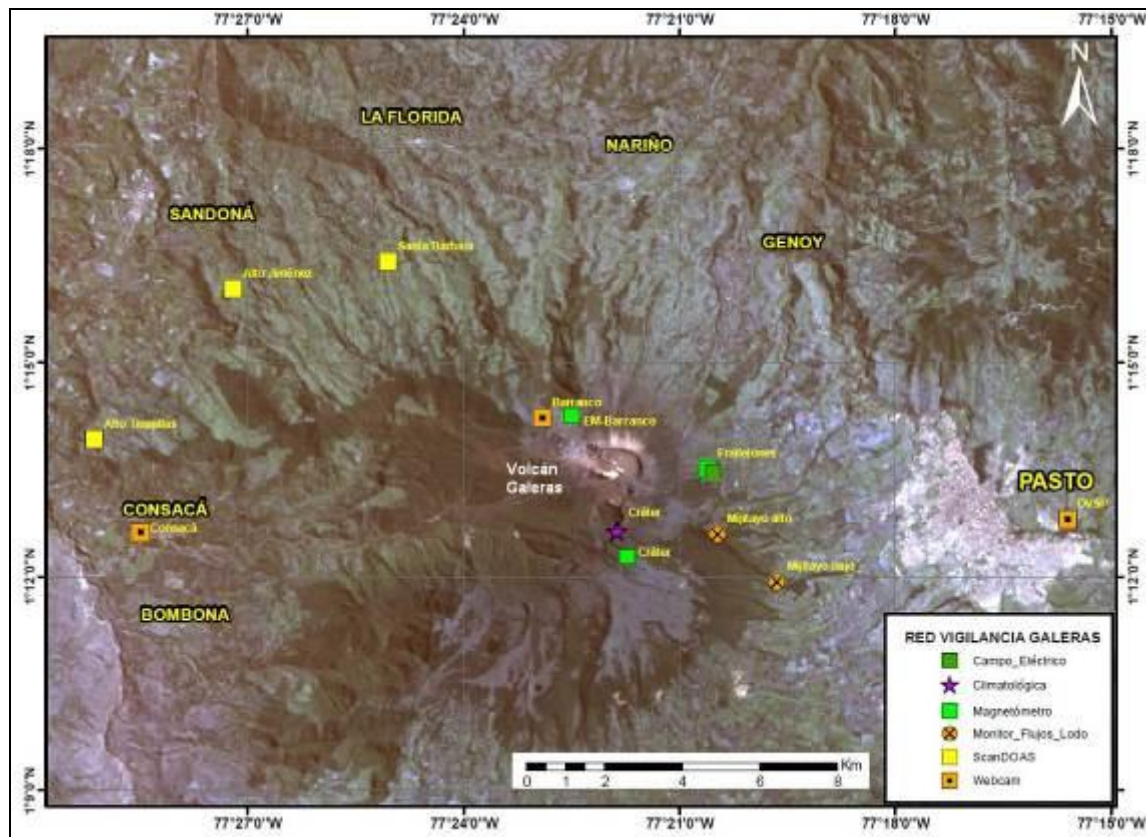


Figura 4. Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, flujos de lodos, ScanDOAS, climatológica y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de enero de 2014.

Tabla 6. Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras (Línea Galeras).

Estación	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Caldera	1,1	SE	4238
telecom	1,6	SSE	4051
peladitos	1,9	SE	3927
Cufiño	1,9	ENE	3809
Frailejón	2,3	E	3730
Piedras	2,0	NE	3590
Mirador	2,7	ENE	3510
Parques	3,6	ESE	3358
Lava2	4,0	E	3166
Lava1	4,5	E	3000

Tabla 7. Estaciones instaladas por el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.

Estación	Distancia al Cráter (Km)	Dirección Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
BAR01	6,6	NNW	2318
BAR02	6,0	NNW	2504
BAR03	5,7	NNW	2599
BAR04	5,5	NNW	2669
BAR05	5,0	NNW	2644
BAR06	4,7	NNW	2516
BAR07	4,3	NNW	2646
BAR08	3,5	NNW	2947
BAR09	3,1	NNW	2966
BAR10	2,3	NNW	3180

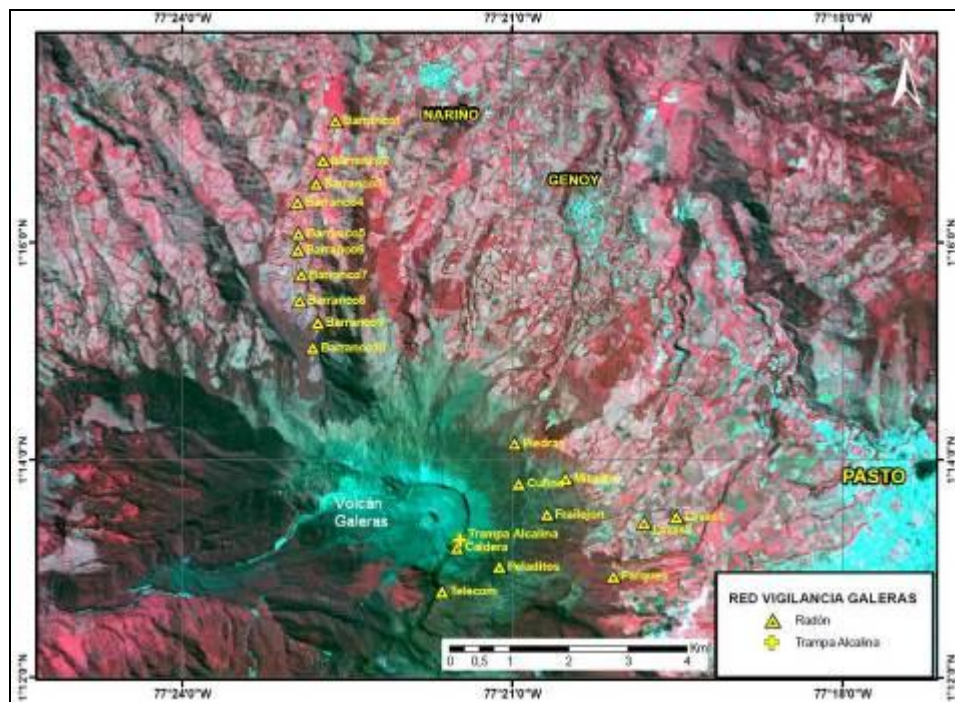


Figura 5. Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.

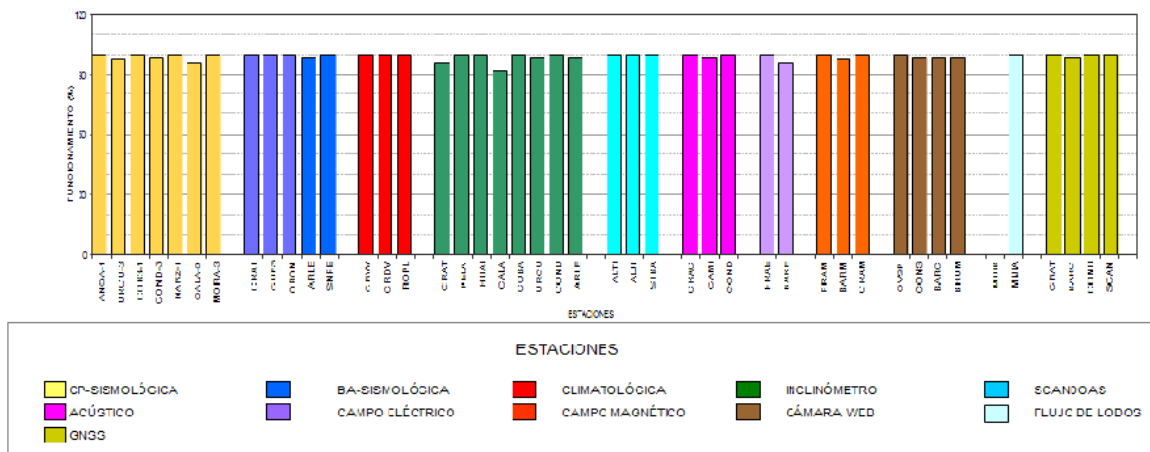


Figura 6. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de enero de 2014, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.

1.2. SISMOLOGÍA

Período caracterizado por niveles bajos tanto en ocurrencia como en energía liberada. La actividad sísmica dominante estuvo asociada con eventos que involucran dinámica de fluidos al interior de los conductos volcánicos de fuente persistente en el tiempo, tipo TRE, seguido en menor cuantía por sismos relacionados con dinámica de fluidos al interior de los conductos volcánicos de fuente transitoria, tipo LP, sismos relacionados con fracturas de rocas, tipo VT y por último eventos de tipo HYB, los cuales involucran fractura de rocas y posterior movimiento de fluido (Tabla 8, Figura 7).

En términos generales, se observó un incremento en la ocurrencia diaria de eventos sísmicos clasificables con respecto al mes anterior, cercano al 37% (Tabla 8); resaltando para el periodo evaluado un descenso de los eventos tipo VT (Tabla 8, Figura 8). De igual forma, en cuanto a los sismos registrados no clasificables, incrementó respecto al mes de diciembre de 2013 en alrededor de un 20% (Tabla 8).

En total se registraron 161 eventos tipo Tremor espasmódico clasificables, la duración por evento estuvo en un rango entre 19 segundos y 15 minutos con 16 segundos; se totalizó una duración aproximada de 13 horas. Se resalta que algunos de estos eventos se asociaron con emisión de material particulado.

La Figura 9 compara, en términos porcentuales, la ocurrencia de la sismicidad entre los meses de octubre de 2013 y enero de 2014, esta información permite corroborar de manera porcentual las fluctuaciones de la misma donde, en los últimos cuatro meses, la actividad dominante han sido los eventos asociados con movimiento de fluidos de fuente persistente en el tiempo, tipo TRE.

Tabla 8. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL	NO CLASIFICABLES
01-oct-13 a 31-oct-13	56	21	103	4	184	1383
01-nov-13 a 30-nov-13	35	10	146	8	199	1286
01-dic-13 a 31-dic-13	18	12	86	9	125	962
01-ene-14 a 31-ene-14	11	18	161	7	197	1203

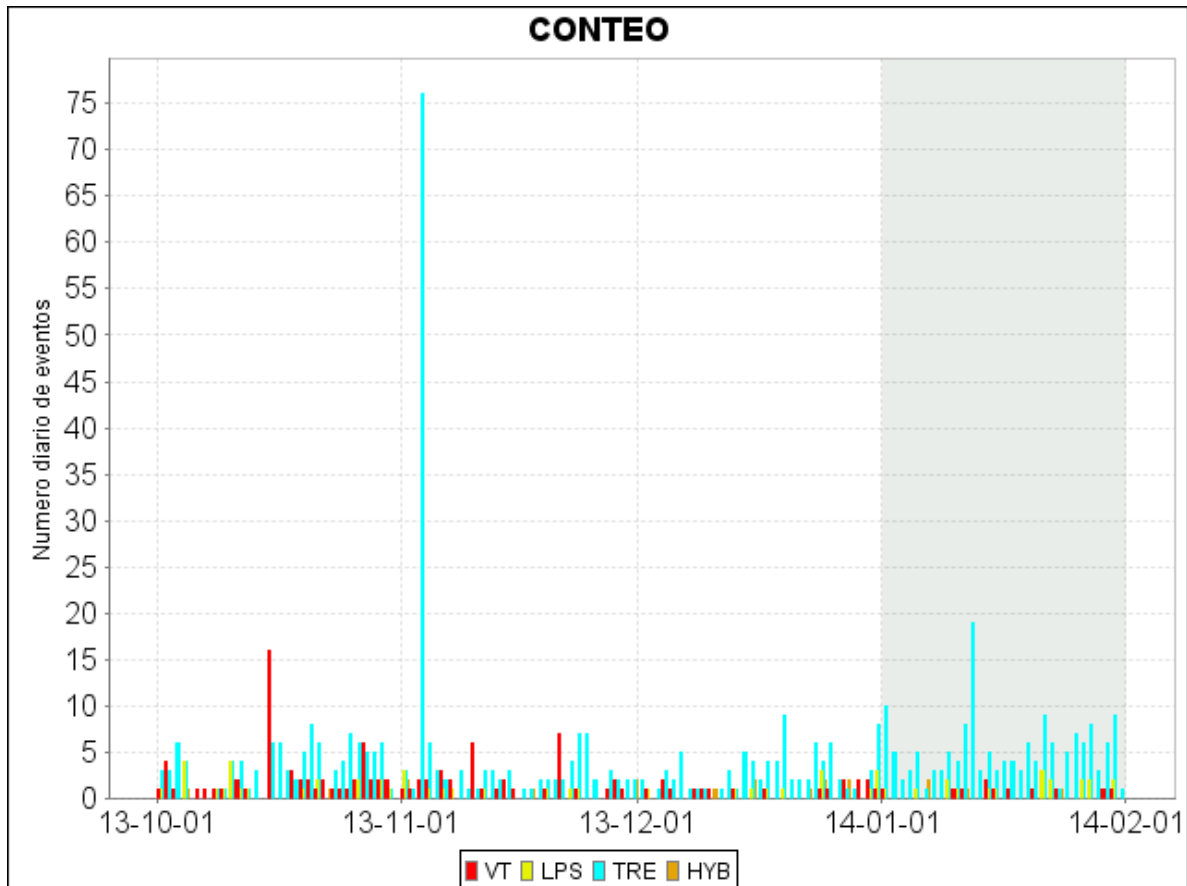


Figura 7. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Galeras, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

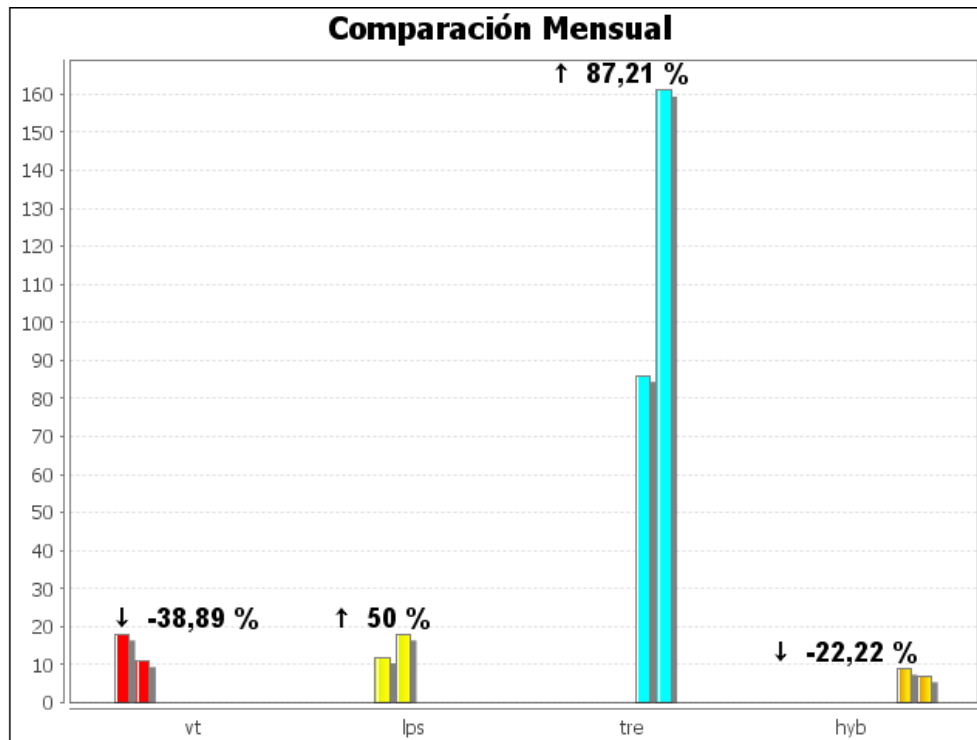


Figura 8. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos durante el mes de enero de 2014, con respecto al mes de diciembre de 2013.

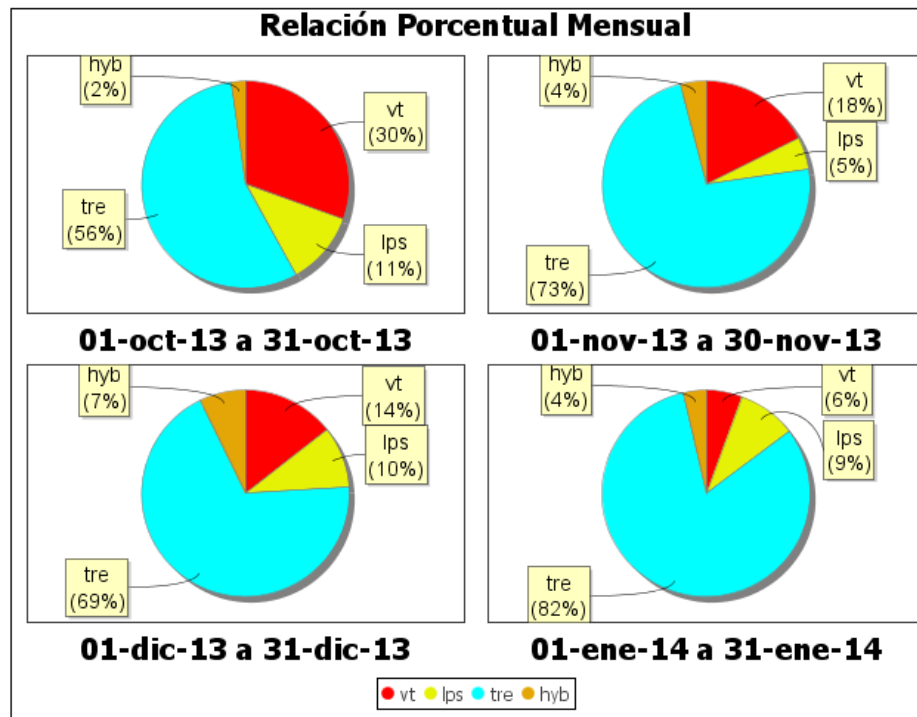


Figura 9. Relación porcentual para Galeras, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales.

El total de energía diaria liberada en el mes de enero, incrementó respecto al mes anterior; esto se reflejó principalmente en los eventos clasificados como VT (Tabla 9, Figuras 10 y 11). El mayor aporte energético provino de los eventos tipo VT (Tabla 9, Figura 12) con un 97% de la energía reportada.

Tabla 9. Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Galeras, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	Energía Liberada por tipo de evento [ergios]				
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL
01-oct-13 a 31-oct-13	1,62E+25	1,46E+15	3,02E+17	1,36E+13	1,62E+25
01-nov-13 a 30-nov-13	3,80E+25	5,43E+13	6,88E+15	4,69E+14	3,80E+26
01-dic-13 a 31-dic-13	1,08E+15	7,60E+13	1,08E+17	1,27E+14	1,28E+18
01-ene-14 a 31-ene-14	7,02E+20	4,75E+13	2,11E+17	2,71E+14	7,24E+20

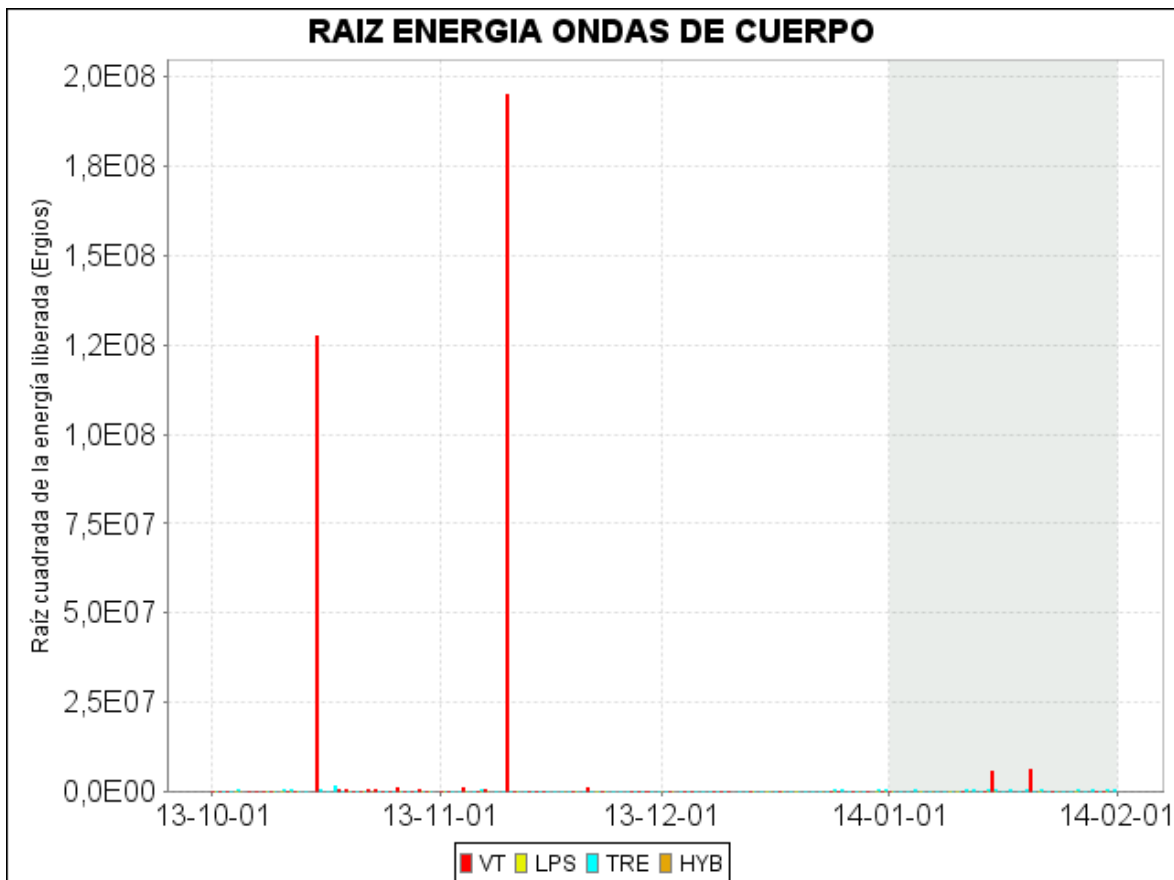


Figura 10. Energía diaria liberada por los eventos volcánicos ocurridos en Galeras entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. La ordenada se muestra en términos de la raíz cuadrada del valor de la energía en ergios.

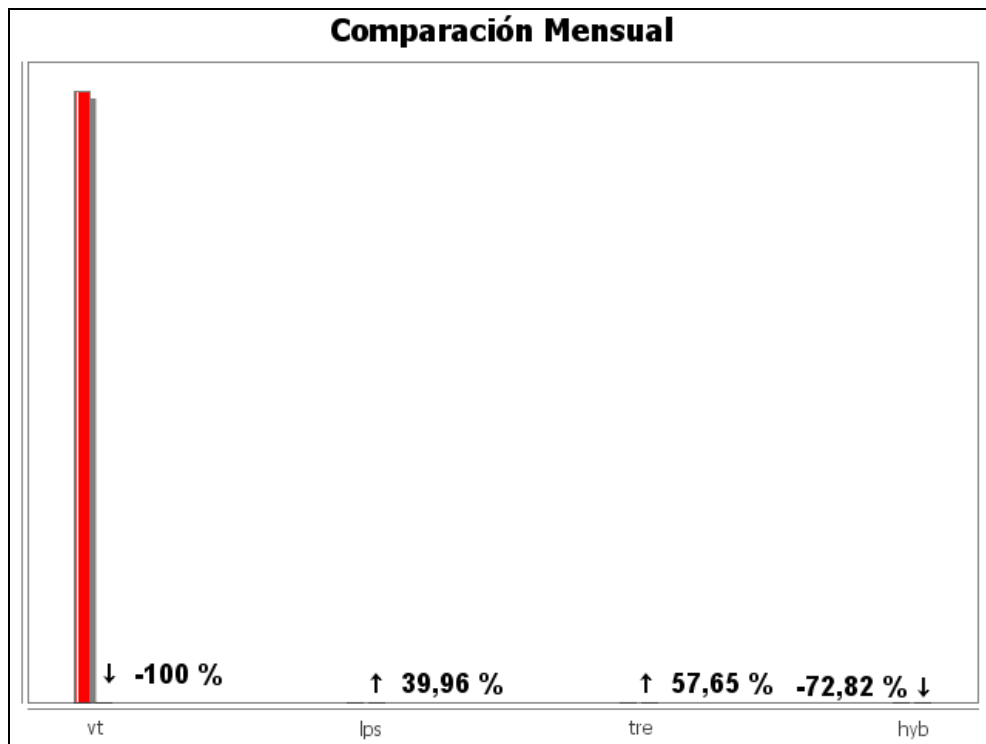


Figura 11. Relación porcentual para Galeras, que compara la energía diaria liberada de eventos por tipo ocurridos durante el mes de enero de 2014, con respecto al mes de diciembre de 2013.

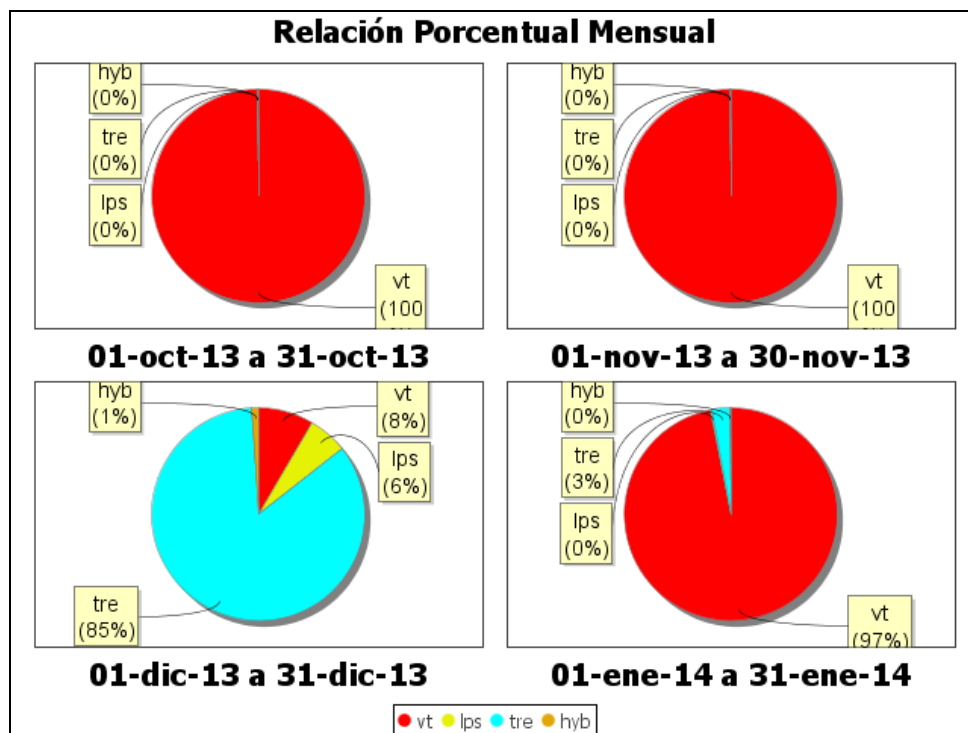


Figura 12. Relación porcentual de la energía sísmica liberada por los eventos de Galeras, registrados entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales.

Los días 11, 12, 13, 14, 29 y 30 de enero se presentaron eventos tipo TRE, que asociados con procesos de emisión de gases y cenizas, que se evidenciaron desde diversos sectores de la zona de influencia del volcán. A manera de ejemplo, se muestran algunas figuras en las cuales es posible apreciar el registro sísmico y su consecuente emisión de material particulado (Figuras 13, 14, 15 y 16).

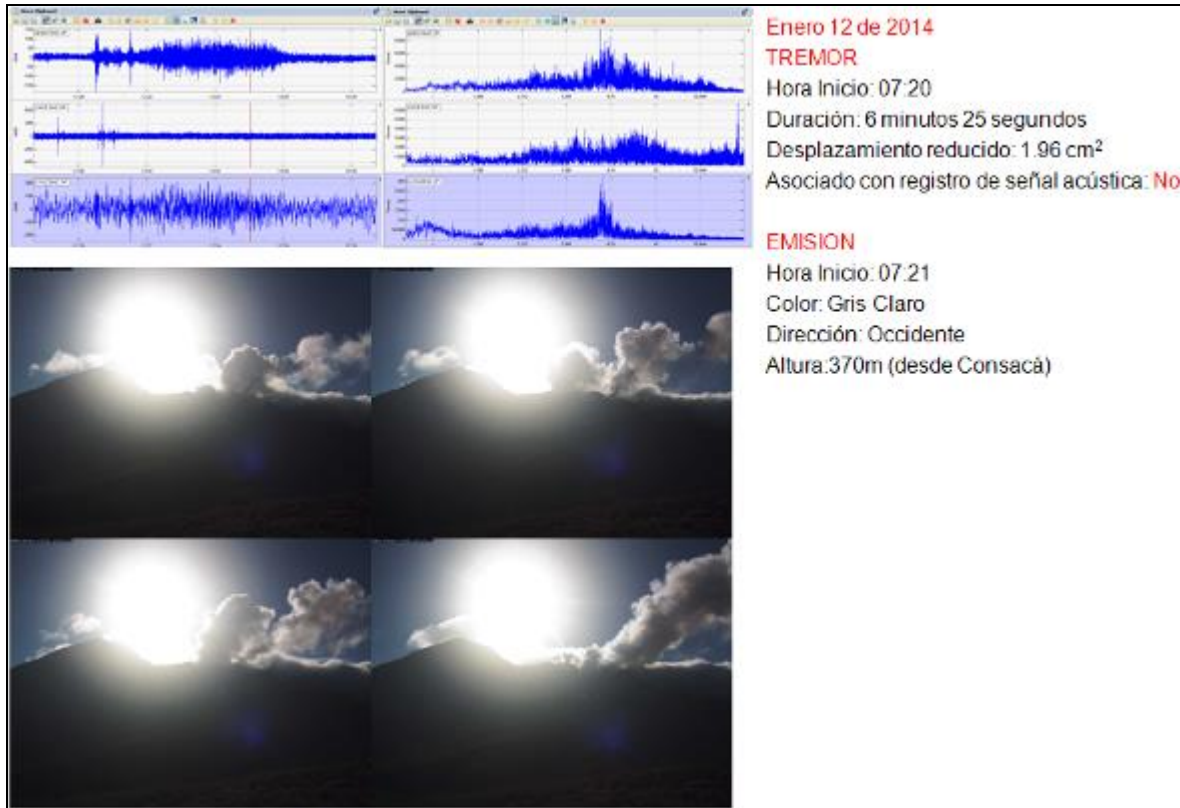


Figura 13. Sismogramas y espectros en frecuencia del TRE registrado el 12 de enero de 2014, a las 07:20 a.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.

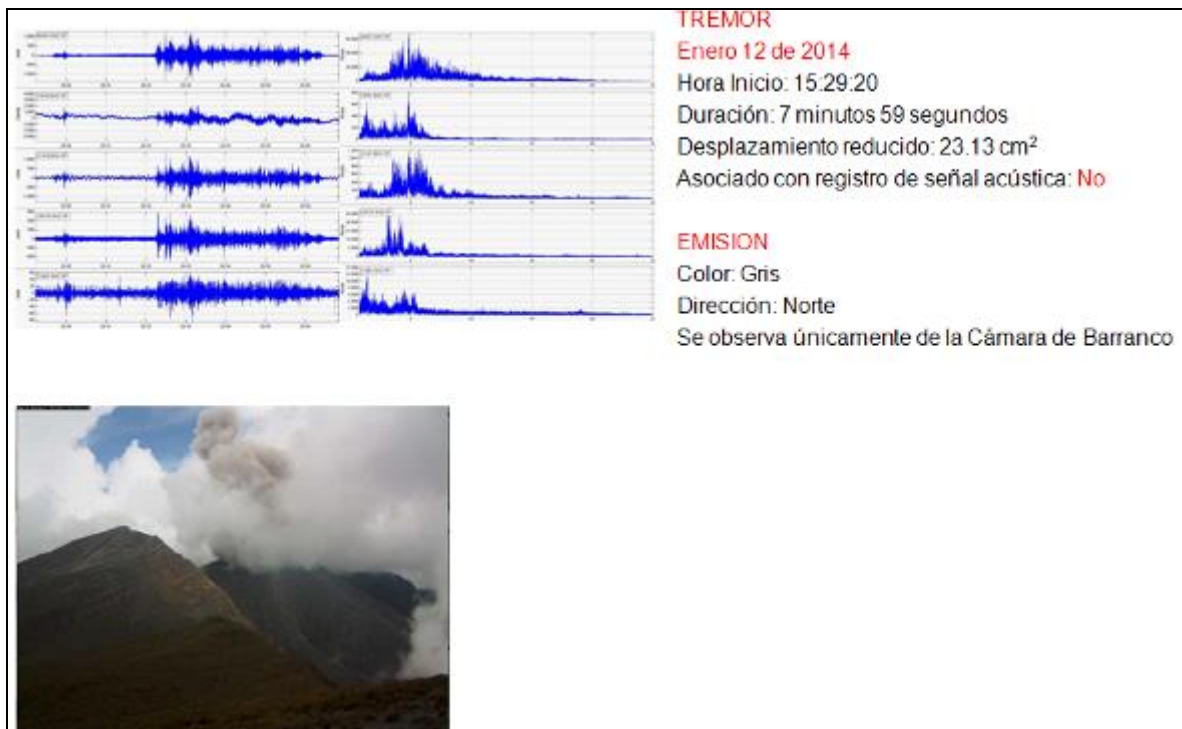


Figura 14. Sismogramas y espectros en frecuencia del TRE registrado el 12 de enero de 2014, a las 3:29 p.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.

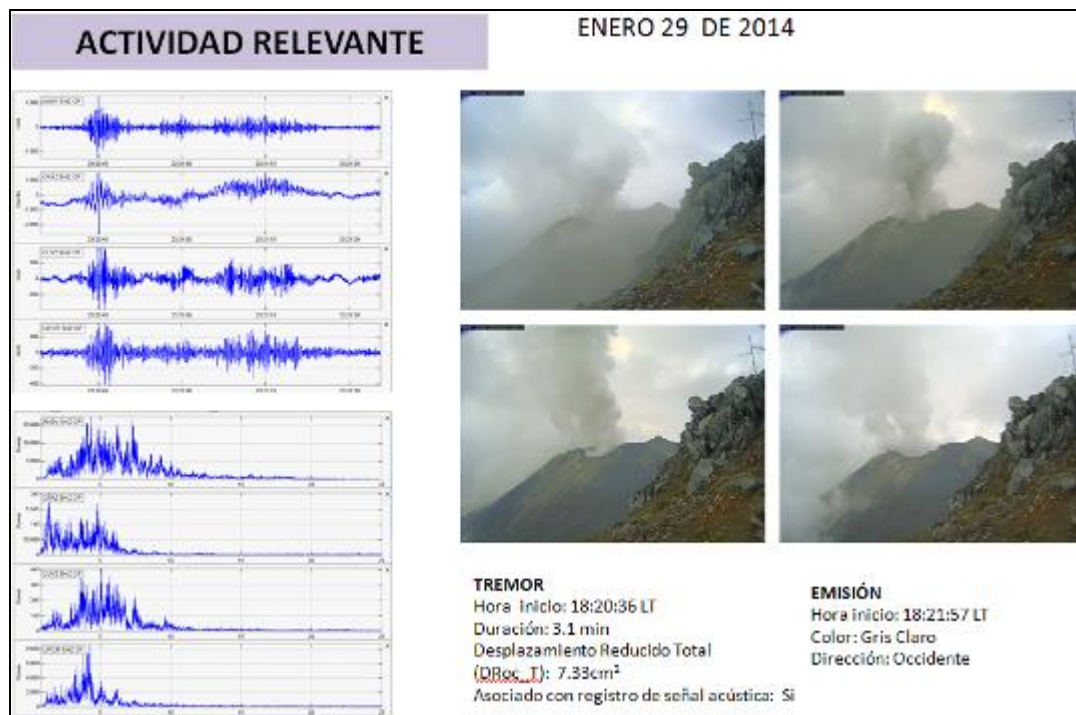


Figura 15. Sismogramas y espectros en frecuencia del TRE registrado el 29 de enero de 2014, a las 6:20 p.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.

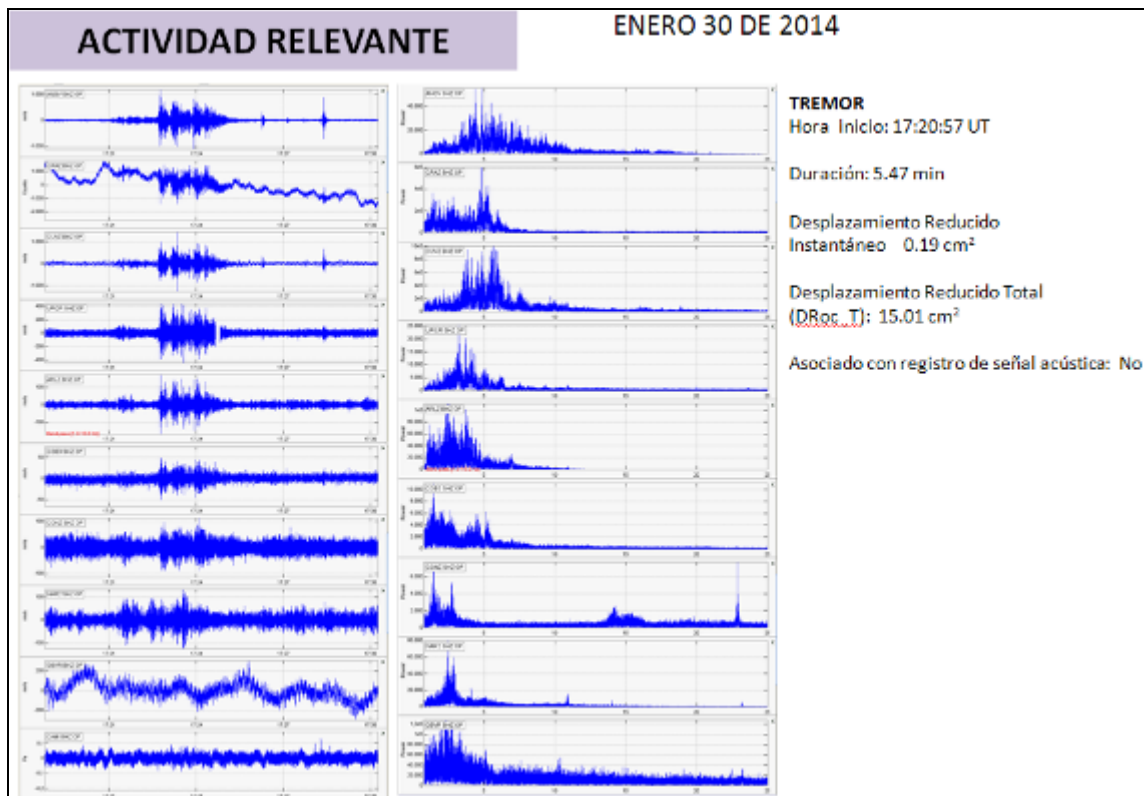


Figura 16. Sismogramas y espectros en frecuencia del TRE registrado el 30 de enero de 2014, a las 5:20 p.m., registro asociado a emisión de cenizas del volcán Galeras.

En cuanto a la sismicidad y haciendo referencia a los eventos relacionados con el fracturamiento de material cortical, eventos tipo VT e HYB, mediante el uso del programa HYP071, se localizaron un total de 20 sismos entre clasificables y no clasificables, 18 tipo VT y 2 HYB, (Figura 17) en la gráfica se puede apreciar que la mayoría de los sismos se presentan con una tendencia hacia el nororiente. Los eventos se ubicaron con distancias entre 0.25 Km y 9.26 Km del cono y con profundidades que oscilan entre 0.97 Km y 14.34 Km respecto a la cima.

Las magnitudes locales de los sismos localizados fluctuaron entre -0.2 y 2.4 en la escala de Richter, el 75% de los eventos tuvieron magnitudes menores a 1 en la escala de Richter.

En las Figuras 17 y 18, se muestran algunos parámetros de los sismos VT e HYB, como localizaciones y porcentajes de profundidad y magnitud local.

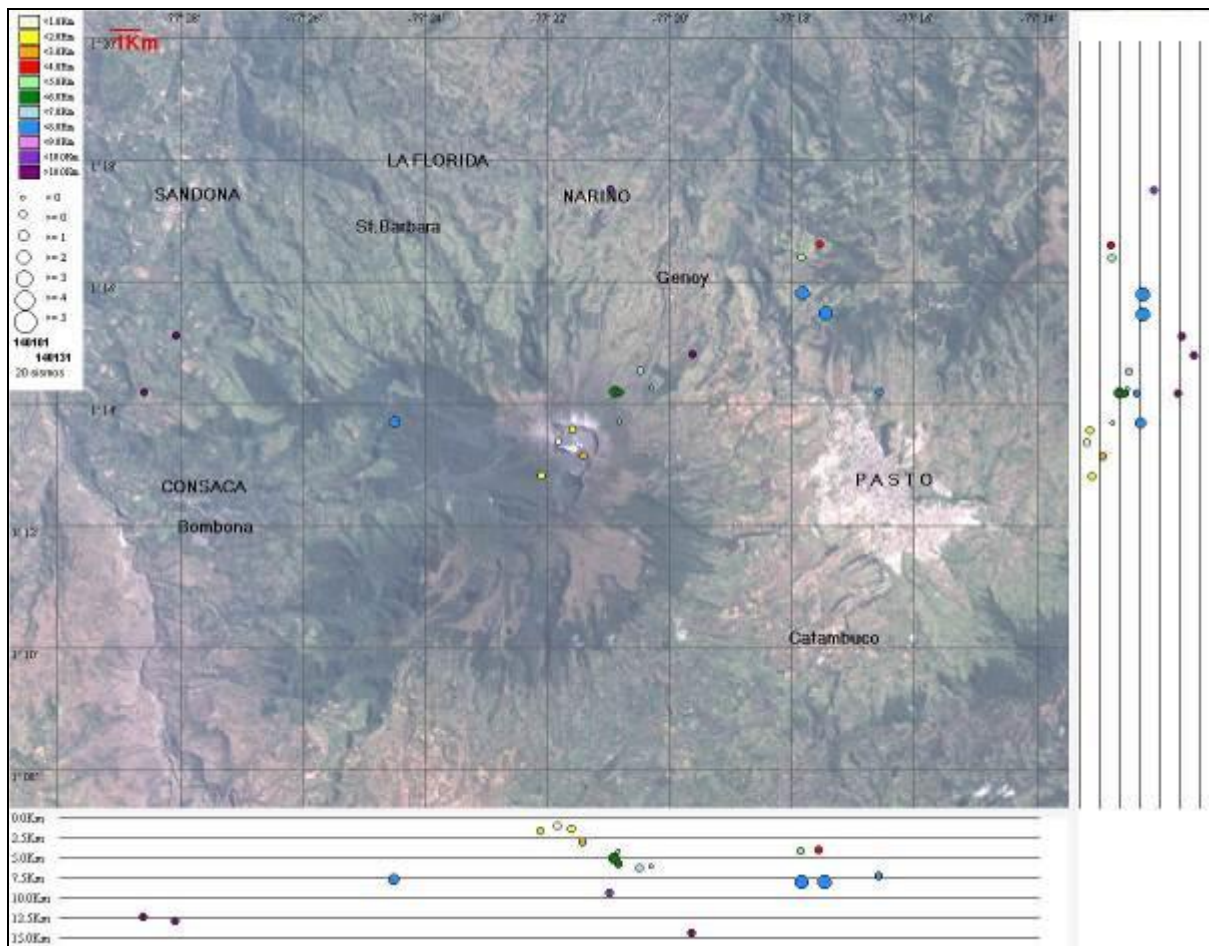


Figura 17. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de enero de 2014. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2.5 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4200 msnm).

1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

1.3.1. Inclínometría Electrónica

Durante el mes de enero de 2014 se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos: Cráter, Peladitos, Huairatola, Cobanegra, Calabozo, Urcunina, Cóndor y Arlés (Figuras 2 y 3).

Para el periodo evaluado, la componente Tangencial del inclinómetro Cráter (ubicado a 0.8 km al este del cráter principal y 4060 msnm), continuó con el comportamiento descendente presentado desde julio de 2013, con una variación de 350 μrad , mientras que la componente Radial persiste con la tendencia ascendente mostrada desde finales de octubre de 2013, acumulando cerca de 25 μrad (Figura 18). La componente Norte del inclinómetro Calabozo, continuó con su comportamiento ascendente que traía desde el 24 de septiembre de 2012, acumulando cerca de 150 μrad , de igual forma la componente Este continuó con la tendencia ascendente, la cual entre el 29 de septiembre de 2013 y enero de 2014 registro cerca de 50 μrad (Figura 19). En la componente Norte, el inclinómetro Cobanegra continuó registrando el comportamiento ascendente, registrado desde el 8 de octubre de 2013, acumulando hasta el 31 de enero de 2014, 258 μrad , la componente Este, mantuvo en este periodo una tendencia estable (Figura 20). Las componentes del inclinómetro Arlés mostraron, durante el periodo evaluado, comportamiento relativamente estable, (Figura 21). El inclinómetro Peladitos, registró estabilidad en sus componentes, con variaciones menores que pueden obedecer a las condiciones climáticas de la zona, (Figura 22). En el inclinómetro Urcunina, tanto la componente Norte como la Este mostraron estabilidad para el periodo evaluado (Figura 23). La componente Norte del inclinómetro Cóndor tuvo un comportamiento estable hasta finales de junio de 2013, posteriormente presentó un comportamiento ascendente que hasta enero de 2014, alcanzó alrededor de 520 μrad . Su componente Este mostró estabilidad durante el periodo evaluado (Figura 24).

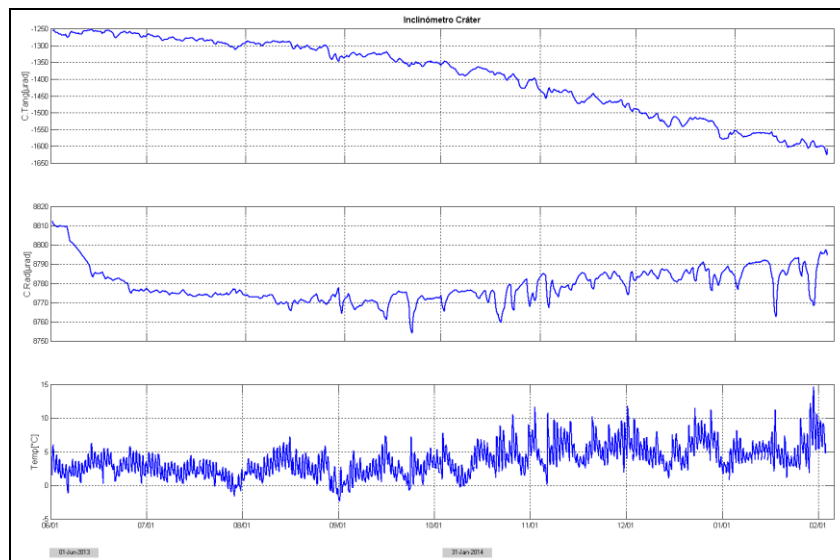


Figura 18. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cráter, instalado en Galeras para el periodo comprendido entre junio de 2013 y enero de 2014.

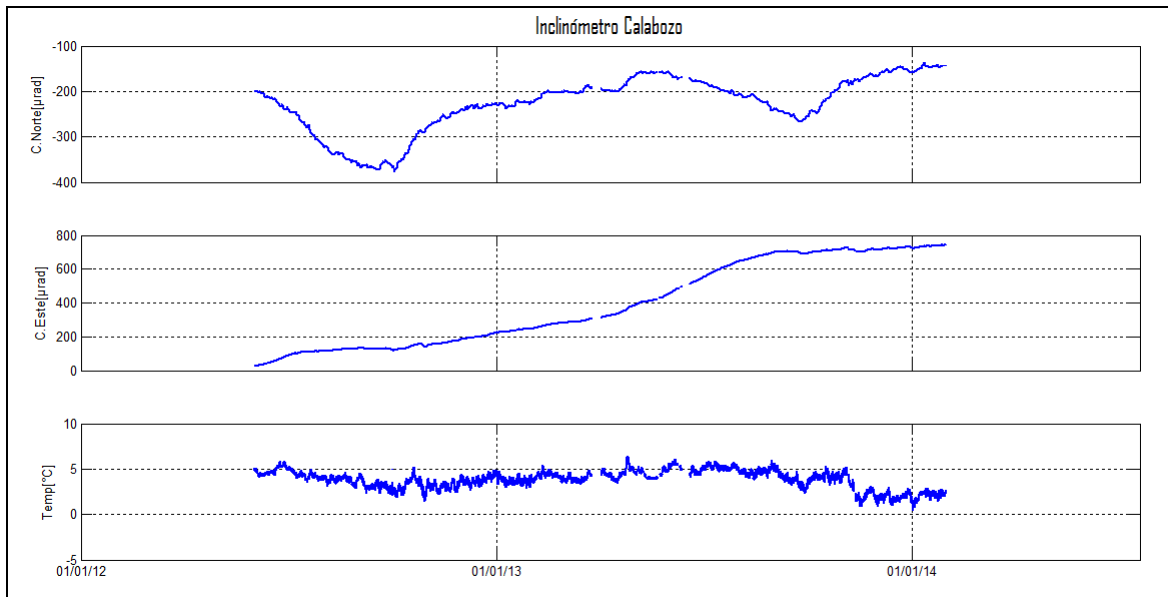


Figura 19. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2012 y el 31 de enero de 2014.

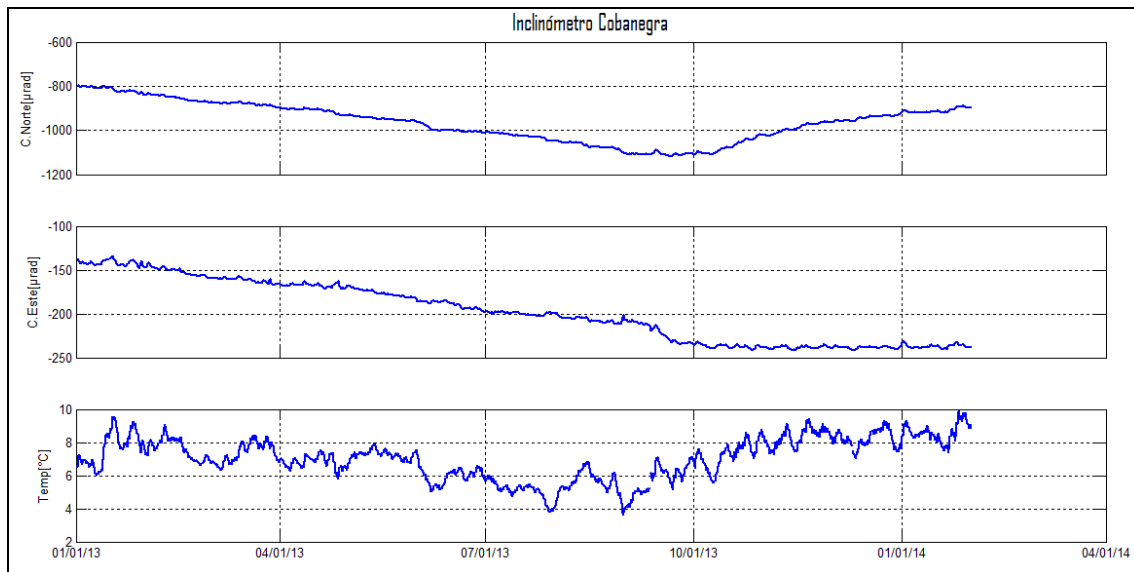


Figura 20. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de enero de 2014.

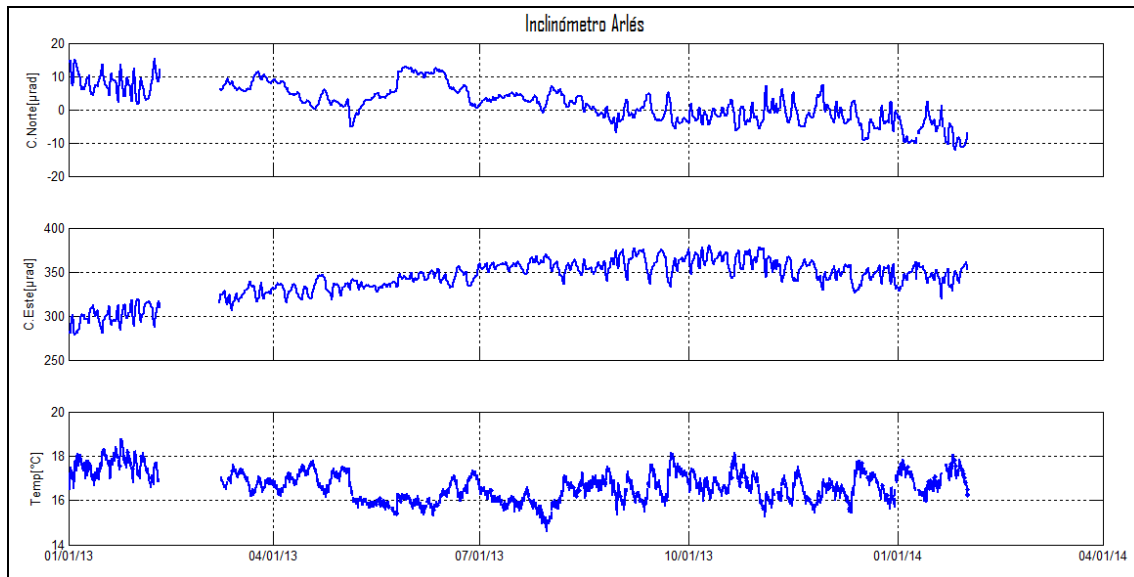


Figura 21 Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 al 31 de enero de 2014.

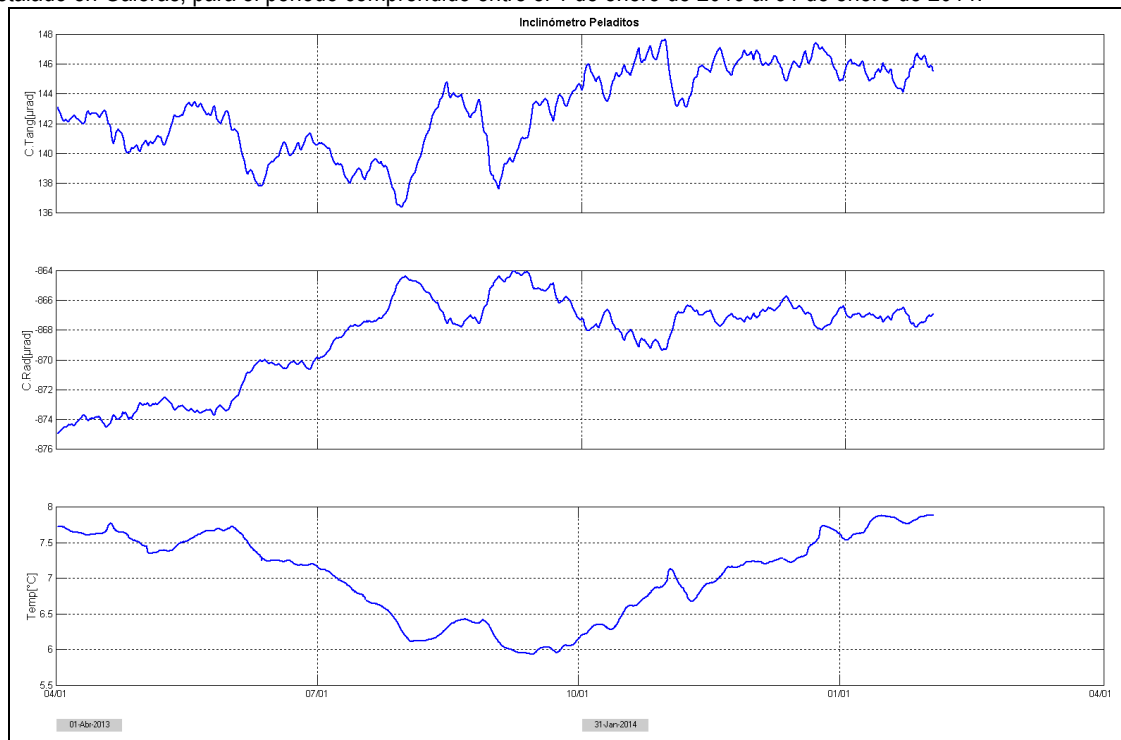


Figura 22. Componentes de inclinación Radial y Tangencial, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.

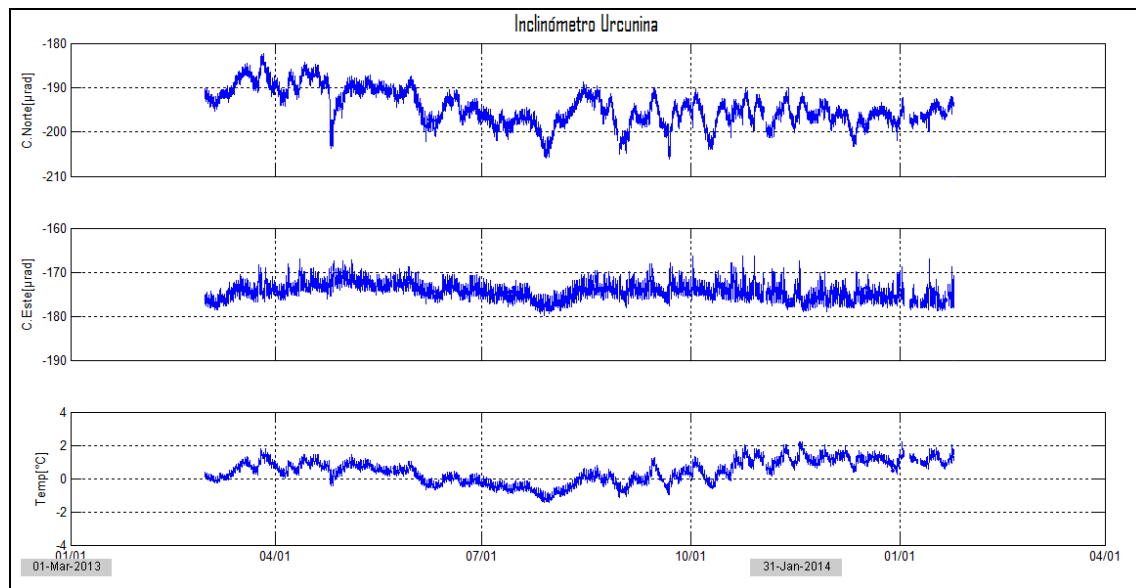


Figura 23. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de marzo de 2013 y el 31 de enero de 2014.

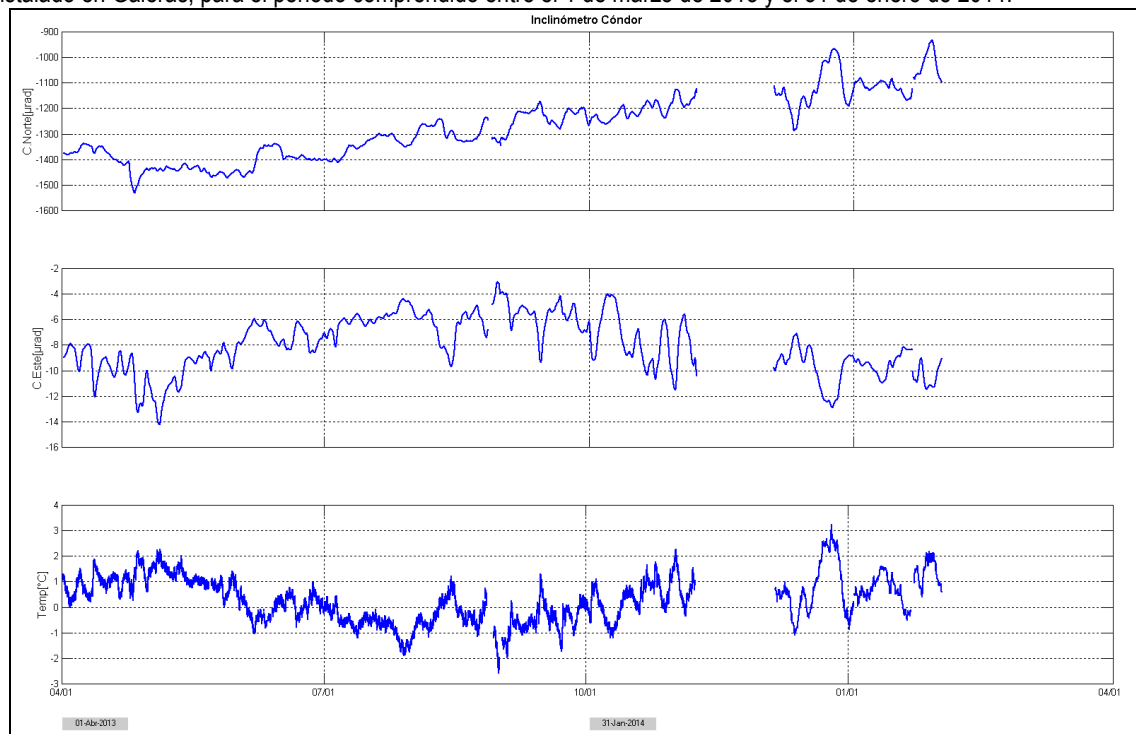


Figura 24. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), y del sensor de temperatura, del inclinómetro Córdor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.

Entre mayo y diciembre de 2013, la componente Tangencial del inclinómetro Huairatola, no funcionó adecuadamente, muy probablemente por problemas en la tarjeta digitalizadora. Una vez solucionado el inconveniente se observó estabilidad en esta componente, y de igual forma en la componente Radial (Figura 25).

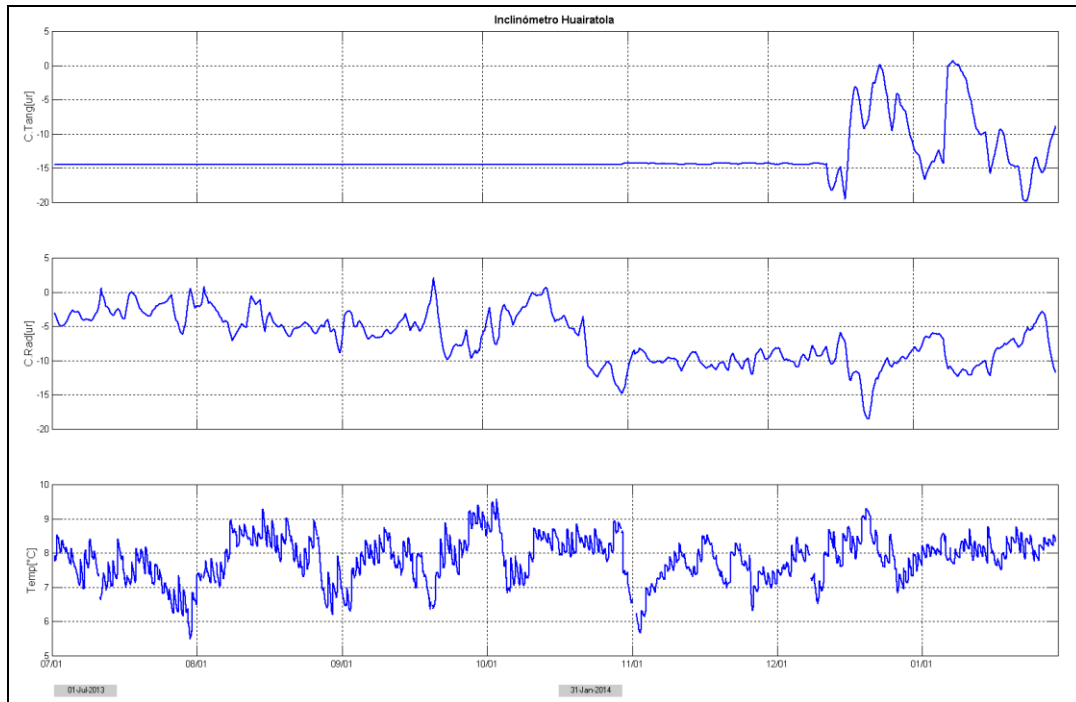


Figura 25. Componentes de inclinación Radial y Tangencial del inclinómetro Huairatola, y del sensor de temperatura, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2013 y el 31 de enero de 2014.

En la Figura 26, se muestra la orientación y magnitud del vector resultante, teniendo en cuenta el cambio de tendencia en el inclinómetro Calabozo, entre el 23 de septiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014, algunos sensores muestran procesos de deformación deflacionarios, como Cráter, Urcunina, Cobanegra y Calabozo, e inflacionarios como Cóndor. No se observa con claridad un punto de intersección de los vectores que indiquen una zona de inflación o deflación específica.

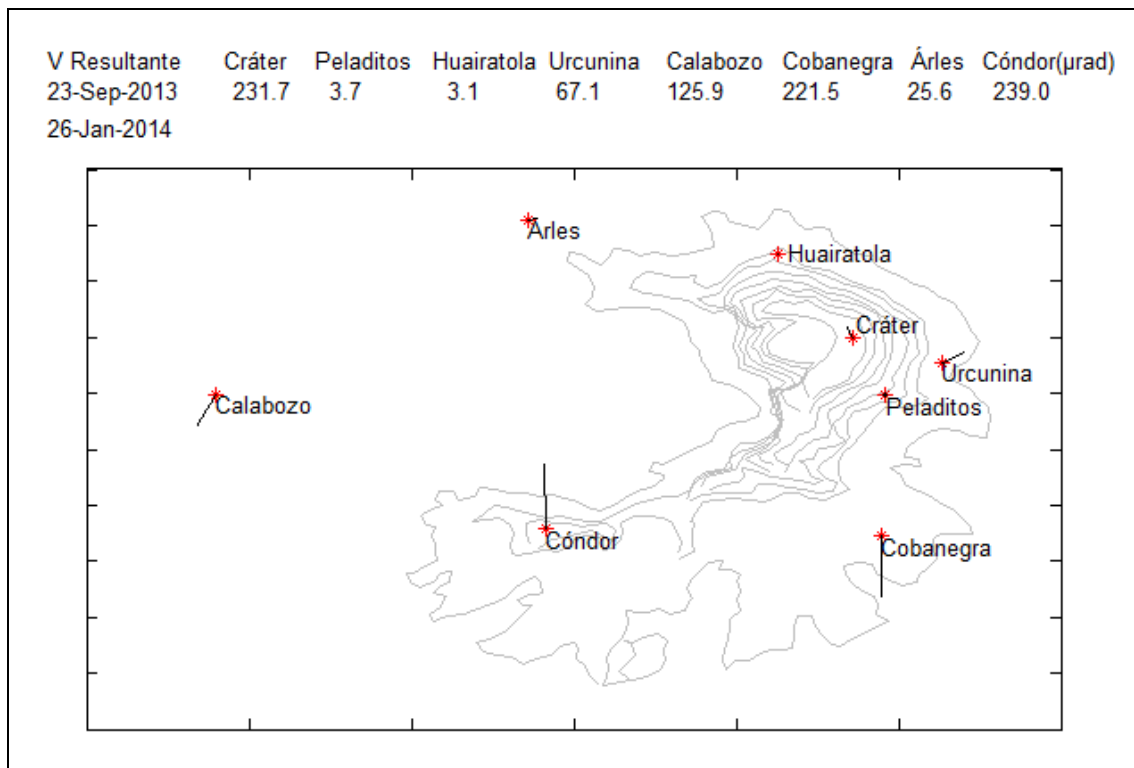


Figura 26. Orientación y magnitud del Vector resultante de los inclinómetros instalados en Galeras, periodo tomado teniendo en cuenta el cambio mostrado por el inclinómetro Calabozo.

1.3.2. Estaciones GNSS permanentes

En enero de 2014 se contó con cuatro estaciones receptoras GNSS permanentes.

Para el análisis se contempló inicialmente un procesamiento diferencial de la información suministrada por estas estaciones considerando como estación de referencia, QUIL ubicada fuera del edificio volcánico de Galeras, en el aeropuerto Antonio Nariño a 20.6 km de distancia respecto al cráter, esto en cooperación con el Proyecto Geored, del Servicio Geológico Colombiano. La figura 27 localiza las estaciones respecto al GNSS QUIL y la orientación del vector resultante, teniendo en cuenta las variaciones en la posición de las estaciones Cráter, Barranco, San Cayetano y Cóndor. Las estaciones se encuentran en un proceso de estabilización con respecto al nivel base y se requiere un tiempo de aproximadamente 2.5 años a partir de su instalación para la estabilidad del equipo. La estación San Cayetano, se instaló en octubre de 2012, Cráter y Barranco en agosto y octubre de 2011 respectivamente y Cóndor se reinstaló el 4 de septiembre de 2013, luego de haber sido objeto de saqueo el 20 de mayo de 2013.

La figura 28 presenta las variaciones de la posición del GNSS San Cayetano en las componentes Norte, Este y Altura. Con respecto al comportamiento de las variaciones en la posición de las estaciones GNSS Cráter, Barranco y Cóndor, donde se observan cambios del orden de los milímetros, estos cambios podrían estar asociados con el proceso de estabilización de la estación (Figuras 29, 30 y 31); sin embargo, las variaciones observadas en la red de GNSS de Galeras

coinciden con actividad solar incrementada debido al ciclo solar que se encuentra en una fase de inversión de polos que sucede cada 11 años. Esto se observó a mediados de julio y casi todo el mes de octubre y diciembre de 2013. Durante el proceso, las tormentas solares se intensifican provocando fenómenos tan dispares como las coloridas auroras boreales o interferencias en los sistemas electrónicos de los satélites. Por otro lado, la velocidad del viento aumenta desde los 300 km/s a más de 1000 km/s, afectando la trayectoria de los satélites, lo cual se ve reflejado en los registros de las estaciones GNSS.

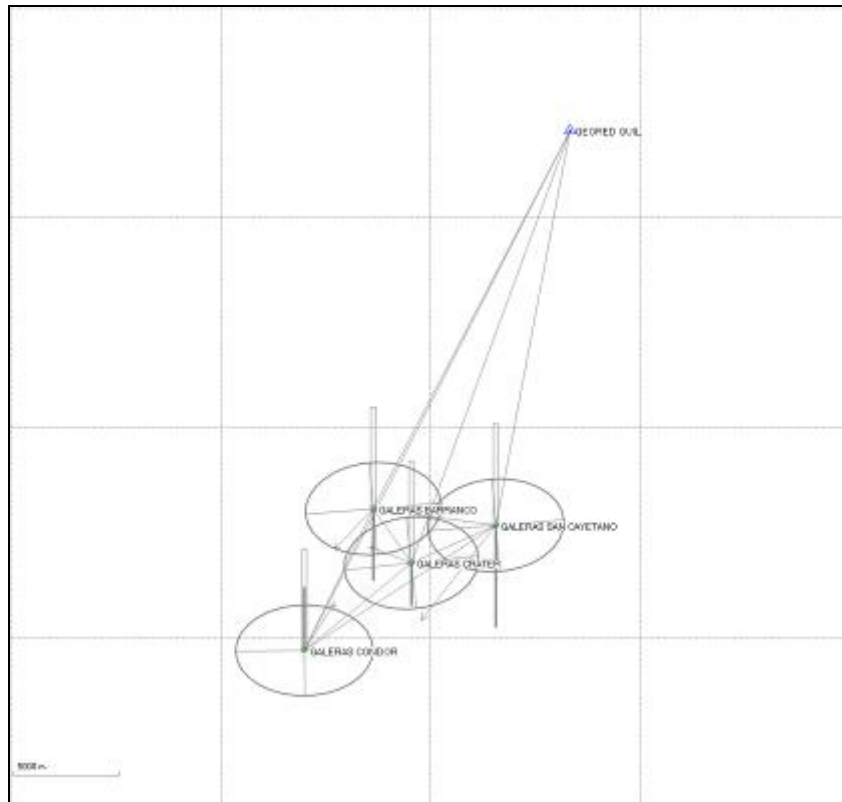


Figura 27. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras (circunferencias) respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño (triángulo azul) y orientación de los vectores resultantes de deformación para cada estación (flechas). Las elipses representan los márgenes de error de cada estación.

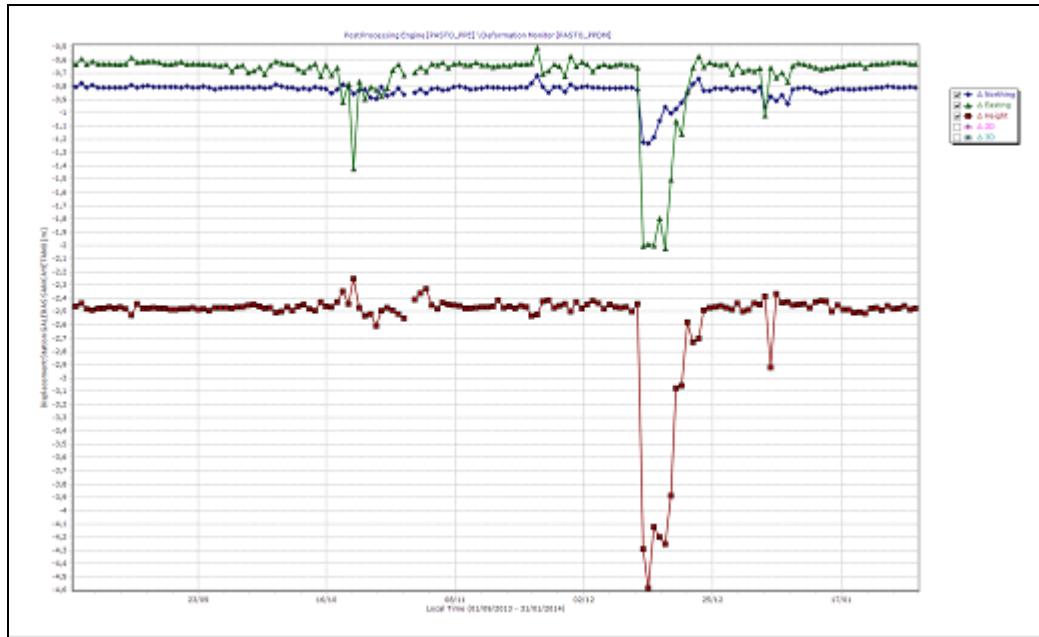


Figura 28. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.



Figura 29. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.

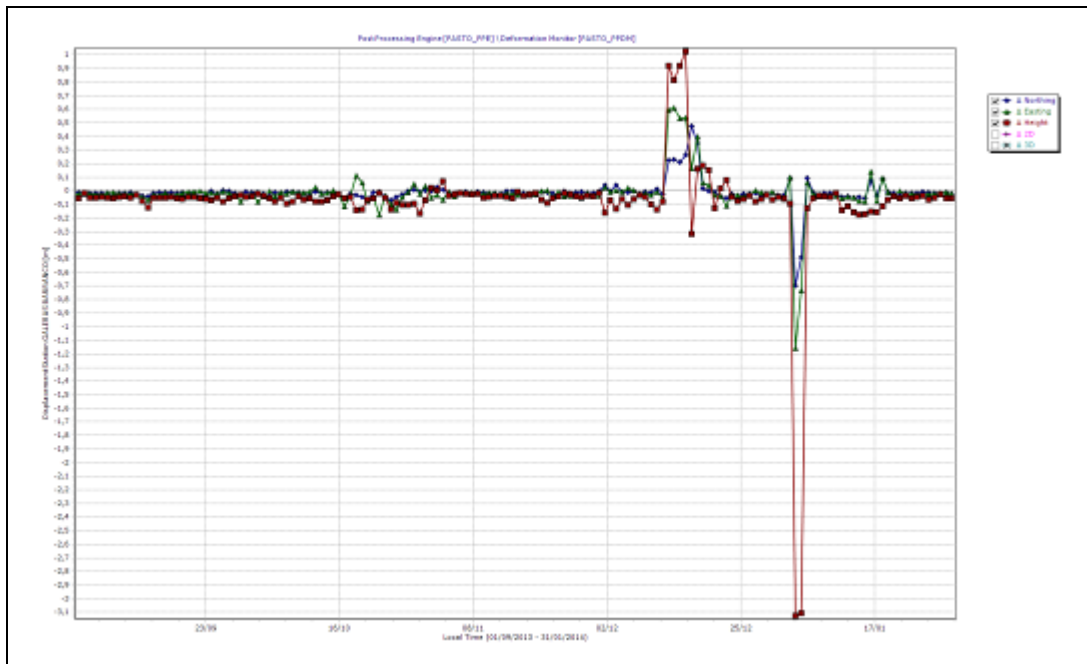


Figura 30. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.

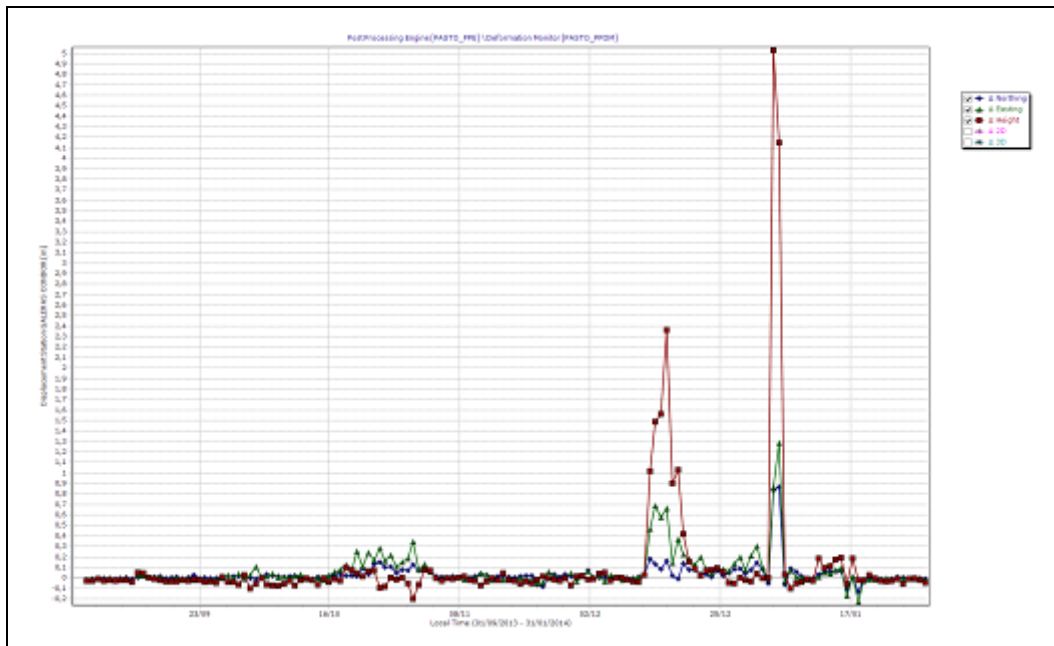


Figura 31. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.

1.4. Electromagnetismo

Variaciones Magnéticas y Eléctricas en Galeras.

Desde mediados de 2010, se cuenta con dos estaciones para el monitoreo continuo de las variaciones electromagnéticas asociadas con la actividad del volcán Galeras. Estas dos estaciones se ubican en la parte alta del volcán, a 2,7 km al oriente del cráter volcánico y se conoce con el nombre de Frailejón. Adicionalmente, el 22 de marzo y 20 de junio de 2013 se instalaron sistemas de medición de variación de Campo magnético y eléctrico respectivamente en el sector denominado Barranco (EM Barranco), ubicada aproximadamente a 2 km al noroccidente de Galeras. El 18 de julio se instaló una tercera estación de monitoreo magnético, denominada M-Cráter, que cuenta con un sensor para la medición de variación de campo magnético. Esta estación se ubica a 1,9 km al sur-suroriente del cráter.

La figura 32 muestra las variaciones temporales en el campo magnético de la estación EM Frailejón. Esta estación, ha tenido registros importantes con otros periodos de actividad de Galeras, asociados principalmente con procesos de cambios de presión y fracturamiento de roca del edificio volcánico. Para el periodo comprendido entre mayo de 2012 y diciembre de 2013 la componente vertical del campo magnético presenta una variación de 205 nT, mostrando un comportamiento ascendente en su tendencia. Por su parte la componente Norte presenta a lo largo de este periodo una relativa estabilidad, con variaciones de alrededor de 25.875 nT. La componente Este muestra a partir de septiembre de 2012, un comportamiento ascendente, acumulando hasta abril de 2013 una variación cercana los 200 nT; a partir de mayo y hasta finalizar el año tuvo un comportamiento descendente con una variación de 50 nT.

Con relación al monitoreo de las variaciones de campo eléctrico, registradas por la estación de Frailejón, la componente Norte, muestra un comportamiento ascendente con una variación acumulada de 32.500 mV/m para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2012 y el 31 de diciembre de 2013. La componente Este, mostró un comportamiento ascendente, acumulando una variación de aproximadamente 45.000 mV/m para el mismo periodo de tiempo (Figura 33.). Entre finales del mes de marzo y abril de 2013, se observa una variación descendente en las dos componentes, que posiblemente pueda estar asociado con el incremento en las lluvias durante este periodo de tiempo.

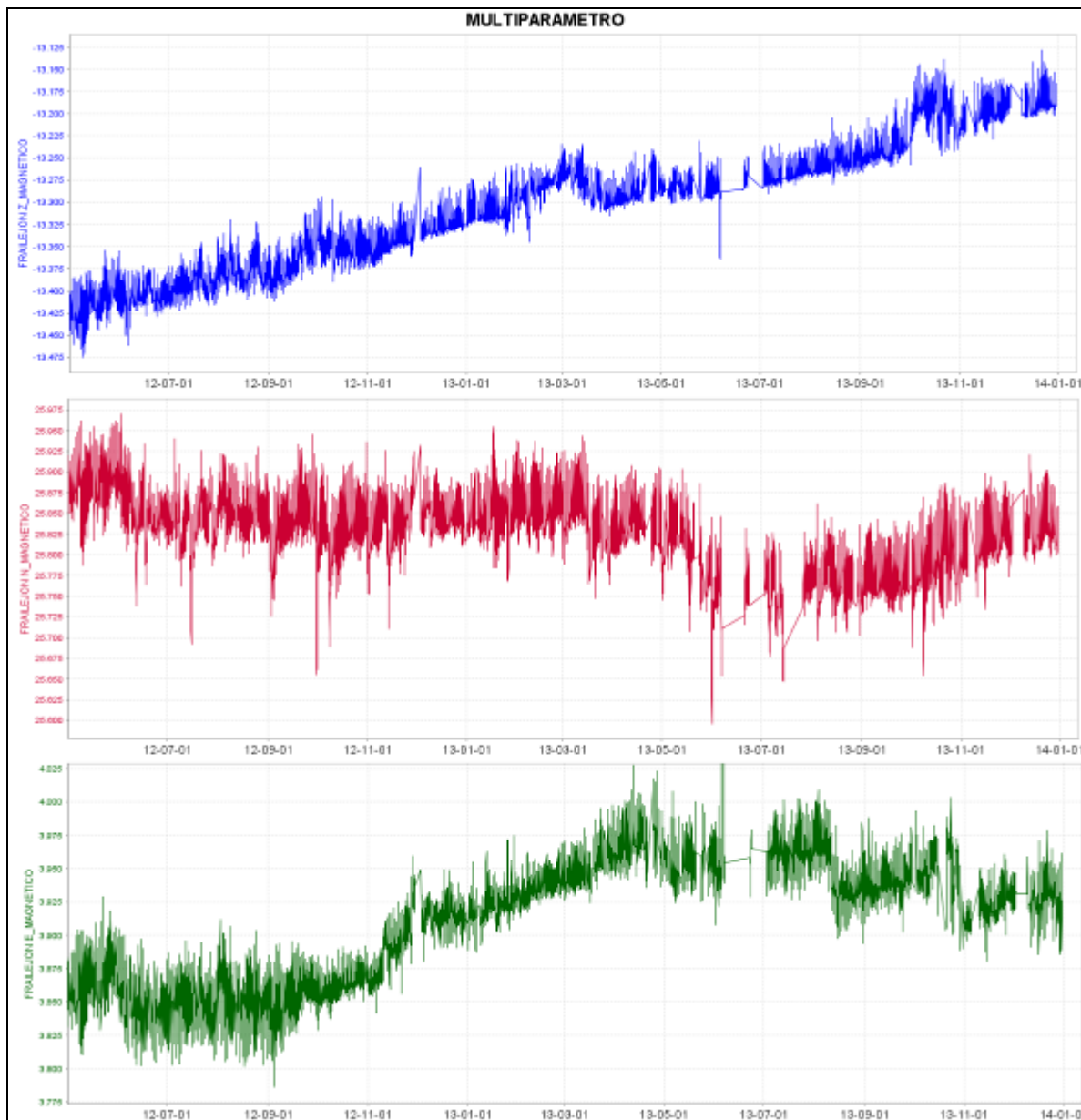


Figura 32. Comportamiento de las tres componentes del campo magnético en el sector de Frailejón para el periodo comprendido entre mayo de 2012 y diciembre de 2013.

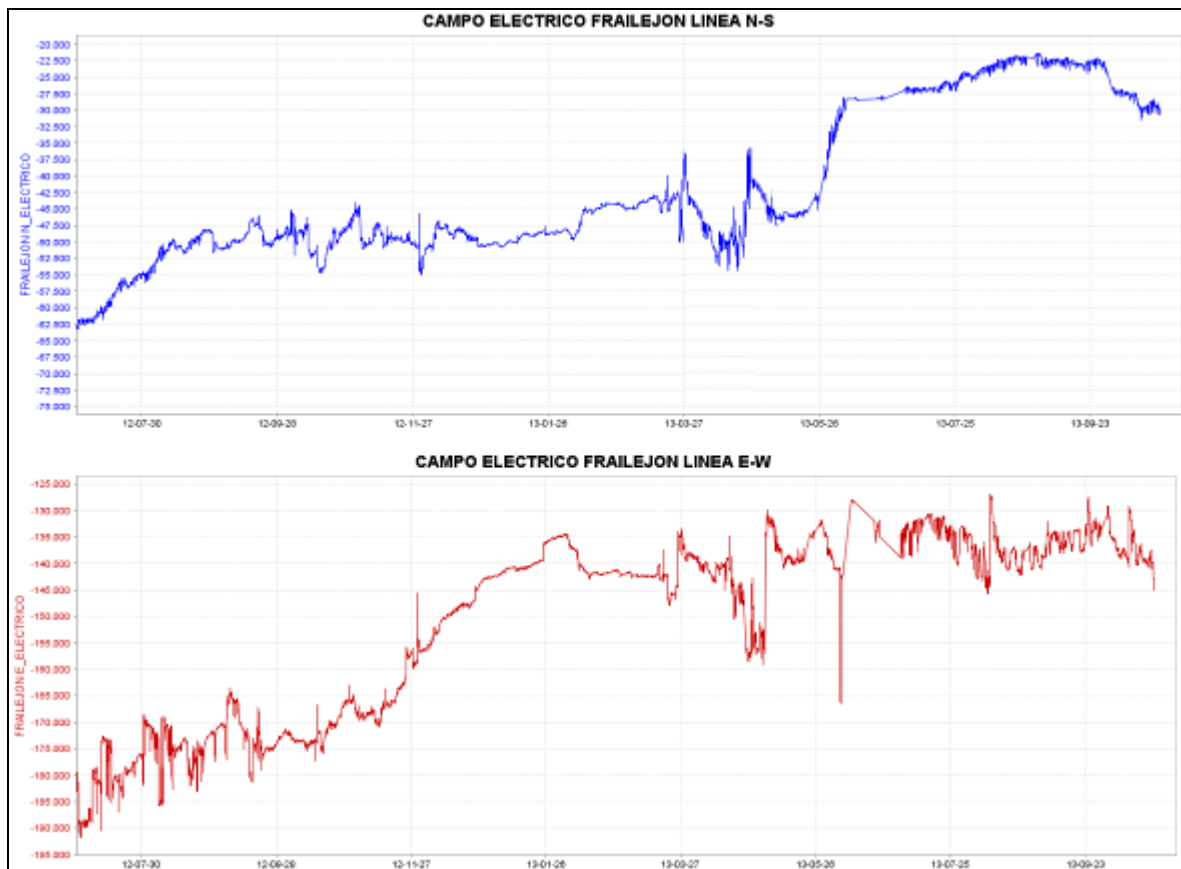


Figura 33. Comportamiento de las componentes Norte y Este del campo eléctrico, en el sector de Frailejón entre el 1 de julio de 2012 y el 31 de diciembre de 2013.

Las estaciones EM Barranco y EM Cráter se encuentran en un proceso de estabilización con respecto al nivel base y se requiere de cierto tiempo para tener una línea base de seguimiento, por tanto no se muestra gráficamente dicho comportamiento.

En las gráficas que representan el comportamiento del campo magnético se observaron ciclos de oscilaciones día-noche debidos a las variaciones de radiación solar, junto con fluctuaciones más esporádicas de baja magnitud, asociadas con perturbaciones temporales en la magnetosfera terrestre (causadas posiblemente por eyecciones de masa coronal del Sol).

Con relación a las mediciones de potenciales espontáneos, en las tres estaciones dispuestas para este tipo de mediciones, ubicadas en el margen de la vía de ascenso a la cima volcánica, y son: Lavas, ubicada aproximadamente a 4,1 km al E del cráter volcánico, Peladitos ubicada a 1,3 km al E del cráter y la estación denominada La Y a 0,9 km al E. Estas mediciones muestran variaciones por debajo de los 40 mV, valores que se asocian con condiciones de estabilidad de este parámetro y que se asocian mas a cambios debidos a condiciones locales,

donde se encuentran ubicadas las estaciones, que puede ser por las lluvias (Figuras 34, 35 y 36).

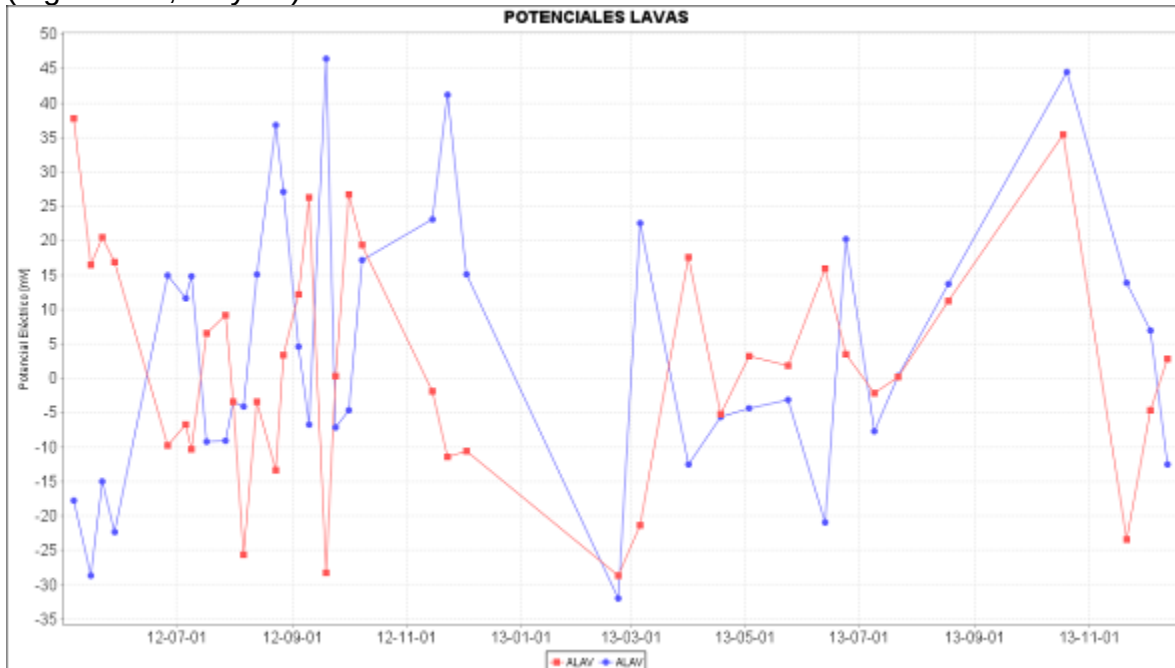


Figura 34. Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación Lavas para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2012 y el 13 de diciembre de 2013. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente EW y los azules en la componente NS.

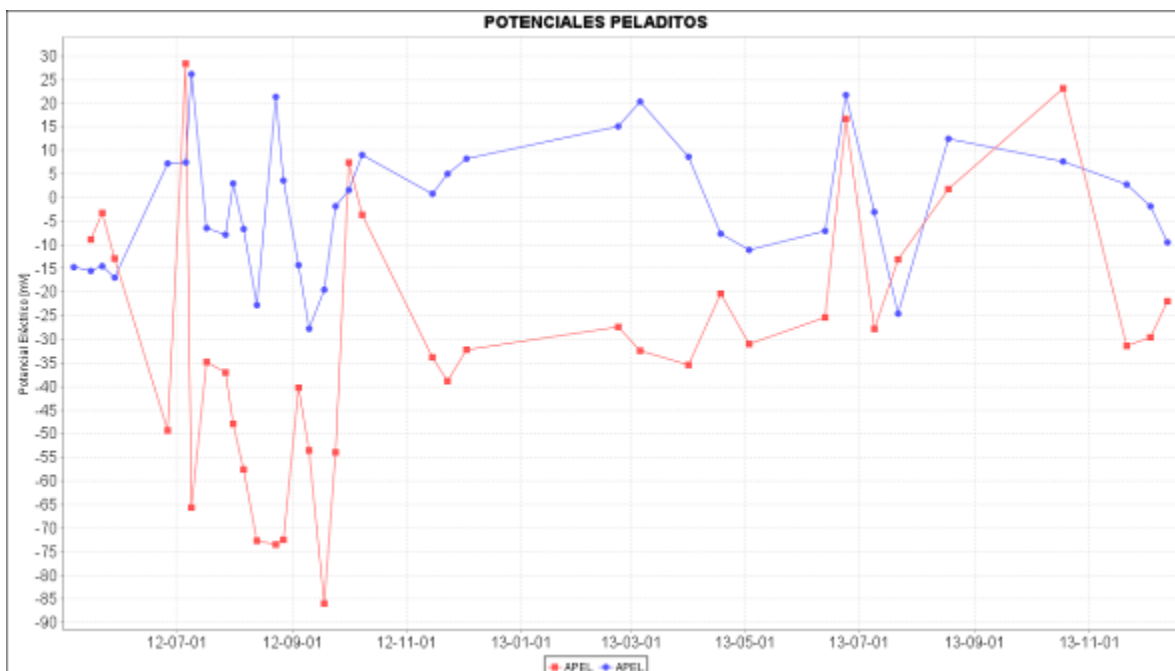


Figura 35. Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación Peladitos para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2012 y el 13 de diciembre de 2013. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente NS y los azules en la componente EW.

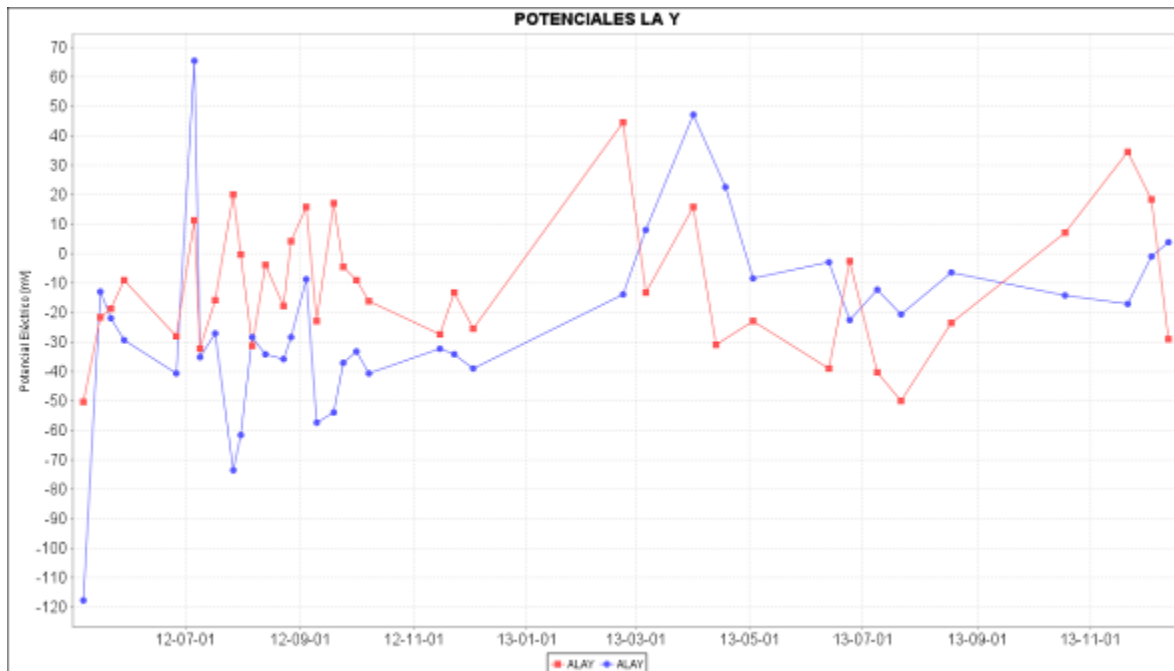


Figura 36. Variaciones del Campo Eléctrico espontáneo en la estación La Y para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2012 y el 13 de diciembre de 2013. Los puntos rojos hacen referencia a las medidas realizadas en la componente NS y los azules en la componente EW.

1.5. GEOQUÍMICA MUESTREO DE GASES DE ORIGEN VOLCÁNICO EN VOLCÁN GALERAS.

Durante el mes de enero de 2014, las estaciones de ScanDOAS registraron 16 plumas de dióxido de azufre (SO_2), con valores dentro del rango de bajo a moderados para Galeras. El valor máximo de flujo de SO_2 fue de 520 Ton/día, el 2 de enero de 2014.

En cuanto al flujo de gas radón (Rn-222) monitoreado en las estaciones correspondientes a las líneas de Galeras y Barranco, se alcanzó una concentración máxima de 2317 PCi/L, en la estación BAR 03 entre el periodo entre el 21 y 30 de enero, éstas emisiones se consideran dentro de un moderado rango de actividad de radón para Galeras. Entre las causas que pueden generar disminución en la concentración de gas radón estaría la migración de aguas subterráneas a la superficie, disolviendo el radón 226 en ella antes de desintegrarse a Rn-222 ; además, de otros canales de permeabilidad que muestran una distribución superficial errática del sistema. Mientras que las altas concentraciones pueden estar dirigidas por mecanismos de difusión del radón a través de fallas, fracturas, microfracturas y fisuras en el sistema.

1.5.1. Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO_2) a la atmósfera-Estaciones SCANDOAS

En el volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones telemétricas de ScanDOAS (Figura 37): Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para la captura de moléculas de dióxido de azufre

(SO₂), partículas provenientes de la desgasificación del magma en el reservorio profundo del volcán (Tabla 10).

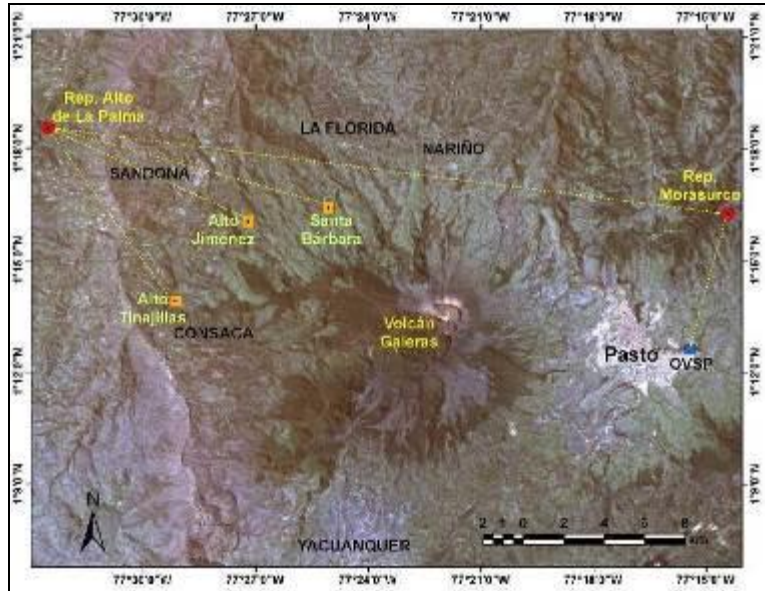


Figura 37. Mapa de localización de las estaciones telemétricas SCANDOAS del proyecto NOVAC para el monitoreo de emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂). Las líneas punteadas en amarillo muestran el radio enlace utilizado para la transmisión de la información hasta la sede del OVSP.

El ScanDOAS es un sistema de espectroscopia de absorción UV que funciona mediante absorción óptica diferencial, diseñado para medir la emisión de gas SO₂, convirtiendo la luz ultravioleta detectada en señales digitales, éstas señales son el espectro para la evaluación del gas. (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-003).

Tabla 10. Ubicación Geográfica estaciones SCANDOAS en Volcán Galeras

Nombre Estación	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Alto Jiménez	Telemétrica	1° 15' 52.1"	77° 27' 00.0"	2402
Alto Tinajillas	Telemétrica	1° 13' 44.8"	77° 28' 56.0"	1952
Santa Bárbara	Telemétrica	1° 16' 14"	77° 24' 50"	2608

Se obtuvieron escaneos durante todos los días del mes de enero. Los valores de escaneos estimados para presencia de pluma de dióxido de azufre (SO₂) en la atmósfera, obtenido de las estaciones Alto Jiménez y Santa Bárbara, oscilaron entre 15 Ton/día para el 25 de enero hasta 520 Ton/día para el 2 de enero, valores considerados como bajos a moderados para Galeras (Figura 38, Tabla 11).

La figura 39 registra los valores de flujo de SO₂, velocidad y dirección del viento, evidenciando la continuidad del proceso de desgasificación de Galeras, comparado con meses anteriores. Además existe una relación directa con estas dos últimas variables y la cantidad de partículas de SO₂ calculadas para el flujo total en el mes de febrero, encontrando que el mayor valor (520 Ton/día) para este mes corresponde al máximo valor de velocidad (39 km/s).

Para este periodo se siguen presentando procesos de desgasificación en Galeras, alcanzando para el 2 de enero el valor más alto de flujo de SO_2 .

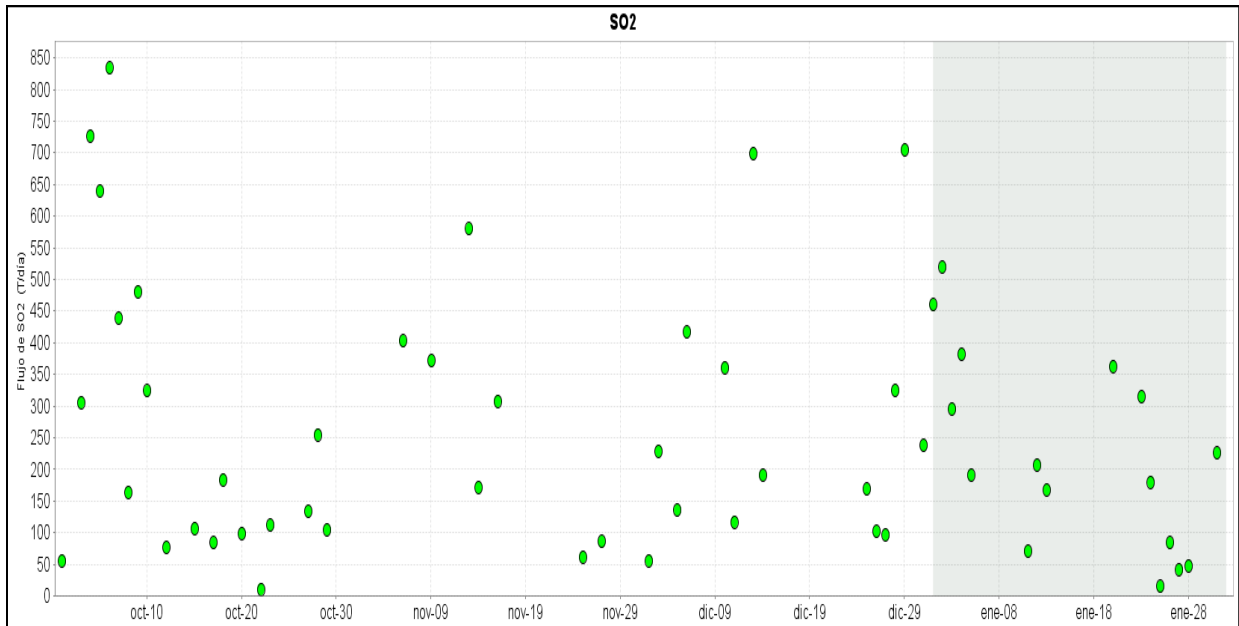


Figura 38. Flujo de dióxido de azufre (SO_2)-mes de enero de 2014

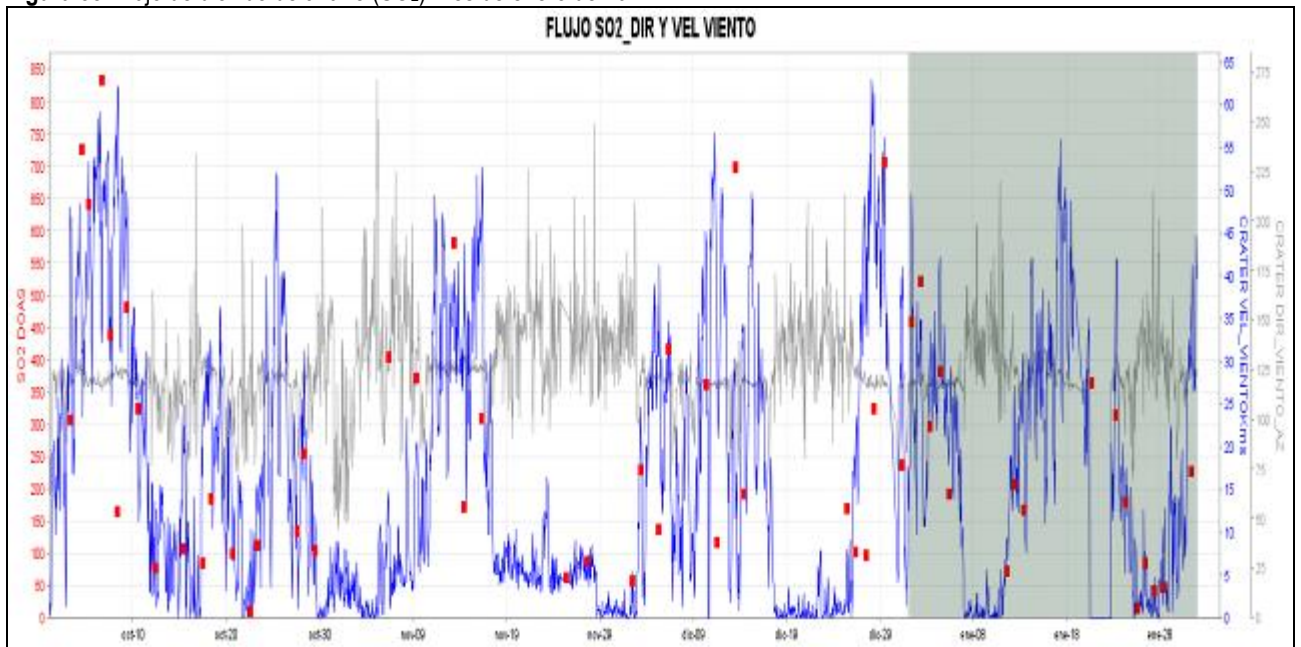


Figura 39. Flujo de dióxido de azufre (SO_2), velocidad y dirección del viento-mes de enero de 2014

Tabla 11. Concentración de dióxido de azufre mes de enero de 2014

FECHA	VELOCIDAD (m/s)	Ton(v)	Recorrido o Punto de Medida	INSTRUMENTO
01-ene-14	13.7	460	Santa Barbara	SCANDOAS
02-ene-14	9	520	Alto Jimenez	SCANDOAS
03-ene-14	8.6	296	Santa Barbara	SCANDOAS
04-ene-14	10.7	382	Santa Barbara	SCANDOAS
05-ene-14	4.9	191	Alto Jimenez	SCANDOAS
11-ene-14	2.3	71	Santa Barbara	SCANDOAS
12-ene-14	6.7	207	Santa Barbara	SCANDOAS
13-ene-14	8.4	168	Santa Barbara	SCANDOAS
20-ene-14	9.9	363	Santa Barbara	SCANDOAS
23-ene-14	11.7	315	Santa Barbara	SCANDOAS
24-ene-14	4.78	180	Santa Barbara	SCANDOAS
25-ene-14	0.5	15	Alto Jimenez	SCANDOAS
26-ene-14	2.12	84	Alto Jimenez	SCANDOAS
27-ene-14	1.32	42	Alto Jimenez	SCANDOAS
28-ene-14	2.19	48	Santa Barbara	SCANDOAS
31-ene-14	10.07	226	Santa Barbara	SCANDOAS

*Valores de flujo de SO₂ para Galeras: Bajo (0<500 Ton/d); Moderados (>500<1000 Ton/d); Alto (>1000<3000 Ton/d); Muy alto (> 3000 Ton/d).

1.5.2 Flujo de gas radón (Rn-222)

El radón 222, es un producto en la cadena de descomposición nuclear del uranio 235; tiene una vida media de 3.8 días y no se encuentra más allá de los 50 a 60 m de profundidad, entonces su difusión es la única responsable de su dispersión (Dyck y Smith 1969). Las figuras 37 y 38 muestran que durante el mes de enero se presentaron variaciones en la concentración de radón.

Los datos de flujo de gas radón en suelo para el mes de enero se calcularon según el instructivo IN-AME-OVS-025 (APLICATIVO ISOLUCIÓN V.3), a partir del muestreo realizado en las dos líneas de estaciones establecidas: línea Galeras y línea Barranco (cada una de ellas con 10 estaciones) permitiendo determinar la concentración de la removilización de los radionúclidos (U238, Rn 226) (Flexser et al., 1987 ; Wollenberg et al., 1984/85).

En las figuras 35 y 36 se encuentra la red de estaciones para medición de flujo de gas Radón ubicadas en la zona de influencia del volcán Galeras.

En las figuras 37 y 38 se presenta el valor acumulado del flujo de de gas radón para el mes de enero de 2014.

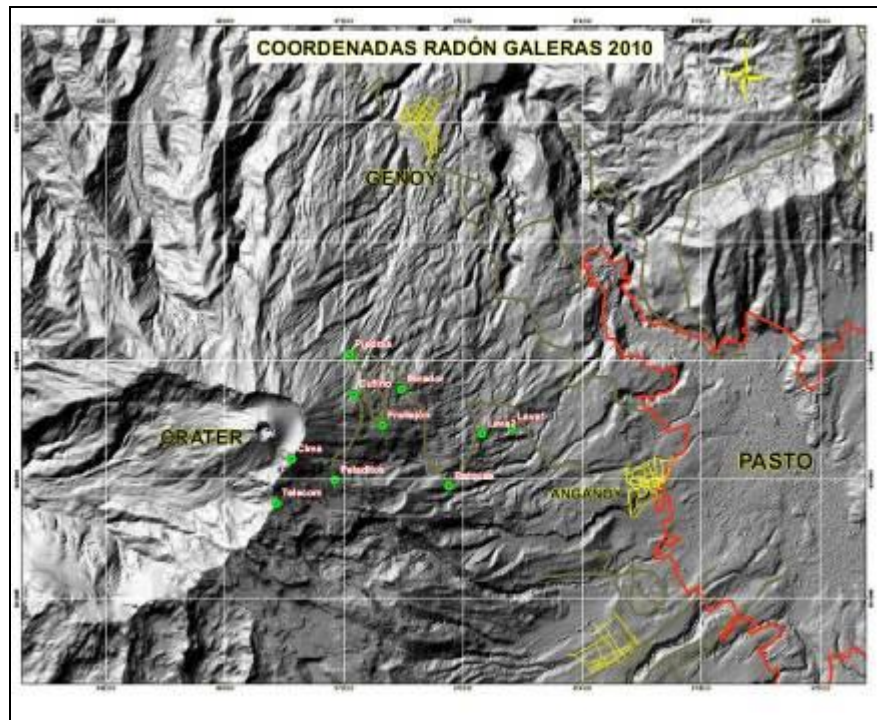


Figura 40. Mapa de localización de las estaciones no telemétricas Línea Galeras, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.



Figura 41. Mapa de localización de las estaciones no telemétricas Línea Barranco, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.

En la figura 42 correspondiente a las estaciones de la línea Barranco, se puede observar un aumento en el flujo de gas isótopo de radón 222 para las estaciones BAR 02, BAR 07 y BAR 08, y disminución para las estaciones BAR 04, BAR 05, BAR 06, BAR 09, BAR 10, mientras que el comportamiento para la estación BAR 03 se mantiene estable en comparación con meses anteriores.

En cuanto a la línea Galeras se observa un aumento en el flujo de gas radón 222 para las estaciones CALDERA Y MIRADOR, y disminución para las estaciones LAVAS1, LAVAS 2, FRAILEJON, CUFIÑO, PARQUES, CALDERA Y TELECOM, mientras que el comportamiento para la estación PIEDRAS se mantiene estable en comparación con meses anteriores.

Las variaciones en el comportamiento de las gráficas de las figuras 6 y 7 reflejan el aumento o disminución en los valores de la concentración de gas radón para determinadas fechas.

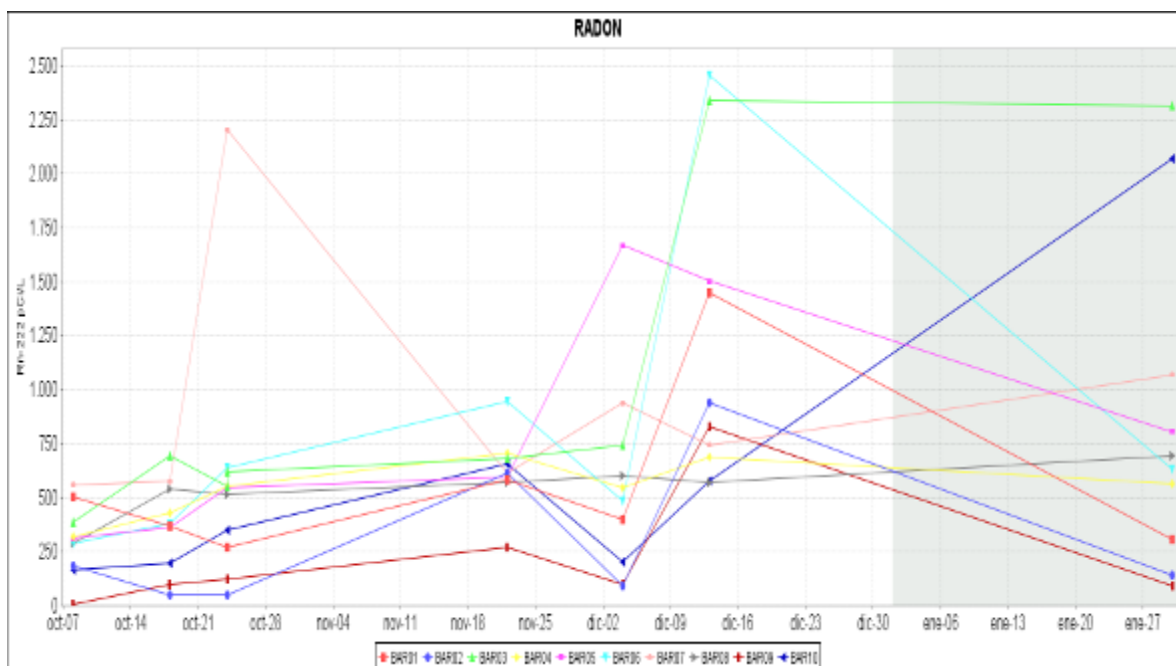


Figura 42. Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Barranco)-enero de 2014.

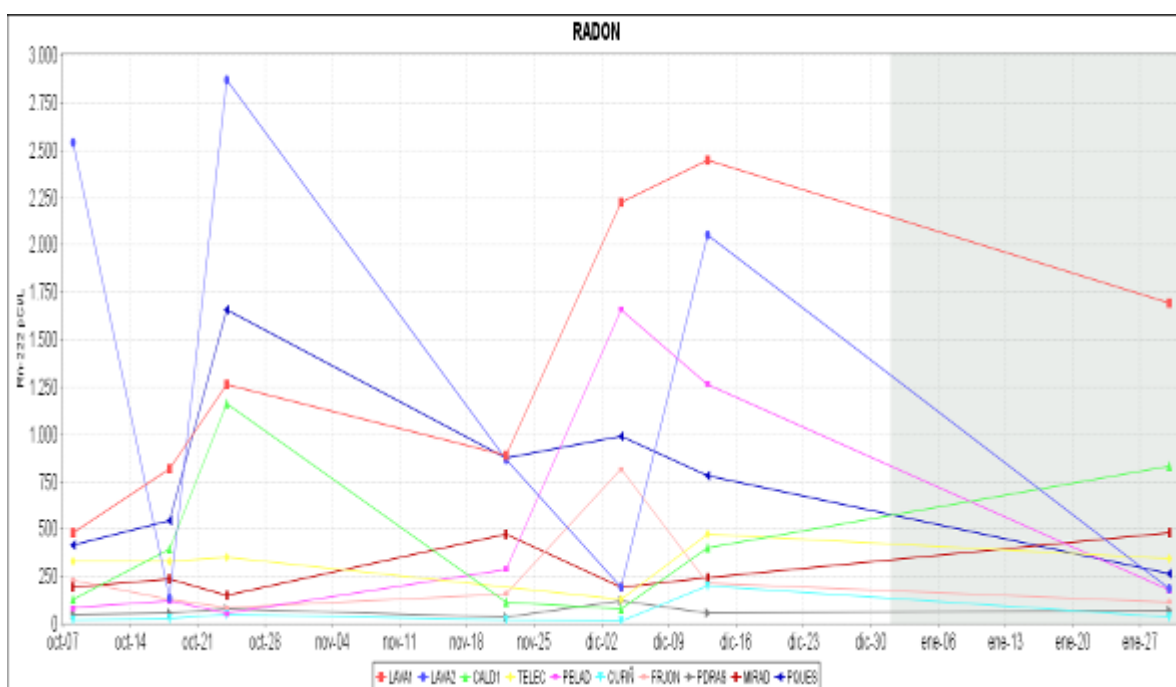


Figura 43. Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Galeras)-enero de 2014.

En las tablas 12 y 13 se encuentra resaltado que durante el mes de enero se alcanzó una concentración máxima de 2317 pCi/L, correspondiente a la estación BAR 03 para el periodo comprendido entre el 21 y 30 de enero y de 1694 pCi/L para la estación LAVAS 1 para el periodo comprendido entre el 20 y 30 de enero, éstas emisiones correspondientes para cada una de las

líneas Barranco y Galeras se consideran dentro de un moderado rango de actividad de radón para Galeras.

Tabla 12. Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Baranco)-enero de 2014.

LÍNEA	PERIODO DE MUESTREO		Estación	Concentración (pCi/L)
	Inicial	Final		
Barranco	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 01	307
	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 02	139
	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 03	2317
	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 04	562
	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 05	806
	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 06	632
	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 07	1069
	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 08	697
	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 09	90
	21-Ene-14	30-Ene-14	BAR 10	2071

*Valores de flujo del gas isótopo radón-222 para Galeras: Bajo (0<1400 pCi/L); Moderados (>1400<4000 pCi/L); Alto (>4000<5000 Ton/d); Muy alto (>5000 Ton/d).

Tabla 13. Flujo de del isótopo de gas radón (Rn-222) en suelo (línea Galeras)-enero de 2014.

LÍNEA	PERIODO DE MUESTREO		Estación	Concentración (pCi/L)
	Inicial	Final		
Galeras	20-Ene-14	30-Ene-14	CALD1	830
	20-Ene-14	30-Ene-14	CUFÍN	39
	20-Ene-14	30-Ene-14	FRJON	116
	20-Ene-14	30-Ene-14	LAVA1	1694
	20-Ene-14	30-Ene-14	LAVA2	188
	20-Ene-14	30-Ene-14	MIRAD	482
	20-Ene-14	30-Ene-14	PDRAS	70
	20-Ene-14	30-Ene-14	PELAD	176
	20-Ene-14	30-Ene-14	PQUES	265
	20-Ene-14	30-Ene-14	TELEC	346

*Valores de flujo del gas isótopo radón-222 para Galeras: Bajo (0<1400 pCi/L); Moderados (>1400<4000 pCi/L); Alto (>4000<5000 Ton/d); Muy alto (>5000 Ton/d).

1.6 ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

Mediante la observación directa realizada desde la sede del OVSP, utilizando reportes de las comisiones de personal en campo de las comunidades ubicadas en el área de influencia del volcán, de autoridades en general y con la ayuda de las cámaras Web ubicadas en sede OVSP, Consacá, Barranco Alto y Bruma, se documenta la actividad superficial. Cuando las condiciones del clima lo permitieron se observaron emisiones de color blanco durante la mayor parte del período evaluado exceptuando los días 4, 5 y 18 de enero de 2014 en los cuales la nubosidad impidió la observación directa de la cima volcánica.

Se destacan las emisiones de los días 11, 12, 13, 14, 21, 23, 27, 28 y 29 de enero con alturas que alcanzaron los 858 m (sobre la cima de Galeras) y estuvieron asociados a salida de material particulado tamaño ceniza depositado en la parte alta del volcán. La dispersión de las columnas de gases fue variable debido a la acción de los vientos. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidente del cono volcánico. Adicionalmente se resaltan también los días 11, 13 y 23, en horas de la madrugada, por la generación de destellos en el cráter volcánico relacionados con emisión de material volcánico y asociados a eventos que involucran dinámica de fluidos al interior de los conductos volcánicos de fuente persistente en el tiempo, tipo TRE.

En las Figuras 39 a 47 se presentan algunas imágenes las cuales se asocian a procesos de emisión de gases en Galeras.



Figura 44. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la mañana hacia las 6:06 a.m. y 7:20 a.m., el 12 de enero de 2014 desde Barranco, al noroccidente y suroccidente del edificio volcánico.



Figura 45. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas en horas de la tarde el 12 de enero de 2014 desde Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.



Figura 46. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 19 de enero de 2014 a las 6:26 p.m. desde Barranco y Bruma, al noroccidente y suroccidente del edificio volcánico.



Figura 47. Imágenes de la emisión de gases y ceniza del volcán Galeras presentada el 21 de enero, capturadas desde las cámaras ubicadas en el OVS Pasto y en Bruma.



Figura 48. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 23 de enero de 2014 desde Bruma y Barranco, al suroccidente y al noroccidente del edificio volcánico.



Figura 49. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas el 29 de enero de 2014 desde Bruma, al suroccidente del edificio volcánico.

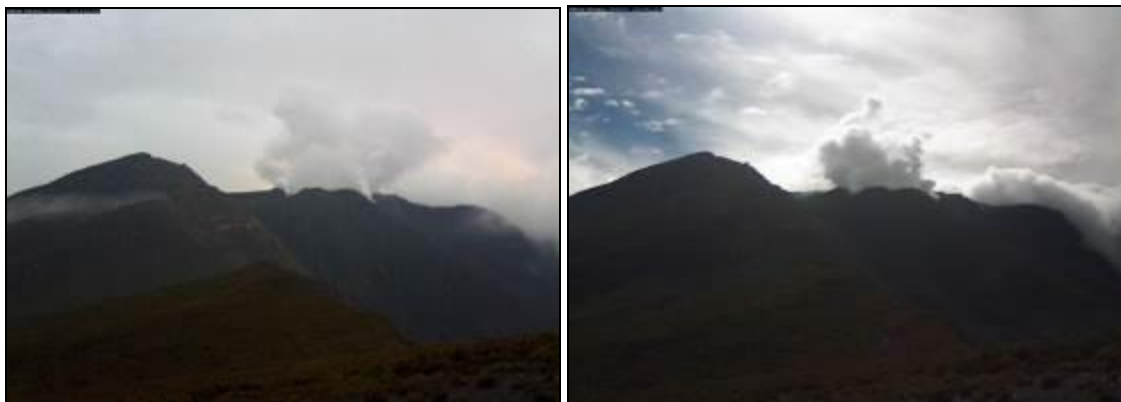


Figura 50. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras, capturadas desde Barranco, el 29 de enero de 2014.



Figura 51. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 30 de enero, capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco, al noroccidente del edificio volcánico.



Figura 52. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 30 de enero, capturadas desde Bruma y Barranco.

1.7. CONCLUSIONES

- Aunque se han presentado episodios de emisión de gases y cenizas no se evidencia ningún cambio en la actividad de Galeras, este proceso se viene presentando desde mayo del año pasado.
- Cuando las condiciones de clima han sido favorables, se pudo apreciar emisiones en su mayoría de color blanco.
- Las anomalías de gas radón detectadas en el volcán Galeras, parecen mostrar una apertura en el sistema de microfracturas que permiten la salida del radón al suelo, registrándose valores de concentración mayores a 2000 pCi/L por lo detectado en algunas de las estaciones de la línea Galeras y Barranco (Figuras 42 y 43), por otro lado estos valores mencionados anteriormente y relacionados con los bajos niveles de SO₂ (Figuras 38 y 39) demuestran un posible sistema volcánico cerrado que podría traer consigo un posible aumento en la actividad sísmica o volcánica. Sin embargo se seguirá con el monitoreo del flujo de este gas para relacionar y evaluar este comportamiento.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo del volcán Galeras permitió que el nivel de actividad continúe en **AMARILLO** ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – DICIEMBRE DE 2013

2.1. RED DE VIGILANCIA

La figura 53 muestra la disposición de la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal que consta de cuatro estaciones sísmicas (dos sensores de banda ancha y dos de corto periodo), cuatro estaciones para la deformación cortical del edificio volcánico y un sensor de presión acústica.

La tabla 14, resume el nombre de cada estación con sus características, adicionalmente, se tiene una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial, instalada en el municipio de Cumbal.

Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Cumbal, durante el mes de enero de 2014, tuvieron un porcentaje de funcionamiento del 93% (Figura 54).

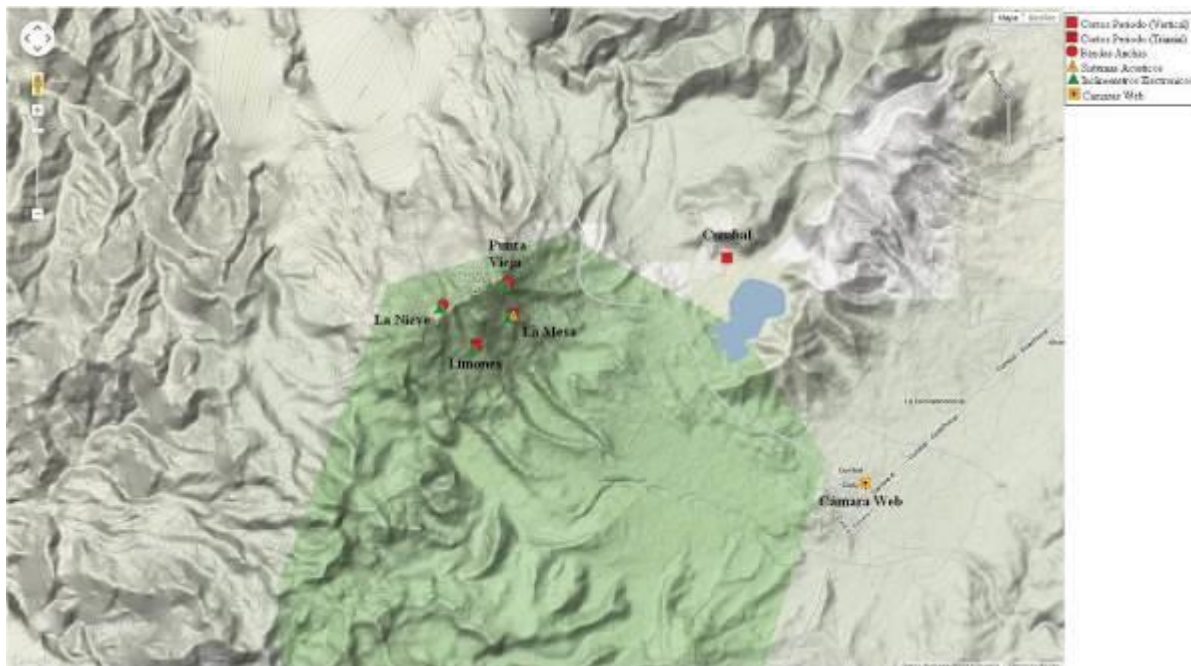


Figura 53. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de enero de 2014.

Tabla 14. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de enero de 2014.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter Mundo Nuevo (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Mundo Nuevo	Altitud (msnm)
La Nieve	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,0	NE	4519
La Mesa	Digital	Sismómetro Corto periodo	Vertical	2,5	ESE	4270
La Nieve	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,0	NE	4519
La Mesa	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,5	ESE	4270
La Mesa Acústico	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	2,5	ESE	4270

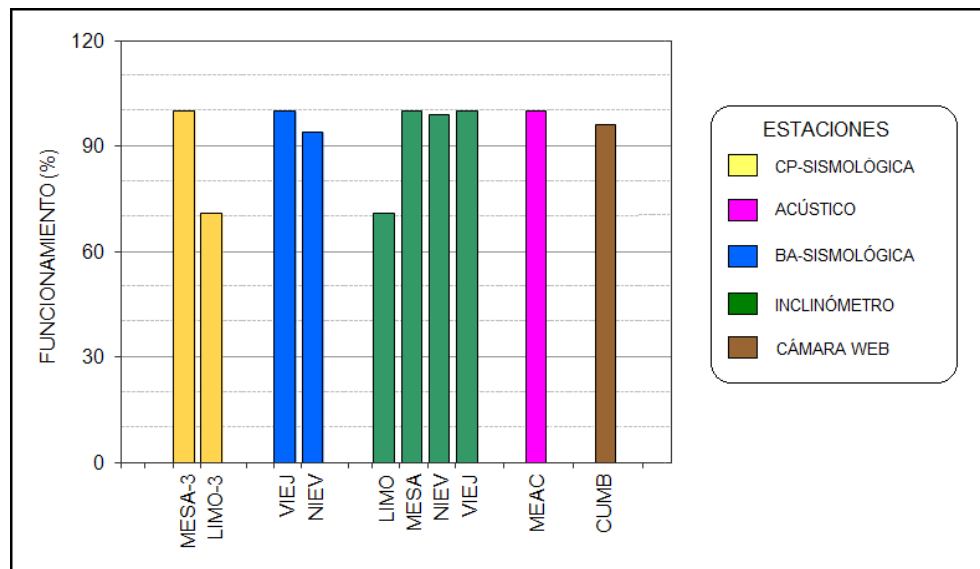


Figura 54. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de enero de 2014.

2.2. SISMOLOGÍA

En el transcurso del periodo evaluado, la sismicidad dominante en ocurrencia se relacionó con dinámica de fluidos de fuente transitoria en el tiempo, que corresponde a los eventos LPS, seguida por los eventos clasificados como VT, asociados con fracturamiento de roca al interior del edificio volcánico, (Figura 55, Tabla 15).

Con respecto al mes anterior se tiene una leve disminución en la ocurrencia de eventos, de alrededor de 10%, principalmente de los eventos tipo VT y TRE (Figura 56).

Se resalta la ocurrencia de dos eventos de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR), asociados con movimiento de fluidos en los que las características físicas y geometría de la cavidad propician una gran duración con un contenido frecuencial monocromático.

En la figura 57, se compara, en términos porcentuales, la ocurrencia de la sismicidad registrada entre los meses de octubre de 2013 y enero de 2014, esta información permite corroborar que los eventos más representativos de la actividad volcánica son los LPS y VT, observándose fluctuación de predominio de estos dos tipos de sismicidad.

Tabla 15. Número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, se resalta en color azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de Eventos por Tipo						
	VT	LPS	TRE	HYB	TOR	VOL	TOTAL
01-oct-13 a 31-oct-13	1291	789	109	274	1	11	2475
01-nov-13 a 30-nov-13	423	929	571	270	3	18	2214
01-dic-13 a 31-dic-13	660	1123	650	306	3	3	2745
01-ene-14 a 31-ene-14	473	1160	380	462	2	4	2481

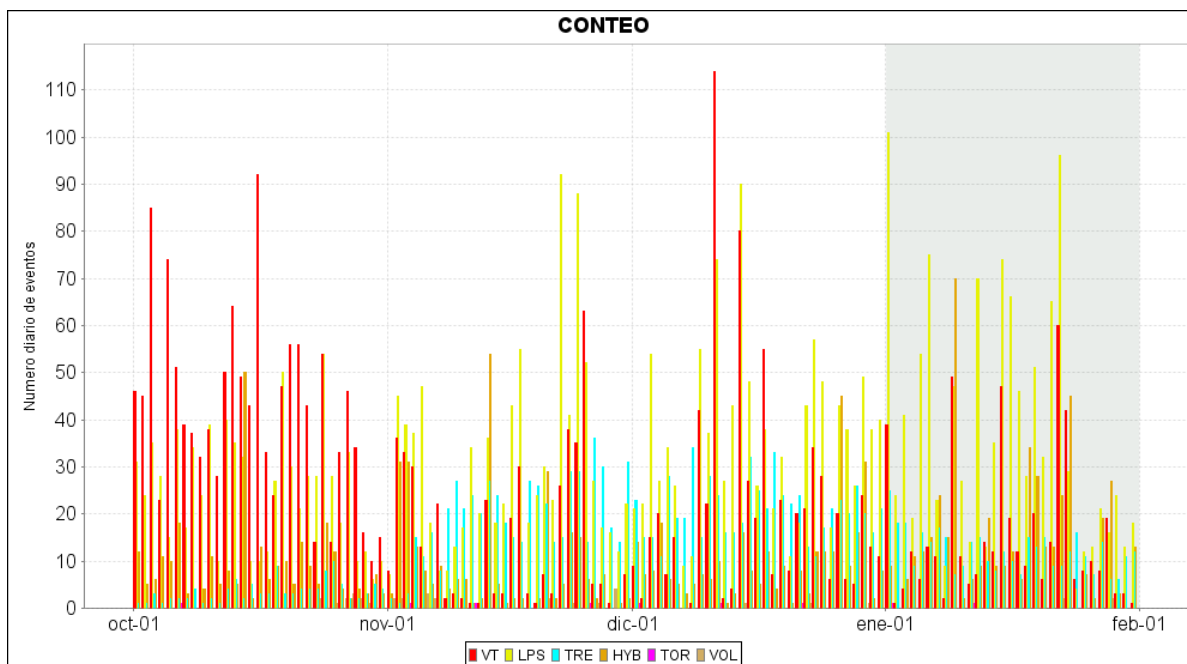


Figura 55. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

Comparación Mensual

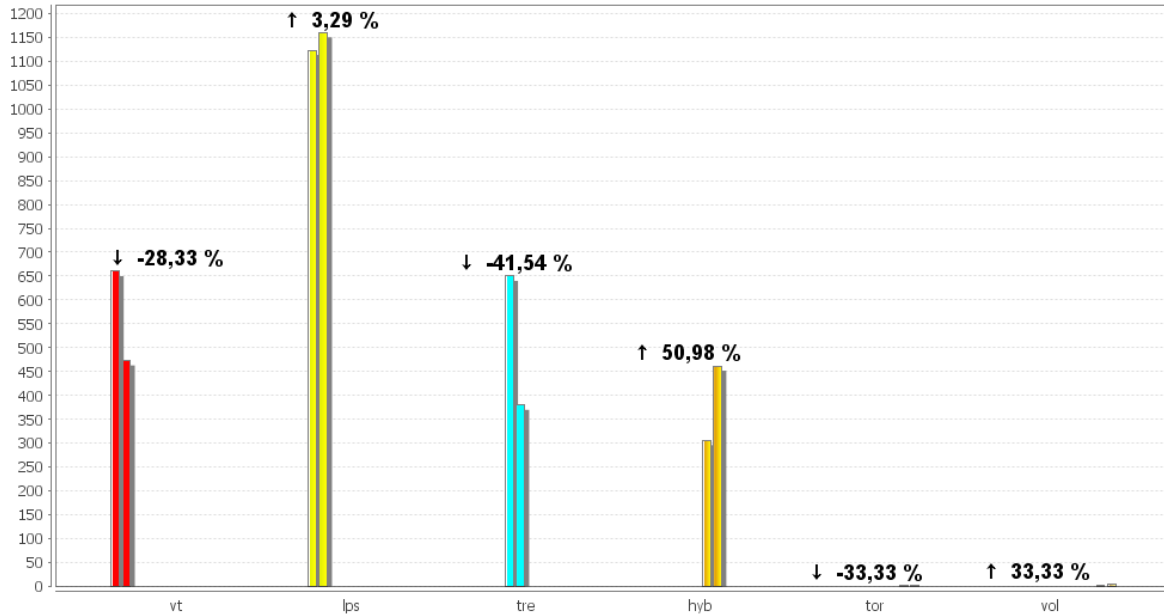


Figura 56. Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de enero de 2014, con respecto al mes de diciembre de 2013.

Relación Porcentual Mensual

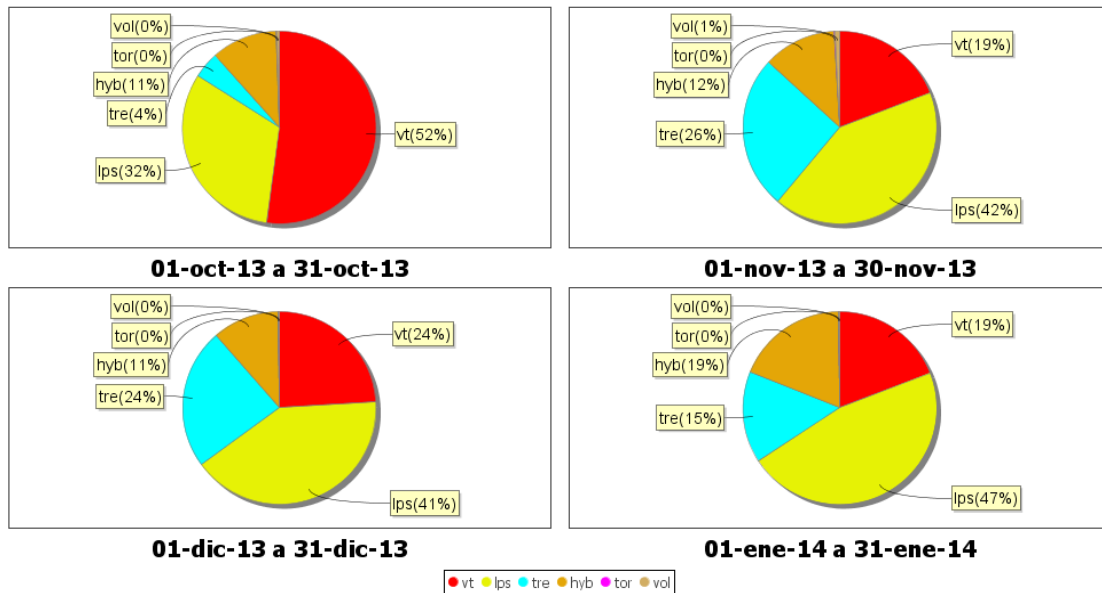


Figura 57. Relación porcentual para Cumbal, que compara el número de eventos por tipo ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales.

En el transcurso del mes, se observó que la energía sísmica total liberada disminuyó en un 17.3% en comparación al valor registrado en el mes anterior, pasando de 8.25×10^{11} ergios a 6.82×10^{11} ergios, siendo los sismos tipo TRE los que aportaron la mayor energía con un 46.5%, seguidos por los eventos tipo VT con un 32%. Los eventos tipo LP e HYB aportaron con el 18.2% y 3.3% respectivamente (Tabla 16).

Tabla 16. Energía liberada de ondas de cuerpo por los diferentes tipos de eventos volcánicos, ocurridos en Cumbal, entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, tomando periodos mensuales, incluyendo el mes objeto de evaluación, resaltado en color verde.

FECHA	LP	TR	HD	VT	TOTAL
OCT 01 - OCT 31	1.54E+11	3.91E+10	3.24E+10	3.57E+13	3.59E+13
NOV 01 - NOV 30	1.21E+11	4.82E+11	3.05E+10	2.34E+12	2.97E+12
DIC 01 - DIC 31	1.96E+11	5.05E+11	5.94E+10	6.50E+10	8.25E+11
ENE 01 - ENE 31	1.24E+11	3.17E+11	2.31E+10	2.18E+11	6.82E+11

De la sismicidad presente en el complejo volcánico de Cumbal, destacaremos la ocurrencia de los eventos tipo TOR, los cuales presentaron frecuencias dominantes entre 2.16 y 2.20 Hz, y duraciones entre 88 y 128 segundos (Figura 58). A manera de ejemplo se presenta el evento TOR el registrado el 11 de enero de 2014 (Figura 59).

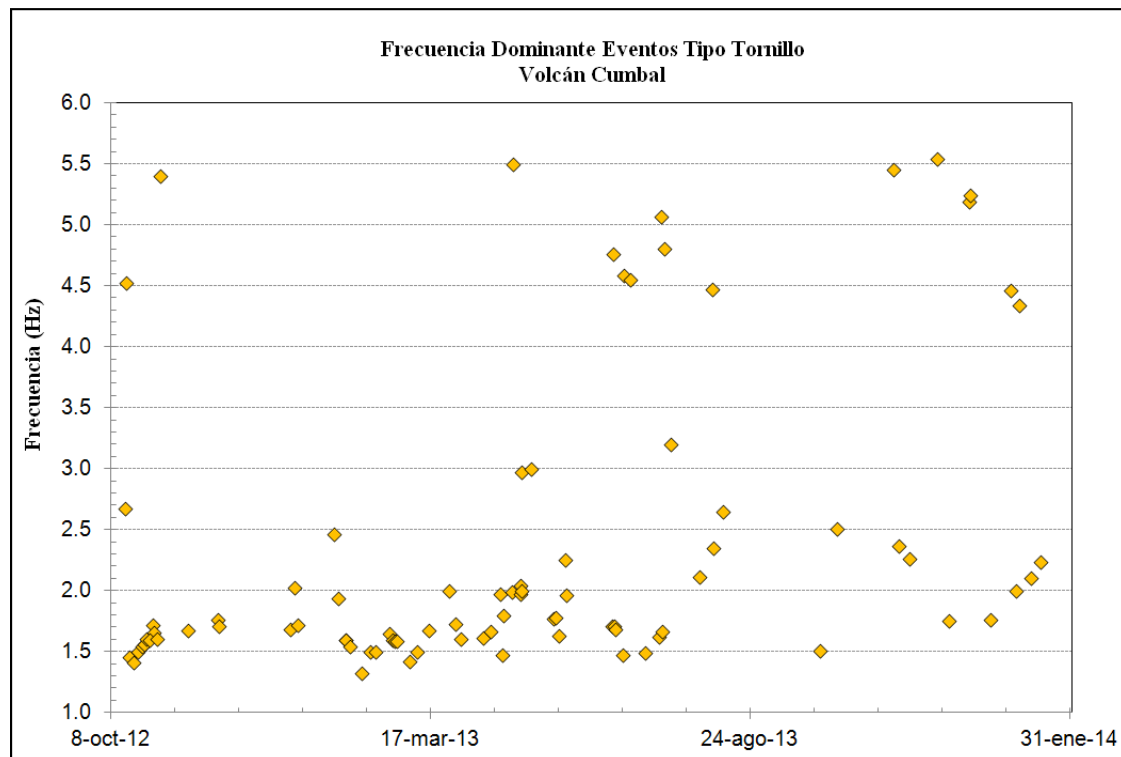


Figura 58. Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por la estación sismológica La Mesa, instalada en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 8 de octubre de 2012 y el 31 de enero de 2014, resaltando los eventos registrados en el mes de enero de 2014.

Se destaca también el registro de varios episodios de enjambre de sismos, como el ocurrido el 19 de enero, totalizando cerca de 213 eventos entre clasificables y no clasificables ocurridos en 5 horas (Figura 60), y el registrado entre el 21 y 22 de enero, totalizando alrededor de 374 sismos (Figura 61).

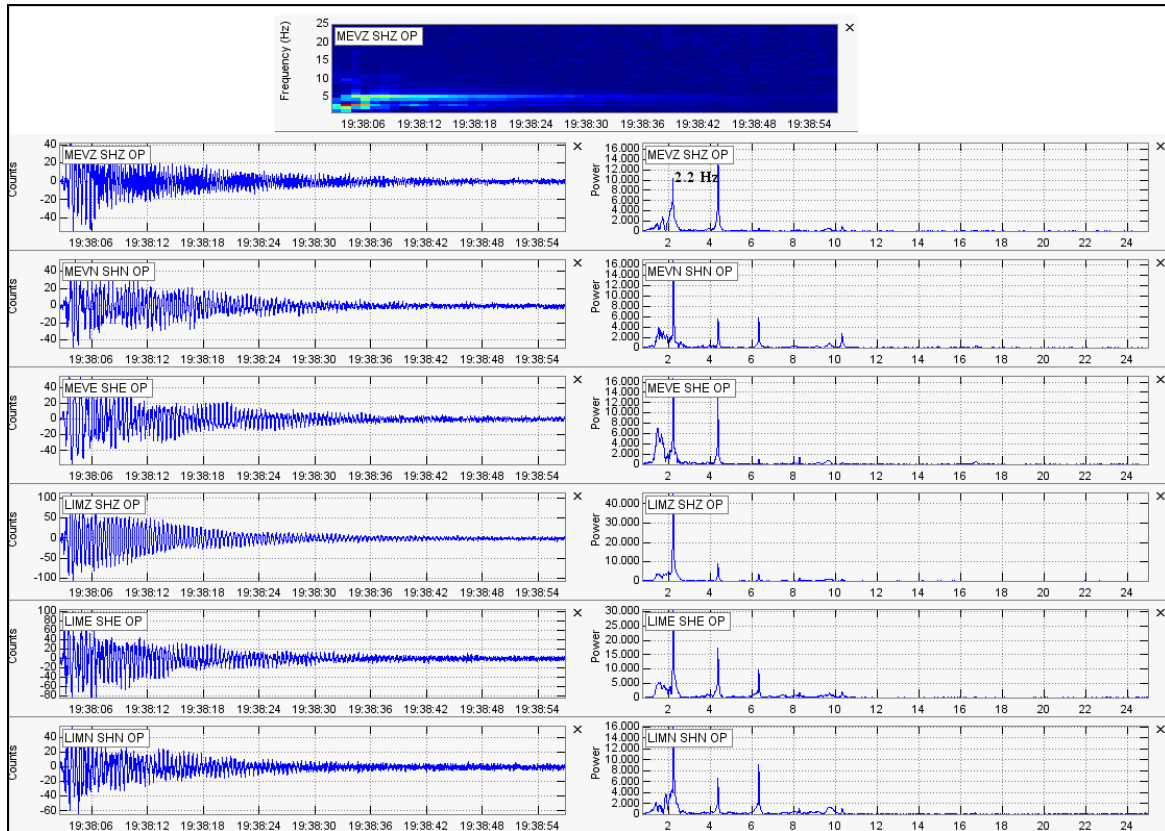


Figura 59. Sismogramas, espectros y espectrograma en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 11 de enero de 2014 a las 2:38 p.m.

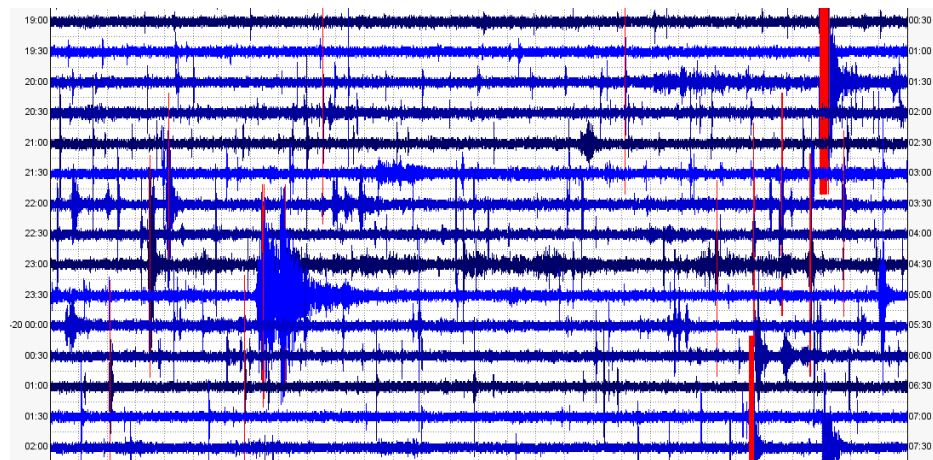


Figura 60. Sismograma de la estación sísmica La Mesa del Complejo Volcánico de Cumbal, en la gráfica se resalta el enjambre de sismos presentado el 19 de enero de 2014.

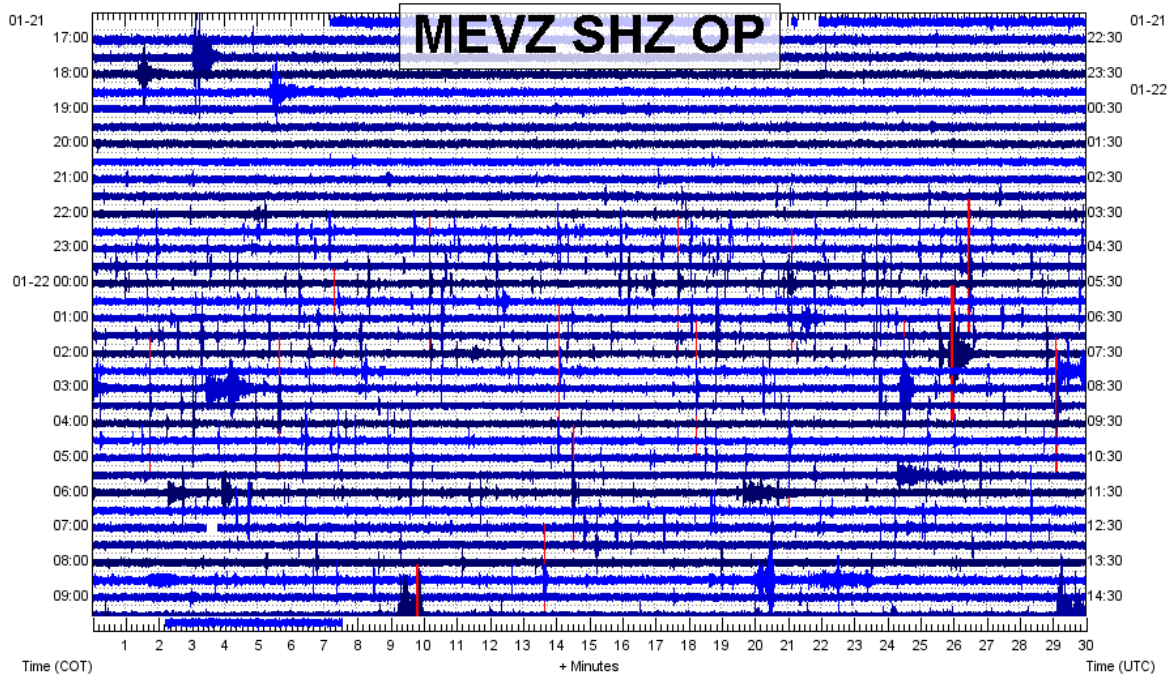


Figura 61. Sismograma de la estación sísmica La Mesa del Complejo Volcánico de Cumbal, en la gráfica se puede evidenciar el enjambre de sismos presentado entre el 21 y 22 de enero de 2014.

Con relación a los eventos tipo VT e HYB, fue posible localizar 246 sismos, la mayoría de los cuales se ubicaron próximos al cráter La Plazuela, a menos de 3 km de distancia y profundidades menores a 2 km respecto a la cima (Figura 62). Las magnitudes locales estuvieron entre -0.7 y 1.9 en la escala de Richter.

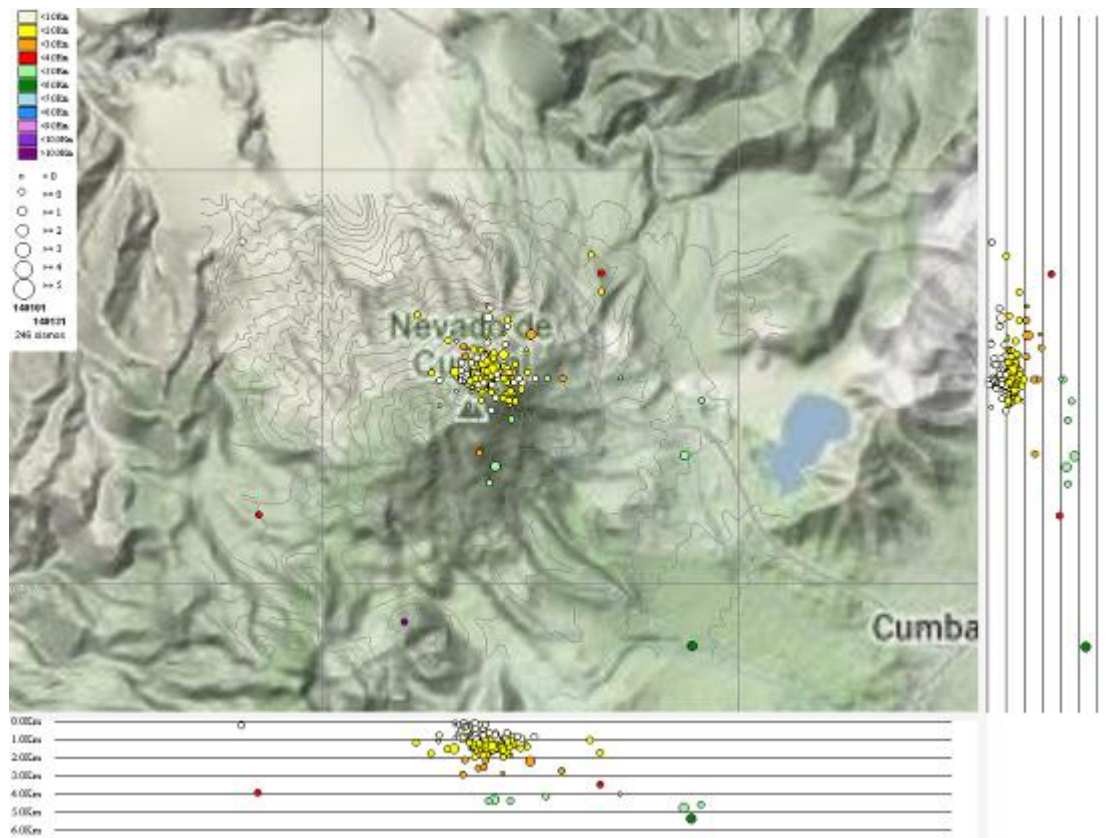


Figura 62. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de enero de 2014 en el complejo volcánico de Cumbal. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 1 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).

2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

En relación a los procesos de deformación del edificio volcánico se observó que continúa el comportamiento ascendente de las componentes de los inclinómetros La Mesa y Limones. La componente Norte del inclinómetro La Mesa alcanzó una variación de 80 μrad , entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014, mientras que la variación de la componente Este fue de 100 μrad para el mismo periodo (Figura 63). De igual forma en el inclinómetro Limones entre el 2 de mayo de 2013 y el 31 de enero de 2014 se observó un ascenso que acumula en la componente Norte 38 μrad y en la componente Este 24 μrad (Figura 64).

El comportamiento de los inclinómetros La Nieve y Punta Vieja fue de estabilidad en sus componentes Norte y Este (Figuras 60 y 61).

Para el cálculo de la orientación y magnitud del vector resultante se tuvo en cuenta las variaciones presentadas por los sensores entre abril de 2013 y enero de 2014. El vector resultante de los inclinómetros La Mesa y Limones indican una posible inflación hacia el sector sur de los cráteres Plazuelas y Mundo Nuevo (Figura 67).

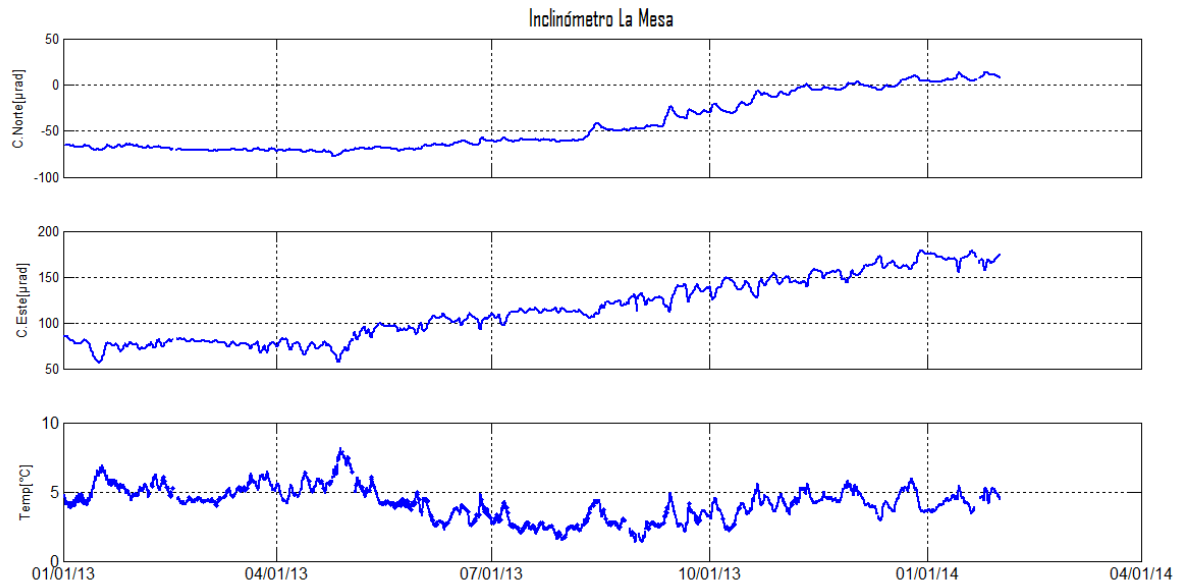


Figura 63. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de enero de 2014.

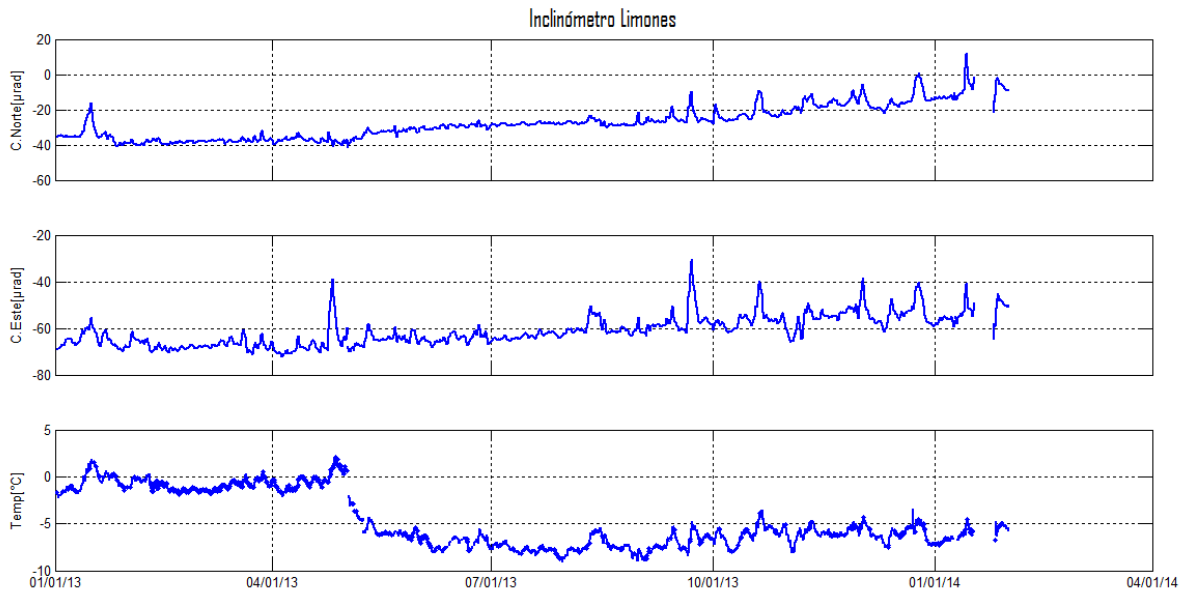


Figura 64. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de enero de 2014.

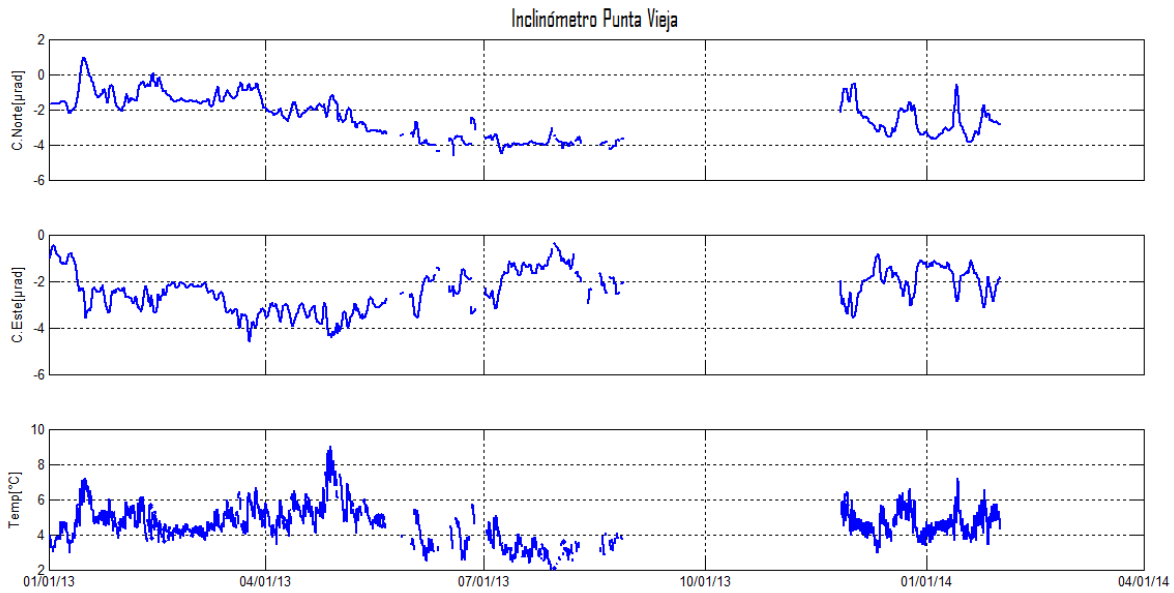


Figura 65. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Punta Vieja, y del sensor de temperatura, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de enero de 2014.

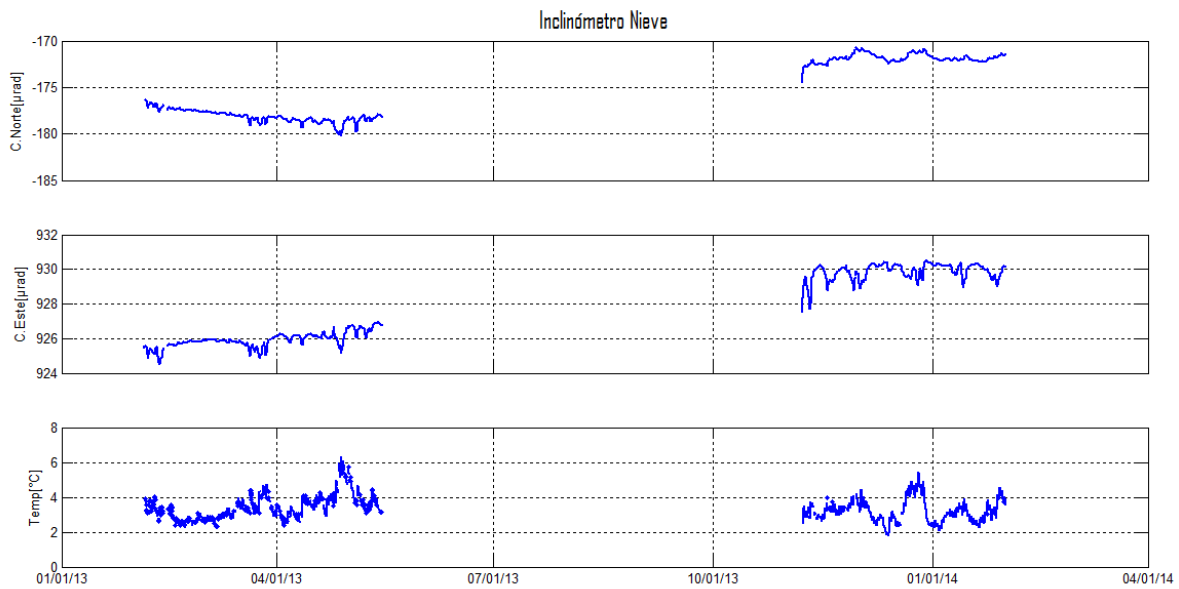


Figura 66. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Nieve, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de enero de 2014.

V Resultante	La Mesa	Limonas	Nieve	Punta Vieja (μrad)
01-Apr-2013	127.8	32.0	8.0	1.8
31-Jan-2014				

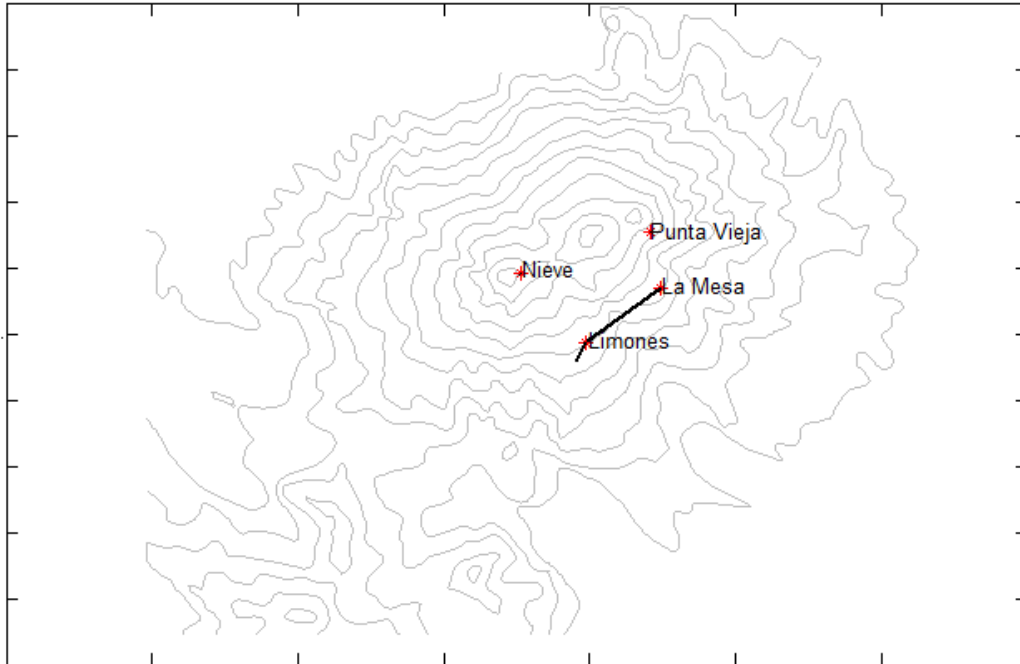


Figura 67. Magnitud y orientación del vector resultante de la red de Inclínómetros instalada en el volcán Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.

2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Las condiciones favorables de clima, en los días 13, 21, 23, 24 y 27 de enero de 2014 permitieron observar la actividad superficial del volcán, a través de la cámara instalada en la cabecera del municipio de Cumbal. Las emisiones de gases provenientes principalmente en el campo fumarólico El Verde, al costado norte del complejo volcánico, tuvieron un color blanco, baja altura y se dispersaron de acuerdo a la dirección de los vientos.

En las Figuras 63 a 67 se presentan algunas imágenes relacionadas a procesos de emisión de gases en Cumbal.



Figura 68. Imagen de la emisión de gases del Complejo Volcánico Cumbal, capturada desde la población de Cumbal el 13 de enero de 2014, en horas de la mañana.

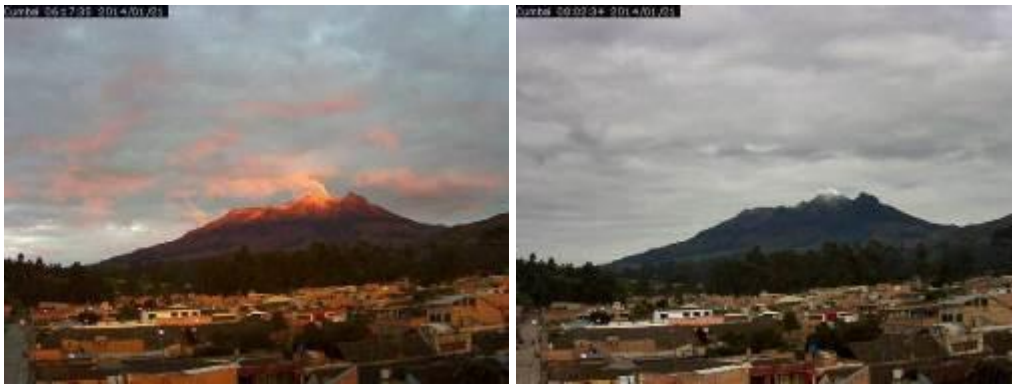


Figura 69. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas desde el municipio de Cumbal, el 21 de enero de 2014, en horas de la mañana, en las fotografías se observa emisión de gases.

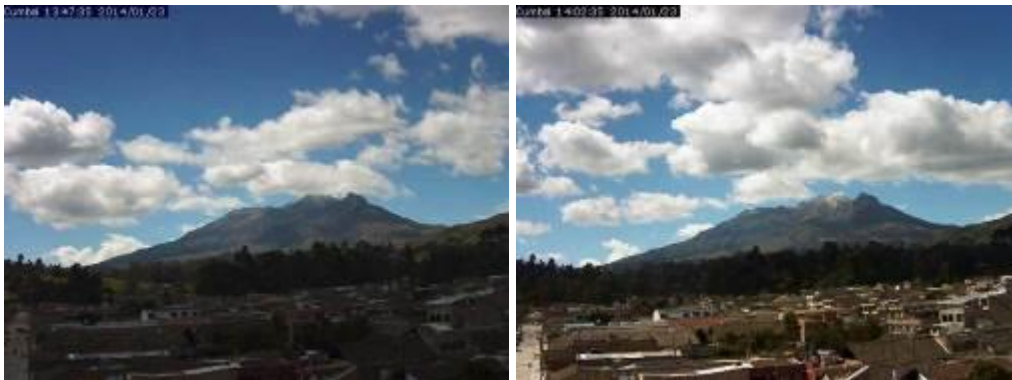


Figura 70. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas el 23 de enero de 2014 desde el municipio de Cumbal, en las fotografías se observa emisión de gases.

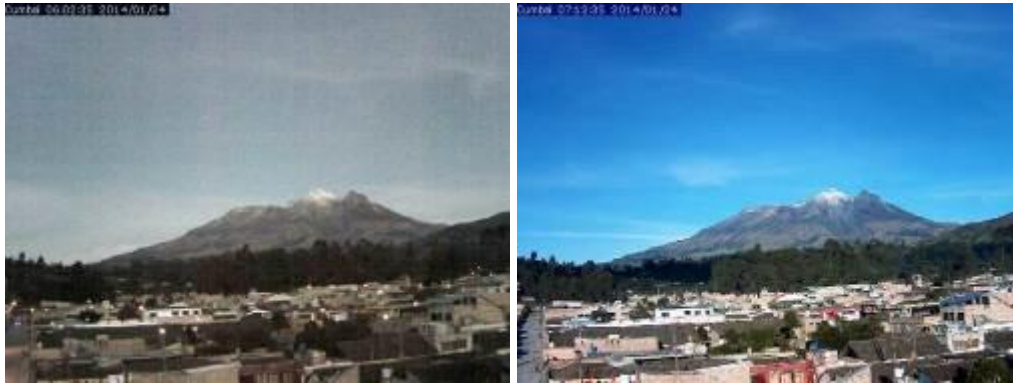


Figura 71. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas el 24 de enero de 2014 desde el municipio de Cumbal, en las fotografías se observa emisión de gases.



Figura 72. Imágenes del Complejo Volcánico Cumbal, capturadas el 27 de enero de 2014 en horas de la mañana, desde el municipio de Cumbal, en las fotografías se observa emisión de gases.

2.5. CONCLUSIONES

- La actividad que viene mostrando Cumbal se caracteriza por fluctuaciones en los niveles de ocurrencia y energía de la sismicidad, y registro eventual de enjambres asociados con procesos predominantemente hidrotermales.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de enero de 2014 permitió, que la actividad del complejo volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

3.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

3.1.1. Red de vigilancia

La figura 74 tiene la disposición de la red de vigilancia del volcán Doña Juana que consta de dos estaciones de corto periodo y una de banda ancha para monitorear su sismicidad y tres estaciones para monitorear la deformación cortical del edificio volcánico.

Adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz, que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) (Figura 74, Tabla 17).

En la tabla 17, se consignan las características principales de cada estación y la figura 75 registra el porcentaje de funcionamiento de las estaciones.

Tabla 17. Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a los Domos (Km)	Dirección respecto a los Domos	Altitud (msnm)
Páramo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2,1	SE	3533
I. Páramo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,1	SE	3533
Florida	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	2,3	W	3140
I. Florida	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,3	W	3140
Lavas	Analógica	Sismómetro Corto Periodo	Triaxial	4,1	SW	3145
I. Lavas	Analógica	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,1	SW	3145
La Cruz	Digital	Sismómetro Corto Periodo	Uniaxial	7,5	NNW	2761

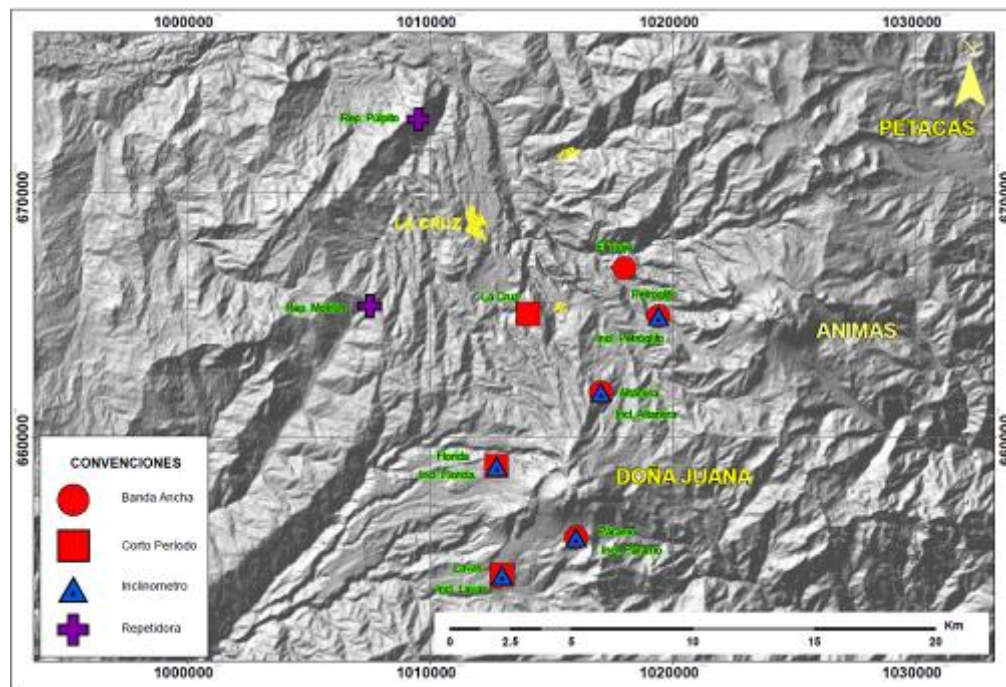


Figura 74. Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana. Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana, para el mes de enero de 2014, tuvieron un funcionamiento del 85% (Figura 75). La estación sísmica Lavas se encuentra con un porcentaje de funcionamiento del 18% debido a problemas en la repetidora.

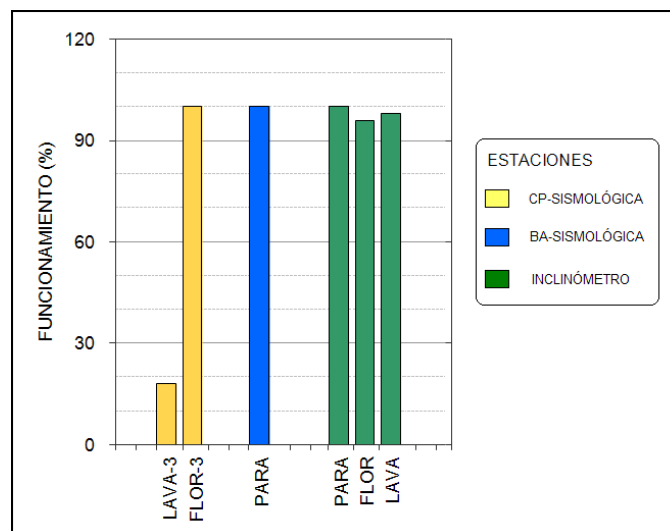


Figura 75. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de enero de 2014, de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

3.1.2. Sismología

Dentro de niveles bajos, el número de sismos asociados a fracturamiento de material cortical que se

registró en enero aumentó en un 72% en comparación a lo registrado el mes anterior, contabilizando 7 eventos, 5 de ellos localizados y se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, a distancias entre 0.9 y 18 km respecto a los domos y con profundidades entre 6 km y 10 km respecto a la cima volcánica, sus magnitudes estuvieron entre 0.4 y 1.1 en la escala de Richter, (Tabla 18, Figuras 71 y 72).

Tabla 18. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Doña Juana, ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, incluyendo los registros clasificados como volcánicos, resaltado en color azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo		
	VT	VOL	TOTAL
01-oct-13 a 31-oct-13	10	0	10
01-nov-13 a 30-nov-13	9	4	13
01-dic-13 a 31-dic-13	2	4	6
01-ene-14 a 31-ene-14	7	0	7

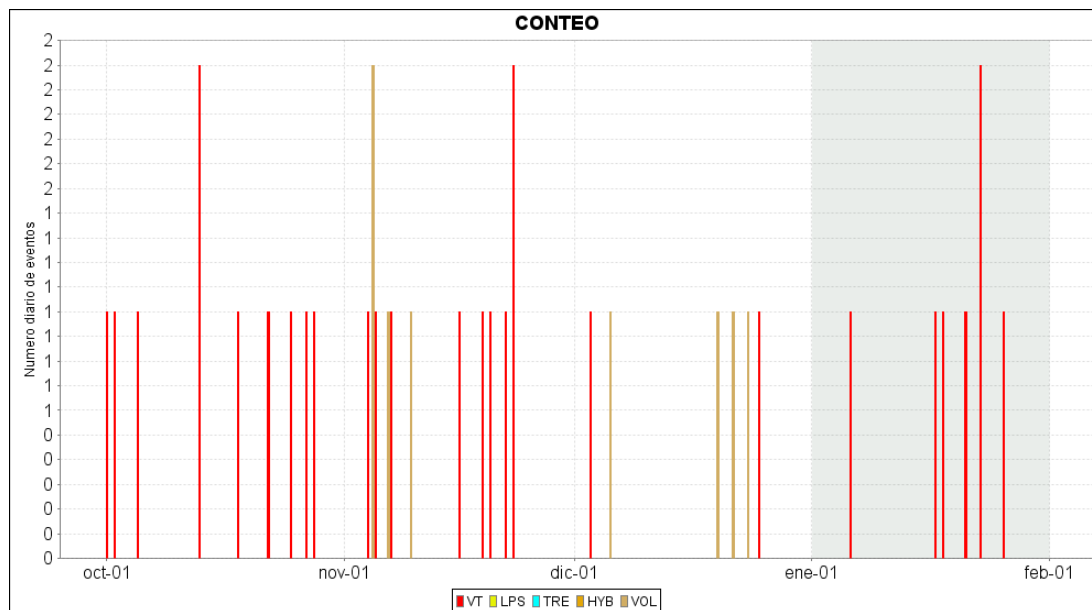


Figura 76. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Doña Juana entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

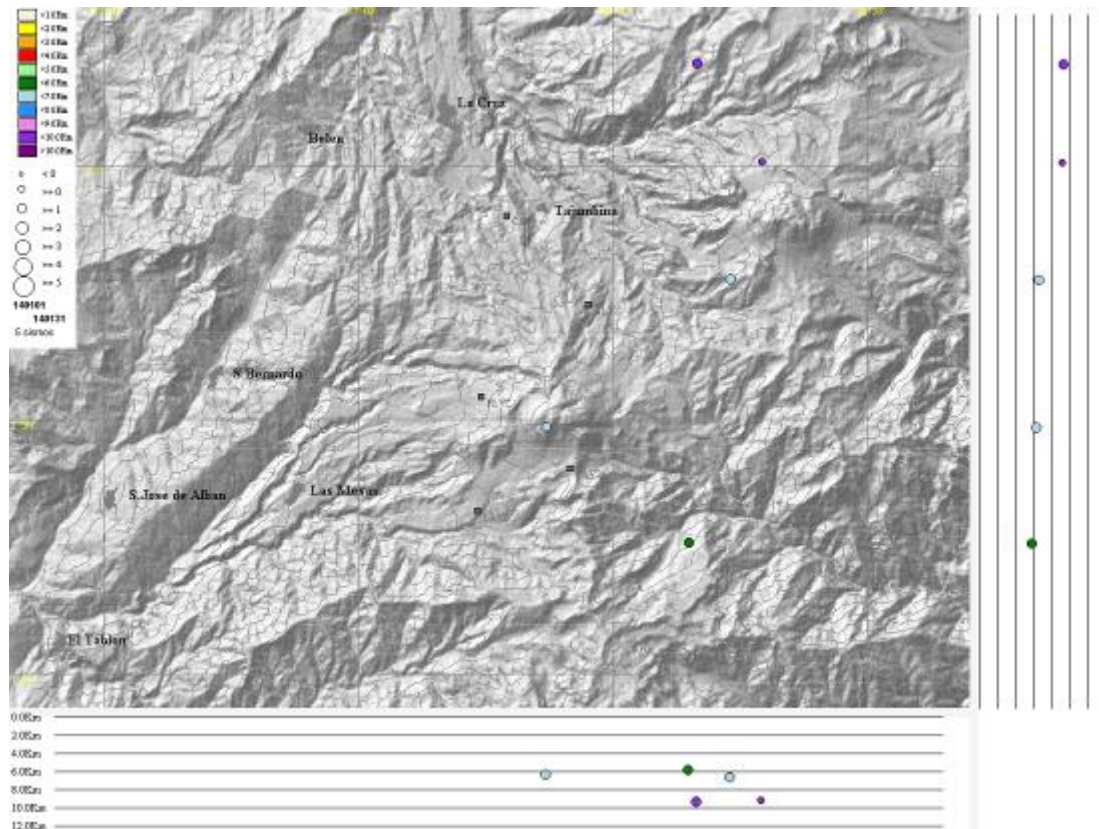


Figura 77. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de enero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

3.1.3. Deformación Volcánica

El inclinómetro electrónico Florida (ubicado a 2.3 km., al Oeste de los domos del volcán Doña Juana, 3154 msnm) registró un comportamiento estable, tanto en la componente Norte, como en la Este (Figura 78).

El inclinómetro Lavas mantiene un comportamiento estable en sus dos componentes desde su instalación, mayo 5 de 2013 (Figura 79).

Para el periodo evaluado, no se tiene en cuenta el registro del inclinómetro Páramo por problemas de funcionamiento en el equipo.

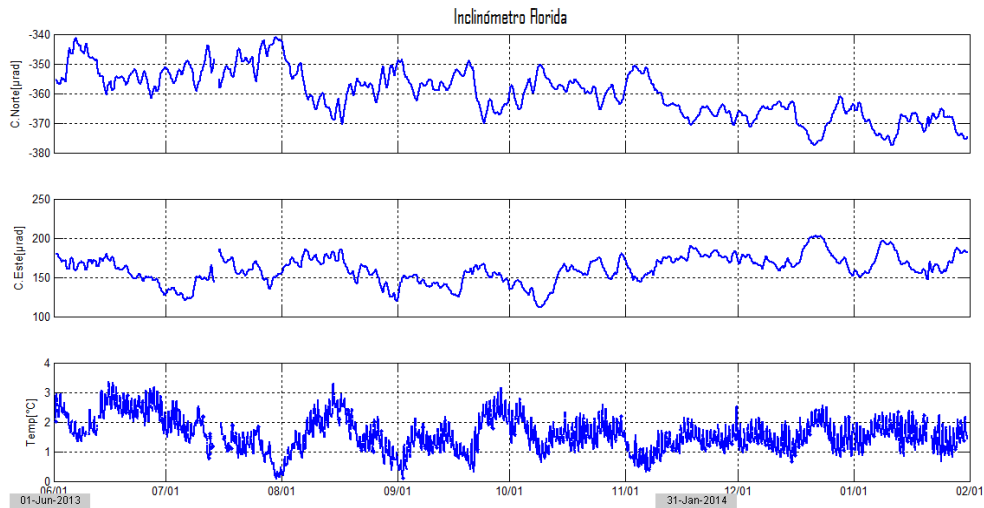


Figura 78. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2013 y el 31 de enero de 2014.

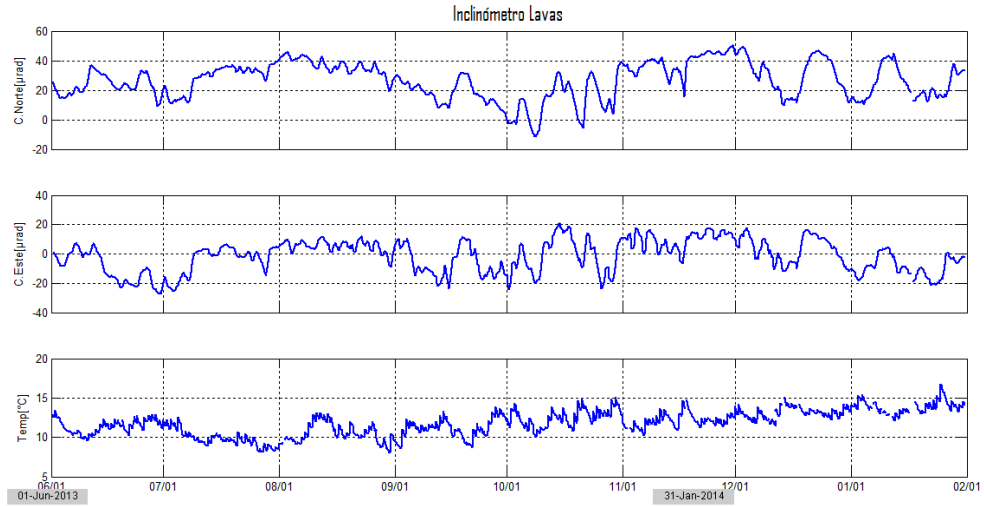


Figura 79. Componentes de inclinación Norte y Este, y del sensor de temperatura, del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2013 y el 31 de enero de 2014.

3.1.4. Actividad Superficial

Durante el mes de enero de 2014 no se tuvieron reportes relacionados con actividad superficial del volcán Doña Juana.

3.1.5. Conclusiones

- La mayoría de los eventos sísmicos registrados se encuentran relacionados con fracturamiento de material cortical al interior del sistema volcánico.
- La evaluación de los parámetros monitoreados durante el mes de enero de 2014, permiten establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

3.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

3.2.1. Red de vigilancia

La figura 80 se muestra la red de estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Azufral, conformada por las estaciones La Roca, Chaitán, Laguna, La Ventana y El Lobo, las dos primeras cuentan con sensores sísmicos e inclinómetros electrónicos y Laguna con un sensor sísmico y una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial (Tabla 19). Además, se tiene instalado un pluviómetro, cerca de la estación La Roca, esto con el fin de monitorear la precipitación en la zona de influencia del volcán Azufral.

Adicionalmente, con el fin de monitorear cambios en la superficie del edificio volcánico de Azufral se tiene instalada una red de Medición Electrónica de Distancia (EDM), compuesta por 4 bases y 12 prismas reflectores (Figura 81).

En general, la red de monitoreo telemétrico del volcán Azufral alcanzó un porcentaje de operación promedio de 99% para este mes (Figura 82).

Tabla 19. Estaciones instaladas en el volcán Azufral.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a la Laguna (Km)	Ubicación Respecto a la Laguna	Altitud (msnm)
La Roca	Analógica	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1,2	E	4025
Chaitán	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	4,3	ENE	3730
Laguna	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	0,5	SW	3921
Lobo	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2,4	SE	3569
Ventana	Digital	Sismómetro de Banda Ancha	Triaxial	2,5	NE	3981
La Roca	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	1,2	E	4025
Chaitán	Digital	Inclinómetro electrónico	Biaxial	4,3	ENE	3730

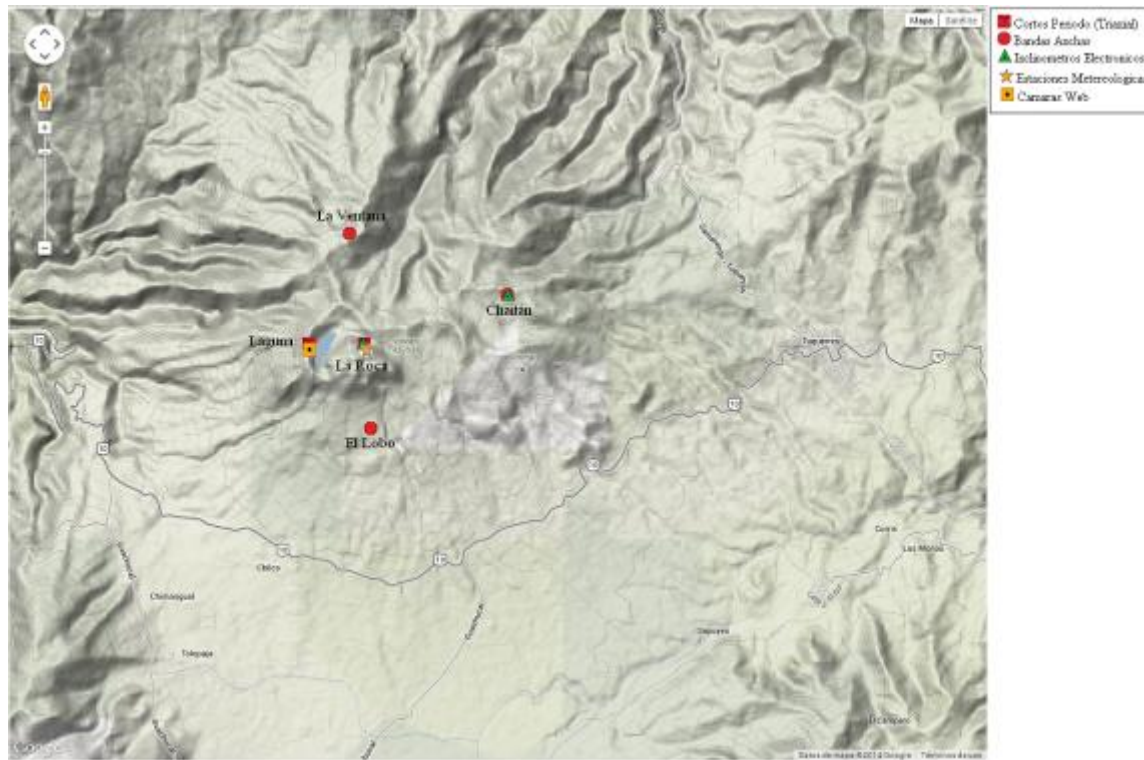


Figura 80. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de enero de 2014.

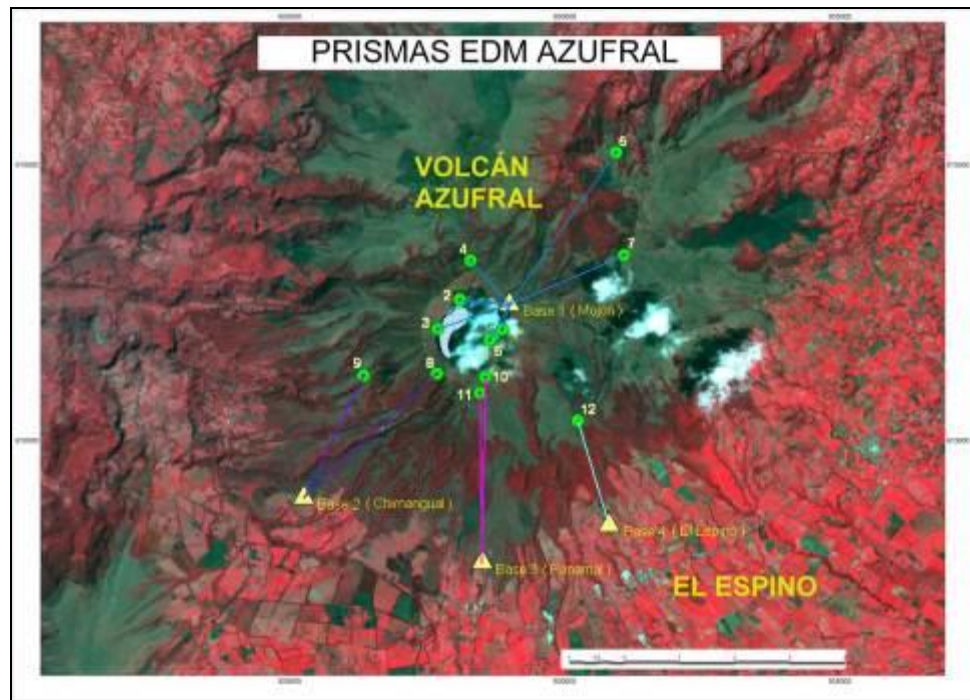


Figura 81. Mapa de localización de los puntos materializados para mediciones EDM, en el volcán Azufral. Las figuras de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.

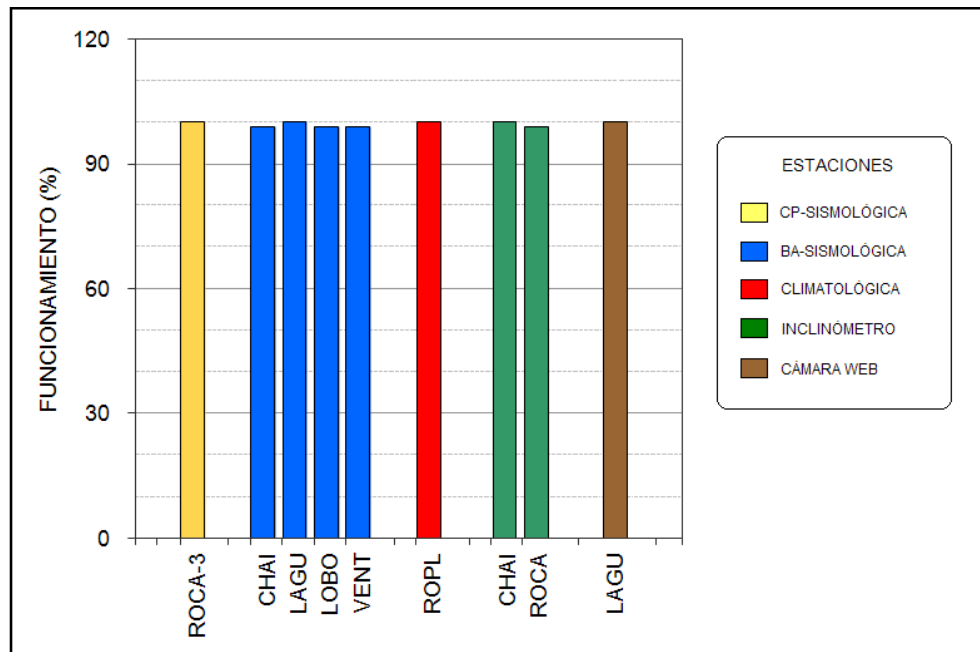


Figura 82. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de enero de 2014.

3.2.2. Sismología

La actividad sísmica del volcán Azufral estuvo dominada por registros asociados con fracturamiento de material sólido, eventos tipo VT (Tabla 20, Figura 83). Dentro de niveles bajos, la ocurrencia sísmica en enero de 2014 presentó un ligero incremento en comparación a lo registrado en diciembre de 2013, contabilizándose 18 eventos sísmicos tipo VT, de los cuales fue posible localizar 15, que se ubicaron preferencialmente de manera dispersa sobre el edificio volcánico, a distancias entre 0.8 y 13.2 km respecto a la laguna cratérica y con profundidades entre 2 km y 10 km respecto a la cima volcánica, con magnitudes entre 0.2 y 1.8 en la escala de Richter, sin embargo se resalta la concentración de cuatro eventos ubicados al NNE en cercanías de la laguna (Figura 84).

Tabla 20. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Azufral, ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, resaltado en color azul el mes objeto de evaluación en este informe.

Periodo Evaluado	Número de Eventos por Tipo					
	VT	LPS	TRE	HYB	VOL	TOTAL
01-oct-13 a 31-oct-13	13	0	0	0	0	13
01-nov-13 a 30-nov-13	10	0	0	0	0	10
01-dic-13 a 31-dic-13	15	0	0	0	0	15
01-ene-14 a 31-ene-14	18	0	0	0	0	18

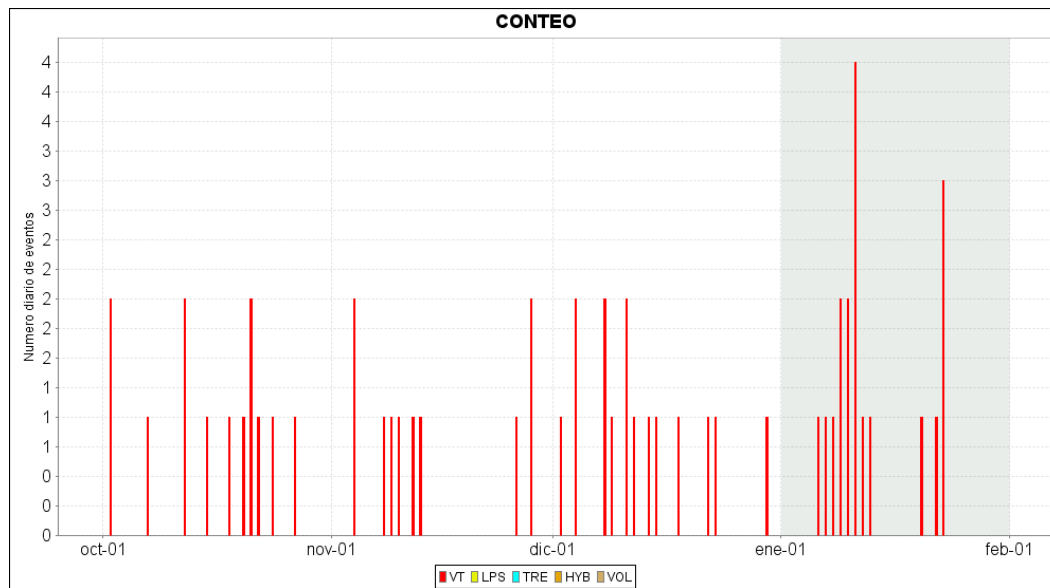


Figura 83. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

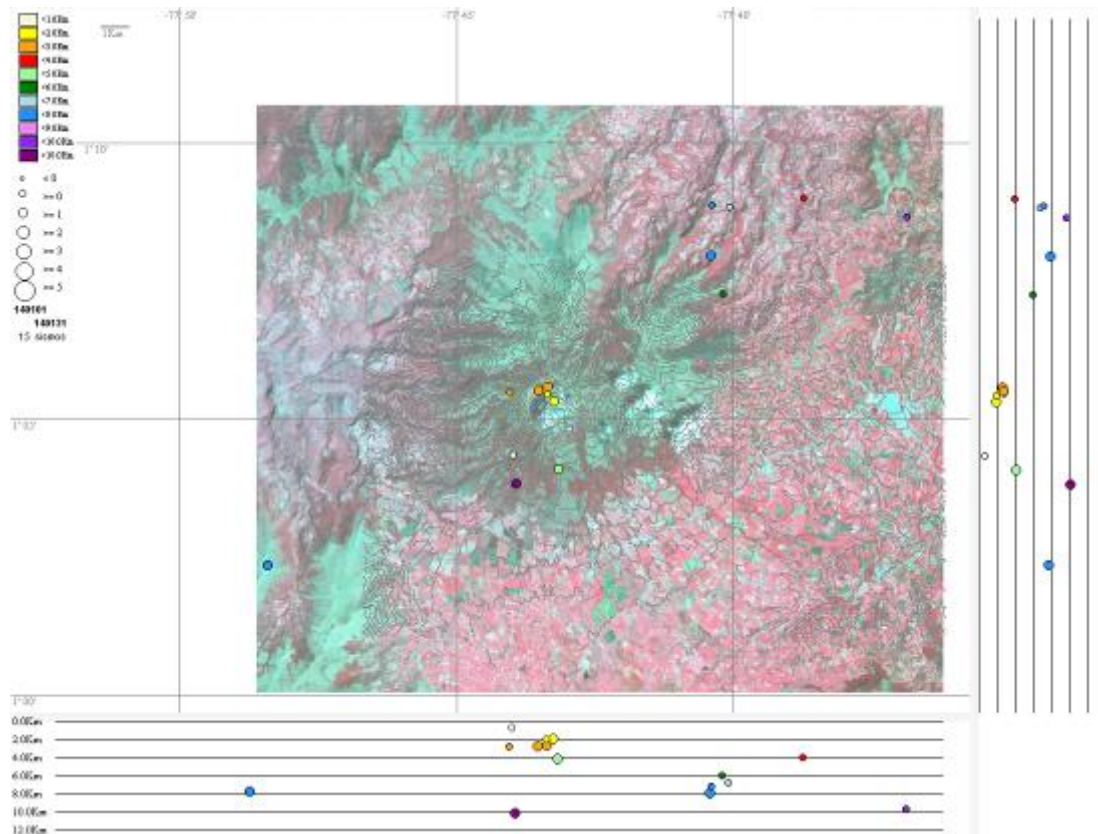


Figura 84. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de enero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

3.2.3. Deformación Volcánica

3.2.3.1. Inclínometría Electrónica

Las componentes de los inclinómetros electrónicos Chaitán (ubicado a 4.3 km al este-noreste de la laguna Verde del volcán Azufra, 3730 m.s.n.m.), y La Roca (ubicado a 1.2 km., al este de la laguna Verde del volcán, 4025 msnm), registraron variaciones, posiblemente asociadas con problemas en el equipo. Pese a que se realizaron los respectivos mantenimientos, hasta el momento no se ha verificado a que obedecen estos comportamientos, principalmente registrados en el inclinómetro La Roca, que desde julio de 2013 hasta enero de 2014 acumula cerca de 4200 y 8200 μrad en la componente Norte y Este, respectivamente (Figuras 80 y 81). En el último mantenimiento realizado en La Roca, en diciembre de 2013, el sensor fue nivelado nuevamente, y sin embargo el comportamiento de las dos componentes es similar al que venía presentando antes de las labores realizadas en campo, por lo que no se descarta que las variaciones estén asociadas a procesos de deformación de la zona.

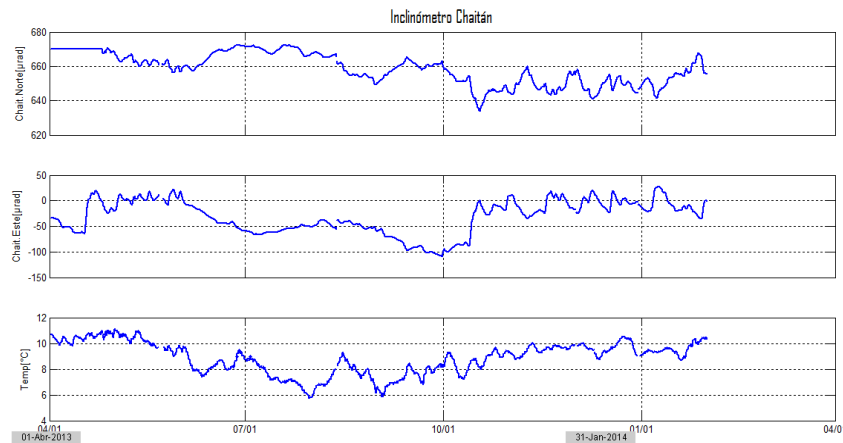


Figura 85. Componentes de inclinación Norte, Este, y sensor de temperatura, del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.

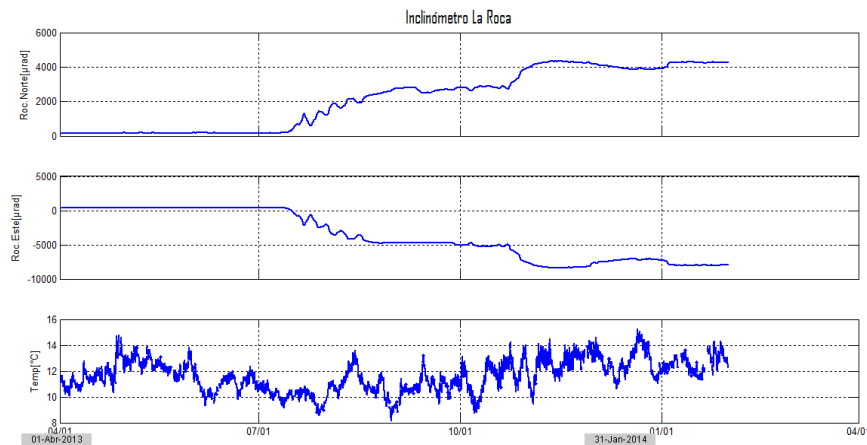


Figura 86. Componentes de inclinación Norte, Este, y sensor de temperatura, del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2013 y el 31 de enero de 2014.

3.2.3.2. Medición Electrónica de Distancias - E.D.M.

La red EDM instalada en el volcán Azufral, está compuesta por 10 prismas reflectores, instalados alrededor del volcán y cuatro Bases de medición, una de ellas instalada en la cima del volcán (Base 1-Mojón) y las restantes en la base del volcán (Figura 87).

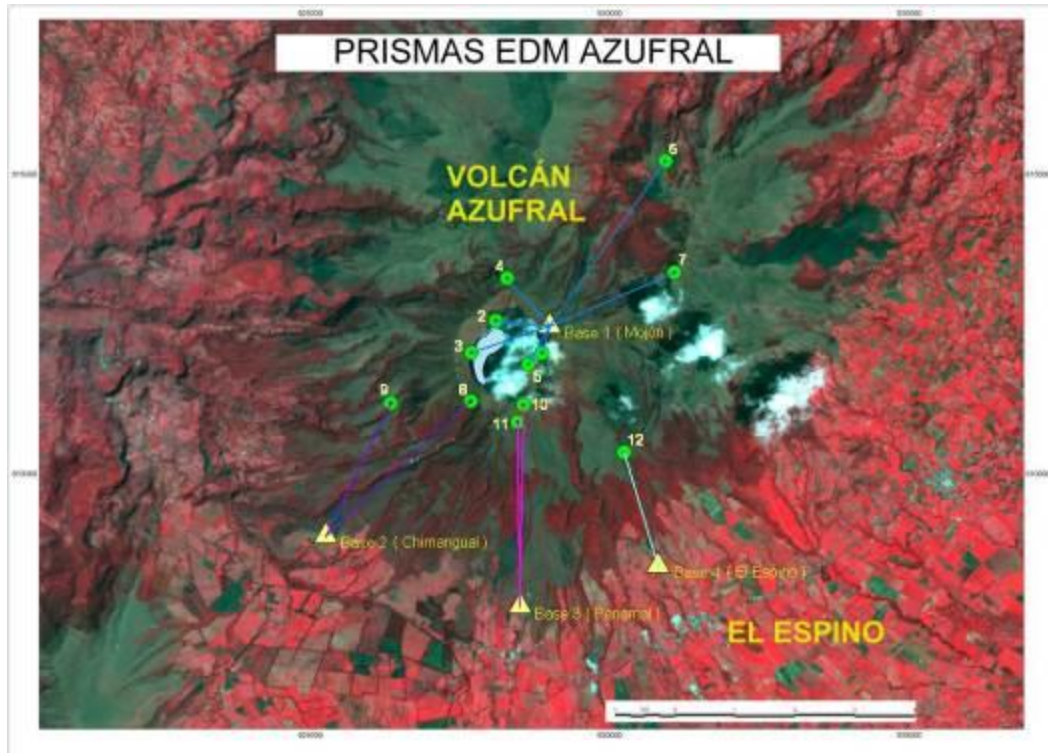


Figura 87. Mapa de localización de los puntos materializados para mediciones EDM, en el volcán Azufral. Las figuras de color amarillo indican la ubicación de las Base 1, 2, 3 y 4, los círculos de color verde indican la ubicación de los prismas reflectores.

Para el periodo evaluado se realizó tan solo una toma de datos, con respecto a las líneas de medición realizadas desde la Base 1, se tiene que para los puntos 2, 3 y 7, en relación a la medida anterior, presentan una disminución en la distancia, con valores entre 23 y 18 mm, indicando una posible inflación de la zona donde están ubicados, los prismas restantes mostraron incremento en la distancia, con valores entre 8 y 25 mm, indicando deflación en la zona (Figura 88).

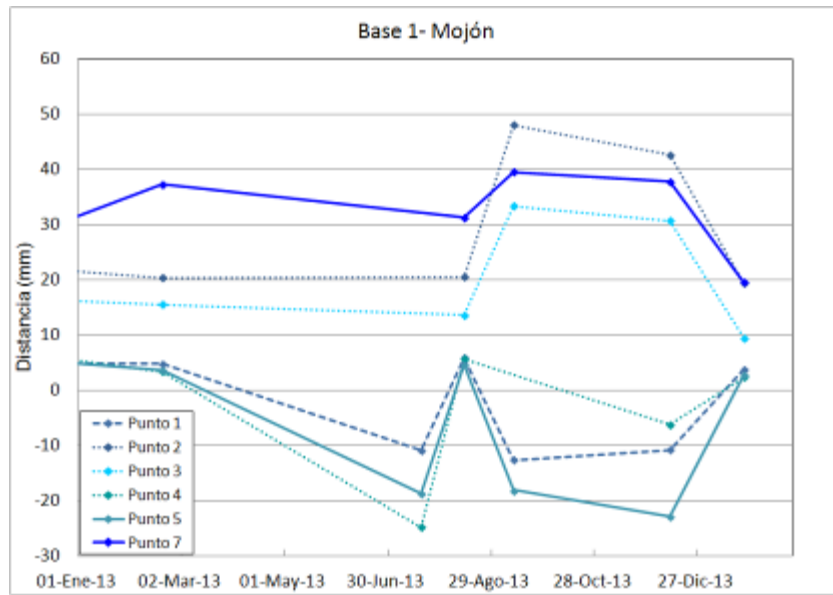


Figura 88. Comportamiento de las líneas de medición realizadas desde la Base 1 en el volcán Azufral entre enero de 2013 y enero de 2014.

Desde la Base 2 – Chimangual se tenía contemplado tomar medidas hacia dos prismas reflectores, pero se decidió retirar el prisma 8, puesto que se encontró lleno de agua. Luego, de acuerdo a lo mostrado por el prisma 9 (Figura 89), se observa con respecto a la medida anterior, un incremento en la medida cercana a los 40 mm indicando una posible deflación de la zona.

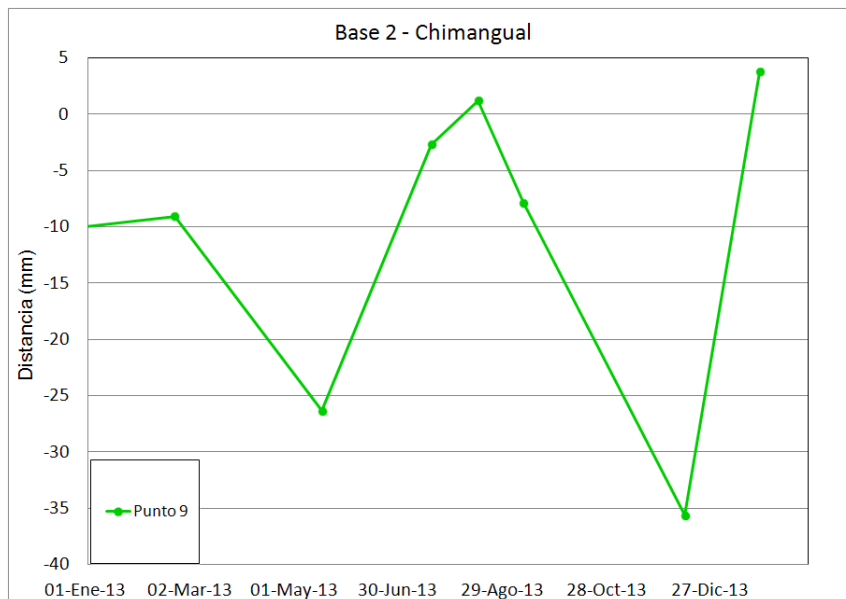


Figura 89. Comportamiento de las líneas de medición realizadas desde la Base 2 en el volcán Azufral entre enero de 2013 y enero de 2014.

Para el periodo evaluado desde la Base 3 – Panamal, tan solo se tienen dos medidas, por lo cual no se define ningún comportamiento o tendencia (Figura 90).

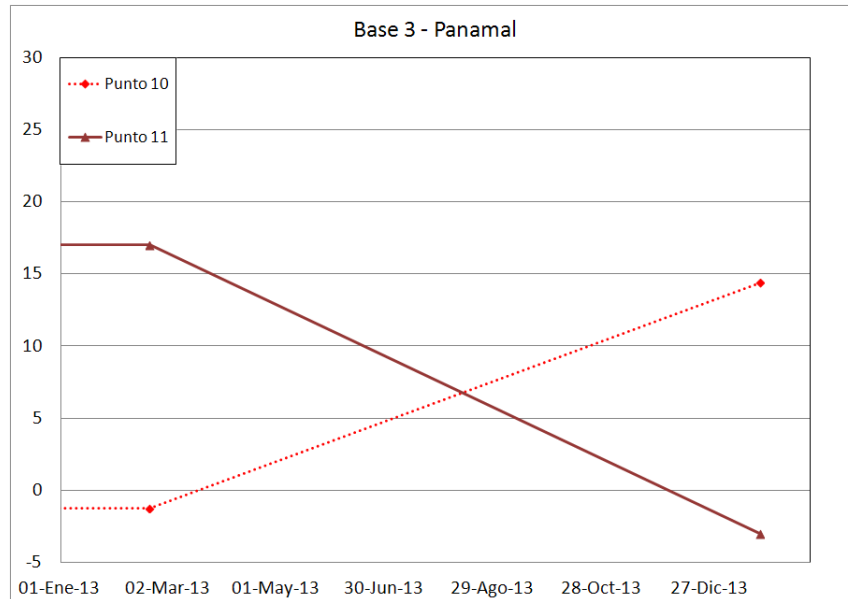


Figura 90. Comportamiento de las líneas de medición realizadas desde la Base 3 en el volcán Azufral entre enero de 2013 y enero de 2014.

Con respecto a la Base 4 – El Espino, para el prisma 12 se observan fluctuaciones en su registro, algunas de estas variaciones están dentro del rango de medida del equipo (± 3 mm), con respecto a la medida anterior se tiene una variación de 3 mm (Figura 91).

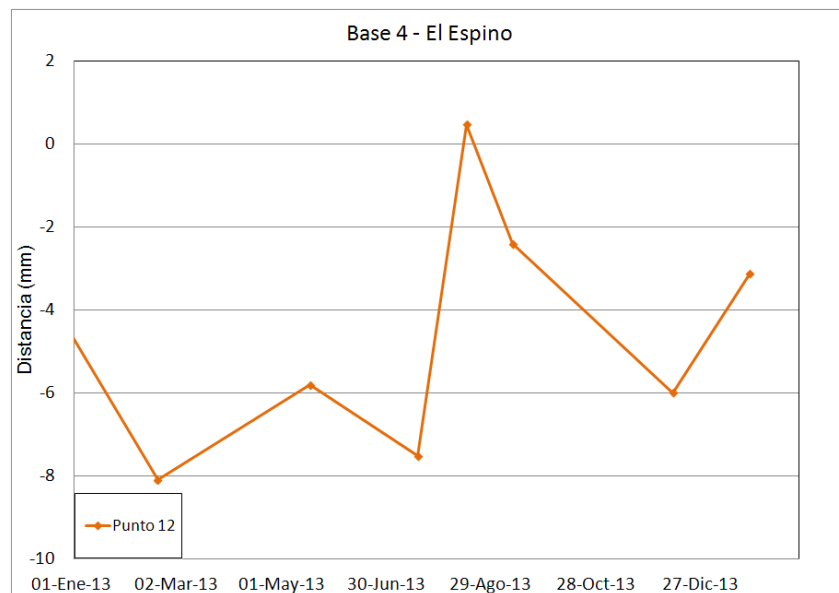


Figura 91. Comportamiento de las líneas de medición realizadas desde la Base 4 en el volcán Azufral entre enero de 2013 y enero de 2014.

3.2.4. Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos

Condiciones de clima favorables durante gran parte del mes, exceptuando los días 2, 5, 13, 14, 15, 17, 18, 19 y 20 de enero de 2014, permitieron a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán, registrar emisiones de gases de color blanco de baja altura provenientes principalmente de uno de los domos activos ubicados al nororiente de la Laguna Verde.

En las Figuras 87 a 91 se presentan algunas imágenes las cuales se asocian a procesos de emisión de gases en Azufral.

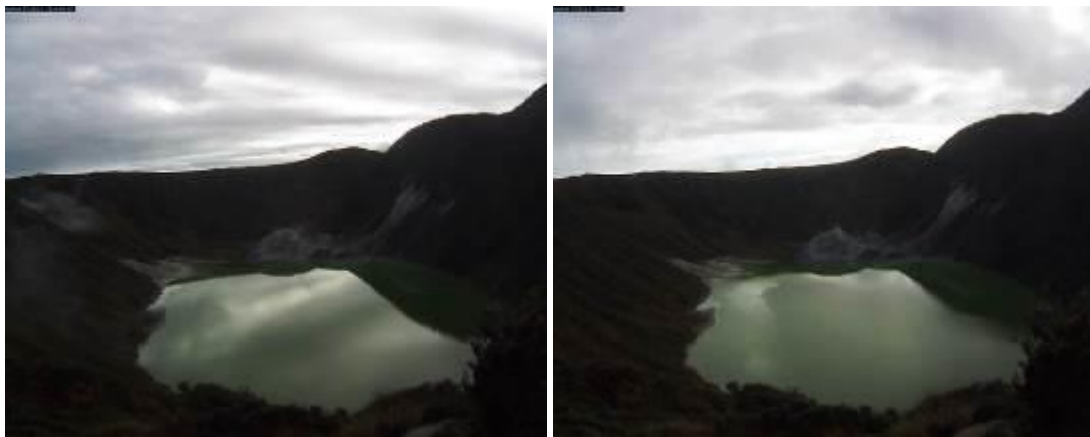


Figura 92. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 7 de enero de 2014 en horas de la mañana, por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías se observa salida de gases de uno de los domos.

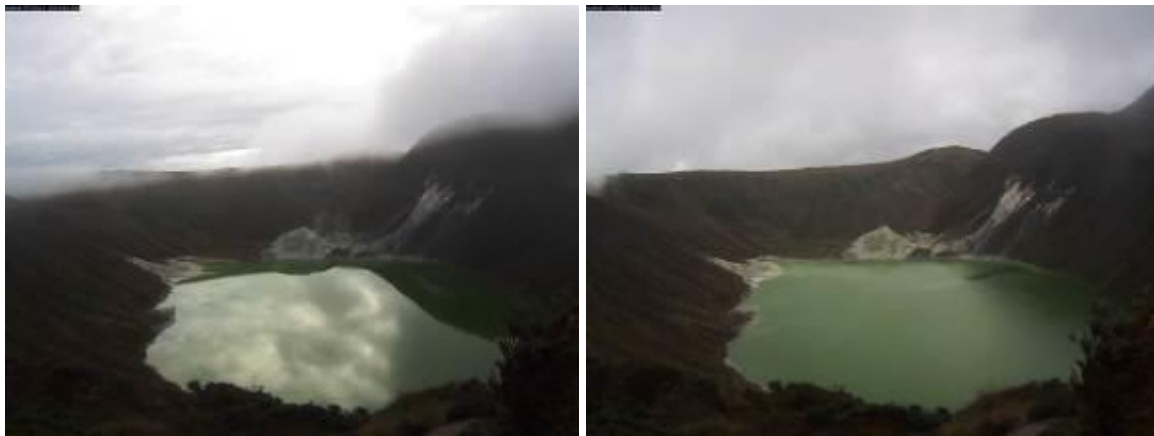


Figura 93. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, capturadas el 8 de enero de 2014, izquierda: en horas de la mañana, derecha: en horas de la tarde, por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.



Figura 94. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufra, capturadas el 11 de enero de 2014 por la cámara instalada hacia el sector sur, en las fotografías se observa salida de gases de uno de los domos.



Figura 95. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufra, capturadas el 25 de enero de 2014 en horas de la tarde por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos.



Figura 96. Imágenes de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufra, capturadas el 28 de enero de 2014 por la cámara instalada hacia el sector sur, en la fotografía se observa salida de gases de uno de los domos

3.2.5. Conclusiones

- La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante el mes de enero de 2014 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

3.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS

3.3.1. Ubicación Geográfica

El volcán Las Ánimas, con altura de 4300 msnm, se encuentra situado al suroccidente de Colombia, en el departamento de Nariño en límites con el departamento del Cauca, más exactamente emplazado en el Macizo Colombiano a unos 11 km al noreste del volcán Doña Juana y a 12 km al suroeste del volcán Petacas. En su zona de influencia se ubican los municipios La Cruz, San Pablo, Las Mesas, La Unión, Colón, San Bernardo del Departamento de Nariño y Florencia, Bolívar y Santa Rosa en el Departamento del Cauca (Figura 97).

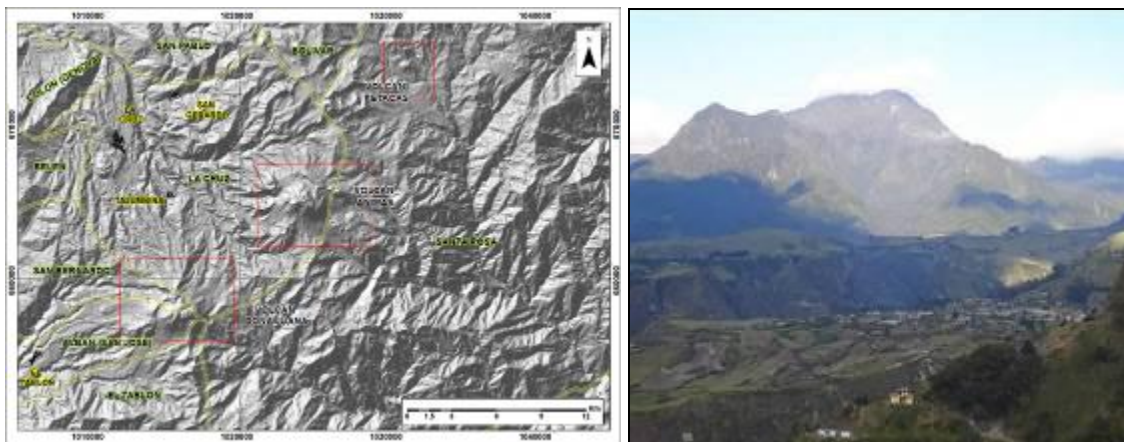


Figura 97. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

3.3.2. Red de vigilancia

La red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas y dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental. Es de resaltar que la estación multiparámetro Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas (Figura 98, Tabla 21).

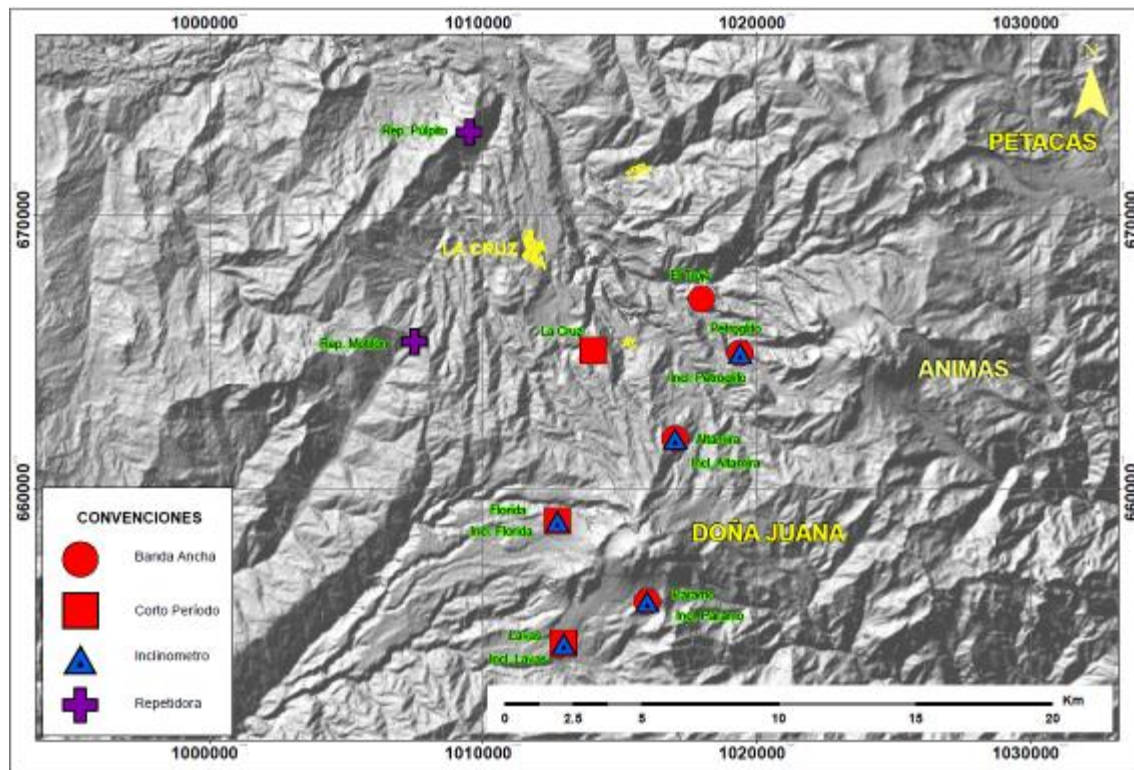


Figura 98. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de enero de 2014.

Tabla 21. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de enero de 2014.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al centro del volcán (Km)	Dirección respecto al centro del volcán	Altitud (msnm)
Altamira	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,9	SW	3137
I. Altamira	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	7,9	SW	3137
Petroglifo	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4,6	W	2905
I. Petroglifo	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4,6	NW	2905
Troje	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	6,2	NW	2726

En el periodo evaluado, la red de estaciones instaladas para el monitoreo del volcán Las Ánimas presentó un funcionamiento promedio del 99% (Figura 99).

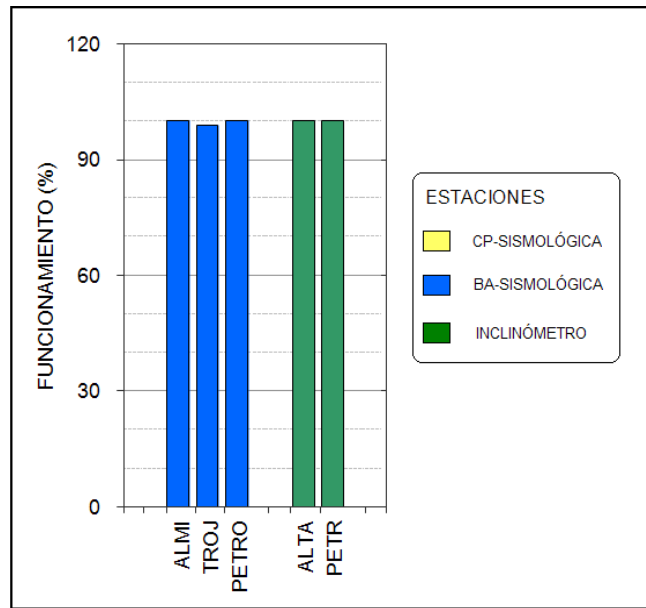


Figura 99. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante enero de 2014.

3.3.3. Sismología

Respecto a la actividad de este volcán para el mes de enero de 2014, los eventos tipo VT disminuyeron considerablemente, registrándose solo 2, a diferencia del mes de diciembre de 2013 cuando se presentaron 12 (Tabla 22). Fue posible localizar los dos eventos registrados, que se ubicaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico, a distancias entre 3.0 y 6.6 km en relación al cráter volcánico, con profundidades entre 6 y 10 km respecto a la cima y magnitudes entre 1.6 y 1.8 en la escala de Richter (Figura 100).

Tabla 22. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Las Ánimas, ocurridos entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, el mes objeto de evaluación se resalta en color azul.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo		
	VT	VOL	TOTAL
01-oct-13 a 31-oct-13	0	0	0
01-nov-13 a 30-nov-13	6	0	6
01-dic-13 a 31-dic-13	12	0	12
01-ene-14 a 31-ene-14	2	0	2

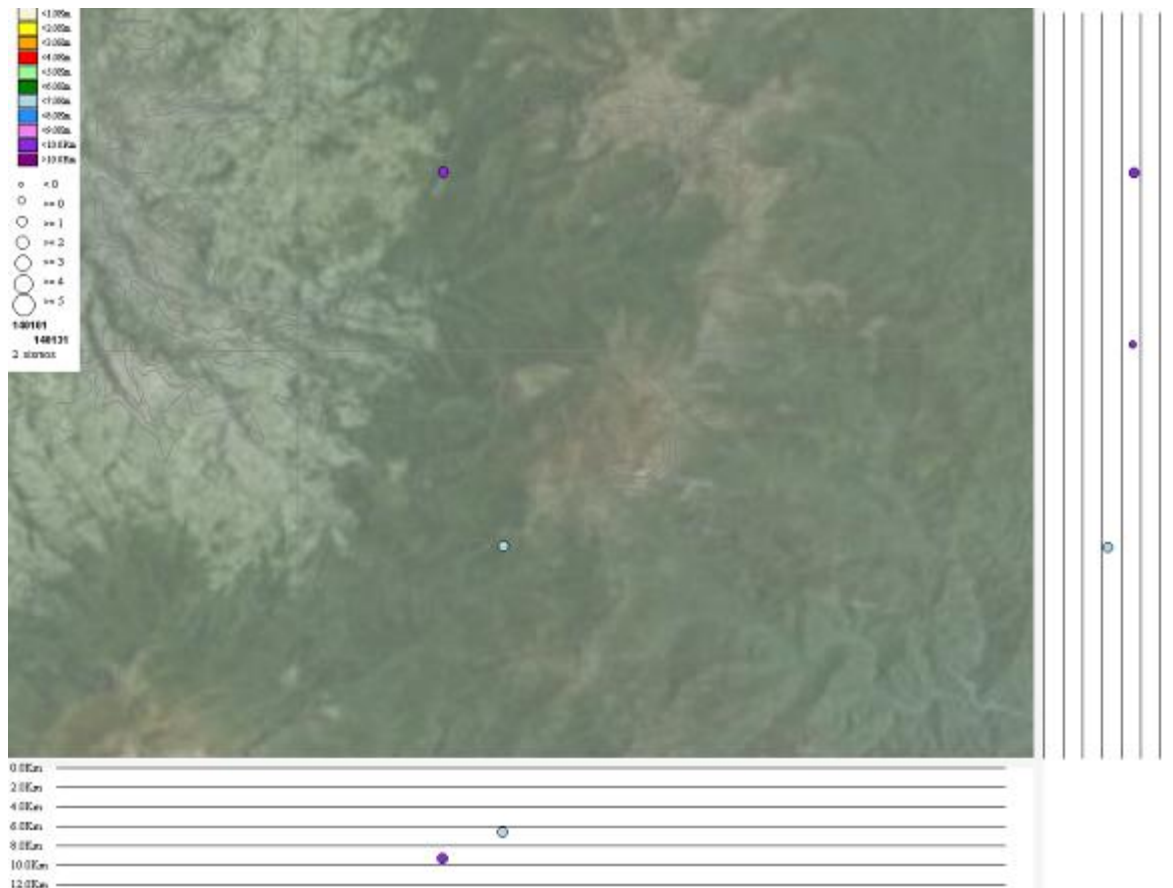


Figura 100. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas, en el mes de enero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km., de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

3.3.4. Deformación Volcánica

En este momento, para el monitoreo de los cambios en superficie del volcán Las Ánimas se cuenta con dos inclinómetros electrónicos localizados en las zonas conocidas como Altamira y Petroglifo. La estación multiparámetro Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

Para el periodo evaluado se resalta el ascenso ocurrido en la componente Norte del inclinómetro Altamira, el cual desde el 26 de enero hasta el 31, es de 50 μ rad, mientras que la componente Este muestra un comportamiento estable con fluctuaciones por debajo de los 10 μ rad (Figura 101).

Respecto al registro del inclinómetro Petroglifo, para el periodo evaluado persiste la tendencia ascendente mostrada desde su instalación en la componente Norte, mientras que en la Este se tiene estabilidad (Figura 102).

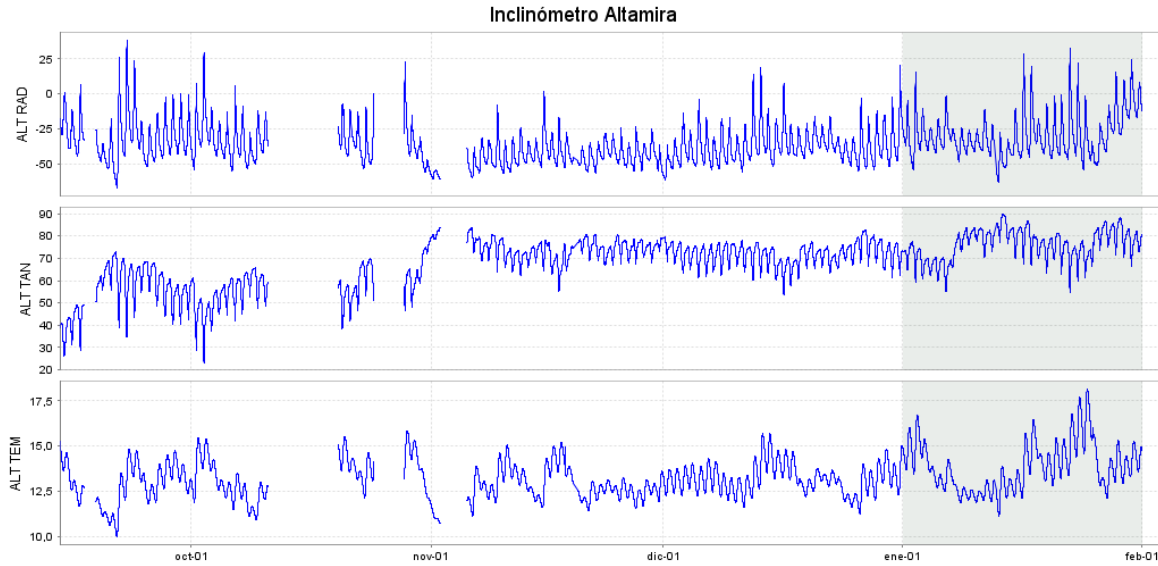


Figura 101. Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 30 de agosto de 2013 y el 31 de enero de 2014.

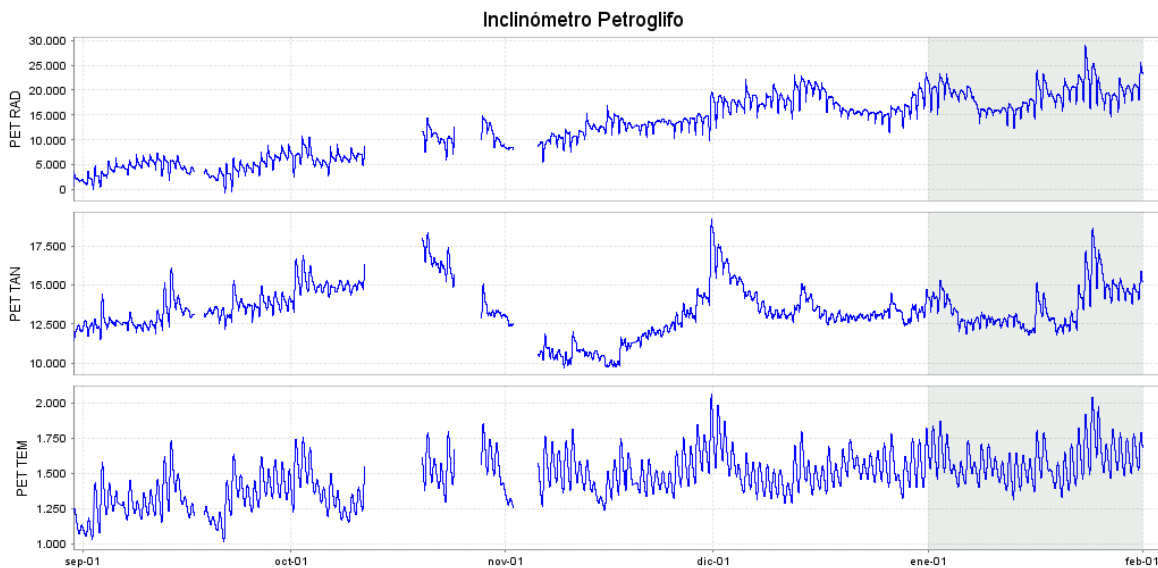


Figura 102. Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 30 de agosto y el 31 de enero de 2014.

3.3.5. Actividad Superficial

Durante el mes de enero de 2014 no se tuvieron reportes relacionados con actividad superficial del volcán Las Ánimas.

3.3.6. Conclusiones

La evaluación de la actividad volcánica de Las Ánimas durante el mes de enero de 2014 permitió establecer el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

3.4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO

3.4.1. Ubicación Geográfica

Los volcanes Chiles y Cerro Negro se encuentran ubicados al suroeste del país, en el departamento de Nariño, más exactamente en la frontera entre Colombia y Ecuador. Con una altura de 4748 msnm, Chiles se localiza a unos 15.5 km al suroeste del Complejo Volcánico Cumbal. Por su parte, el volcán Cerro Negro, con una altura de 4470 msnm se localiza a 16.5 km al suroeste del Complejo Volcánico Cumbal. El acceso es posible realizarlo por dos carreteras principales, una que parte desde Chiles hasta Tiuquer en Colombia, y otra desde Tufiño hasta Maldonado en el Ecuador; el ascenso hasta las partes más altas se efectúa por numerosos caminos utilizados por la gente de la región (Figura 103).

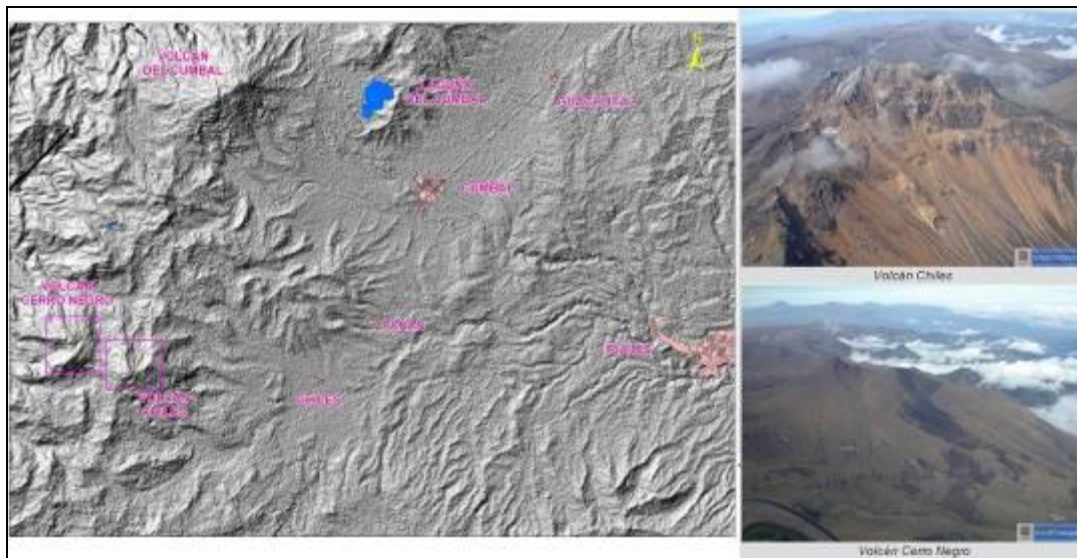


Figura 103. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.4.2. Red de vigilancia

Gracias a la colaboración de las autoridades y habitantes del Cabildo indígena de Chiles ubicado en el municipio de Cumbal, el grupo del OVSP logró instalar, a comienzos del mes de noviembre de 2013, estaciones telemétricas sísmicas y deformación en los volcanes Chiles y Cerro Negro, con sus correspondientes repetidoras, que permiten recibir las señales en nuestra sede en la ciudad de San Juan de Pasto, y así establecer una línea base y seguimiento de su actividad.

En este momento, la red de monitoreo del volcán Chiles está conformada por dos estaciones sísmicas de banda ancha y dos inclinómetros electrónicos, una de las estaciones ubicada en la cima volcánica en el costado occidental y la otra en el sector denominado El Morro, ubicado al nororiente del volcán. Por su parte, la red de monitoreo del volcán Cerro Negro está conformada por una estación sísmica de banda ancha y un inclinómetro electrónico, ubicada al noroccidente de la parte alta del volcán (Figura 104, Tabla 23).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro presentó un funcionamiento promedio del 99% (Figura 105).

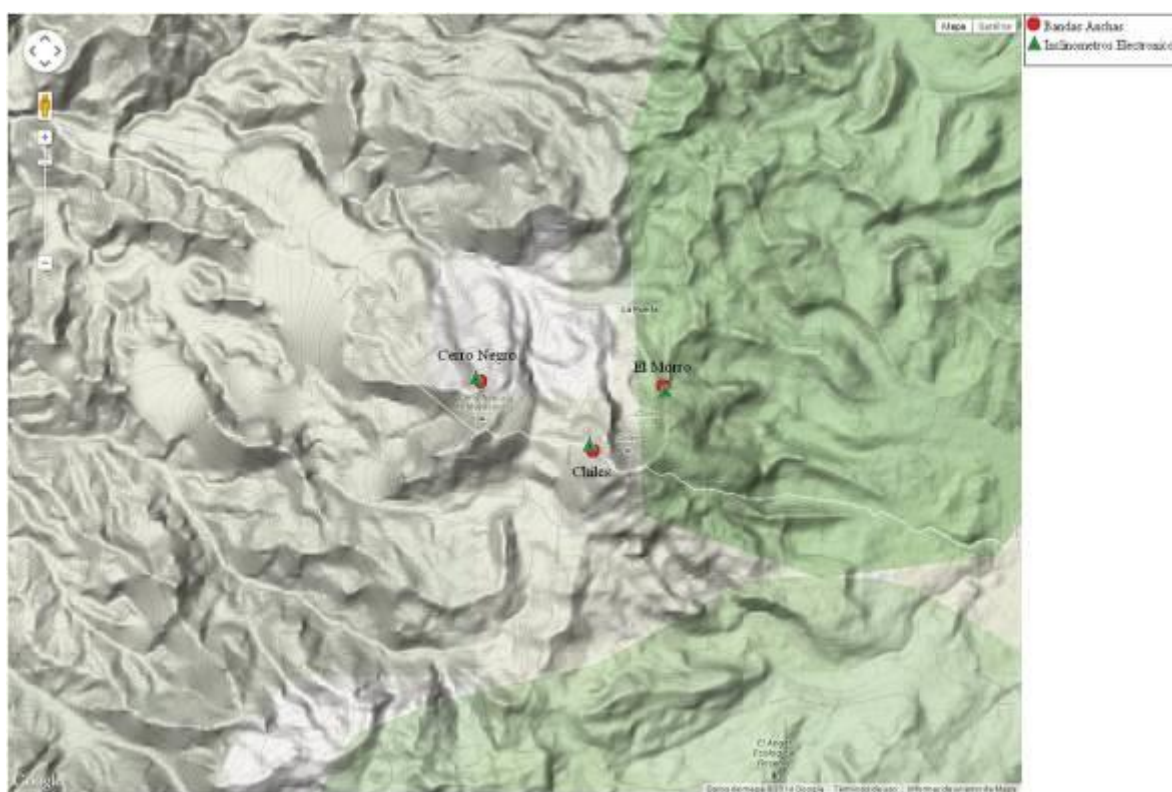


Figura 104. Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.

Tabla 23. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de enero de 2014.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia Respecto a Chiles (Km)	Dirección respecto al centro del volcán	Altitud (msnm)
Chiles	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1	WNW	4478
I. Chiles	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1	WNW	4478
El Morro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	1,9	NNE	4068
I. El Morro	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1,9	NNE	4068
Cerro Negro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	4216
I. Cerro Negro	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4	WNW	4216

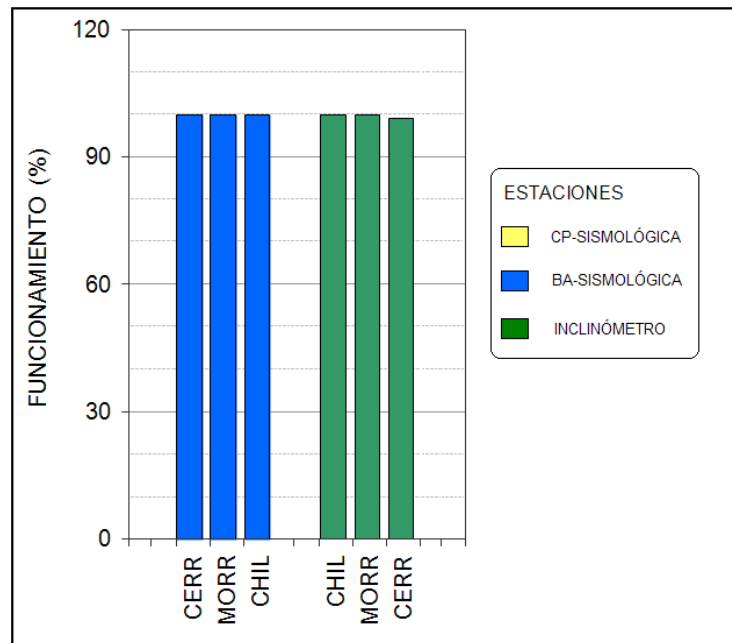


Figura 105. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de enero de 2014.

3.4.3. Sismología

Respecto a la actividad del complejo volcánico Chiles – Cerro Negro, la ocurrencia sísmica en el mes de enero de 2014 presentó una notable disminución del 65% respecto al mes anterior, pasando de 7005 a 2437 sismos (Tabla 24, Figura 106), de los cuales fue posible localizar 387 eventos que preferencialmente se ubican entre 2 y 4 km al suroccidente de Chiles (4.5 Km al sureste de Cerro Negro), con profundidades entre 1 y 12 km respecto a la cima volcánica y magnitudes locales entre 0.1 y 3.2 en la escala de Richter, la mayor parte de los eventos registrados presentaron magnitudes inferiores a 1 (Figura 107). Se resaltan los sismos del día 19 de enero de 2014 a las 4:53 y 5:43 a.m. que presentaron magnitudes de 3.2 y 2.1, con epicentros a 3.8 y 4.6 km respectivamente del volcán Chiles y profundidad de 4.2 km, los cuales fueron reportados como sentidos por habitantes del sector del resguardo indígena de Chiles, Corregimiento del municipio de Cumbal (Nariño).

Tabla 24. Número de eventos volcánicos por tipo, para el volcán Chiles, ocurridos entre el 2 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014, incluyendo los registros clasificados como Volcánicos y el mes objeto de evaluación, resaltado en color azul.

Periodo Evaluado	Número de Eventos por Tipo					
	VT	LPS	TRE	HYB	VOL	TOTAL
02-oct-13 a 31-oct-13	76	0	0	0	0	76
01-nov-13 a 30-nov-13	7376	0	0	0	0	7376
01-dic-13 a 31-dic-13	6976	18	0	11	0	7005
01-ene-14 a 31-ene-14	2407	26	0	4	0	2437

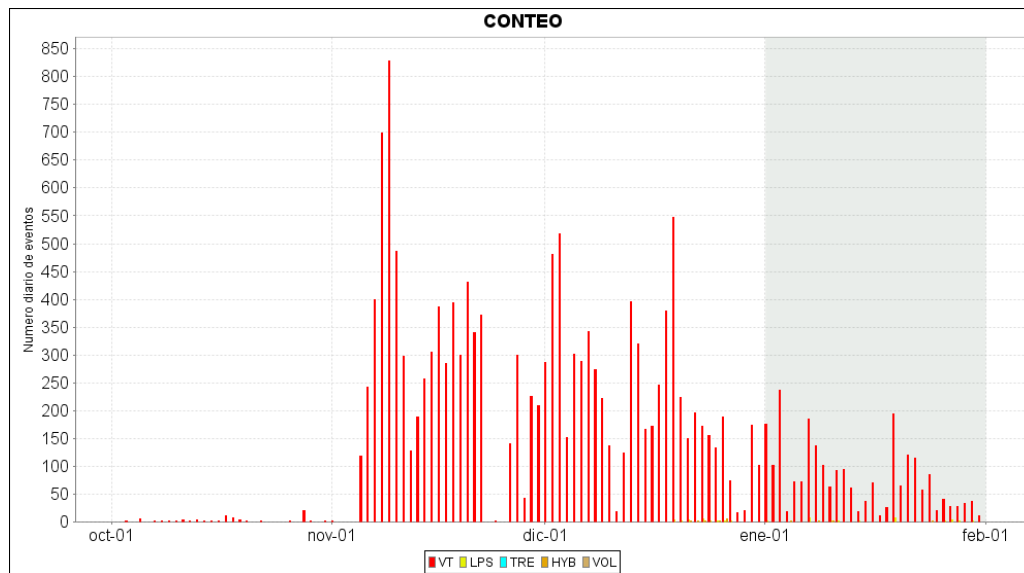


Figura 106. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles entre el 1 de octubre de 2013 y el 31 de enero de 2014. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

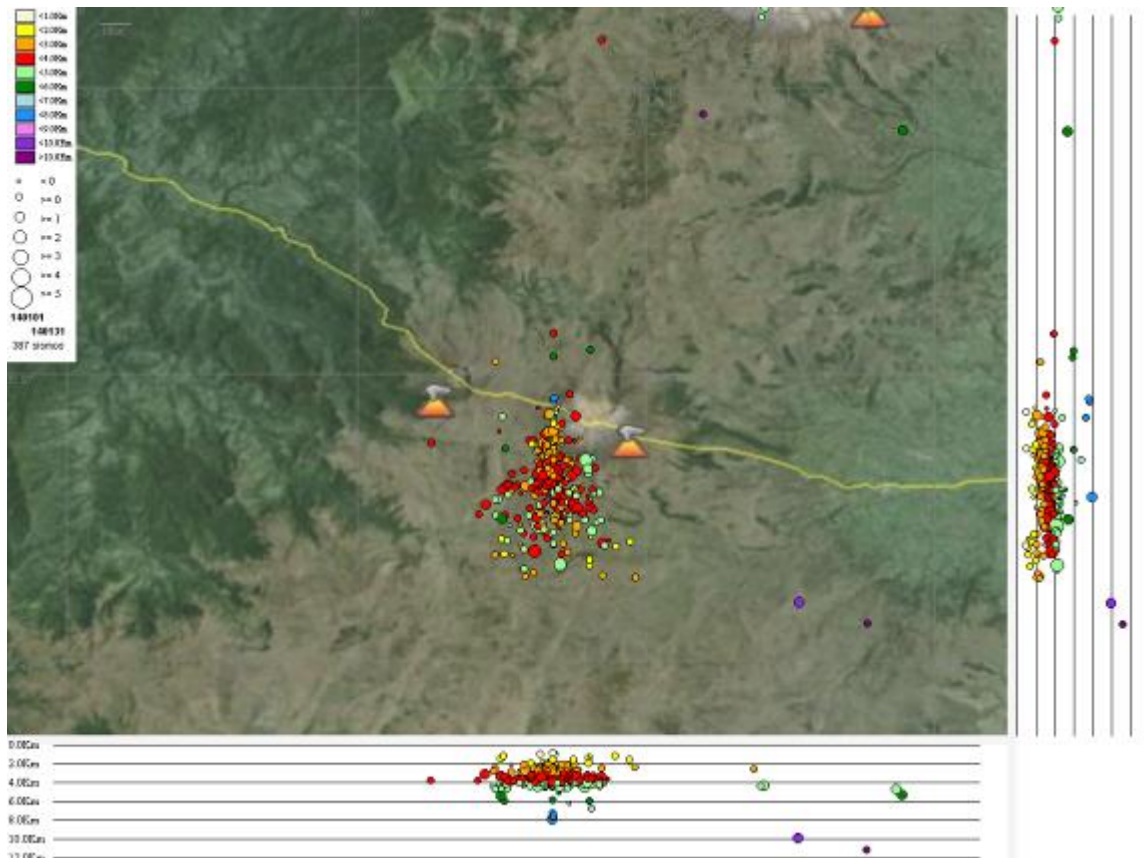


Figura 107. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de enero de 2014, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2.0 Km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

3.4.4. Deformación Volcánica

En este momento, para el monitoreo de los cambios en superficie del volcán Chiles se cuenta con dos inclinómetros electrónicos, una de las estaciones ubicada en la cima volcánica en el costado occidental y la otra en el sector denominado El Morro, ubicado al nororiente del volcán. Por su parte, para el seguimiento de estos cambios, en el volcán Cerro Negro se tiene un inclinómetro electrónico, ubicado al noroccidente de la parte alta del volcán.

Respecto a los cambios registrados por las componentes Norte y Este del inclinómetro Chiles, se muestra un comportamiento estable (Figura 108). Las componentes Norte y Este del inclinómetro El Morro muestran un comportamiento levemente ascendente desde el 5 de diciembre de 2013, pese a que es poco tiempo de registro desde su instalación, es importante hacer un seguimiento a este comportamiento (Figura 109).

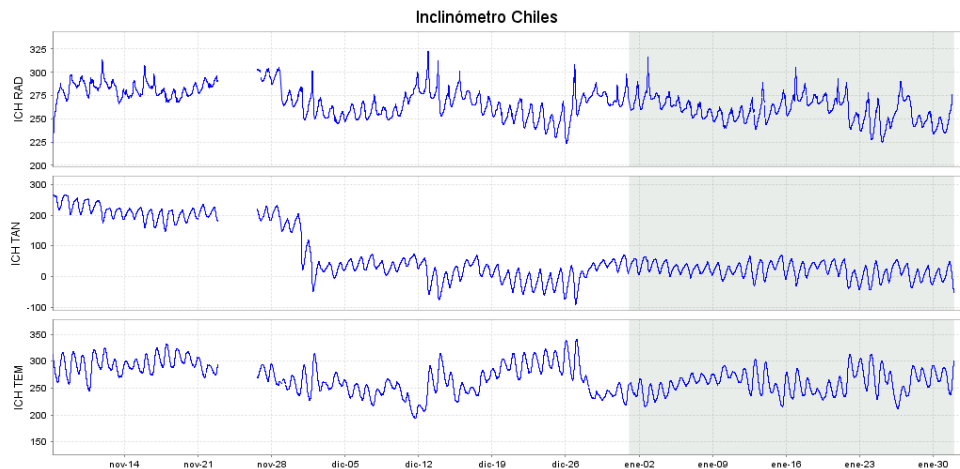


Figura 108. Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 7 de noviembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.

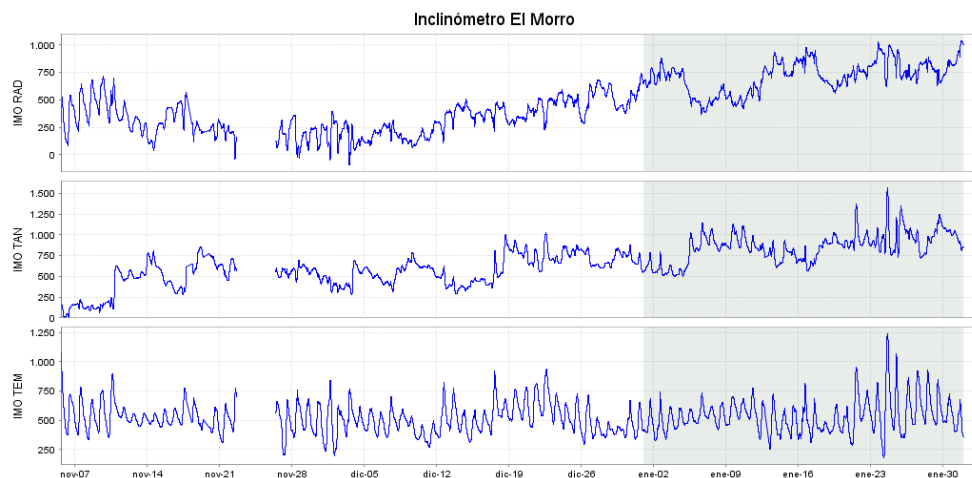


Figura 109. Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro El Morro, instalado en el volcán Chiles, para el periodo comprendido entre el 6 de noviembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.

En la Figura 110 se presenta el registro del Inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, en el cual se observó un cambio en sus componentes desde el 14 de diciembre de 2013, cambio que es objeto de estudio. Es de resaltar que solo se cuenta con un sensor en este volcán.

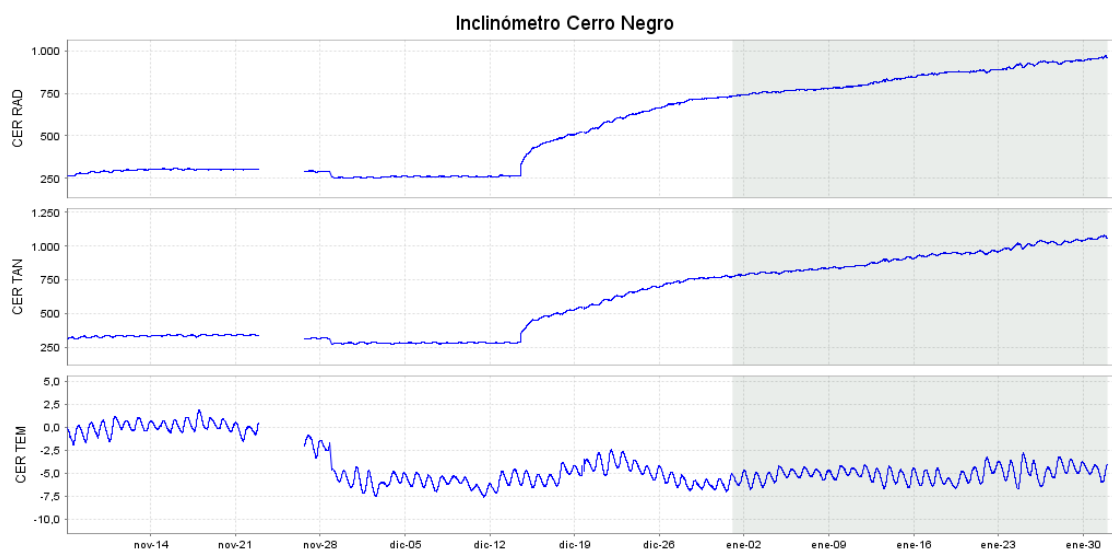


Figura 110. Componentes de inclinación Norte (TAN), Este (RAD) y Temperatura del inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 7 de noviembre de 2013 y el 31 de enero de 2014.

3.4.5. Actividad Superficial

Durante el mes de enero de 2014 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro.

3.4.6. Conclusiones

Con base en la información disponible del mes de enero de 2014 se estableció el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.