

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		Darío Fernando Arcos Guerrero
Fecha	De publicación/disposición tres primeras letras del mes/año	Mar/2016
Título		INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES GALERAS, CUMBAL, CHILES, CERRO NEGRO, LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL. FEBRERO DE 2016.
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, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. 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.	Febrero de 2016.

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 Cumbal. Zona de influencia del Volcán Chiles. Zona de influencia del Volcán Cerro Negro. Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. Zona de influencia del Volcán Doña Juana. Zona de influencia del Volcán Azuftral.
Coordenadas /limites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptor		
Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	Descriptor 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, como activo, municipios de la carretera Circunvalar a Galeras, Pasto. - Zona de influencia del Volcán Cumbal. - Zona de influencia del Volcán Chiles. - Zona de influencia del Volcán Cerro Negro. - Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. - Zona de influencia del Volcán Doña Juana. - Zona de influencia del Volcán Azuftral.
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\2016\feb
Calidad de los datos		
Informe general de calidad	Incluye conceptos sobre limitaciones, exactitud temática, contenido,	Se vigila y monitorea las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica y

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
	normatividad	sísmica en la zona de influencia del Volcán 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/2016.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 22 07 97
Correo electrónico		cliente@sgc.gov.co



**INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
GALERAS, CUMBAL, CHILES Y CERRO NEGRO, LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y
AZUFRAL
FEBRERO DE 2016**

Edición:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, marzo de 2016

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – FEBRERO DE 2016	4
1.1. RED DE VIGILANCIA	4
1.2. SISMOLOGÍA	9
1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	13
1.3.1. Inclinometría Electrónica	13
1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes	18
1.4. GEOQUÍMICA	21
1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO ₂	22
1.4.2. Mediciones del gas Radón – Rn ₂₂₂	23
1.5. ELECTROMAGNETISMO	25
1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS	29
1.7. CONCLUSIONES	32
2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – FEBRERO DE 2016	33
2.1. RED DE VIGILANCIA	33
2.2. SISMOLOGÍA	34
2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	38
2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	41
2.5. CONCLUSIONES	43
3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – FEBRERO DE 2016	43
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	43
3.2. RED DE VIGILANCIA	44
3.3. SISMOLOGÍA	46
3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	50
3.5. GEOQUÍMICA	52
3.5.1. Registro de temperatura – Estación Térmica Chiles	52
3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	53
3.7. CONCLUSIONES	53
4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – FEBRERO DE 2016	54
4.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS	54
4.1.1. Ubicación Geográfica	54
4.1.2. Red de vigilancia	55
4.1.3. Sismología	57
4.1.4. Deformación Volcánica	57
4.1.5. Actividad Superficial	59
4.1.6. Conclusiones	59
4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA	59
4.2.1. Red de vigilancia	59
4.2.2. Sismología	60
4.2.3. Deformación Volcánica	61
4.2.4. Actividad Superficial	63
4.2.5. Conclusiones	63
4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	63
4.3.1. Red de vigilancia	63
4.3.2. Sismología	65

4.3.3.	Deformación Volcánica	67
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	67
4.3.3.2.	Medición Electrónica de Distancias - E.D.M.	67
4.3.3.3.	Estaciones GNSS Permanentes	70
4.3.4.	Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos	70
4.3.5.	Conclusiones	72

TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2016.	5
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2016.	6
Tabla 3.	Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2016.	6
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras.	7
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	7
Tabla 6.	Ubicación geográfica (WGS 84) de las fuentes termales en el Volcán Galeras.	8
Tabla 7.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	9
Tabla 8.	Energía sísmica liberada por tipo de evento para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	11
Tabla 9.	Emisiones de SO ₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de febrero de 2016, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).	23
Tabla 10.	Valores de concentración de flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Lavas – febrero de 2016.	24
Tabla 11.	Valores de concentración de flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Parques – febrero de 2016.	25
Tabla 12.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2016.	34
Tabla 13.	Número de eventos volcánicos por tipo registrados entre noviembre de 2015 y el 29 de febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	35
Tabla 14.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2016.	45
Tabla 15.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	45
Tabla 16.	Número de eventos sísmicos ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro registrados entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	47
Tabla 17.	Energía sísmica liberada por los eventos tipo VT localizados para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada.	48
Tabla 18.	Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – febrero de 2016.	53

Tabla 19.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2016.	55
Tabla 20.	Estaciones de monitoreo que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.	59
Tabla 21.	Estaciones sísmicas e inclinómetros electrónicos instalados en el volcán Azufral.	64
Tabla 22.	Número de sismos volcánicos por tipo registrados en el volcán Azufral entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	66
Tabla 23.	Energía sísmica liberada por los eventos tipo VT localizados para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	66

FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Mapa de localización de las estaciones sísmicas y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2016.	6
Figura 2	Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros, GNSS y EDM que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2016.	7
Figura 3	Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, ScanDOAS, trampa alcalina, CO ₂ , fuentes termales y radón telemetrado que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2016.	8
Figura 4	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de febrero de 2016, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.	8
Figura 5	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. La zona sombreada corresponde al periodo evaluado en este informe.	9
Figura 6	Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero (barras de la derecha) respecto al mes de enero (barras de la izquierda).	10
Figura 7	Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, para los meses de enero y febrero de 2016.	10
Figura 8	Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de noviembre de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	11
Figura 9	Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para febrero de 2016 (barras de la derecha) respecto a enero de 2016 (barras de la izquierda).	12
Figura 10	Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada por tipo de sismos para enero y febrero de 2016.	12
Figura 11	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados en el mes de febrero de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2.0 km de profundidad.	13
Figura 12	Componentes de inclinación Tangencial y Radial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	14
Figura 13	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	14
Figura 14	Componentes de inclinación Tangencial y Radial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	15

Figura 15	Componentes de inclinación Tangencial y Radial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	15
Figura 16	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	16
Figura 17	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	16
Figura 18	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	17
Figura 19	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	17
Figura 20	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.	18
Figura 21	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2014 y el 10 de febrero de 2016.	19
Figura 22	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2014 y el 11 de febrero de 2016.	19
Figura 23	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2014 y el 10 de febrero de 2016.	20
Figura 24	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 9 de febrero de 2016.	20
Figura 25	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 10 de febrero de 2016.	21
Figura 26	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2014 y el 8 de febrero de 2016.	21
Figura 27	Flujo de emisión de SO_2 registrado desde el 1 de noviembre de 2015 hasta el 29 de febrero de 2016, por los instrumentos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.	22
Figura 28	Flujo de emisión de SO_2 , dirección y velocidad del viento para el mes de febrero de 2016.	23
Figura 29	Concentración de gas radón en suelo - estación telemétrica LAVAS – Febrero de 2016.	24
Figura 30	Concentración de gas radón en suelo - estación telemétrica PARQUES – Febrero de 2016.	25
Figura 31	Variaciones del campo magnético, en la estación Kourou, en Guyana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, para los meses comprendidos entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Componente KOUY (azul), KOUX (roja), KOUZ (verde). La escala de medición está dada en nano Teslas.	26
Figura 32	Variaciones del campo magnético en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde). La escala de medición está dada en nano Teslas.	27
Figura 33	Variaciones del campo magnético en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde). La escala de medición está dada en nano Teslas.	27
Figura 34	Variaciones del campo magnético en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde). La escala de medición está dada en nano Teslas.	28

Figura 35	Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes NS (azul) y EW (rojo) de la estación de Frailejón, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Las unidades de medición son mV/m.	28
Figura 36	Variaciones del Campo eléctrico en las componentes NS (azul) y EW (rojo) de la estación de Barranco, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Las unidades de medición son mV/m.	29
Figura 37	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 2 de febrero de 2016, en horas de la tarde 12:51 p.m. y 5:59 p.m., capturadas desde las cámaras de Bruma y Barranco.	29
Figura 38	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 4 de febrero de 2016, en horas de la tarde 6:26 p.m., capturada desde la cámara ubicada en Barranco.	30
Figura 39	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 13 de febrero de 2016, en horas de la tarde 6:17 p.m. y 6:24 p.m., capturadas desde la cámara de Bruma y Barranco.	30
Figura 40	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 17 de febrero de 2016, a las 6:28 p.m., capturada desde la cámara ubicada en Barranco.	30
Figura 41	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras registrada el 18 de febrero de 2016, en horas de la tarde 6:00 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.	31
Figura 42	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 21 de febrero de 2016, en horas de la tarde 4:20 p.m., capturada desde la cámara ubicada en Barranco.	31
Figura 43	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras registrada el 23 de febrero de 2016, a las 8:52 a.m., fotografía capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.	32
Figura 44	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras registrada el 27 de febrero de 2016, a las 6:15 a.m., fotografía capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.	32
Figura 45	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de febrero de 2016.	33
Figura 46	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2016.	34
Figura 47	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016.	35
Figura 48	Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero (barras de la derecha) respecto al mes de enero (barras de la izquierda).	35
Figura 49	Porcentajes de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal para enero y febrero de 2016.	36
Figura 50	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 29 de febrero de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 msnm).	36
Figura 51	Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 22 de febrero de 2016, a la 1:43 p.m., registrando 34 segundos de duración.	37
Figura 52	Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por las estaciones sísmicas instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 29 de febrero de 2016, resaltando el evento registrado en el mes de febrero de 2016 en el recuadro gris.	38
Figura 53	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	39
Figura 54	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	39
Figura 55	Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	40

Figura 56	Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	40
Figura 57	Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal, el 4 de febrero de 2016, a las 8:45 a.m.	41
Figura 58	Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal, el 5 de febrero de 2016, a las 7:15 a.m.	42
Figura 59	Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal, el 27 de febrero de 2016, a las 5:54 a.m.	42
Figura 60	Localización geográfica de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	43
Figura 61	Estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de febrero de 2016.	44
Figura 62	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 febrero de 2016.	46
Figura 63	Número diario y acumulado de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre noviembre 1 de 2013 y febrero 29 de 2016.	47
Figura 64	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, eventos ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de noviembre de 2015 y febrero de 2016.	48
Figura 65	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura (VT) registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, en febrero de 2016, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad.	49
Figura 66	Energía diaria calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2015 y el 29 de febrero de 2016. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada.	49
Figura 67	Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo VLF, ocurrido en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, el 1 de febrero de 2016, a las 6:41 p.m.	50
Figura 68	Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	51
Figura 69	Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	51
Figura 70	Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro 2 (Cneg2), paralelo al inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre junio de 2014 y el 29 de febrero de 2016.	52
Figura 71	Variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles – febrero de 2016.	53
Figura 72	Imagen de la localización de las tres provincias volcánicas de Colombia, se observa en el sur a Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - SGC.	54
Figura 73	Localización geográfica del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	55
Figura 74	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2016.	56
Figura 75	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante febrero de 2016.	56

Figura 76	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	57
Figura 77	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	58
Figura 78	Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el mes de diciembre de 2015 y el 8 de febrero de 2016.	58
Figura 79	Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	60
Figura 80	Funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana en febrero de 2016.	60
Figura 81	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, eventos ocurridos en la zona de influencia del volcán Doña Juana entre los meses de noviembre de 2015 y febrero de 2016.	61
Figura 82	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	62
Figura 83	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	62
Figura 84	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	63
Figura 85	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2016.	64
Figura 86	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2016.	65
Figura 87	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones telemétricas que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2016.	65
Figura 88	Número diario de sismos volcánicos registrados en el volcán Azufral entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. El recuadro en gris indica el periodo evaluado.	66
Figura 89	Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT registrados en febrero de 2016. En los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica.	67
Figura 90	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 30 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	68
Figura 91	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.	68
Figura 92	Ubicación de las Bases de medición y prismas reflectores materializados sobre la superficie del volcán Azufral, indicando desde donde se ocupa cada prisma (EDM – Medición Electrónica de Distancias).	69
Figura 93	Variaciones en milímetros de las medidas hechas a cada prisma reflector en la ocupación de las Bases, materializadas en el volcán Azufral, técnica conocida como EDM.	69
Figura 94	Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Roca instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 20 de mayo de 2015 y el 10 de febrero de 2016.	70

Figura 95	Emisión de gases del domo Mallama, 3 de febrero de 2016 a las 6:36 a.m.	71
Figura 96	Emisión de gases del domo Mallama, 12 de febrero de 2016 a las 6:26 a.m.	71
Figura 97	Emisión de gases del domo Mallama, 18 de febrero de 2016 a las 12:01 p.m.	72
Figura 98	Emisión de gases del domo Mallama, 26 de febrero de 2016 a las 5:16 p.m.	72

INTRODUCCIÓN

A lo largo del mes de febrero de 2016, el Servicio Geológico Colombiano - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes ubicados al suroccidente colombiano, entre ellos Galeras, Cumbal, Chiles, Cerro Negro, Las Ánimas, Doña Juana y Azufral, tomando datos en forma continua de los diferentes parámetros de estudio que permiten la evaluación de la actividad volcánica, además, realizando muestreos periódicos de otros parámetros geofísicos y geoquímicos, de importancia para la evaluación de la actividad.

Las características de un volcán pueden variar a través del tiempo, y es por ello que surge el monitoreo volcánico, el cual consiste en la vigilancia y estudio de los cambios ocurridos en diferentes fases del estado de actividad de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas y técnicas. Los cambios observados son el reflejo de los procesos al interior del sistema volcánico, y pueden ser provocados, entre otras causas, por movimiento de magma, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza o, por variaciones de presión interna, que normalmente se producen como consecuencia de la intrusión de material desde niveles más profundos a reservorios más someros y/o a la variación del contenido de volátiles y/o gases en estos reservorios.

En este informe técnico se resaltan principalmente los resultados obtenidos en febrero de 2016, en las diferentes áreas de monitoreo, mediante el procesamiento primario de los datos instrumentales y apreciables de la actividad volcánica y así acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen, y a un posible pronóstico de eventos eruptivos. El nivel de actividad de un volcán, es el resultado de la combinación de varios factores, tanto mesurables, como los apreciables de la actividad volcánica superficial, los cuales pueden variar en intensidad, duración y frecuencia.

RESUMEN

En el mes de febrero de 2016, la actividad sísmica de Galeras fue dominada por eventos relacionados con fracturamiento de roca (VT). En comparación con el mes anterior, para este periodo se observó cierta estabilidad en la ocurrencia de los sismos y un descenso en la energía liberada; el mayor aporte en energía provino de los eventos clasificados como VT con el 39% del total. Los eventos no clasificables (sismos que no alcanzan el umbral de amplitud y duración para su clasificación en una estación de referencia) mostraron descenso cercano al 3% en comparación con el mes anterior.

La mayoría de los sismos localizados se ubicaron próximos al cráter volcánico, cuyas profundidades estuvieron entre 0.3 y los 13 km respecto a la cima volcánica, las magnitudes locales entre -0.1 y 1.6 en la escala de Richter, los más próximos al cráter mostraron magnitudes menores a 1.

Teniendo en cuenta el registro de los sensores utilizados para el monitoreo de la deformación del edificio volcánico, tres de ellos muestran variaciones en sus componentes de inclinación, el resto de inclinómetros presenta estabilidad en sus registros.

En el transcurso del periodo evaluado se obtuvieron 15 mediciones de emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂) a la atmósfera, con valores bajos para Galeras. El valor máximo de flujo de SO₂ del periodo evaluado, fue de 461 Tn/día, registrado el 7 de febrero de 2016.

Tomando la información que aportan las imágenes capturadas del cono activo, fue posible evidenciar la mayor parte del tiempo evaluado emisiones de gases (excepto los días 7, 8, 9, 10, 15, 16 y 26 de febrero), en su mayoría de color blanco y baja altura. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidental del cono volcánico con dispersión variable debido a la acción de los vientos.

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 se observó que la mayor parte de eventos se asocian con movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico. En relación con el mes anterior, se observó cierta estabilidad en la ocurrencia diaria de sismicidad. En este mes se registró un evento de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR), asociados con movimiento de fluidos, cuya frecuencia dominante fue de 1.64 Hz. En su mayoría la sismicidad de fractura se localizó en inmediaciones del cono volcánico de Cumbal y a profundidades superficiales, cuyas magnitudes estuvieron entre -0.6 y 2.2 en la escala de Richter, cerca del 98% inferior a 1.

Fue posible evidenciar emisión de gases en la zona del Complejo Volcánico de Cumbal para los días 4, 5 y 27 de febrero de 2016.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de febrero de 2016 permitió, que la actividad del Complejo Volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Haciendo referencia a los volcanes Chiles y Cerro Negro, se observó un importante descenso en la ocurrencia diaria de eventos, la mayoría de los eventos localizados se ubicaron principalmente hacia el sector suroccidental del edificio volcánico de Chiles, con magnitudes entre -0.5 y 1.8 en la escala de Richter y mayor concentración a profundidades entre 0.3 y 5.5 km. Algunos de estos eventos se ubicaron en inmediaciones de la cima de Chiles. De igual forma para el mes evaluado se tiene la presencia de eventos que por sus características indican movimiento de fluidos de tipo magmático.

En los últimos meses se nota una clara tendencia descendente de la sismicidad con algunas fluctuaciones en la ocurrencia diaria.

La temperatura en la fuente termal Baño Grande, mostró un máximo de 43.4 °C y un mínimo de 42.6 °C.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de febrero de 2016 permitió, que la actividad en la zona de los volcanes Chiles – Cerro Negro permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Con respecto al volcán Las Ánimas, para el periodo evaluado no se tiene registro de actividad sísmica. En cuanto a la actividad del volcán Doña Juana, para el periodo evaluado se tiene registro de un evento asociado a movimiento de fluidos.

En relación al volcán Azufra, predominaron los sismos clasificados como VT, y en comparación con el mes anterior, la sismicidad del volcán presentó descenso en ocurrencia, totalizando 14 eventos. De esta sismicidad se localizaron 12 eventos ubicados de manera dispersa con magnitudes entre -0.2 y 2.1 en la escala de Richter.

Para el periodo evaluado fue posible observar emisiones de gases de color blanco de baja altura provenientes principalmente de uno de los domos activos ubicados al nororiente de la Laguna Verde.

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

1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – FEBRERO DE 2016

1.1. RED DE VIGILANCIA

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

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas: cuatro de corto periodo triaxiales y diez de banda ancha triaxiales (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de presión 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 (Tabla 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figura 2, Tabla 2).
- Seis estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas alrededor del cono activo (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 3, 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 3, 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 1).
- 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.
- Una estación climática, conformada con sensores para medición de velocidad y dirección del viento, pluviometría, radiación solar, presión atmosférica, humedad relativa, punto de rocío y temperatura ambiente. Esta estación se encuentra ubicada en el sitio de la estación sísmica Cráter-2.
- Dos estaciones de transmisión telemétrica para la medición de emisiones del gas Radón (Rn-222) proveniente del suelo, ubicadas por la vía de acceso a la cima del volcán, Lavas 1 y Parques (Figura 3).
- Una estación Multigas, usada para mediciones periódicas en campo.

Adicionalmente, con el fin de monitorear los cambios en la superficie del edificio volcánico de Galeras se tiene instalada una red de Medición Electrónica de Distancia (EDM), compuesta por 5 bases y 8 prismas reflectores (Figura 2).

Por otra parte como complemento al monitoreo, se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales para Galeras (Tabla 6, Figura 3).

En el periodo evaluado, se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos a las estaciones que conforman las redes de monitoreo volcánico de Galeras; adicionalmente, se hicieron mantenimientos en las repetidoras y equipos de recepción en la sede del Observatorio. La operatividad de la red instrumental de Galeras fue cercana al 95%. En la Figura 4 se muestra el histograma de porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo telemétrico durante el mes de febrero de 2016.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de febrero de 2016.

Estación	Código	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter (km)	Dirección Respecto al Cráter	Altitud (msnm)
Anganoy	ANGV	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	0.8	E	4170
Cráter-2	CRAZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.5	S	4048
Cufiño	CUVZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	1.9	ENE	3800
Urcunina	URCR	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	2.3	ESE	3494
Cobanegra-3	COBZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	3.9	SSE	3625
Arlés	ARLZ	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.0	NW	3450
Cóndor	CONZ	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	4.9	SW	3985
Obonuco	OBVR	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	4.9	SE	3010
Nariño-2	NR2Z	Digital	Sismómetro banda Ancha	Triaxial	5.0	N	2870
Calabozo	CAVZ	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	6.8	WSW	2353
Ingenio	INGZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7.0	WNW	2907
San Felipe	SNFZ	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7.6	SW	3491
San Juan	SJUZ	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	10.5	NE	2899
Morasurco	MORZ	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	13.7	NE	3504
Cráter Acústico	CRAC	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	1.5	S	4048
Cóndor Acústico	CONA	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 febrero de 2016.

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 febrero de 2016.

Estaciones GNSS	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Cráter	1,5	S	4048
Barranco	2,6	NW	3904
San Cayetano	4,1	E	3035
Ingenio	7,0	WNW	2907
Chiguaco	2,8	NNE	3513
Cóndor	7,6	SW	3520

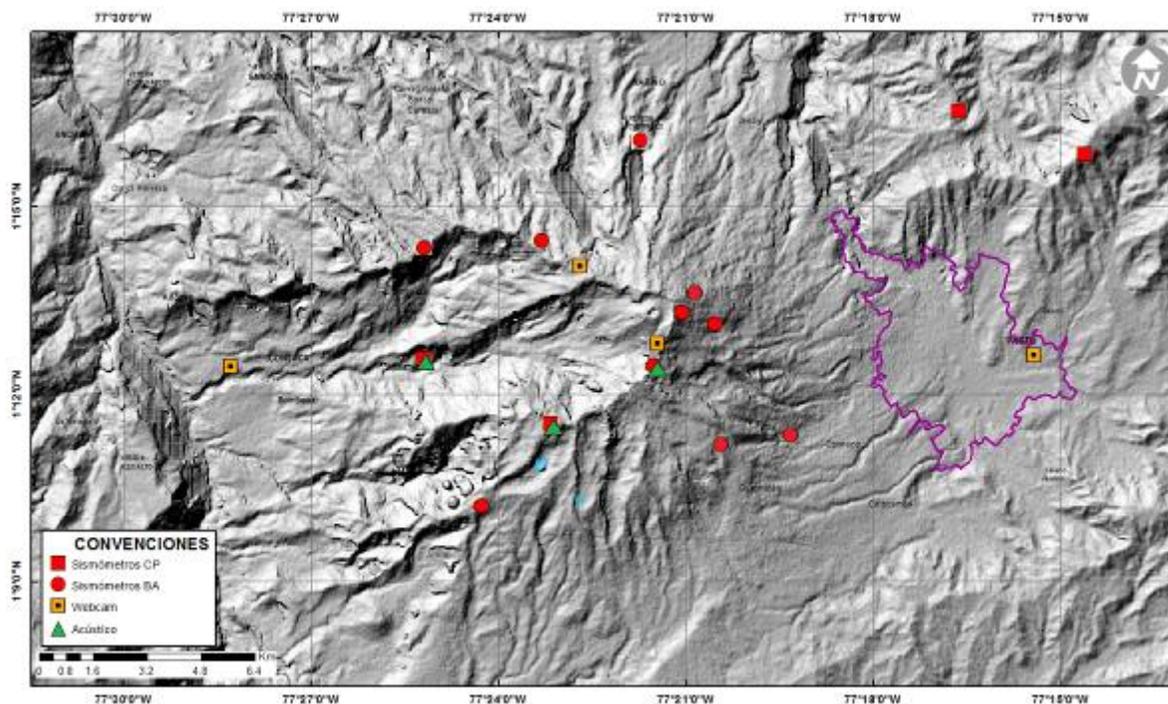


Figura 1. Mapa de localización de las estaciones sísmicas y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2016.

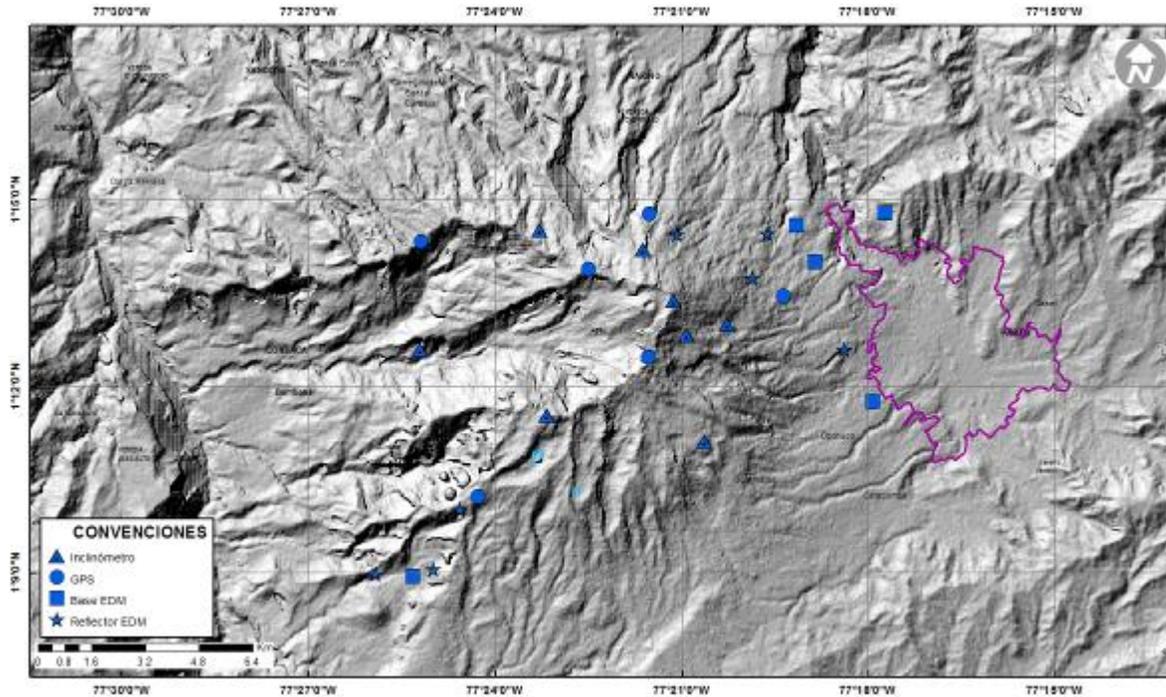


Figura 2. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros, GNSS y EDM que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2016.

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

Estación	Distancia al cráter (km)	angulo del scan (°)	Altura de referencia de la pluma* (m)	Dirección compás (° azimut)	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

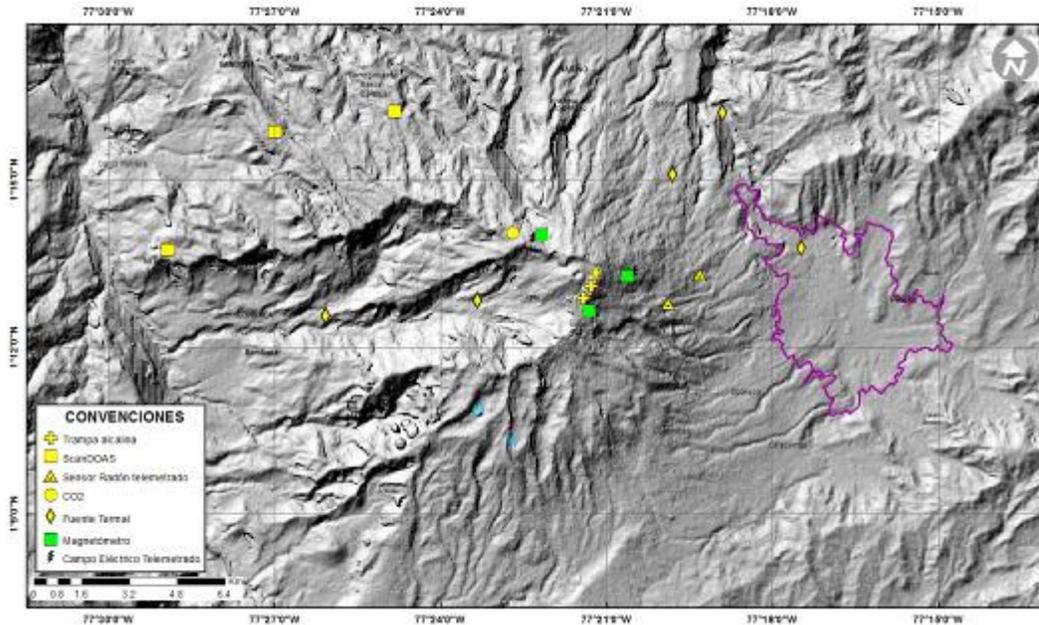


Figura 3. Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, ScanDOAS, trampa alcalina, CO₂, fuentes termales y radón telemetrado que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de febrero de 2016.

Tabla 6. Ubicación geográfica (WGS 84) de las fuentes termales en el Volcán Galeras.

FUENTES TERMALES VOLCÁN GALERAS	Nombre Estación	Tipo	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
	Cehani	No telemétrica	01°13'46.3"	77° 17' 28.6"	2502
	Aguas Agrias	No telemétrica	01° 15' 6.2"	77° 19' 48.4"	2227
	Río Pasto	No telemétrica	01°16'12.6"	77° 18' 54.3"	2146
	Fuente Blanca	No telemétrica	01°12'33.6"	77° 26' 4.8"	2432
	Licamancha	No telemétrica	01° 12' 50"	77° 23' 20"	2702

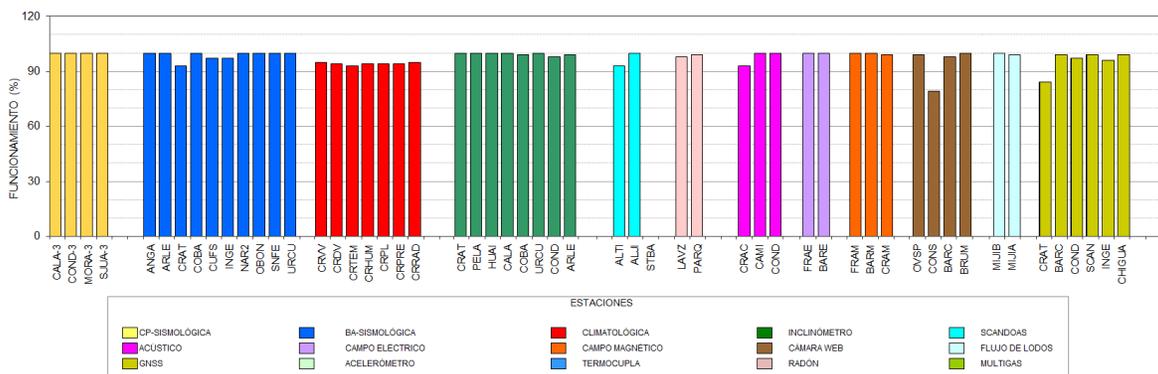


Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de febrero de 2016, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.

1.2. SISMOLOGÍA

En el periodo evaluado la actividad sísmica dominante, estuvo asociada con eventos que involucran fracturamiento de roca (VT), seguidos por sismos caracterizados por movimiento de fluidos al interior de los conductos volcánicos de fuente transitoria en el tiempo (LPS) y en menor cuantía por eventos tipo TRE relacionados con movimiento de fluidos de fuente persistente (Tabla 7, Figura 5).

En febrero la sismicidad volcánica en ocurrencia mostro cierta estabilidad en relación con el mes anterior, registrándose en total 251 sismos. Los eventos clasificados como HYB (Figura 6) mostraron incremento; mientras que se observó descenso en los eventos tipo VT y TRE. Los eventos de bajo nivel energético, que no cumplen con los estándares de amplitud y duración, denominados no clasificables (NC), mostraron disminución cercana al 3% del número presentado en el mes anterior.

El evento tipo TRE presentó una duración de 36 segundos.

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo						TOTAL	NO CLASIFICABLES
	vt	lps	tre	hyb	tor			
01-nov-15 a 30-nov-15	123	88	5	57	0	273	685	
01-dic-15 a 31-dic-15	143	105	5	31	0	284	406	
01-ene-16 a 31-ene-16	131	77	15	23	0	246	553	
01-feb-16 a 29-feb-16	120	100	1	30	0	251	538	

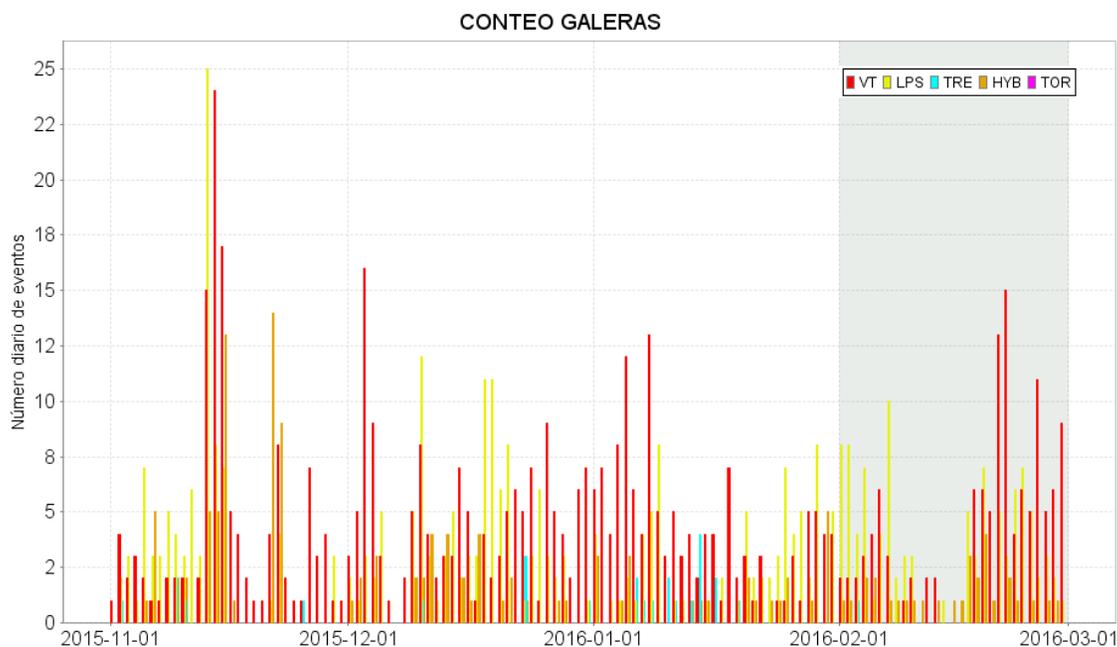


Figura 5. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. La zona sombreada corresponde al periodo evaluado en este informe.

Comparación Mensual

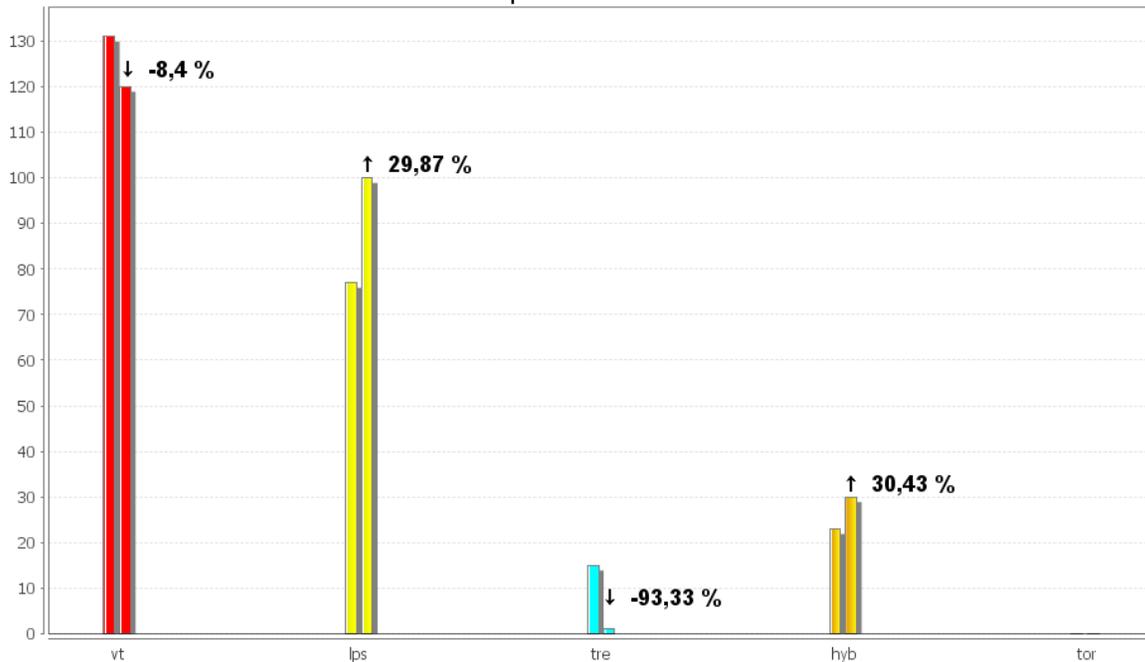


Figura 6. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero (barras de la derecha) respecto al mes de enero (barras de la izquierda).

La Figura 7 muestra la distribución de ocurrencia en porcentaje de los diferentes tipos de sismos, observando para el periodo evaluado el dominio de los eventos VT.

Relación Porcentual Mensual

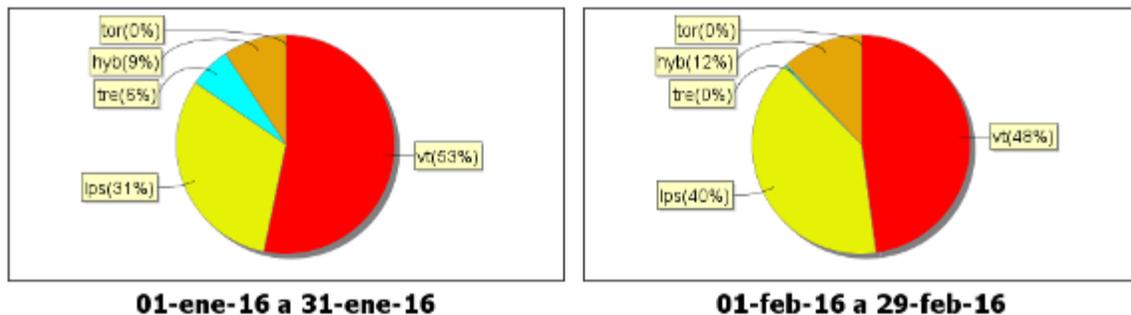


Figura 7. Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, para los meses de enero y febrero de 2016.

La energía sísmica liberada en febrero de 2016 fue de 2.53×10^{12} ergios, observándose un descenso en comparación con el mes de enero (Tabla 8, Figura 8). En el periodo evaluado, el mayor aporte provino de los eventos tipo VT con el 87% del total (Figuras 8, 9 y 10).

Tabla 8. Energía sísmica liberada por tipo de evento para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de evento [ergios]				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-nov-15 a 30-nov-15	2.28E+12	2.76E+12	3.17E+09	2.26E+12	7.31E+12
01-dic-15 a 31-dic-15	7.95E+12	1.07E+12	8.30E+09	1.13E+11	9.14E+12
01-ene-16 a 31-ene-16	1.00E+13	4.30E+12	1.50E+11	1.94E+11	1.46E+13
01-feb-16 a 29-feb-16	9.74E+11	9.45E+11	1.91E+08	6.09E+11	2.53E+12

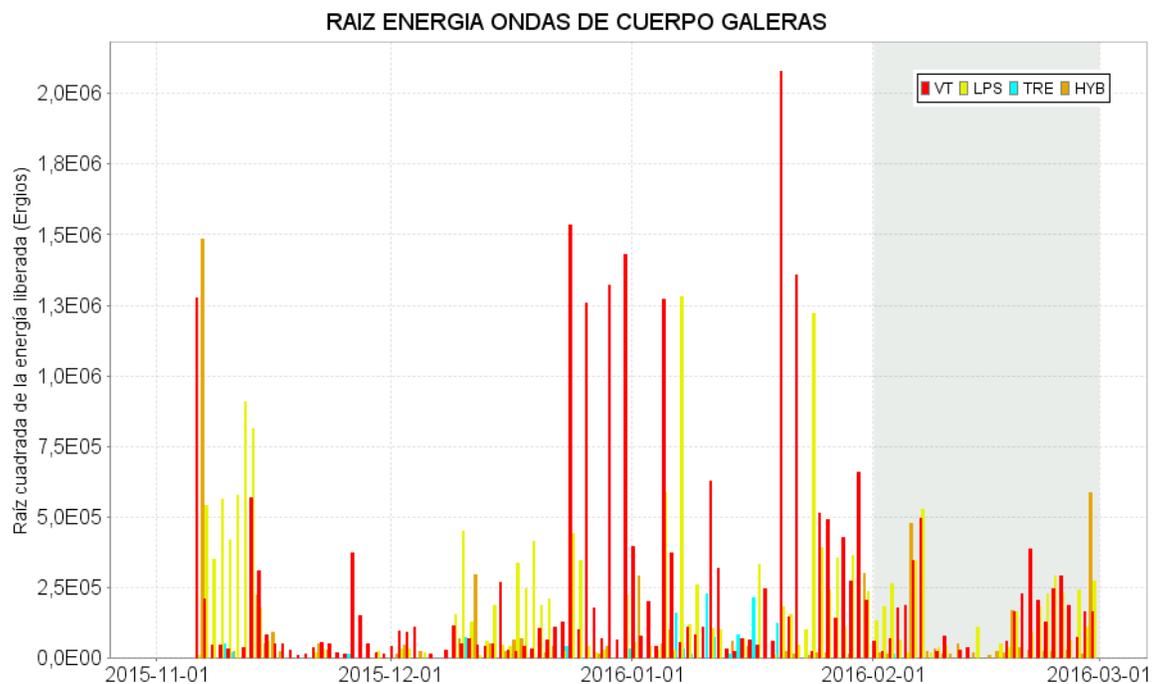


Figura 8. Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de noviembre de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

Comparación Mensual

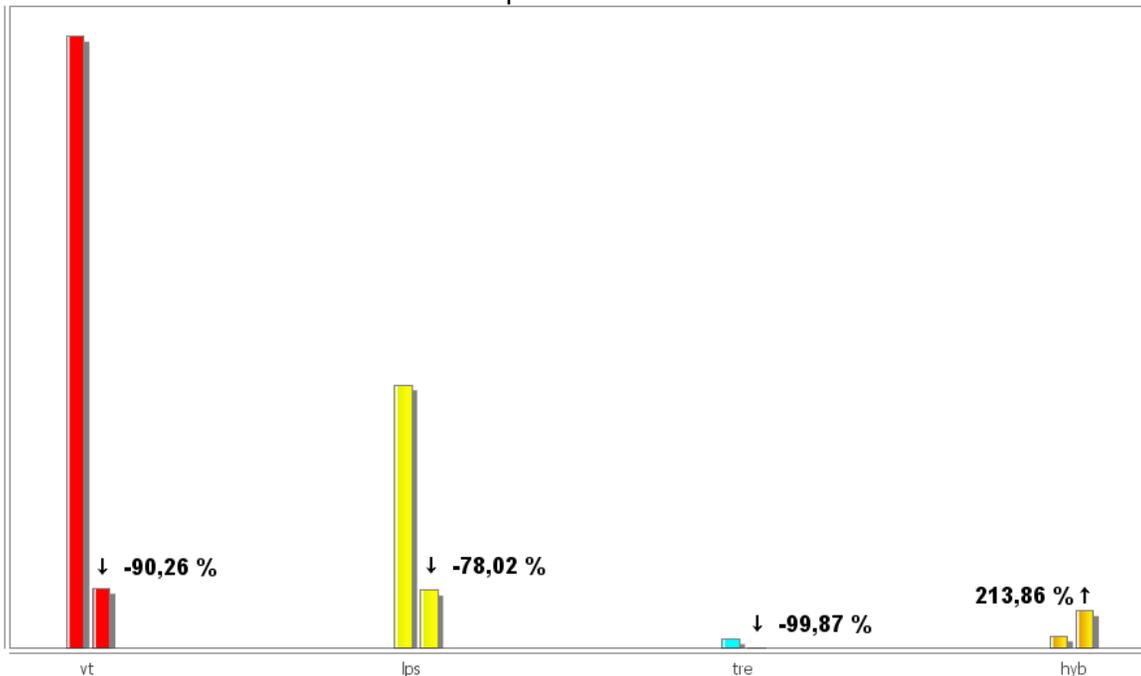


Figura 9. Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para febrero de 2016 (barras de la derecha) respecto a enero de 2016 (barras de la izquierda).

Relación Porcentual Mensual

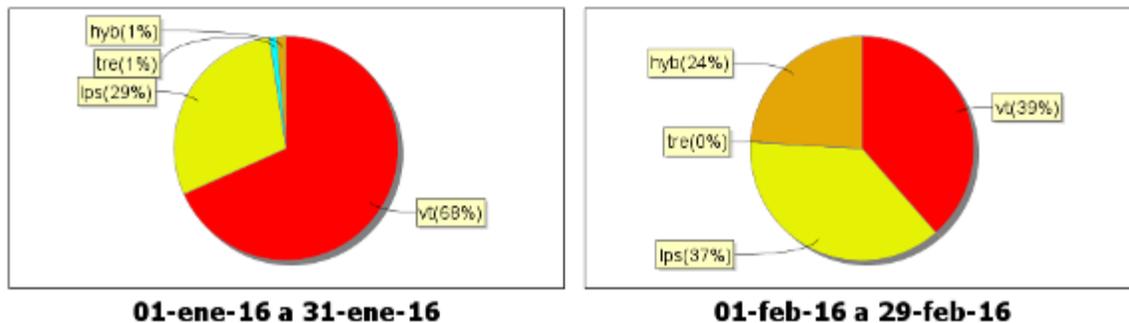


Figura 10. Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada por tipo de sismos para enero y febrero de 2016.

Fue posible obtener una solución de localización para 71 sismos, clasificados como VT. Algunos de estos se ubicaron muy próximos al cráter volcánico, a distancias menores de 1 km y profundidades inferiores a los 4 km, los más dispersos mostraron profundidades de hasta 13 km. Las magnitudes locales de los sismos registrados estuvieron entre -0.1 y 1.6 en la escala de Richter, el 79% presentó magnitudes menores a 1 (Figura 11).

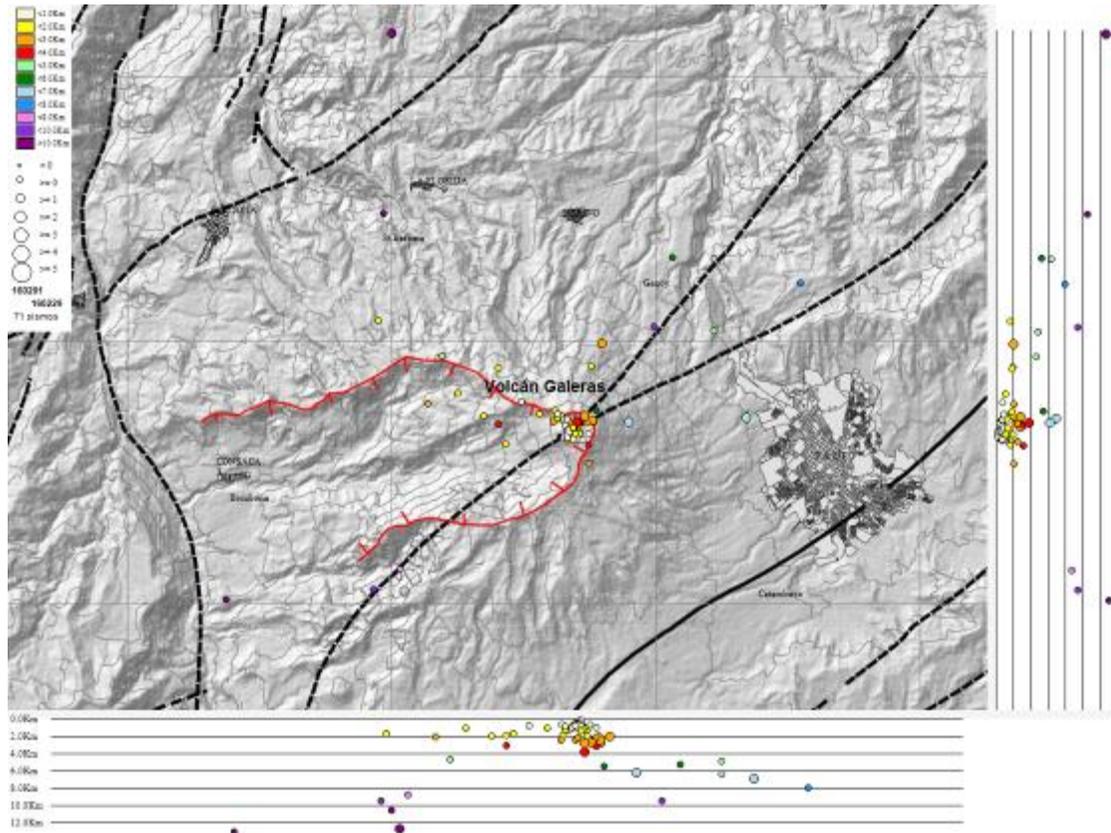


Figura 11. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados en el mes de febrero de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2.0 km de profundidad.

1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

1.3.1. Inclínometría Electrónica

Durante el mes de febrero de 2016 se contó con los datos de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Huairatola, Urcunina, Calabozo, Cónдор, Cobanegra y Arlés cuya localización se puede apreciar en la Figura 2.

En cuanto a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos deformativos del edificio volcánico, se observó en la componente de inclinación Tangencial de Huairatola un ligero comportamiento ascendente con una variación de 41 μ rad entre el 13 de diciembre de 2015 y el 29 de febrero de 2016 (Figura 12). La componente Norte del inclinómetro Urcunina muestra estabilidad desde el mes de noviembre de 2015, por su parte en la componente Este se evidencian variaciones que pueden estar relacionadas con el comportamiento del sensor de temperatura del equipo (Figura 13). Pese a las fluctuaciones en el registro es posible evidenciar una tendencia ascendente en la componente de inclinación Tangencial de la estación Peladitos, alcanzando 10 μ rad desde el 29 de junio de 2015 (Figura 14).

Se presenta estabilidad en los registros de los inclinómetros de Cráter, Arles y Cóndor (Figuras 15, 16 y 17). Los inclinómetros electrónicos de Cobanegra y Calabozo muestran variaciones que pueden estar asociadas con los fenómenos atmosféricos de la región (Figuras 18 y 19).

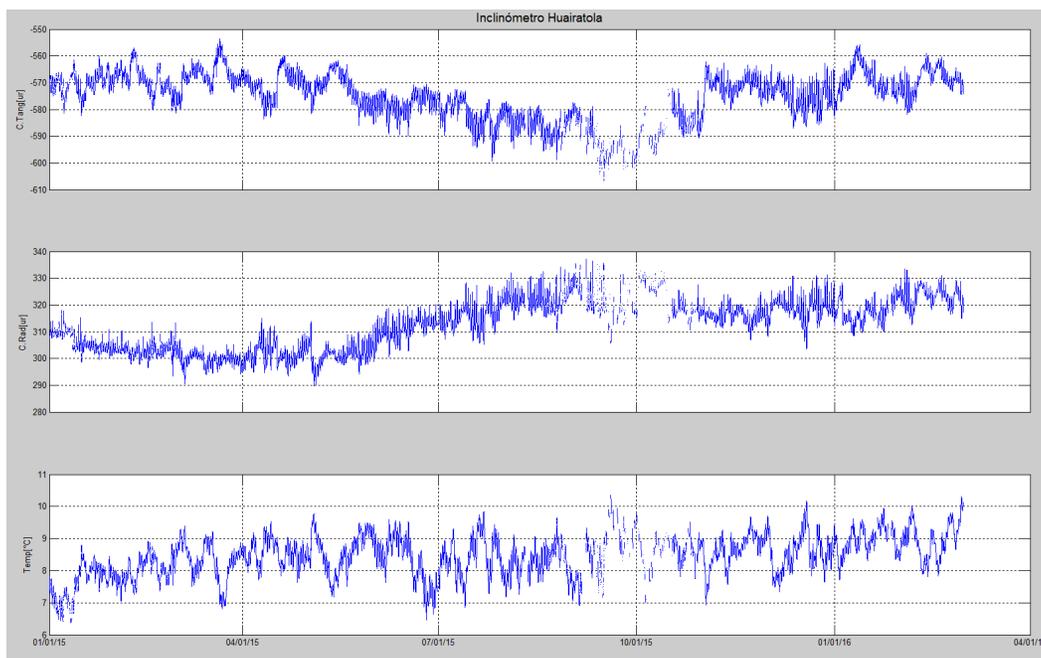


Figura 12. Componentes de inclinación Tangencial y Radial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

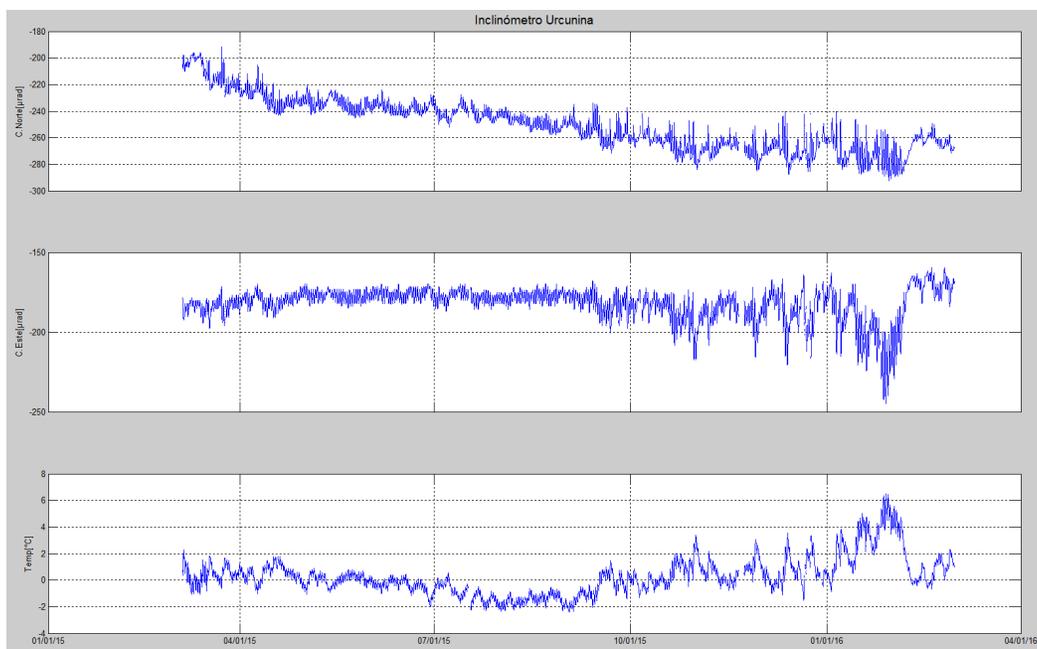


Figura 13. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

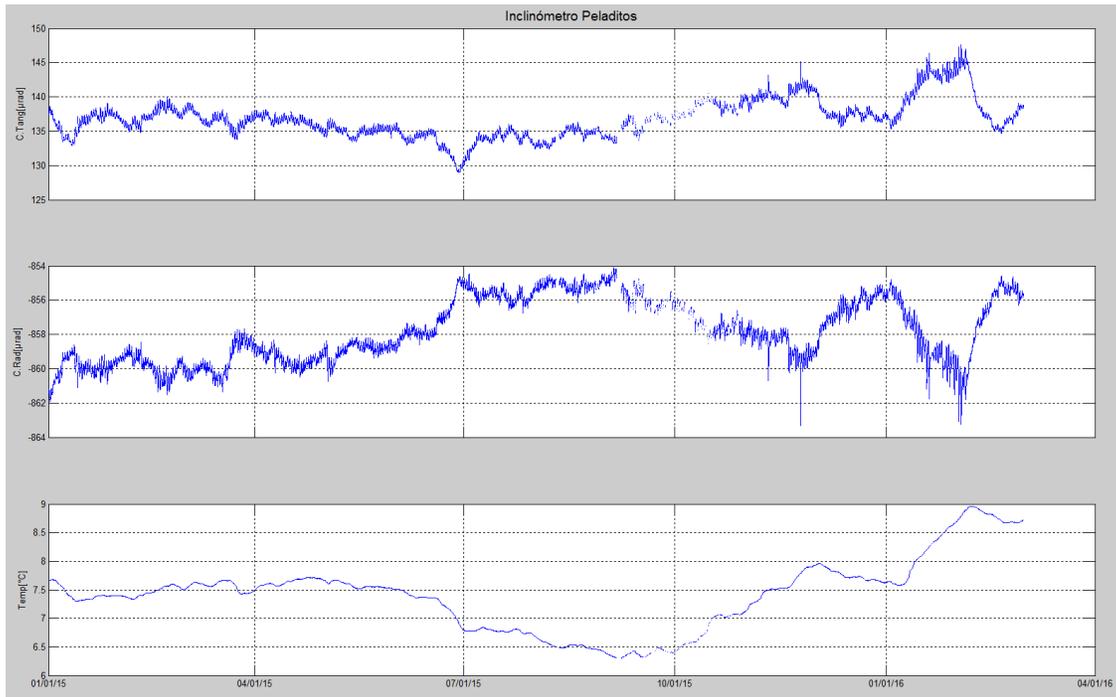


Figura 14. Componentes de inclinación Tangencial y Radial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

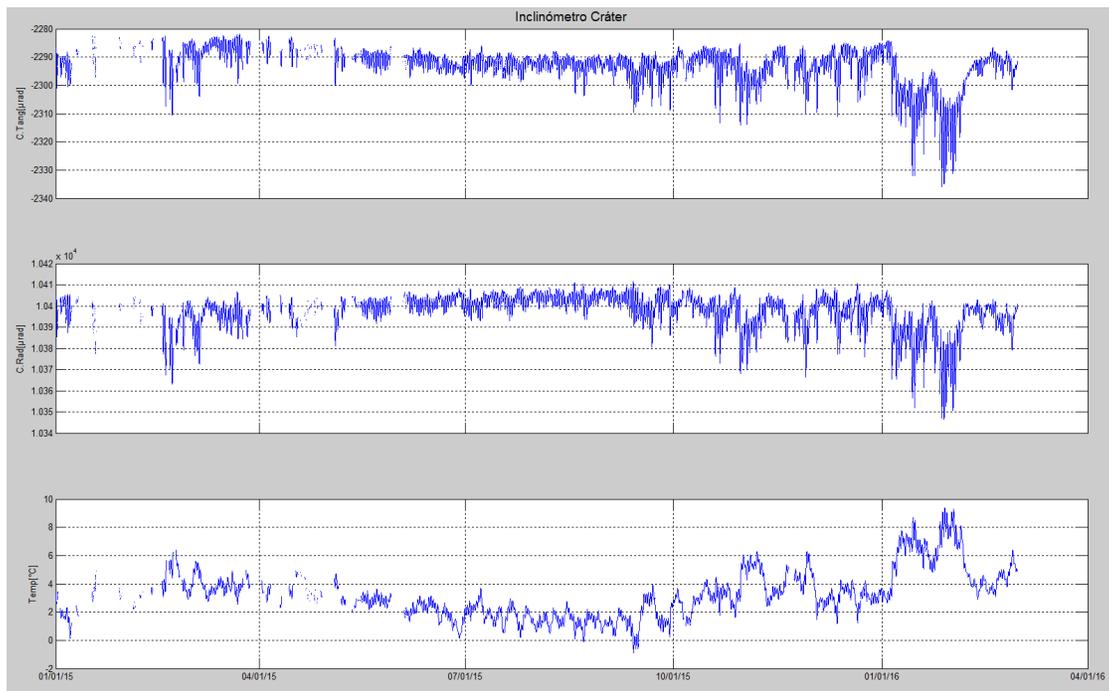


Figura 15. Componentes de inclinación Tangencial y Radial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

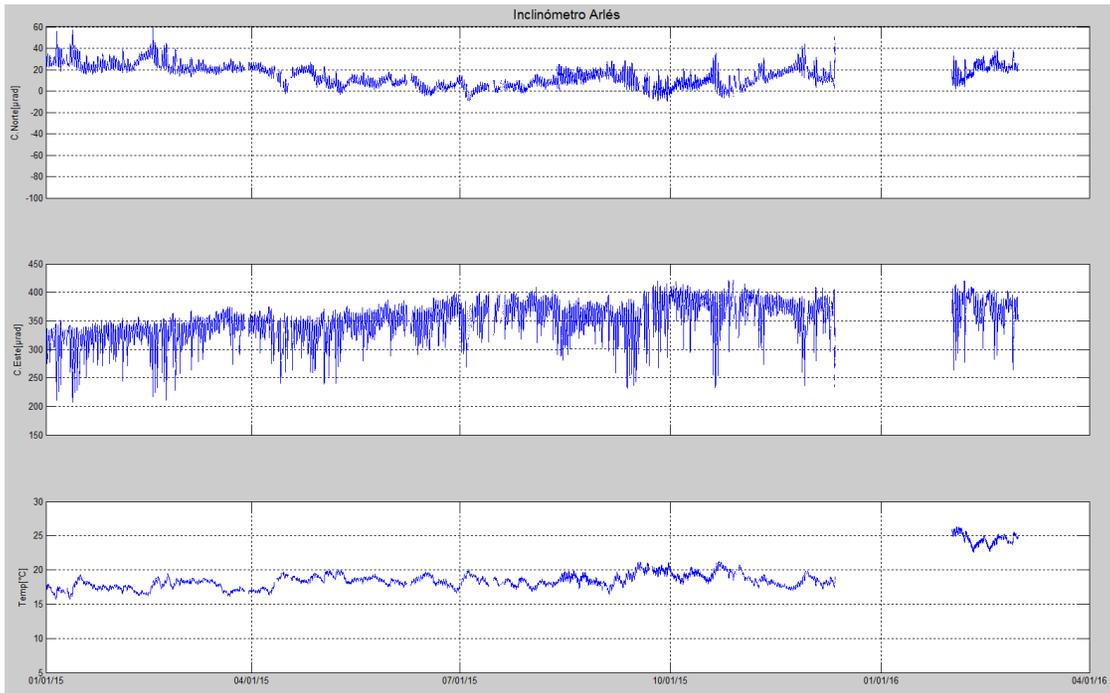


Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

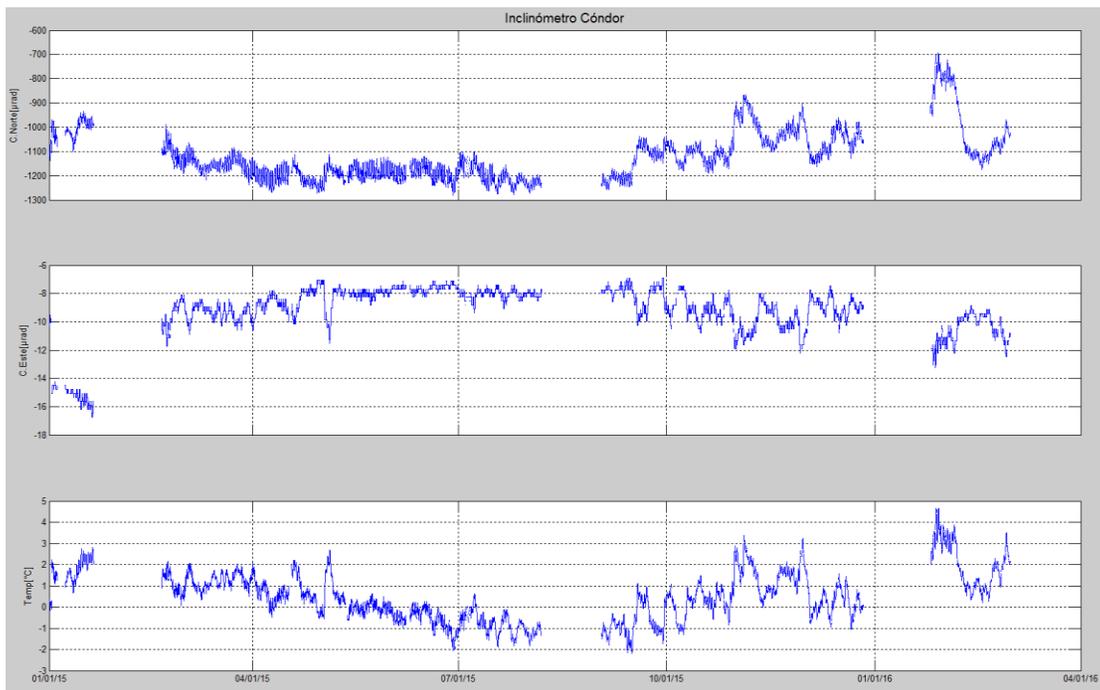


Figura 17. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

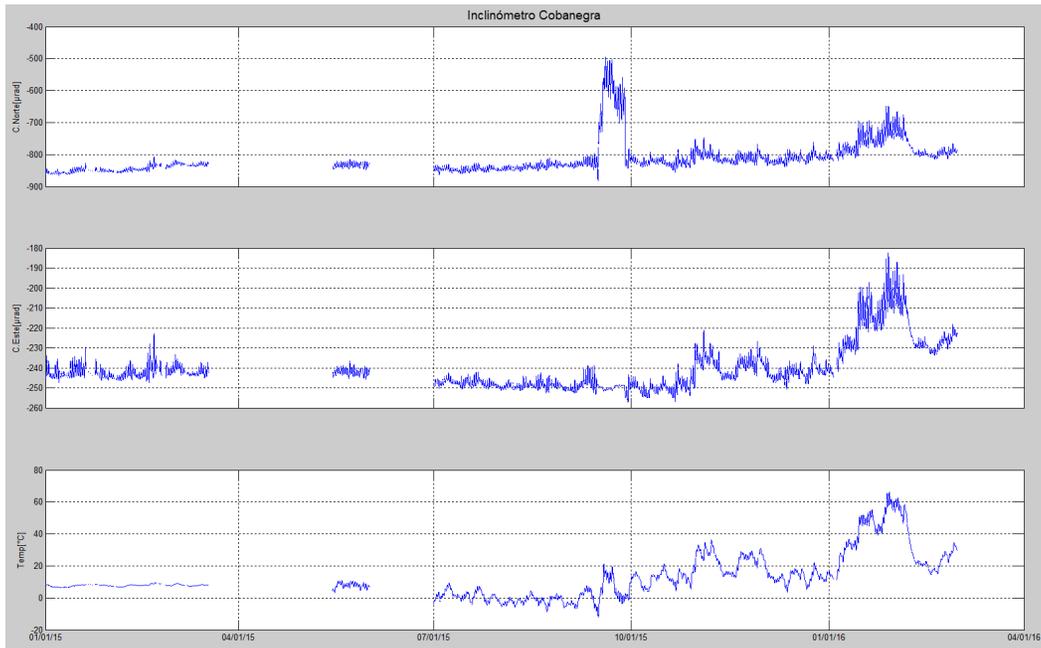


Figura 18. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

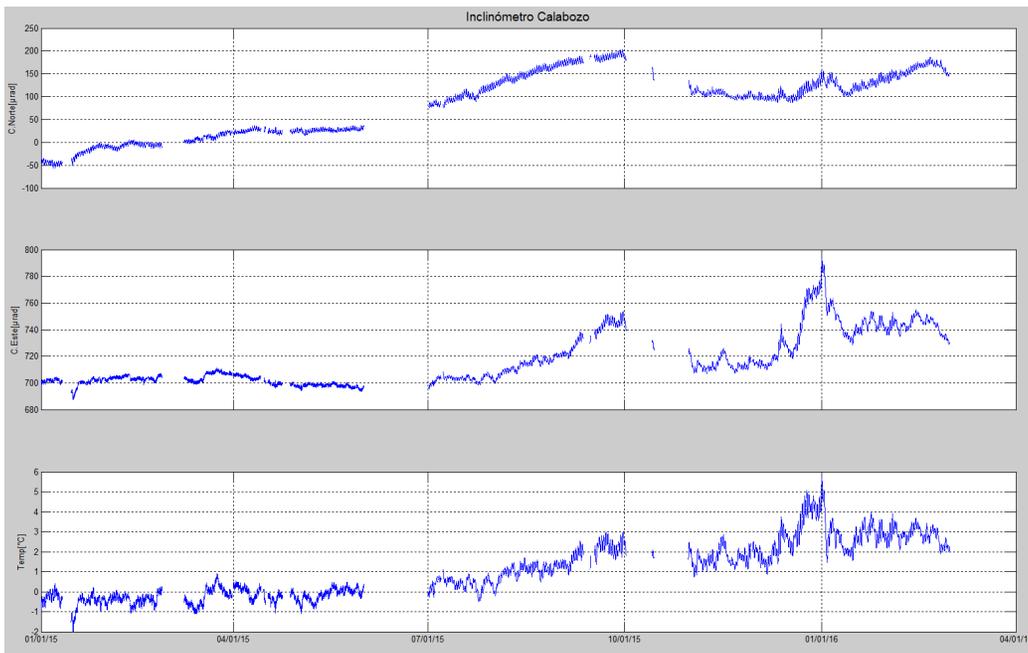


Figura 19. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

La mayor parte del tiempo evaluado se contó con el registro de 5 estaciones receptoras GNSS, ya hacia finales de enero fue posible reestablecer la señal de la estación Cóndor.

Para el análisis se contempló inicialmente un procesamiento diferencial de la información suministrada por estas estaciones considerando una estación de referencia, la estación 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. En la Figura 20 se muestra la ubicación de las estaciones instaladas en Galeras, respecto al GNSS QUIL.

Con relación al procesamiento diferencial, con ayuda de la estación de referencia estaríamos eliminando las variaciones mostradas por los movimientos tectónicos, por lo cual resultarían las variaciones propias asociadas a la actividad volcánica, en el periodo evaluado no se observan variaciones, ni tendencias de resaltar (Figuras 21, 22, 23, 24, 25 y 26).

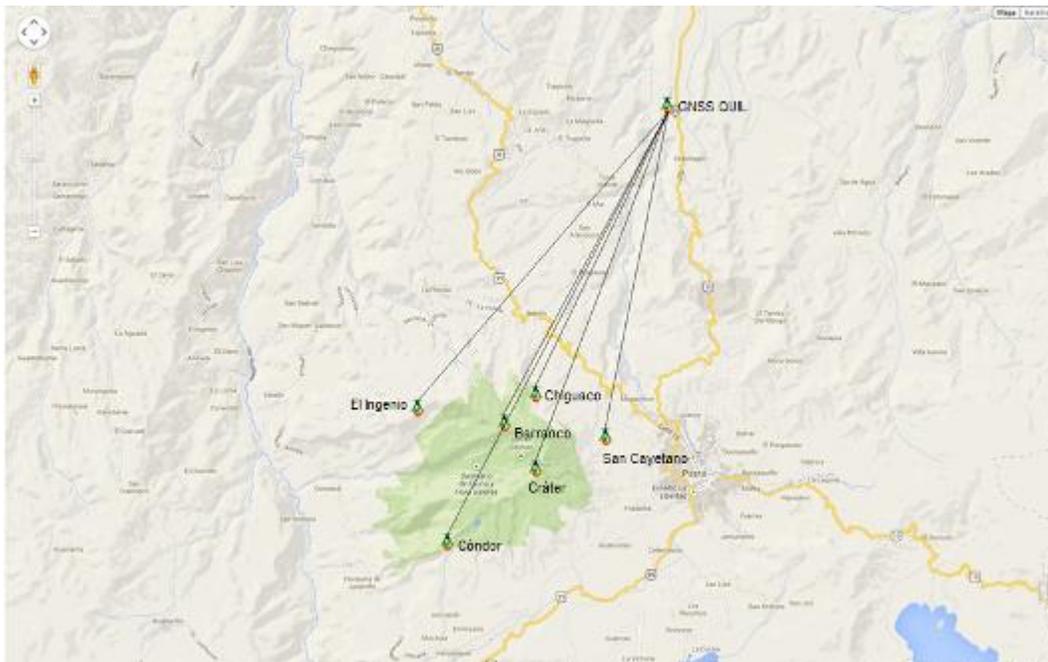


Figura 20. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.

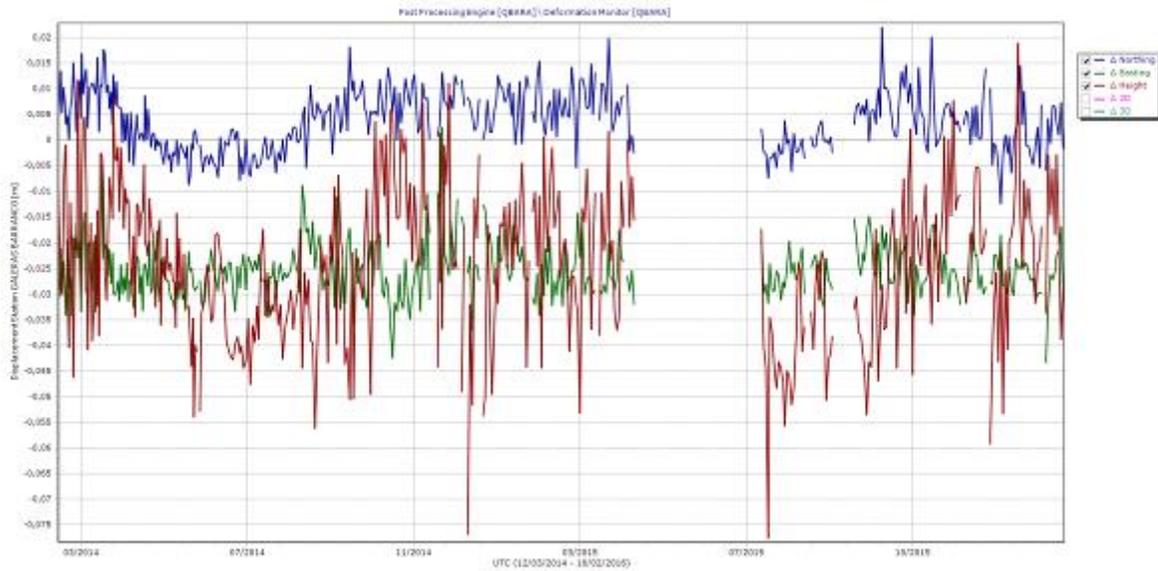


Figura 21. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2014 y el 10 de febrero de 2016.

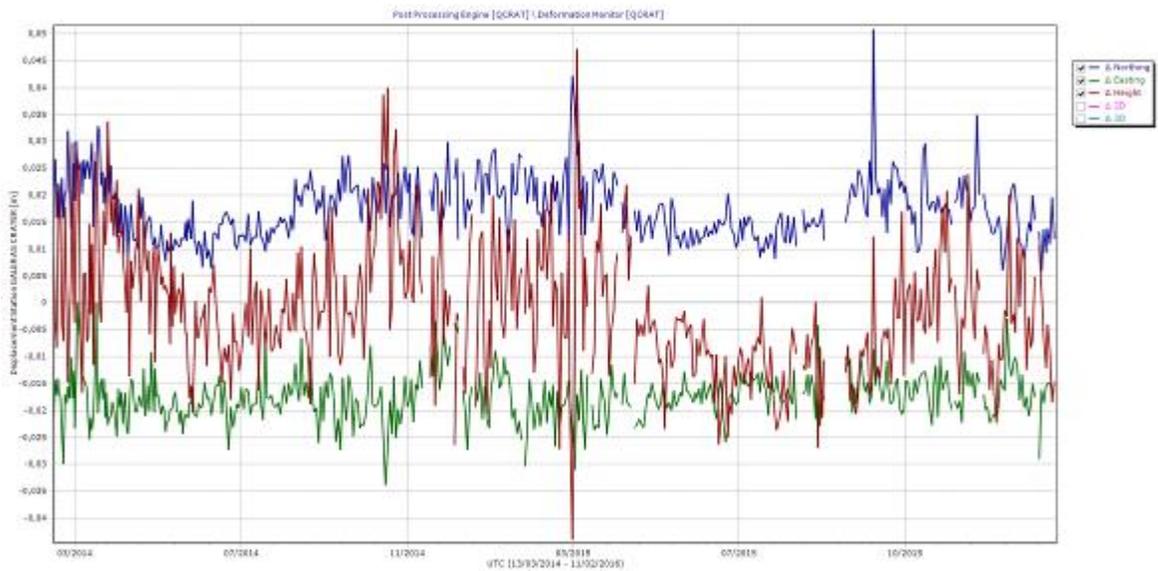


Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2014 y el 11 de febrero de 2016.

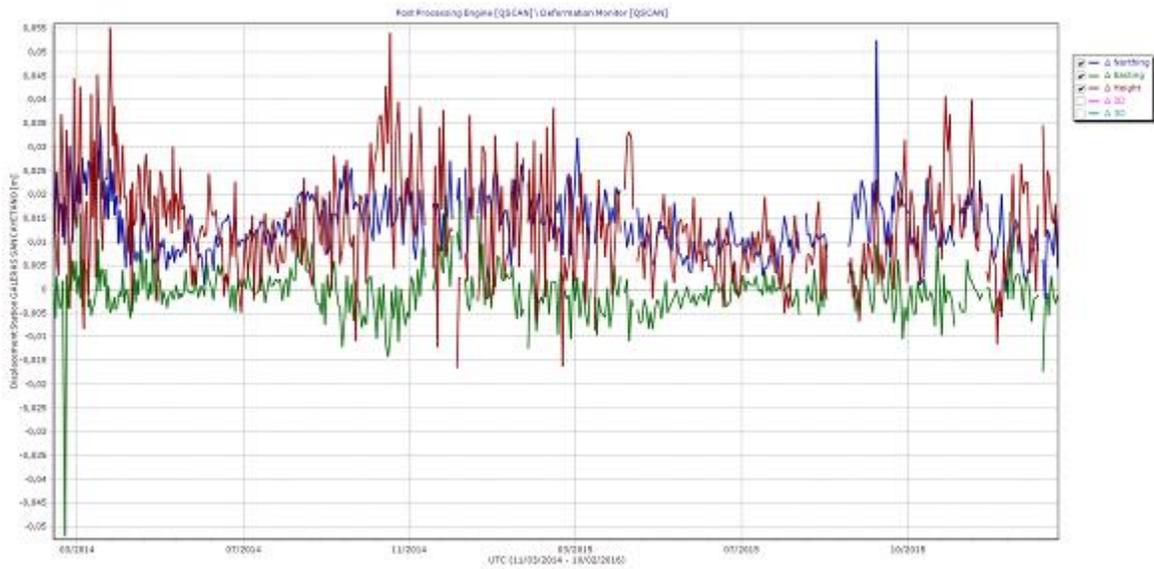


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2014 y el 10 de febrero de 2016.

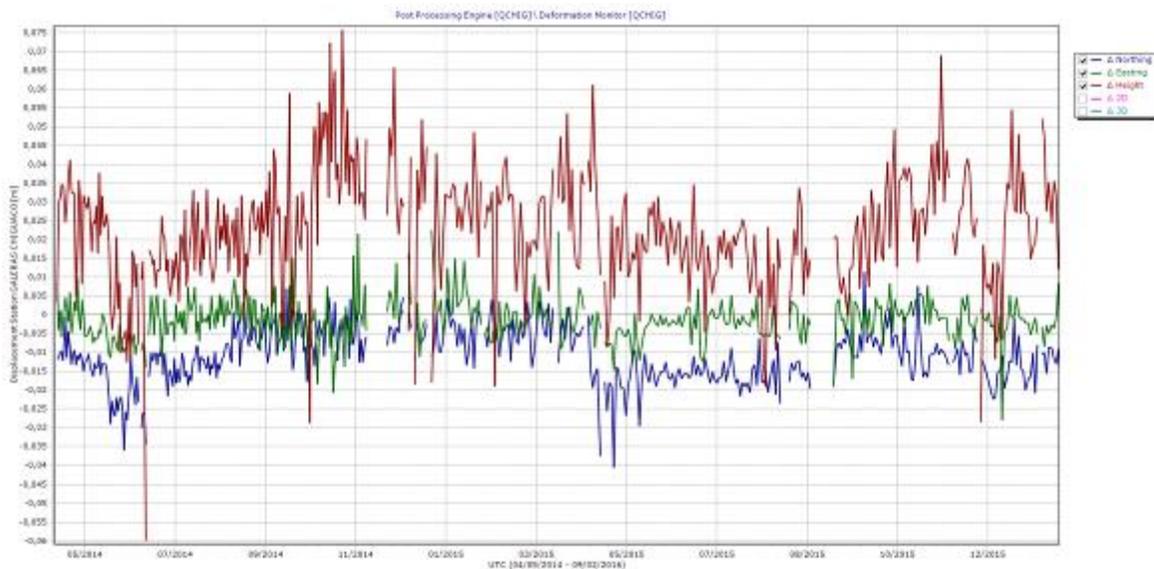


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 9 de febrero de 2016.

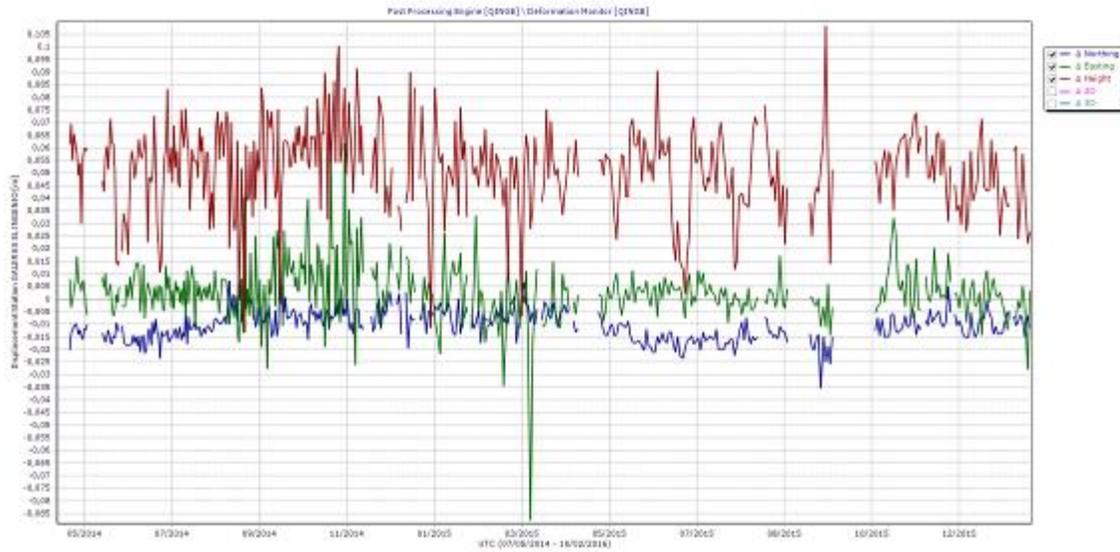


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Ingenio instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 10 de febrero de 2016.

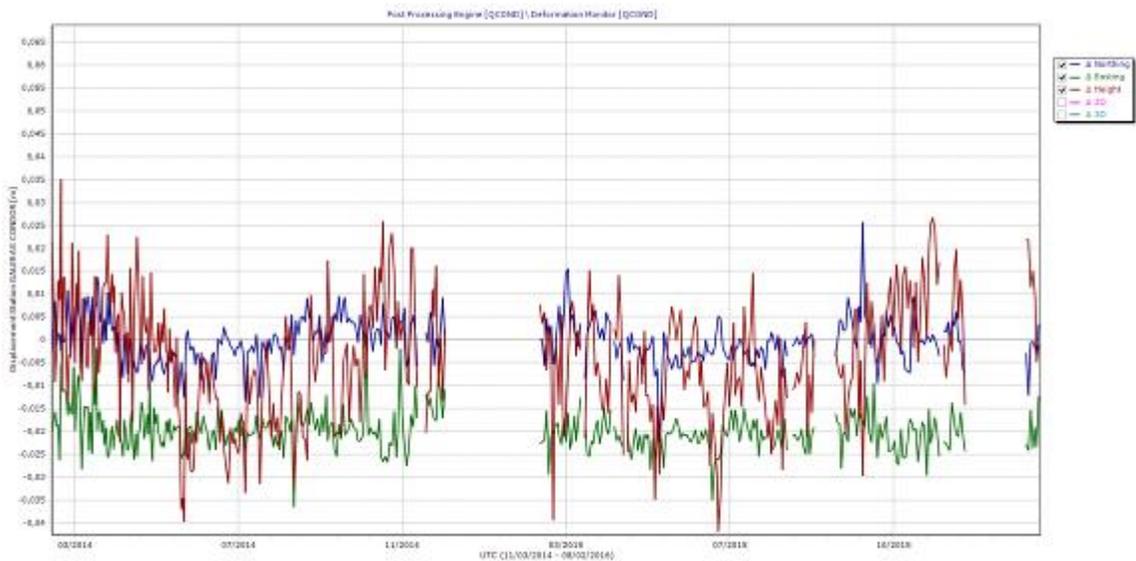


Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre marzo de 2014 y el 8 de febrero de 2016.

1.4. GEOQUÍMICA

En cuanto a las emisiones de gases de origen volcánico en la zona de influencia del volcán Galeras, durante el mes de febrero de 2016 se efectuaron mediciones de Dióxido de Azufre (SO_2) en la atmósfera, con las estaciones permanentes ScanDOAS. Además, se realizaron mediciones de emisión del isótopo 222 del elemento radiactivo Radón (Rn_{222}), que es el isótopo más estable de éste gas.

1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO₂

El dióxido de azufre es una molécula presente en la atmósfera terrestre, principalmente en la tropósfera, emitido por los volcanes activos y por actividades antropogénicas.

En el volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones ScanDOAS telemétricas: Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para el monitoreo de moléculas de dióxido de azufre (SO₂), partículas provenientes de la desgasificación del magma en el reservorio profundo. El SCANDOAS es un sistema de espectroscopia de absorción UV que funciona mediante absorción óptica diferencial de la luz ultravioleta, en este caso diseñado para medir la concentración de gas SO₂, convirtiendo la luz ultravioleta detectada en señales digitales, cuyo espectro se utiliza para la evaluación del gas (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-020).

Se registraron escaneos durante todos los días del mes de febrero para las estaciones Alto Jiménez y Alto Tinajillas, mientras que para la estación Santa Bárbara, no se tiene registro de escaneos; registrando valores de emisión entre 31 Ton/día hasta 461 Ton/día, valores considerados entre los niveles bajos para Galeras (Figuras 27 y 28, Tabla 9).

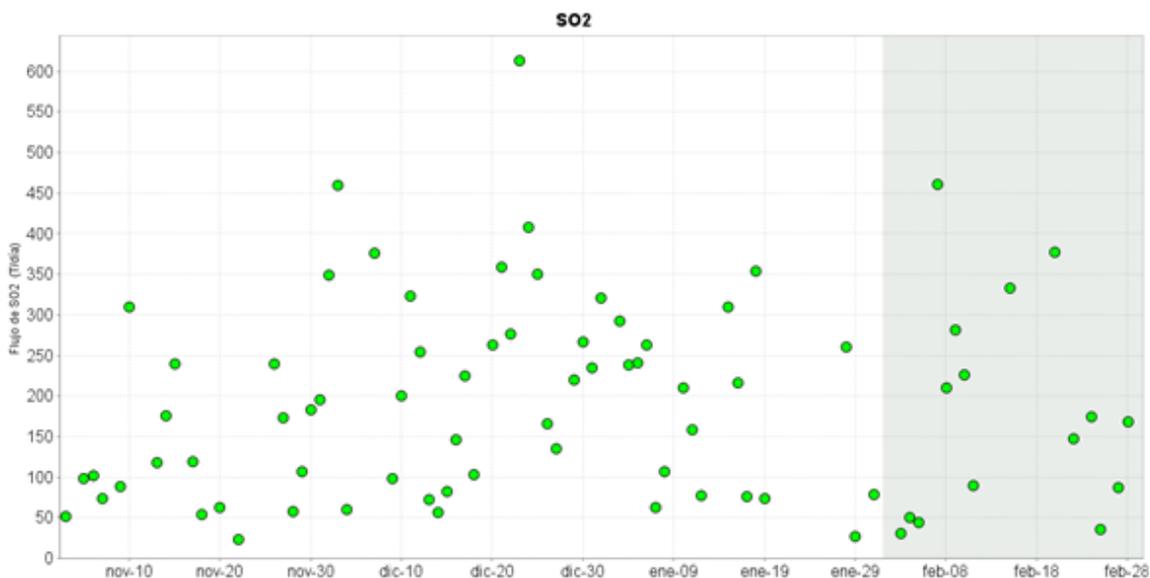


Figura 27. Flujo de emisión de SO₂ registrado desde el 1 de noviembre de 2015 hasta el 29 de febrero de 2016, por los instrumentos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.

Tabla 9. Emisiones de SO₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de febrero de 2016, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO ₂ diario	Estación de registro	Instrumento
03-feb-16	03:15 PM	6.8	1.4	31	Alto Jimenez	SCANDOAS
04-feb-16	04:02 PM	356.2	1	50	Alto Tinajillas	SCANDOAS
05-feb-16	07:32 AM	321.4	1	44	Alto Jimenez	SCANDOAS
07-feb-16	07:02 AM	316.6	5.4	461	Alto Jimenez	SCANDOAS
08-feb-16	01:09 PM	334.5	5.5	210	Alto Jimenez	SCANDOAS
09-feb-16	02:56 PM	348.3	4.5	282	Alto Jimenez	SCANDOAS
10-feb-16	02:31 PM	4.6	3.4	226	Alto Tinajillas	SCANDOAS
11-feb-16	03:53 PM	312.9	2.2	90	Alto Tinajillas	SCANDOAS
15-feb-16	03:35 PM	359.3	6.2	333	Alto Tinajillas	SCANDOAS
20-feb-16	09:38 AM	354	6.9	377	Alto Jimenez	SCANDOAS
22-feb-16	03:32 PM	320.7	6.4	147	Alto Jimenez	SCANDOAS
24-feb-16	03:40 PM	336.5	3.6	174	Alto Jimenez	SCANDOAS
25-feb-16	03:41 PM	322.2	1.1	36	Alto Jimenez	SCANDOAS
27-feb-16	02:04 PM	338.3	2.2	87	Alto Jimenez	SCANDOAS
28-feb-16	07:34 AM	330.8	3.7	168	Alto Jimenez	SCANDOAS

* Flujo de emisión de SO₂ [Toneladas/día]. Bajo: < 500; moderado: > 500 y < 1000; alto: > 1000 y < 3000; muy alto: > 3000.

Para este periodo se registra un proceso de desgasificación bajo en Galeras, observado en las imágenes de actividad superficial desde las cámaras web instaladas en cercanías del volcán. Se registran variaciones en la velocidad del viento para los flujos de SO₂ de hasta los 6.9 m/s y una dirección del viento predominante a 335° Azimut aproximadamente (Figura 28). El mayor flujo de SO₂ registrado para el volcán Galeras, durante el mes se presenta el día 7 de febrero de 2016 con un valor de 461 Ton/día, considerado como un flujo bajo para el volcán Galeras.

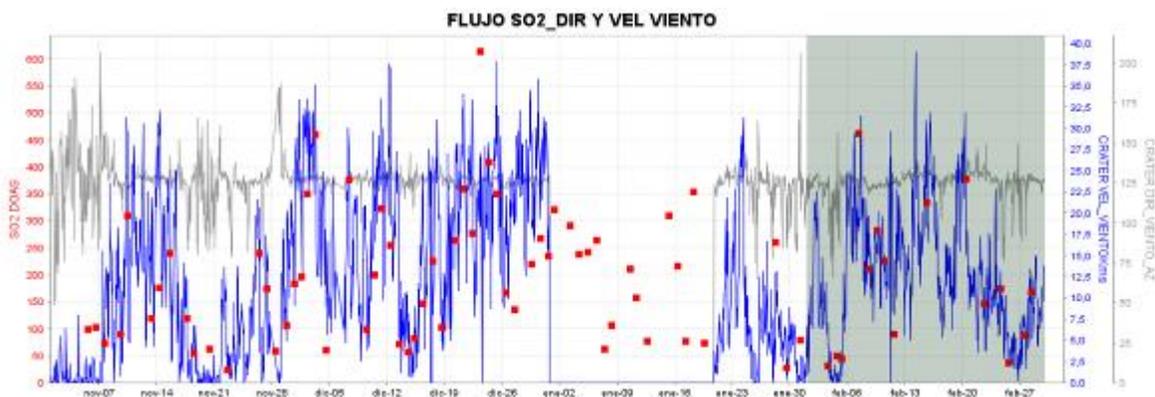


Figura 28. Flujo de emisión de SO₂, dirección y velocidad del viento para el mes de febrero de 2016.

1.4.2. Mediciones del gas Radón - Rn₂₂₂

Las emanaciones de radón son uno de los posibles precursores de sismos y erupciones volcánicas. La emisión de radón desde la tierra a la atmósfera, es un proceso permanente que registra valores

excepcionalmente altos en zonas de fallas geológicas. En zonas de actividad sísmica y volcánica y específicamente en el área de influencia del volcán Galeras se realizan muestreos de gas Rn 222, ya que es considerado como un posible precursor de la actividad tanto sísmica como volcánica.

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).

En las Figuras 29 y 30 se presentan la gráficas del comportamiento de la concentración de gas radón en el tiempo, se puede observar en la estación Lavas variaciones propias de la difusión de radón en el sitio donde se ubica actualmente el sensor, en cuanto a la estación Parques la gráfica parece mostrar un incremento en los valores de concentración del isótopo en comparación con el mes de enero, al final del mes evaluado decaen nuevamente los valores acercándose a los registrados en el inicio de la gráfica, sin embargo se continuará realizando seguimiento a estas variaciones para poder evaluar este comportamiento. Se presentan un máximo de concentración de 82001 Bq/m³ y 75437 Bq/m³ para las estaciones Lavas y Parques respectivamente (Figura 29 y 30; Tablas 10 y 11).

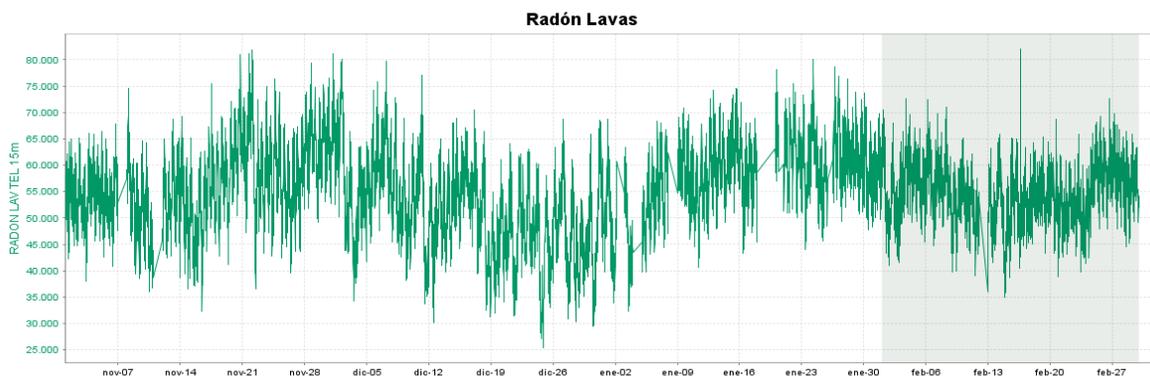


Figura 29. Concentración de gas radón en suelo - estación telemétrica LAVAS – Febrero de 2016.

Tabla 10. Valores de concentración de flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Lavas – febrero de 2016.

ESTACION	CONCENTRACIÓN [Bq/m3]	VALOR	LIMITE MÁX.
LAVAS	Promedio	54618	135000
	Máximo	82001	
	Mínimo	34959	

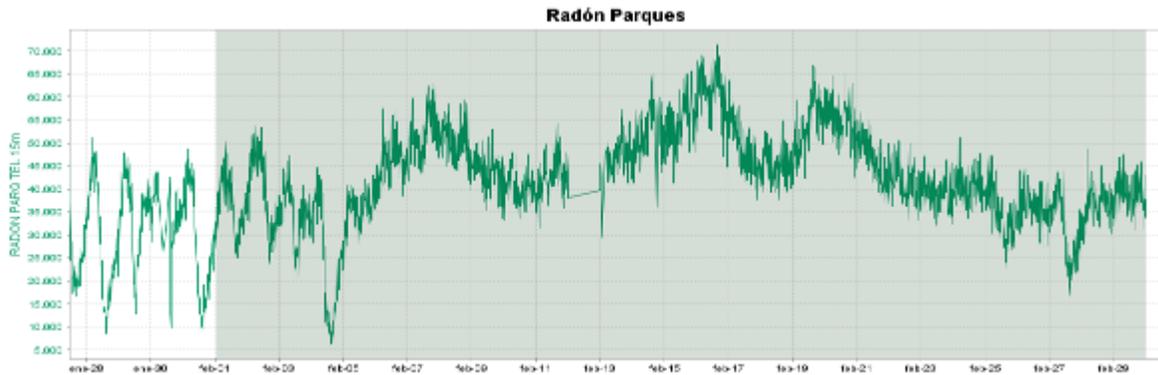


Figura 30. Concentración de gas radón en suelo - estación telemétrica PARQUES – Febrero de 2016.

Tabla 11. Valores de concentración de flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Parques – febrero de 2016.

ESTACION	CONCENTRACION [Bq/m ³]	VALOR	LIMITE MÁX.
PARQUES	Promedio	41364	86500
	Máximo	75437	
	Mínimo	6296	

1.5. ELECTROMAGNETISMO

Para el mes de febrero de 2016, la red de monitoreo de campos electromagnéticos estuvo constituida por tres estaciones de campo magnético, Frailejón, Barranco y Cráter y las estaciones de medición de las variaciones de los campos eléctricos Frailejón y Barranco. Se resalta que para este periodo, las estaciones tuvieron un funcionamiento del 100%.

Las variaciones del campo magnético observadas en las estaciones de monitoreo volcánico en Galeras, continúan relacionándose principalmente con variaciones día-noche del campo magnético terrestre y la más resaltante, observada el 16 de febrero de 2016 es asociada a variaciones del campo externo – Tormentas solares, la cual se evidencia en la estación de referencia Kourou, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, (Figura 31), que tuvo un valor promedio para el mes evaluado de 28530 nT.

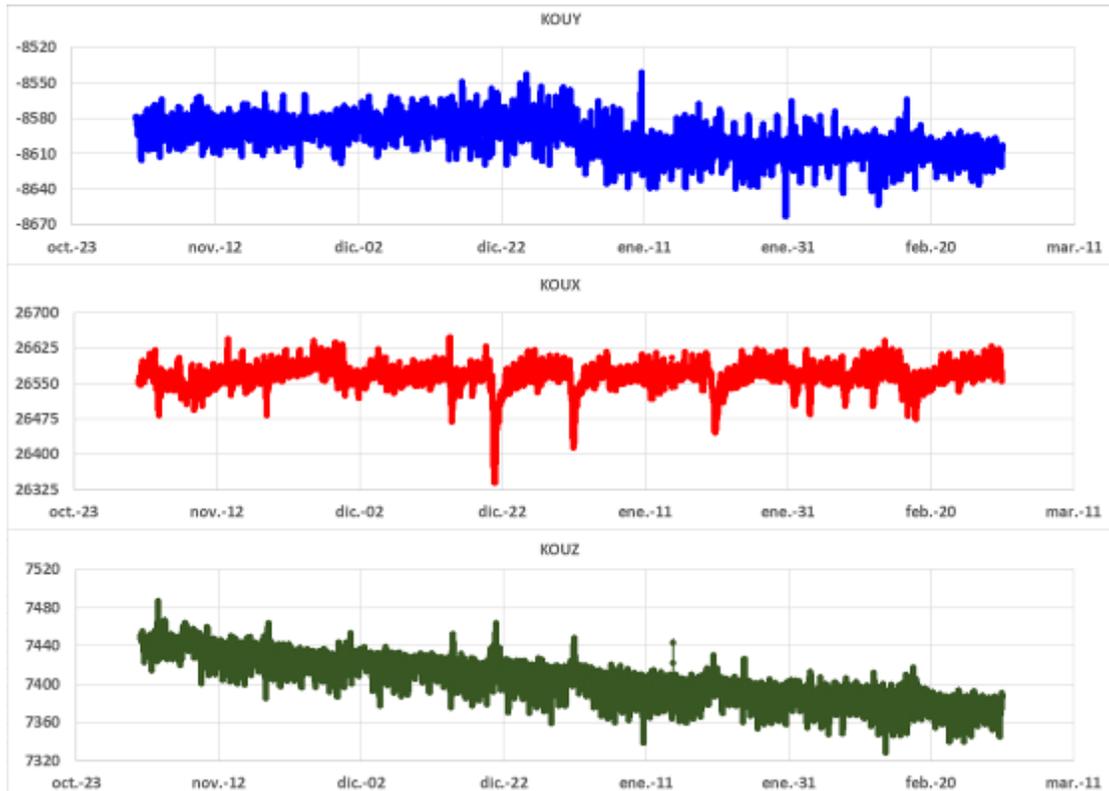


Figura 31. Variaciones del campo magnético, en la estación Kourou, en Guyana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, para los meses comprendidos entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Componente KOUY (azul), KOUX (roja), KOUZ (verde). La escala de medición está dada en nano Teslas.

El valor promedio del campo total en las estaciones Frailejón, Barranco y Cráter fue de 28570 nT, 28430 nT y 33415 nT respectivamente (Figuras 32, 33 y 34).

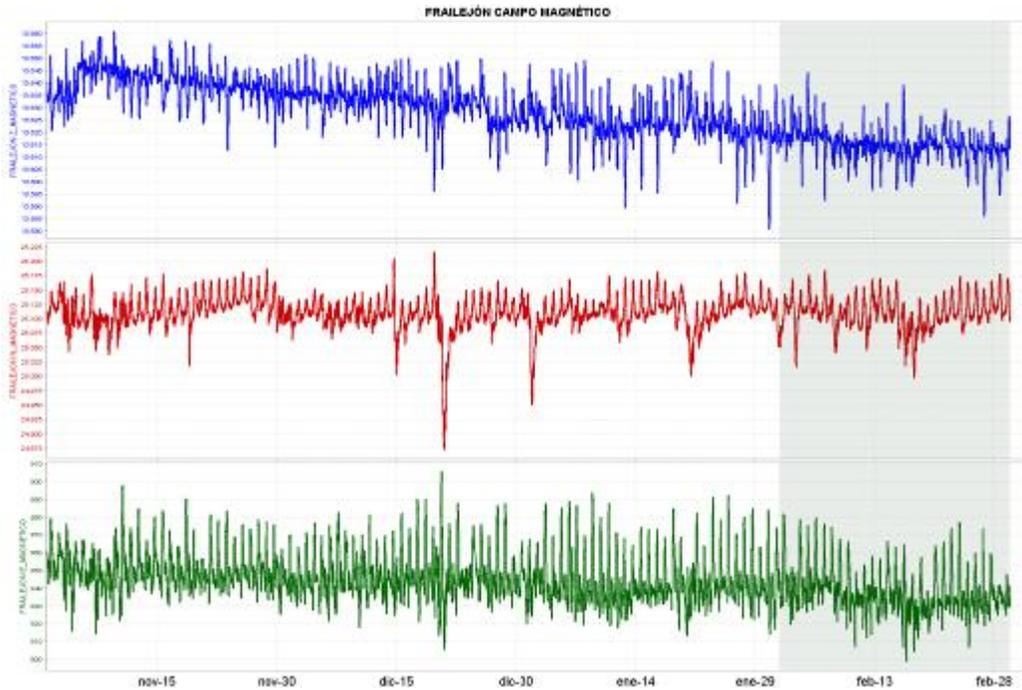


Figura 32. Variaciones del campo magnético en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde). La escala de medición está dada en nano Teslas.

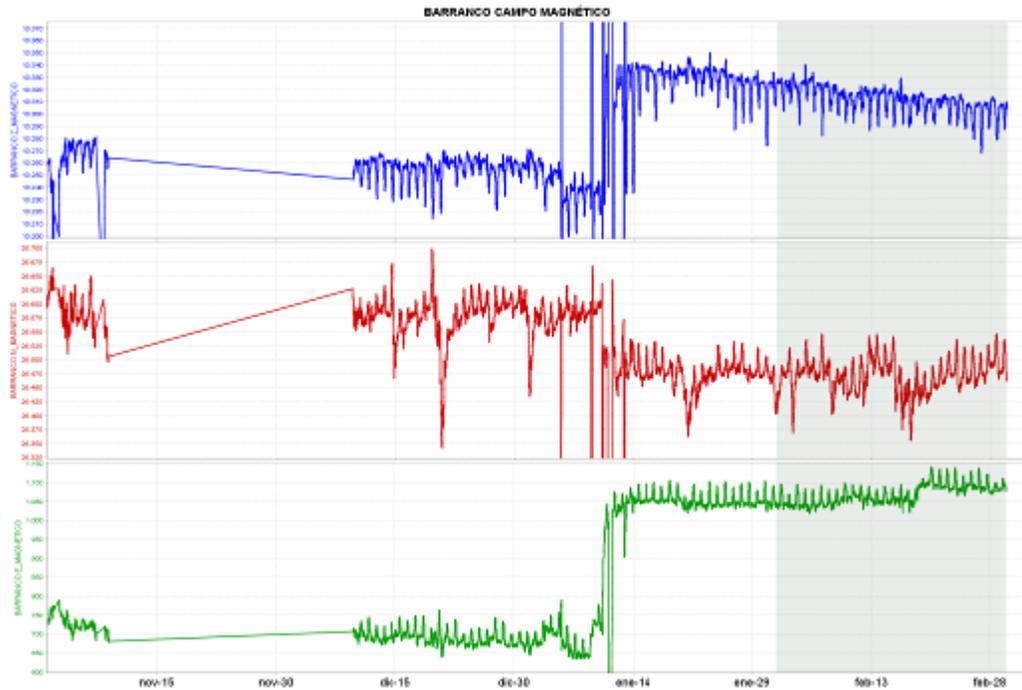


Figura 33. Variaciones del campo magnético en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde). La escala de medición está dada en nano Teslas.

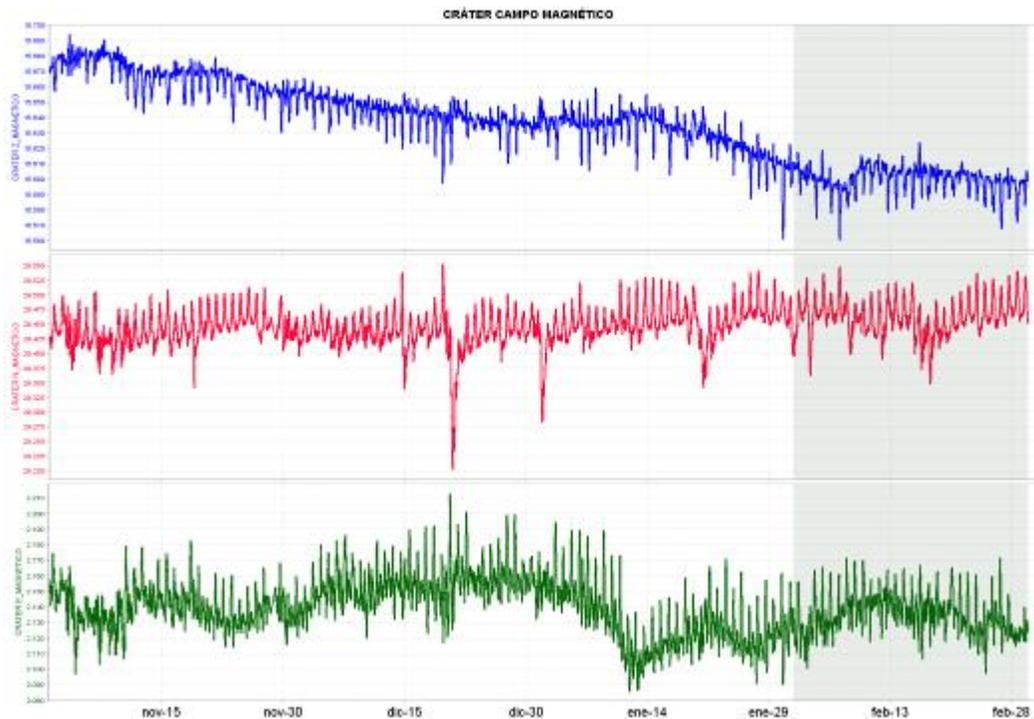


Figura 34. Variaciones del campo magnético en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde). La escala de medición está dada en nano Teslas.

Las variaciones de los Campos Eléctricos, registradas en las componentes horizontales de la estación de Frailejón, muestran fluctuaciones que no se correlacionan con actividad volcánica, sino con procesos de lluvias que se generan en la zona. La componente NS de la estación Frailejón tuvo un valor promedio en febrero de alrededor de -84 mV/m, en tanto que la componente EW tuvo valor promedio de alrededor de -167 mV/m, con un campo total promedio de 187 mV/m (Figura 35).

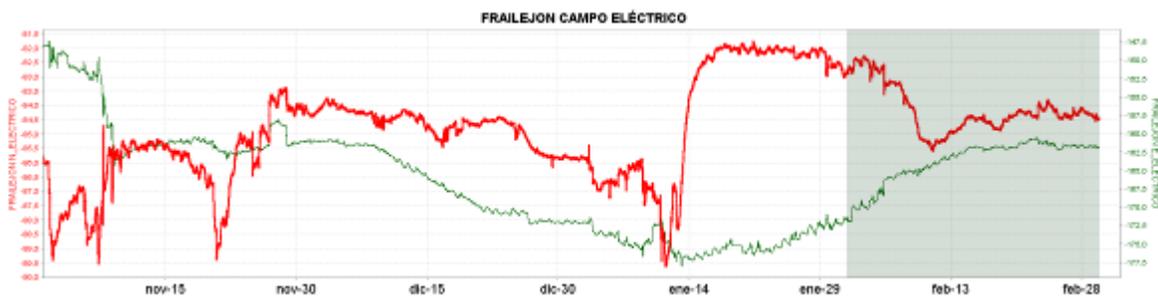


Figura 35. Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes NS (azul) y EW (rojo) de la estación de Frailejón, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Las unidades de medición son mV/m.

La componente NS de la estación de campo eléctrico Barranco, en febrero de 2016 tuvo un valor promedio de alrededor de 103 mV/m, mientras que la componente EW tuvo un valor promedio de 285 mV/m. Para esta estación se tuvo un valor de campo total promedio de 303 mV/m (Figura 36).



Figura 36. Variaciones del Campo eléctrico en las componentes NS (azul) y EW (rojo) de la estación de Barranco, entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. Las unidades de medición son mV/m.

1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

La actividad superficial se documentó a partir de observaciones directas hacia la cima desde la sede del OVSP, por reportes de las comisiones de personal en campo, de la comunidad o las autoridades y por videos e imágenes de las cámaras instaladas en el OVSP, Consacá, Barranco y Bruma.

Condiciones favorables de clima permitieron la mayor parte del tiempo observar emisiones de gases, excepto para los días 7, 8, 9, 10, 15, 16 y 26 de febrero, debido a la alta nubosidad presente en la cima volcánica. 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 cráter principal, campo fumarólico de El Paisita sector norte y cráter secundario de Las Chavas al occidente del cono volcánico. En las Figuras 37 a 44 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en Galeras.



Figura 37. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 2 de febrero de 2016, en horas de la tarde 12:51 p.m. y 5:59 p.m., capturadas desde las cámaras de Bruma y Barranco.



Figura 38. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 4 de febrero de 2016, en horas de la tarde 6:26 p.m., capturada desde la cámara ubicada en Barranco.

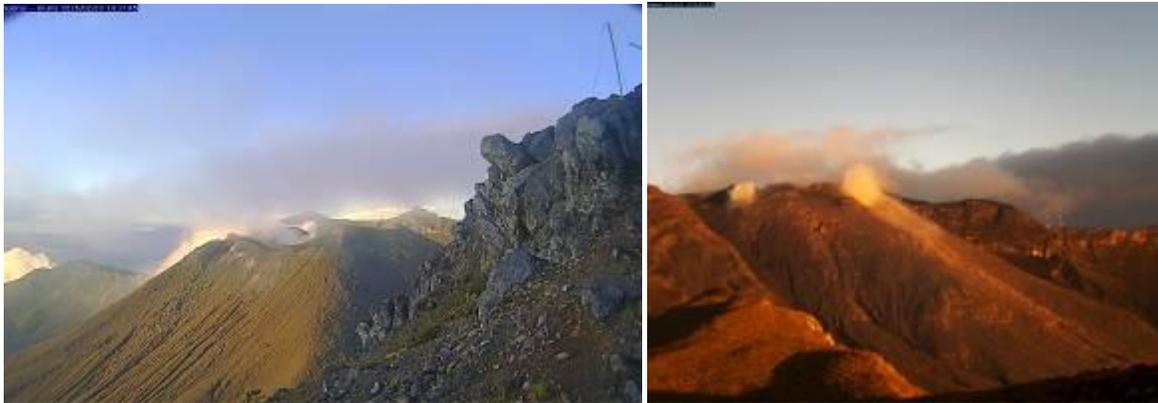


Figura 39. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 13 de febrero de 2016, en horas de la tarde 6:17 p.m. y 6:24 p.m., capturadas desde la cámara de Bruma y Barranco.

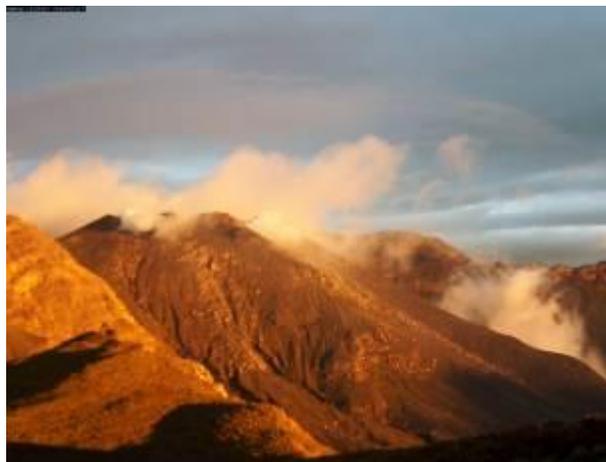


Figura 40. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 17 de febrero de 2016, a las 6:28 p.m., capturada desde la cámara ubicada en Barranco.



Figura 41. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras registrada el 18 de febrero de 2016, en horas de la tarde 6:00 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.



Figura 42. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 21 de febrero de 2016, en horas de la tarde 4:20 p.m., capturada desde la cámara ubicada en Barranco.



Figura 43. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras registrada el 23 de febrero de 2016, a las 8:52 a.m., fotografía capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.

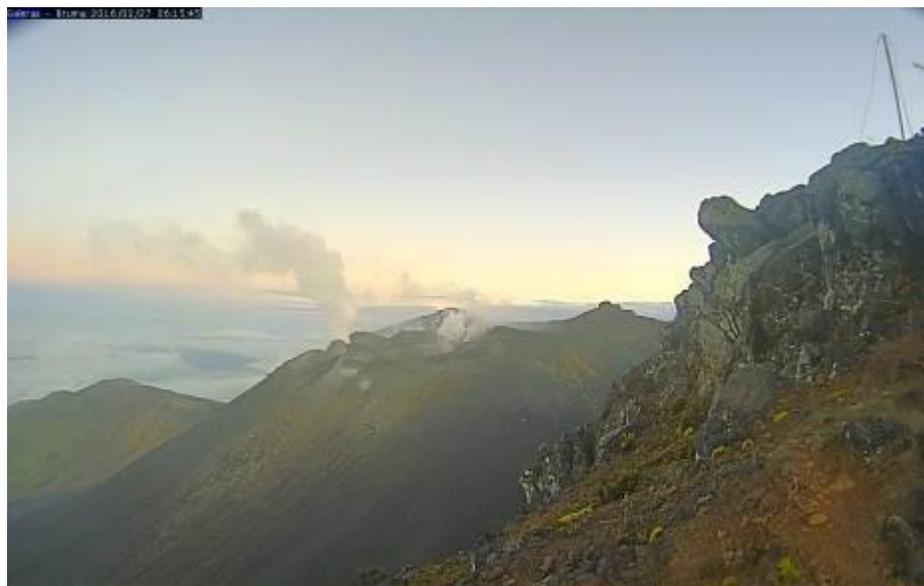


Figura 44. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras registrada el 27 de febrero de 2016, a las 6:15 a.m., fotografía capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.

1.7. CONCLUSIONES

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 – FEBRERO DE 2016

2.1. RED DE VIGILANCIA

En la Figura 45 se puede apreciar la disposición de la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal que consta de cuatro estaciones para monitorear su sismicidad (dos sensores de banda ancha y dos de corto periodo), cuatro estaciones para el seguimiento de la deformación cortical del edificio volcánico y un sensor de presión acústica. Adicionalmente, se tiene una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial, instalada en el municipio de Cumbal. De igual forma se cuenta con el registro de la estación Cumbal, muy cerca de la Laguna de Cumbal, estación de monitoreo de la Red Sismológica Nacional de Colombia - RSNC (Figura 45).

Así mismo se tiene una red de muestreo de gases in situ en fumarolas y aguas en fuentes termales (Figura 45).

En la Tabla 12, se consigna el nombre de cada estación con sus características. En la Figura 46 se muestra el porcentaje de funcionamiento de las estaciones para el periodo evaluado.

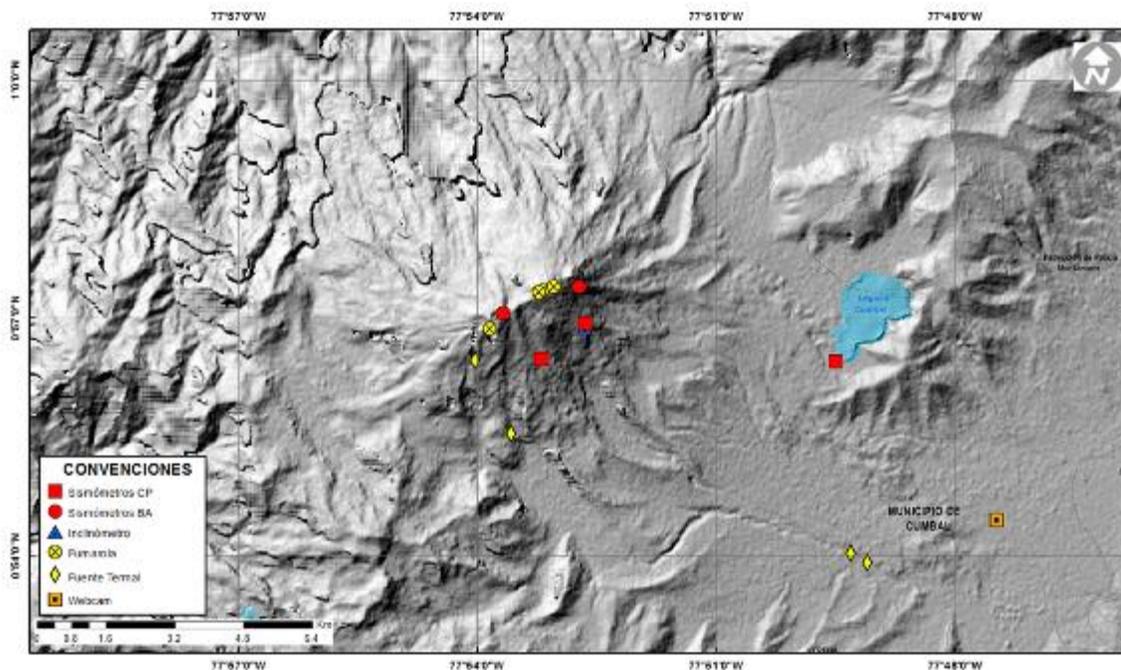


Figura 45. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de febrero de 2016.

Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Cumbal, durante el mes de febrero de 2016, tuvieron un porcentaje de funcionamiento del 92% (Figura 46).

Tabla 12. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2016.

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

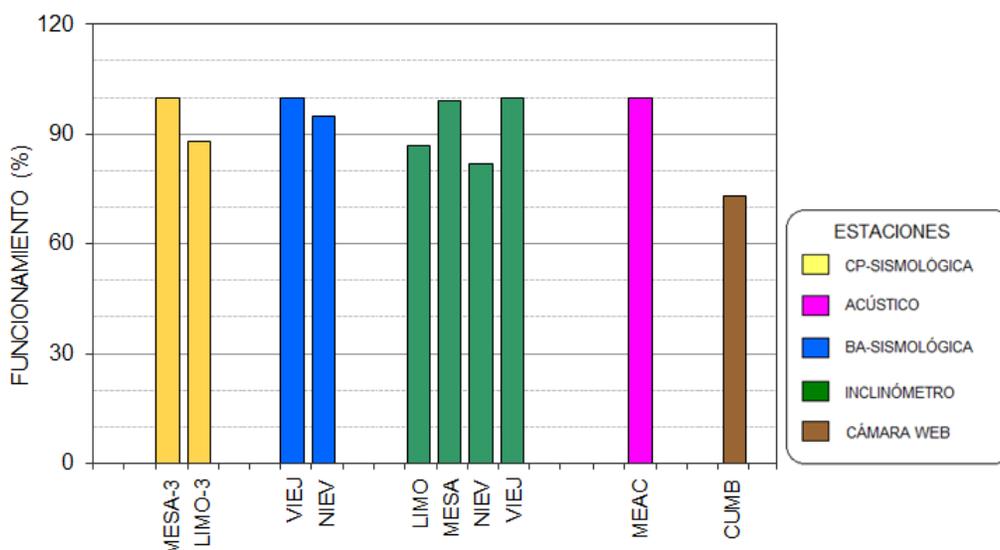


Figura 46. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de febrero de 2016.

2.2. SISMOLOGÍA

En febrero de 2016 se presentó estabilidad en el número total de sismos volcánicos, pasando de 1088 a 1043 eventos (Tabla 13, Figura 47). En ocurrencia se observó un descenso en los sismos tipo VT con un 39.7%, y en contraste se presentó un incremento en los eventos asociados con fractura de roca y posterior movimiento de fluido HYB (Figura 48). Hubo predominio de la sismicidad tipo LPS con un 47% del total de eventos sísmicos, seguido por un 27% de los sismos HYB (Figura 49).

Tabla 13. Número de eventos volcánicos por tipo registrados entre noviembre de 2015 y el 29 de febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	vt	lps	tre	hyb	tor	TOTAL
01-nov-15 a 30-nov-15	429	472	0	322	5	1228
01-dic-15 a 31-dic-15	383	410	0	321	4	1118
01-ene-16 a 31-ene-16	455	446	0	183	4	1088
01-feb-16 a 29-feb-16	274	486	0	282	1	1043

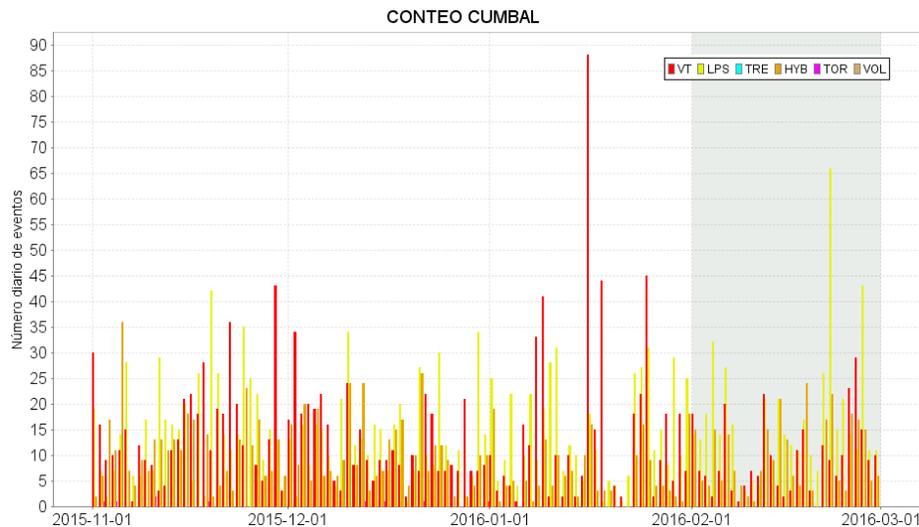


Figura 47. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016.

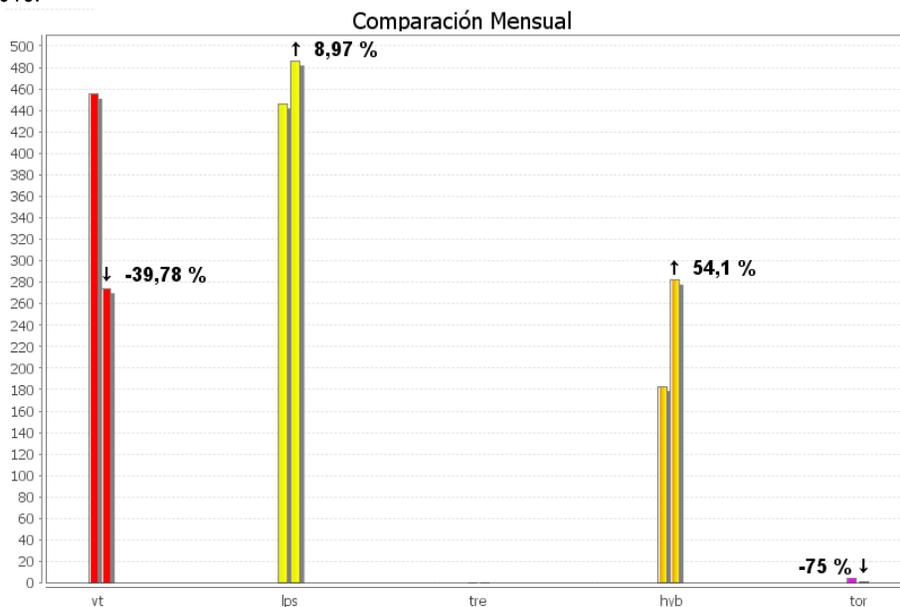


Figura 48. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de febrero (barras de la derecha) respecto al mes de enero (barras de la izquierda).

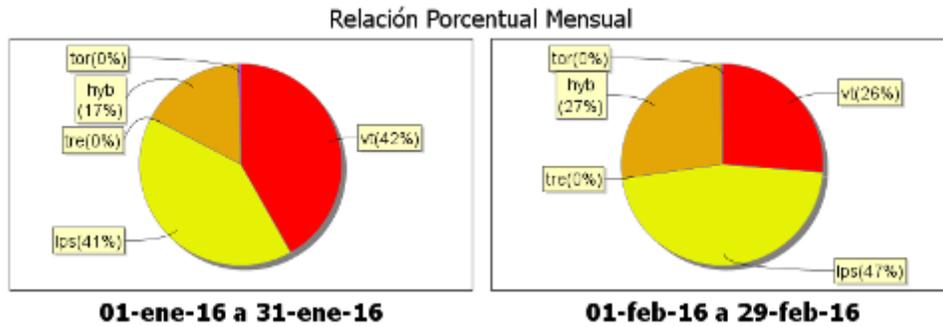


Figura 49. Porcentajes de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal para enero y febrero de 2016.

La energía liberada de los sismos localizados mostró un incremento muy importante, pasando de 6.89×10^6 ergios a 1.50×10^7 ergios. Fue posible localizar 121 sismos, de los cuales 108 fueron asociados con fractura de roca y 13 tipo HYB. La gran mayoría de eventos se ubicaron en inmediaciones del cono volcánico de Cumbal, con profundidades entre 0.1 y 7.6 km, cerca del 75% con profundidades menores a 2 km. La magnitud local estuvo entre -0.6 y 2.2 en la escala de Richter, cerca del 98% inferior a 1 (Figura 50).

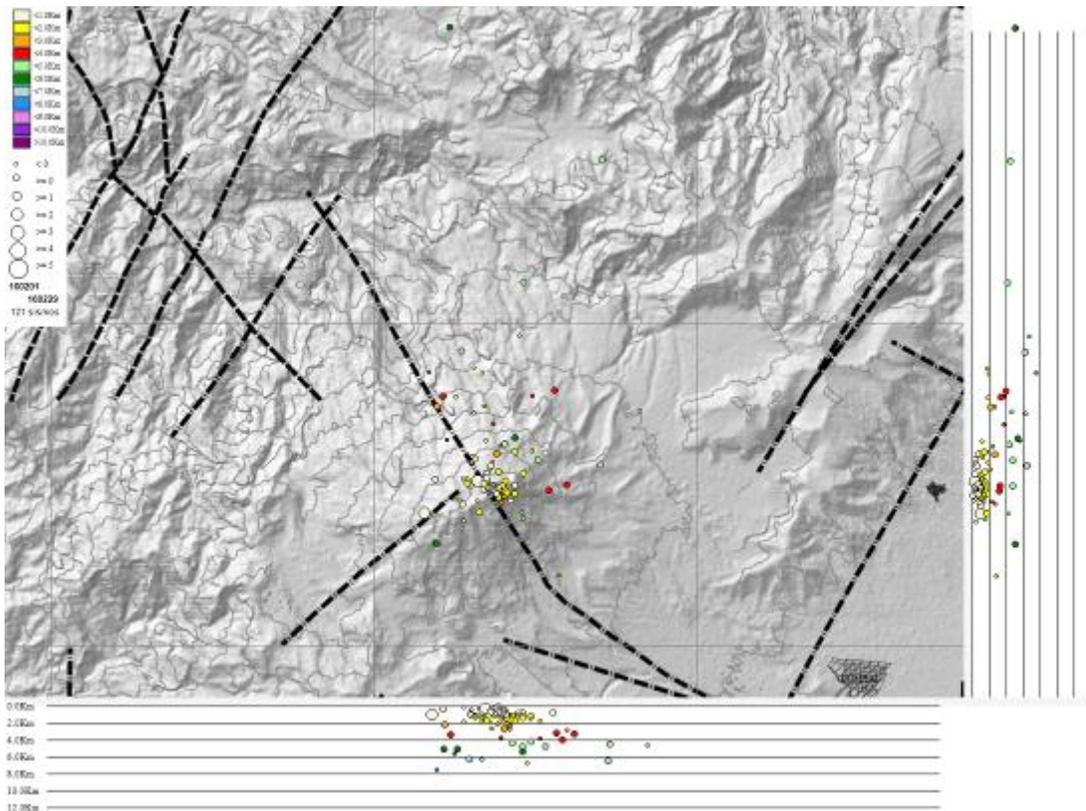
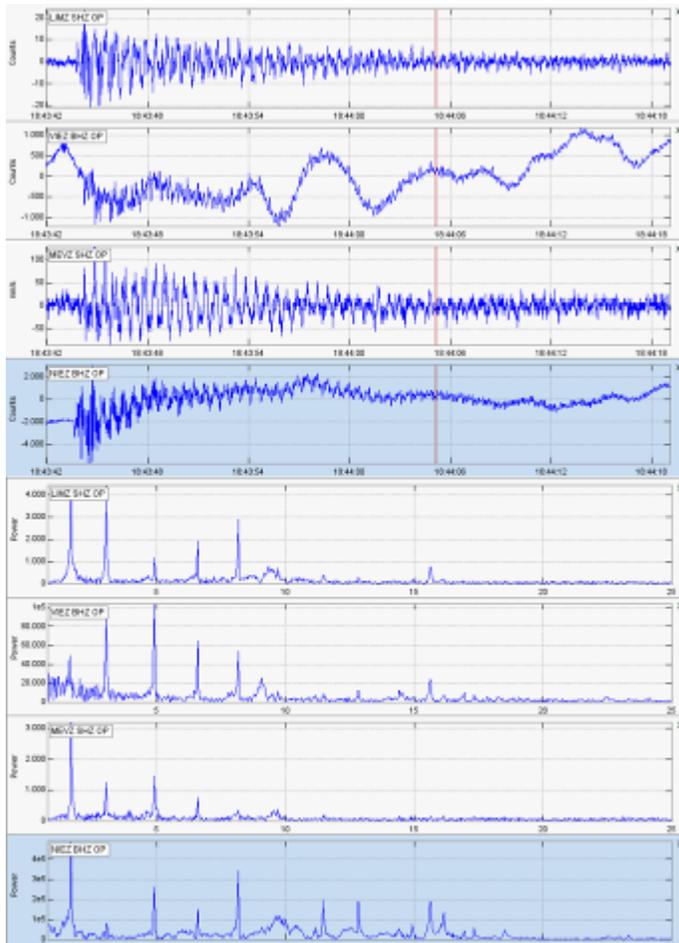


Figura 50. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 29 de febrero de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 msnm).

De la sismicidad presente en el complejo volcánico de Cumbal, se destaca la ocurrencia del evento de Largo Periodo tipo Tornillo (TOR), registrado el 22 de febrero, presentando una frecuencia dominante de 1.64 Hz (Figura 51), y duración de 34 segundos. En la Figura 52 se observa el comportamiento a lo largo del tiempo de las frecuencias mostradas por este tipo de eventos, hasta la fecha este tipo de sismicidad no muestran en sus parámetros evaluados una correlación con procesos de presurización del sistema volcánico.



22/02/2016 a las 13:43 LT
Tornillo - volcán Cumbal

Estación base: Mesa
Duración: 34 segundos
Frecuencia dominante: 1.64 Hz
Amplitud pico: 82 nm/s
 $h=0.00181$
 $Q=275.56$

Figura 51. Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 22 de febrero de 2016, a la 1:43 p.m., registrando 34 segundos de duración.

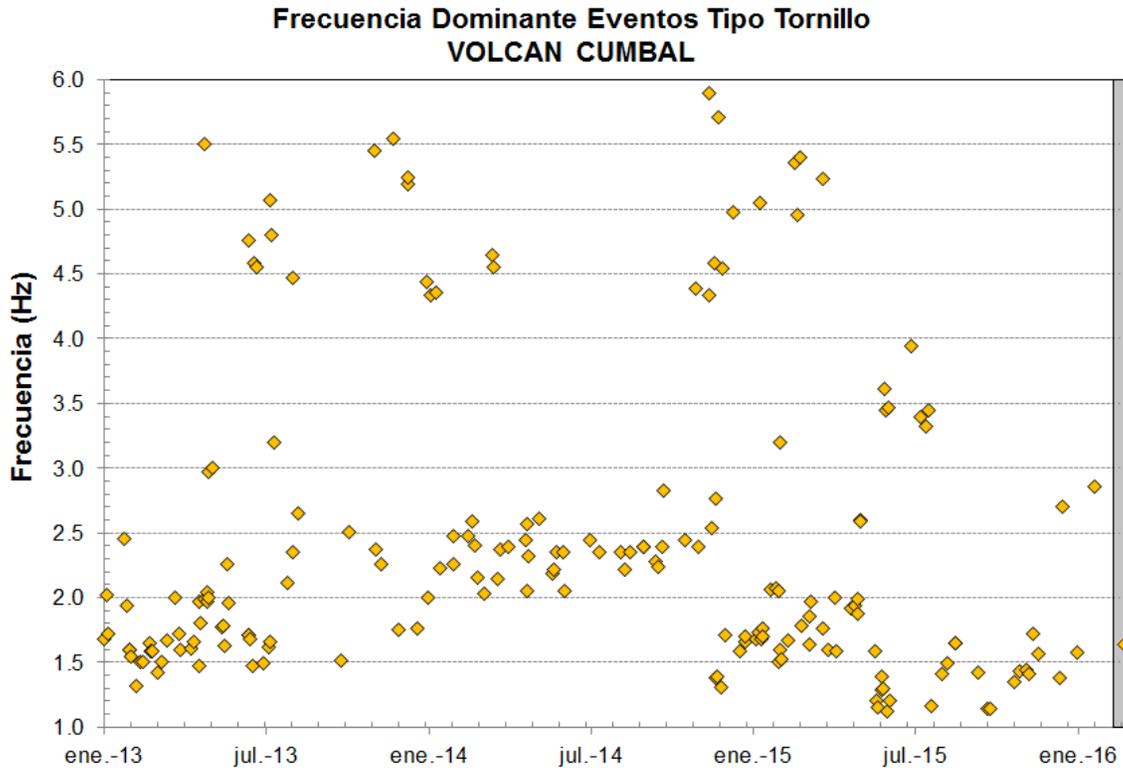


Figura 52. Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por las estaciones sísmicas instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 29 de febrero de 2016, resaltando el evento registrado en el mes de febrero de 2016 en el recuadro gris.

2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

Desde finales inicios del mes de febrero y gracias al mantenimiento correctivo adelantado por el grupo de electrónica fue posible reestablecer el registro de los inclinómetros electrónicos de La Mesa, Limones y el cambio de sensor de la estación La Nieve, por lo cual solo se tiene registro desde el 4 de febrero, sin observar cambios importantes en las componentes de inclinación de estas estaciones (Figuras 53, 54 y 55).

Al parecer los cambios observados en las componentes Norte y Este del inclinómetro Punta Vieja, son muy similares a lo registrado por el sensor de temperatura, por lo cual no estarían asociados a cambios en la actividad volcánica (Figura 56).

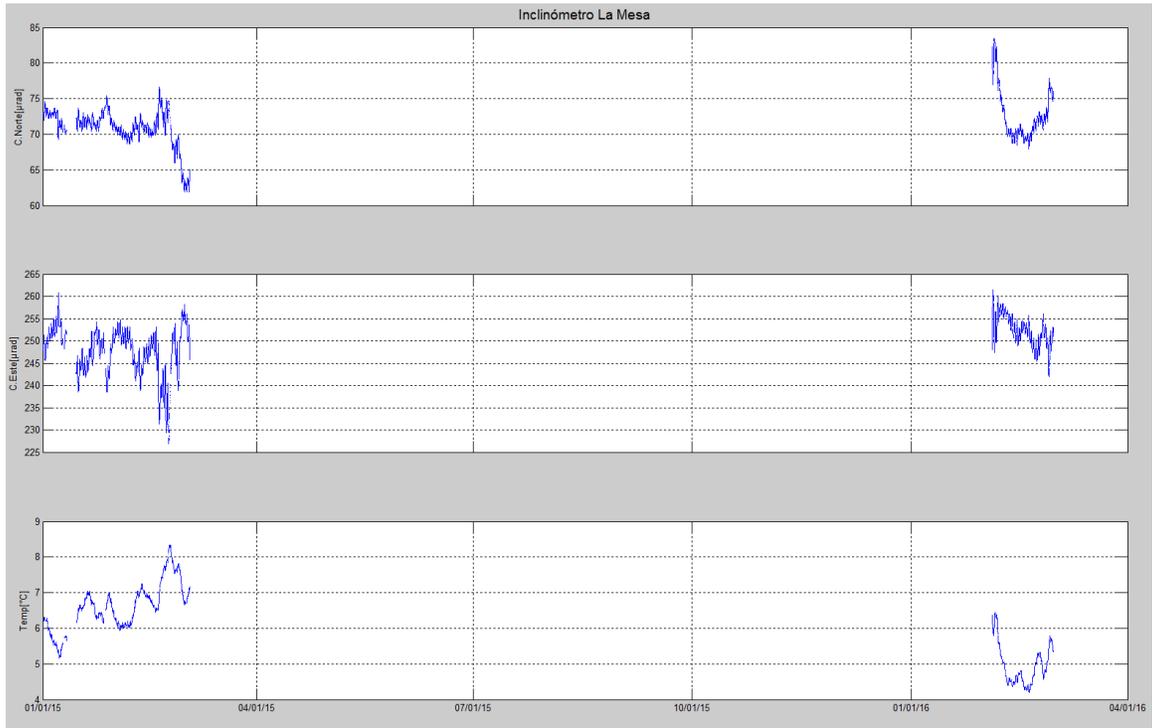


Figura 53. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Mesa, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

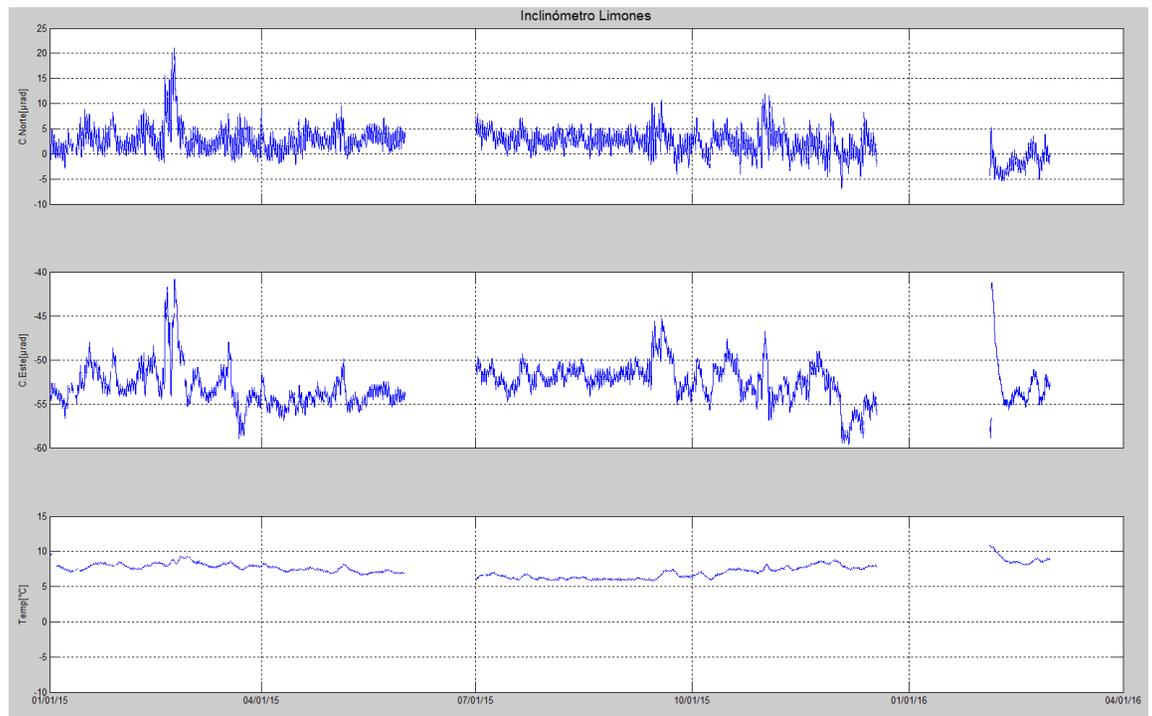


Figura 54. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

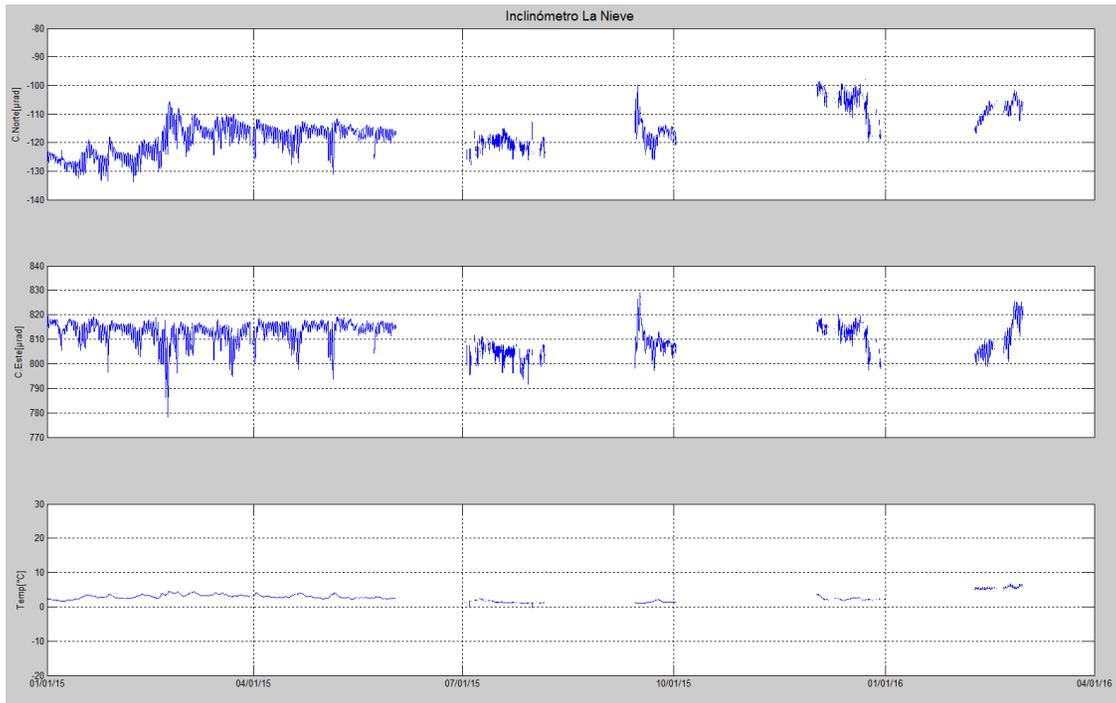


Figura 55. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico La Nieve, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

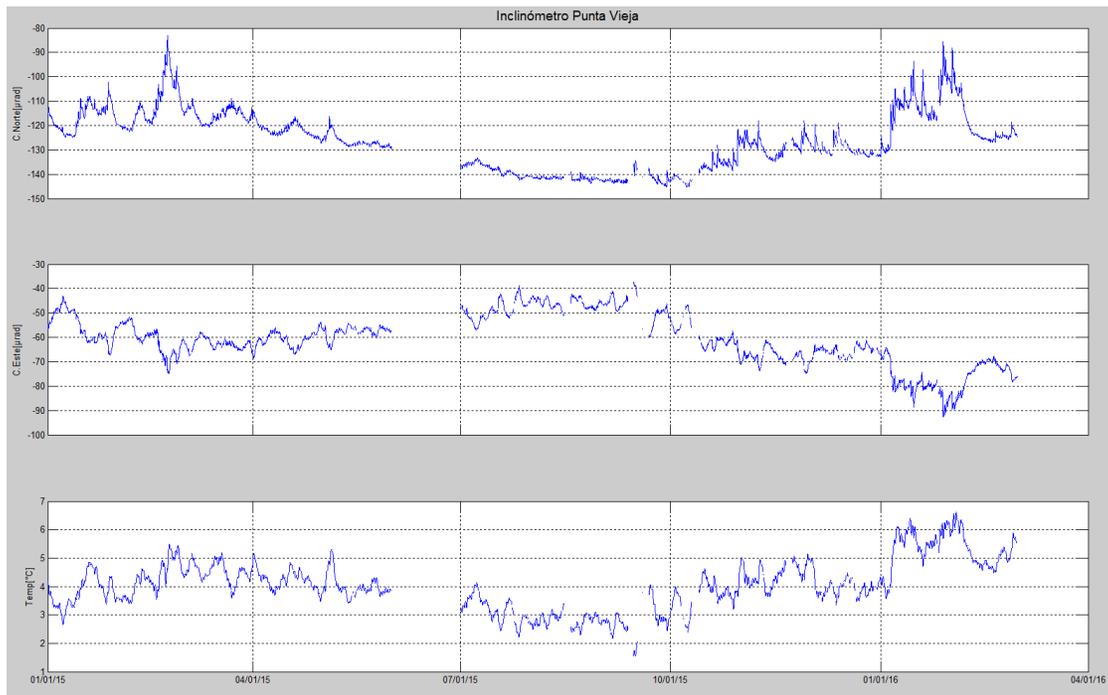


Figura 56. Componentes de inclinación Norte, Este y temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Debido a la alta nubosidad presente solo fue posible evidenciar emisión de gases en la zona del Complejo Volcánico de Cumbal para los días 4, 5 y 27 de febrero, columnas de color blanco, de poca altura y dispersión variable por acción de los vientos, saliendo desde los campos fumarólicos de Rastrojo, Boca Vieja en Mundo Nuevo y desde el campo fumarólico El Verde en Cumbal.

En las Figuras 57 y 59 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en Cumbal.



Figura 57. Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal, el 4 de febrero de 2016, a las 8:45 a.m.



Figura 58. Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal, el 5 de febrero de 2016, a las 7:15 a.m.



Figura 59. Imagen de la emisión de gases ocurrida en el Complejo Volcánico de Cumbal, el 27 de febrero de 2016, a las 5:54 a.m.

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 febrero de 2016 permitió, que la actividad del complejo volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”.

3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO FEBRERO DE 2016

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los volcanes Chiles y Cerro Negro se encuentran ubicados al suroccidente del país, en el departamento de Nariño, más exactamente en la frontera entre Colombia y Ecuador (Figura 60). El volcán Chiles tiene una altura de 4748 msnm y el volcán Cerro Negro, de 4470 msnm.

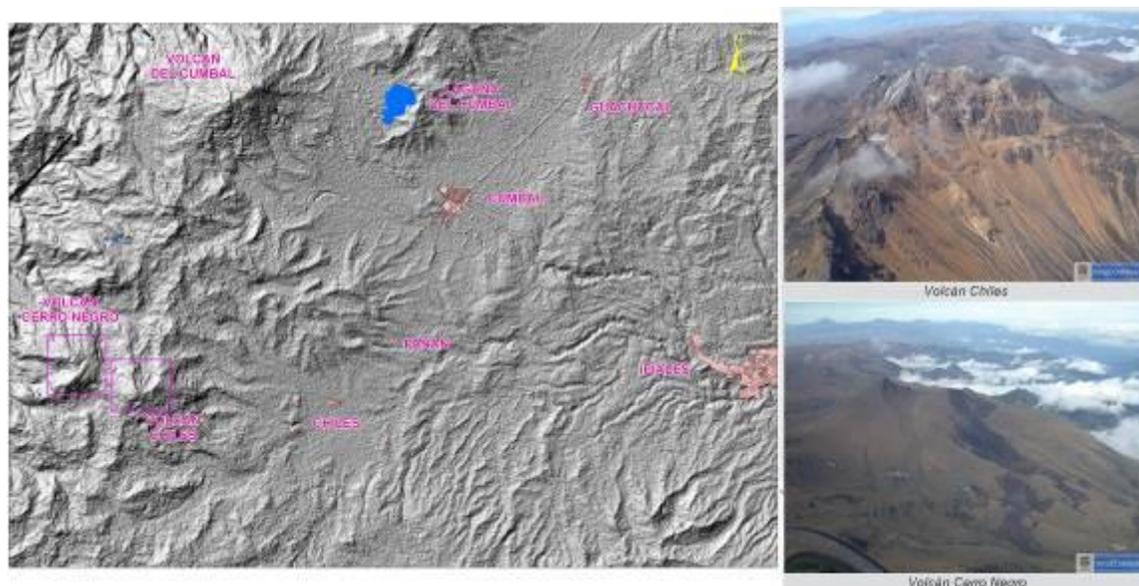


Figura 60. Localización geográfica de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2. RED DE VIGILANCIA

Actualmente la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro está conformada por seis estaciones sísmicas de banda ancha, dos inclinómetros electrónicos, un acústico y una de temperatura en fuente termal. Estas estaciones se encuentran distribuidas así: una en la cima volcánica en el costado occidental de Chiles, llamada Chiles (sismómetro e inclinómetro), otra llamada Cerro Negro (sismómetro, inclinómetro y repetidora) localizada al norte y en cercanías del volcán Cerro Negro, otra en el sector denominado Canguil (sismómetro y sensor de presión acústica) al nor-noroccidente del volcán Chiles, la estación Panan, a 7.4 km al nororiente del volcán Chiles, la estación Las Lagunas ubicada al nor-nororiente del volcán Chiles y la estación Termales (Sismómetro y Termocupla), ubicada en el sector de Baño Grande (Figura 61, Tabla 14). En el área de geoquímica se cuenta con la estación permanente telemétrica para el seguimiento de la temperatura en la fuente termal Baño Grande, ubicada en cercanías del cabildo Indígena de Chiles (Figura 61) y una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías (Figura 61, Tabla 15). De igual forma se contó con una cámara Web instalada en la población de Nazate (Figura 61). Esta cámara dejó de funcionar desde el pasado 22 de enero, debido a problemas con el servicio de internet en la zona por parte de los proveedores comerciales; adicionalmente, el dueño del predio manifestó que ya no daba más permiso para tener el equipo funcionando, por lo cual se decidió retirar los equipos el 25 de febrero de 2016.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvieron un funcionamiento promedio del 90% (Figura 62).

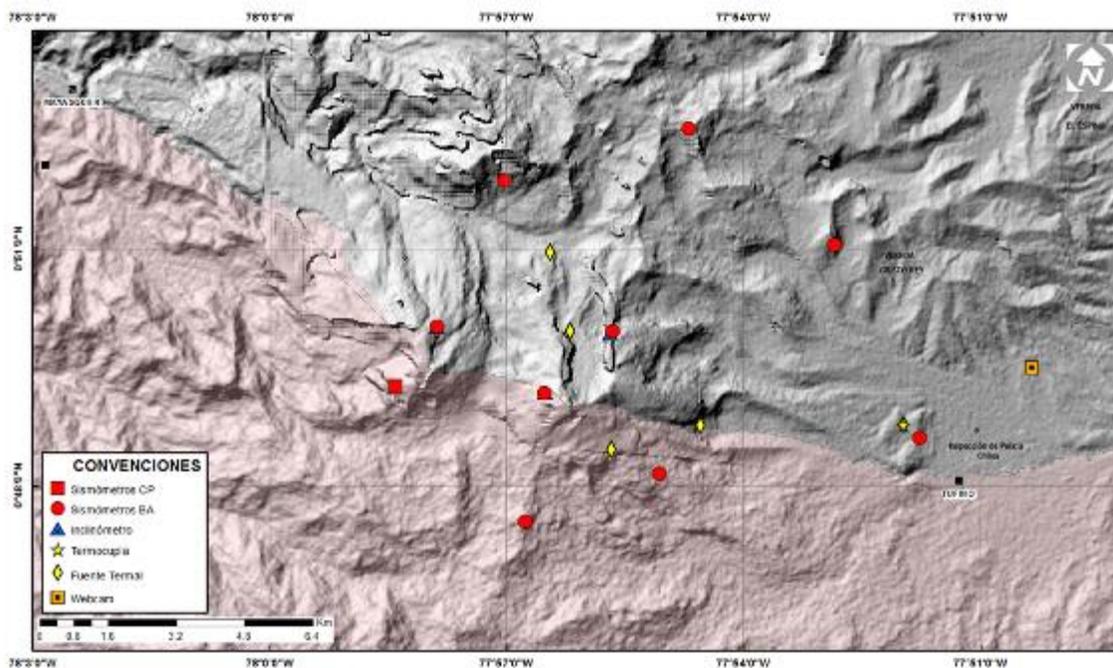


Figura 61. Estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de febrero de 2016.

Tabla 14. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2016.

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
Cerro Negro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	4216
I. Cerro Negro	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	4	WNW	4216
Canguil	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	5,5	NNW	3788
Lagunas	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,1	NNE	4003
Panan	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	7,4	NE	3750
Termales	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	9,3	E	3329

Tabla 15. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.

FUENTE TERMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
(A) BAÑO GRANDE		0.81282°	77.86624°	3318
(B) AGUAS HEDIONDAS		0.81256°	77.90923°	3613
(C) LAGUNAS VERDES		0.80758°	77.92791	3894
(D) RÍO BLANCO		0.84928°	77.94092°	3611
(E) EL HONDÓN		0.832535	-77.936713	3948

FUENTE TERMAL	IMAGEN	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
(F) BALNEARIO		0°48'11,8"	77°51'41,4"	3269
(G) LA CALERA		0°48'17,4"N	77°51'44,8"W	3284
(H) EL INFIERNILLO		0°48'19,6"N	77°51'43,2"W	3284

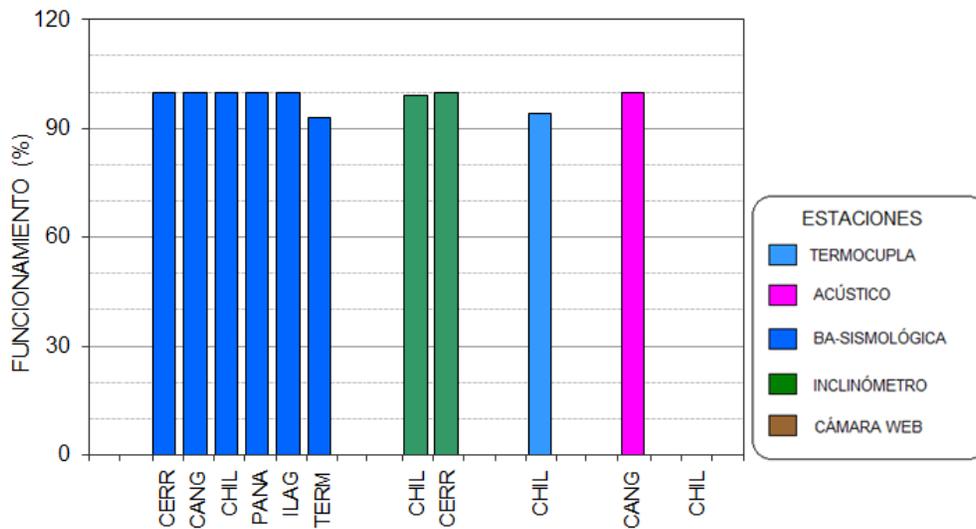


Figura 62. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de febrero de 2016.

3.3. SISMOLOGÍA

Teniendo en cuenta el periodo desde que se inició la vigilancia instrumental de la actividad volcánica en la zona de influencia de Chiles y Cerro Negro con la instalación permanente de estaciones en noviembre 5 de 2013, hasta el 29 de febrero de 2016, se han registrado en total 546.615 sismos, la gran mayoría presentados en el periodo que va desde septiembre 29 de 2014 hasta abril 30 de 2015 con 427.261 sismos, en los últimos meses es notoria una tendencia descendente con algunas fluctuaciones en la ocurrencia sísmica diaria (Figura 63).

La ocurrencia sísmica en el mes de febrero de 2016 mostró un importante descenso, cercano al 47% del número registrado en enero, pasando de 1393 a 739 sismos, en su mayoría asociados con fractura de roca (VT) (Tabla 16, Figura 64). El día 1 de febrero se registró la tasa más elevada de ocurrencia diaria contabilizando 53 eventos.

Adicionalmente en la actividad sísmica de febrero se destaca la presencia de eventos que por sus características indican movimiento de fluidos de tipo magmático.

Tabla 16. Número de eventos sísmicos ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro registrados entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL
01-nov-15 a 30-nov-15	2157	33	0	20	2210
01-dic-15 a 31-dic-15	857	29	0	14	900
01-ene-16 a 31-ene-16	1364	24	0	5	1393
01-feb-16 a 29-feb-16	702	22	0	15	739

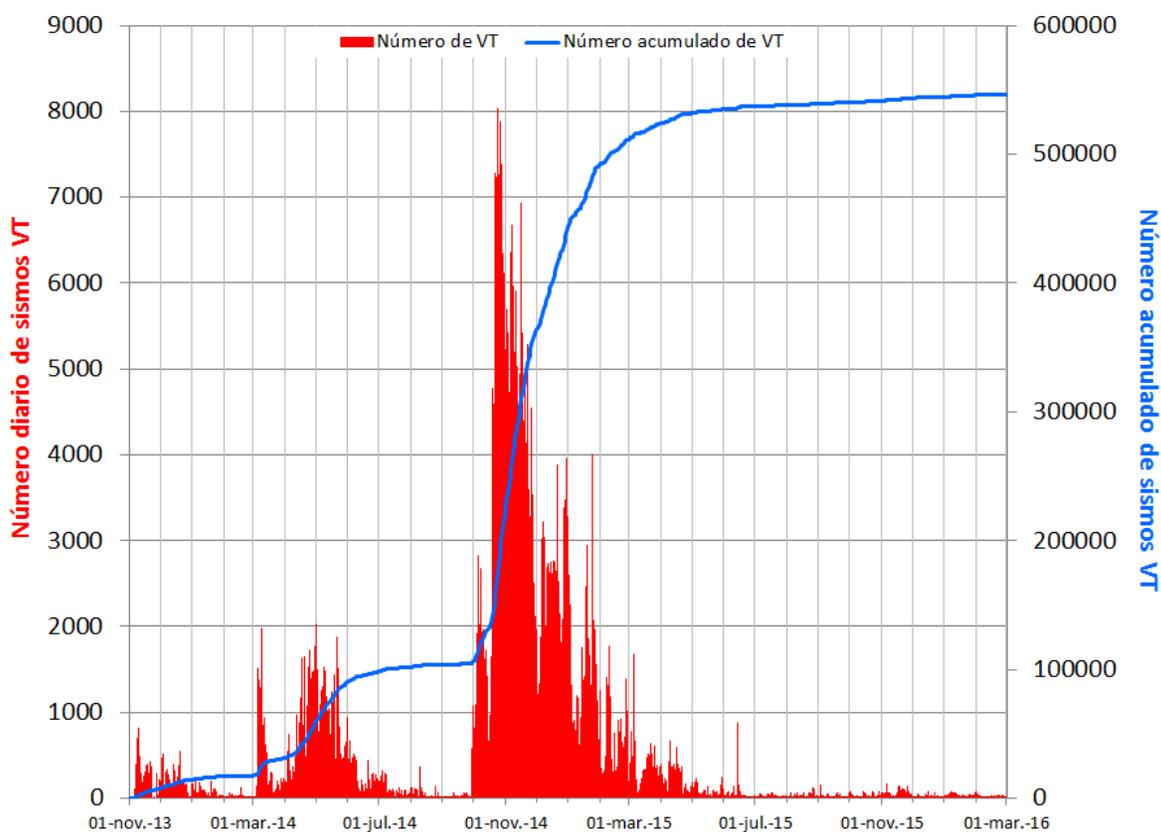


Figura 63. Número diario y acumulado de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre noviembre 1 de 2013 y febrero 29 de 2016.

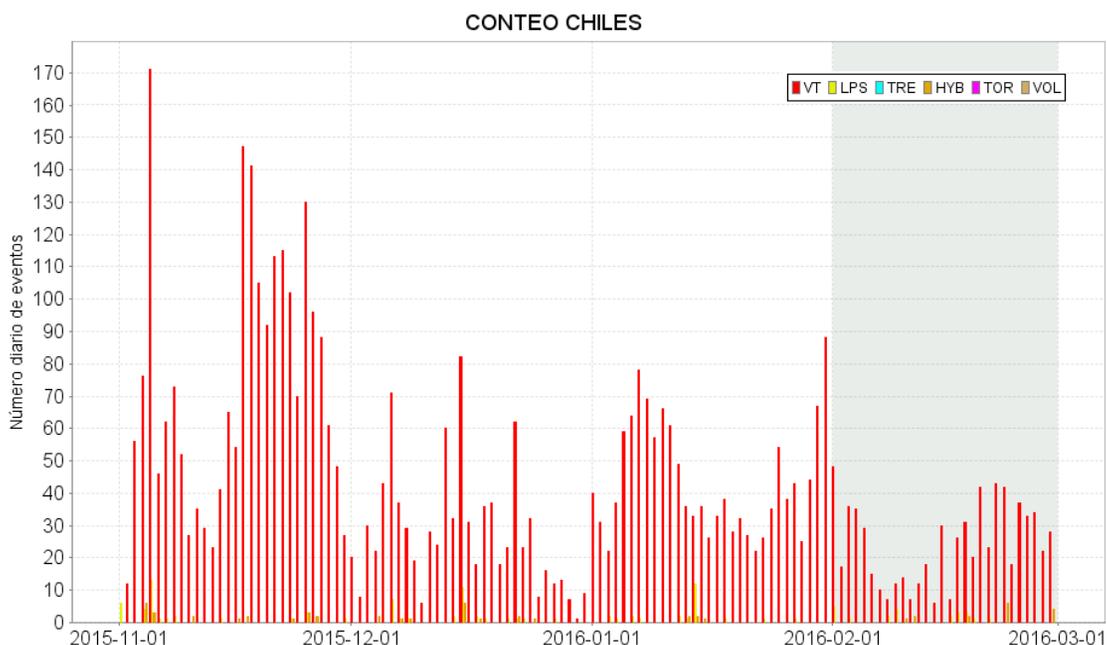


Figura 64. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, eventos ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de noviembre de 2015 y febrero de 2016.

En el periodo evaluado fue posible obtener una solución de localización para 195 sismos VT (Figura 65), la mayoría ubicados hacia el sector suroccidente del volcán Chiles con algunos epicentros ubicados en inmediaciones de su cima, con profundidades entre 0.3 y 5.5 km (nivel de referencia sobre los 4.700 msnm), los eventos más profundos se ubicaron hacia el costado suroriental del volcán Chiles. La magnitud local de los sismos fluctuó entre -0.5 y 1.8 en la escala de Richter, el 93% de la sismicidad localizada presentó magnitud menor a 1.

La energía sísmica liberada fue estimada con base en la magnitud de los sismos localizados; con respecto al mes anterior se observa un descenso cercano al 48% (Tabla 17, Figura 66).

Tabla 17. Energía sísmica liberada por los eventos tipo VT localizados para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada.

Periodo Evaluado	Energía liberada por los sismos VT	
	VT	TOTAL
01-nov-15 a 30-nov-15	7.26E+07	7.26E+07
01-dic-15 a 31-dic-15	5.01E+07	5.01E+07
01-ene-16 a 31-ene-16	4.82E+07	4.82E+07
01-feb-16 a 29-feb-16	2.51E+07	2.51E+07

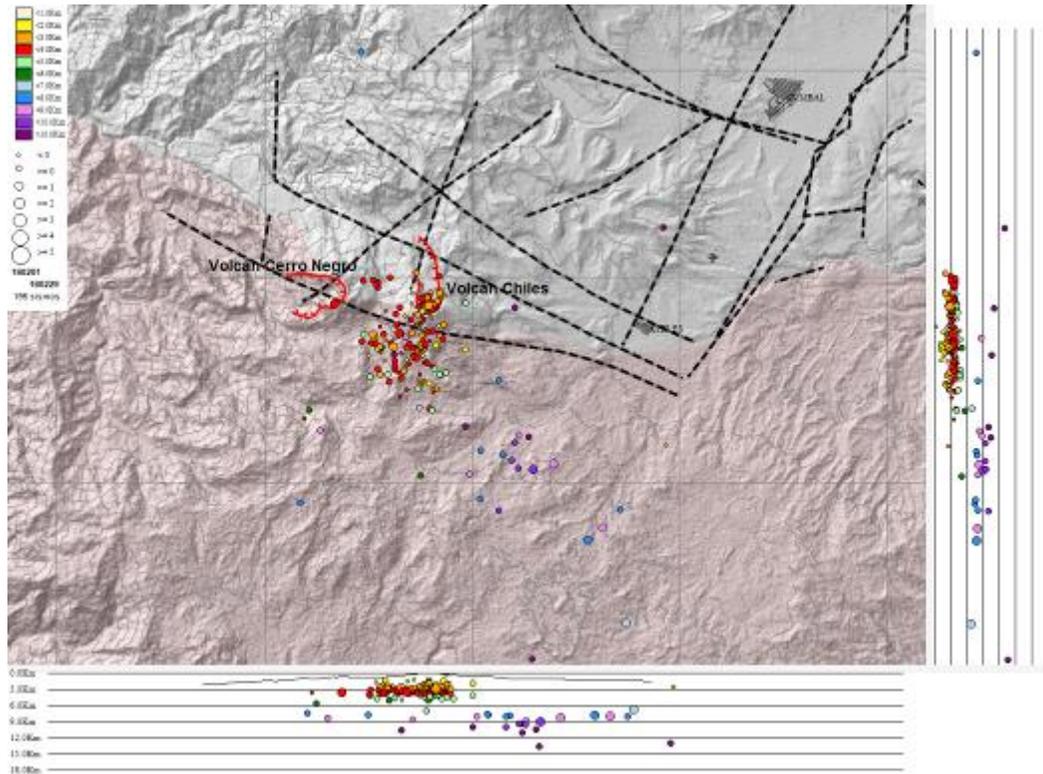


Figura 65. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura (VT) registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, en febrero de 2016, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad.

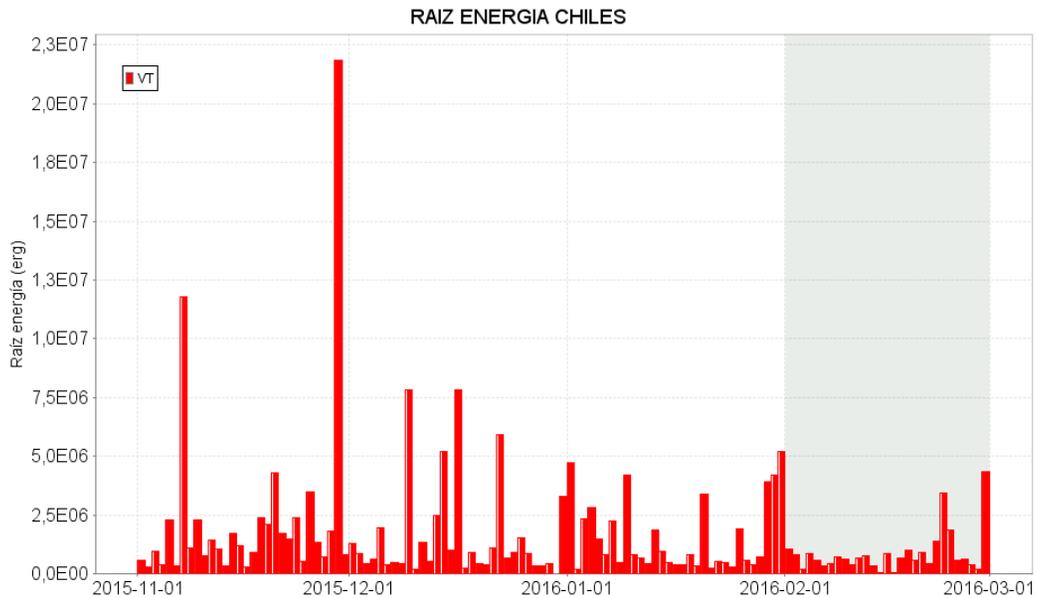


Figura 66. Energía diaria calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2015 y el 29 de febrero de 2016. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada.

De la actividad sísmica presentada en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro resaltaremos el registro del evento tipo LP que de acuerdo a sus características fue clasificado como de baja frecuencia VLF (Figura 67).

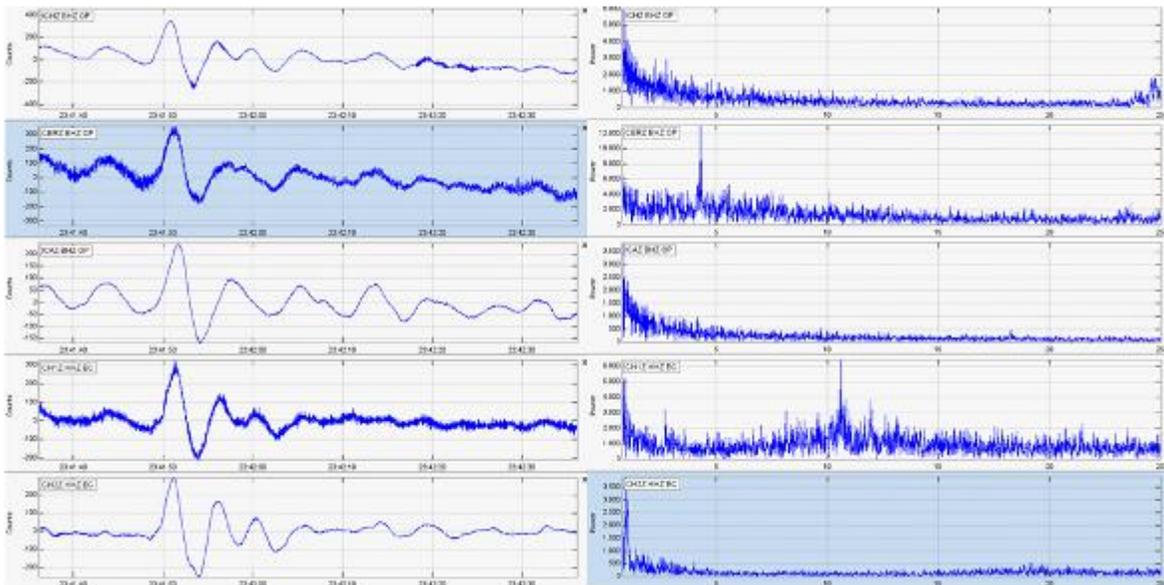


Figura 67. Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo VLF, ocurrido en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, el 1 de febrero de 2016, a las 6:41 p.m.

3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

Hasta el 29 de enero se observó la tendencia descendente que traía la componente de inclinación Este del sensor Chiles, tendencia presentada desde el 6 de octubre de 2015, registrando cerca de 200 μ rad, mientras que en la componente Norte hay un ligero descenso de 23 μ rad desde el 1 de enero de 2016 (Figura 68).

Con respecto a los cambios mostrados por los inclinómetros ubicados sobre la superficie del volcán Cerro Negro, luego de las tendencias mostradas por cada una de las componentes, se observa estabilidad en el registro, en la Norte desde el 14 de enero de 2016 y en la Este desde el 27 de enero de 2016 (Figura 69).

El inclinómetro Cneg2 paralelo al inclinómetro Cerro Negro (sensor ubicado a 6m del otro inclinómetro), siguió mostrando el comportamiento ascendente en la componente de inclinación Este, comportamiento que se viene registrando desde el 20 de agosto de 2014, cuya variación es de 870 μ rad hasta febrero de 2016; por su parte la componente Norte muestra una tendencia descendente en su registro alcanzando desde el mes de enero de 2015 cerca de 124 μ rad (Figura 70).



Figura 68. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

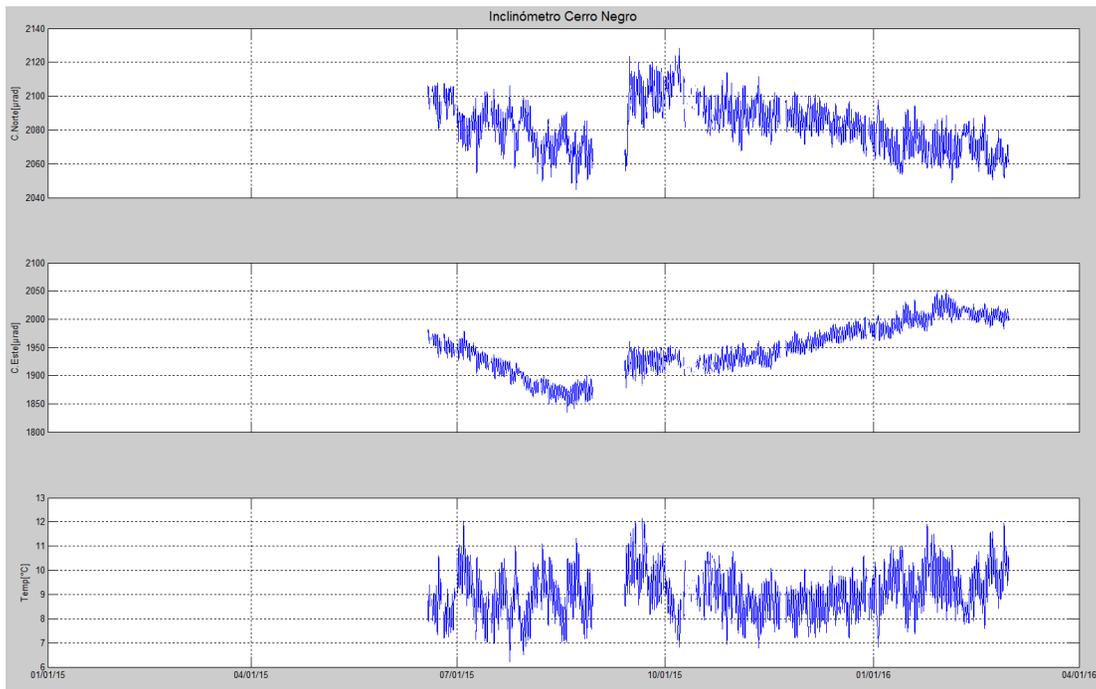


Figura 69. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

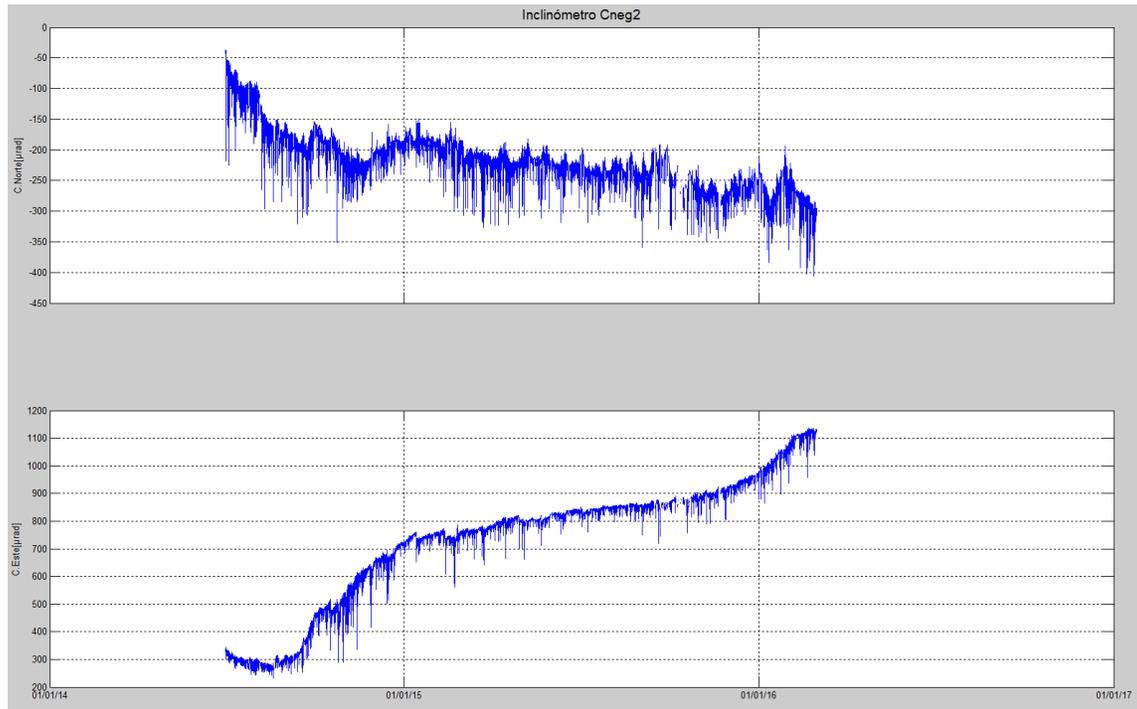


Figura 70. Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro 2 (Cneg2), paralelo al inclinómetro Cerro Negro, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre junio de 2014 y el 29 de febrero de 2016.

3.5. GEOQUÍMICA

3.5.1. Registro de temperatura – Estación Térmica Baño Grande

Los datos sobre la variación de temperatura en la Fuente Termal (FT) Baño Grande del volcán Chiles, se obtienen a partir de una estación telemétrica ubicada en el sitio de la fuente termal donde se realizan muestreos periódicos, estos se registran diariamente con una tasa de muestreo de 10 minutos.

En la Figura 71 se registran las variaciones que corresponden a valores medidos en el transcurso del día (desde las 9:30 a.m. a las 5:30 p.m. aproximadamente), con un promedio de 42.9°C (Tabla 18). Durante el mes de febrero se registra un valor mínimo de 42.6°C, no se registran variaciones significativas. El grupo de Geoquímica del OVS Pasto continúa con el monitoreo de esta variable, registrando el comportamiento y operación de la estación para detectar cambios que puedan estar relacionados con la actividad del volcán.

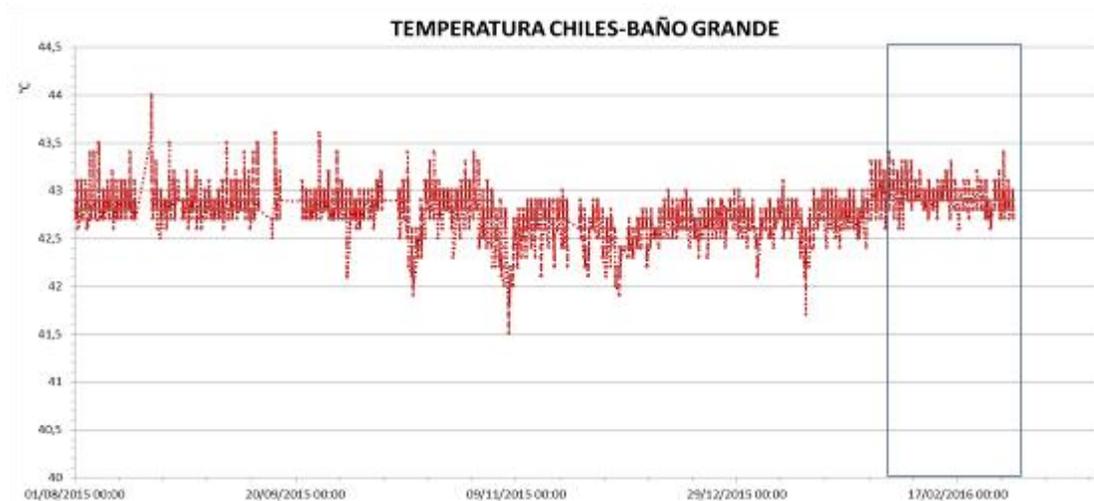


Figura 71. Variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles – febrero de 2016.

Tabla 18. Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – febrero de 2016.

TEMPERATURA	[°C]
Promedio	42.9
Máximo	43.4
Mínimo	42.6

3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Durante el mes de febrero de 2016 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro.

3.7. CONCLUSIONES

- Aunque la sismicidad ha venido mostrando una disminución gradual, se mantienen valores altos de ocurrencia, asociados con una posible intrusión de magma en profundidad y que se reitera, no se ha manifestado aún en superficie, por lo cual el sistema volcánico está lejos de retornar a un estado de equilibrio.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de febrero de 2016, permitió que la actividad en la región de los volcanes Chiles y Cerro Negro permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

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, Bolívar y Santa Rosa en el Departamento del Cauca (Figura 73).

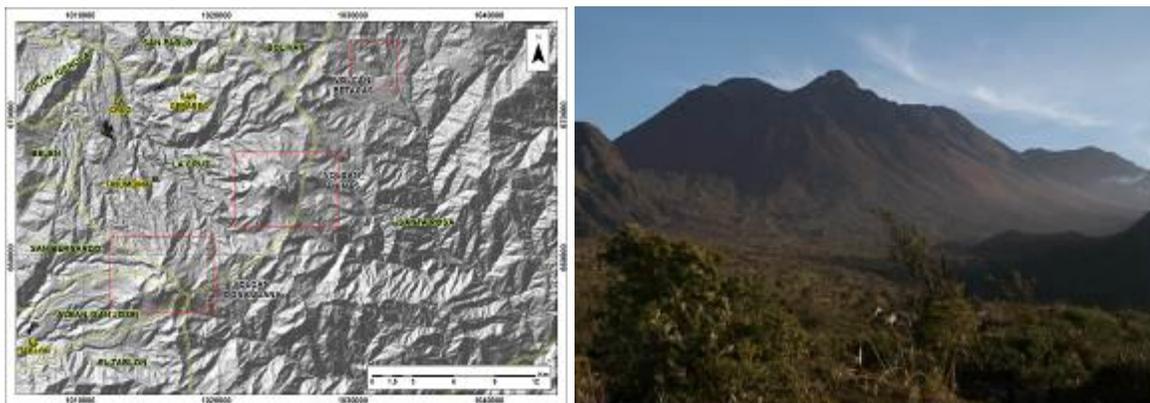


Figura 73. Localización geográfica del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2. Red de vigilancia

Actualmente la red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas localizadas en los puntos Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental y dos inclinómetros electrónicos, y desde finales del mes de noviembre de 2015, se cuenta con una estación GNSS permanente encargada de detectar los cambios sobre la superficie volcánica (Tabla 19, Figura 74). Es de resaltar que la estación Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

Tabla 19. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2016.

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
Pradera	Digital	GNSS	Triaxial	4,0	WSW	2995

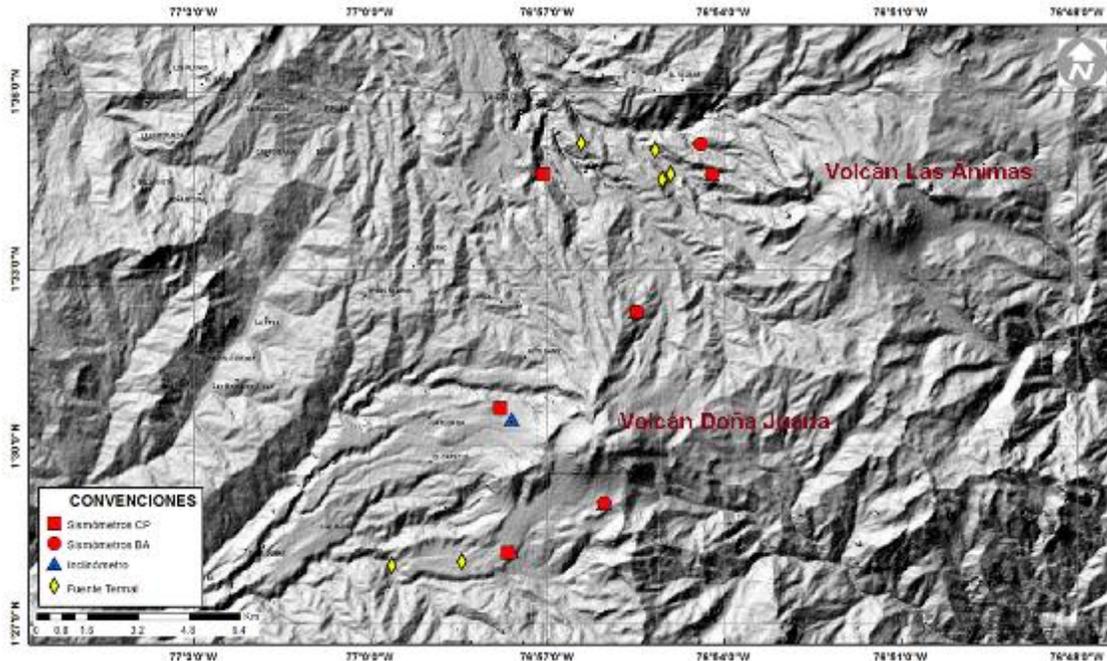


Figura 74. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de febrero de 2016.

En el periodo evaluado, la red de estaciones instaladas para el monitoreo del volcán Las Ánimas presentó un funcionamiento promedio del 98% (Figura 75).

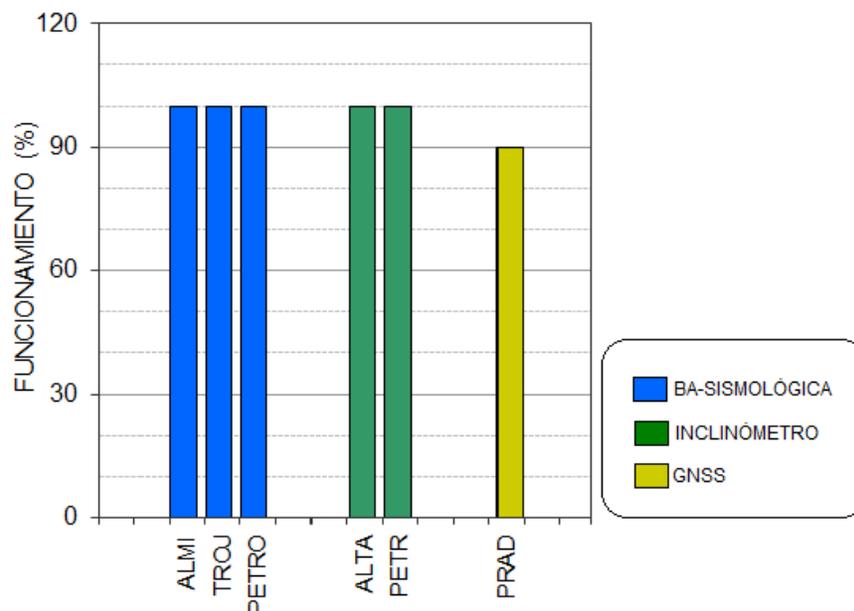


Figura 75. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante febrero de 2016.

4.1.3. Sismología

Para el periodo evaluado no se tuvo registro de actividad sísmica.

4.1.4. Deformación Volcánica

Respecto a los cambios registrados por las estaciones de inclinometría, se evidencia que culminó el comportamiento ascendente que registraba la componente Este de Altamira, acumulando cerca de 30 μrad entre el 7 de noviembre de 2015 y el 8 de enero de 2016, posteriormente tiende a mostrar estabilidad (Figura 76). Por su parte la componente de inclinación Norte tiende a estabilizarse desde el pasado 27 de noviembre de 2015.

El inclinómetro Petroglifo (ubicado a 7,9 km al noroeste del volcán, 3137 m.s.n.m.), en la componente Este muestra estabilidad desde el mes de noviembre de 2015. Al parecer los cambios observados en la componente Norte, son muy similares a lo registrado por el sensor de temperatura, por lo cual no estarían asociados a cambios en la actividad volcánica (Figura 77).

Desde el pasado mes de noviembre de 2015, hacia el costado suroccidental del volcán Las Ánimas se instaló una estación GNSS permanente con el fin de detectar los cambios en superficie asociados a actividad volcánica, la cual empezó a registrar datos desde el mes de diciembre. En la Figura 78 se muestra el poco tiempo de registro de esta estación, considerando como estación de referencia para el procesamiento diferencial, la estación GNSS QUIL, ubicada fuera del edificio volcánico, instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, cerca de la ciudad de Pasto.

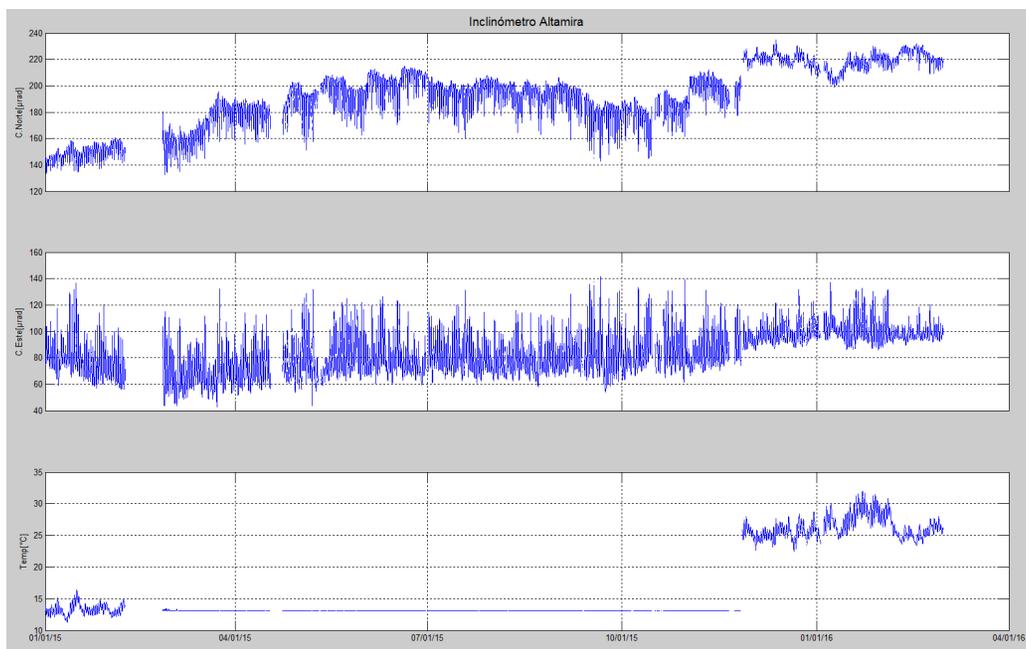


Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

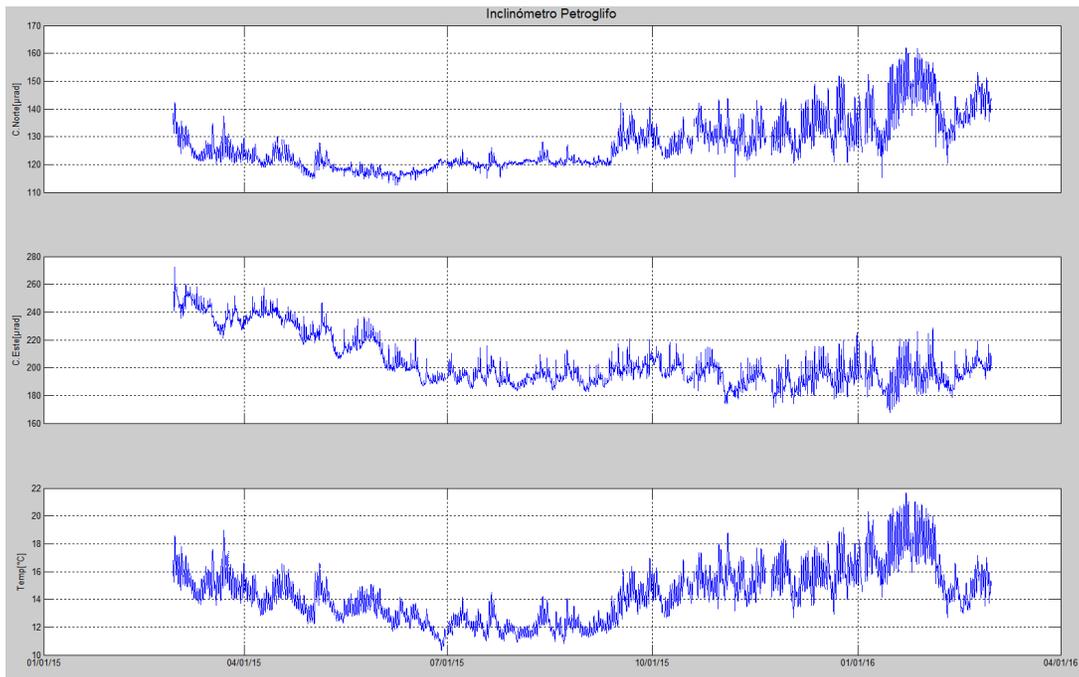


Figura 77. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.



Figura 78. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Pradera instalada sobre la superficie del volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el mes de diciembre de 2015 y el 8 de febrero de 2016.

4.1.5. Actividad Superficial

Durante el mes de febrero de 2016 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Las Ánimas.

4.1.6. Conclusiones

La evaluación de la actividad volcánica de Las Ánimas durante el mes de febrero de 2016 permitió establecer el **NIVEL VERDE** (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”.

4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

4.2.1. Red de vigilancia

La red de vigilancia del volcán Doña Juana consta de dos estaciones sísmicas de corto periodo y una de banda ancha y tres estaciones para seguimiento de los cambios sobre la superficie del edificio volcánico, adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz, que pertenece a la RSNC (Figura 79, Tabla 20). Y desde el 25 de febrero se cuenta con la señal de la estación GNSS permanente La Palma, estación instalada hacia el sector nororiente del volcán Doña Juana. Para el mes de febrero de 2016 las estaciones presentaron un funcionamiento del 99% (Figura 80).

Tabla 20. Estaciones de monitoreo que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al centro del volcán (Km)	Dirección respecto al volcán	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
La Palma	Digital	GNSS	Triaxial	2,7	NNW	3478

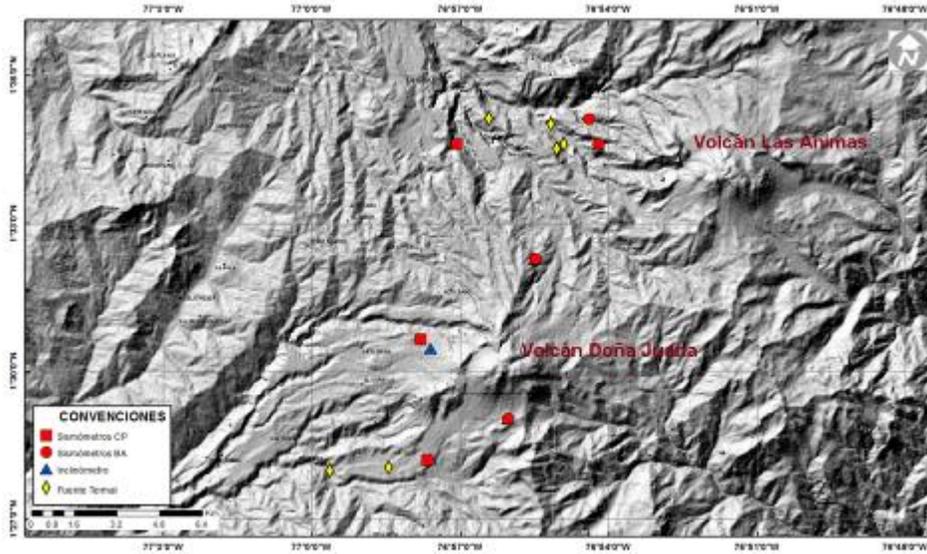


Figura 79. Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

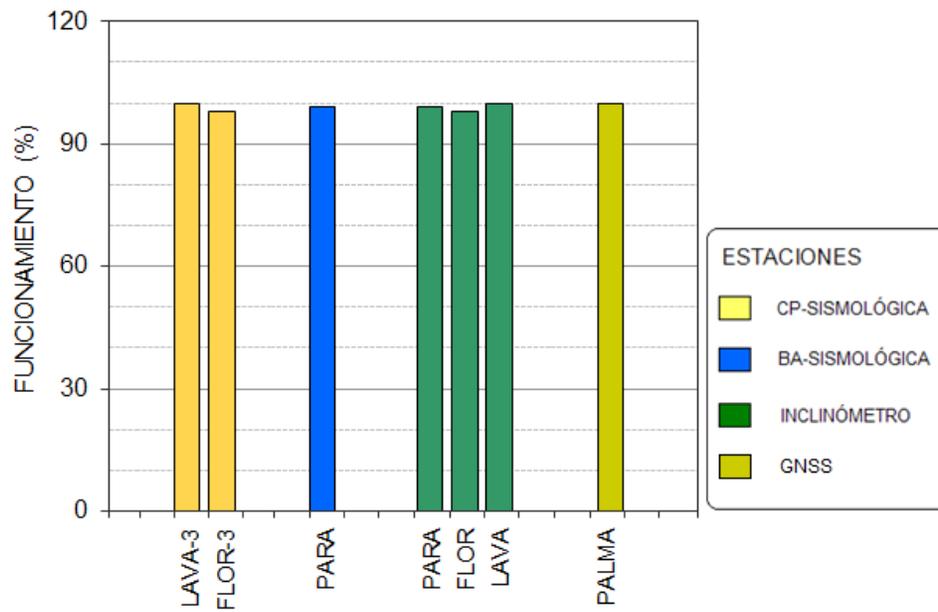


Figura 80. Funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana en febrero de 2016.

4.2.2. Sismología

Para el periodo evaluado se tiene registro de un evento, que por la forma de onda y sus características espectrales se clasificó como LP, asociado con movimiento de fluidos (Figura 81).

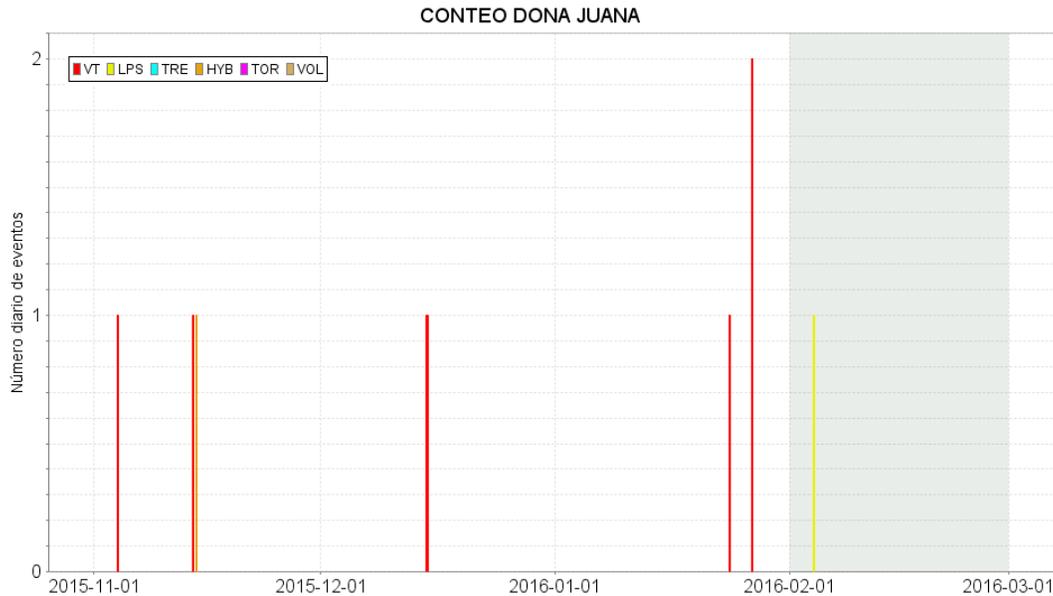


Figura 81. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, eventos ocurridos en la zona de influencia del volcán Doña Juana entre los meses de noviembre de 2015 y febrero de 2016.

4.2.3. Deformación Volcánica

Con respecto al inclinómetro Florida, se observa que continua el comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte, tendencia mostrada desde el mes de febrero de 2015, la cual registra cerca de 80 μ rad, mientras que para el mismo periodo la Este presentó estabilidad (Figura 82).

Hasta el mes de enero se observó el comportamiento descendente en las componentes de inclinación de Páramo, registrando 30 μ rad para la Norte desde octubre de 2015 y 86 μ rad para la Este entre septiembre de 2015 y el 31 de enero de 2016, posteriormente se presenta un ascenso el cual es similar a lo mostrado por la temperatura (Figura 83).

Desde que se reestableció la señal del inclinómetro Lavas, el 14 de enero, se observa un incremento en el nivel de ruido, sin embargo es posible distinguir estabilidad en las componentes (Figura 84).

Con respecto a la estación GNSS permanente La Palma, es poco tiempo de registro, por lo cual no se muestra en el presente informe.

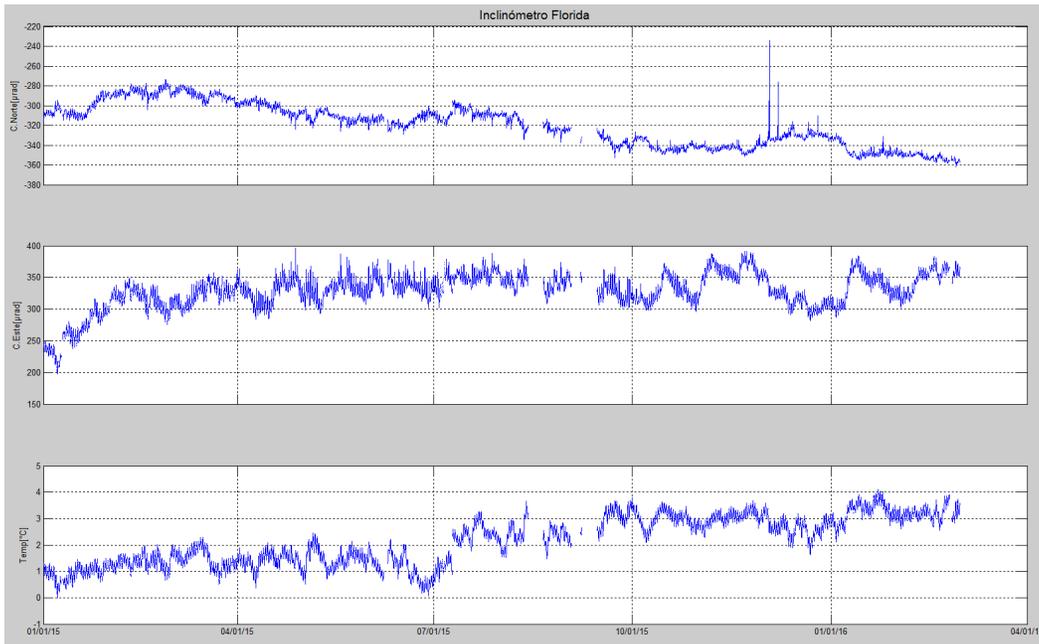


Figura 82. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

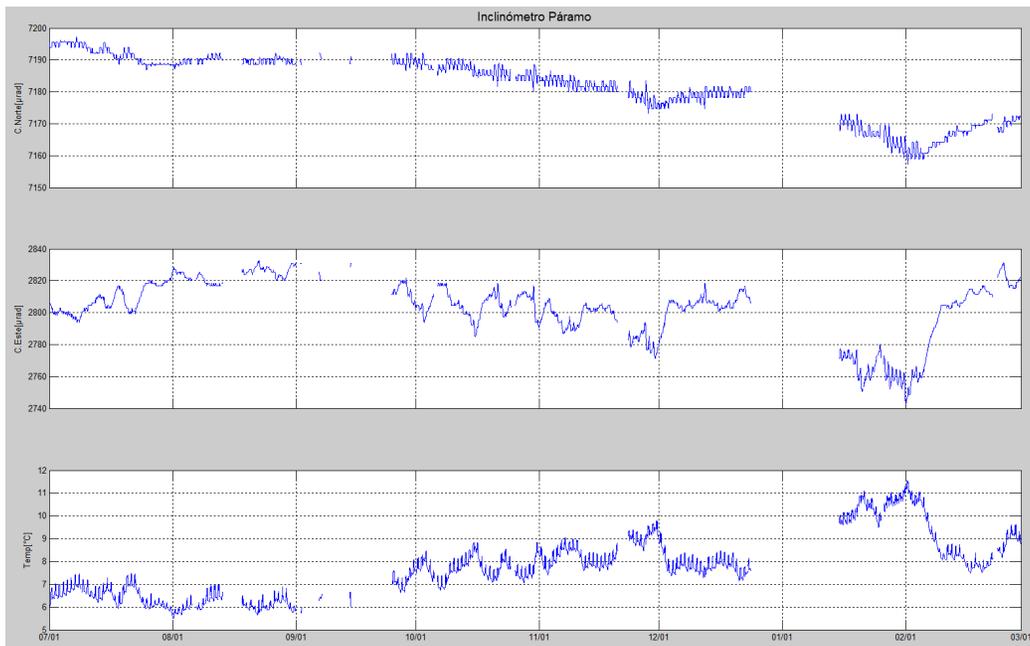


Figura 83. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de julio de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

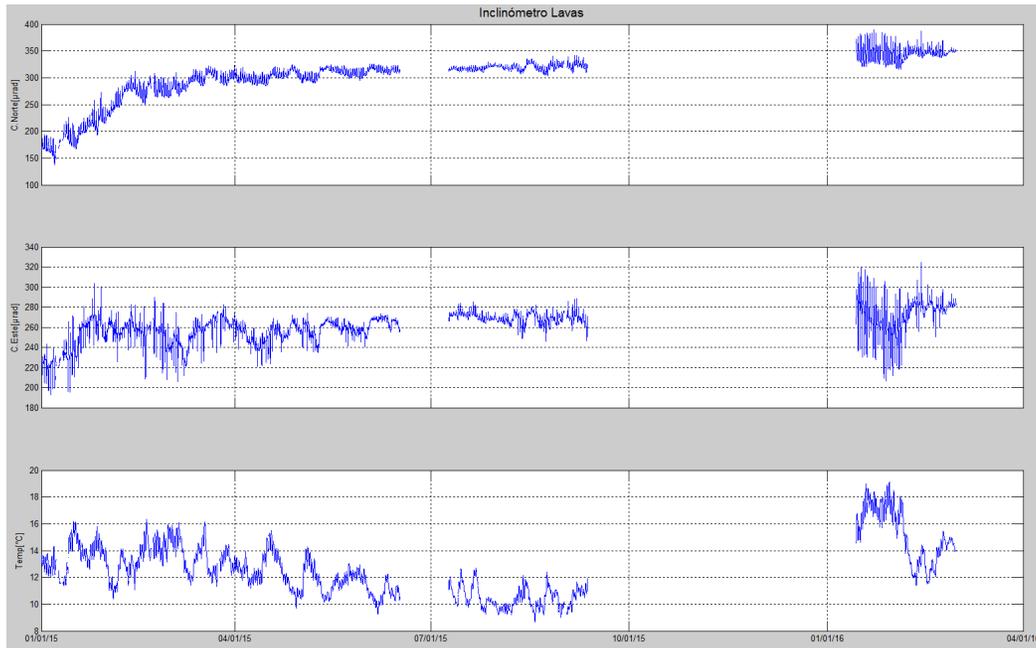


Figura 84. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

4.2.4. Actividad Superficial

Durante el mes de febrero de 2016 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Doña Juana.

4.2.5. Conclusiones

- La evaluación de los diferentes parámetros monitoreados en Doña Juana durante febrero de 2016, permitieron establecer el **NIVEL VERDE** (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”.

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

La red de vigilancia sísmica del volcán Azufral está compuesta por cinco estaciones, La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan con inclinómetros electrónicos y Laguna con una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial (Figuras 85 y 86, Tabla 21). Se tiene una estación climatológica cerca de la estación La Roca, sensores para medir velocidad y dirección del viento, temperatura ambiente, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica y radiación solar. También hay una estación de medición de temperatura permanente en una de las fumarolas del domo Mallama hacia el nororiente de la Laguna cratérica y desde el pasado mes de

marzo de 2015 se cuenta con una estación GNSS, ubicada muy próxima a la estación multiparamétrica La Roca (Figura 86).

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 86).

En general, la red de monitoreo telemétrico del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de funcionamiento del 93% para este mes (Figura 87).

Tabla 21. Estaciones telemétricas (sísmicas, inclinómetros electrónicos, climatológica, webcam y GNSS) 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	Análogica	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

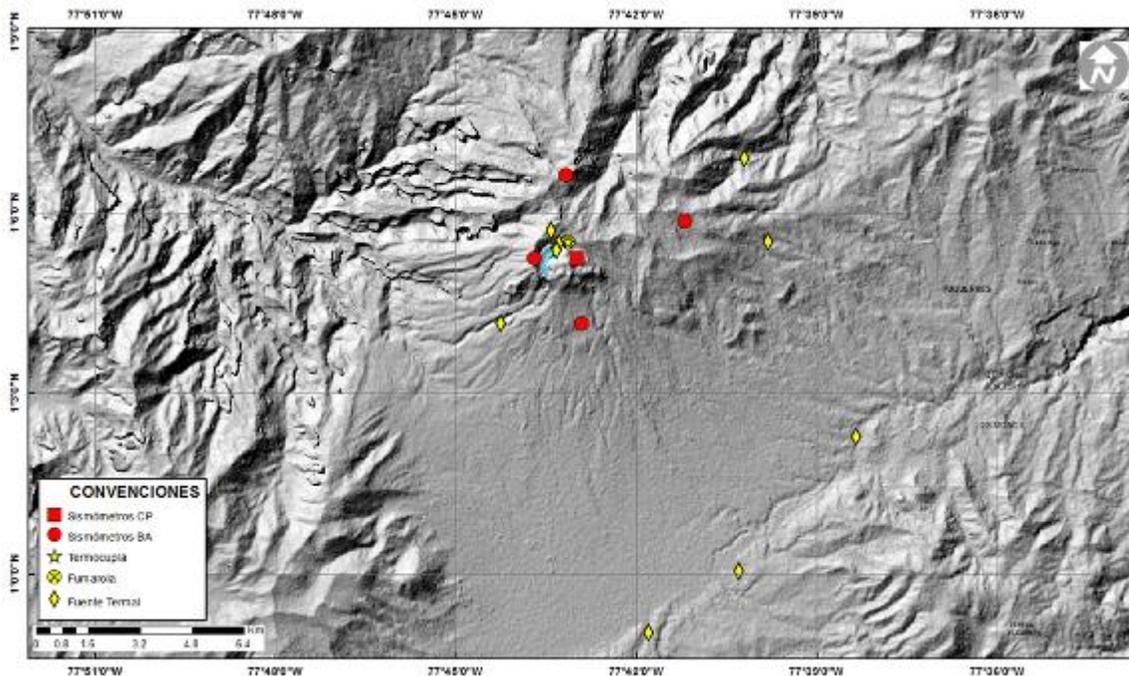


Figura 85. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2016.

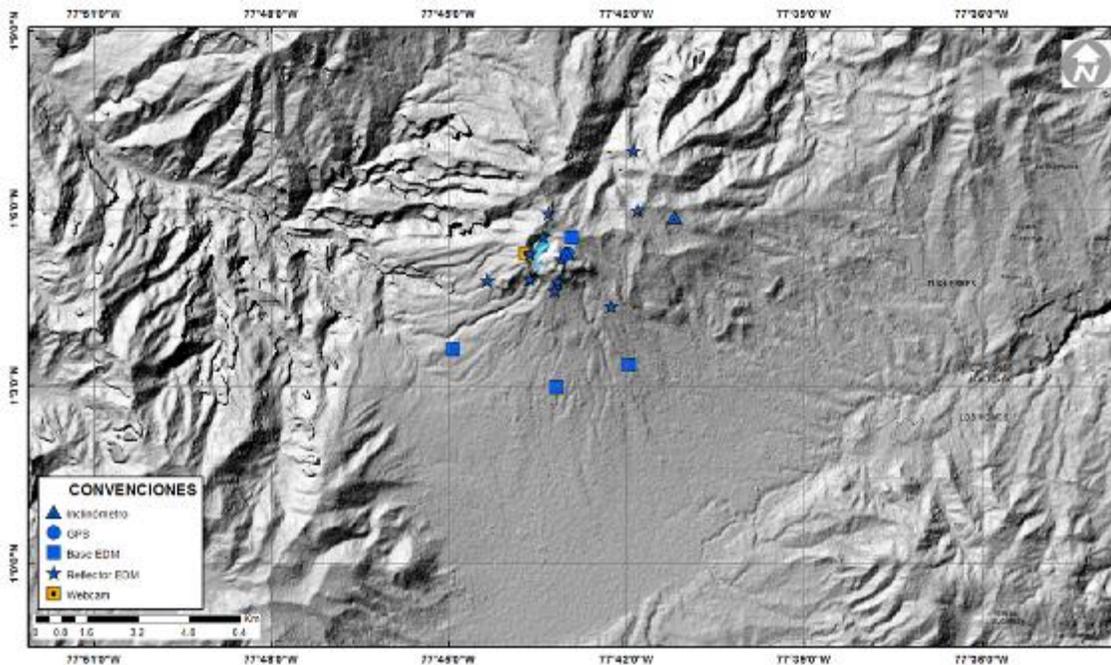


Figura 86. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2016.

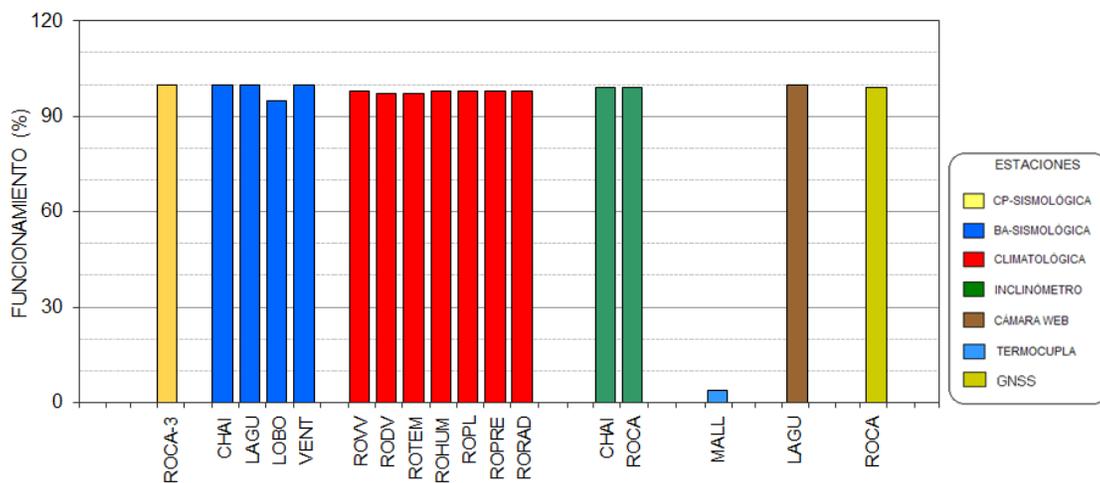


Figura 87. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones telemétricas que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de febrero de 2016.

4.3.2. Sismología

La ocurrencia sísmica en Azufral continuó en niveles bajos y asociada con fractura de roca (VT). En comparación con el mes anterior se notó un descenso del 72% pasando de 50 a 14 sismos (Tabla

22, Figura 88), de los cuales fue posible localizar 12 que se ubicaron dispersos en la zona de influencia de Azufral, en distancias entre 0.5 y 12 km respecto a la Laguna Verde, con profundidades entre 2.3 y 14 km y magnitud local entre -0.2 y 2.1 en la escala de Richter (Figura 89). La energía de los sismos localizados fue de 8.3×10^{13} ergios (Tabla 23), mostrando un descenso respecto al mes anterior.

Tabla 22. Número de sismos volcánicos por tipo registrados en el volcán Azufral entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo	
	vt	TOTAL
01-nov-15 a 30-nov-15	12	12
01-dic-15 a 31-dic-15	6	6
01-ene-16 a 31-ene-16	50	50
01-feb-16 a 29-feb-16	14	14

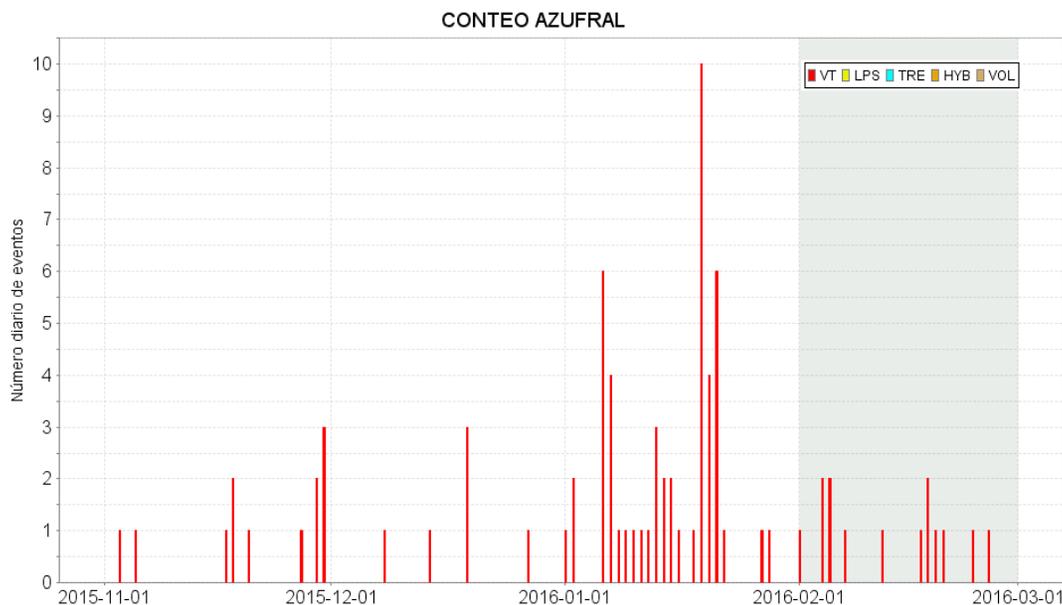


Figura 88. Número diario de sismos volcánicos registrados en el volcán Azufral entre noviembre de 2015 y febrero de 2016. El recuadro en gris indica el periodo evaluado.

Tabla 23. Energía sísmica liberada por los eventos tipo VT localizados para los meses entre noviembre de 2015 y febrero de 2016, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Energía liberada por los sismos VT	
	vt	TOTAL
17-nov-15 a 30-nov-15	1.68E+12	1.68E+12
14-dic-15 a 27-dic-15	3.47E+11	3.47E+11
01-ene-16 a 22-ene-16	1.57E+14	1.57E+14
01-feb-16 a 26-feb-16	8.30E+13	8.30E+13

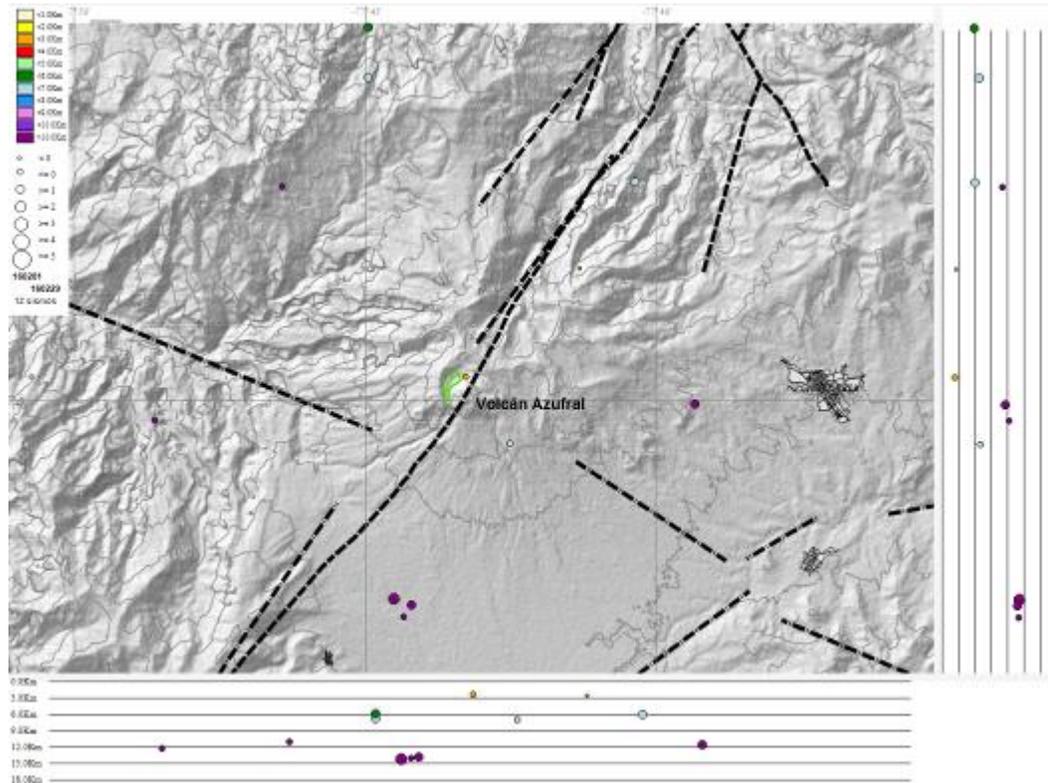


Figura 89. Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT registrados en febrero de 2016. En los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica.

4.3.3. Deformación Volcánica

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

Respecto a los procesos deformativos en superficie del edificio volcánico de Azufraal, pese a las fluctuaciones en el registro es posible distinguir un comportamiento ascendente en la componente Norte del inclinómetro Chaitán, alcanzando cerca de 35 μ rad desde el 5 de diciembre de 2015, por su parte en la componente de inclinación Este se observa estabilidad (Figura 90). De igual forma desde el 2 de enero de 2016 se observa una tendencia descendente en la componente Este del inclinómetro La Roca, registrando 48 μ rad hasta el 29 de febrero (Figura 91).

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

En el periodo evaluado se realizó una ocupación de las Bases de medición, en la Figura 92 se observa la ubicación de las Bases y los prismas reflectores sobre la superficie del volcán Azufraal, y en la Figura 93 se aprecia el comportamiento de las variaciones presentadas por cada prisma.

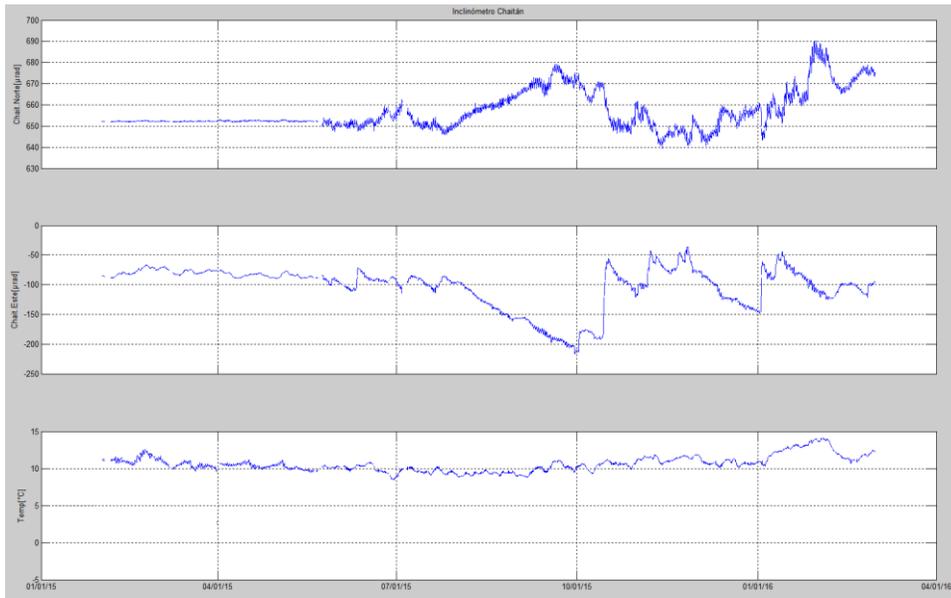


Figura 90. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 30 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

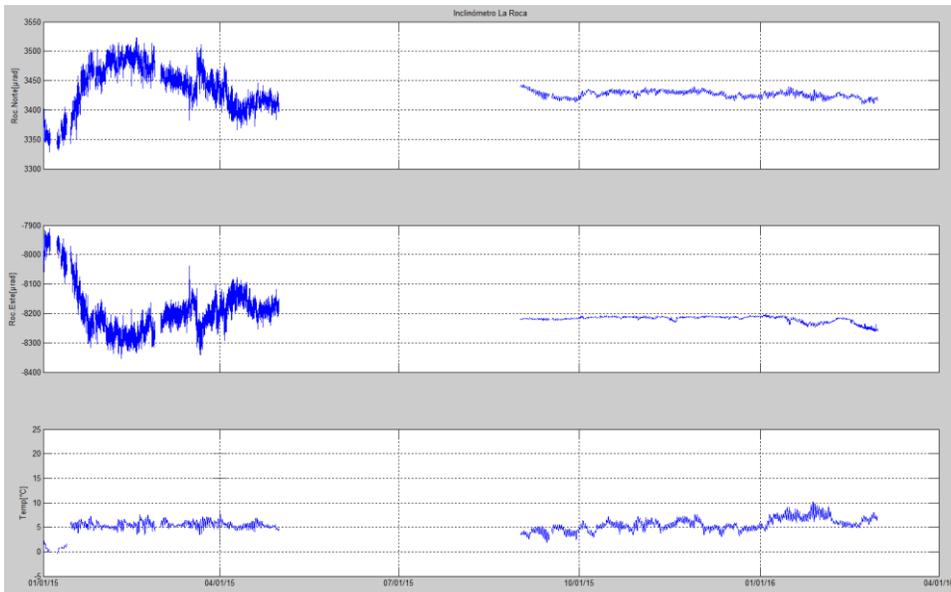


Figura 91. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 29 de febrero de 2016.

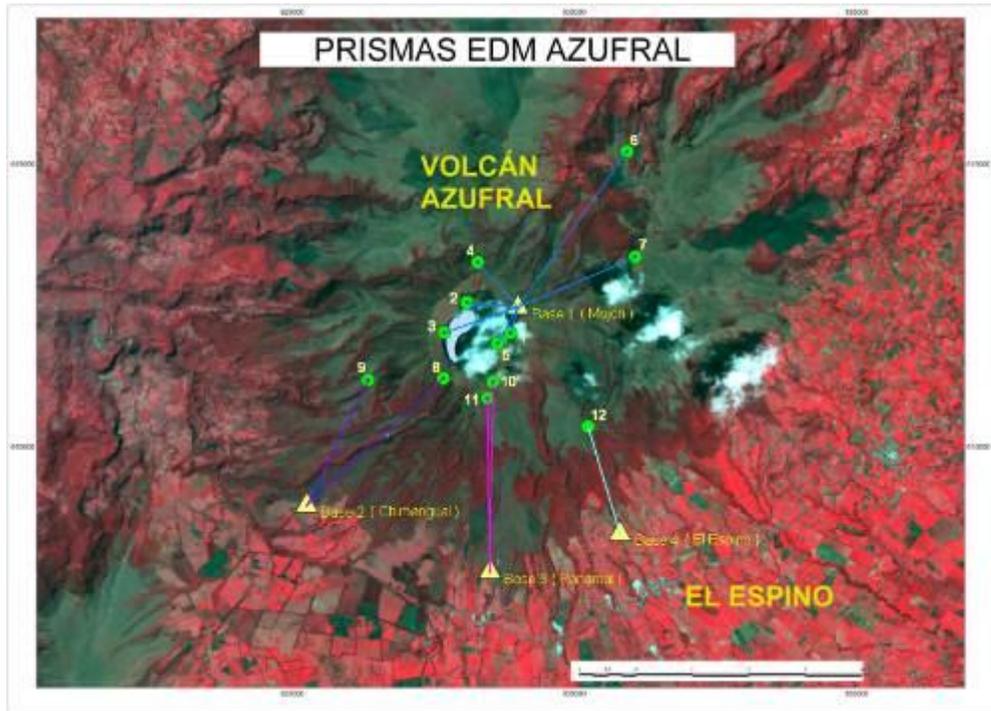


Figura 92. Ubicación de las Bases de medición y prismas reflectores materializados sobre la superficie del volcán Azufral, indicando desde donde se ocupa cada prisma (EDM – Medición Electrónica de Distancias).

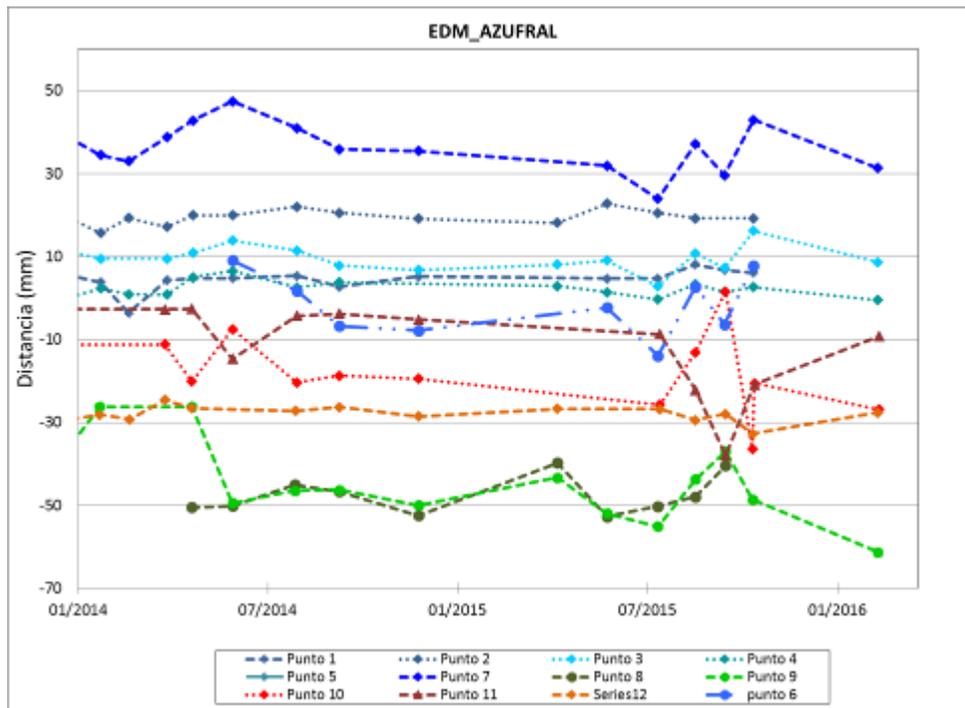


Figura 93. Variaciones en milímetros de las medidas hechas a cada prisma reflector en la ocupación de las Bases, materializadas en el volcán Azufral, técnica conocida como EDM.

4.3.3.3. Estaciones GNSS Permanentes

Desde marzo de 2015, se cuenta con una estación GNSS, ubicada muy próxima a la estación multiparamétrica La Roca, y para el procesamiento diferencial de la información adquirida por esta estación, se está considerando como estación de referencia, la estación QUIL ubicada fuera del edificio volcánico de Azufraal, en el aeropuerto Antonio Nariño, esto en cooperación con el Proyecto Geored, del Servicio Geológico Colombiano. Teniendo en cuenta su tiempo de registro de apenas unos meses, se observa estabilidad en sus componentes Norte y Este, mientras que en la altura se evidencia una tendencia ascendente la cual registra 34 mm desde el 20 de junio de 2015 (Figura 94).

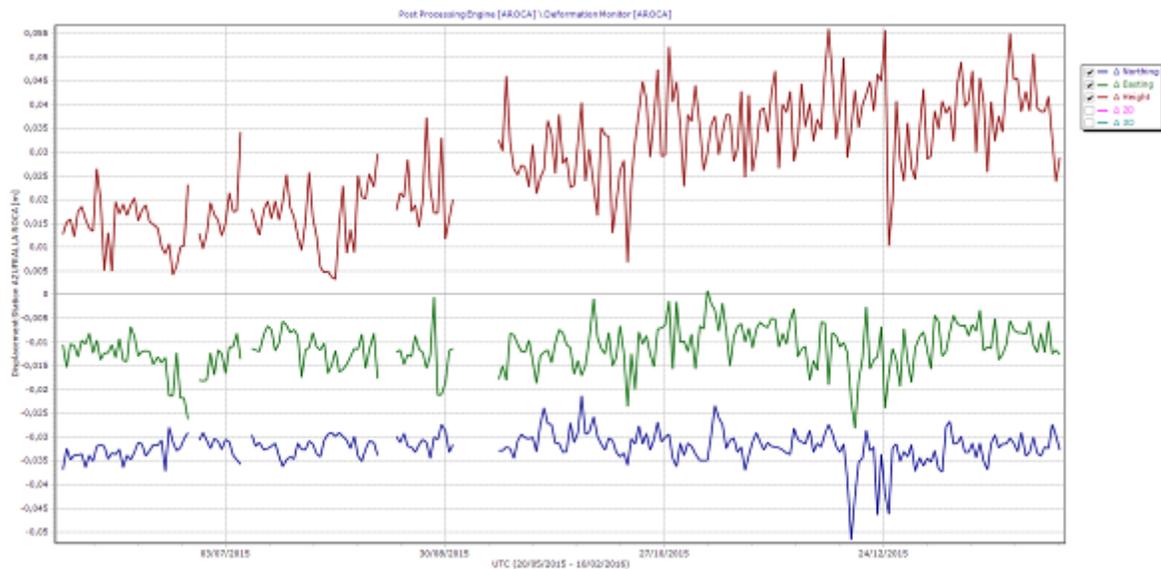


Figura 94. Variaciones en las direcciones Norte, Este y altura de la estación GNSS Roca instalado en el volcán Azufraal, para el periodo comprendido entre el 20 de mayo de 2015 y el 10 de febrero de 2016.

4.3.4. Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos

Condiciones de clima favorables durante los días 1, 2, 3, 4, 5, 12, 17, 18, 21, 22, 24, 25, 26, 27 y 29 de febrero de 2016 permitieron a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura, provenientes principalmente de las fumarolas del domo Mallama ubicado al nororiente de la Laguna Verde.

En las Figuras 95 a 98 se presentan algunas imágenes con procesos de emisión de gases en Azufraal.



Figura 95. Emisión de gases del domo Mallama, 3 de febrero de 2016 a las 6:36 a.m.



Figura 96. Emisión de gases del domo Mallama, 12 de febrero de 2016 a las 6:26 a.m.



Figura 97. Emisión de gases del domo Mallama, 18 de febrero de 2016 a las 12:01 p.m.



Figura 98. Emisión de gases del domo Mallama, 26 de febrero de 2016 a las 5:16 p.m.

4.3.5. Conclusiones

- La evaluación de la actividad volcánica de Azufrales durante el mes de febrero de 2016 permitió establecer el **NIVEL VERDE** (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”.