

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		Edgar Antonio Muñoz Hidalgo
Fecha	De publicación/disposición tres primeras letras del mes/año	Mar/2016
Título		Informe Mensual de Actividad del volcán Galeras y los volcanes Cumbal, Doña Juana, Azufral, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Marzo 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 de los volcanes Galeras, Doña Juana, Las Ánimas, Cumbal, Azufral, Chiles y Cerro Negro en diferentes aspectos como son el funcionamiento de estaciones, la actividad sísmica, la actividad superficial, las medidas geoquímicas y deformación. Se utiliza 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	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	Marzo de 2016.
Dominio Espacial		
Extensión geográfica	Descripción del área geográfica.	Zona de influencia del Volcán Galeras. Zona de

	Incluir el nombre del territorio que cubre el producto. Incluir área geográfica dada en km ²	influencia del Volcán Cumbal. Zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro. Zona de influencia del Volcán Doña Juana. Zona de influencia del Volcán Azufral. Zona de influencia del Volcán Las Ánimas.
Coordenadas /limites		
Oeste		No aplica.
Este		No aplica.
Norte		No aplica.
Sur		No aplica.
Nivel de resolución	Escala	No aplica.
Descriptor de tema	Palabra o frase común que describe aspectos temáticos del conjunto de datos	Descriptor de tema: -Actividad Sísmica -Número diario -Energía diaria -Frecuencia -Localizaciones -Deformación -Electromagnetismo -Geoquímica -Emisiones -Actividad Superficial -Temperaturas
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 Doña Juana - Zona de influencia del Volcán Azufral - Zona de influencia del Volcán Las Ánimas -Zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro
Código temático		Capas de información
Restricción de acceso	Limitaciones para acceso al conjunto de datos incluye restricciones que aseguren protección de privacidad o propiedad intelectual o limitaciones en obtención del conjunto de datos.	Derechos de propiedad intelectual. Prohibida su reproducción total o parcial con fines comerciales. Incluye información básica para documentos e investigación.
Muestra gráfica	Ilustración gráfica del conjunto de datos. Se especifica la dirección del computador, trayectoria, nombre y extensión del archivo.	Los datos se encuentran en el Servidor de Archivos Principal en el directorio: V:\informes\informes_finales\VIGILANCIA\informes_tecnicos_mensuales\2016\mar
Calidad de los datos		
Informe general de calidad	Incluye conceptos sobre limitaciones, exactitud temática, contenido, normatividad	Se vigila y monitorea las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica y sísmica en la zona de influencia de los Volcanes Galeras, Cumbal, Doña Juana, Las Ánimas, Azufral, Chiles y Cerro Negro 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	CDROM
Contacto		
Organización	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano.
Cargo/persona	Nombre e identificación del cargo o persona asociado al conjunto de datos	Cristian López, Jefe de Proyecto Ame09-42
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) 222 07 97
Correo electrónico		cliente@sgc.gov.co



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

Edición:

GRUPO DE TRABAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, abril de 2016

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

		Pág.
	RESUMEN	9
	INTRODUCCION	11
1.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN GALERAS – MARZO DE 2016	12
1.1.	RED DE VIGILANCIA	12
1.2.	SISMOLOGÍA	16
1.3.	DEFORMACIÓN	22
1.3.1.	Estaciones de Inclínometría Electrónica	22
1.3.2.	Medición Electrónica de Distancias - EDM en Galeras	27
1.3.3.	Estaciones GNSS permanentes	27
1.4.	ELECTROMAGNETISMO	32
1.5.	GEOQUÍMICA	37
1.5.1.	Muestreo de gases de origen volcánico en el Volcán Galeras	37
1.5.1.1.	Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO ₂) a la atmósfera - Estaciones SCANDOAS	37
1.5.1.2.	Flujo de gas Radón 222 – (Rn222) telemétrico	39
1.5.2.	Muestreo de aguas en fuentes termales.	41
1.6.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLOGICOS	42
1.7.	CONCLUSIONES	43
2.	ACTIVIDAD DEL VOLCÁN CUMBAL – MARZO DE 2016	45
2.1.	RED DE VIGILANCIA	45
2.2.	SISMOLOGÍA	46
2.3.	DEFORMACIÓN	49
2.4.	GEOQUÍMICA	52
2.5.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	52
2.6.	CONCLUSIONES	53
3.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – MARZO DE 2016	54
3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	54
3.2.	RED DE VIGILANCIA	54
3.3.	SISMOLOGÍA	57
3.4.	DEFORMACIÓN	60
3.5.	GEOQUÍMICA	62
3.5.1.	Muestreo de aguas en fuentes termales del volcán Chiles	62
3.5.2.	Registro de temperatura – Estación Térmica Baño Grande	62
3.6.	ACTIVIDAD SUPERFICIAL	63
3.7.	CONCLUSIÓN	63
4.	ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – MARZO DE 2016	64
4.1.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN LAS ANIMAS	65
4.1.1.	Ubicación Geográfica	65
4.1.2.	Red de Vigilancia	66
4.1.3.	Sismología	67
4.1.4.	Deformación	68
4.1.5.	Actividad Superficial	70
4.1.6.	Conclusión	70
4.2.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN DOÑA JUANA	71
4.2.1.	Red de vigilancia	71
4.2.2.	Sismología	72

4.2.3.	Deformación	73
4.2.4.	GEOQUÍMICA	75
4.2.5.	Actividad Superficial	75
4.2.6.	Conclusión	75
4.3.	ACTIVIDAD DEL VOLCAN AZUFRAL	76
4.3.1.	Red de vigilancia	76
4.3.2.	Sismología	78
4.3.3.	Deformación	80
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	80
4.3.3.2.	Medición Electrónica de Distancias E.D.M.	81
4.3.4.	Geoquímica	81
4.3.4.1	Registro de temperatura – Estación térmica telemétrica Domo Mallama en Volcán Azufral.	81
4.3.5.	Actividad Superficial	83
4.3.6.	Conclusión	83

FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Localización de las estaciones sísmicas y sensores de presión acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras en marzo de 2016.	13
Figura 2.	Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en marzo de 2016.	14
Figura 3.	Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en marzo de 2016.	15
Figura 4.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en marzo de 2016.	16
Figura 5.	Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de diciembre de 2015 y marzo de 2016.	17
Figura 6.	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016. La región sombreada corresponde al mes de marzo de 2016.	18
Figura 7.	Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes en evaluación (barras de la derecha) respecto al mes anterior (barras de la izquierda).	18
Figura 8.	Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.	19
Figura 9.	Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para marzo de 2016 (barras de la derecha) respecto a febrero de 2016 (barras de la izquierda).	20
Figura 10.	Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada para cada tipo de sismos desde diciembre de 2015 a marzo de 2016.	20
Figura 11.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de marzo de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,0 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4270 msnm).	21
Figura 12.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.	23
Figura 13.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.	23
Figura 14.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.	24
Figura 15.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.	24
Figura 16.	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de abril de 2011 y el 31 de marzo de 2016.	25
Figura 17.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2012 y el 31 de marzo de 2016.	25
Figura 18.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de marzo de 2016.	26
Figura 19.	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2011 y el 31 de marzo de 2016.	26

Figura 20.	Vector Resultante Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2011 y el 31 de marzo de 2016.	27
Figura 21.	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.	28
Figura 22.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 15 de marzo de 2016.	29
Figura 23.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre enero de 2014 y el 15 de marzo de 2016.	29
Figura 24.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS El Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre 1 de enero de 2014 y el 15 de marzo de 2016.	30
Figura 25.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 13 de noviembre de 2015.	30
Figura 26.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre enero de 2014 y el 15 de marzo de 2016.	31
Figura 27.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre en 1 de enero de 2014 y el 15 de marzo de 2016.	31
Figura 28.	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quil instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, ubicado en el municipio de Chachaguí, departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre en 1 de enero de 2015 y el 15 de marzo de 2016.	32
Figura 29.	Campo magnético Horizontal (H-magenta) y campo Total (F-Negro), registrado en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	33
Figura 30.	Variaciones del campo magnético Horizontal (H-verde) y variaciones del campo Total (F-naranja), registrado en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	33
Figura 31.	Campo magnético Horizontal (H-magenta) y campo Total (F-Negro), registrado en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	34
Figura 32.	Variaciones del campo magnético Horizontal (H-verde) y variaciones del campo Total (F-naranja), registrado en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	34
Figura 33.	Campo magnético Horizontal (H-magenta) y campo Total (F-Negro), registrado en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	35
Figura 34.	Variaciones del campo magnético Horizontal (H-verde) y variaciones del campo Total (F-naranja), registrado en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	35
Figura 35.	Intensidad del campo magnético terrestre, registrado 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 el mes de marzo de 2016. Componente horizontal (H-magenta) y componente total (F-negra). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).	36
Figura 36.	Variaciones del campo eléctrico, en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, para el mes de marzo de 2016). Componente NS (verde), EW (roja), resultante campo horizontal H (magenta) y registro del pluviómetro Mijitayo bajo (azul) La	36

	escala de medición del campo eléctrico está en mili voltios por metro y el pluviómetro en cuentas.	
Figura 37.	Variaciones del campo eléctrico, en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, para el mes de marzo de 2016). Componente NS (verde), EW (roja). La escala de medición del campo eléctrico está en mili voltios.	37
Figura 38.	Variaciones de la resultante horizontal H (magenta), del campo eléctrico, y registro del pluviómetro Mijitayo bajo (azul) La escala de medición del campo eléctrico está en mili voltios y el pluviómetro en cuentas.	37
Figura 39.	Flujo de emisión de SO ₂ registrado entre diciembre de 2015 y marzo de 2016 por los equipos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.	38
Figura 40.	Flujo de dióxido de azufre (SO ₂), velocidad y dirección del viento entre diciembre de 2015 y marzo de 2016.	39
Figura 41.	Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.	40
Figura 42.	Concentración radón en suelo volcán Galeras - Estación telemétrica Lavas – mes de marzo de 2016.	41
Figura 43.	Concentración radón en suelo volcán Galeras - Estación telemétrica Parques – mes de marzo 2016.	41
Figura 44.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en la repetidora Bruma el 5 de marzo de 2016 a las 6:56 a.m.	42
Figura 45.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el sector de Barranco Alto el 7 de marzo de 2016 a las 5:57 p.m.	42
Figura 46.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el municipio de Consacá el 9 de marzo de 2016 a las 6:05 a.m.	43
Figura 47.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el sector de Barranco Alto el 14 de marzo de 2016 a las 8:06 a.m.	43
Figura 48.	Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de marzo de 2016.	45
Figura 49.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en marzo de 2016.	46
Figura 50.	Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre diciembre de 2015 y marzo de 2016. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.	47
Figura 51.	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.	47
Figura 52.	Sismograma y espectro en frecuencia del evento TOR, registrado el 7 de marzo de 2016 a las 6:58 a.m., el evento tuvo una duración de 59 segundos en la estación sísmica Mesa.	48
Figura 53.	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de marzo de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).	49
Figura 54.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de marzo de 2016.	50
Figura 55.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016	50
Figura 56.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico La Mesa instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de marzo de 2016.	51
Figura 57.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Nieves, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 2 de mayo de 2013 y el 31 de marzo de 2016.	51

Figura 58.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 8 de marzo de 2016 a las 6:14 a.m. desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.	52
Figura 59.	Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 19 de marzo de 2016 a las 6:06 a.m. desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.	52
Figura 60.	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	54
Figura 61.	Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de marzo de 2016.	55
Figura 62.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante marzo de 2016.	56
Figura 63.	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles y Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 31 de marzo de 2016.	57
Figura 64.	Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de diciembre de 2015 y marzo de 2016.	58
Figura 65.	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de marzo de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	59
Figura 66.	Raíz de la Energía diaria liberada expresada en Ergios, calculada con la ML de los eventos volcánicos tipo VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de octubre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.	60
Figura 67.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2014 y el 31 de marzo de 2016.	61
Figura 68.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2015 y el 31 de marzo de 2016.	61
Figura 69.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de agosto de 2014 y el 31 de marzo de 2016.	62
Figura 70.	Gráfico de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles entre agosto de 2015 y marzo de 2016.	63
Figura 71.	Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.	64
Figura 72.	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	65
Figura 73.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de marzo de 2016. En el mapa se distingue también el volcán Doña Juana. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías que en la figura se resaltan con rombos.	66
Figura 74.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante marzo de 2016.	67
Figura 75.	Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo de los volcanes Las Ánimas y Doña Juana en marzo de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	68
Figura 76.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de agosto de 2013 y el 31 de marzo de 2016.	69
Figura 77.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el	69

	límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de agosto de 2013 y el 31 de marzo de marzo de 2016.	
Figura 78.	Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.	71
Figura 79.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el mes de marzo de 2016.	72
Figura 80.	Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo de los volcanes Las Ánimas y Doña Juana en marzo de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	73
Figura 81.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.	74
Figura 82.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de marzo de 2016.	74
Figura 83.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.	75
Figura 84.	Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de marzo de 2016.	76
Figura 85.	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de marzo de 2016.	77
Figura 86.	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de marzo de 2016.	78
Figura 87.	Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.	78
Figura 88.	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de marzo de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.	79
Figura 89.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.	80
Figura 90.	Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.	81
Figura 91.	Variación de temperatura Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral en marzo de 2016.	82
Figura 92.	Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, registrada el 8 de marzo de 2016 a las 7:21 a.m., mediante la cámara instalada en el costado sur. En la fotografía se observan las zonas de emisión de gas, desde el Domo Mallama.	83

TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en marzo de 2016.	14
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en marzo de 2016.	15
Tabla 3.	Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en marzo de 2016.	15
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en marzo de 2016.	16
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo de potencial eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	16
Tabla 6.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras.	16
Tabla 7.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.	17
Tabla 8.	Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016, resaltando en color verde el mes evaluado.	19
Tabla 9.	Emisiones de SO ₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de marzo de 2016, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).	39
Tabla 10.	Registro de mayores valores de concentración de radón en estación Lavas – Volcán Galeras – mes de marzo de 2016.	41
Tabla 11.	Registro de mayores valores de concentración de radón en estación Parques – Volcán Galeras – mes de marzo de 2016.	41
Tabla 12.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal durante marzo de 2016.	46
Tabla 13.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016 (resaltado en color verde).	46
Tabla 14.	Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.	55
Tabla 15.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	56
Tabla 16.	Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro ocurridos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.	57
Tabla 17.	Valores de temperatura filtrados en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – marzo de 2016.	63
Tabla 18.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en marzo de 2016.	66
Tabla 19.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en marzo de 2016.	72
Tabla 20.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante marzo de 2016.	77
Tabla 21.	Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.	79
Tabla 22.	Valores de temperatura en Domo Mallama en el área de influencia del volcán Azufral – marzo 2016.	82
Tabla 23.	Valores de temperatura en Domo Mallama en el área de influencia del volcán Azufral – marzo 2016.	82

RESUMEN

Durante el mes de marzo de 2016, la ocurrencia sísmica disminuyó, mientras que la energía liberada por los eventos registrados en el volcán Galeras aumentó en comparación a los valores registrados en febrero. Los sismos asociados con fracturamiento de material cortical (VT) seguidos por aquellos asociados a movimiento de fluidos de fuente transitoria (LPS) fueron los que aportaron el mayor número. Los eventos asociados con fracturamiento de material cortical fueron los que aportaron la mayor fracción de energía liberada.

Respecto a la localización de sismos relacionados con fracturamiento de roca (VT) e (HYB), la mayoría se ubicaron en inmediaciones del Cráter, a menos de 1 km de distancia y con profundidades menores a 2,0 km respecto a la cima volcánica. Las magnitudes locales de los eventos estuvieron por debajo de 1,8 en la escala de Richter.

Los sensores que monitorean las deformaciones volcánicas continúan mostrando cambios en algunos de los flancos del volcán, siendo más relevante la deformación hacia el lado occidental.

En cuanto a la actividad superficial con base en la información que aportan las imágenes capturadas del cráter activo, fue posible evidenciar emisiones de gases durante la mayor parte del mes, en su mayoría de coloración blanca; los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidental de la cima del cono volcánico con dispersión variable debido a la acción de los vientos y con alturas relativamente bajas sobre la cima de Galeras.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo volcánico permitió mantener el nivel de actividad en **AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Con relación al monitoreo del Complejo volcánico de Cumbal, la evaluación de los registros sísmicos en la estaciones instaladas en este volcán muestran que la mayoría de eventos ocurridos se asocian movimiento de fluidos de fuente transitoria al interior del sistema volcánico (LP). Comparando la actividad sísmica del periodo evaluado con la del mes anterior, se observa una incremento del 9,3%.

Respecto a la localización de sismos VT, para el periodo evaluado fue posible localizar 109 sismos, que en su mayoría se ubicaron a distancias menores de 2,0 km, desde el centro del Complejo volcánico y a profundidades menores de 3 km respecto de la cima. Las magnitudes locales de los eventos localizados estuvieron por debajo de 1,9 en la escala de Richter.

El análisis de los diferentes parámetros para el monitoreo del complejo volcánico Cumbal permitió mantener el nivel de actividad en **AMARILLO ■ (III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

La ocurrencia sísmica de los Volcanes Chiles y Cerro Negro, en el mes de marzo aumentó en 881 sismos en comparación a febrero, pasando de 739 a 1620. De esta sismicidad fue posible localizar 356 eventos, la mayoría de los cuales se ubicaron en inmediaciones de la cima y hacia los sectores

sur y suroccidente del volcán Chiles; algunos eventos se ubicaron de manera dispersa hacia el sur y suroriente de este volcán; los sismos se localizaron a menos de 12 km respecto al centro del volcán Chiles, a profundidades de hasta 9 km respecto de la cima. Los sismos localizados presentaron magnitudes menores a 3,0 en la escala de Richter.

Teniendo en cuenta la magnitud local presentada por los eventos localizados, se logró obtener un estimativo de la energía liberada en términos de su raíz cuadrada, observándose que ésta aumentó en comparación a la energía liberada en el mes anterior pasando de $4,6 \times 10^{13}$ ergios a $3,7 \times 10^{15}$ ergios.

Adicionalmente, cabe mencionar que continúan registrándose cambios en la deformación cortical del edificio del volcán Cerro Negro.

La evaluación del proceso volcánico para los volcanes Chiles – Cerro Negro durante marzo de 2016 permitió mantener el **NIVEL AMARILLO** ■ (III): “**Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica**”.

En los volcanes Las Ánimas, Doña Juana, y Azufral se tuvo registro de 8, 2 y 37 eventos tipo VT respectivamente, los cuales fueron de bajo nivel energético.

Condiciones de clima favorables durante la mayor parte del mes, permitieron evidenciar a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán Azufral, emisiones de gas de color blanco de baja altura, provenientes principalmente del domo Mallama, ubicado al nororiente de la Laguna Verde.

Con base en el análisis de la información suministrada por las redes de vigilancia, instaladas alrededor de los volcanes monitoreados, se concluye que el nivel de actividad de los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral, se mantiene en **NIVEL VERDE** ● (IV): “**Volcán activo y comportamiento estable**”.

INTRODUCCION

Durante el mes de marzo de 2016, el SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO - Observatorio Vulcanológico y sismológico de Pasto (OVSP), continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes Galeras, Cumbal, Chiles y Cerro Negro, Doña Juana, Azufral y Las Ánimas, mediante el monitoreo continuo y en tiempo real durante las 24 horas del día. Esto permitió evaluar el estado de actividad de cada uno de estos volcanes.

El estado y 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 de un volcán, mediante la aplicación de una serie de disciplinas geofísicas y geoquímicas. Cambios en el comportamiento de la actividad son el reflejo de distintos procesos al interior del sistema volcánico y que pueden ser provocados por procesos hidrotermales o magmáticos que conllevan a variaciones de presión-temperatura en el sistema volcánico, cambios en el estado de esfuerzos de la corteza, movimiento de material fluido (magma, volátiles o gases) desde niveles más profundos a reservorios más someros o a la superficie misma.

El análisis presentado en este informe corresponde a los resultados preliminares derivados a partir del procesamiento de los datos instrumentales y de las observaciones directas de algunas manifestaciones de la actividad volcánica. Se realiza también una recopilación del funcionamiento de los equipos que conforman la red de monitoreo volcánico en sus diferentes áreas.

1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – MARZO DE 2016

1.1. RED DE VIGILANCIA

En marzo de 2016 la red de vigilancia 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, el segundo en el sitio de la estación sísmica de banda ancha Cráter-2 y el último ubicado en el sitio de la estación sísmica Cóndor (Figura 1, Tabla 1).
- 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).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figura 2, Tabla 2)
- Seis estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas en el sitio de la estación sísmica Cráter-2, sector de Barranco Alto, San Felipe al noroccidente, otro hacia el sector de San Cayetano hacia el oriente de Galeras, en el sector de la estación sismológica Ingenio y el último instalado en el sector nororiente de Galeras (Figura 2, Tabla 3).
- 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).
- Tres estaciones de detección de emisiones de dióxido de azufre (SO₂) con transmisión telemétrica 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 Cráter (Figura 3, Tabla 5).
- 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 meteorológica, 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 emplazada en el sitio de la estación sísmica Cráter-2.

- Dos estaciones telemétricas para la medición de emisiones del isótopo de gas Radón ($Rn-222$) proveniente del suelo denominadas Lavas y Parques, ubicadas hacia el sector oriental del volcán, por la vía de acceso a la cima del volcán (Tabla 6).

Durante marzo de 2016, la operatividad de la red instrumental de Galeras fue del 93,6 %, garantizando la obtención de información confiable para la evaluación de la actividad volcánica. La Figura 4, muestra el histograma con el porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo volcánico.

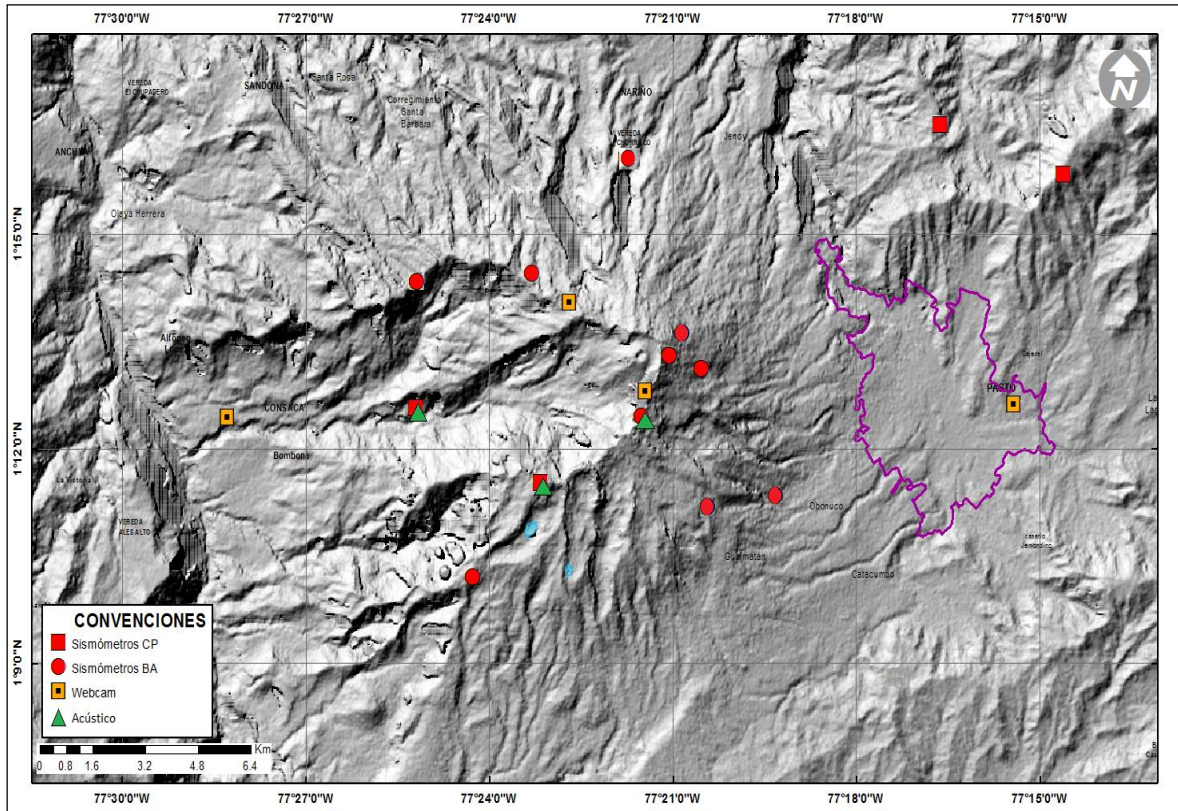


Figura 1. Localización de las estaciones sísmicas y sensores de presión acústicos que conformaron la red de vigilancia de Galeras en marzo de 2016.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y sensores acústicos de la red de monitoreo de Galeras en marzo de 2016.

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

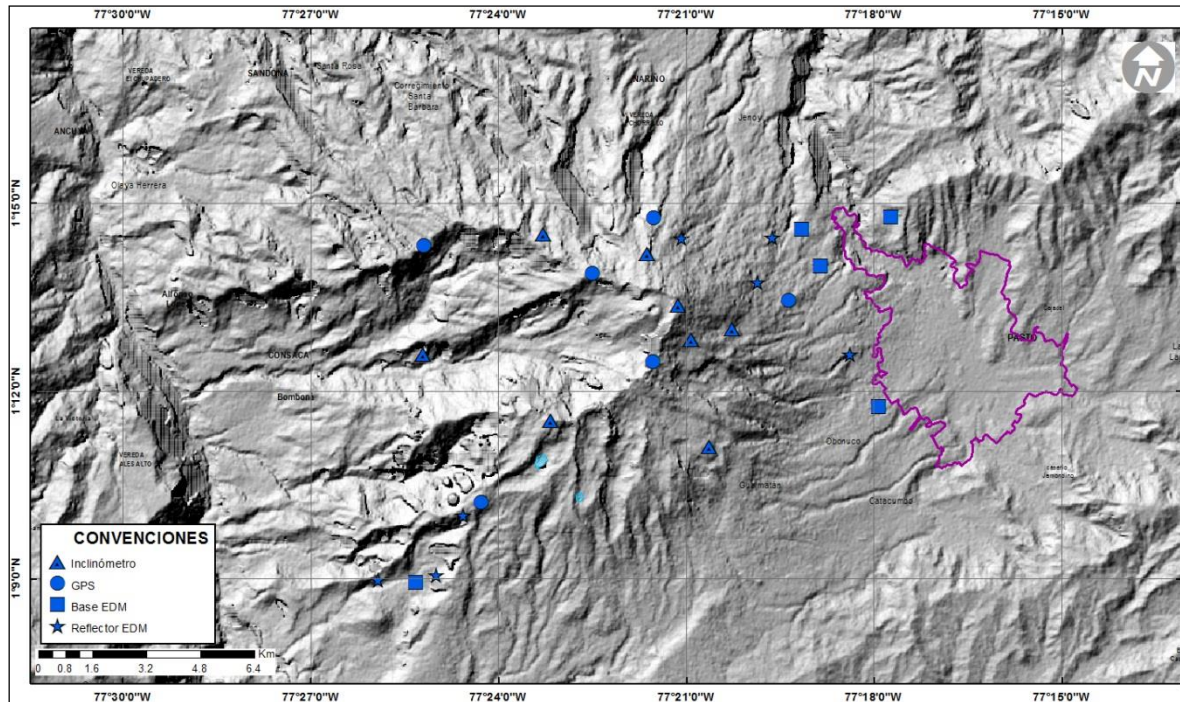


Figura 2. Localización de las estaciones para el seguimiento de la deformación (inclinómetros, EDM y GNSS) que conformaron la red de vigilancia de Galeras en marzo de 2016.

Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en marzo de 2016.

Inclínómetros Electrónicos	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación 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
Condor	4,9	SW	3985
Calabozo	7,1	WSW	2350

Tabla 3. Estaciones GNSS telemétricas que conformaron parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras en marzo 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

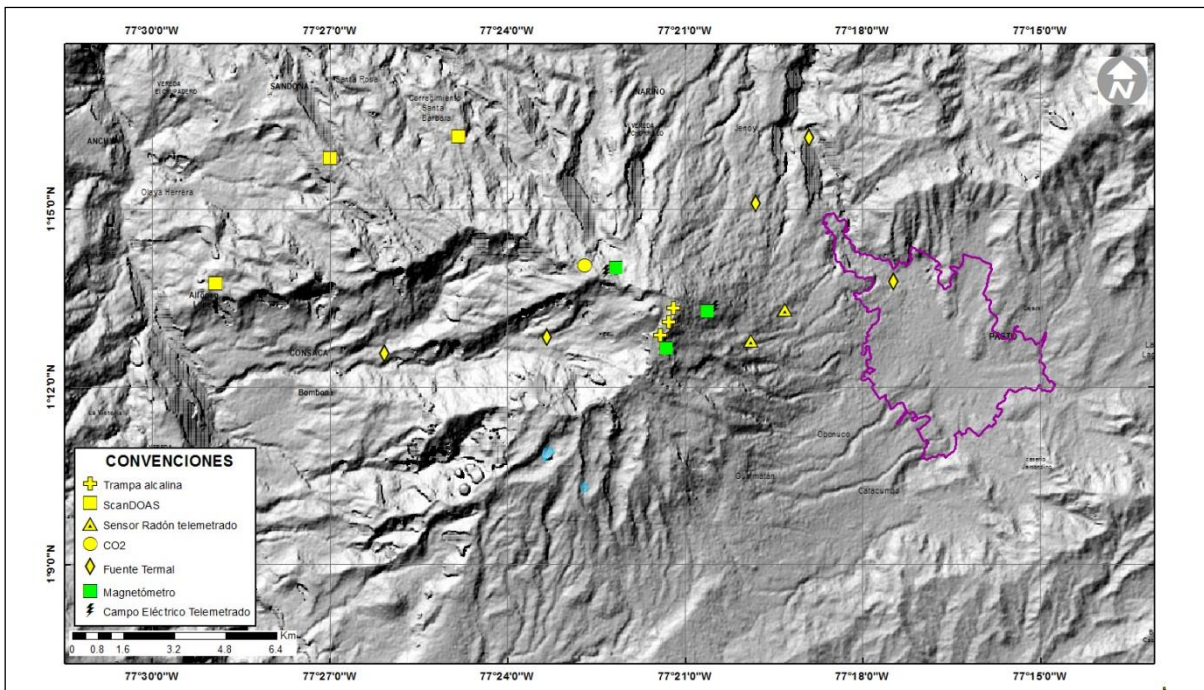


Figura 3. Localización de las estaciones campo magnético y eléctrico, Trampa Alcalina, ScanDOAS y fuentes termales que conformaron la red de vigilancia de Galeras en marzo de 2016.

Tabla 4. Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras en marzo de 2016.

Estación	Distancia al cráter (km)	angulo del scan (°)	Altura de referencia de la pluma* (m)	Dirección compás (° contra-azimut)	Ubicación respecto al cráter	Altitud (msnm)
Santa Bárbara	7.9	60	1600	131	NNW	2600
Alto Jiménez	10.8	90	1800	115	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 de potencial 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

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

Estación	Distancia al Cráter (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Principal	Altitud (msnm)
Parques	3,6	ESE	3358
Lava1	4,5	E	3000

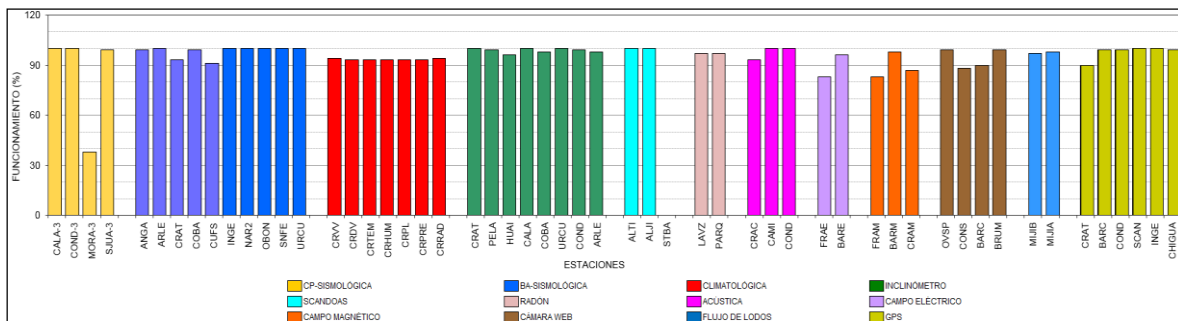


Figura 4. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron las redes de monitoreo del volcán Galeras en marzo de 2016.

1.2. SISMOLOGIA

En el mes de marzo de 2016, la actividad sísmica de Galeras disminuyó 22,0% respecto a febrero de 2015 pasando de 254 a 198 eventos. La sismicidad se caracterizó por el predominio de eventos asociados con fracturamiento de roca al interior de la estructura volcánica (sismos tipo VT) con un

52,5% del número total de sismos registrados, seguidos en porcentaje de ocurrencia por eventos asociados con movimiento de fluidos de fuente transitoria (Eventos Tipo LP), con un 38,9%. Los eventos asociados a fracturamiento de material cortical con el consiguiente movimiento de fluidos (sismos tipo HYB) aportaron con un 8,6 %. Para este mes no se tuvo registro de sismos asociados con movimiento de fluidos de fuente persistente en los conductos o grietas del volcán (tremor volcánico, TRE). La Figura 5 muestra la distribución de ocurrencia en porcentaje de los diferentes tipos de sismos.

En comparación con el mes anterior se evidencia que el número de eventos VT fue menor en un 14,8%, los sismos LPS disminuyeron en 23,8% y los HYB disminuyeron su ocurrencia en un 43,3% (Tabla 7, Figuras 6 y 7).

Tabla 7. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016, resaltando en verde el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					NO CLASIFICABLES	Duración TREMOR (min)
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL		
01-dic-15 a 31-dic-15	143	105	5	31	284	406	2
01-ene-16 a 31-ene-16	131	77	15	23	246	553	8
01-feb-16 a 29-feb-16	122	101	1	30	254	538	1
01-mar-16 a 31-mar-16	104	77	0	17	198	656	0

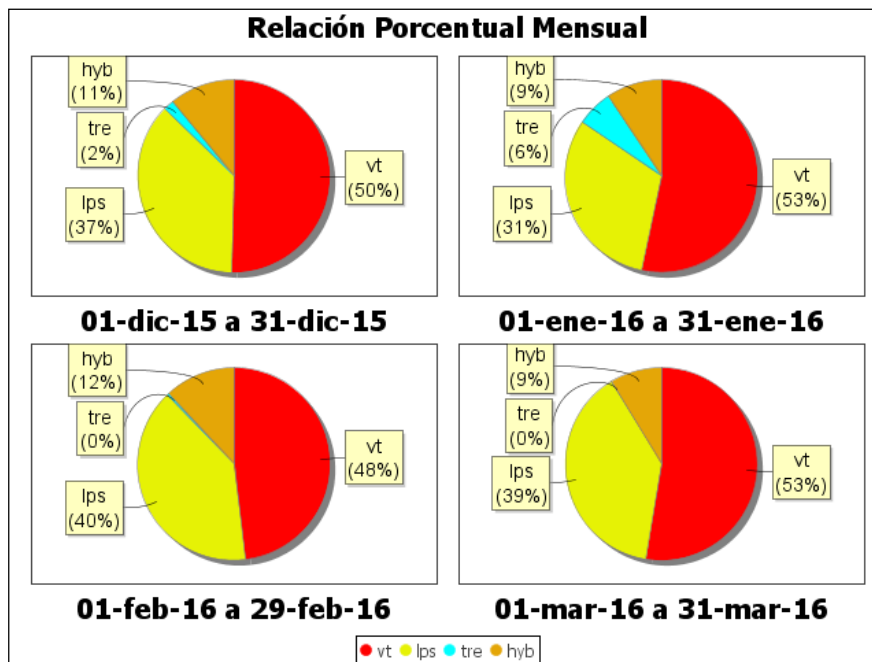


Figura 5. Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, entre los meses de diciembre de 2015 y marzo de 2016.

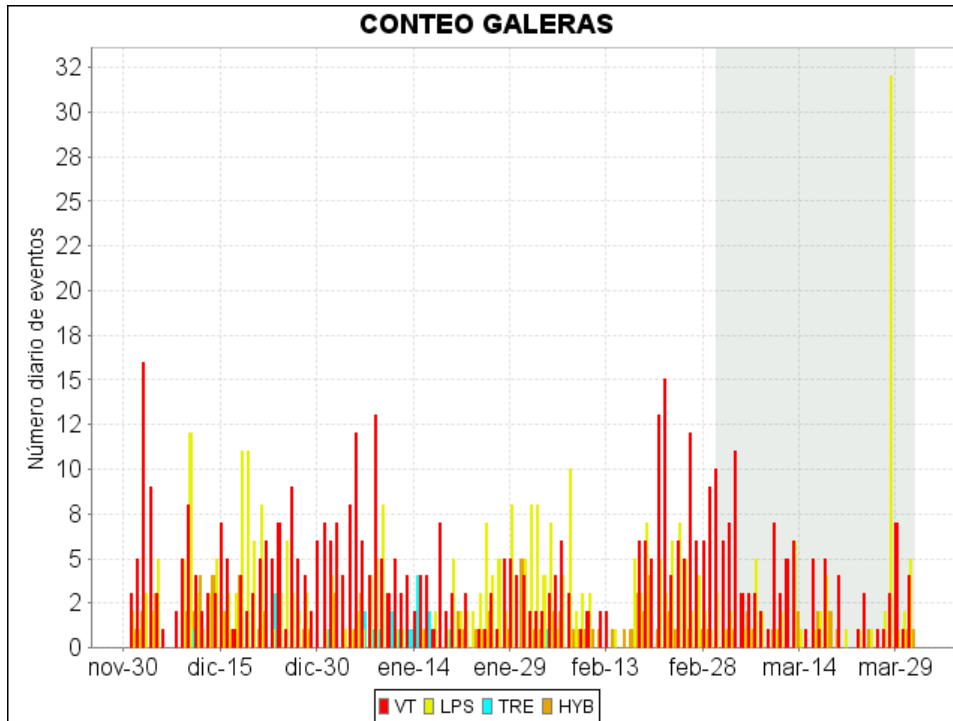


Figura 6. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016. La región sombreada corresponde al mes de marzo de 2016.

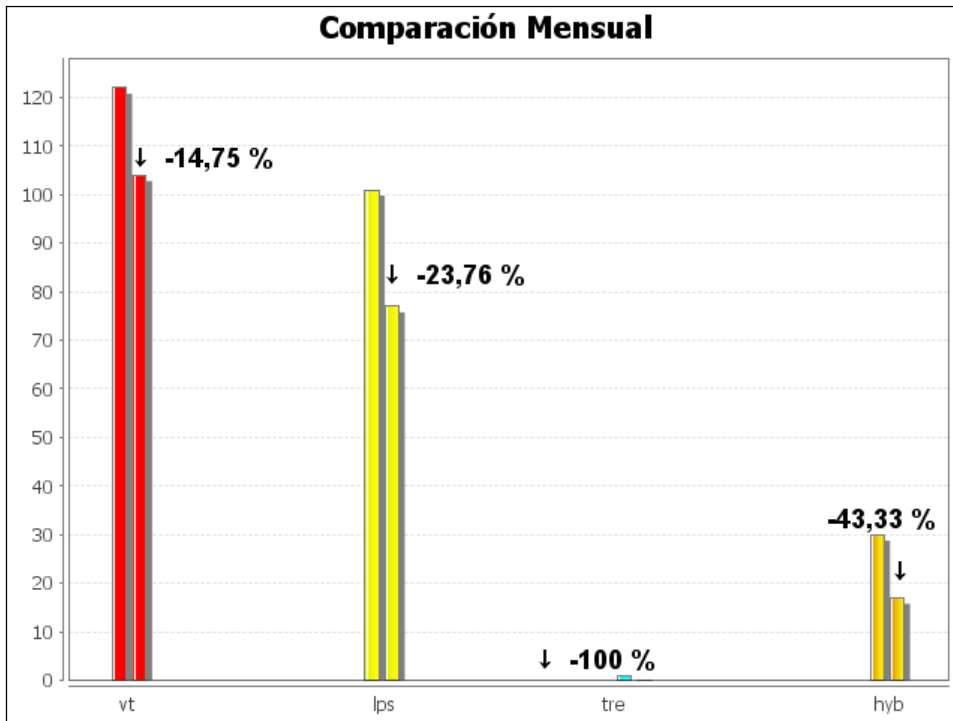


Figura 7. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes en evaluación (barras de la derecha) respecto al mes anterior (barras de la izquierda).

Para el periodo evaluado, el valor total de la energía sísmica liberada aumentó en 3,4 veces en comparación a lo registrado en febrero, pasando de $2,53 \times 10^{12}$ ergios a $8,70 \times 10^{12}$ ergios. Los eventos que aportaron la mayor energía fueron los sismos VT con un 47,3%, seguidos por los eventos tipo LPS con un 26,5%, mientras que los eventos tipo HYB aportaron con el 26,2% (Tabla 8, Figuras 8, 9 y 10).

Tabla 8. Energía sísmica liberada evaluada a partir de ondas de cuerpo para los diferentes tipos de eventos volcánicos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016, resaltando en color verde el mes evaluado.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de Evento [ergios]				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
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
01-mar-16 a 31-mar-16	4.11E+12	2.31E+12	0.00E+00	2.28E+12	8.70E+12

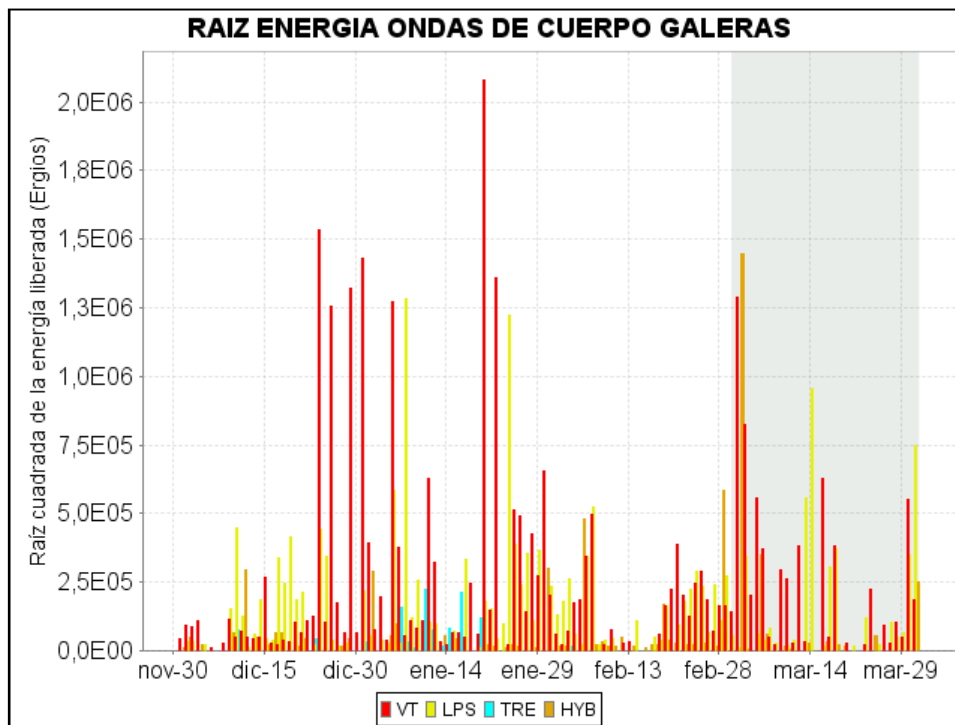


Figura 8. Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.

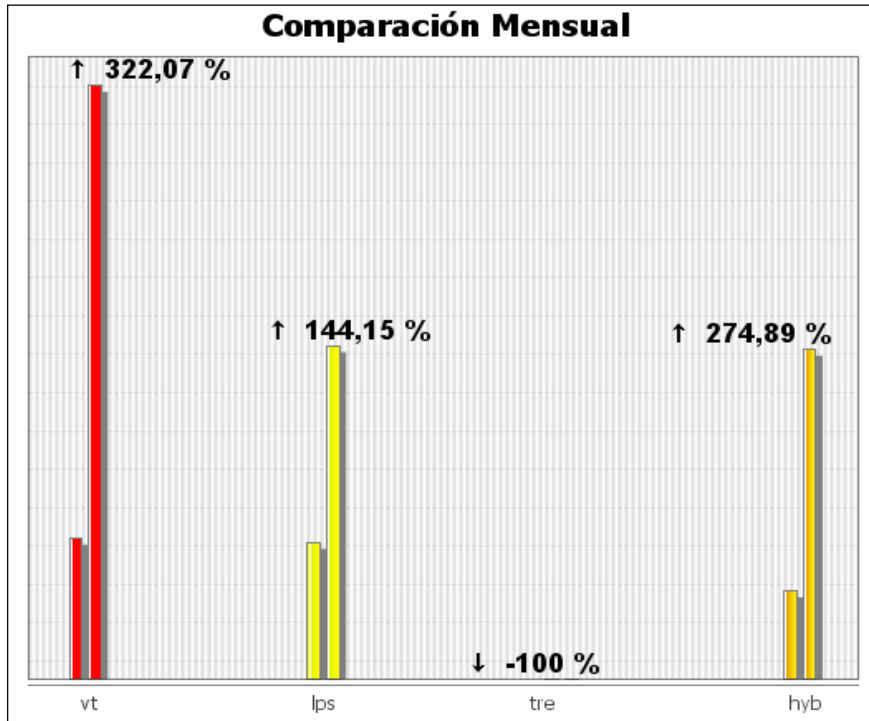


Figura 9. Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para marzo de 2016 (barras de la derecha) respecto a febrero de 2016 (barras de la izquierda).

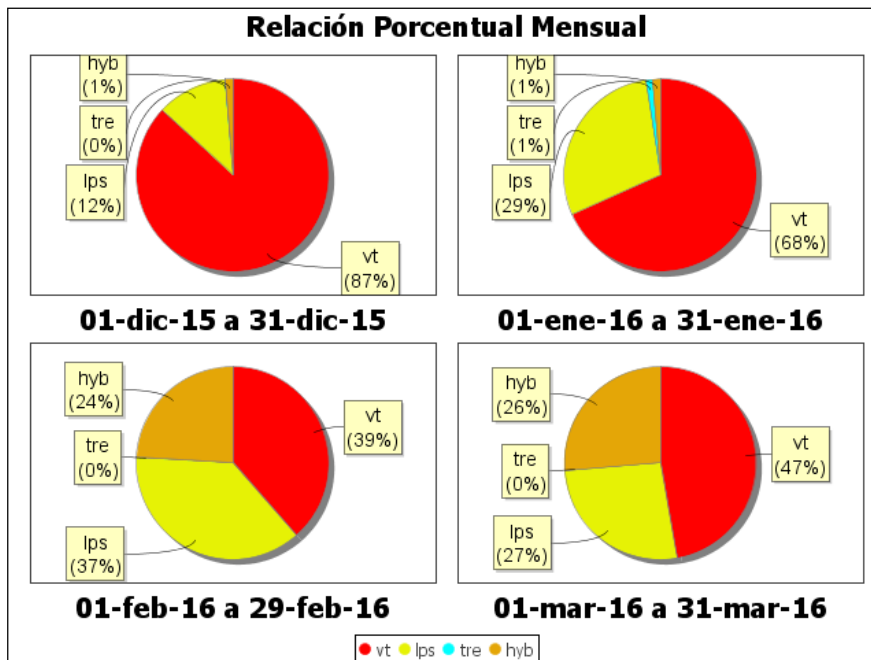


Figura 10. Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada para cada tipo de sismos desde diciembre de 2015 a marzo de 2016.

La sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical al interior del edificio volcánico fue localizada utilizando la minimización de los residuales de tiempos de arribo de las ondas P y S en las estaciones de monitoreo volcánico de la red de Galeras. Fue posible estimar la localización de 56 sismos, 54 de ellos tipo VT y un 2 HYB. La mayoría se ubicaron en inmediaciones del cráter de Galeras, a distancias menores de 1 km y en profundidad a menos de 2 km respecto de la cima volcánica (4.276 msnm). Algunos eventos se localizaron de manera dispersa sobre el edificio volcánico a menos de 16 km respecto al cráter volcánico, y profundidades entre 2 y 13 km respecto a la cima volcánica. Las magnitudes calculadas fueron menores a 1,8 en la escala de Richter (Figura 11).

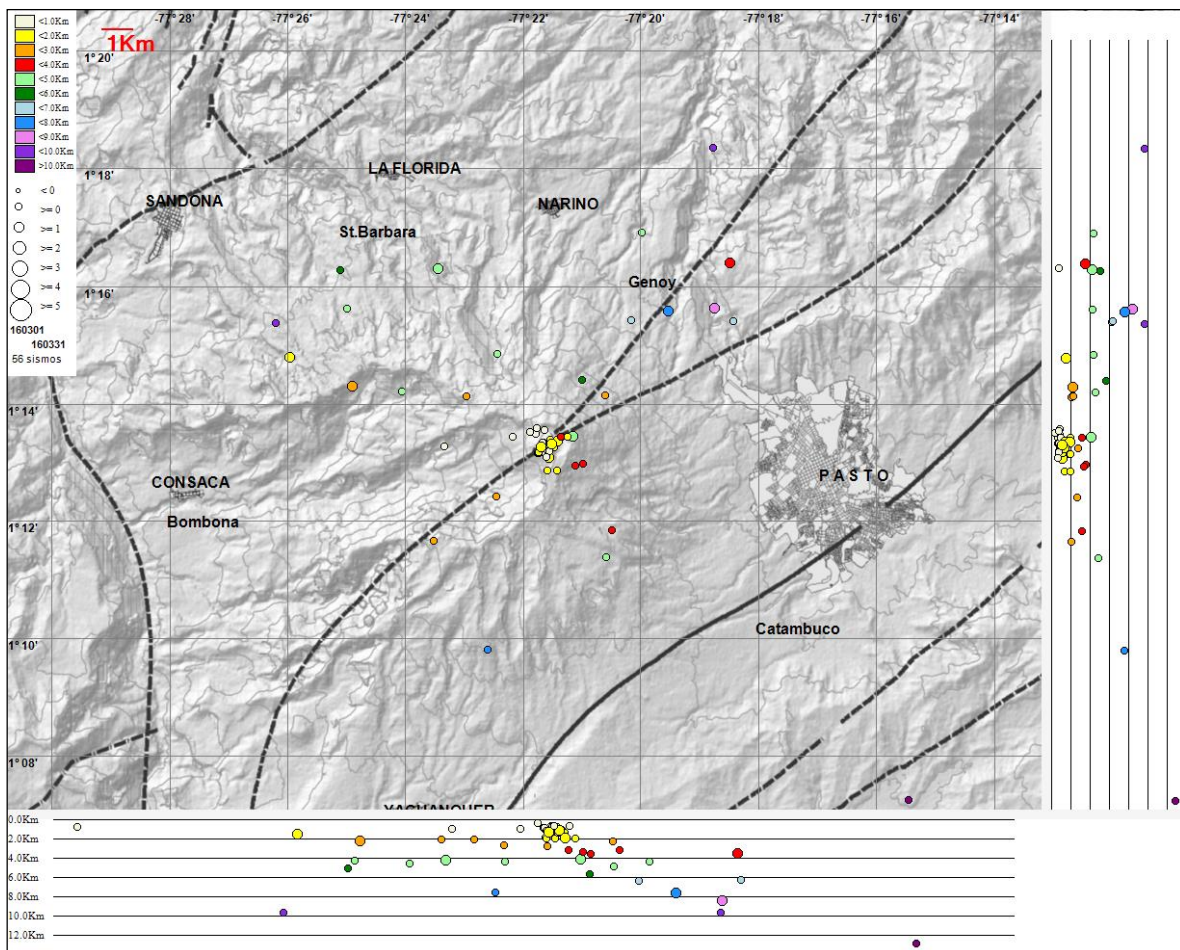


Figura 11. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de marzo de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2,0 km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4270 msnm).

1.3. DEFORMACIÓN

1.3.1. Estaciones de Inclinometría Electrónica

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

El comportamiento de deformación registrada por los equipos instalados en el edificio volcánico, se analiza por periodos de cambios y se resume a continuación. Los inclinómetros Cráter, Huairatola y Cóndor, continúan con el comportamiento estable, con variaciones que se asocian a los cambios de temperatura de la zona y al sistema de alimentación (Figuras 12, 13 y 14). El inclinómetro Arlés (Figura 15), desde julio de 2015, muestra en su componente Este estabilidad y la componente Norte una ligera tendencia ascendente con un acumulado hasta marzo de 2016 cercano a los 20 μrad .

El inclinómetro Peladitos muestra una tendencia ligeramente descendente en la componente Tangencial, acumulando alrededor de 20 μrad desde principios de 2011, y su componente Radial a partir de septiembre de 2014 indica una tendencia estable (Figura 16). El inclinómetro Calabozo, mantiene su tendencia estable en su componente Este, y en la componente Norte, su tendencia ascendente acumulando hasta la fecha unos 460 μrad (Figura 17). En Cobanegra continua el comportamiento ascendente en la componente Norte cercano a los 100 μrad , en la Este se aprecia un ligero descenso de 20 μrad hasta octubre de 2015, y posteriormente una tendencia ascendente cercada a los 25 μrad (Figura 18). En Urcunina continua el registro descendente en la componente Norte, variación de 110 μrad desde el pasado mes de diciembre de 2011, sin embargo se encuentra en revisión porque presenta cambios que pueden obedecer a problemas eléctricos. (Figura 19).

Realizando un cálculo del vector resultante para la red de inclinómetros, tomando como periodo de evaluación a partir del 1 de enero de 2014 hasta el 31 de marzo de 2016, se aprecia que para las estaciones Peladitos, Cráter, Huairatola y Cóndor, las variaciones están alrededor de los 20 μrad , que puede ser considerado que está dentro de los niveles de variación diaria de los sensores, que se ven afectados por las condiciones de temperatura. Los inclinómetros con mayores cambios corresponden a Cobanegra y Calabozo, que pueden estar asociadas con la actividad volcánica, a niveles más profundos (Figura 20).

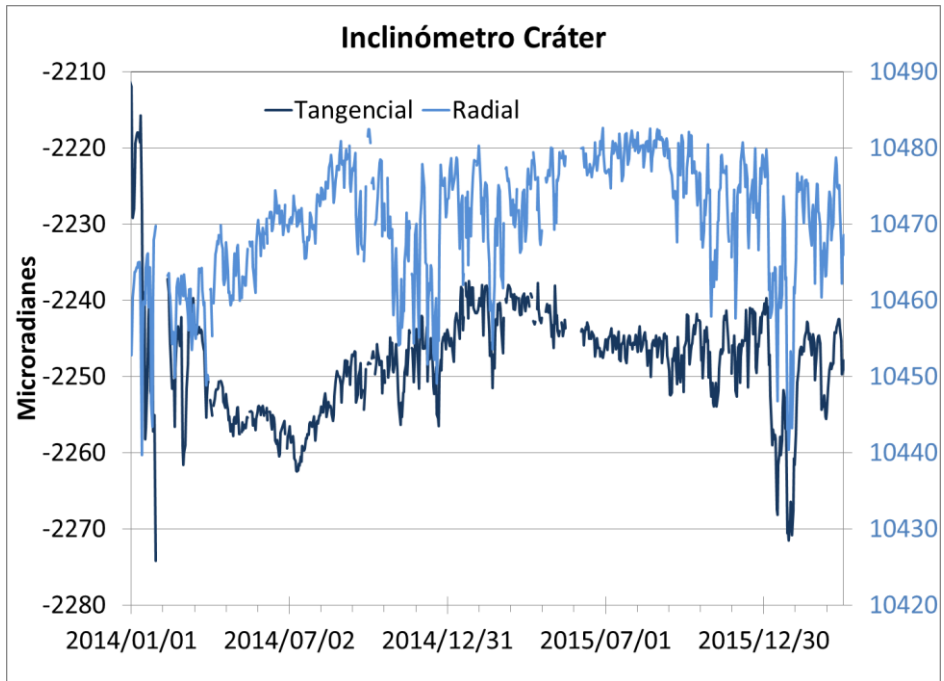


Figura 12. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.

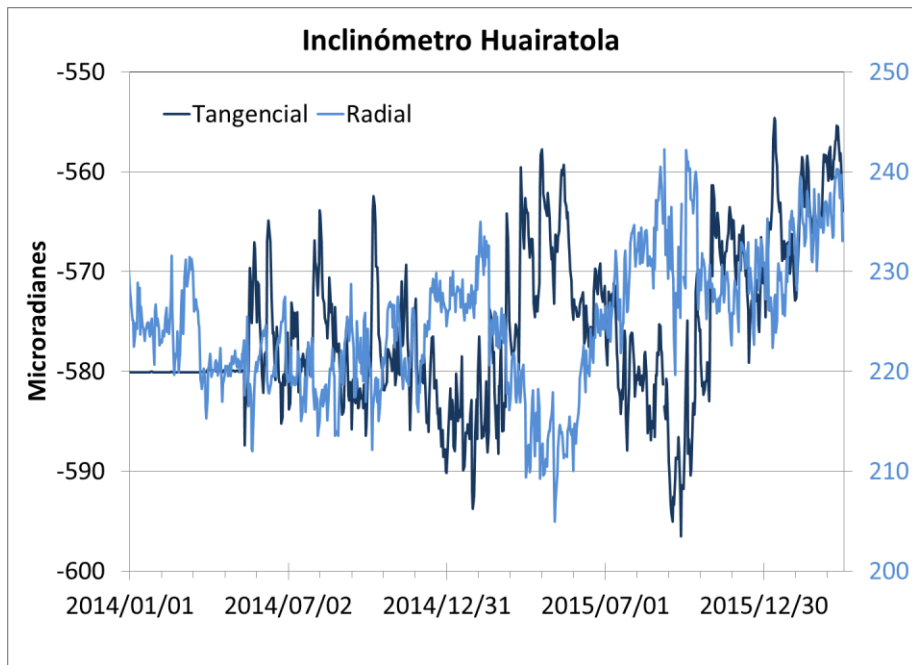


Figura 13. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.

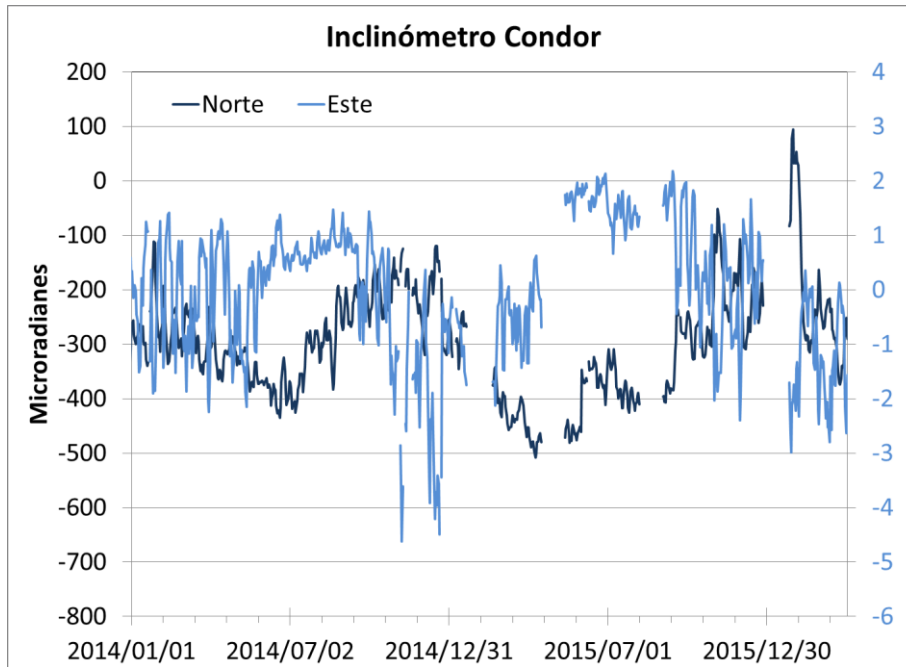


Figura 14. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cónдор, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.

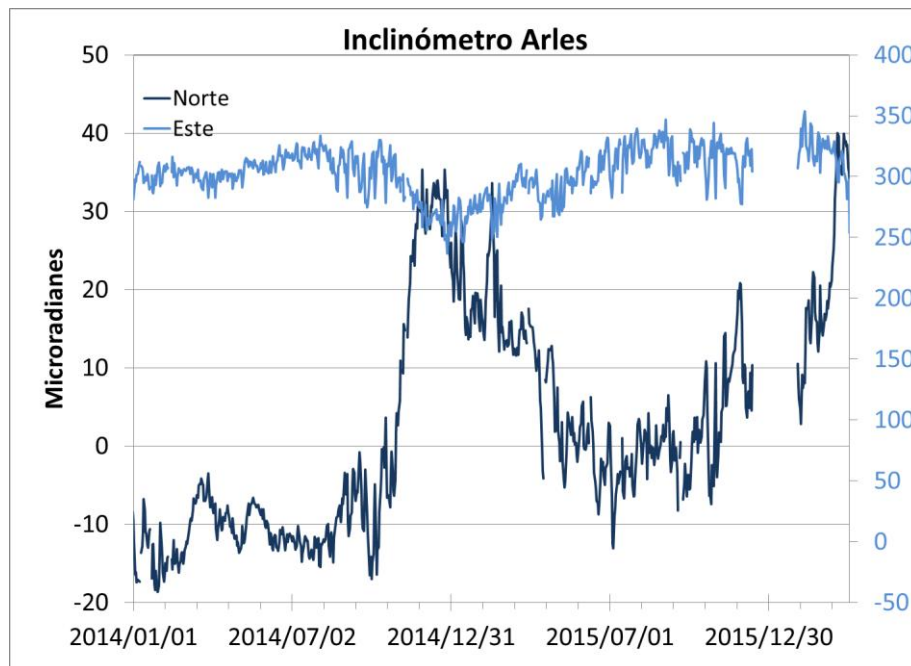


Figura 15. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.

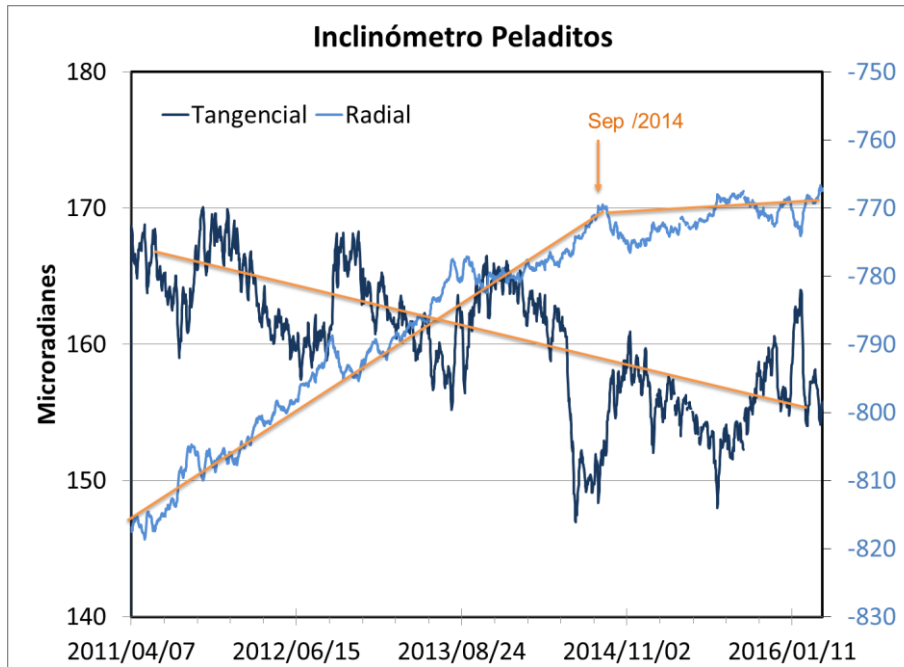


Figura 16. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad) del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de abril de 2011 y el 31 de marzo de 2016.

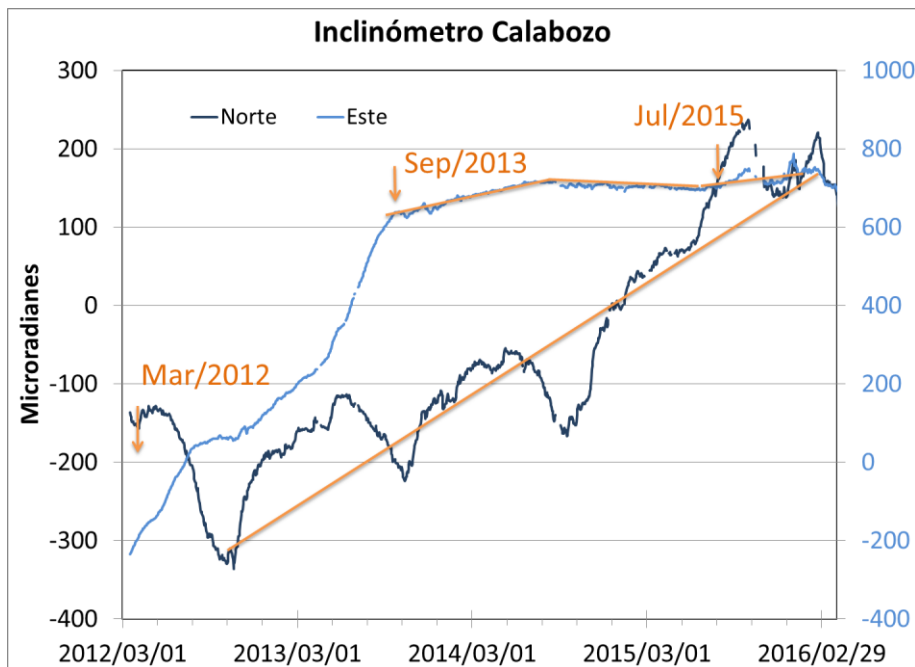


Figura 17. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de abril de 2012 y el 31 de marzo de 2016.

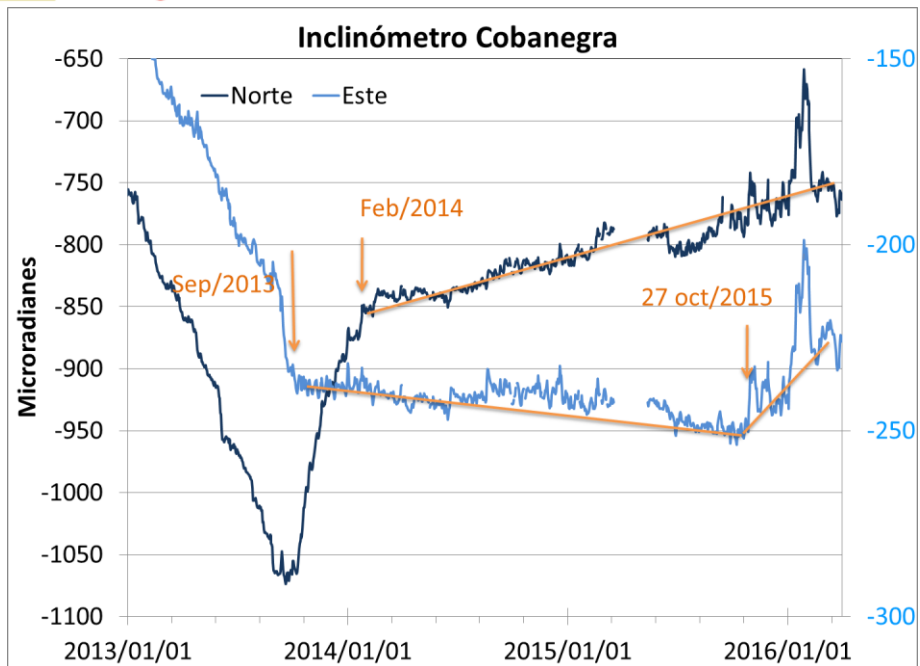


Figura 18. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de marzo de 2016.

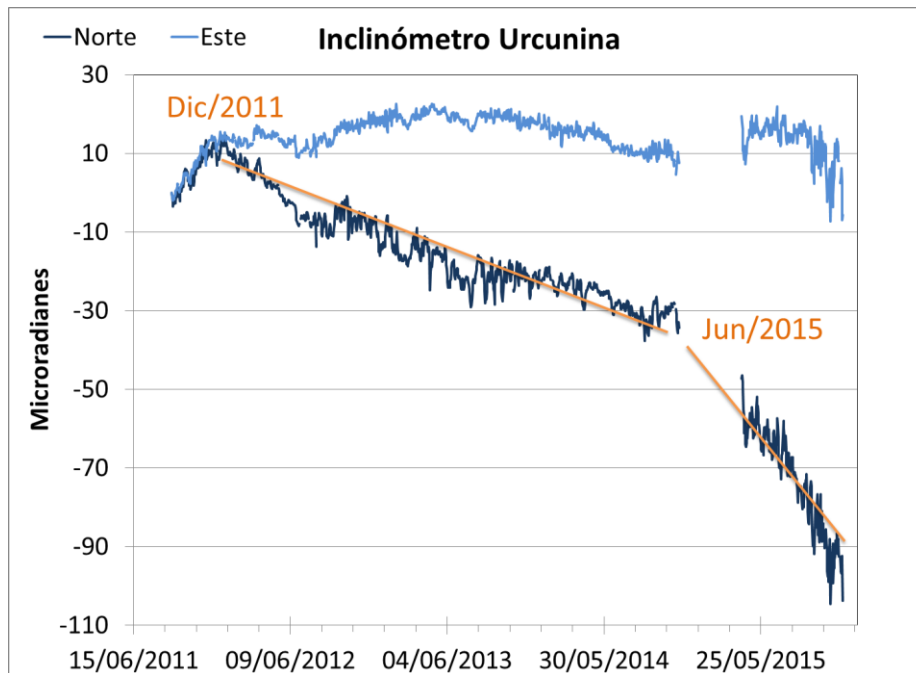


Figura 19. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2011 y el 31 de marzo de 2016.

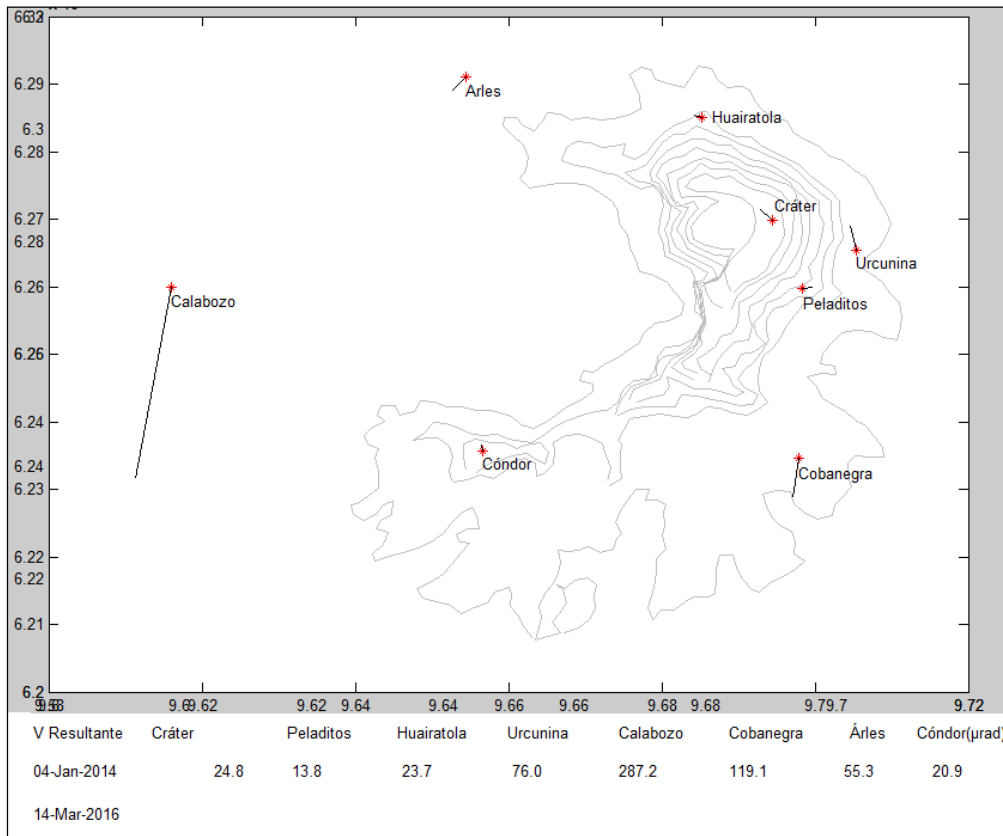


Figura 20. Vector Resultante Componentes de inclinación Norte y Este (μrad) del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre junio de 2011 y el 31 de marzo de 2016.

1.3.2. Medición Electrónica de Distancias - EDM en Galeras

En este periodo no se realizaron medidas de EDM en la zona del volcán Galeras.

1.3.3. Estaciones GNSS permanentes

En marzo de 2016 se contó con el registro de 6 estaciones receptoras GNSS permanentes. Para el análisis se contempló inicialmente un procesamiento diferencial de la información suministrada por estos equipos 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 21 se muestra la ubicación de las estaciones respecto al GNSS QUIL.

Los GNSS Cráter y Barranco se instalaron en agosto y octubre de 2011 respectivamente, San Cayetano, en octubre de 2012, las estaciones Chiguaco e Ingenio se instalaron en abril de 2014 y Cóbndor se reinstaló el 21 de febrero de 2015.

El procesamiento absoluto se está realizando a través del Sistema de Referencia Espacial Canadiense (CSRS). Los datos en formato RINEX, son enviados por separado para cada día y cada estación y posteriormente el resultado es almacenado en hojas de cálculo. El CSRS, utiliza las efemérides finales, por lo cual el proceso se presenta con 15 días de retraso. En las figuras 22 a 28, se indica el comportamiento de los GNSS instalados en Galeras.

En general se observa un comportamiento estable en el desplazamiento indicado por las componentes Este, Norte y Altura. La componente Norte indica el desplazamiento de la Placa de Tectónica de Sur América, sobre la cual se encuentra Colombia, con un desplazamiento acumulado cercano a los 20 mm por año y que puede verificarse en el comportamiento observado en la componente Norte de la estación QUILL, ubicada en el aeropuerto Antonio Nariño 26 km, del volcán Galeras.

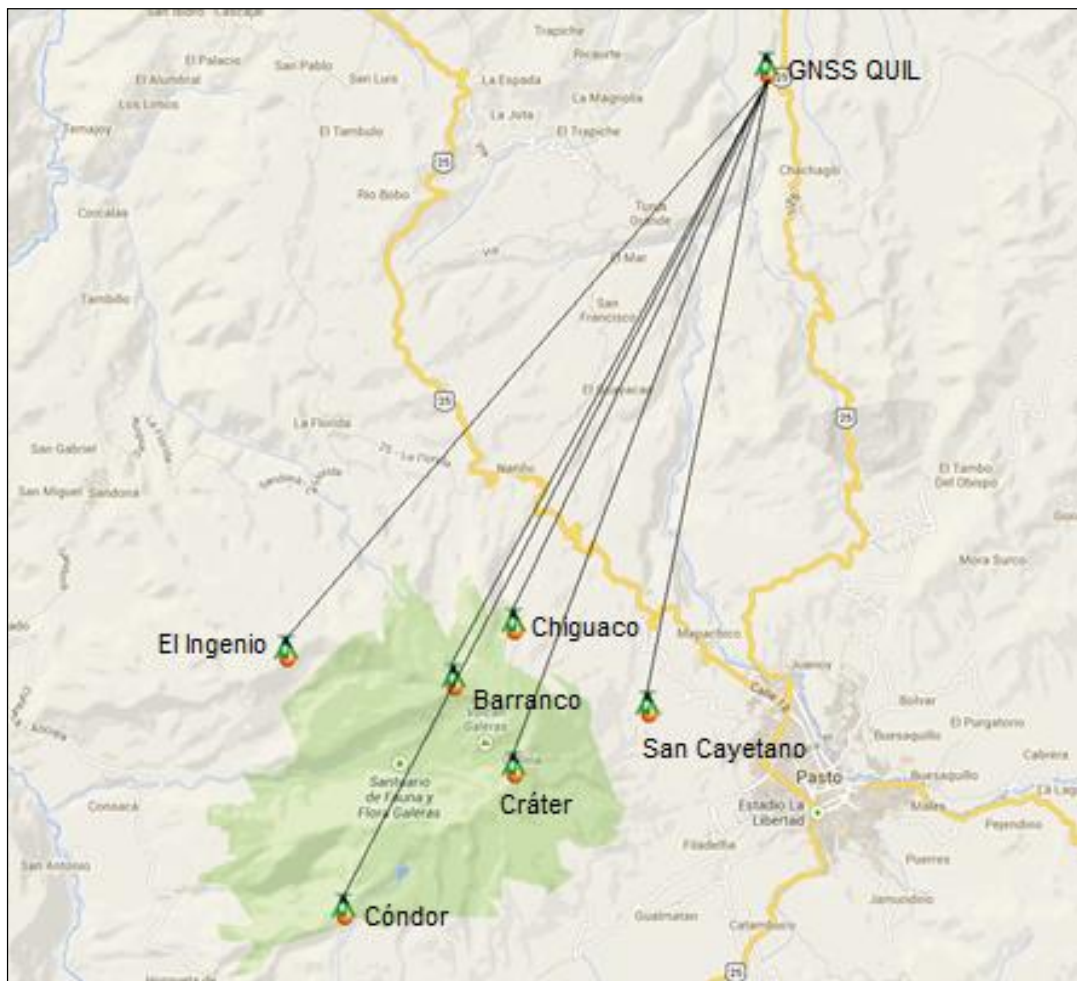


Figura 21. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.

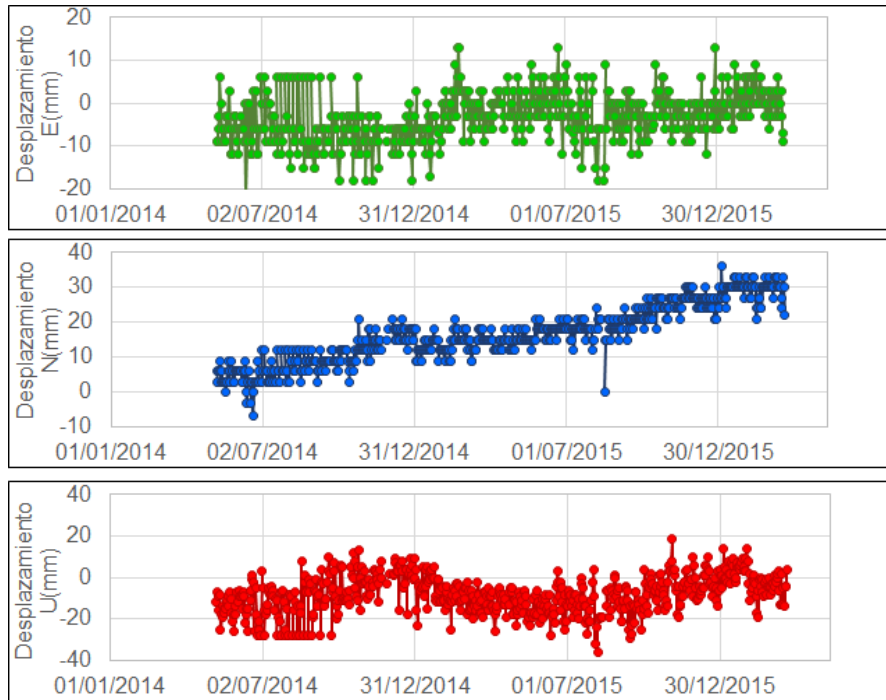


Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 7 de mayo de 2014 y el 15 de marzo de 2016.

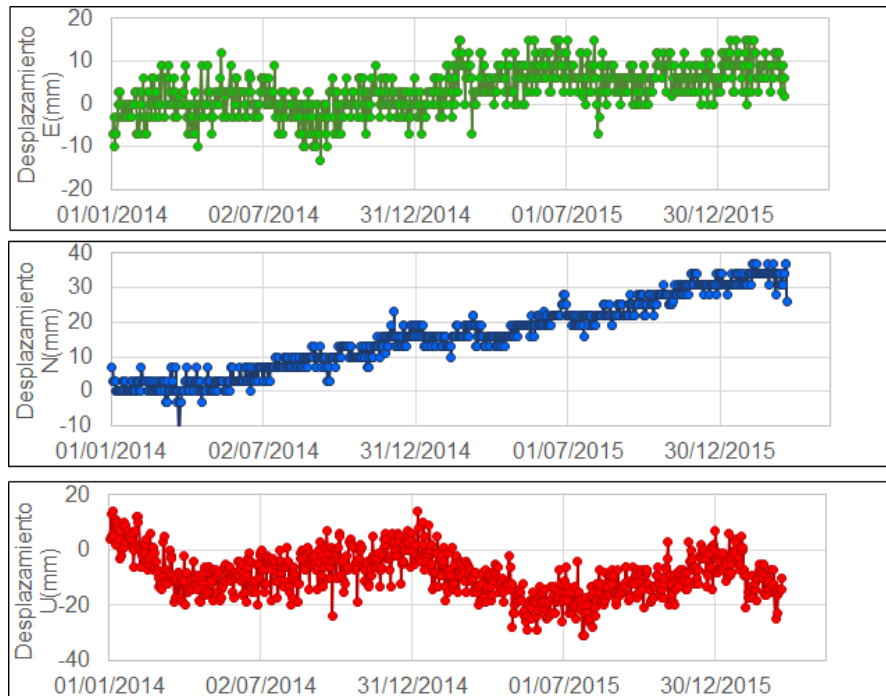


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre enero de 2014 y el 15 de marzo de 2016.

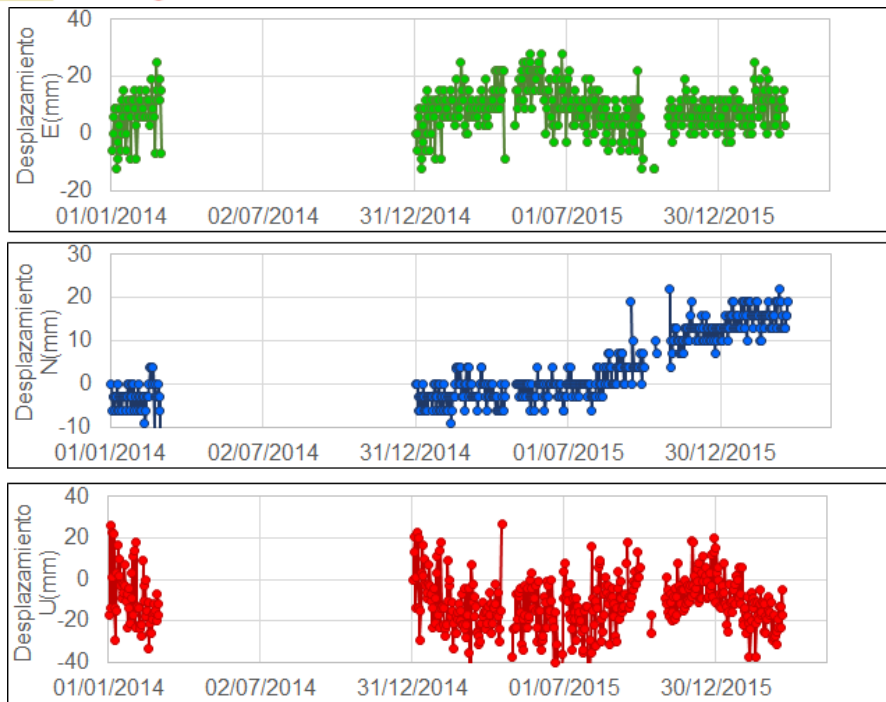


Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS El Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre 1 de enero de 2014 y el 15 de marzo de 2016.

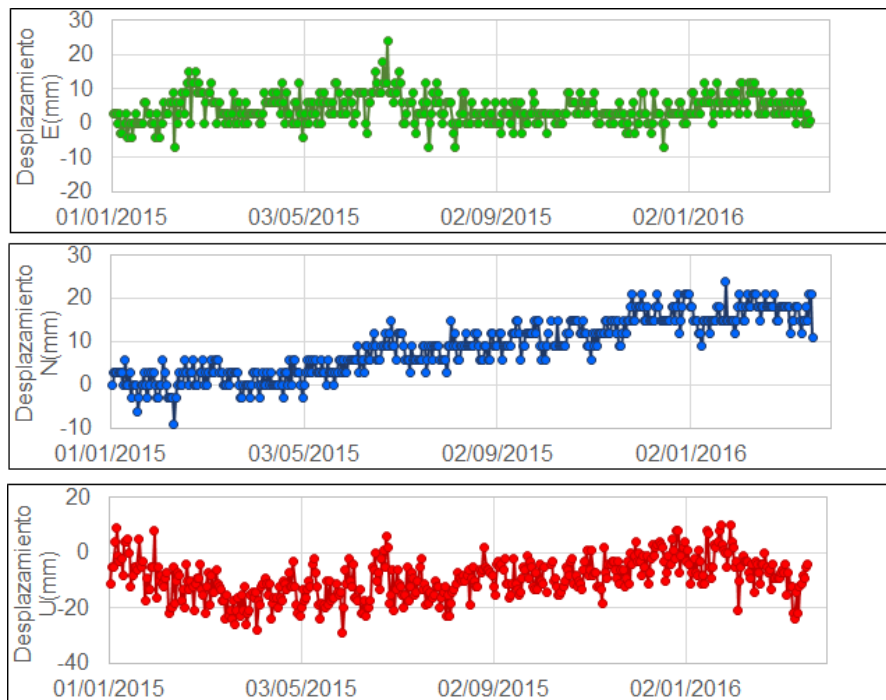


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 13 de noviembre de 2015.

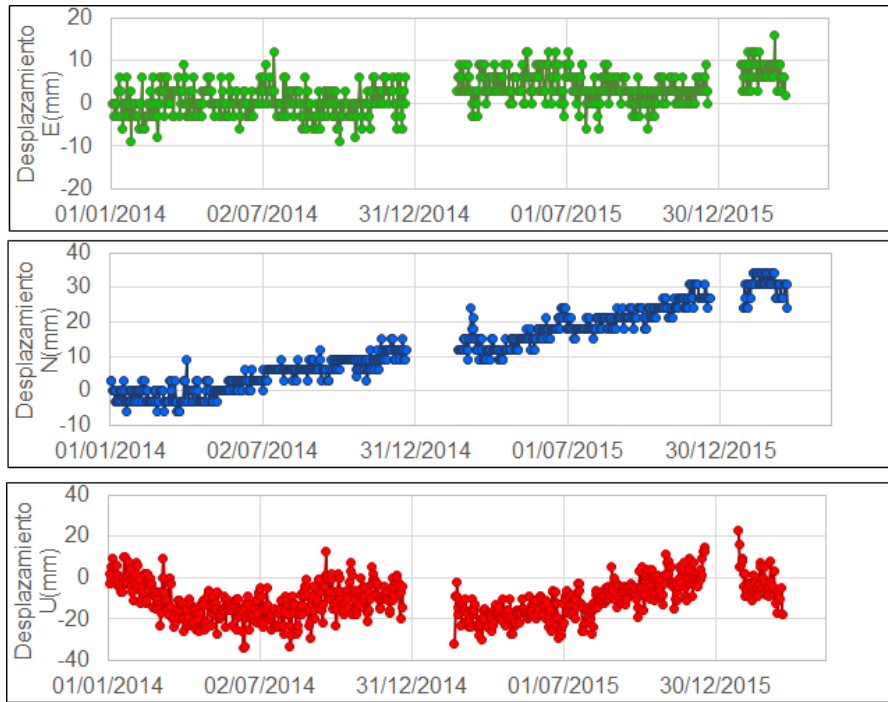


Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cónдор instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre enero de 2014 y el 15 de marzo de 2016.

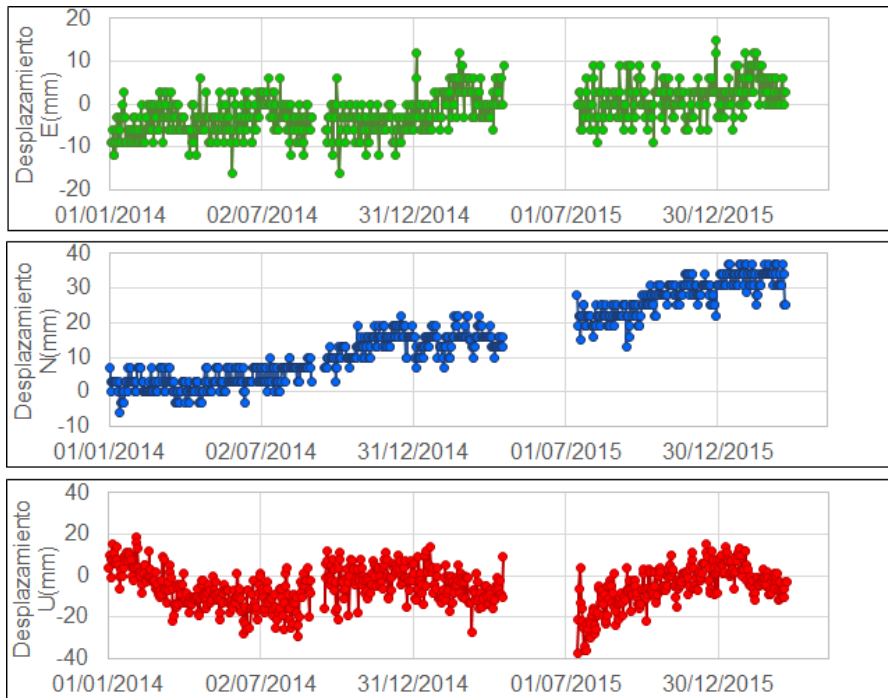


Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre en 1 de enero de 2014 y el 15 de marzo de 2016.

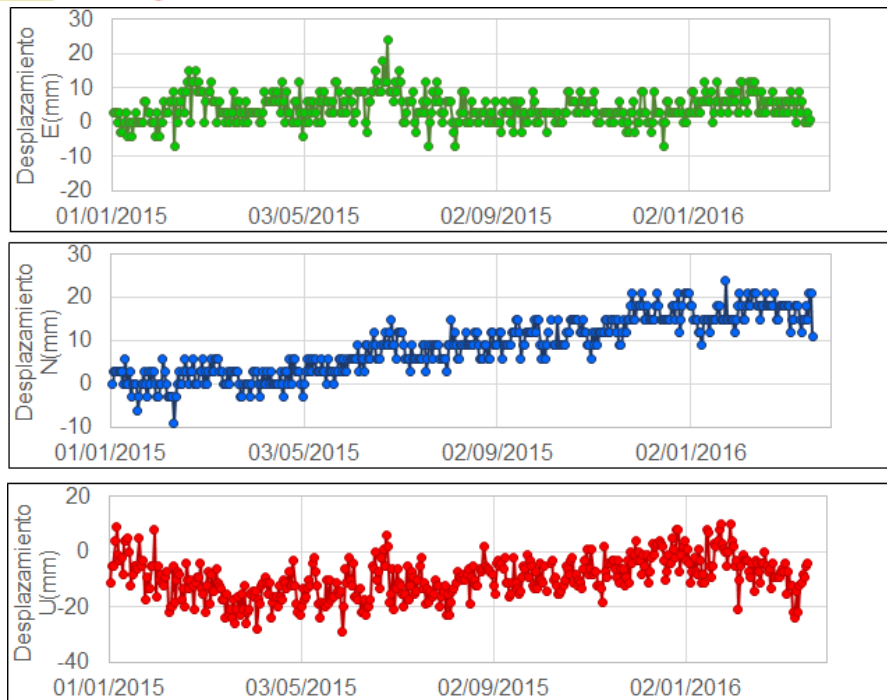


Figura 28. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Quil instalada en el aeropuerto Antonio Nariño, ubicado en el municipio de Chachaguí, departamento de Nariño, para el periodo comprendido entre en 1 de enero de 2015 y el 15 de marzo de 2016.

1.4. ELECTROMAGNETISMO.

El monitoreo electromagnético, en la zona de influencia del volcán Galeras, durante el mes de marzo, 2016, se realizó con tres estaciones magnéticas y dos eléctricas, Frailejón y Barranco con sensores eléctricos y magnéticos, y Cráter sólo con sensor magnético.

Las variaciones magnéticas registradas en el área de influencia del volcán Galeras muestran comportamientos estables en las tres estaciones, registrando un comportamiento muy similar del campo horizontal (H) y del campo total (F), en las tres estaciones (Figuras 29, 30, 31, 32, 33 y 34). La estación de Frailejón, registró para marzo, 2016 un campo magnético horizontal (H), en promedio, de alrededor de 25.125 nT y un campo total (F), en promedio, de aproximadamente 28.580 nT (Figura 29). Las variaciones máximas de H fueron de alrededor de 140 nT y de F de alrededor de 100 nT (Figura 30).

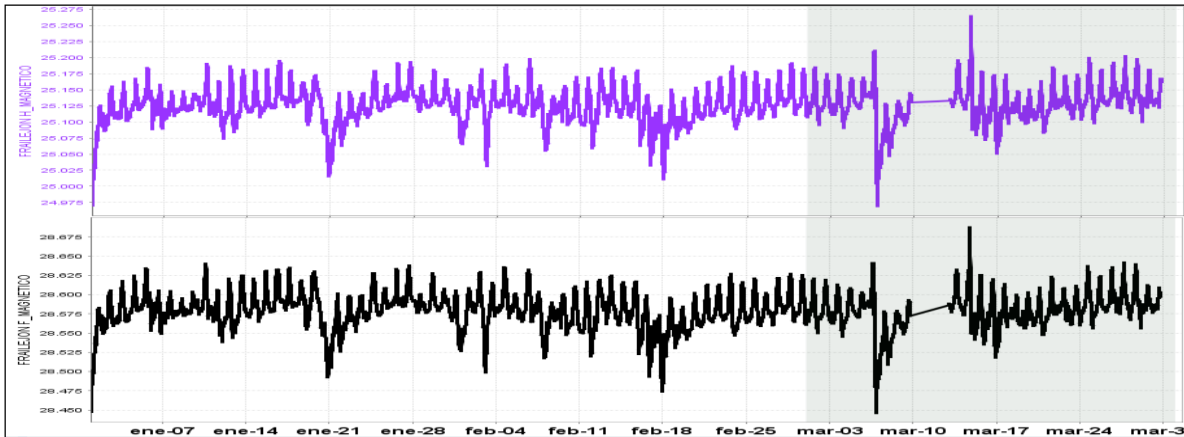


Figura 29. Campo magnético Horizontal (H-magenta) y campo Total (F-Negro), registrado en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

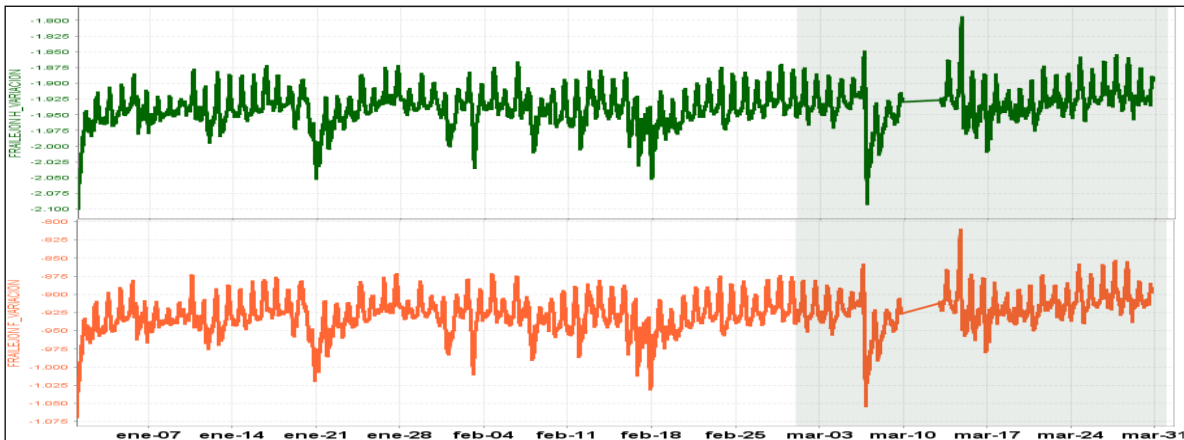


Figura 30. Variaciones del campo magnético Horizontal (H-verde) y variaciones del campo Total (F-naranja), registrado en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

En la estación Cráter, los registros de marzo, 2016 muestran un campo magnético horizontal (H), en promedio, de alrededor de 29.530 nT y un campo total (F), en promedio, de aproximadamente 33.430 nT (Figura 31). Las variaciones máximas tanto de H como de F, fueron de alrededor de 120 nT (Figura 32).

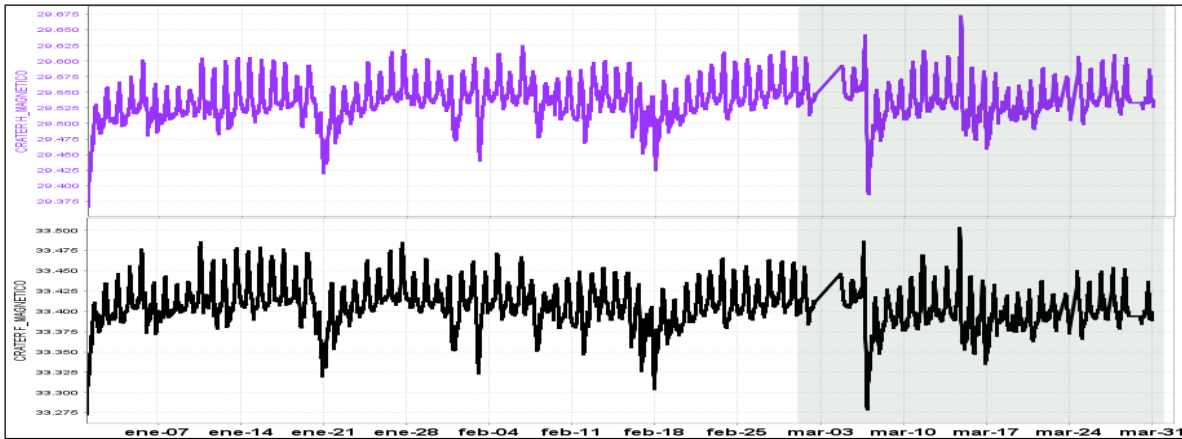


Figura 31. Campo magnético Horizontal (H-magenta) y campo Total (F-Negro), registrado en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

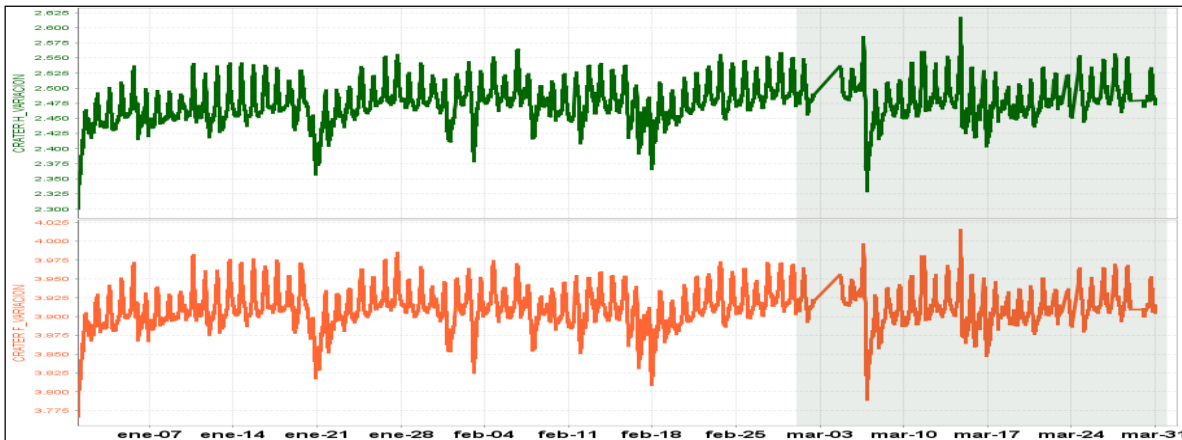


Figura 32. Variaciones del campo magnético Horizontal (H-verde) y variaciones del campo Total (F-naranja), registrado en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

Para la estación de Barranco, las estaciones muestran unos saltos en los datos, posiblemente asociados con los días de lluvia, que sugieren la influencia de las agua lluvias en el sensor. Además, al obtener el campo total, esos pulsos se anulan y queda evidente el valor promedio del campo en la zona donde se encuentra la estación. Los registros de Barranco, omitiendo los pulsos de mal funcionamiento muestran un campo magnético horizontal (H), en promedio, de alrededor de 26.500 nT y un campo total (F), en promedio, de aproximadamente 28.440 nT (Figura 33). Las variaciones máximas tanto de H como de F, fueron de alrededor de 100 nT (Figura 34).

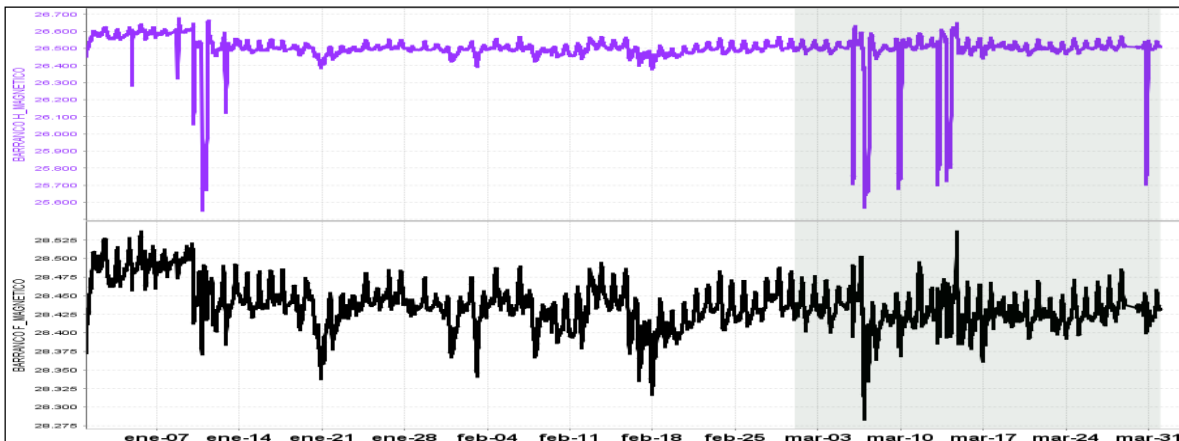


Figura 33. Campo magnético Horizontal (H-magenta) y campo Total (F-Negro), registrado en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

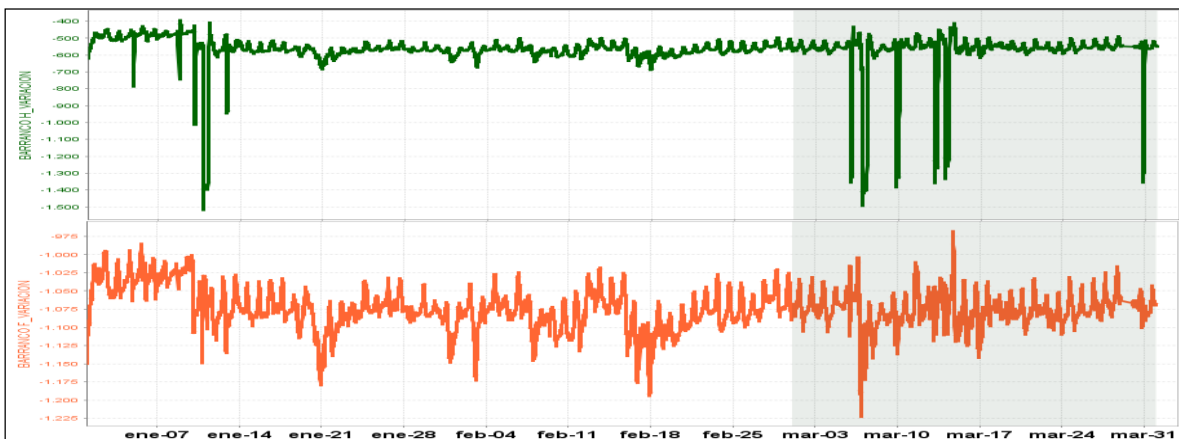


Figura 34. Variaciones del campo magnético Horizontal (H-verde) y variaciones del campo Total (F-naranja), registrado en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre los meses de enero y marzo de 2016 (zona sombreada corresponde al mes de marzo, evaluado). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

En general, los registros de los sensores magnéticos resaltan las variaciones propias de los cambios día-noche, debidos a los efectos solares. Se resalta el incremento en la intensidad del campo magnético de la Tierra (BT), del 6 de marzo, detectado en nuestro caso por los tres sensores magnéticos y en general en todos los observatorios magnéticos del planeta. Esta variación fue considerada como moderadamente alto y que lo asociaron con una lenta eyección de masa coronal lenta que alcanzó nuestro planeta y, por la forma como se comporta el campo magnético interplanetario, esta eyección es consistente con la firma de una eyección de masa coronal del núcleo solar (<https://www.spaceweatherlive.com/en/news/view/206/20160306-stealth-cme-passage>). Tanto las oscilaciones día-noche como el incremento del campo magnético se confirma con los registro del campo horizontal (H) y total (F) de la estación de referencia Kourou, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, (La estación se ubica en Guayana Francesa). Los valores promedio del campo magnético

total, en la estación de Kourou, para el mes de marzo de 2016, fue de alrededor de 28.900 nT, y de alrededor de 27.900 nT, para la resultante horizontal (H) (Figura 35).

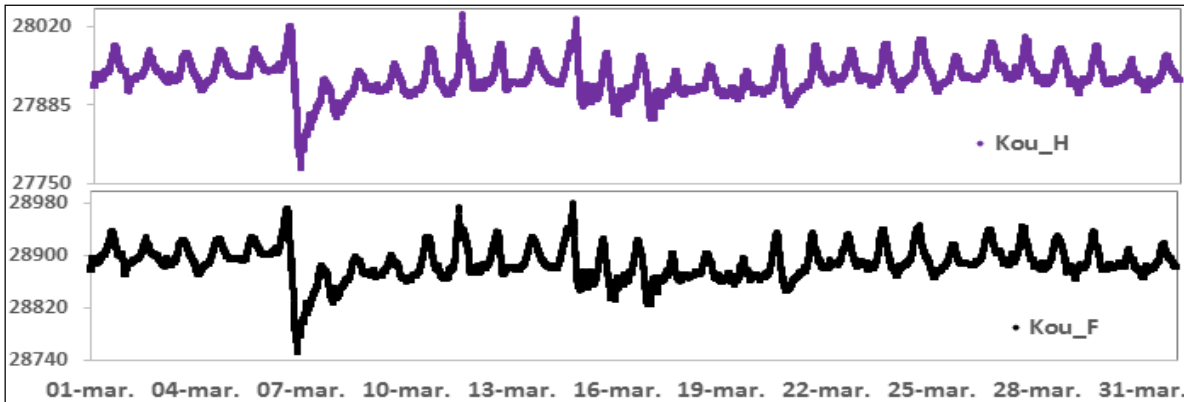


Figura 35. Intensidad del campo magnético terrestre, registrado en la estación Kourou, en Guyana Francesa, perteneciente a la red de monitoreo magnético global, del instituto Central de Magnetismo Terrestre, ubicado en Francia, para el mes de marzo de 2016. Componente horizontal (H-magenta) y componente total (F-negra). La escala de medición está dada en nano Teslas (nT).

Con relación al monitoreo de los campos eléctricos, debido a los procesos de lluvia del mes, las estaciones se han visto influenciadas por sus efectos en los sensores y han generado cambios de hasta 150 mV, que no tienen relación directa con la actividad volcánica. Las variaciones eléctricas en la estación eléctrica Frailejón, sin tener en cuenta los efectos de lluvias fuertes son: en la componente norte (N) de alrededor de 9 mV, en la componente este (E) de 7 mV, en tanto que la resultante del campo horizontal (H) muestra variaciones de alrededor de 7 mV (Figura 36). Los cambios observados principalmente en la componente N, son muy concordantes con el comportamiento de los registros del pluviómetro instalado en la zona de influencia de Galeras (Figura 36).

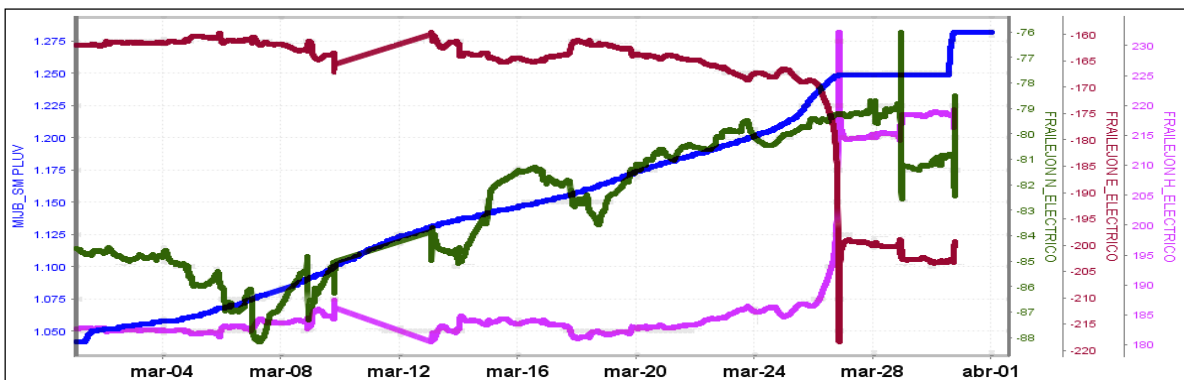


Figura 36. Variaciones del campo eléctrico, en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, para el mes de marzo de 2016). Componente NS (verde), EW (roja), resultante campo horizontal H (magenta) y registro del pluviómetro Mijitayo bajo (azul) La escala de medición del campo eléctrico está en mili voltios por metro y el pluviómetro en cuentas.

En la estación Barranco, las variaciones debidas a los efectos de lluvia son grandes, de alrededor de 31 mV en la componente norte sur (N) y de aproximadamente 51 en la componente este-oeste (E). Omitiendo estos efectos, la componente N registró variaciones de alrededor de hasta 6 mV en tanto que la componente E, variaciones de 10 mV (Figura 37). La resultante del campo vertical mostró variaciones de cerca de 15 mV (Figura 38). La estación de monitoreo de lluvias en el sector de Mijitayo Bajo, muestra correlación con algunas de las variaciones observadas en las componentes eléctricas de esta estación (Figura 38).



Figura 37. Variaciones del campo eléctrico, en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, para el mes de marzo de 2016). Componente NS (verde), EW (roja). La escala de medición del campo eléctrico está en mili voltios.

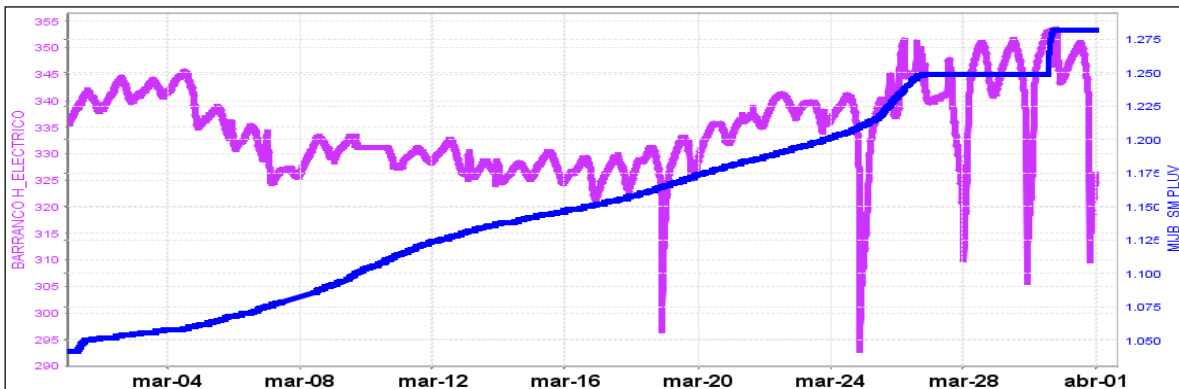


Figura 38. Variaciones de la resultante horizontal H (magenta), del campo eléctrico, y registro del pluviómetro Mijitayo bajo (azul) La escala de medición del campo eléctrico está en mili voltios y el pluviómetro en cuentas.

1.5. GEOQUIMICA.

1.5.1. Muestreo de gases de origen volcánico en el Volcán Galeras

1.5.1.1. Emisión del flujo de dióxido de azufre (SO₂) a la atmósfera - Estaciones SCANDOAS

La intrusión de nuevos cuerpos de magma o ascenso del mismo, afecta el flujo de SO₂ hacia la superficie. Los valores estimados de flujo de Dióxido de azufre (SO₂) de Galeras, corresponden a los

escaneos de tres estaciones telemétricas permanentes ScanDOAS, (Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara) localizadas en el cuadrante noroccidental de Galeras (Figura 3). Su funcionamiento parte de detectar la luz Ultravioleta (UV) dispersa, a través de un telescopio acoplado a una fibra óptica de cuarzo que transfiere la luz a un espectrómetro (OceanOptics S2000) y lo compara con un espectro de referencia dentro de una longitud de onda específica entre 280 a 420 nm con una resolución de 0,6 nm, un filtro en el telescopio bloquea la luz visible con longitudes de onda mayores a 360 nm, reduciendo efectivamente la luz difusa (Galle et al., 2002). Cada uno de los espectros obtenidos se traducen en escaneos que permiten conocer la absorbencia de la pluma de SO₂ en tiempo real (Euripides et al., 2012). Para el cálculo de flujo de SO₂ se tiene en cuenta los valores de velocidad del viento medidos por la estación climática instalada en la cima del volcán, los cuales se ajustan a la zona donde se genera la columna. A partir de los escaneos de SO₂, de las estaciones fijas, diariamente se realiza la evaluación de cada uno de ellos y se reporta el valor máximo del día y la estación donde se registró.

Se registran escaneos durante todos los días del mes de marzo del 2016, para las estaciones Alto Jiménez y Alto Tinajillas, de la estación Santa Bárbara aún no se tiene registro de escaneos; los valores para emisión de SO₂ a la atmósfera se encuentran entre 38 y 431 Ton/día, valores considerados como bajos para el volcán (Figura 39 y 40, Tabla 9).

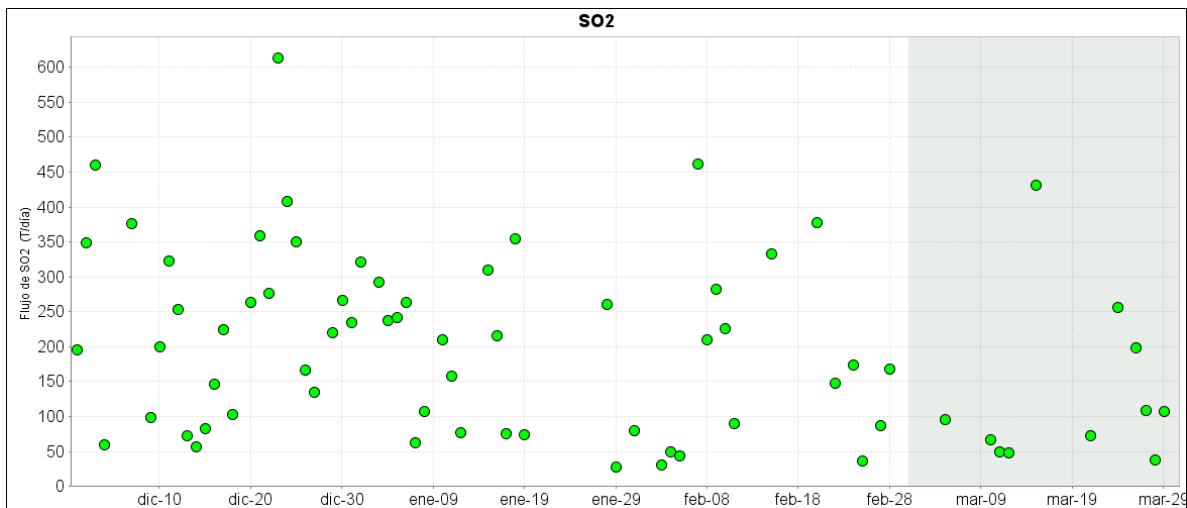


Figura 39. Flujo de emisión de SO₂ registrado entre diciembre de 2015 y marzo de 2016 por los equipos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.

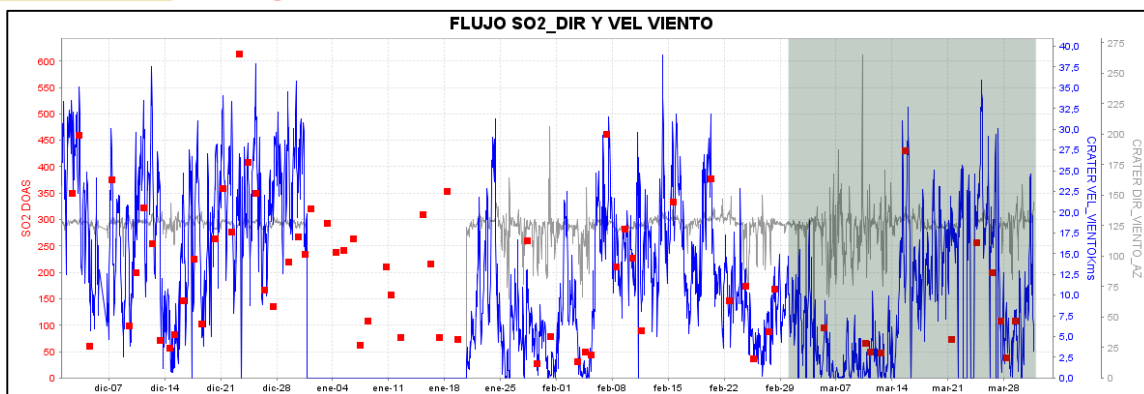


Figura 40. Flujo de dióxido de azufre (SO₂), velocidad y dirección del viento entre diciembre de 2015 y marzo de 2016.

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 5.5 m/s y una dirección del viento predominante a 323° Azimut aproximadamente. El mayor flujo de SO₂ registrado para el volcán Galeras, durante el mes se presenta el día 15 de marzo de 2016 con un valor de 431 Ton/día, considerado como un flujo bajo para el volcán Galeras.

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

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO ₂ diario [Ton/día]	Estación de registro	Equipo
05-mar-16	12:15 PM	341.6	1.4	95	Alto Jimenez	SCANDOAS
10-mar-16	03:55 PM	327.3	1	66	Alto Jimenez	SCANDOAS
11-mar-16	07:02 AM	125.6	1	50	Alto Jimenez	SCANDOAS
12-mar-16	03:05 PM	349.6	1	48	Alto Tinajillas	SCANDOAS
15-mar-16	02:55 PM	347.1	4.1	431	Alto Tinajillas	SCANDOAS
21-mar-16	09:52 AM	316	5	73	Alto Tinajillas	SCANDOAS
24-mar-16	01:01 PM	355.2	5.5	256	Alto Tinajillas	SCANDOAS
26-mar-16	01:53 PM	350.9	4.5	199	Alto Jimenez	SCANDOAS
27-mar-16	01:41 PM	356.7	1.9	108	Alto Tinajillas	SCANDOAS
28-mar-16	08:28 AM	340.6	1.4	38	Alto Jimenez	SCANDOAS
29-mar-16	09:27 AM	343.2	2.3	107	Alto Jimenez	SCANDOAS

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

1.5.1.2. Flujo de gas Radón 222 – (Rn₂₂₂) telemétrico

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). La figura 41 corresponde al mapa con la ubicación de las estaciones para medición de flujo de gas Radón, en la zona de influencia del volcán Galeras.

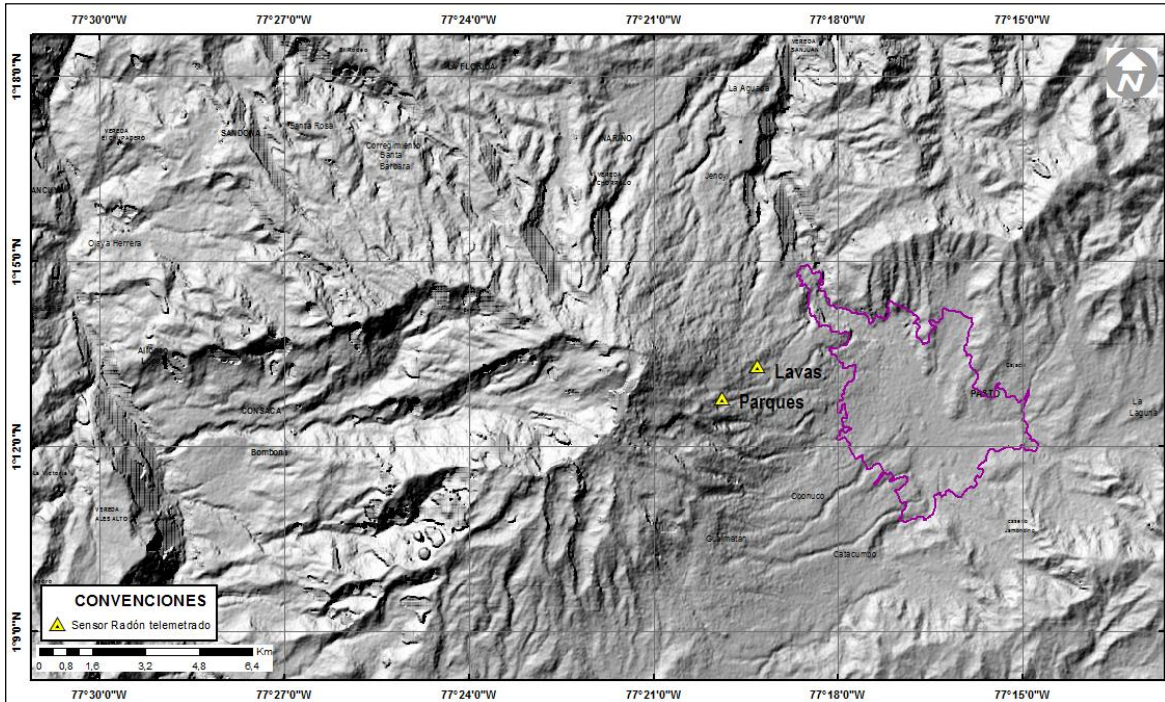


Figura 41. Mapa de localización de las estaciones telemétricas, utilizadas para medición de flujo de gas radón en zona de influencia del volcán Galeras.

En las figuras 42 y 43 se presentan la gráficas del comportamiento de la concentración de gas radón en el tiempo, se puede observar para las estaciones Lavas y Parques variaciones propias de la difusión de radón en el sitio donde se ubica actualmente el sensor, sin variaciones significativas en comparación con el mes de febrero. Se continuará realizando seguimiento a estas variaciones para poder evaluar este comportamiento y su relación con la actividad volcánica. Se presentan un máximo de concentración de 75906 Bq/m³ y 80360 Bq/m³ para las estaciones Lavas y Parques respectivamente (Figura 42 y 43; Tabla 10 y 11).

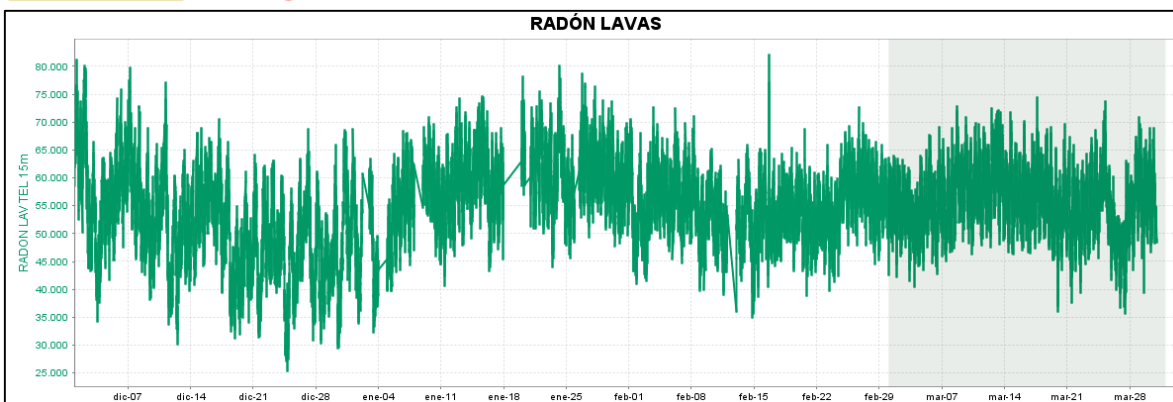


Figura 42. Concentración radón en suelo volcán Galeras - Estación telemétrica Lavas – mes de marzo de 2016.

Tabla 10. Registro de mayores valores de concentración de radón en estación Lavas – Volcán Galeras – mes de marzo de 2016.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	56193
Valor máximo	75906
Valor mínimo	35615

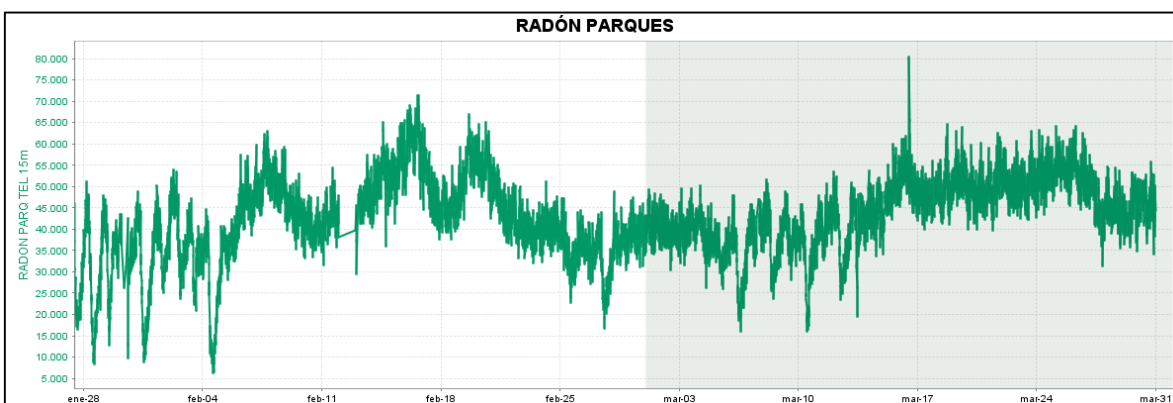


Figura 43. Concentración radón en suelo volcán Galeras - Estación telemétrica Parques – mes de marzo 2016.

Tabla 11. Registro de mayores valores de concentración de radón en estación Parques – Volcán Galeras – mes de marzo de 2016.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	44430
Valor máximo	80360
Valor mínimo	16142

1.5.2. Muestreo de aguas en fuentes termales

En este periodo no se realizó muestreo de las fuentes termales ubicadas en área de influencia del volcán Galeras.

1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

La actividad superficial se documentó a partir de observaciones directas a la cima de Galeras desde la sede del OVSP y por videos e imágenes de las cámaras Web instaladas en la sede del OVSP en Pasto (SE del volcán), en Consacá (W del volcán) y en la cima de Galeras en el sector denominado Bruma (S del cono activo) y en el sector denominado Barranco (NW del volcán). Condiciones de clima favorables permitieron observar emisiones de gases de color blanco durante la mayor parte del mes exceptuando los días 3, 13, 16, 17, 18, 22 y 23 de marzo. La altura alcanzada por las columnas de gas fue baja respecto a la cima volcánica y la dispersión de éstas fue variable debido a la acción de los vientos. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el cráter principal, sector norte y occidente de la parte alta del cono volcánico, principalmente en los campos fumarólicos Chavas al occidente y El Paisita al norte.

En las Figuras 44 a 47 se presentan imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en marzo de 2016.



Figura 44. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara ubicada en la repetidora Bruma el 5 de marzo de 2016 a las 6:56 a.m.



Figura 45. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el sector de Barranco Alto el 7 de marzo de 2016 a las 5:57 p.m.



Figura 46. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el municipio de Consacá el 9 de marzo de 2016 a las 6:05 a.m.



Figura 47. Registro fotográfico de la emisión de gases observada desde la cámara web ubicada en el sector de Barranco Alto el 14 de marzo de 2016 a las 8:06 a.m.

1.7. CONCLUSIONES

- Continúa observándose cambios en el comportamiento de la actividad del volcán, reflejados en las fluctuaciones de la actividad sísmica, siendo la sismicidad dominante aquella asociada a fracturamiento de material cortical, seguida por eventos asociados a movimiento de fluidos de fuente transitoria al interior del sistema volcánico.

- Por medio de la red de cámaras de video del OVSP y gracias a las condiciones climáticas, durante la mayor parte del mes se evidenció emisiones de gases con columnas de baja altura respecto a la cima de Galeras, las cuales se dispersaron de acuerdo a la dirección de los vientos. Los principales focos de emisión continúan siendo el Cráter principal y los cráteres secundarios El Paisita y Chavas ubicados en el sector norte y occidente de la cima del cono volcánico.

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 VOLCÁN CUMBAL – MARZO DE 2016

2.1. RED DE VIGILANCIA

En marzo de 2016 la red de vigilancia del complejo volcánico de Cumbal estuvo conformada por:

- Cuatro estaciones sísmicas telemétricas: Dos de banda ancha y dos de corto periodo, todas ellas triaxiales (Figura 48, Tabla 12).
- Cuatro inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 48, Tabla 12).
- Un sensor de presión acústico ubicado en el sitio de la estación sismológica La Mesa (Figura 43).
- Una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial instalada en el municipio de Cumbal (Figura 48).

Para este periodo las estaciones sísmicas, de inclinometría, presión acústica y la cámara web tuvieron en promedio un porcentaje de funcionamiento del 91,7% (Figura 49).

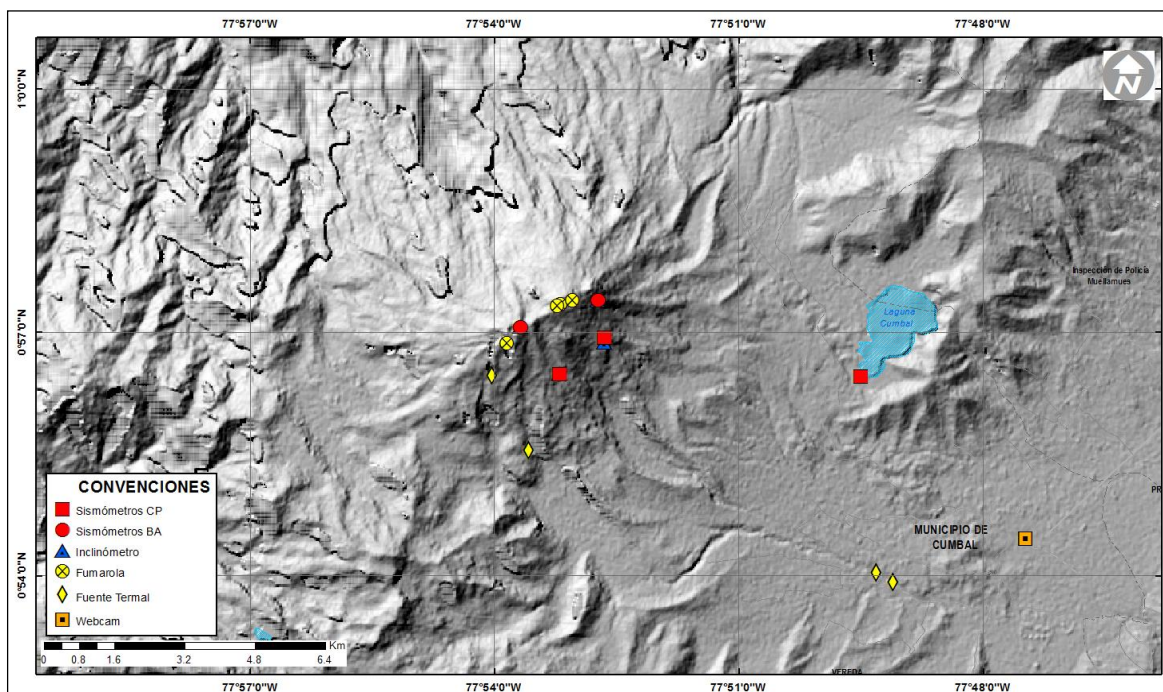


Figura 48. Mapa de localización de las estaciones telemétricas y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal durante el mes de marzo de 2016.

Tabla 12. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico de Cumbal durante marzo 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
Limonos	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	Triaxial	2,5	ESE	4270
La Nieve	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	0,2	E	4696
Limonos	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

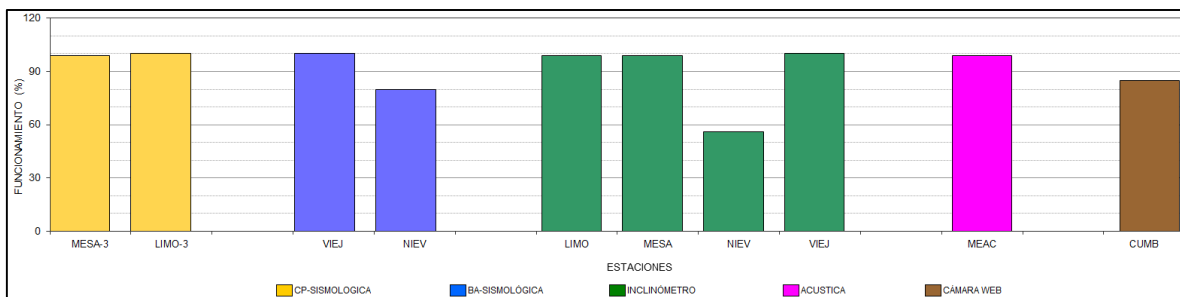


Figura 49. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico de Cumbal en marzo de 2016.

2.2. SISMOLOGÍA

En el mes de marzo de 2016, la ocurrencia sísmica aumentó en un 9,3% en comparación a febrero, pasando de 1042 a 1139 eventos. La sismicidad dominante fue la de tipo LPS con un porcentaje del 42,1% con el registro de 1 evento tipo Tornillo – TOR, seguido por los eventos tipo HYB con un 30,2%, los sismos tipo VT aportaron con el 27,7%. En este periodo no se tuvo registro de eventos tipo TRE (Tabla 13, Figuras 50 y 51).

Tabla 13. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016 (resaltado en color verde).

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	VT	LPS	TRE	HYB	TOR	TOTAL
01-dic-15 a 31-dic-15	383	410	0	321	4	1114
01-ene-16 a 31-ene-16	455	446	0	183	4	1084
01-feb-16 a 29-feb-16	274	486	0	282	1	1042
01-mar-16 a 31-mar-16	316	479	0	344	1	1139

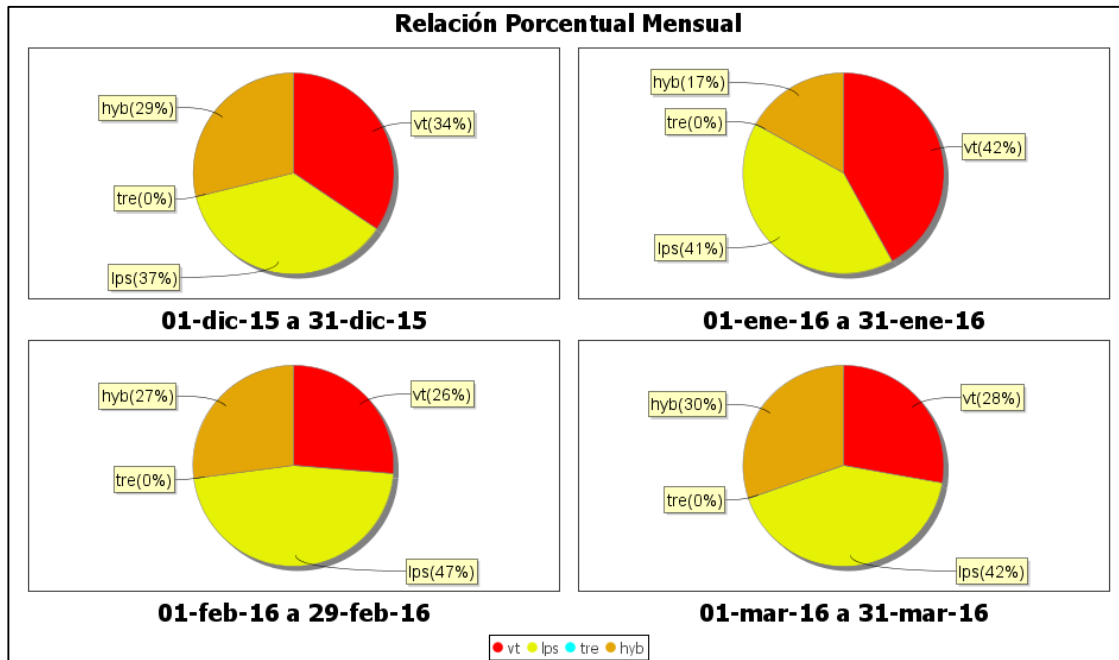


Figura 50. Relación porcentual de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal entre diciembre de 2015 y marzo de 2016. En la Figura el valor de los porcentajes se aproxima a valores enteros.

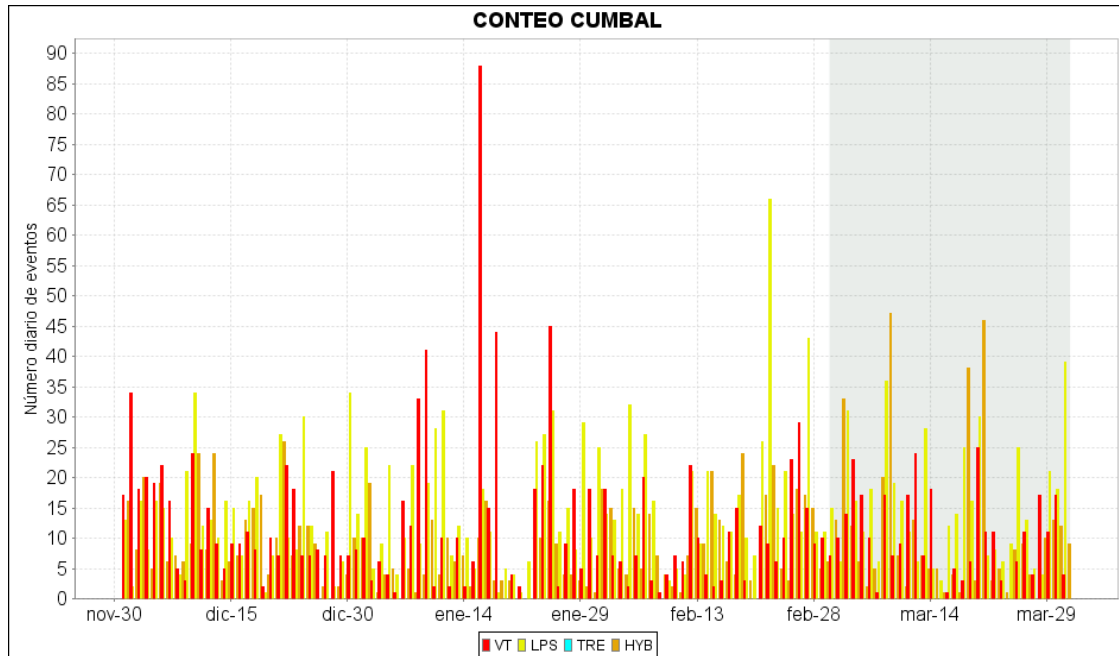


Figura 51. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para el periodo comprendido entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.

La Figura 52 muestra el registro del evento asociado con movimiento de fluidos tipo TOR registrado el 7 de marzo a las 6:58 a.m., con frecuencia dominante de 5,0 Hz y subdominante de 1,8 Hz para la estación Mesa.

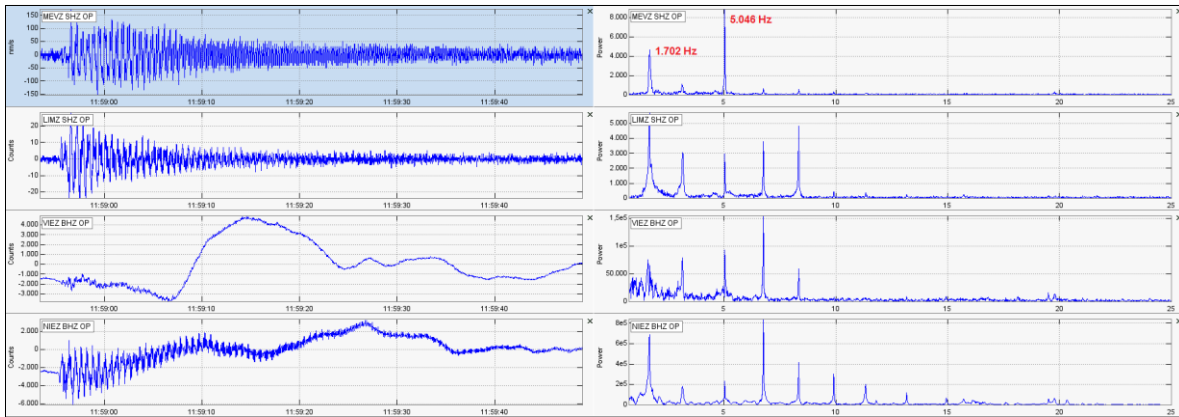


Figura 52. Sismograma y espectro en frecuencia del evento TOR, registrado el 7 de marzo de 2016 a las 6:58 a.m., el evento tuvo una duración de 59 segundos en la estación sísmica Mesa.

En relación con la sismicidad asociada con fracturamiento de material cortical al interior del Complejo Volcánico de Cumbal, para el periodo evaluado fue posible localizar 109 sismos, 101 de ellos tipo VT y 8 HYB, la mayoría de los eventos se localizaron a distancias menores de 2,0 km, desde el centro del CVC, a profundidades menores de 3 km respecto de la cima volcánica. Algunos eventos se localizaron de manera dispersa a distancias menores a 10 km y a profundidades menores de 18 km. Las magnitudes locales estuvieron por debajo de 1,9 en la escala de Richter (Figura 53).

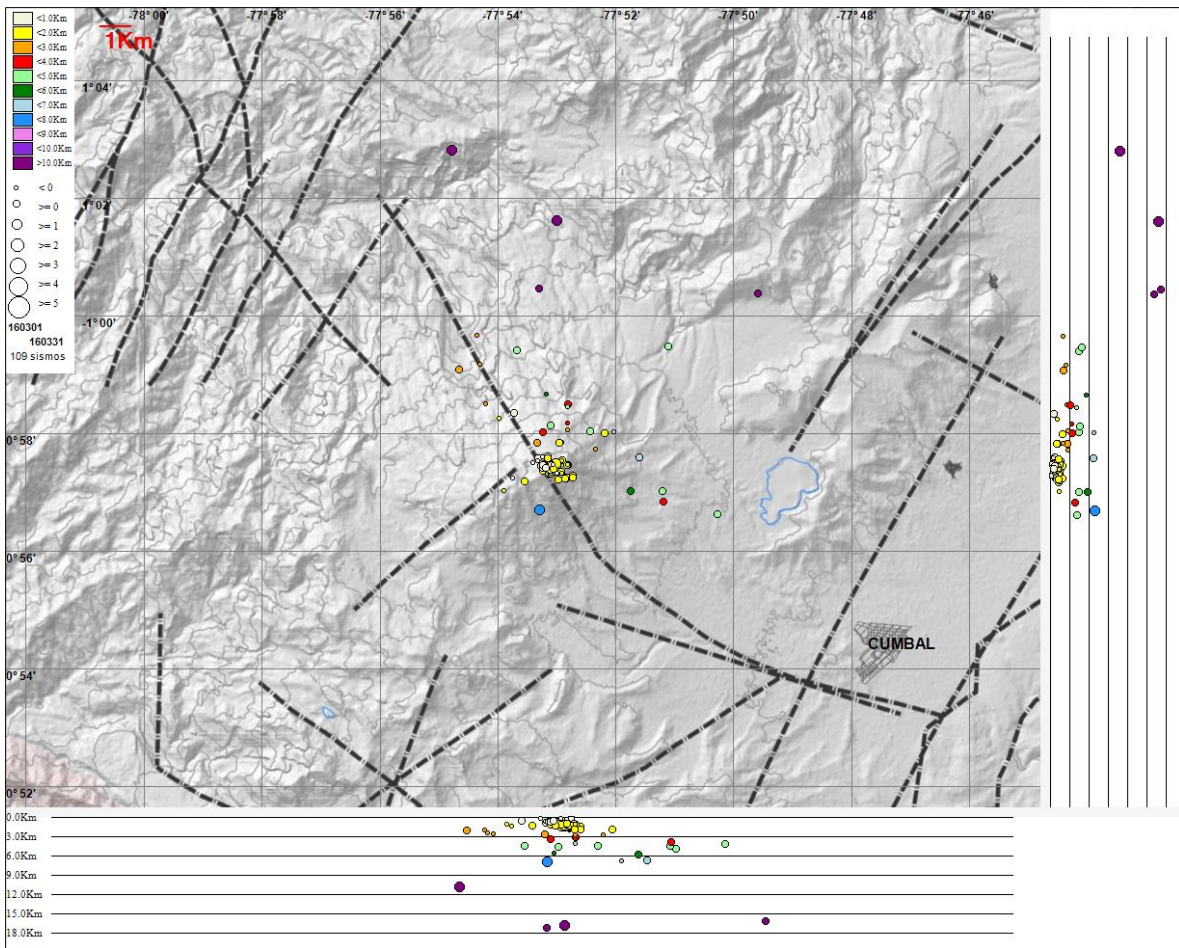


Figura 53. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y 31 de marzo de 2016. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3,0 Km de profundidad respecto a la cima volcánica (aproximadamente 4760 msnm).

2.3. DEFORMACIÓN

Para el mes de marzo de 2016, se contó con cuatro inclinómetros electrónicos, Limones, La Mesa, Punta Vieja y Nieves. Las componentes del inclinómetro Limones continúan estables (Figura 54). El inclinómetro Punta Vieja, continua con la tendencia descendente que trae la componente Este, desde abril de 2014, acumulando hasta el 31 de marzo de 2016 unos 50 μrad ; la componente Norte, hasta septiembre de 2015 acumuló cerca de 100 μrad , posteriormente presenta un cambio de tendencia acumulando hasta el 31 de marzo de 2016 una variación de 20 μrad . (Figura 55). Después de la reinstalación de los inclinómetros la Mesa y Nieves en febrero de 2016, es necesario esperar un tiempo prudencial para definir el comportamiento de las componentes de estos inclinómetros (Figuras 56 y 57).

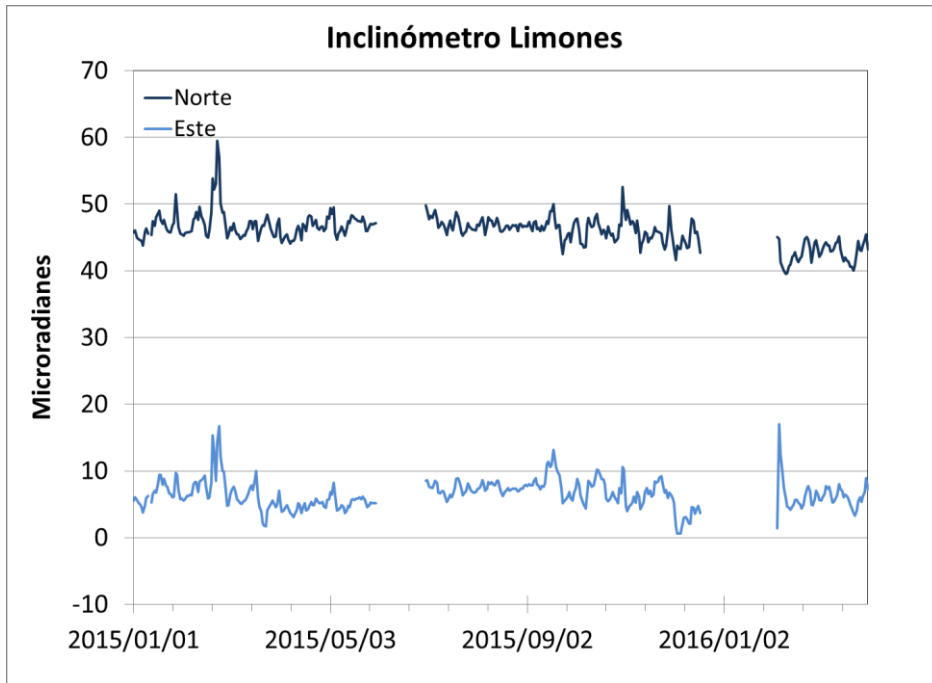


Figura 54. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de marzo de 2016.

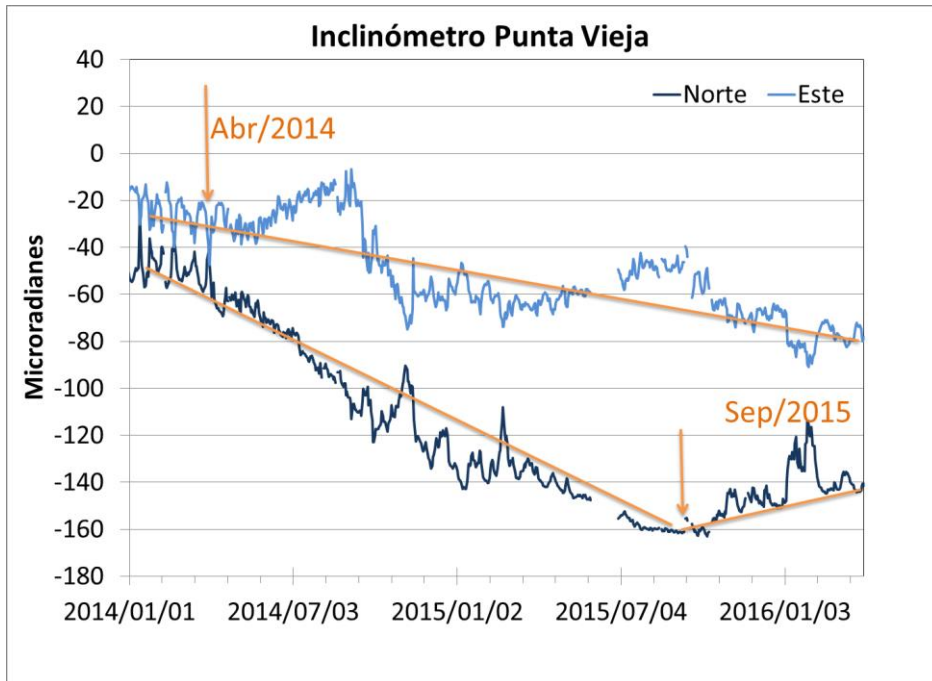


Figura 55. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016

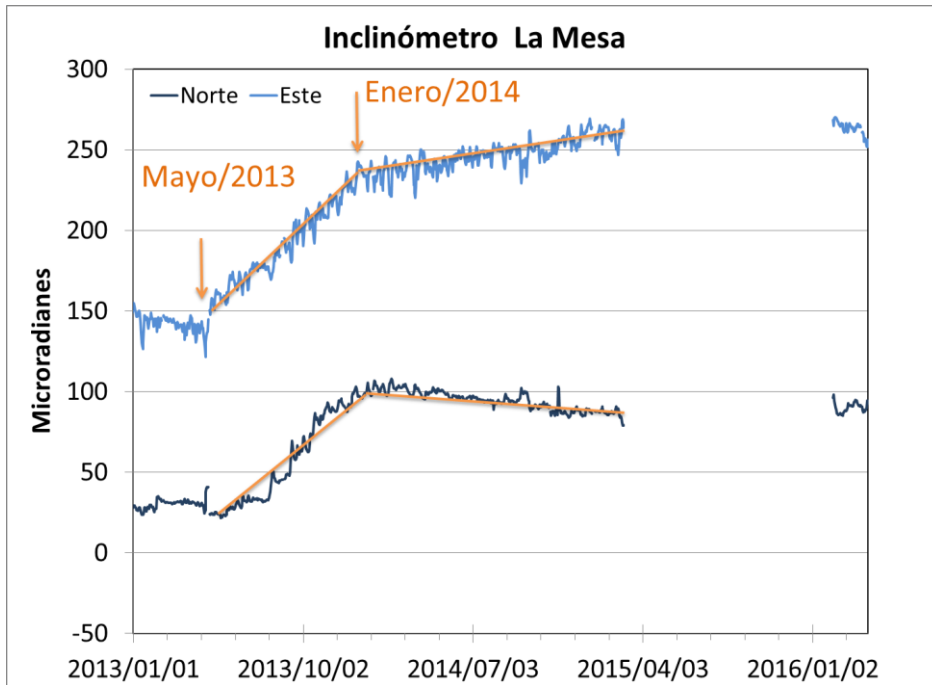


Figura 56. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico La Mesa instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de marzo de 2016.

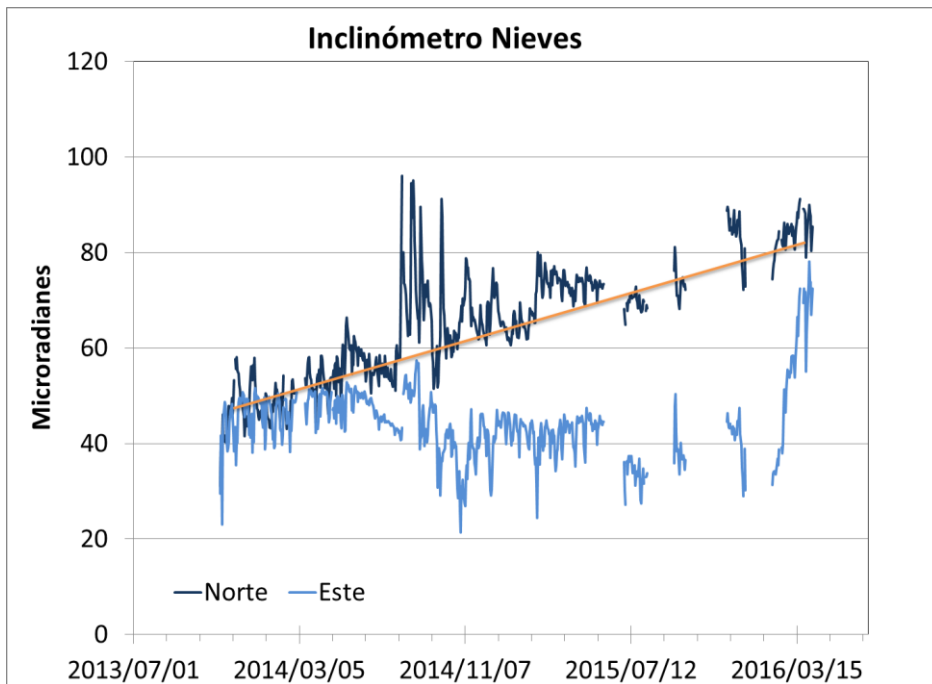


Figura 57. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Nieves, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 2 de mayo de 2013 y el 31 de marzo de 2016.

2.4. GEOQUIMICA.

En el mes de marzo no se realizó muestreo de aguas en fuentes termales ni muestreo de gases en el volcán Cumbal.

2.5. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

En marzo de 2016 la actividad superficial se documentó a partir de las observaciones realizadas a los videos e imágenes de la cámara Web instalada en el municipio de Cumbal. Condiciones de clima favorables durante los días 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 19, 29 y 30, permitieron observar emisiones de gases de color blanco, provenientes principalmente de los campos fumarólicos El Verde (en Cumbal), Rastrojo y Boca Vieja (en Mundo Nuevo), las cuales fueron de baja altura y se dispersaron de acuerdo a la dirección de los vientos (Figuras 58 y 59).



Figura 58. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 8 de marzo de 2016 a las 6:14 a.m. desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.



Figura 59. Registro fotográfico de la emisión de gases observada el 19 de marzo de 2016 a las 6:06 a.m. desde la cámara Web instalada en la cabecera municipal de Cumbal.

2.6. CONCLUSIONES

- La actividad que viene mostrando el Complejo Volcánico de Cumbal se caracteriza por fluctuaciones en los niveles de ocurrencia sísmica y registro eventual de sismicidad asociada con actividad hidrotermal.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de marzo de 2016 permitió mantener para la actividad del volcán Cumbal, en **NIVEL AMARILLO ■ (III)**: “**Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica**”.

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

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Los volcanes Chiles y Cerro Negro se encuentran ubicados al suroeste del país, en el departamento de Nariño, más exactamente en la frontera entre Colombia y Ecuador. Con una altura de 4748 msnm, Chiles se localiza a unos 15,5 Km al suroeste del Complejo Volcánico Cumbal. Por su parte el volcán Cerro Negro, con una altura de 4470 msnm se localiza a 16,5 km al suroeste del complejo volcánico Cumbal (Figura 60).

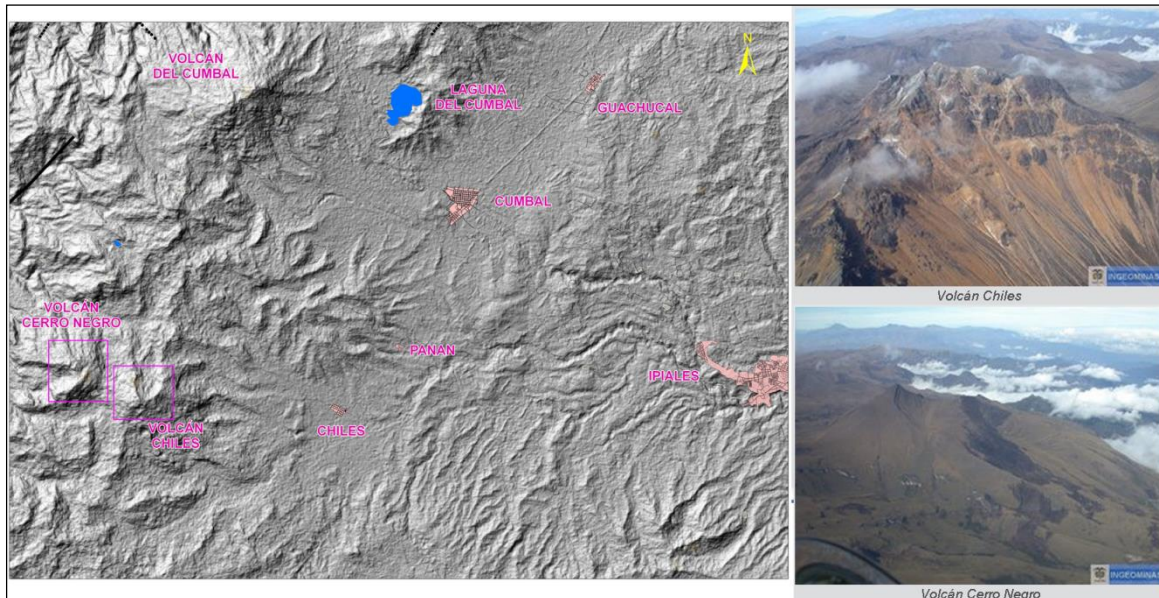


Figura 60. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2. RED DE VIGILANCIA

La red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro está conformada por seis estaciones sísmicas de banda ancha y 2 inclinómetros electrónicos, una de las estaciones ubicada en la cima volcánica en el costado occidental de Chiles (sismómetro e inclinómetro), otra en el sector denominado Canguil (sismómetro y sensor de presión acústica) al nor-noroccidente del volcán Chiles, otra se encuentra en cercanías del volcán Cerro Negro y está conformada por una estación sísmica de banda ancha y un inclinómetro electrónico, ubicada al noroccidente de la parte alta del volcán, la estación Panán, a 7,4 km al nororiente del volcán Chiles, la estación Laguna ubicada al nor-nororiente del volcán Chiles y la estación Termales (Sismómetro), ubicada en el sector de Baño Grande. Además se cuenta con una estación para el monitoreo de la temperatura en la fuente termal Baño Grande ubicada en cercanías del cabildo de Chiles y una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías (Figura 61, Tablas 14 y 15).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvo un funcionamiento promedio del 97,5 (Figura 62).

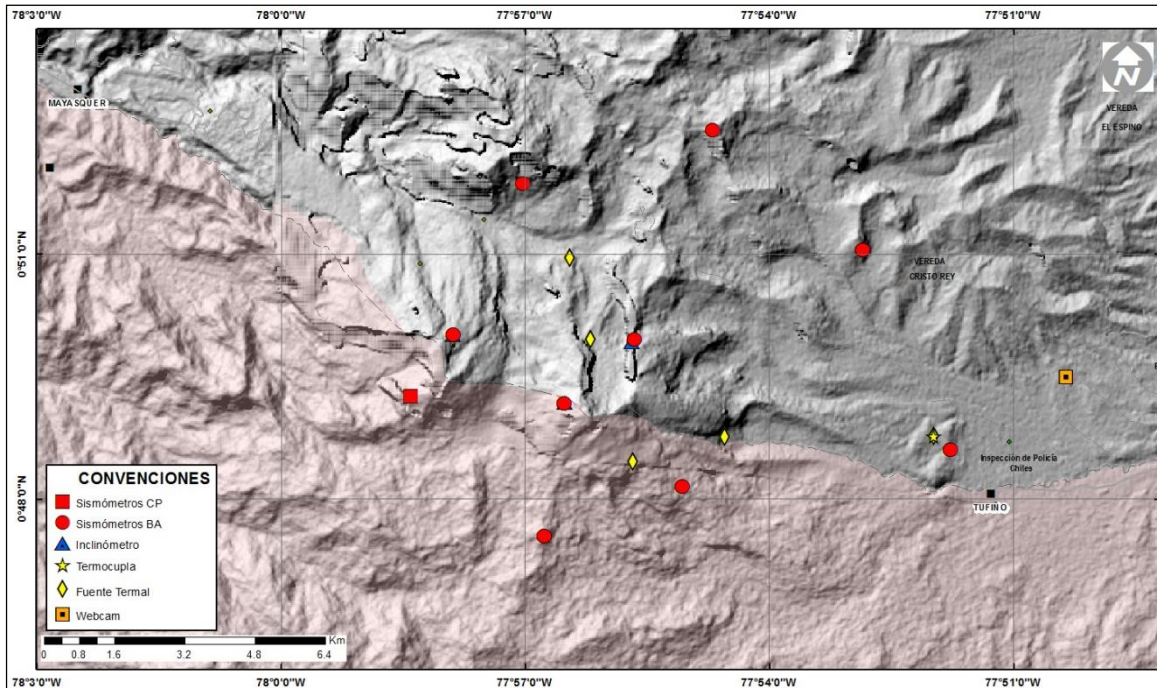


Figura 61. Estaciones telemétrica y no telemétricas que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro en el mes de marzo de 2016.

Tabla 14. Estaciones que conforman la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

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	Inclínómetro Electrónico	Biaxial	1	WNW	4478
Cerro Negro	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	4	WNW	4216
I. Cerro Negro	Digital	Inclínómetro 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

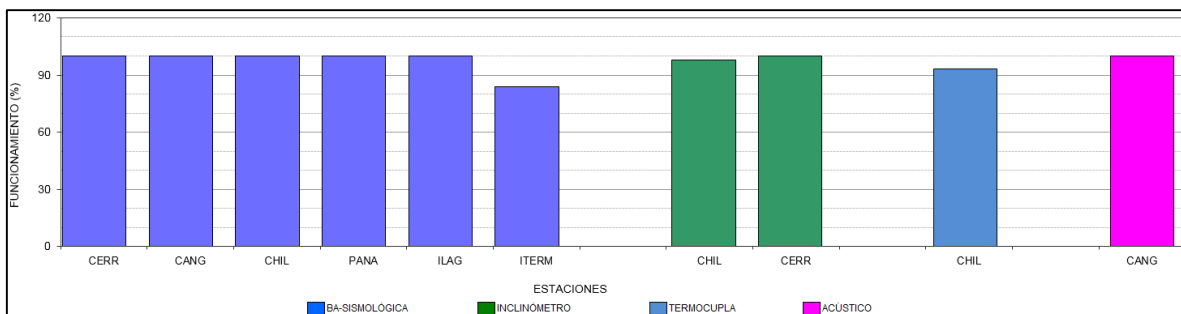


Figura 62. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante marzo de 2016.

3.3. SISMOLOGÍA

Respecto a la actividad del complejo volcánico Chiles – Cerro Negro, en el mes de marzo de 2016 la ocurrencia sísmica aumentó en 881 sismos respecto a la registrada en febrero, pasando de un total de 739 a 1620 sismos, 1587 eventos fueron de tipo VT (Figura 63 Tabla 16). Con la instalación permanente de instrumentación especializada en noviembre 5 de 2013 hasta el 31 de enero de 2016 se han registrado en total 548544 sismos, la gran mayoría registrados entre septiembre 29 de 2014 y 30 de abril de 2015 con 432560 sismos. Se resalta que en los últimos diez meses la sismicidad tuvo un descenso muy notorio con algunas fluctuaciones en la ocurrencia sísmica diaria, adicionalmente en la actividad sísmica registrada en los ocho últimos meses se destaca la presencia de eventos asociados con movimiento de fluidos de tipo magmático a profundidades menores a los 5 km (Tabla 16, Figura 64). Se resalta para el día 19 de marzo la ocurrencia de 533 eventos que se asocian con lo que se denomina enjambre sísmico.

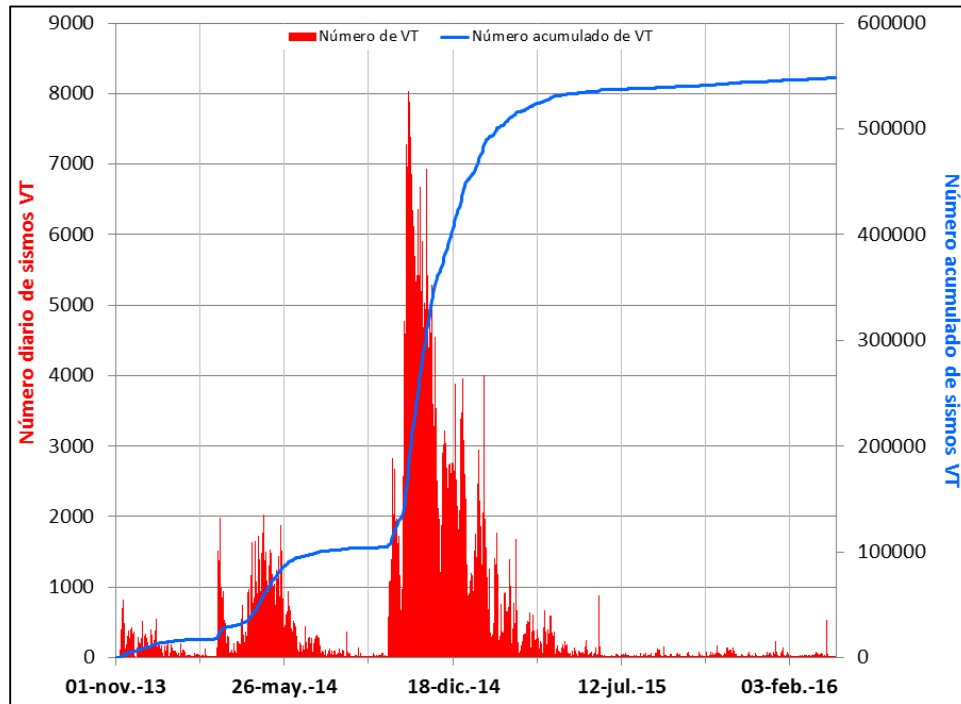


Figura 63. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Chiles y Cerro Negro entre el 1 de noviembre de 2013 y el 31 de marzo de 2016.

Tabla 16. Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico Chiles – Cerro Negro ocurridos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-dic-15 a 31-dic-15	993	29	0	14	1036
01-ene-16 a 31-ene-16	1364	24	0	5	1393
01-feb-16 a 29-feb-16	702	22	0	15	739
01-mar-16 a 31-mar-16	1587	18	0	15	1620

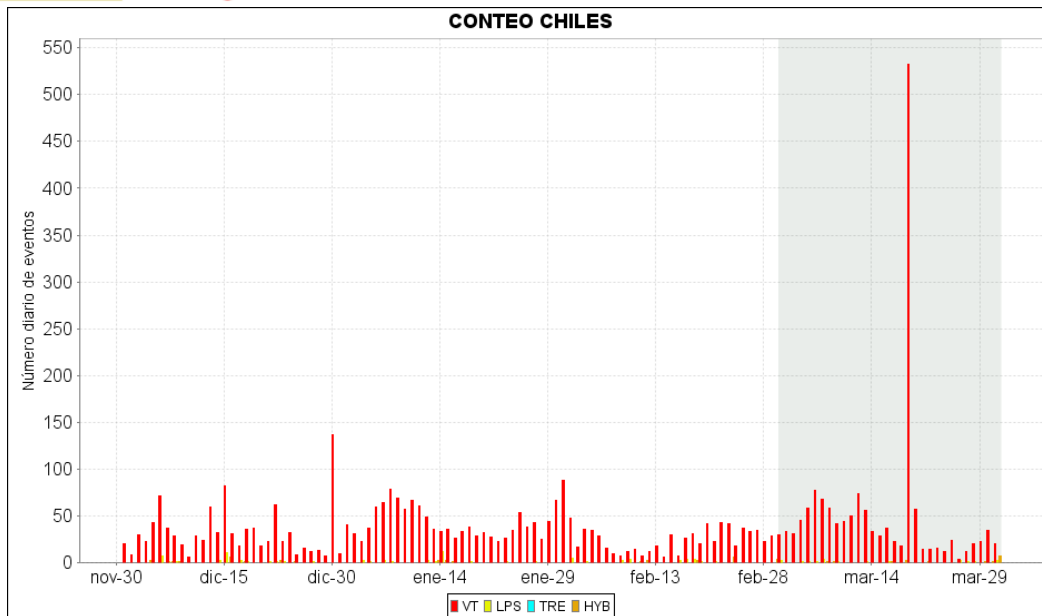


Figura 64. Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de diciembre de 2015 y marzo de 2016.

De los 356 eventos localizados, la mayoría de los cuales se ubicaron en inmediaciones de la cima y hacia los sectores sur y suroccidente del volcán Chiles a distancias epicentrales entre 0 y 12 km, y profundidades menores a 6 km respecto a la cima volcánica (4.700 msnm); unos cuantos se ubicaron de manera dispersa hacia el sur y suroriente de este volcán a profundidades alrededor de los 9 km y distancias epicentrales menores a 11 km respecto al centro del volcán Chiles. Los sismos localizados presentaron magnitudes menores a 3,0 en la escala de Richter (Figura 65), sin embargo la mayoría de eventos tuvo magnitudes por debajo de 1 en la escala de Richter. En este periodo no se tuvo reportes de sismos sentidos.

Teniendo en cuenta la magnitud local presentada por los eventos localizados, se logró obtener un estimativo de la energía liberada en términos de su raíz cuadrada (Figura 66). En general la energía liberada por estos eventos aumentó en comparación al anterior, pasando de $4,6 \times 10^{13}$ ergios a $3,7 \times 10^{15}$ ergios.

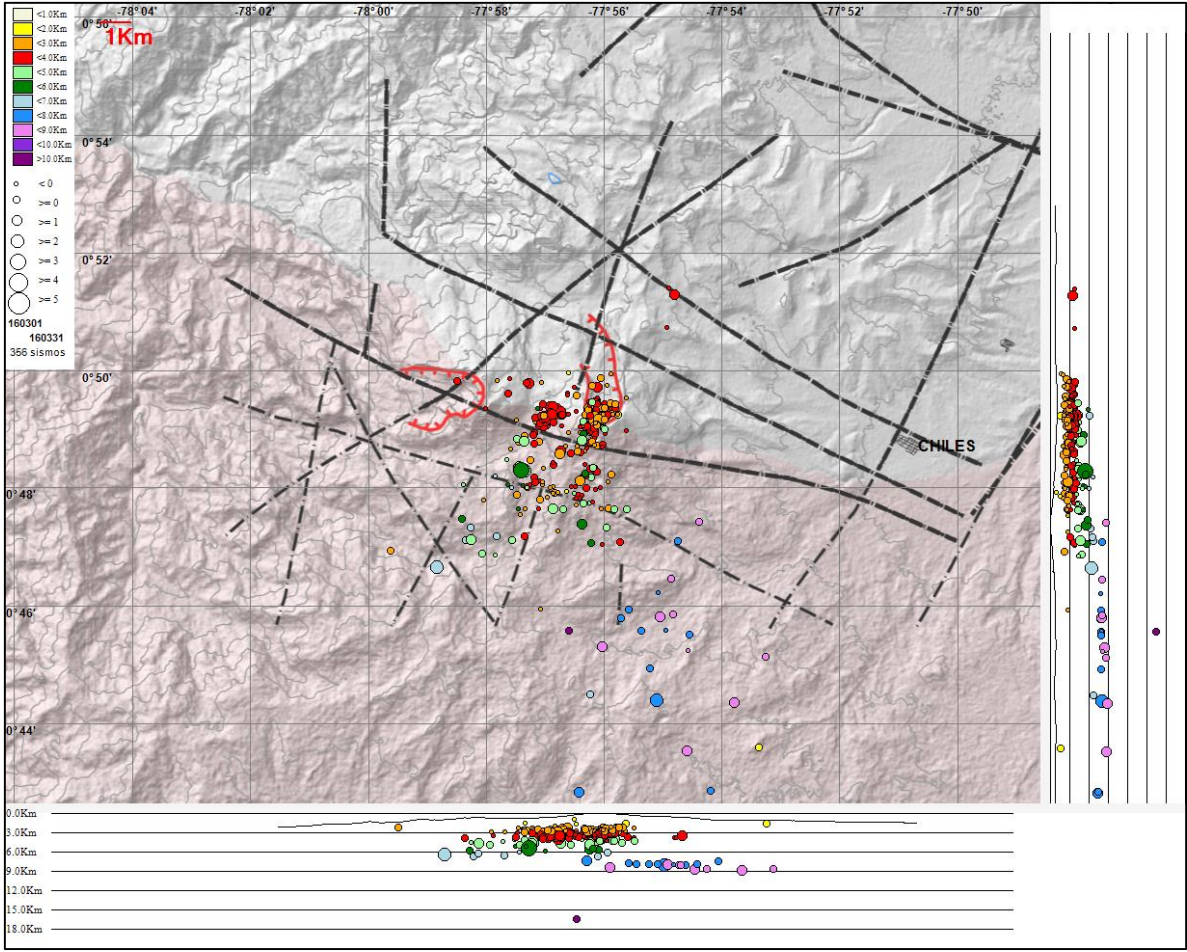


Figura 65. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo de Chiles y Cerro Negro, en el mes de marzo de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

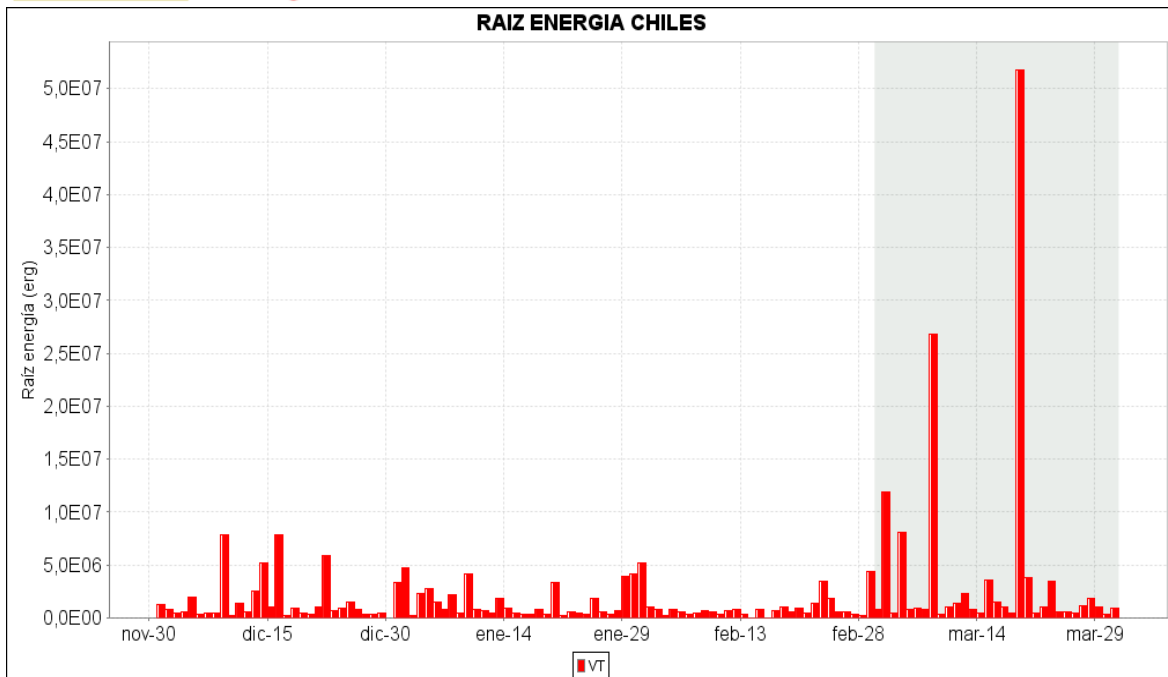


Figura 66. Raíz de la Energía diaria liberada expresada en Ergios, calculada con la ML de los eventos volcánicos tipo VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.

3.4. DEFORMACIÓN

En el mes de marzo de 2016, la red de deformación contó con tres inclinómetros, uno instalado en el volcán Chiles y dos en el volcán Cerro Negro, que llevan los mismos nombres.

La componente de inclinación Norte del sensor Chiles, continúa con la variación registrada desde octubre de 2014, con un acumulado cercano a los 120 μrad ; la componente Este entre julio de 2015 y febrero de 2016, mostró una variación de 170, posteriormente presenta una inflexión, acumulando hasta el 31 de marzo de 2016 unos 30 μrad (Figura 67). Con respecto a los cambios mostrados por el inclinómetro Cerro Negro, entre agosto de 2015 y febrero de 2016, la componente Este mostró un ascenso de 160 μrad y luego presentó un cambio de tendencia que se mantiene hasta el 31 de marzo de 2016, acumulando 40 μrad ; la componente Norte, mantuvo la tendencia descendente desde agosto de 2015, acumulando unos 40 μrad (Figura 68). El inclinómetro Cneg2 paralelo al inclinómetro Cerro Negro (sensor ubicado a 6m del otro inclinómetro), continuó mostrando el comportamiento ascendente en la componente de inclinación Este, tomando como periodo de evaluación el enero de 2015, la componente Este presenta un acumulado de 450 μrad y la componente Norte de 170 μrad (Figura 69). Es importante anotar que los tres inclinómetros mostraron cambios, ya sea de pendiente o de tendencia en febrero de 2016, que hasta el momento no se pueden correlacionar con otro cambio en la actividad del volcán.

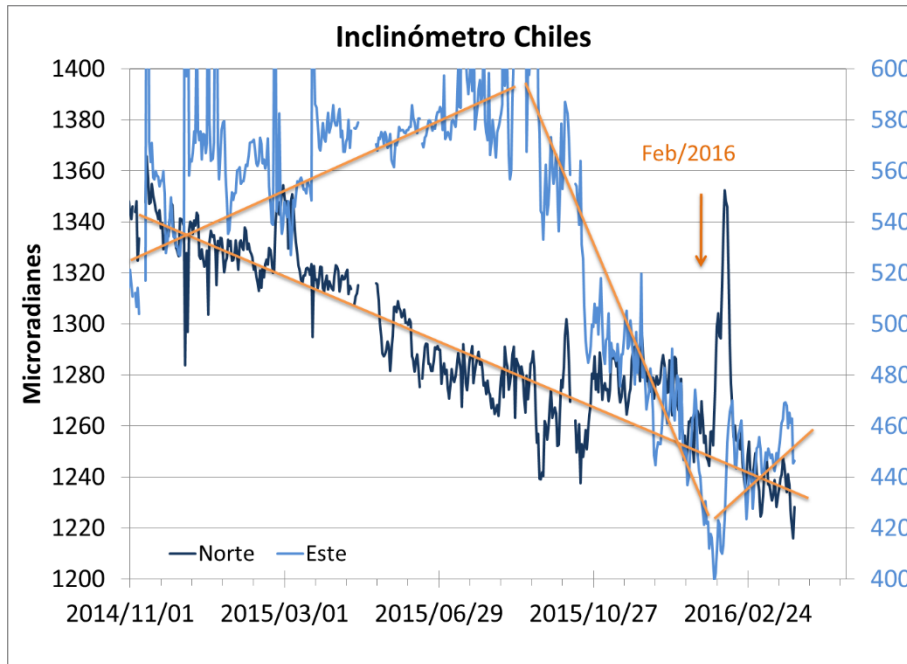


Figura 67. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de noviembre de 2014 y el 31 de marzo de 2016.

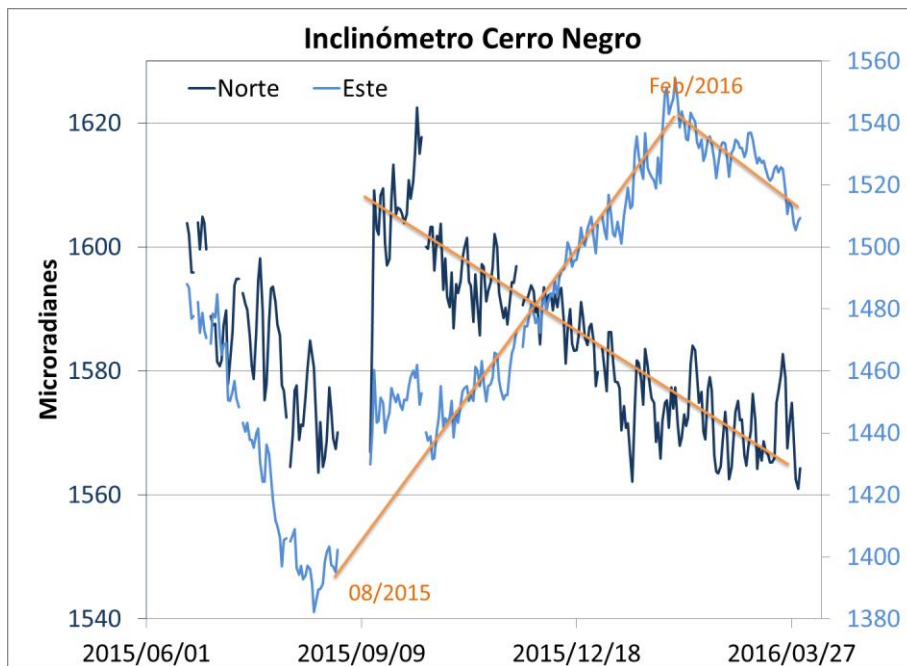


Figura 68. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2015 y el 31 de marzo de 2016.

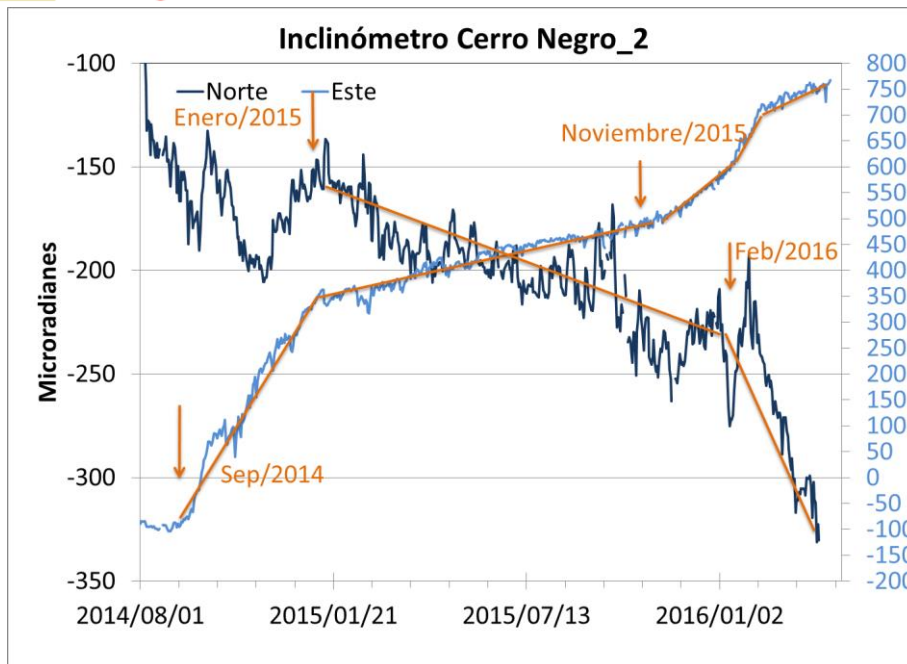


Figura 69. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de agosto de 2014 y el 31 de marzo de 2016.

3.5. GEOQUÍMICA

3.5.1 Muestreo de aguas en fuentes termales del Volcán Chiles.

Para el periodo evaluado no se realizó muestreo en las fuentes termales ubicadas en área de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro.

3.5.2. Registro de temperatura – Estación Térmica Baño Grande

Los datos sobre la variación de temperatura en la 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 los muestreos periódicos (Figura 61, tabla 15), estos se registran diariamente con una tasa de muestreo de una muestra cada 10 minutos.

En la figura 70 se registran las variaciones que corresponden a valores medidos en el transcurso del día (desde las 9:30 a las 17:30 aproximadamente), con un promedio de 42,8°C (Tabla 17). Durante el mes de marzo se registra un valor mínimo de 42,2°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.

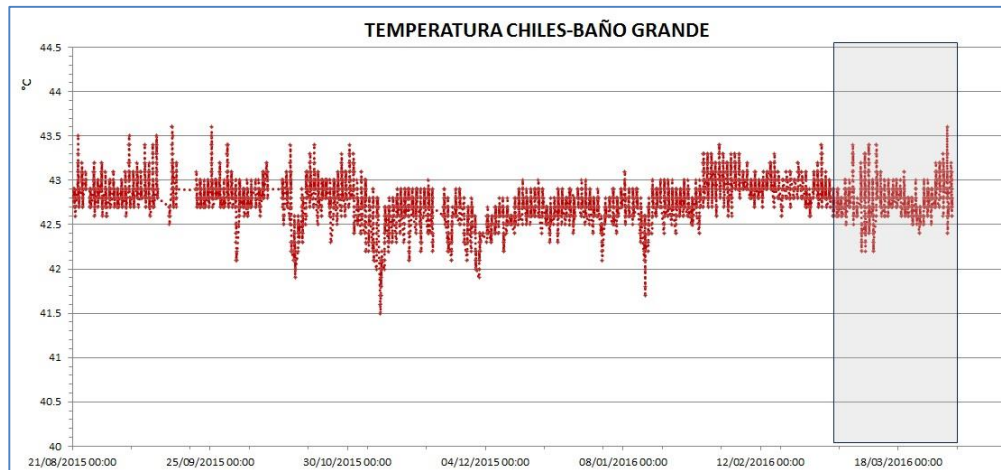


Figura 70. Gráfico de la variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles entre agosto de 2015 y marzo de 2016.

Tabla 17. Valores de temperatura filtrados en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – marzo de 2016.

VALOR	Temp. (°C)
Mínimo	42,8
Máximo	43,6
Promedio	42,2

3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

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

3.7. CONCLUSIÓN

Aunque hasta el momento no se han observado cambios en las manifestaciones de actividad superficial, la actividad sísmica muestra una disminución gradual alcanzando hasta 80 sismos por día, asociados con una posible intrusión de magma en profundidad, por lo cual el sistema volcánico está lejos de retornar a un estado de equilibrio y es posible que vuelvan a suceder sismos de niveles energéticos importantes que sean sentidos por pobladores de la zona de influencia volcánica. Por tanto, se recomienda a las autoridades y comunidades mantener precaución, permanecer atentos a la información y a las recomendaciones dadas por las entidades oficiales.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de marzo 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”**.

4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – MARZO DE 2016

Como parte de la misión institucional, el Servicio Geológico Colombiano a través del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (OVSP), tiene como función el estudio de los volcanes activos de Nariño. Para el cumplimiento de esta tarea el OVSP continuó con el monitoreo permanente de los volcanes Las Ánimas, Doña Juana y Azufral (Figura 71).

Las estaciones instaladas hasta el momento cuentan con un sistema de telemetría de datos tipo análoga y de tipo digital con registro continuo y en tiempo real de la información proveniente de estos volcanes.

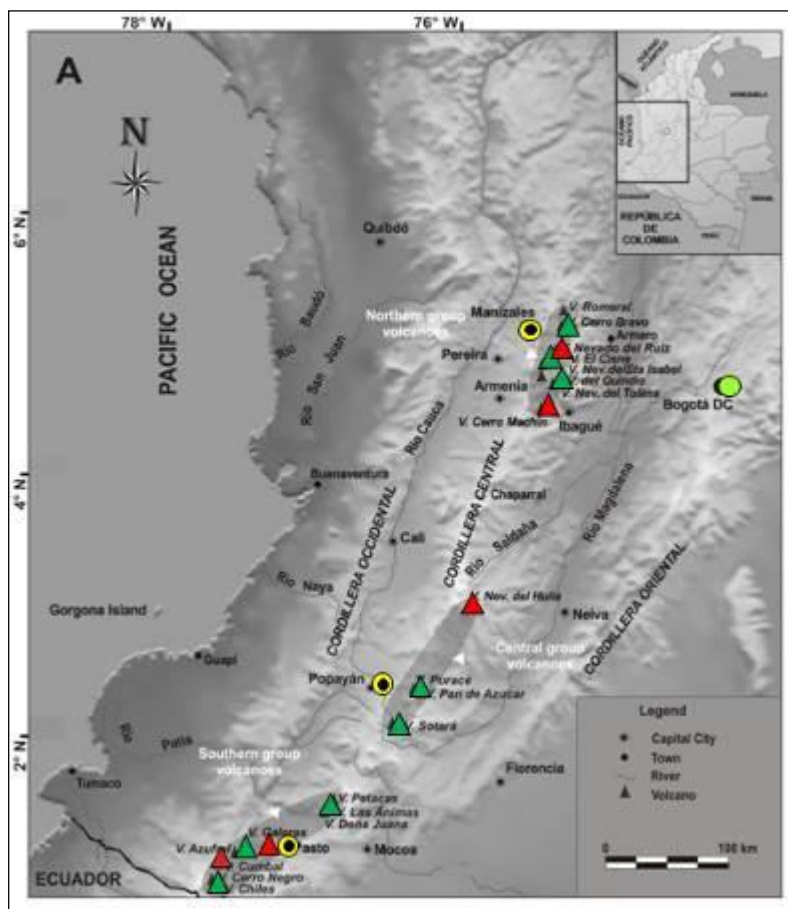


Figura 71. Localización de algunos volcanes del sur de Colombia, entre ellos están Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro monitoreados por el OVSP - Servicio Geológico Colombiano.

La información obtenida por los diferentes métodos geofísicos y geoquímicos de vigilancia, se viene analizando de manera periódica con el propósito de obtener un conocimiento básico del fenómeno volcánico e identificar de manera oportuna un posible cambio en la actividad y realizar el diagnóstico del nivel de actividad.

4.1 ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS

4.1.1. Ubicación Geográfica

El volcán Las Ánimas, que alcanza una altura de 4300 msnm, se encuentra situado al suroccidente de Colombia en el departamento de Nariño en límites con el departamento del Cauca, más exactamente emplazado en el Macizo Colombiano a unos 11 Km al noreste del volcán Doña Juana y a 12 Km al suroeste del volcán Petacas. En su zona de influencia se ubican los municipios La Cruz, San Pablo, Las Mesas, La Unión, Colón, San Bernardo del Departamento de Nariño y Florencia, Bolívar y Santa Rosa en el Departamento del Cauca (Figura 72).

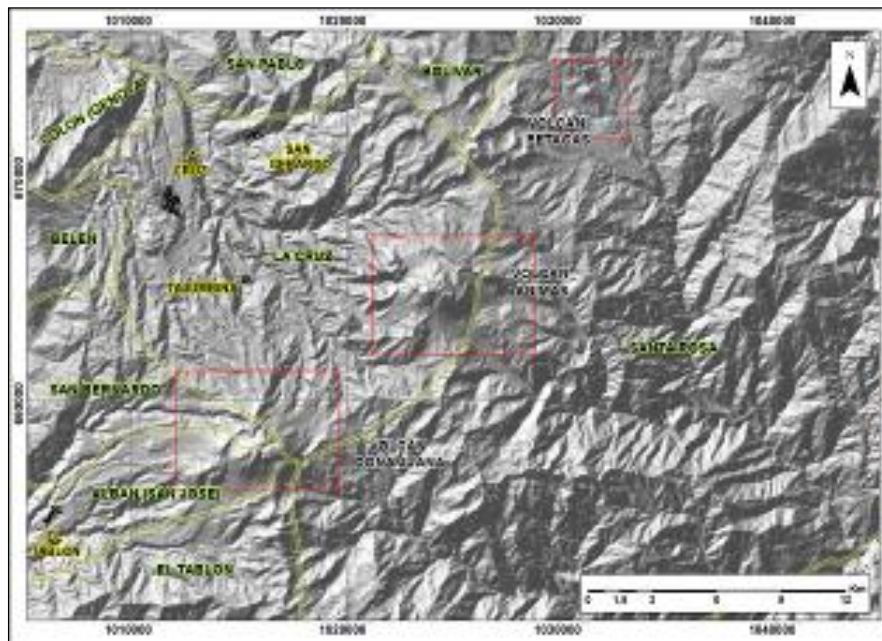


Figura 72. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2. Red de vigilancia

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

En la Figura 73 se muestra la disposición de las estaciones para monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Las Ánimas. En la Tabla 18 se consignan sus características.

Tabla 18. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas en marzo 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

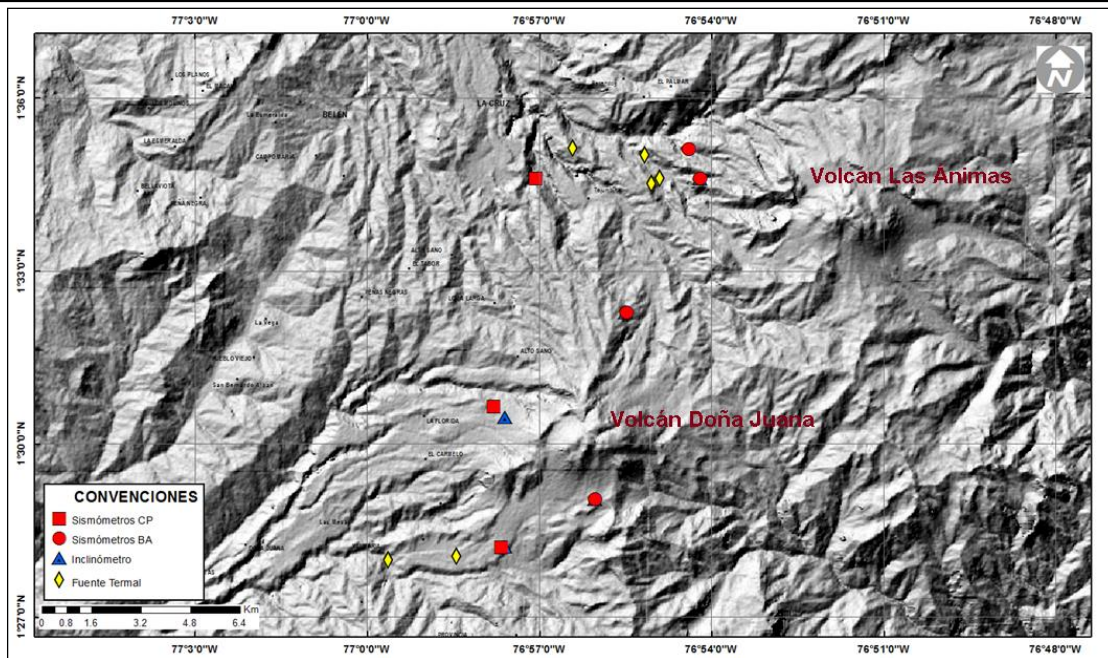


Figura 73. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de marzo de 2016. En el mapa se distingue también el volcán Doña Juana. Adicionalmente se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías que en la figura se resaltan con rombos.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Las Ánimas tuvo un funcionamiento del 88,7% (Figura 74).

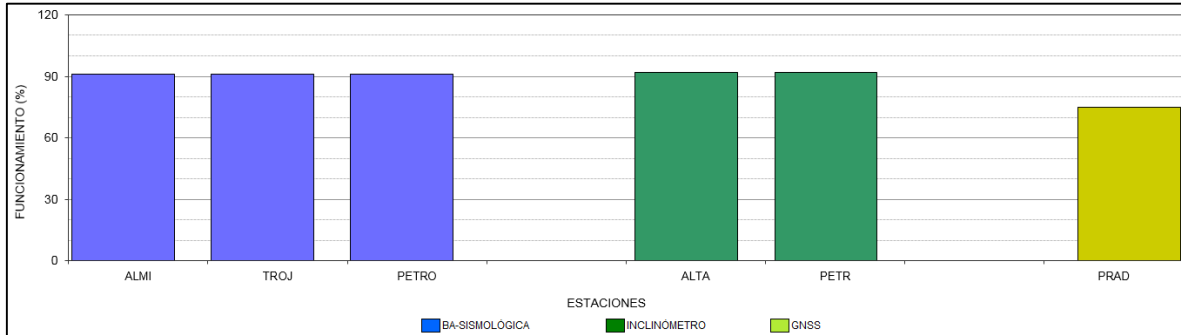


Figura 74. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante marzo de 2016.

4.1.3. Sismología

Para el periodo evaluado en el volcán Las Ánimas se tuvo registro de 8 sismos tipo VT, cinco de los cuales se localizaron al occidente y sur occidente del volcán Las Ánimas, a menos de 4 km de distancia, con profundidades de hasta 10 km respecto a la cima y con magnitudes por debajo de 1,0 en la escala de Richter (Figura 75).

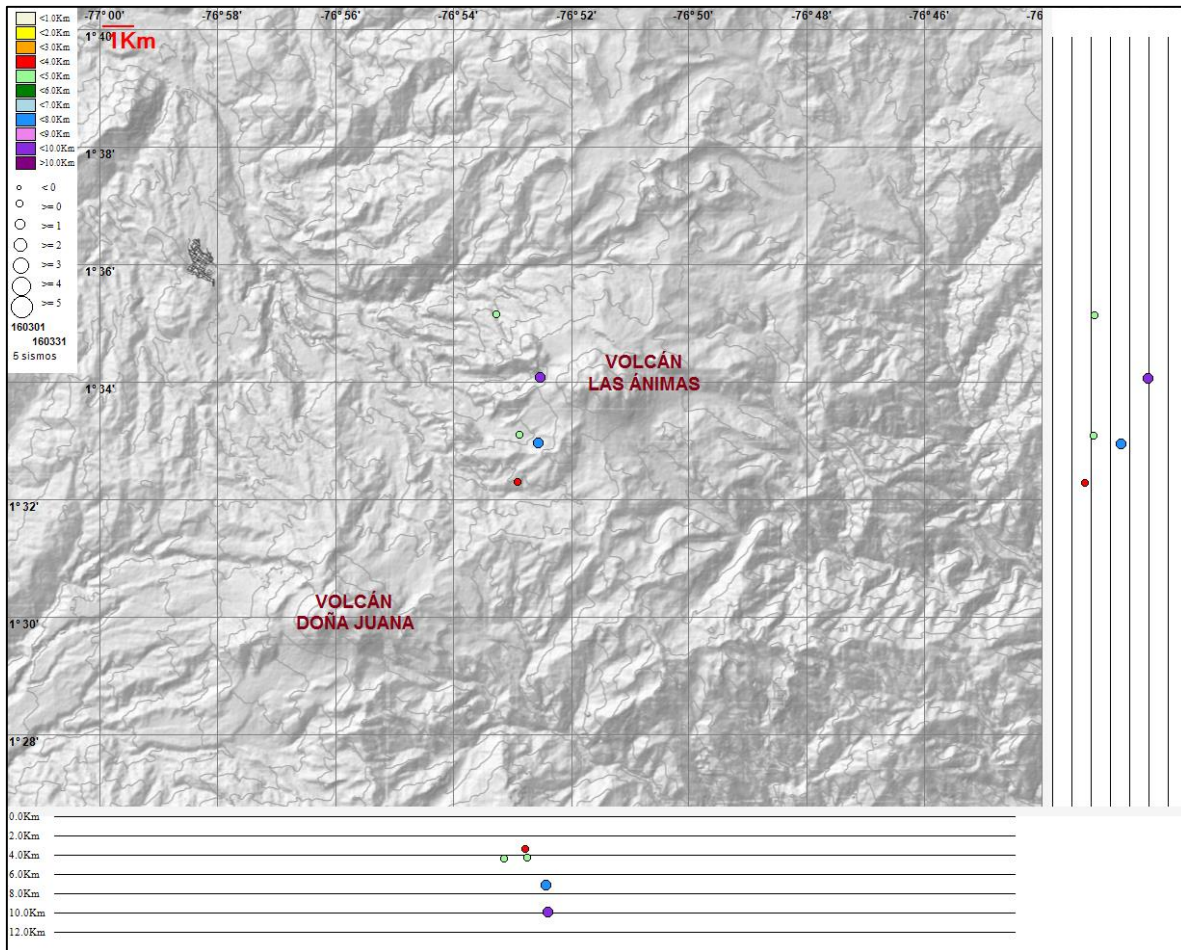


Figura 75. Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo de los volcanes Las Ánimas y Doña Juana en marzo de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.1.4. Deformación

Respecto a los cambios registrados por las estaciones de Inclínometría, para el periodo evaluado se observa a partir de junio de 2015 para el inclinómetro Petroglifo (ubicado a 7,9 km al noroeste del volcán, 3137 m.s.n.m.), estabilidad en las componentes con una leve tendencia ascendente en la componente Norte que hasta el 31 marzo de 2016 acumula 30 μ rad (Figura 76). La componente Norte del inclinómetro Altamira (ubicado a 4,6 km al oeste de Las Ánimas, 2905 m.s.n.m.) se mantiene estable desde marzo de 2015, mientras la componente Este mantiene la tendencia ascendente, acumulando hasta la fecha 190 μ rad (Figura 77).

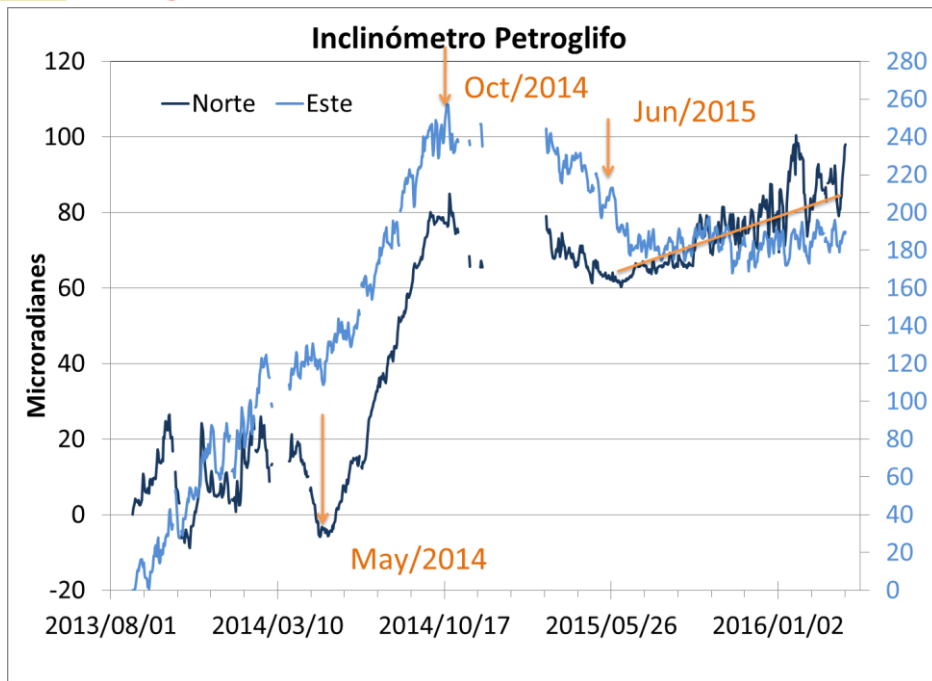


Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de agosto de 2013 y el 31 de marzo de 2016.

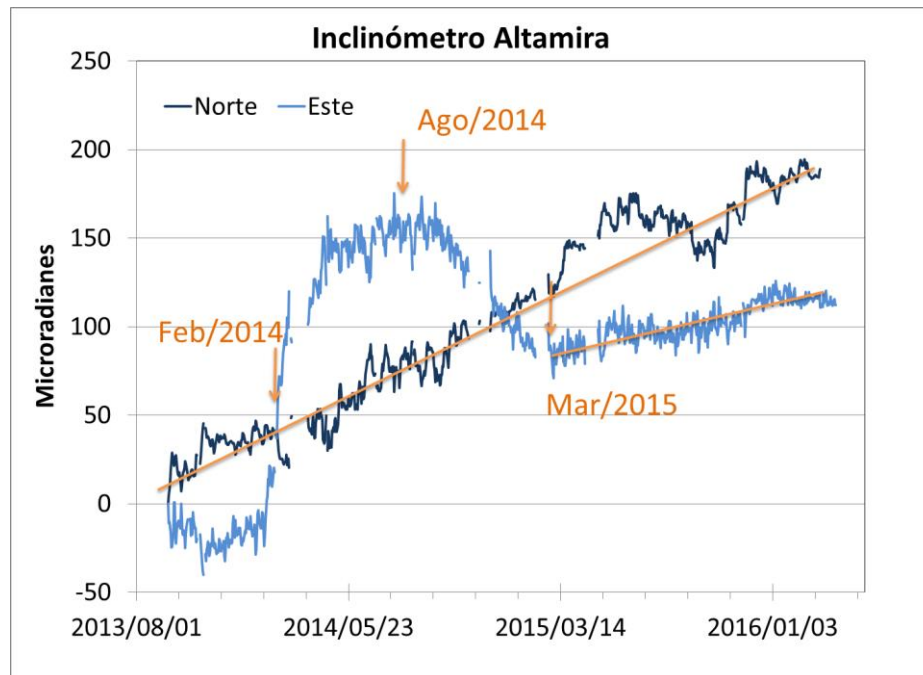


Figura 77. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro electrónico Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de agosto de 2013 y el 31 de marzo de 2016.

4.1.5. Actividad Superficial

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

4.1.6. Conclusión

Con base en la información disponible del mes de marzo de 2016 el nivel del volcán permaneció en **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCAN DOÑA JUANA

4.2.1. Red de Vigilancia

Para el mes de marzo de 2016, la red de vigilancia del volcán Doña Juana estuvo conformada por:

- Tres estaciones sísmicas telemétricas triaxiales: dos de Corto Periodo y una de Banda Ancha (Figura 78, Tabla 19).
- La red de deformación del volcán Doña Juana cuenta con tres inclinómetros electrónicos telemétricos (Figura 78, Tabla 19).
- A partir del 25 de febrero se cuenta con la señal de la estación GNSS permanente La Palma, instalada hacia el sector nororiente del volcán Doña Juana

Adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia, RSNC (Figura 78, Tabla 19).

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Doña Juana tuvo un funcionamiento promedio del 90,4% (Figura 79).

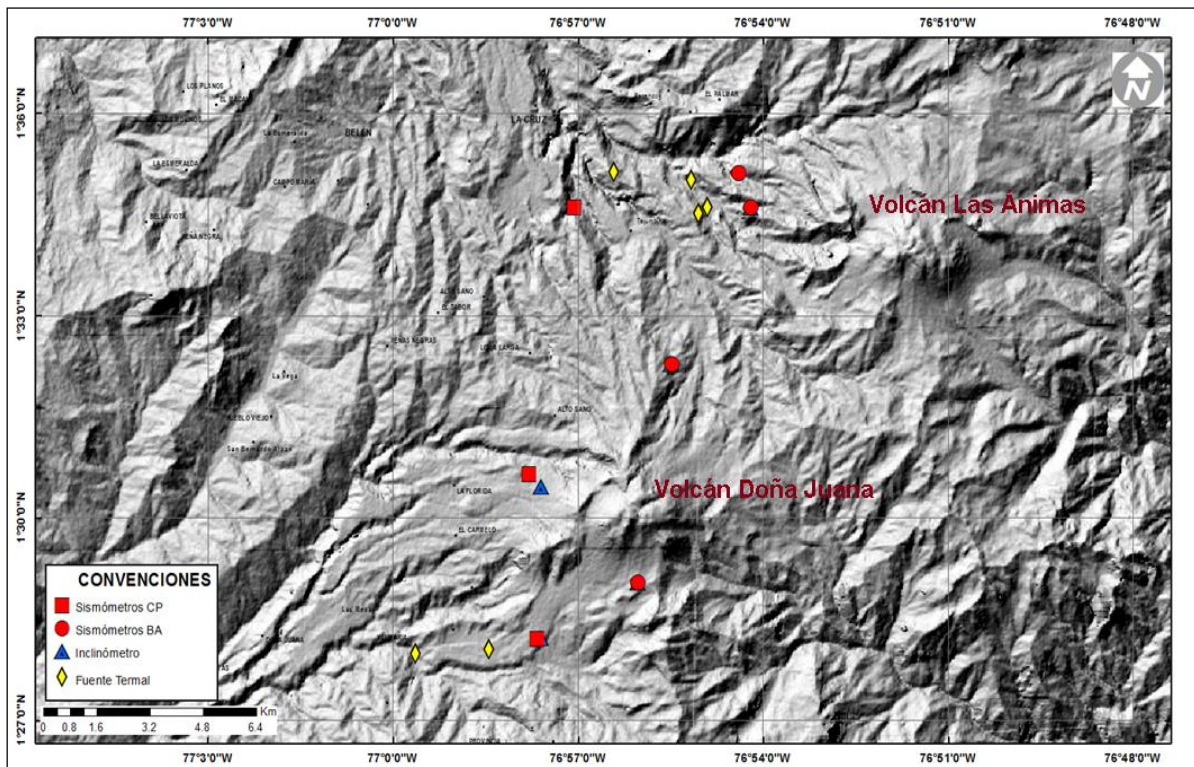


Figura 78. Localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo de los volcanes Doña Juana y Las Animas.

Tabla 19. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Doña Juana en marzo de 2016.

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

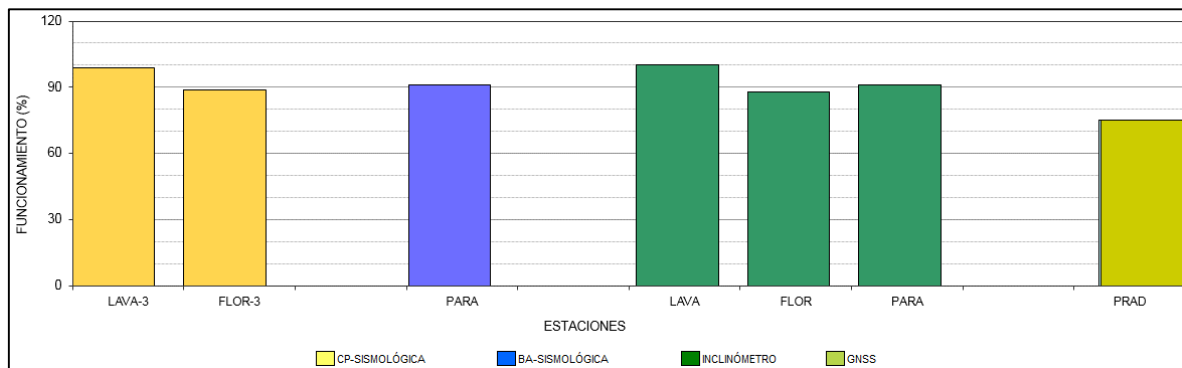


Figura 79. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Doña Juana durante el mes de marzo de 2016.

4.2.2. Sismología

Durante marzo de 2016, se mantuvo muy baja la ocurrencia sísmica en el volcán Doña Juana, registrándose 2 sismos tipo VT, uno de los cuales se localizó a 9 km al occidente del volcán Doña Juana, a 14 km de profundidad respecto a la cima volcánica (4.160 msnm) y con magnitud local 1.3 grados en la escala de Richter (Figura 80).

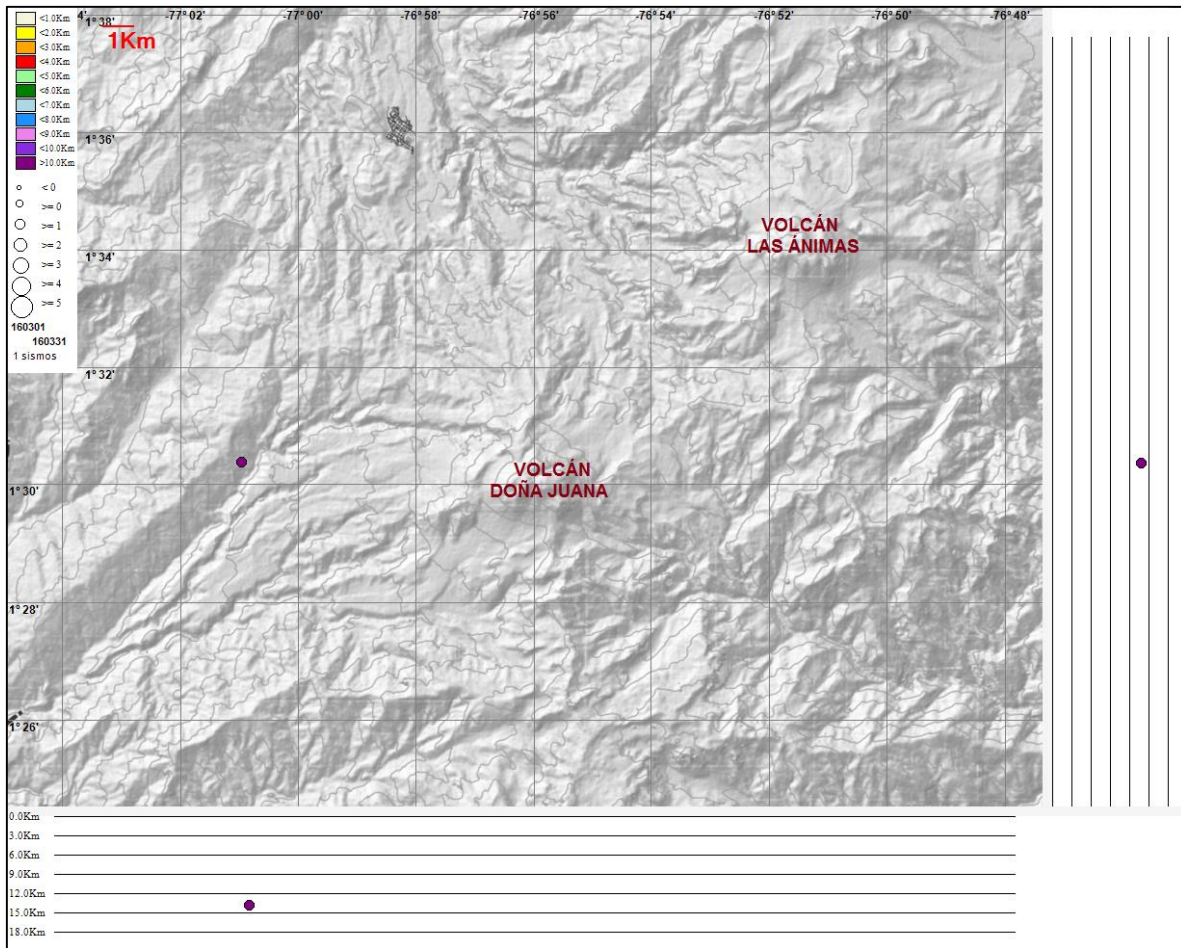


Figura 80. Localización epicentral e hipocentral del sismo de fractura registrado por las estaciones de la red de monitoreo de los volcanes Las Ánimas y Doña Juana en marzo de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 3 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.2.3. Deformación

Continúa el comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte del sensor Florida, con una variación cercana a los $70 \mu\text{rad}$ desde el pasado mes de febrero de 2015, y en la componente Este se observa estabilidad (Figura 81). Después de la reinstalación del inclinómetro Páramo y hasta febrero de 2016, se observó en las dos componentes de inclinación una tendencia descendente de aproximadamente $35 \mu\text{rad}$ y $100 \mu\text{rad}$ para las componentes Norte y Este, respectivamente, y posteriormente las dos mostraron cambio de tendencia, acumulando hasta la fecha $30 \mu\text{rad}$ y $100 \mu\text{rad}$ (Figura 82). Es necesario tener más información de este inclinómetro para saber si estos cambios están dentro de su propio nivel de base. El inclinómetro Lavas se reinstaló en enero de 2016, hasta la fecha del informe no es prudente establecer algún comportamiento, hasta tanto no se establezca el equipo o la tendencia de las componentes sea más clara (Figura 83).

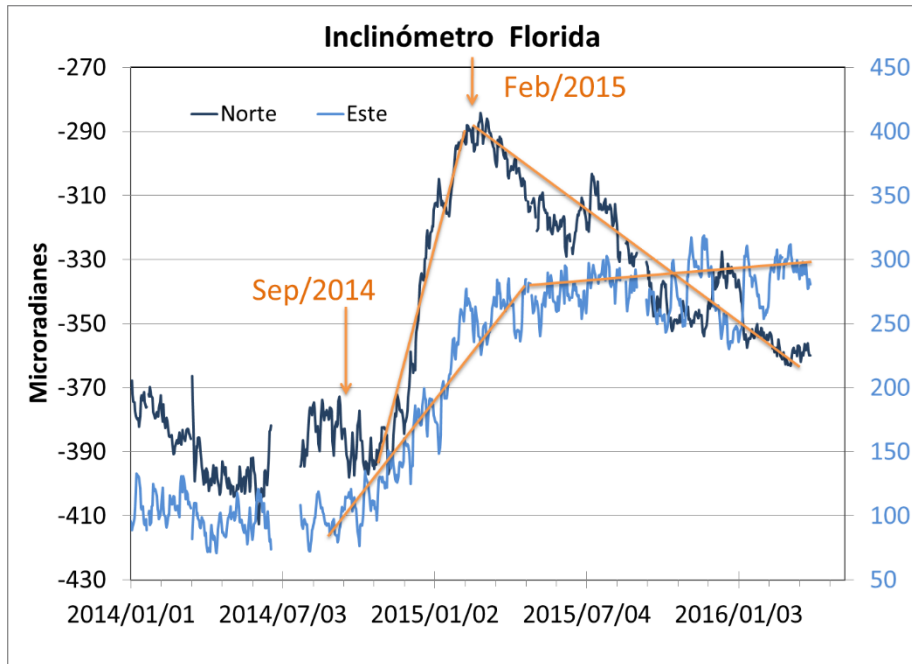


Figura 81. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.

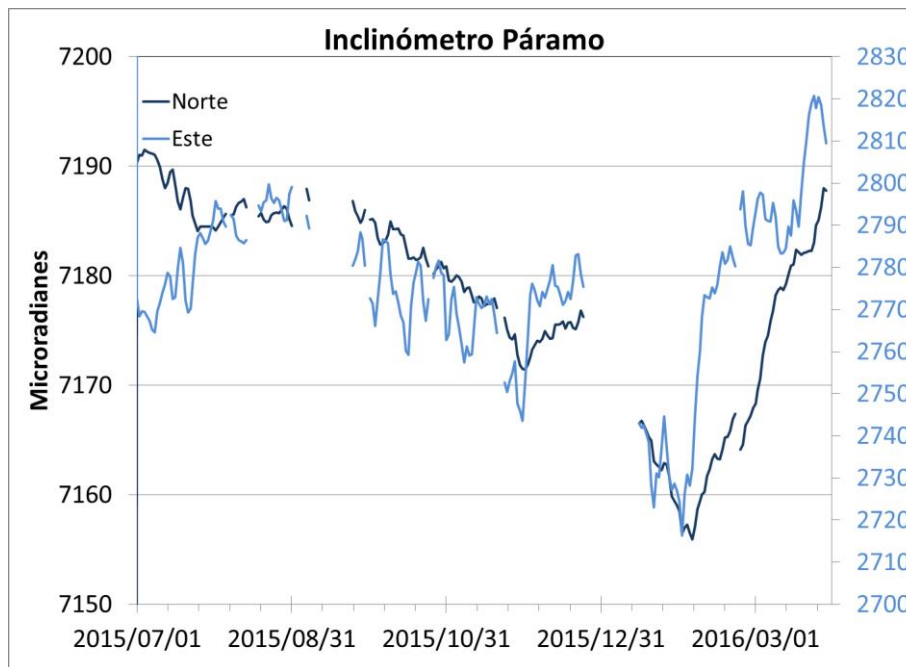


Figura 82. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de marzo de 2016.

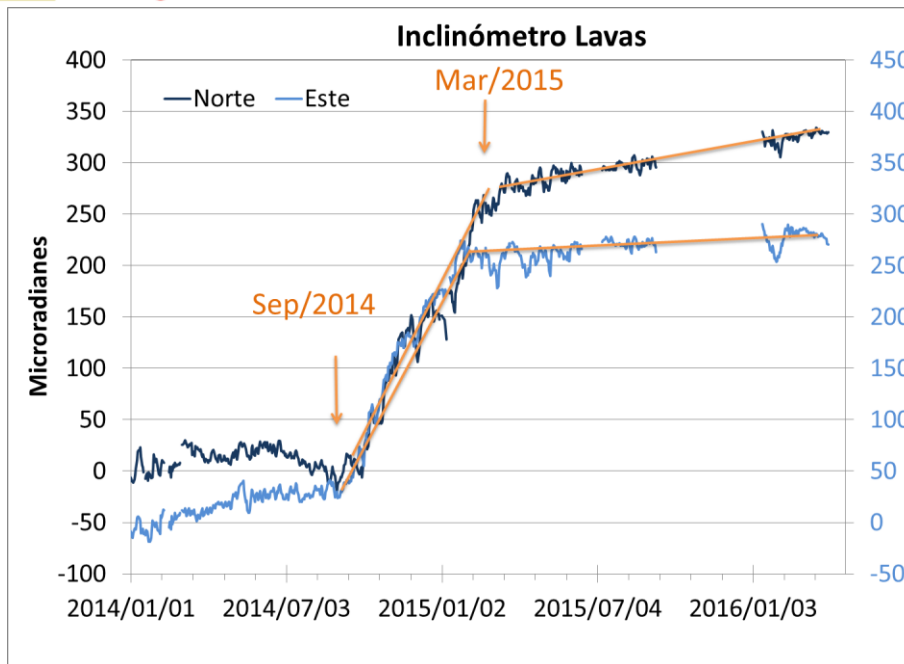


Figura 83. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.

4.2.4 GEOQUÍMICA

Para el periodo evaluado no se realizó muestreo en las fuentes termales ubicadas en área de influencia del volcán Doña Juana.

4.2.5. Actividad Superficial

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

4.2.6. Conclusión

La evaluación de los parámetros monitoreados durante el mes de marzo de 2016, permiten mantener el **NIVEL VERDE ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”**.

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

La Figura 84 muestra la distribución de las estaciones instaladas para el monitoreo de la actividad sísmica y de deformación cortical del volcán Azufral, las cuales son: La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan con sensores sísmicos e inclinómetros electrónicos y Laguna con un sensor sísmico y una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial. En la Tabla 20 están sus características. Adicionalmente se cuenta con una estación climatológica cerca a la estación La Roca, que consta de un anemómetro para medida de velocidad y dirección del viento, un sensor de temperatura, un sensor de humedad relativa, un pluviómetro, un sensor de presión atmosférica y uno para medidas de radiación solar. Adicionalmente se instaló un sensor de Temperatura en una de las fumarolas del domo Mallama hacia el nororiente de la Laguna cratérica.

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. Desde el pasado mes de marzo de 2015 se cuenta con una estación GNSS, ubicada muy próxima a la estación multiparámetro La Roca (Figura 85).

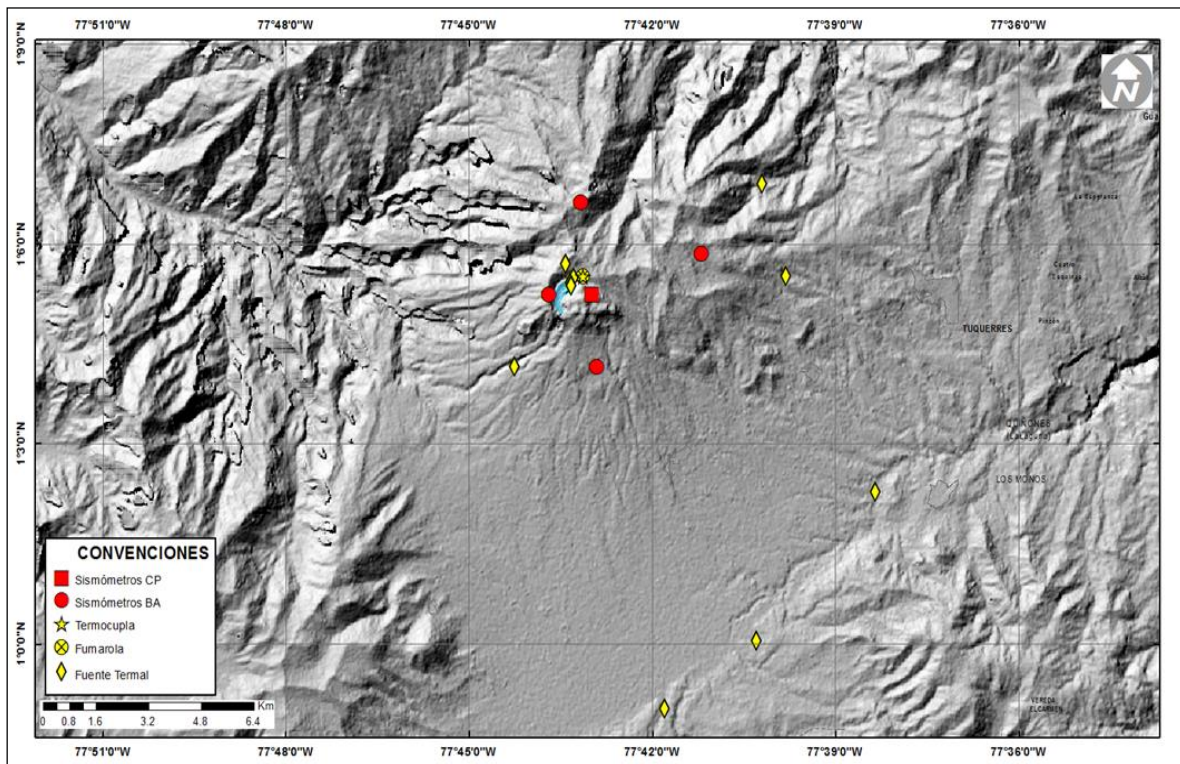


Figura 84. Localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de marzo de 2016.

Tabla 20. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Azufral durante marzo de 2016.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia a la Laguna (Km)	Ubicación Respecto a la Laguna	Altitud (msnm)
La Roca	Analógica	Sismómetro Corto período	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
Mallama	Digital	Termocupla		0.5	NE	3805

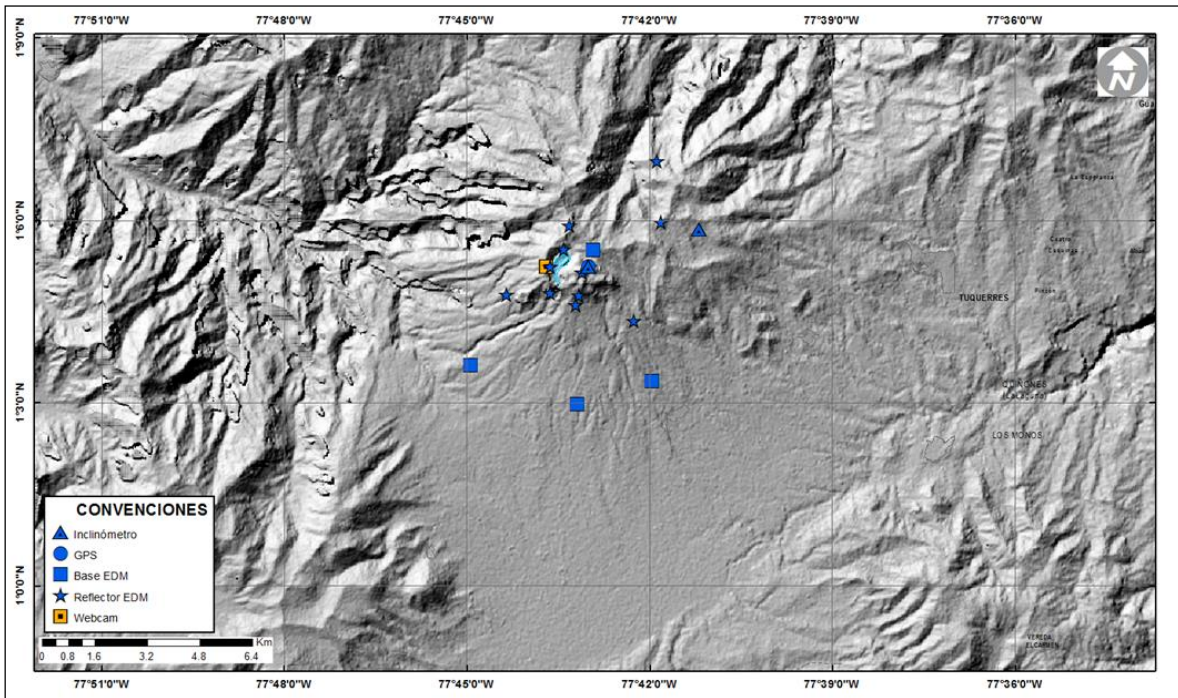


Figura 85. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de marzo de 2016.

En general, la red de monitoreo del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de operación del 95,1% para este mes (Figura 86).

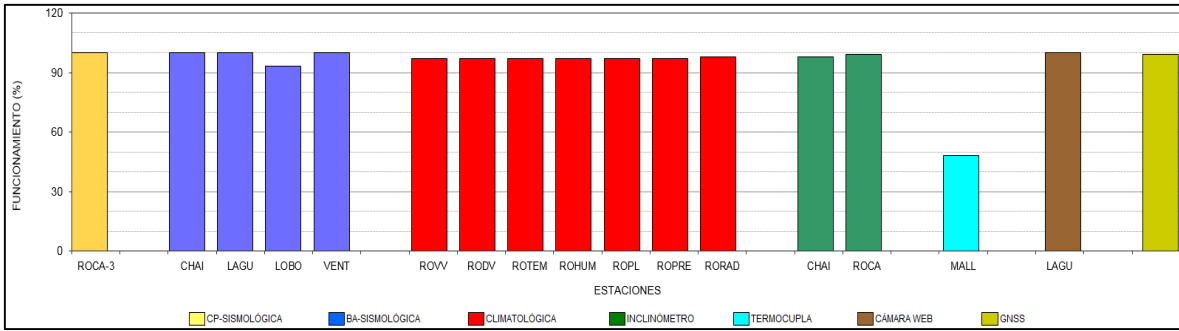


Figura 86. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de marzo de 2016.

4.3.2. Sismología

Dentro de niveles bajos, la ocurrencia sísmica del volcán en marzo de 2016 aumentó en 2,6 veces en comparación a la registrada en febrero de 2016, registrándose 37 eventos tipo VT (Figura 87, Tabla 21). De estos eventos se localizaron 30, la mayoría de ellos ubicados al suroccidente del volcán Azufral a distancias epicentrales menores a 4 km respecto a la laguna cratérica y profundidades entre 3 y 13 km respecto de la cima (4.070 msnm) y con magnitudes menores de 2,5 en la escala de Richter. Se resalta los sismos del 28 y 30 de marzo, respectivamente con magnitudes de 2.5 y 2.3, a profundidades de 10 y 11 km y distancias epicentrales de 3.0 y 2.8 km al SW de la laguna cratérica; estos sismos fueron reportados como sentidos por habitantes de la zona de influencia del Volcán (Sector de Muellamuéz) (Figura 88).

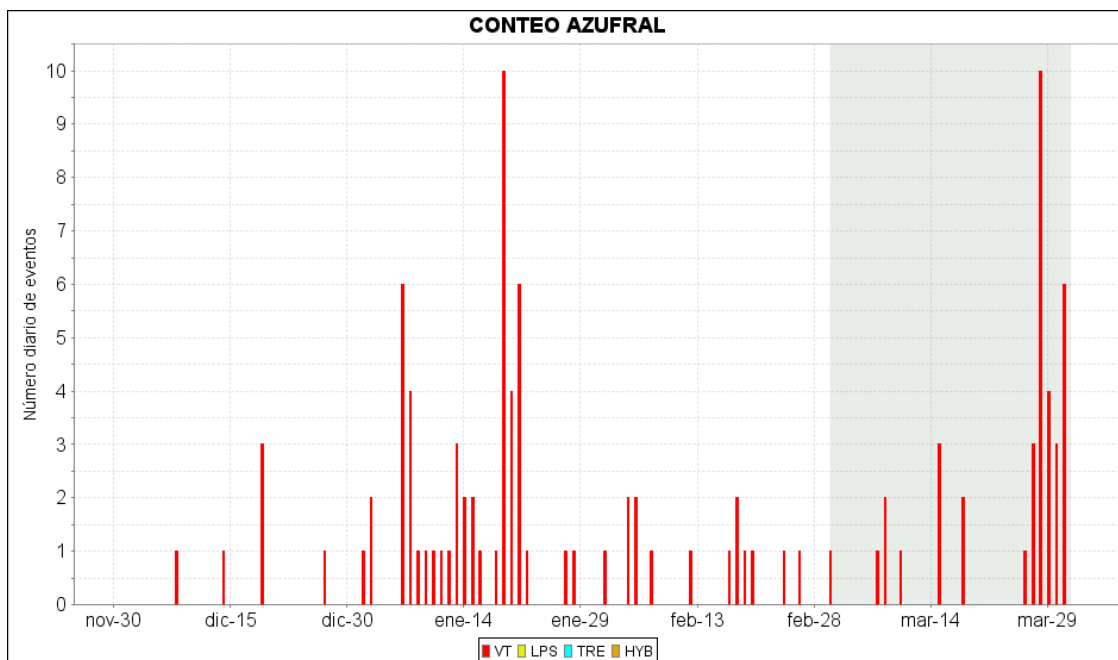


Figura 87. Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos en el volcán Azufral entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.

Tabla 21. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Azufral ocurridos entre el 1 de diciembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016. Se resalta en verde el último mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-dic-15 a 31-dic-15	6	0	0	0	6
01-ene-16 a 31-ene-16	50	0	0	0	50
01-feb-16 a 29-feb-16	14	0	0	0	14
01-mar-16 a 31-mar-16	37	0	0	0	37

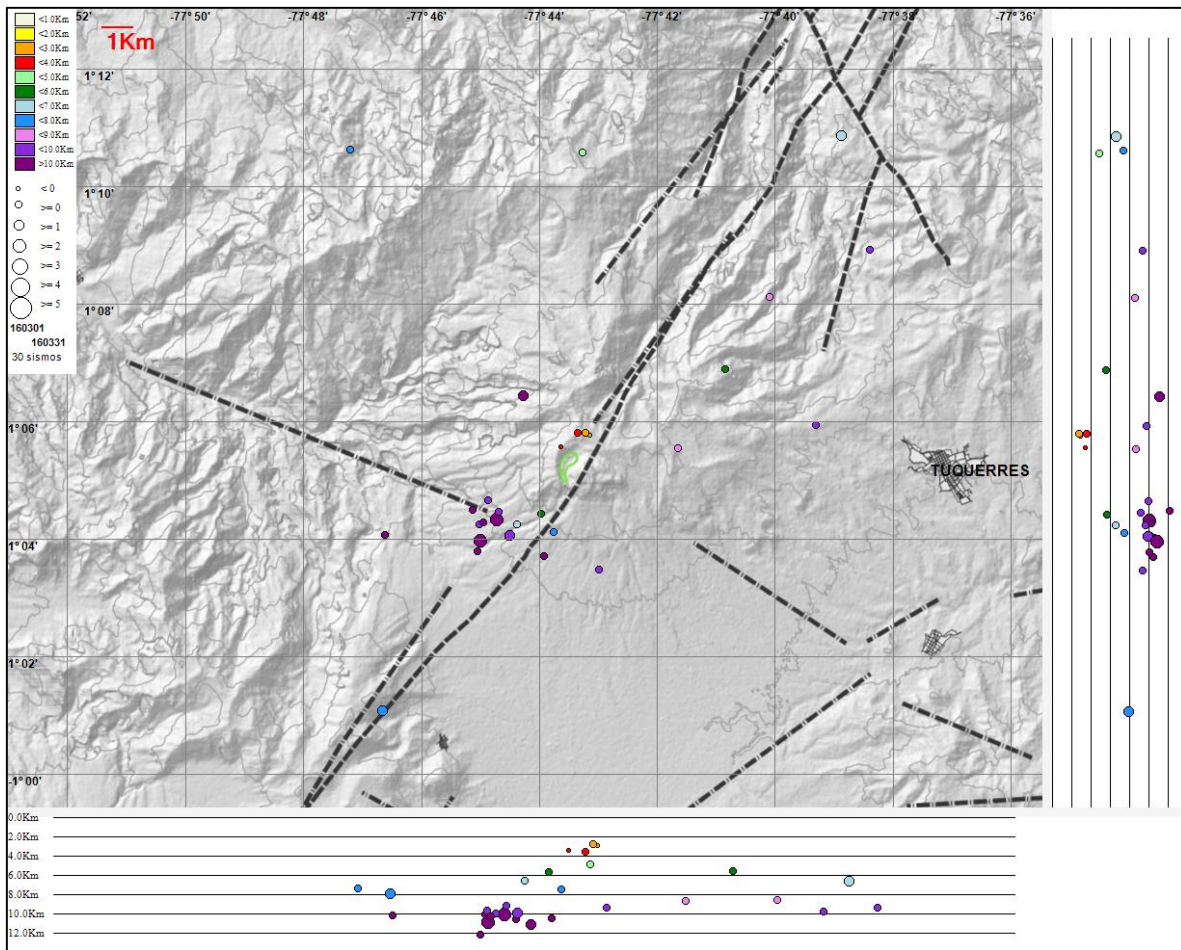


Figura 88. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura registrados por las estaciones de la red de monitoreo del volcán Azufral, en el mes de marzo de 2016, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 2,0 km de profundidad con respecto a la cima volcánica, el color de los círculos depende de su profundidad.

4.3.3. Deformación

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

Para el periodo evaluado, se observa estabilidad en los registros de las componentes de inclinación de Chaitán, con variaciones que están dentro del nivel de ruido del mismo (Figuras 89). En el inclinómetro La Roca la componente Norte es estable, y en la Este a partir de enero de 2016, se tiene una tendencia descendente de unos 70 μrad (Figuras 90).

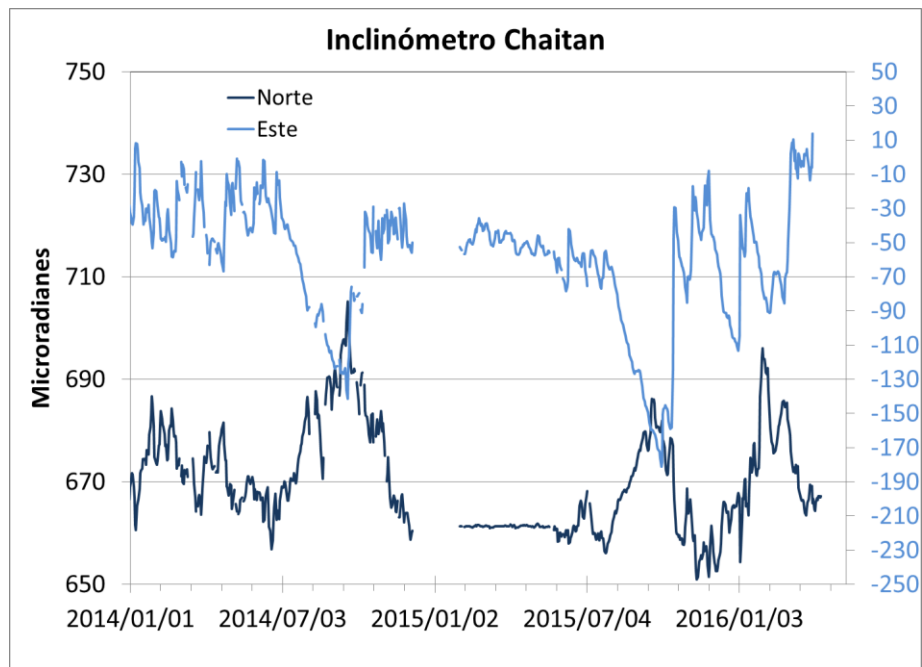


Figura 89. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufreal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de marzo de 2016.

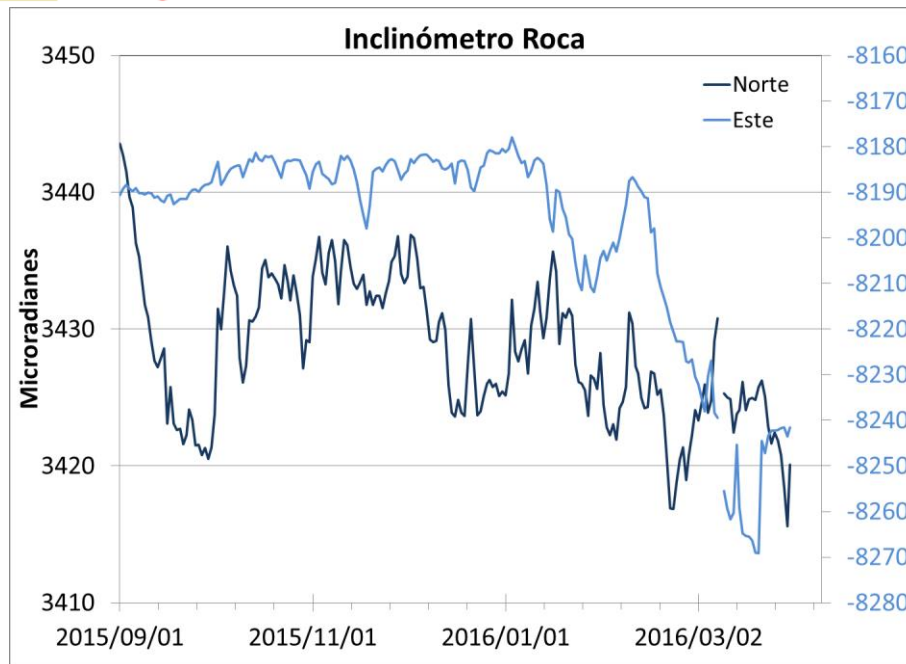


Figura 90. Componentes de inclinación Norte y Este del inclinómetro La Roca, instalado en el volcán Azufra, para el periodo comprendido entre el 1 de septiembre de 2015 y el 31 de marzo de 2016.

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

En marzo de 2016 no se realizaron medidas de EDM.

4.3.4. Geoquímica

4.3.4.1. Registro de temperatura – Estación térmica telemétrica Domo Mallama en Volcán Azufra.

Los datos sobre la variación de temperatura en el campo fumarólico del volcán Azufra, se obtienen a partir de una estación telemétrica ubicada en el Domo activo “Mallama”, lugar donde se realizan mediciones de temperatura y muestreo de gases (método Giggenbach) (Figura 84). Los datos de temperatura se registran diariamente con una tasa de muestreo de 5 minutos. La estación fue reinstalada en el mes de marzo, registrando hasta el día 26 de marzo datos de temperatura constantes con pequeñas variaciones, sin embargo, a partir del 27 de marzo se empiezan a registrar datos fuera de rango, razón por la cual el sistema será revisado por parte del grupo de electrónica del OVSP para corregir o descartar algún tipo de interferencia (Figura 91).

En la figura 91 se registran las variaciones de temperatura que corresponden a valores medidos en el transcurso del día y la noche con un promedio de 80.9°C (Tabla 22) hasta el día 26 de marzo de 2016 y en la tabla 23, se presentan los valores máximo y mínimo que pueden estar representando

datos erróneos. Hasta el 26 de marzo se registra un valor mínimo de 80.5°C. El grupo de Geoquímica del OVS Pasto continua 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.

Tabla 22. Valores de temperatura en Domo Mallama en el área de influencia del volcán Azufral – marzo 2016.

TEMPERATURA (hasta 26 marzo)	[°C]
Promedio	80.9
Máximo	81.5
Mínimo	80.5

Tabla 23. Valores de temperatura en Domo Mallama en el área de influencia del volcán Azufral – marzo 2016.

TEMPERATURA (27-31 marzo)	[°C]
Promedio	80.0
Máximo	123.9
Mínimo	0

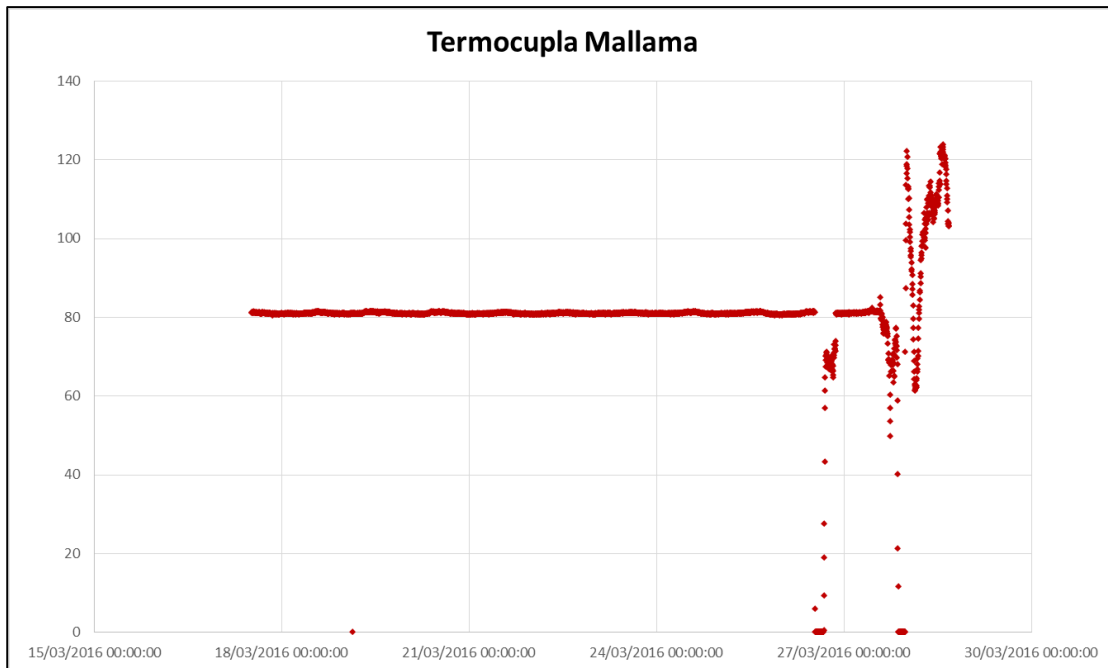


Figura 11. Variación de temperatura Domo Mallama perteneciente a la zona de influencia del Volcán Azufral en marzo de 2016.

4.3.5. Actividad Superficial

Condiciones de clima favorables durante la mayor parte del mes, permitieron a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura y en poca cantidad provenientes principalmente del domo Mallama ubicado al nororiente de la Laguna Verde (Figura 92).



Figura 92. Imagen de la Laguna Verde, laguna cratérica del volcán Azufral, registrada el 8 de marzo de 2016 a las 7:21 a.m., mediante la cámara instalada en el costado sur. En la fotografía se observan las zonas de emisión de gas, desde el Domo Mallama.

4.3.6. Conclusión

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