

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
IDENTIFICACIÓN		
Información de la citación		
CITACIÓN		
Nombre del responsable	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano
Tipo de responsable	Autor Corporativo	Autor corporativo
Nombre del responsable		Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto
Tipo de responsable	Autor intelectual. Si hay varios autores hay que escribirlo cada uno.	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto
Nombre del responsable		
Tipo de responsable	Procesador: persona encargada de recibir y organizar la información	Grupo de Trabajo Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto
Nombre del responsable		Darío Fernando Arcos Guerrero
Fecha	De publicación/disposición tres primeras letras del mes/año	Sep/2015
Título		INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y CERRO NEGRO. AGOSTO DE 2015.
Edición	Primera versión.- Actualización conjunto de datos la numeración va del 0.1 al 0.9	0.1
Serie		No aplica
Identificador	En proceso de definición	
Descripción	Breve descripción del conjunto de datos, se destacan los objetivos, metodologías y productos entregados	Presentación de resultados y análisis de los datos obtenidos del monitoreo continuo a la actividad del volcán Galeras en diferentes aspectos como son el funcionamiento de estaciones, la actividad sísmica, la actividad superficial, las medidas geoquímicas y deformación. Presentación de datos obtenidos de monitoreo continuo de la actividad de los volcanes Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro. Se utilizan gráficas, tablas, esquemas, mapas y fotografías que ilustran el trabajo.
Uso/Información complementaria	Información básica sobre aplicaciones específicas donde el conjunto de datos ha sido o se está utilizando. Incluye opcionalmente lista de anexos, fuentes y documentos relacionados con el conjunto de datos.	
Programa-Proyecto		
Tipo de programa o proyecto	Cobertura macro y la capa a la cual pertenece el conjunto de datos según las estrategias institucionales (Investigación, plan, programa, proyecto).	Proyecto
Nombre del programa/proyecto	Nombre del proyecto	
Nombre del programa/Proyecto	Nombre del proyecto	Inventario y Monitoreo de Geoamenazas y procesos en las capas superficiales de la tierra - Investigación y monitoreo de la actividad volcánica – AME13-06.
Periodo de tiempo	Lapso de tiempo que corresponde a la información contenida en el conjunto de datos.	Agosto de 2015.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
Dominio Espacial		
Extensión geográfica	Descripción del área geográfica. Incluir el nombre del territorio que cubre el producto. Incluir área geográfica dada en km ²	Zona de influencia del Volcán Galeras. Zona de influencia del Volcán Doña Juana. Zona de influencia del Volcán Azufral. Zona de influencia del Volcán Cumbal. Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. Zona de influencia del Volcán Chiles. Zona de influencia del Volcán Cerro Negro.
Coordenadas /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 -Geoquímica -Emisiones -Actividad Superficial -Temperaturas -Estación climática -Cenizas
Descriptor de lugar	Nombre de lugares geográficos cubiertos por el conjunto de datos. Nombre de zonas, regiones, municipios.	- Zona de influencia del Volcán Galeras, como activo, municipios de la carretera Circunvalar a Galeras, Pasto. - Zona de influencia del Volcán Doña Juana. - Zona de influencia del Volcán Azufral. - Zona de influencia del Volcán Cumbal. -Zona de influencia del Volcán Las Ánimas. -Zona de influencia del Volcán Chiles. -Zona de influencia del Volcán Cerro Negro.
Código temático		Capas de información.
Restricción de acceso	Limitaciones para acceso al conjunto de datos incluye restricciones que aseguren protección de privacidad o propiedad intelectual o limitaciones en obtención del conjunto de datos.	Derechos de propiedad intelectual. Prohibida su reproducción total o parcial con fines comerciales. Incluye información básica para documentos e investigación.
Muestra gráfica	Ilustración gráfica del conjunto de datos. Se especifica la dirección del computador, trayectoria, nombre y extensión del archivo.	Los datos se encuentran en el Servidor de archivos principal en la unidad VIGILANCIA en la siguiente ruta: V:\informes\informes_finales\VIGILANCIA\informes_tecnicos_mensuales\2015\ago
Calidad de los datos		
Informe general de calidad	Incluye conceptos sobre limitaciones, exactitud temática, contenido, normatividad	Se vigila y monitorea las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica y sísmica en la zona de influencia del Volcán Galeras, y volcanes del suroccidente

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DOMINIO
		colombiano, para acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen y a un pronóstico de eventos eruptivos.
Distribución		
Distribuidor		
Tipo de producto	Artículo, boletín, fotografía aérea, mapa, imagen satelital, informe técnico	Informe Técnico
Proceso estándar de pedido		
Productos impresos	Identificación que tipo de producto impreso. Ej. mapa impreso a color	No aplica.
Forma digital		
Formato	Nombre, versión del formato. Ejm: PDF.- Si no se encuentra en forma digital se escribe "No disponible"	El informe se encuentra en formato DOC y PDF
Opción de transferencia digital		
Dirección en línea	Dirección electrónica donde se puede obtener el conjunto de datos	http://www.sgc.gov.co/Pasto/Publicaciones/Informes-tecnicos/Informe-Mensual/2015.aspx
Medio digital/Ubicación	Opciones del medio digital en el cual puede ser entregado el conjunto de datos y su ubicación física. Disquete de 3-1/2; CD-ROM	CD-ROM
Contacto		
Organización	Nombre de la organización	Servicio Geológico Colombiano.
Cargo/persona	Nombre e identificación del cargo o persona asociado al conjunto de datos	Asesores de Oficina de Servicio al Cliente
Sede		Bogotá
Dirección		Diag. 53 No. 34-53
Ciudad		Bogotá, D.C.
Departamento		Cundinamarca
País		Colombia
Teléfono		(57+1) 2 20 02 00 - 2 20 01 00 - 2 22 18 11 (57+1) 01-8000-110842
Fax		(57+1) 2 22 07 97
Correo electrónico		cliente@sgc.gov.co



**INFORME MENSUAL DE ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES
GALERAS, CUMBAL, DOÑA JUANA, AZUFRAL, LAS ÁNIMAS, CHILES Y
CERRO NEGRO
AGOSTO DE 2015**

Edición:

GRUPO DE TBAJO OBSERVATORIO PASTO

San Juan de Pasto, septiembre de 2015

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – AGOSTO DE 2015	4
1.1. RED DE VIGILANCIA	4
1.2. SISMOLOGÍA	10
1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	14
1.3.1. Inclínometría Electrónica	14
1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes	18
1.4. GEOQUÍMICA	22
1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO ₂	22
1.4.2. Mediciones del gas Radón – Rn ₂₂₂	24
1.5. ELECTROMAGNETISMO	25
1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS	30
1.7. CONCLUSIONES	33
2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – AGOSTO DE 2015	33
2.1. RED DE VIGILANCIA	33
2.2. SISMOLOGÍA	34
2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	38
2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	40
2.5. CONCLUSIONES	40
3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO – AGOSTO DE 2015	41
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	41
3.2. RED DE VIGILANCIA	41
3.3. SISMOLOGÍA	44
3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA	47
3.5. GEOQUÍMICA	49
3.5.1. Registro de temperatura – Estación Térmica Chiles	49
3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL	50
3.7. CONCLUSIONES	50
4. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES LAS ÁNIMAS, DOÑA JUANA Y AZUFRAL – AGOSTO DE 2015	51
4.1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN LAS ÁNIMAS	51
4.1.1. Ubicación Geográfica	51
4.1.2. Red de vigilancia	52
4.1.3. Sismología	53
4.1.4. Deformación Volcánica	54
4.1.5. Actividad Superficial	56
4.1.6. Conclusiones	56
4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA	56
4.2.1. Red de vigilancia	56
4.2.2. Sismología	57
4.2.3. Deformación Volcánica	57
4.2.4. Actividad Superficial	59
4.2.5. Conclusiones	59
4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL	59
4.3.1. Red de vigilancia	59
4.3.2. Sismología	61

4.3.3.	Deformación Volcánica	63
4.3.3.1.	Inclinometría Electrónica	63
4.3.3.2.	Medición Electrónica de Distancias - E.D.M.	63
4.3.4.	Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos	65
4.3.5.	Conclusiones	66

TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2015.	5
Tabla 2.	Inclinómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2015.	6
Tabla 3.	Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2015.	6
Tabla 4.	Estaciones que conforman la red de instrumentos ScanDOAS del proyecto NOVAC en el volcán Galeras.	7
Tabla 5.	Estaciones que monitorean las variaciones del campo eléctrico y magnético ocasionadas por la actividad del volcán Galeras.	7
Tabla 6.	Estaciones para el monitoreo de gas Radón instaladas sobre la vía de acceso a Galeras (Línea Galeras).	8
Tabla 7.	Estaciones instaladas por el sector de Barranco (Línea Barranco) para el monitoreo de gas Radón en el volcán Galeras.	8
Tabla 8.	Ubicación geográfica de las fuentes termales en el Volcán Galeras.	9
Tabla 9.	Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	10
Tabla 10.	Energía sísmica liberada por tipo de evento para los meses de mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	11
Tabla 11.	Emisiones de SO ₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de agosto de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).	23
Tabla 12.	Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Lavas – agosto de 2015.	25
Tabla 13.	Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Parques – agosto de 2015.	25
Tabla 14.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de agosto de 2015.	34
Tabla 15.	Número de eventos volcánicos por tipo registrados entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	35
Tabla 16.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de agosto de 2015.	42
Tabla 17.	Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.	43
Tabla 18.	Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico de Chiles – Cerro Negro registrados entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	44
Tabla 19.	Energía sísmica liberada por los eventos tipo VT localizados para los meses de mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	46

Tabla 20.	Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – agosto 2015.	50
Tabla 21.	Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de agosto de 2015.	52
Tabla 22.	Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Las Ánimas registrados entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	54
Tabla 23.	Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.	56
Tabla 24.	Estaciones instaladas en el volcán Azufral.	60
Tabla 25.	Número de sismos volcánicos por tipo registrados en el volcán Azufral entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.	62

FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Mapa de localización de las estaciones sísmicas y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2015.	6
Figura 2	Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros, GNSS y EDM que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2015.	7
Figura 3	Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, ScanDOAS, trampa alcalina, CO ₂ , fuentes termales y radón telemetrado que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2015.	8
Figura 4	Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.	9
Figura 5	Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de agosto de 2015, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.	9
Figura 6	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre mayo y agosto de 2015. La zona sombreada corresponde al periodo evaluado en este informe.	10
Figura 7	Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de agosto (barras de la derecha) respecto al mes de julio (barras de la izquierda).	11
Figura 8	Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, para los meses de julio y agosto de 2015.	11
Figura 9	Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2015.	12
Figura 10	Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para agosto de 2015 (barras de la derecha) respecto a julio de 2015 (barras de la izquierda).	12
Figura 11	Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada por tipo de sismos para julio y agosto de 2015.	13
Figura 12	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados en el mes de agosto de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3.0 km de profundidad.	13
Figura 13	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	14
Figura 14	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	15

Figura 15	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	15
Figura 16	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	16
Figura 17	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	16
Figura 18	Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	17
Figura 19	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	17
Figura 20	Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cóndor, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	18
Figura 21	Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.	19
Figura 22	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 13 de agosto de 2015.	19
Figura 23	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 13 de agosto de 2015.	20
Figura 24	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS El Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 9 de mayo de 2014 y el 13 de agosto de 2015.	20
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 14 de agosto de 2015.	21
Figura 26	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cóndor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 13 de agosto de 2015.	21
Figura 27	Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 13 de agosto de 2015.	22
Figura 28	Flujo de emisión de SO_2 registrado desde el 1 de mayo de 2015 hasta el 31 de agosto de 2015, por los instrumentos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.	23
Figura 29	Flujo de emisión de SO_2 , dirección y velocidad del viento para el mes de agosto de 2015.	24
Figura 30	Concentración de gas radón en suelo - estación LAVAS, Agosto de 2015.	24
Figura 31	Concentración de gas radón en suelo - estación Parques, Agosto de 2015.	25
Figura 32	Variaciones del campo magnético, en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 25 de junio y el 31 de agosto de 2015. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde).	26
Figura 33	Variaciones del campo magnético, en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 11 y el 31 de agosto de 2015. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde).	27
Figura 34	Variaciones del campo magnético, en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 11 y el 31 de agosto de 2015. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde).	28

Figura 35	Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Frailejón, entre el 24 de junio y el 31 de agosto de 2015.	29
Figura 36	Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Barranco, entre el 19 de julio y el 31 de agosto de 2015.	30
Figura 37	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 2 de agosto de 2015, en horas de la tarde, a las 6:22 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco.	31
Figura 38	Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 8 de agosto de 2015, en horas de la tarde 6:17 p.m. y 6:21 p.m., capturadas desde las cámaras de Barranco y Bruma.	31
Figura 39	Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 9 de agosto de 2015, a las 4:58 p.m. y 6:43 p.m., desde las cámaras de Bruma y Barranco.	31
Figura 40	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 12 de agosto de 2015, en horas de la tarde 5:12 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco.	32
Figura 41	Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 21 de agosto de 2015, en horas de la tarde 6:37 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.	32
Figura 42	Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 26 de agosto de 2015, a las 4:59 p.m. y 5:39 p.m., desde la cámara de Barranco.	32
Figura 43	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de agosto de 2015.	33
Figura 44	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de agosto de 2015.	34
Figura 45	Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre mayo y agosto de 2015.	35
Figura 46	Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de agosto (barras de la derecha) respecto al mes de julio (barras de la izquierda).	35
Figura 47	Porcentajes de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal para julio y agosto de 2015.	36
Figura 48	Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de agosto de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 msnm).	36
Figura 49	Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por las estaciones sísmicas instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de agosto de 2015, resaltando los eventos registrados en el mes de agosto de 2015 en el recuadro gris.	37
Figura 50	Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 8 de agosto de 2015 a las 11:10 p.m., registrando 51 segundos de duración.	37
Figura 51	Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 17 de agosto de 2015 a las 5:05 p.m., registrando 106 segundos de duración.	38
Figura 52	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	39
Figura 53	Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	39
Figura 54	Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, 21 de agosto de 2015, 6:25 de la tarde.	40
Figura 55	Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).	41
Figura 56	Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.	42

Figura 57	Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de agosto de 2015.	44
Figura 58	Número diario y acumulado de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre noviembre 1 de 2013 y agosto 31 de 2015.	45
Figura 59	Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de mayo y agosto de 2015.	45
Figura 60	Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura (VT) registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, en agosto de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad.	46
Figura 61	Energía diaria calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chiles – Cerro Negro entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2015. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada.	47
Figura 62	Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	48
Figura 63	Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura 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 agosto de 2015.	48
Figura 64	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 2014 y el 31 de agosto de 2015.	49
Figura 65	Variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles – agosto 2015.	50
Figura 66	Imagen de la localización de las tres provincias volcánicas de Colombia, se observa en el sur a Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - SGC.	51
Figura 67	Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).	52
Figura 68	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de agosto de 2015.	53
Figura 69	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante agosto de 2015.	53
Figura 70	Localización epicentral e hipocentral de los sismos registrados en Las Ánimas, en el mes de agosto de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad.	54
Figura 71	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	55
Figura 72	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	55
Figura 73	Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.	57
Figura 74	Funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana en agosto de 2015.	57
Figura 75	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	58

Figura 76	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	58
Figura 77	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	59
Figura 78	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2015	60
Figura 79	Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2015.	61
Figura 80	Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2015.	61
Figura 81	Número diario de sismos volcánicos registrados en el volcán Azufral entre mayo y agosto de 2015.	62
Figura 82	Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT registrados en agosto de 2015. En los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 2 km de profundidad con respecto a la cima volcánica.	63
Figura 83	Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.	64
Figura 84	Serie de tiempo de las mediciones hechas en la ocupación de Bases EDM, mediciones de distancia entre los puntos definidos como Bases y los diferentes prismas ubicados sobre la superficie del volcán Azufral.	64
Figura 85	Emisión de gases del domo Mallama, 8 de agosto de 2015 a las 5:13 p.m.	65
Figura 86	Emisión de gases desde el domo Mallama, 21 de agosto de 2015, 10:43 a.m., fotografía capturada en labores de campo por la zona del volcán Azufral.	65
Figura 87	Emisión de gases del domo Mallama, 27 de agosto de 2015 en horas de la mañana.	66

INTRODUCCIÓN

A lo largo del mes de agosto de 2015, el Servicio Geológico Colombiano - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, continuó con la tarea institucional de vigilar la actividad de los volcanes ubicados al suroccidente colombiano, entre ellos Galeras, Cumbal, Azufral, Doña Juana, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, tomando datos en forma continua durante las 24 horas del día de los diferentes parámetros de estudio que permiten la evaluación de la actividad volcánica, además, realizando muestreos periódicos de otros parámetros geofísicos y geoquímicos, de importancia para la evaluación de la actividad.

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

En este informe técnico se resaltan principalmente los resultados obtenidos en agosto de 2015, en las diferentes áreas de monitoreo, mediante el procesamiento primario de los datos instrumentales y apreciables de la actividad volcánica y así acercarse al entendimiento de los diferentes fenómenos internos que las producen, y a un posible pronóstico de eventos eruptivos. El nivel de actividad de un volcán, es el resultado de la combinación de varios factores, tanto mesurables, como los apreciables de la actividad volcánica superficial, los cuales pueden variar en intensidad, duración y frecuencia.

RESUMEN

En el mes de agosto de 2015, la actividad sísmica de Galeras fue dominada por eventos relacionados con fracturamiento de roca (VT). En comparación con el mes anterior, para este periodo se observó descenso en la ocurrencia y energía liberada, el mayor aporte en energía provino de los eventos clasificados como LPS, asociados a movimiento de fluidos. Los eventos no clasificables (sismos que no alcanzan el umbral de amplitud y duración para su clasificación en una estación de referencia) mostraron descenso cercano al 64% en comparación con el mes anterior.

La mayoría de los sismos localizados se ubicaron muy próximos al cráter volcánico, cuyas profundidades estuvieron entre 0.5 y los 18 km respecto a la cima volcánica, las magnitudes locales entre -0.1 y 1.7 en la escala de Richter, los más próximos al cráter mostraron magnitudes menores a 1.

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

En el transcurso del periodo evaluado se obtuvieron tres mediciones de emisiones de Dióxido de Azufre (SO₂) a la atmósfera, con valores en el rango bajo para Galeras. El valor máximo de flujo de SO₂ del periodo evaluado, fue de 424 Tn/día, registrado el 30 de agosto de 2015.

Teniendo en cuenta la información que aportan las imágenes capturadas del cono activo y reportes por personal del OVSP, fue posible evidenciar la mayor parte del tiempo evaluado emisiones de gases, en su mayoría de color blanco. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el sector norte y occidental del cono volcánico con dispersión variable debido a la acción de los vientos.

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

De acuerdo al monitoreo sísmico registrado por las estaciones instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo evaluado se observó que la mayor parte de eventos se asocian con movimiento de fluidos al interior del edificio volcánico. En relación con el mes anterior, se observó un incremento en la ocurrencia diaria de sismicidad. En este mes se registraron cuatro eventos de Largo Periodo tipo Tornillo, (TOR), asociados con movimiento de fluidos, cuyas frecuencias dominantes estuvieron entre 1.41 y 1.64 Hz. En su mayoría la sismicidad de fractura se localizó en inmediaciones de los dos conos activos del complejo volcánico de Cumbal y a profundidades superficiales, cuyas magnitudes estuvieron entre -0.5 y 0.6 en la escala de Richter.

Condiciones de clima favorable para el día 21 de agosto, permitió observar emisión de gases de color blanco, cuyos focos principales continúan siendo los campos fumarólicos El Verde y Rastrojo.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de agosto de 2015 permitió, que la actividad del Complejo Volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Haciendo referencia a los volcanes Chiles y Cerro Negro, se observó un ascenso en la ocurrencia diaria de eventos, la mayoría de los eventos localizados se ubicaron principalmente hacia el sector suroccidente del edificio volcánico de Chiles, con magnitudes entre -0.2 y 3.1 en la escala de Richter.

En la actividad sísmica de agosto se destaca la presencia de eventos que por sus características indican movimiento de fluidos de tipo magmático a profundidades menores a los 5 km respecto a la cima de Chiles.

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

Desde el 18 de agosto se observa un cambio en las tendencias de las componentes del inclinómetro electrónico de Cerro Negro.

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de agosto de 2015 permitió, que la actividad en la zona de los volcanes Chiles – Cerro Negro permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ (III): **“Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

Con respecto al volcán Las Ánimas, para el periodo evaluado se registraron tres sismos asociados a fracturamiento de la roca, dos localizados con magnitudes entre 0.2 y 0.7 en la escala de Richter.

En cuanto a la actividad del volcán Doña Juana, para el periodo evaluado no se tuvo registro de eventos sísmicos.

En relación al volcán Azufral, predominaron los sismos clasificados como VT, y en comparación con el mes anterior, la sismicidad del volcán presentó incremento en ocurrencia, totalizando 15 eventos. De esta sismicidad se localizaron 14 eventos con magnitudes entre 0.1 y 1.4 en la escala de Richter.

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

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

1. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN GALERAS – AGOSTO DE 2015

1.1. RED DE VIGILANCIA

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

- Catorce estaciones sísmicas telemétricas: cinco de corto periodo (cuatro triaxiales y una de componente vertical) y nueve de banda ancha triaxiales (Figura 1, Tabla 1).
- Tres sensores de presión acústicos, uno ubicado en el sector occidental, en el sitio de la estación sísmica de corto periodo Calabozo, otro ubicado en el sitio de la estación sísmica de banda ancha Cráter-2 y el último ubicado en el sitio de la estación sísmica Cóndor (Tabla 1).
- Ocho inclinómetros electrónicos con transmisión telemétrica (Figura 2, Tabla 2).
- Seis estaciones GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite) telemétricas, ubicadas alrededor del cono activo (Figura 2, Tabla 3).
- Tres estaciones con transmisión telemétrica para la detección de emisiones de dióxido de azufre (SO₂), localizadas en el cuadrante noroccidental del edificio volcánico (Figura 3, Tabla 4).
- Tres sistemas de medición de variación del campo Magnético, Cráter, Frailejón y Barranco. Adicionalmente, las estaciones EM-Frailejón y EM-Barranco cuentan con sistemas de medición de variación de campo eléctrico (Figura 3, Tabla 5).
- Cuatro cámaras de video permanentes para observación y seguimiento de la actividad superficial, una instalada en la sede del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto, otra en el municipio de Consacá, otra instalada en el flanco norte de la cima de Galeras, en el sitio denominado Barranco Alto y la última Bruma, hacia el sector suroccidental del cono (Figura 1).
- Dos estaciones para monitoreo constante de flujos de lodos, con transmisión telemétrica, compuestas por un geófono y un pluviómetro, instaladas en la cuenca del río Mijitayo.
- Una estación climática, conformada con sensores para medición de velocidad y dirección del viento, pluviometría, radiación solar, presión atmosférica, humedad relativa, punto de rocío y temperatura ambiente. Esta estación se encuentra ubicada en el sitio de la estación sísmica Cráter-2.
- Veinte estaciones para la medición de emisiones del gas Radón (Rn-222) proveniente del suelo, distribuidas en dos líneas, una hacia el sector oriental del volcán, por la vía de acceso a la cima del volcán y la segunda hacia el sector norte del volcán (Tablas 6 y 7, Figura 4). Las estaciones Lavas 1 y Parques de la línea Galeras, cuentan con equipo de transmisión digital, por lo que su registro es continuo.

- Una estación Multigas, ubicada hacia el sector de Barranco.

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

Por otra parte como complemento al monitoreo, se cuenta con una red de muestreo de aguas en fuentes termales para Galeras (Tabla 8, Figura 3).

En el periodo evaluado, se realizaron mantenimientos preventivos y correctivos a las estaciones que conforman las redes de monitoreo volcánico de Galeras; adicionalmente, se hicieron mantenimientos en las repetidoras y equipos de recepción en la sede del Observatorio. La operatividad de la red instrumental de Galeras fue cercana al 88%. En la Figura 5 se muestra el histograma de porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo telemétrico durante el mes de agosto de 2015.

Tabla 1. Estaciones sísmicas y acústicas que conformaron las redes del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2015.

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

Tabla 2. Inclínómetros electrónicos telemétricos que conformaron la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2015.

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

Tabla 3. Estaciones GNSS permanentes telemétricas que forman parte de la red de vigilancia en deformación del volcán Galeras durante el mes de agosto de 2015.

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

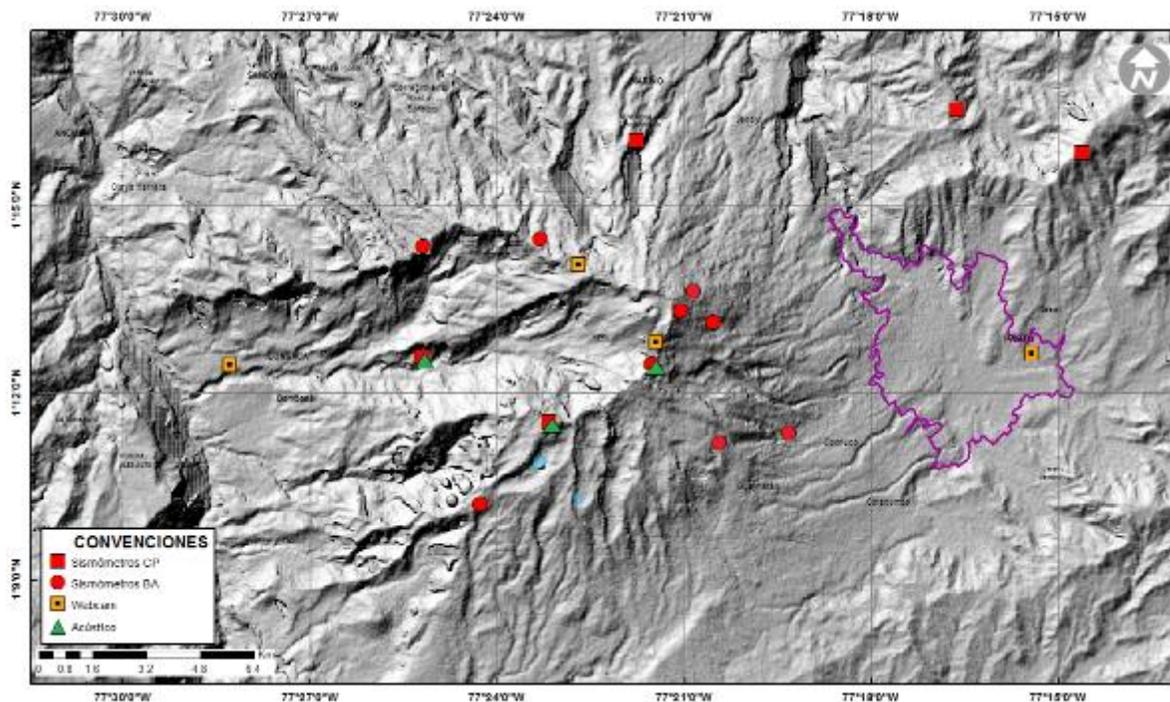


Figura 1. Mapa de localización de las estaciones sísmicas y cámaras web que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2015.

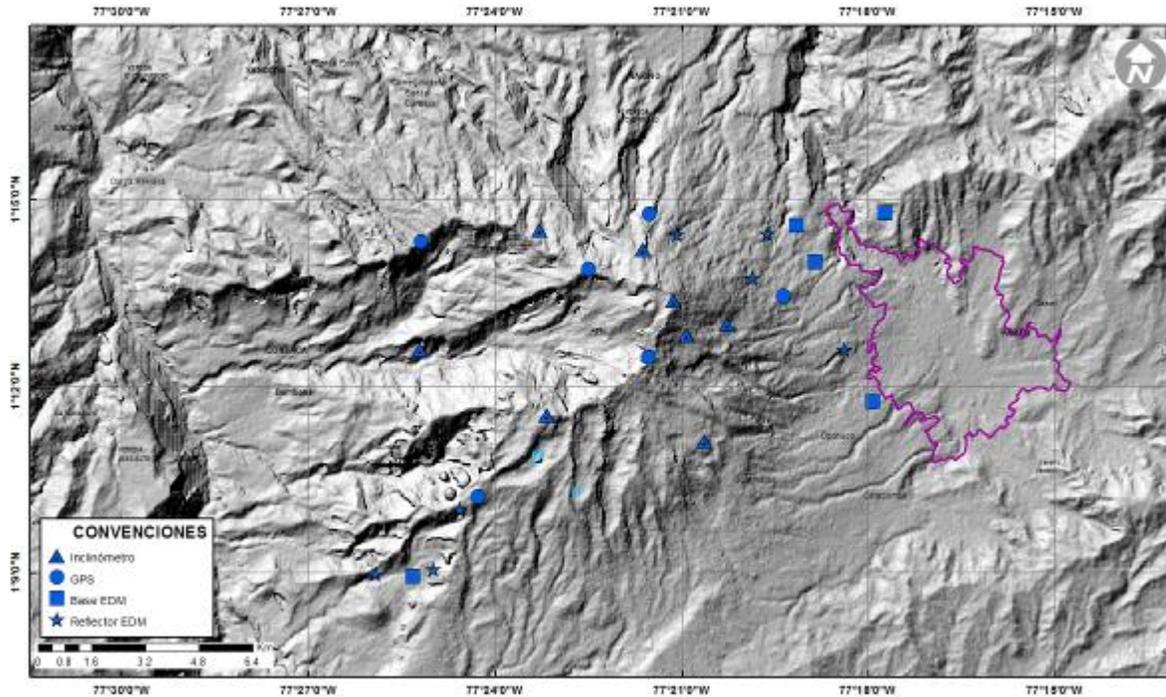


Figura 2. Mapa de localización de las estaciones de deformación volcánica, inclinómetros, GNSS y EDM que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2015.

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

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

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

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

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

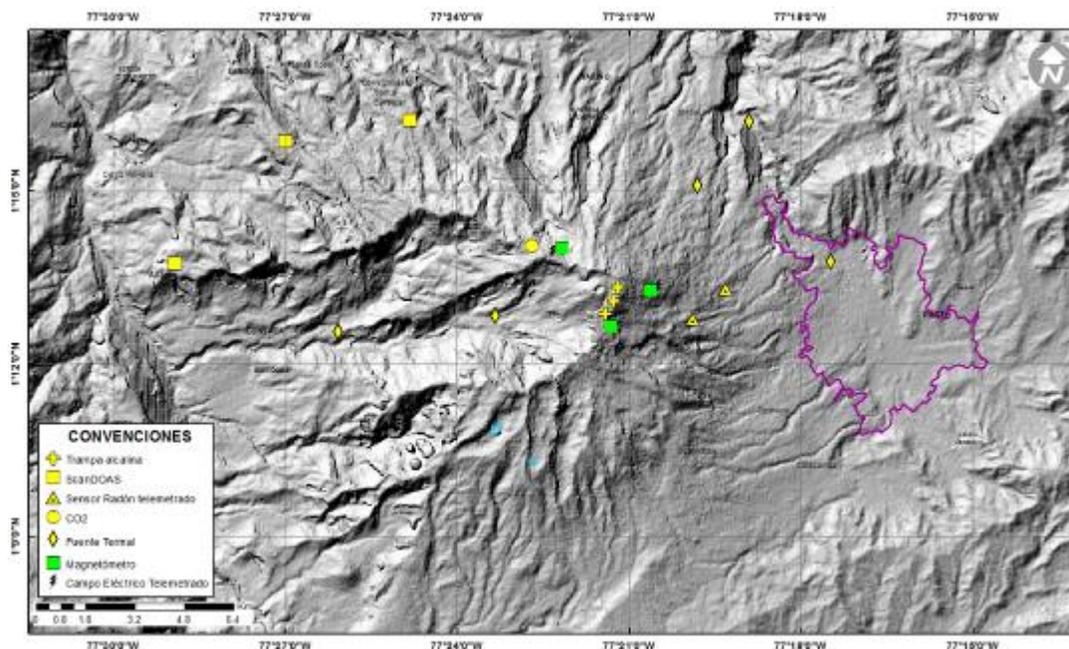


Figura 3. Mapa de localización de las estaciones campo eléctrico y magnético, ScanDOAS, trampa alcalina, CO₂, fuentes termales y radón telemetrado que conformaron la red de vigilancia de Galeras durante el mes de agosto de 2015.

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

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

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

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

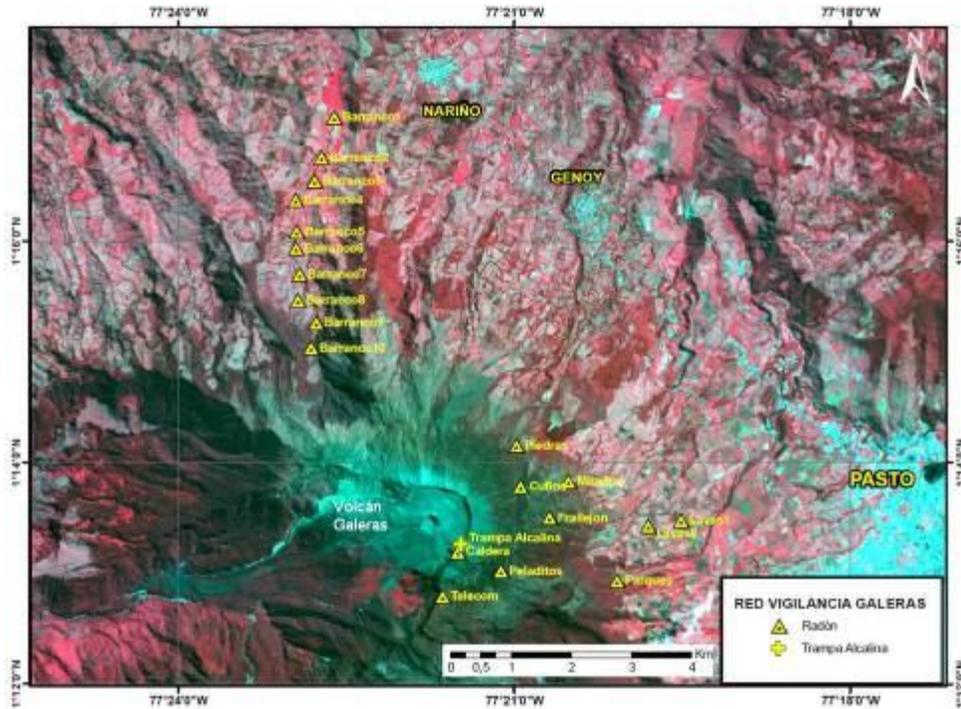


Figura 4. Mapa de localización de las estaciones instaladas en Galeras para el monitoreo de gas Radón.

Tabla 8. Ubicación geográfica de las fuentes termales en el Volcán Galeras.

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

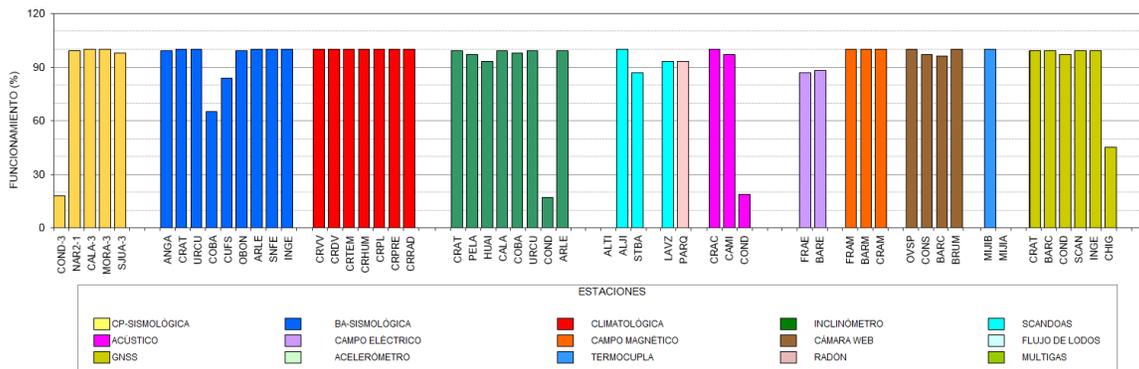


Figura 5. Histograma del porcentaje de funcionamiento durante el mes de agosto de 2015, de las estaciones telemétricas que conformaron las redes de monitoreo telemétrico del volcán Galeras.

1.2. SISMOLOGÍA

En el periodo evaluado la actividad sísmica dominante, estuvo asociada con eventos que involucran fracturamiento de roca (VT), seguidos por sismos relacionados con movimiento de fluidos al interior de los conductos volcánicos (LPS) y en menor cuantía por eventos tipo HYB, los cuales se caracterizan por fractura y posterior movimiento de fluido (Tabla 9, Figura 6).

En agosto la sismicidad volcánica en ocurrencia disminuyó cerca del 59% en relación con el mes anterior, registrándose en total 119 sismos. Los eventos que mostraron mayor descenso fueron los clasificados como LPS (Figura 7), en general se observó descenso en todos los tipos de sismicidad. Los eventos de bajo nivel energético, que no cumplen con los estándares de amplitud y duración, denominados no clasificables (NC), también mostraron disminución cercana al 64% del número presentado en el mes anterior.

Tabla 9. Número de eventos volcánicos por tipo ocurridos entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo					
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL	NO CLASIFICABLES
01-may-15 a 31-may-15	114	43	0	212	369	891
01-jun-15 a 30-jun-15	195	20	3	97	315	589
01-jul-15 a 31-jul-15	116	133	0	41	290	494
01-ago-15 a 31-ago-15	52	49	0	18	119	179

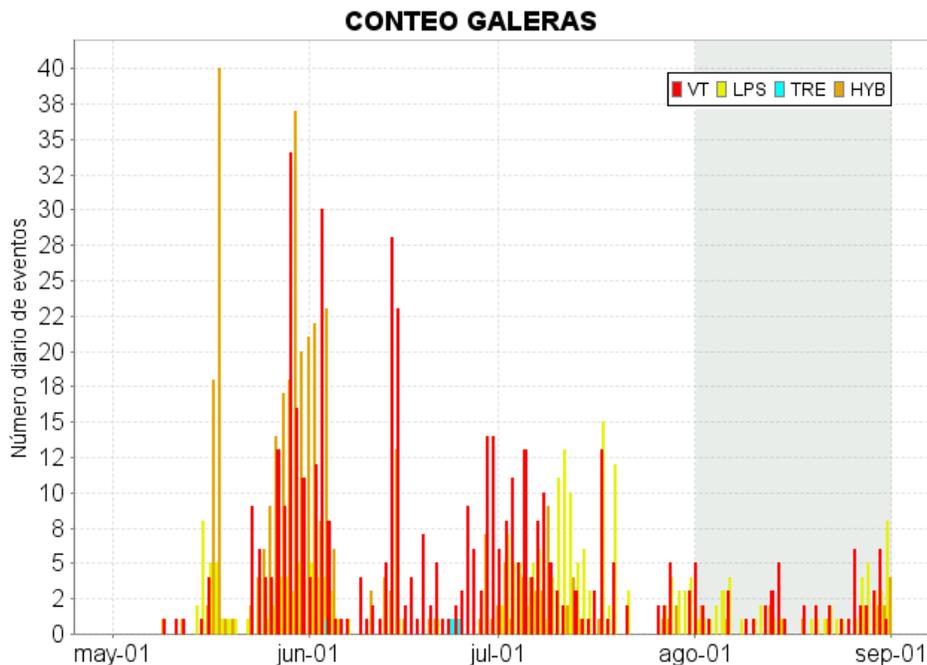


Figura 6. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre mayo y agosto de 2015. La zona sombreada corresponde al periodo evaluado en este informe.

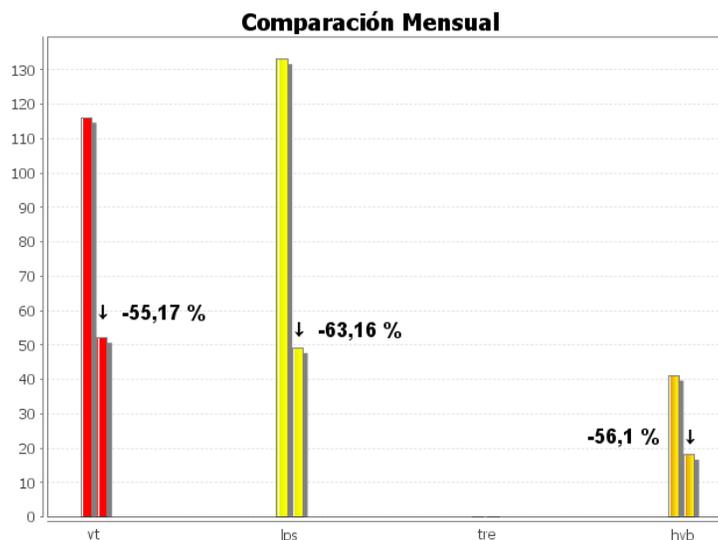


Figura 7. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de agosto (barras de la derecha) respecto al mes de julio (barras de la izquierda).

La Figura 8 muestra la distribución de ocurrencia en porcentaje de los diferentes tipos de sismos.

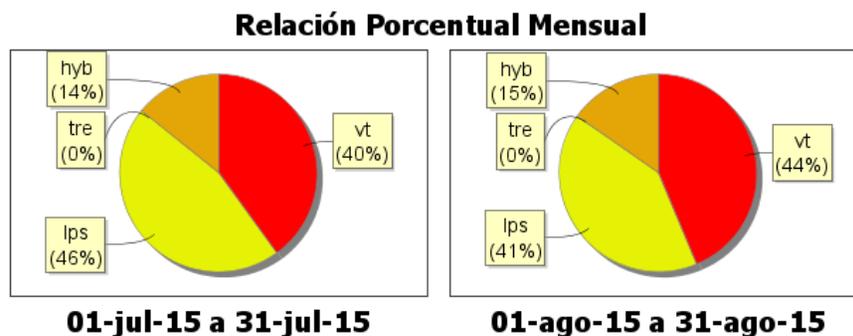


Figura 8. Relación porcentual de ocurrencia sísmica por tipo de sismos en el volcán Galeras, para los meses de julio y agosto de 2015.

La energía sísmica liberada en agosto fue de $7,273 \times 10^{12}$ ergios, observándose un notable descenso con respecto a julio (Tabla 10, Figura 9). En el periodo evaluado, el mayor aporte provino de los eventos tipo LPS (Figuras 9, 10 y 11).

Tabla 10. Energía sísmica liberada por tipo de evento para los meses de mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Energía liberada por tipo de evento [ergios]				
	VT	LPS	TRE	HYB	TOTAL
01-may-15 a 31-may-15	6.583 E+13	8.165 E+12	0	2.166 E+13	9.565 E+13
01-jun-15 a 30-jun-15	5.511 E+15	1.499 E+13	5.113 E+12	5.676 E+13	5.588 E+15
01-jul-15 a 31-jul-15	2.084 E+13	1.573 E+12	0	7.075 E+11	2.312 E+13
01-ago-15 a 31-ago-15	1.698 E+12	4.946 E+12	0	6.291 E+11	7.273 E+12

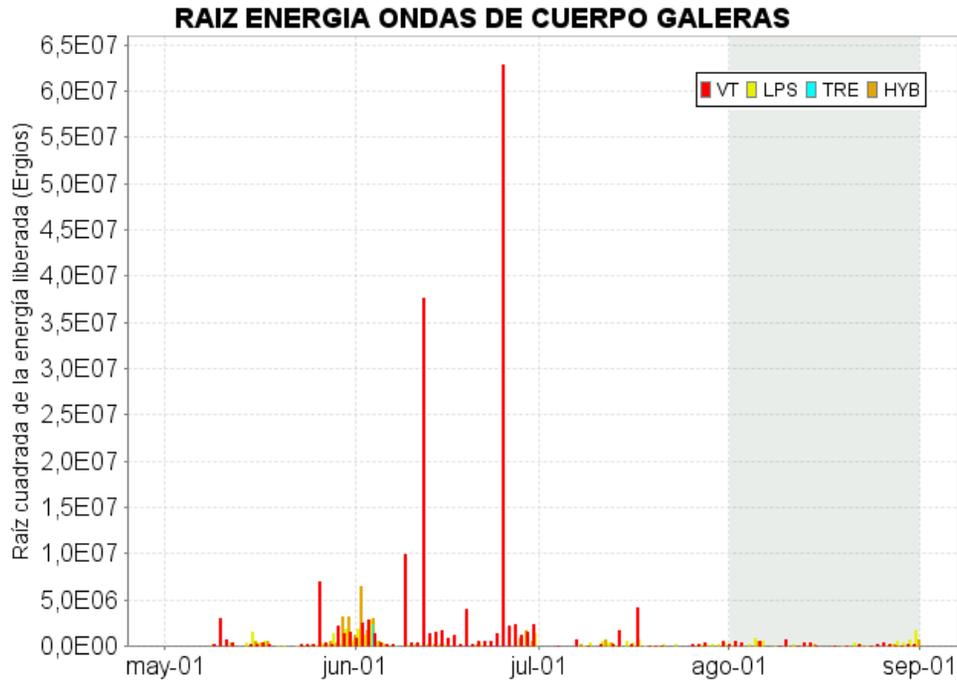


Figura 9. Energía sísmica diaria liberada por los eventos volcánicos según su tipo (en términos de su raíz cuadrada), registrados entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2015.

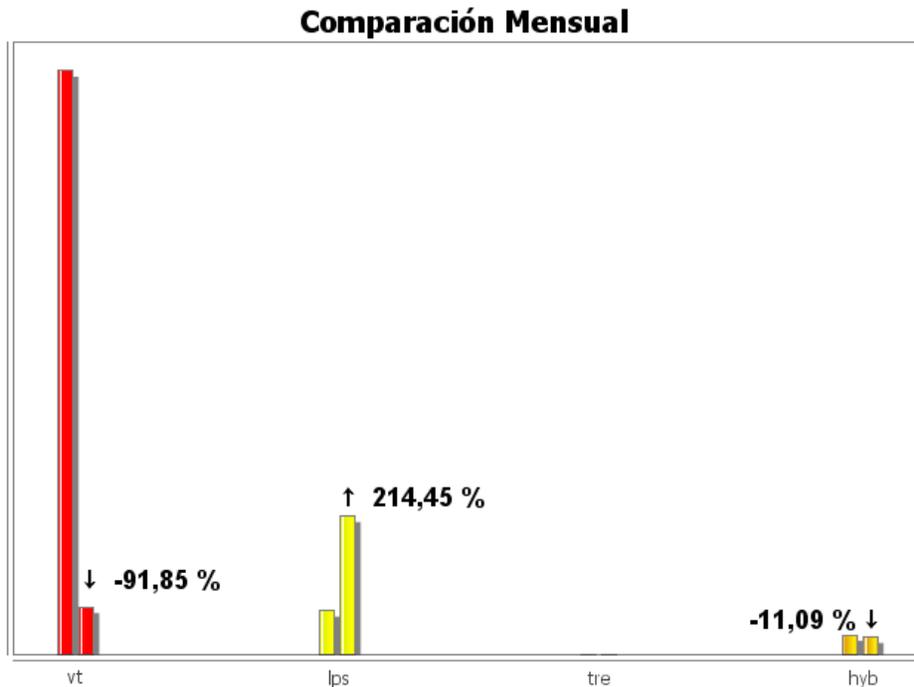


Figura 10. Comparación porcentual de la energía liberada por tipo de evento para agosto de 2015 (barras de la derecha) respecto a julio de 2015 (barras de la izquierda).

Relación Porcentual Mensual

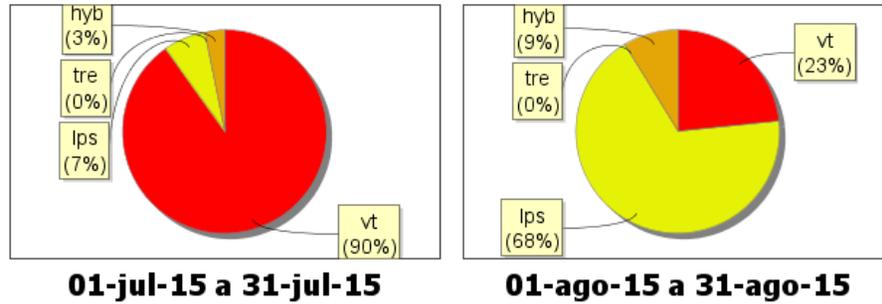


Figura 11. Relación porcentual mensual de la energía sísmica liberada por tipo de sismos para julio y agosto de 2015.

Fue posible localizar 46 sismos, 41 clasificados como VT y 5 como HYB. Algunos de estos se ubicaron muy próximos al cráter volcánico, a distancias menores de 1 km y profundidades menores a los 3 km, los más dispersos mostraron profundidades de hasta 18 km. Las magnitudes locales de los sismos registrados estuvieron entre -0.1 y 1.7 en la escala de Richter (Figura 12). Ningún sismo fue reportado como sentido.

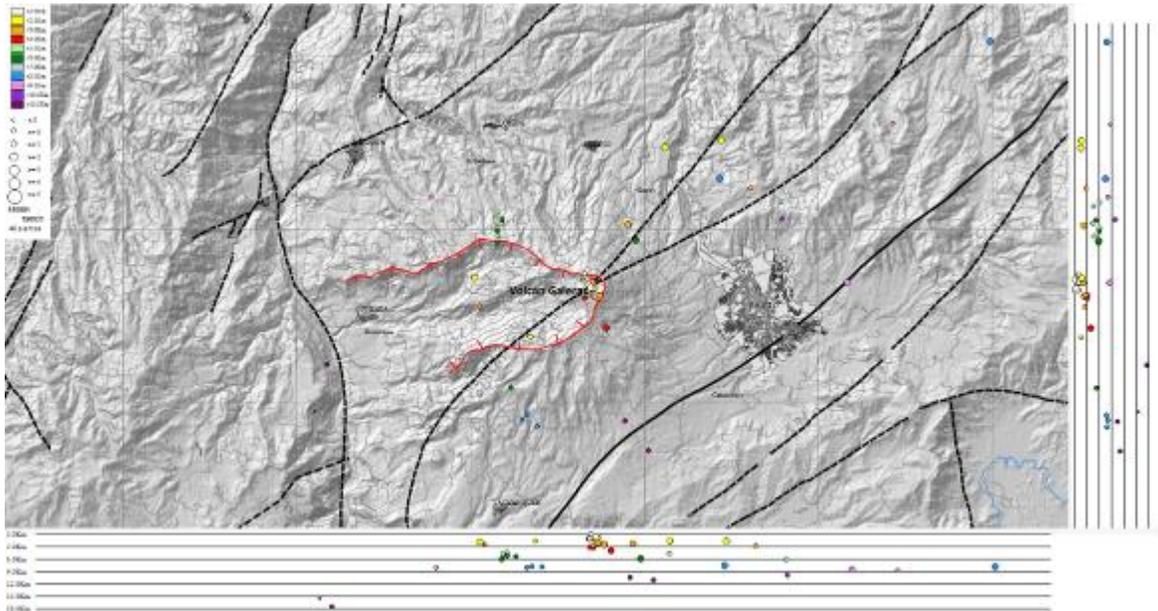


Figura 12. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados en el mes de agosto de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 3.0 km de profundidad.

1.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

1.3.1. Inclínometría Electrónica

Durante el mes de agosto de 2015 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.

En cuanto a la información suministrada por los inclinómetros electrónicos sobre los procesos deformativos del edificio volcánico, continúan los cambios en los sensores de Calabozo, Urcunina, Huairatola y Cobanegra (Figuras 13, 14, 15 y 16), estos se vienen presentando desde el 29 de mayo de manera simultánea, ascenso en las componentes de inclinación de Calabozo, en Urcunina se observa descenso en la componente Norte, de igual forma se presenta descenso en la Este de Cobanegra y ascenso en la componente Radial de Huairatola, variaciones que fluctúan desde los 10 μrad hasta los 180 μrad . Se resalta que los comportamientos ascendentes en el inclinómetro de Calabozo continuaron pese a la nivelación del sensor el 7 de julio de 2015.

En cuanto al comportamiento de los inclinómetros electrónicos Cráter, Peladitos, Arles y Cóndor, se observa estabilidad en el registro de sus dos componentes (Figuras 17, 18, 19 y 20).

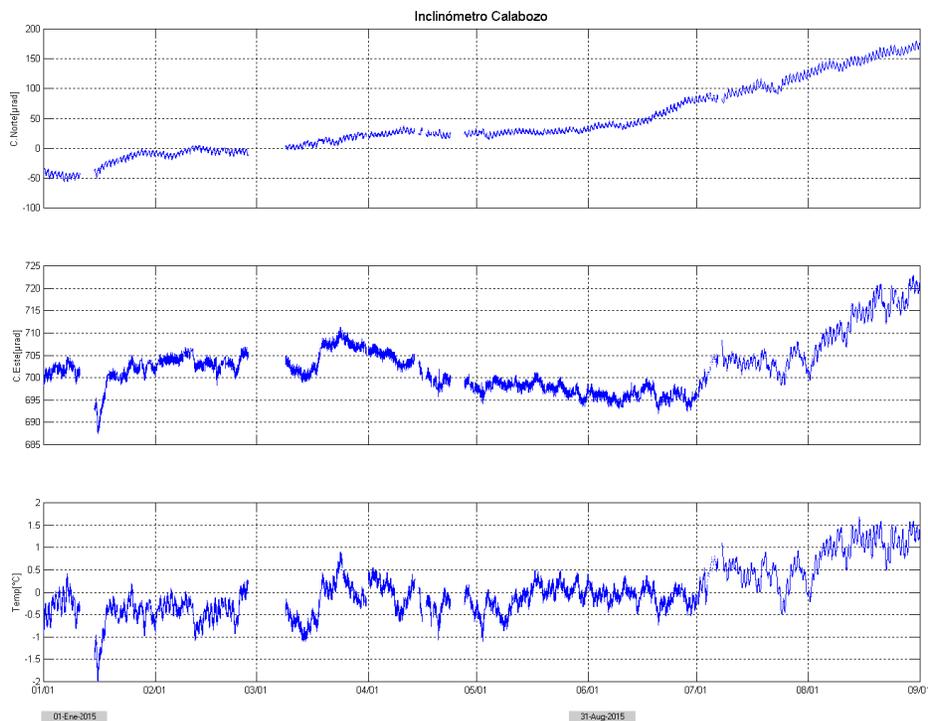


Figura 13. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Calabozo, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

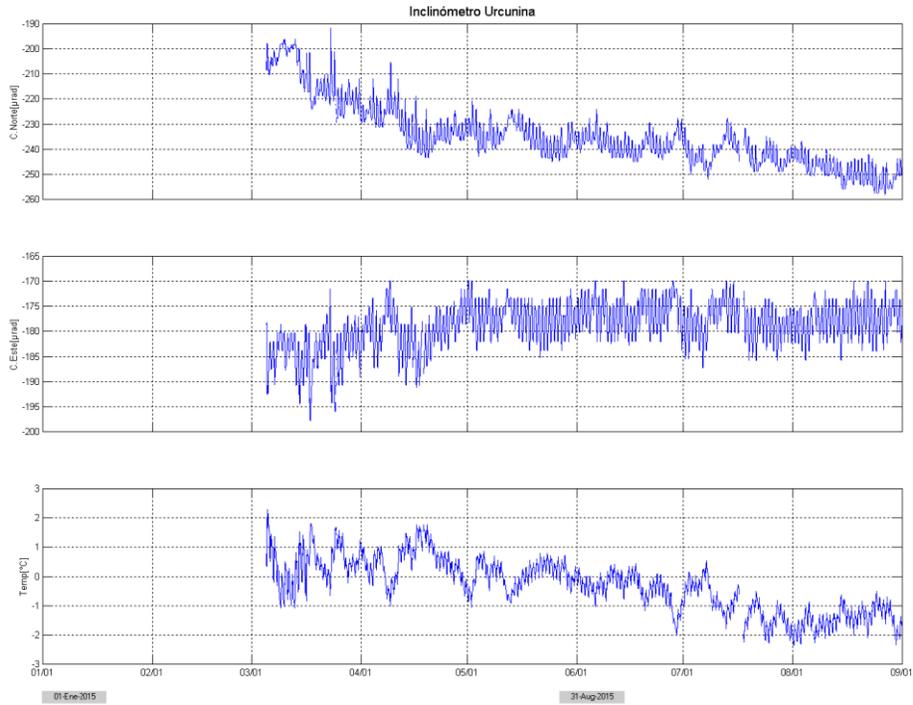


Figura 14. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Urcunina, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

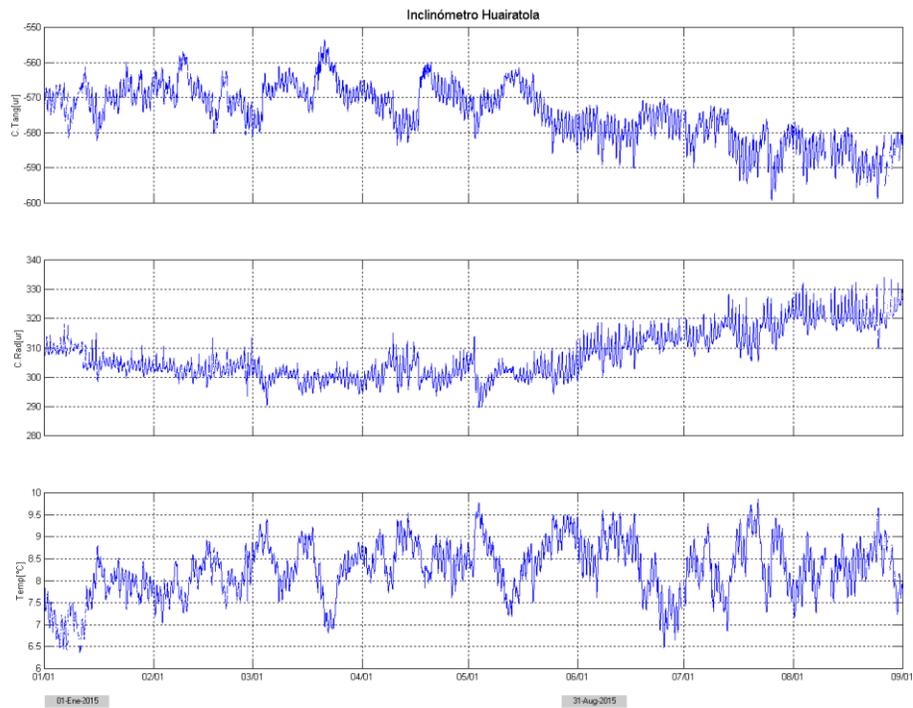


Figura 15. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Huairatola, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

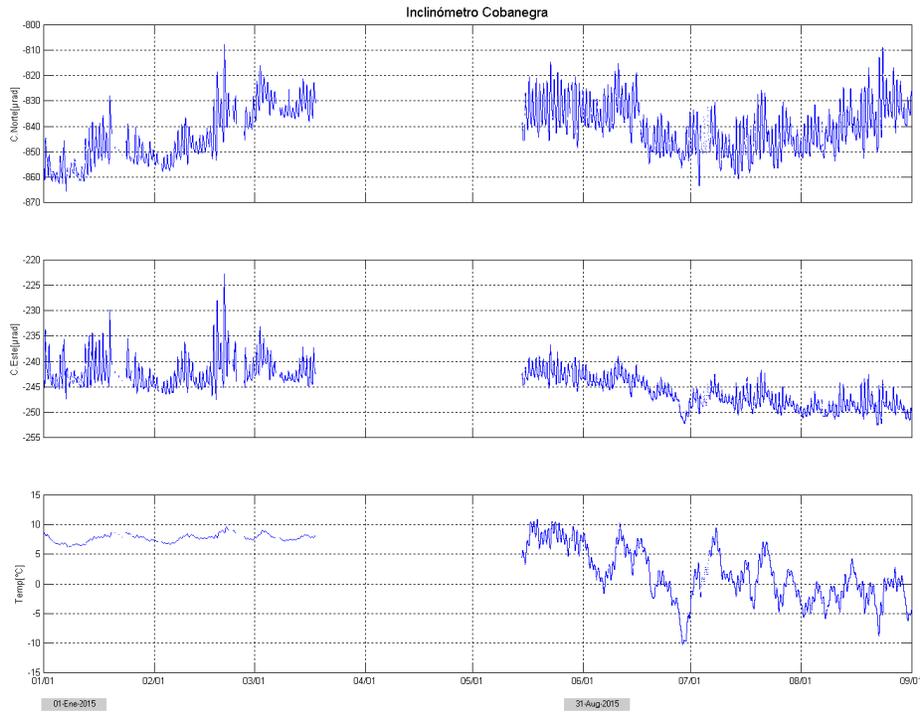


Figura 16. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cobanegra, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

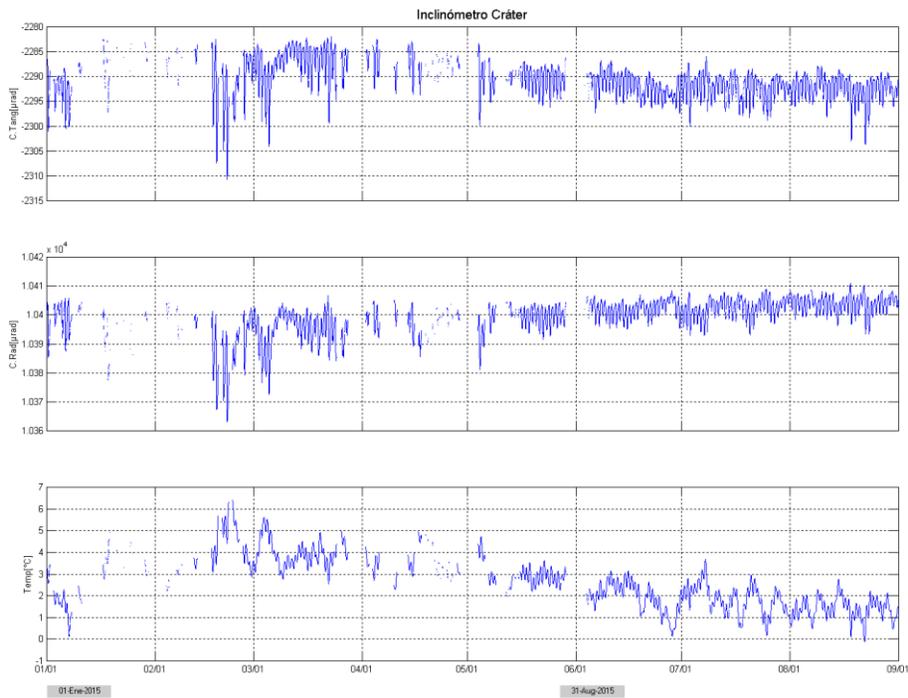


Figura 17. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cráter, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

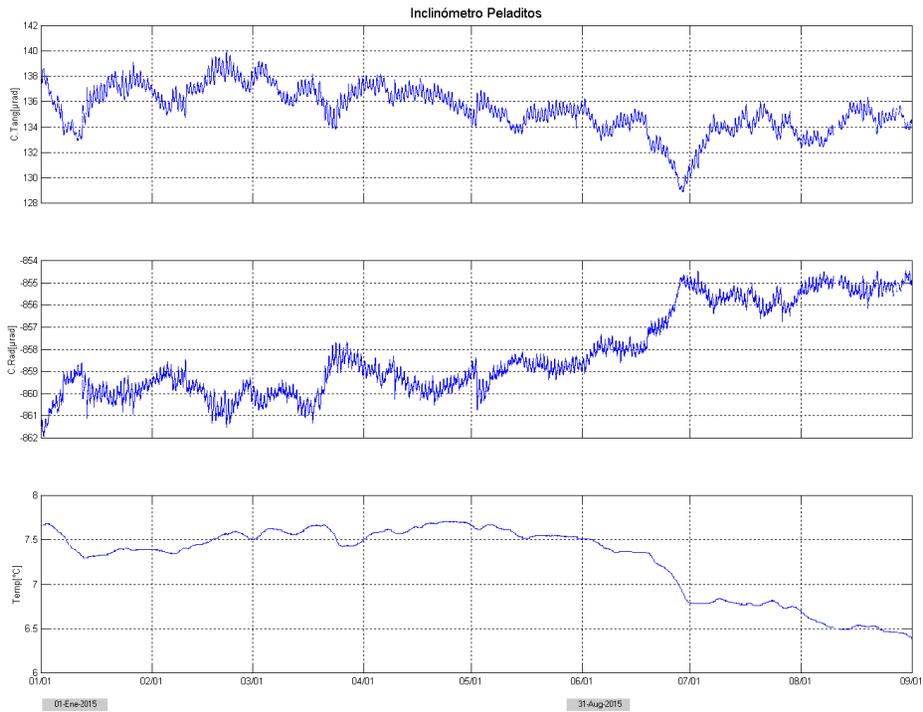


Figura 18. Componentes de inclinación Radial y Tangencial (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Peladitos, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

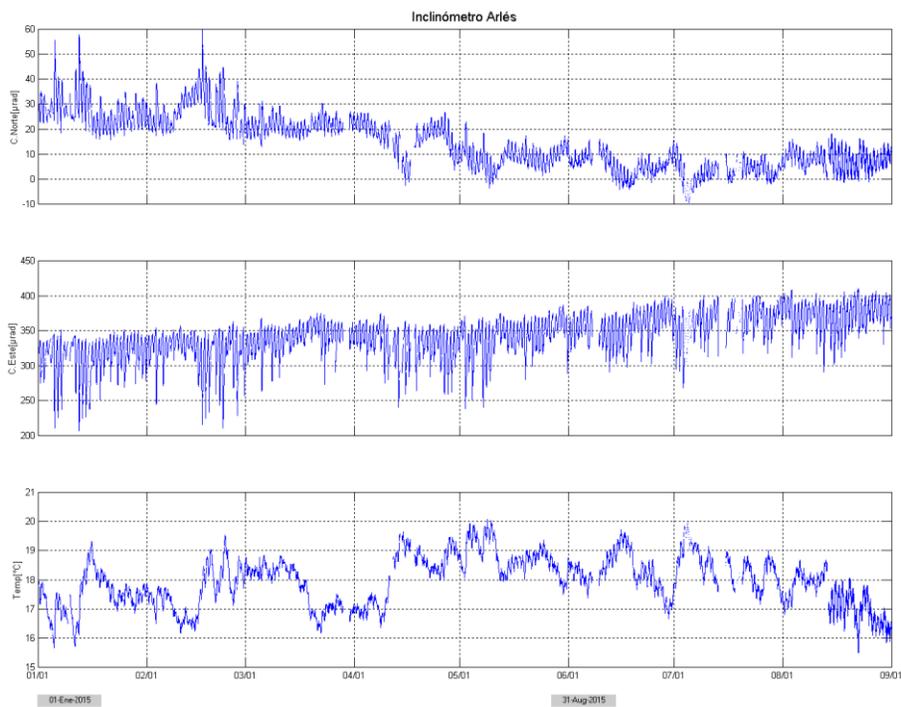


Figura 19. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Arlés, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

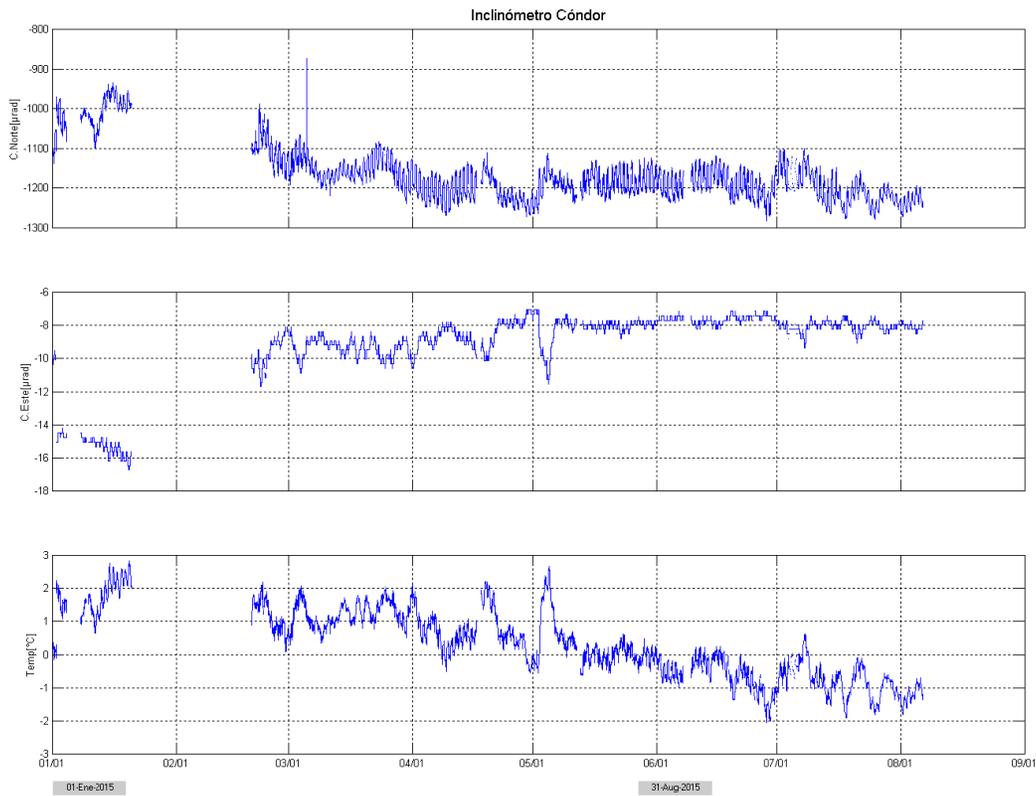


Figura 20. Componentes de inclinación Norte y Este (μrad), temperatura del inclinómetro electrónico Cónдор, instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

1.3.2. Estaciones GNSS Permanentes

En agosto de 2015 se contó con el registro de 5 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.

Algunas de las estaciones se encuentran en un proceso de estabilización con respecto al nivel base y que se requiere de un tiempo cercano de 2.5 años a partir de su instalación para la estabilidad del monumento y el equipo. Las estaciones Chiguaco e Ingenio se instalaron en abril de 2014, San Cayetano, en octubre de 2012, Cráter y Barranco en agosto y octubre de 2011 respectivamente, y Cónдор se reinstaló el 21 de febrero de 2015, luego de que una tormenta eléctrica sacó de funcionamiento el equipo, fue necesario realizar cambio tanto de antena, como de receptor, de igual forma el 14 de julio fue necesario realizar el cambio de receptor y antena en Barranco, esto debido a una tormenta eléctrica.

Con relación al procesamiento diferencial, se muestra hasta el 13 de agosto, debido a que el sistema tarda cerca de 15 días en actualizar las efemérides, correcciones que se deben realizar a las coordenadas. Con respecto a las variaciones en la posición de las estaciones GNSS, se observa estabilidad en el registro Norte y Este de Chiguaco, Cráter, El Ingenio y San Cayetano (Figuras 22, 23, 24 y 25). De igual forma en Cónдор y Barranco no se observan cambios importantes en el periodo evaluado (Figuras 26 y 27).

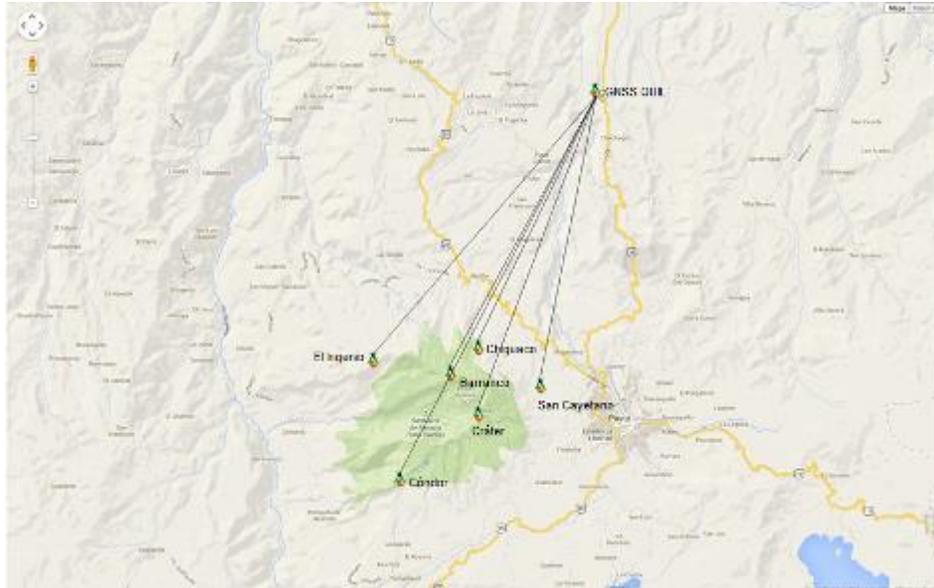


Figura 21. Ubicación de las estaciones GNSS instaladas en Galeras respecto al GNSS QUIL ubicado en el aeropuerto Antonio Nariño.



Figura 22. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Chiguaco instalado en Galeras, para el periodo comprendido entre mayo de 2014 y el 13 de agosto de 2015.

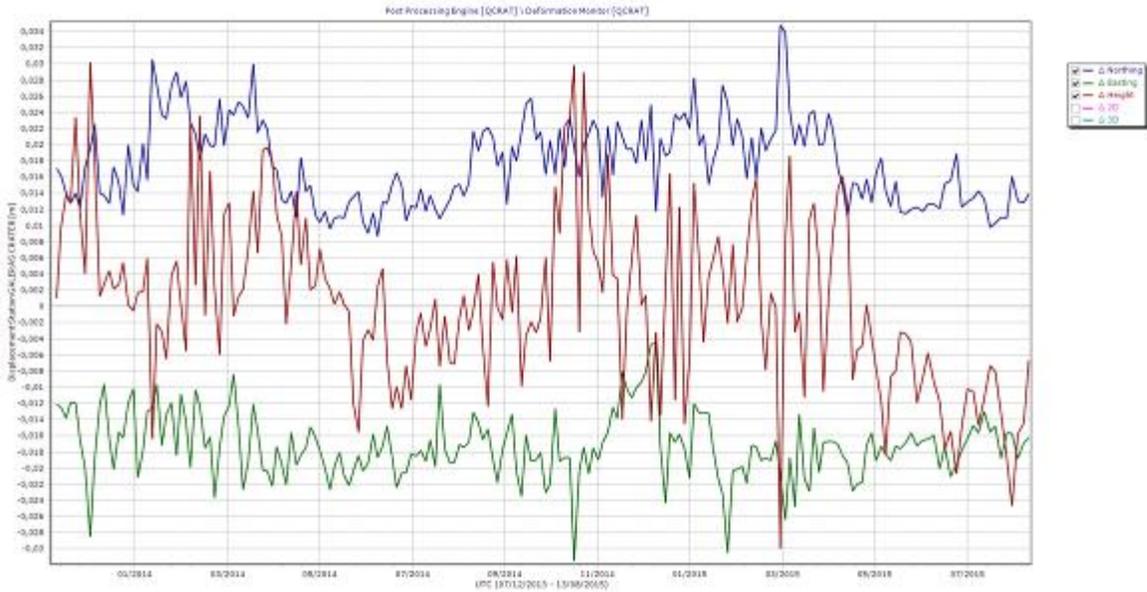


Figura 23. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Cráter instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 13 de agosto de 2015.



Figura 24. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS El Ingenio instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre el 9 de mayo de 2014 y el 13 de agosto de 2015.

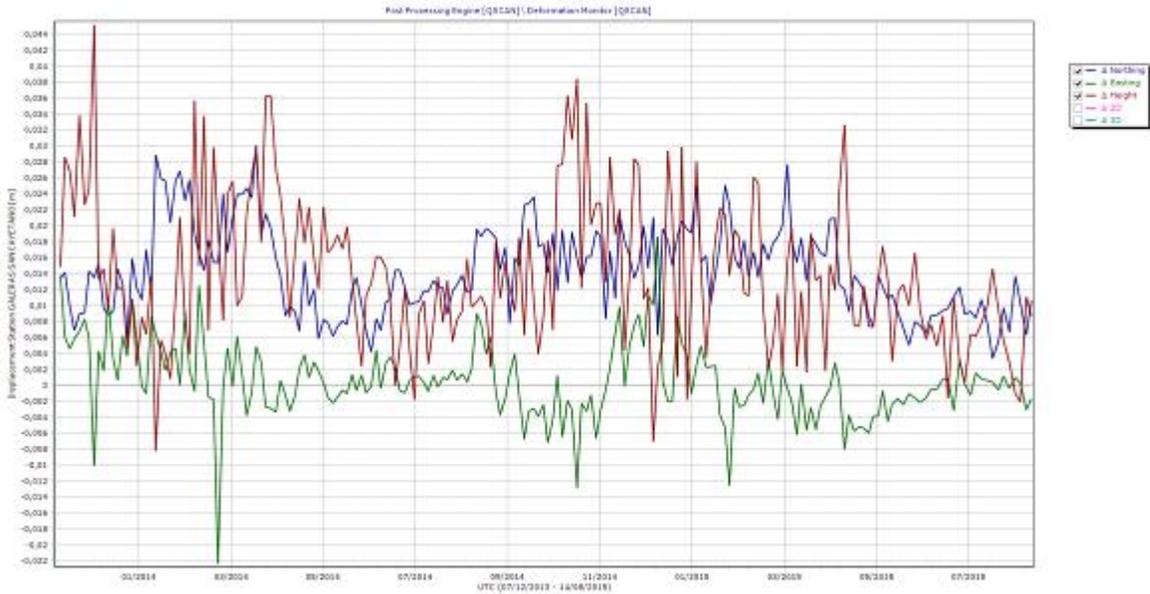


Figura 25. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS San Cayetano instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 14 de agosto de 2015.

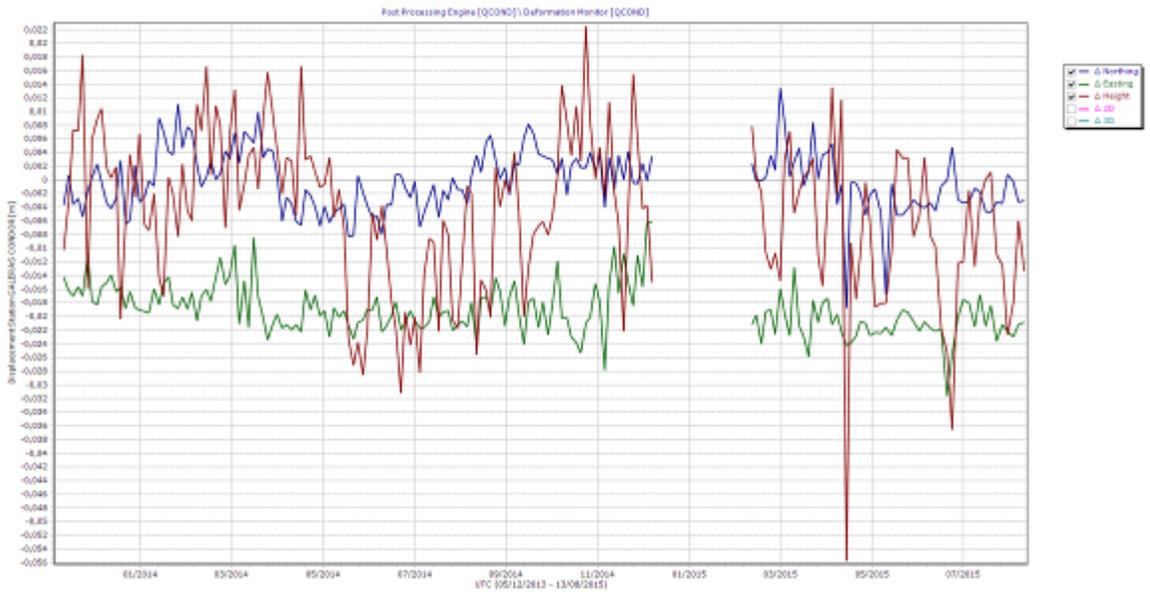


Figura 26. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Córdor instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 13 de agosto de 2015.

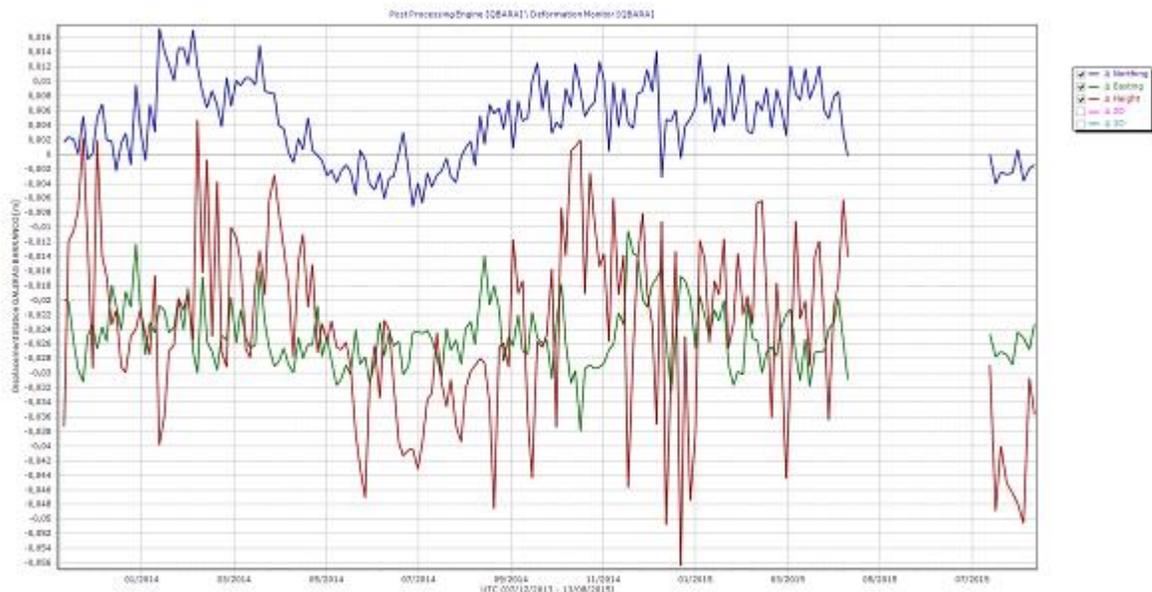


Figura 27. Variaciones en las direcciones Norte, Este y Altura de la estación GNSS Barranco instalada en Galeras, para el periodo comprendido entre diciembre de 2013 y el 13 de agosto de 2015.

1.4. GEOQUÍMICA

En cuanto a las emisiones de gases de origen volcánico en la zona de influencia del volcán Galeras, durante el mes de agosto de 2015 se efectuaron mediciones de Dióxido de Azufre (SO_2) en la atmosfera, con las estaciones permanentes ScanDOAS. Además, se realizaron mediciones de emisión del isótopo 222 del elemento radiactivo Radón (Rn_{222}), que es el isótopo más estable de éste gas, e igualmente se continuó con el muestreo de aguas en fuentes termales.

1.4.1. Mediciones de Dióxido de Azufre SO_2

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

En el volcán Galeras se encuentran ubicadas tres estaciones ScanDOAS telemétricas: Alto Jiménez, Alto Tinajillas y Santa Bárbara para el monitoreo de moléculas de dióxido de azufre (SO_2), partículas provenientes de la desgasificación del magma en el reservorio profundo. El DOAS es un sistema de espectroscopia de absorción UV que funciona mediante absorción óptica diferencial de la luz ultravioleta, en este caso diseñado para medir la concentración de gas SO_2 , convirtiendo la luz ultravioleta detectada en señales digitales, cuyo espectro se utiliza para la evaluación del gas (Instructivo del APLICATIVO ISOLUCIÓN: IN-AME-OVS-003).

Se registraron escaneos durante todos los días del mes de agosto para las estaciones Alto Jiménez y Santa Bárbara, mientras que para la estación Alto Tinajillas no se tiene registro de escaneos; se obtienen tres valores de flujo de SO_2 , los días 15, 18 y 30 de agosto, registrando valores entre 276

Ton/día hasta 424 Ton/día, valores considerados como bajos para Galeras (Figura 28 y 29, Tabla 11).

Tabla 11. Emisiones de SO₂ del volcán Galeras (cuantificadas en términos de flujo de emisión) registradas durante el mes de agosto de 2015, por las estaciones ScanDOAS (Proyecto NOVAC).

FECHA	HORA LOCAL	DIRECCION AZIMUT	VELOCIDAD [m/s]	Máximo flujo SO2 diario	Estación de registro	Instrumento
15-ago-15	08:02 AM	338	8.3	276	Alto Jimenez	SCANDOAS
18-ago-15	08:02 AM	359.3	9.16	400	Alto Jimenez	SCANDOAS
30-ago-15	08:31 AM	304.9	10.1	424	Alto Jimenez	SCANDOAS

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

Para este periodo se presenta un proceso de desgasificación en Galeras, observado en las imágenes de actividad superficial desde las cámaras web instaladas en cercanías del volcán. Se registran variaciones en la velocidad para los flujos de SO₂ de hasta los 10,1 m/s y un promedio en la dirección del viento de 333° Azimut aproximadamente. El mayor flujo de SO₂ registrado para el volcán Galeras, durante el mes de agosto de 2015 se presentó el día 30 con un valor de 424 Ton/día, considerado como un flujo moderado.

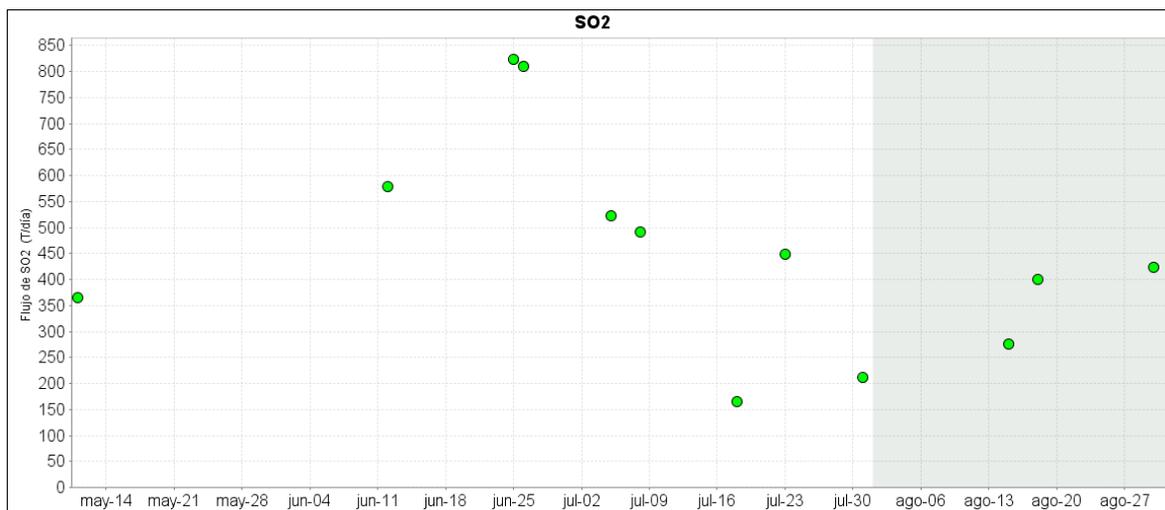


Figura 28. Flujo de emisión de SO₂ registrado desde el 1 de mayo de 2015 hasta el 31 de agosto de 2015, por los instrumentos ScanDOAS en Galeras. Se resalta en gris el mes evaluado.



Figura 29. Flujo de emisión de SO₂, dirección y velocidad del viento para el mes de agosto de 2015.

1.4.2. Mediciones del gas Radón - Rn₂₂₂

El radón 222, es un producto en la cadena de descomposición nuclear del uranio 235, tiene una vida media de 3,8 días y no se encuentra más allá de los 50 a 60 m de profundidad, entonces su difusión es la única responsable de su dispersión (Dyck y Smith 1969).

En las Figuras 29 y 30 se presentan las gráficas del comportamiento de la concentración de gas radón en el tiempo. Se puede observar en la estación Lavas un comportamiento estable durante el periodo evaluado, pero con valores más bajos de concentración, en comparación con meses anteriores. Se presenta una concentración máxima de 98411 Bq/m³ para este mes (Figura 30, Tabla 12). Para la estación Parques se continúa evidenciando oscilaciones en el comportamiento de la concentración de radón, no se evidencia una tendencia clara, se presenta un máximo de 61390 Bq/m³ (Figura 31, Tabla 13).

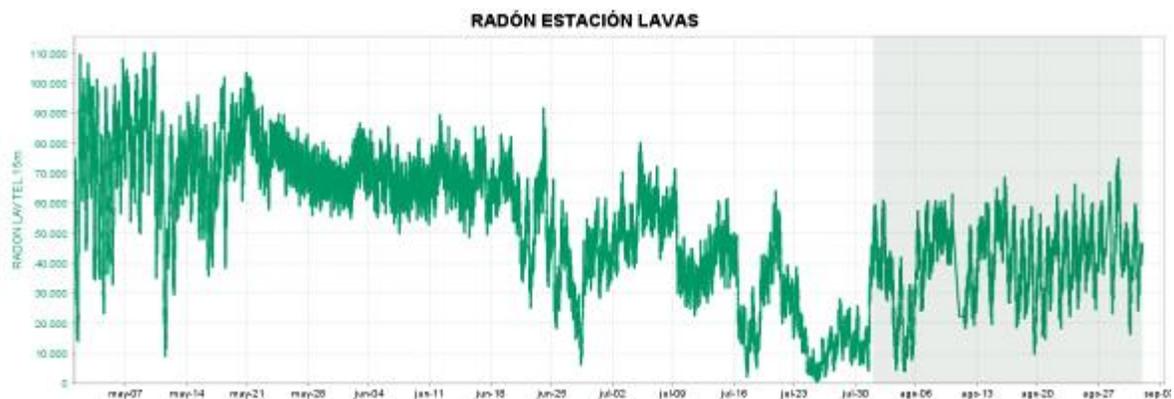


Figura 30. Concentración de gas radón en suelo - estación LAVAS, Agosto de 2015.



Figura 31. Concentración de gas radón en suelo - estación Parques, Agosto de 2015.

Tabla 12. Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Lavas – agosto de 2015.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	38948
Valor máximo	98411
Valor mínimo	1045

Tabla 13. Registro de valores máximos de concentración de Flujo del gas Radón (Rn-222) en la estación Parques – agosto de 2015.

Concentración radón (Bq/m ³)	
Valor promedio	61390
Valor máximo	114821
Valor mínimo	3233

1.5. ELECTROMAGNETISMO

Durante el mes de agosto de 2015, la red de monitoreo de campos electromagnéticos estuvo constituida por tres estaciones de campo magnético, Frailejón, Barranco y Cráter y dos estaciones para medición de las variaciones de los campos eléctricos Frailejón y Barranco.

Las variaciones de campo magnético observadas en las estaciones de monitoreo volcánico en Galeras no muestran cambios importantes, asociados a procesos de origen volcánico. En la estación de Frailejón, el campo total tuvo un valor promedio de 28.605 nT (Figura 32).

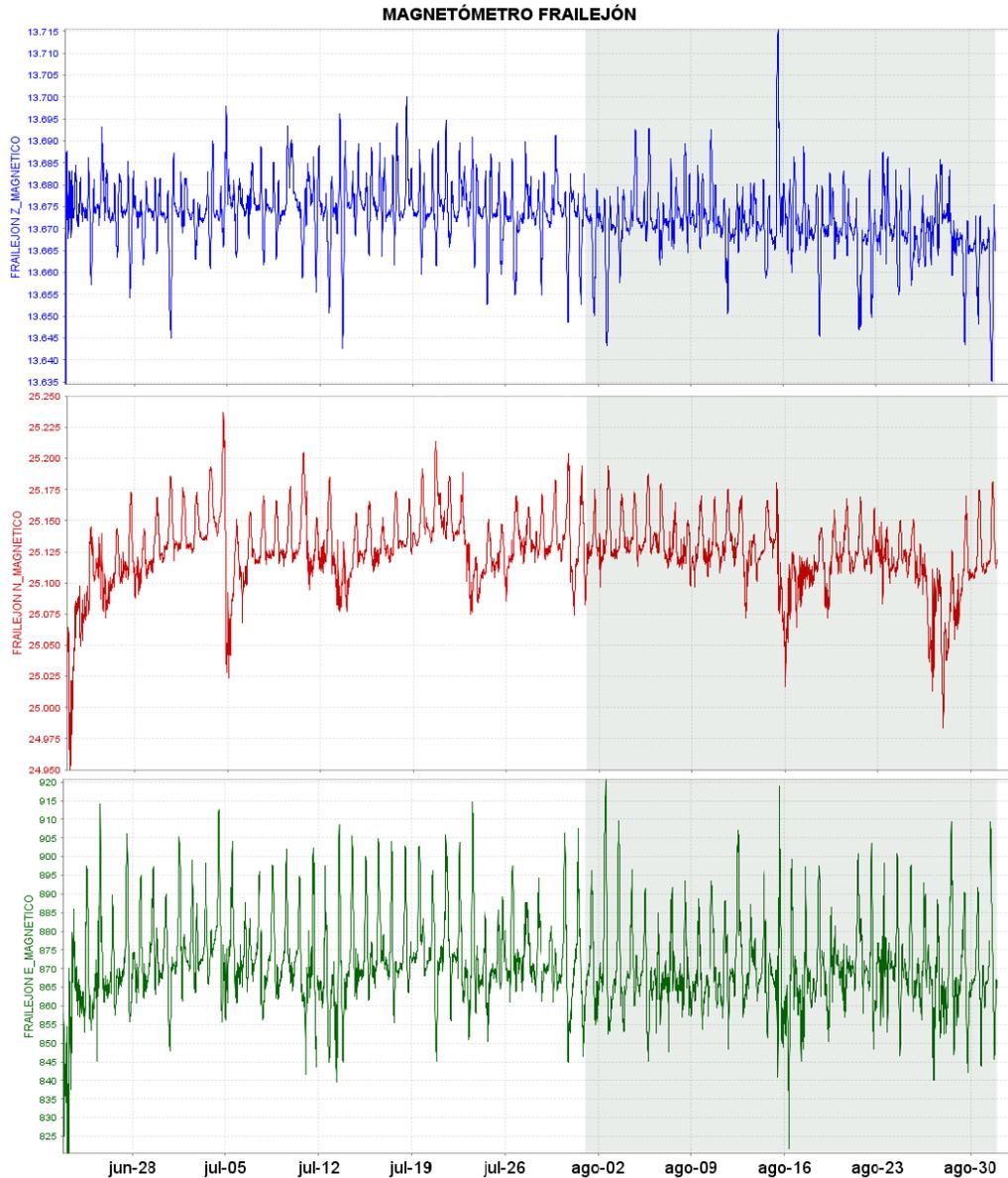


Figura 32. Variaciones del campo magnético, en la estación Frailejón, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 25 de junio y el 31 de agosto de 2015. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde).

En la estación Barranco se realizó mantenimiento correctivo el 11 de agosto, en el que hubo necesidad de realizar cambio de magnetómetro debido a que el anterior salió de funcionamiento a causa de una tormenta eléctrica, sin embargo para finales del mes, el campo total tuvo un valor promedio de 28.506 nT (Figura 33).

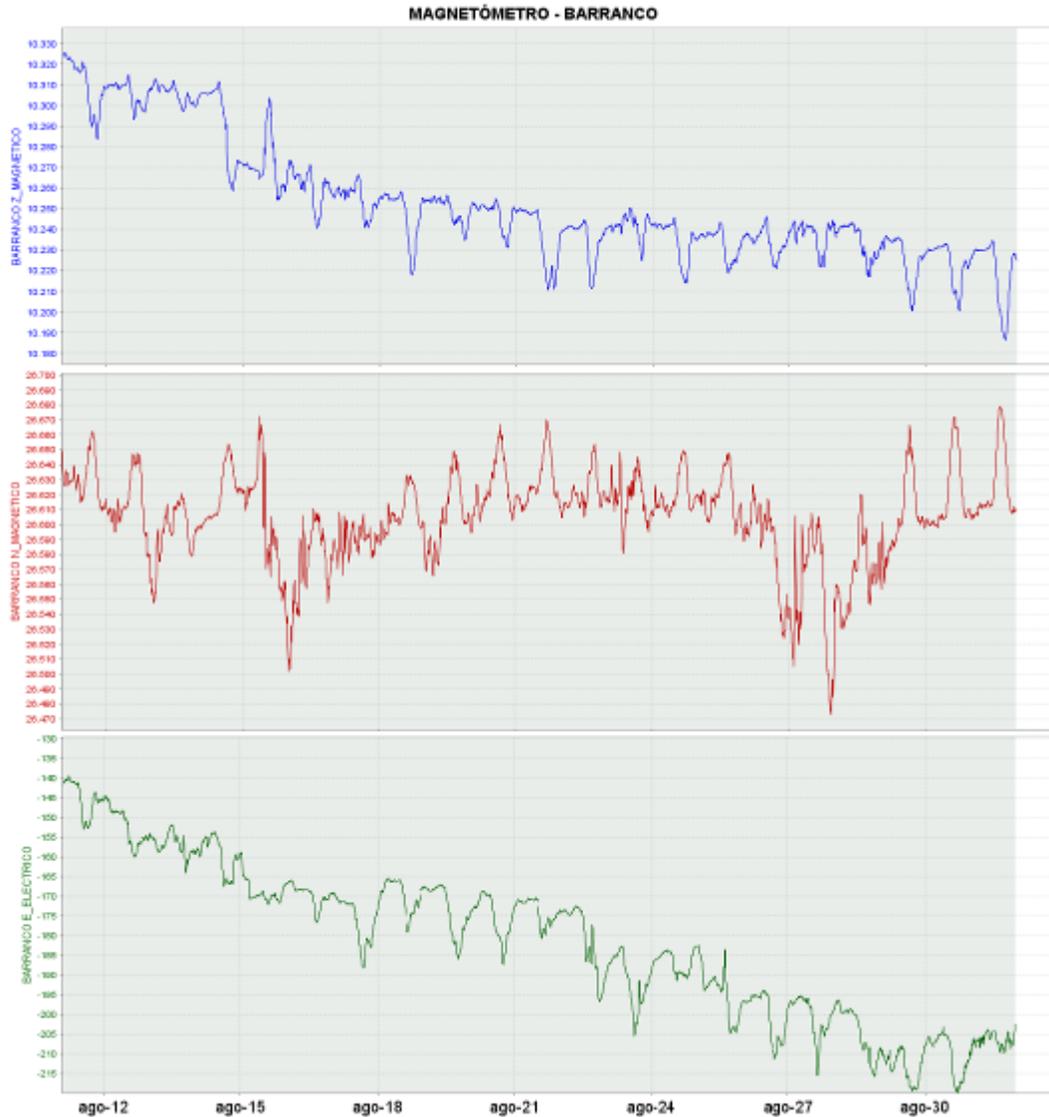


Figura 33. Variaciones del campo magnético, en la estación Barranco, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 11 y el 31 de agosto de 2015. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde).

De igual manera, para la estación Cráter se realizó mantenimiento correctivo el 19 de agosto, para esta estación el campo magnético promedio fue de 33.422 nT (Figura 34), valor que se encuentra dentro del rango del campo magnético de la zona de estudio (entre 30.000 y 35.000 nT). Las variaciones observadas en estas estaciones están relacionadas con las variaciones día-noche del campo magnético terrestre y la más resaltante, registrada entre el 27 y 28 de agosto, se asocia con variaciones del campo externo, posiblemente causada por una tormenta solar.

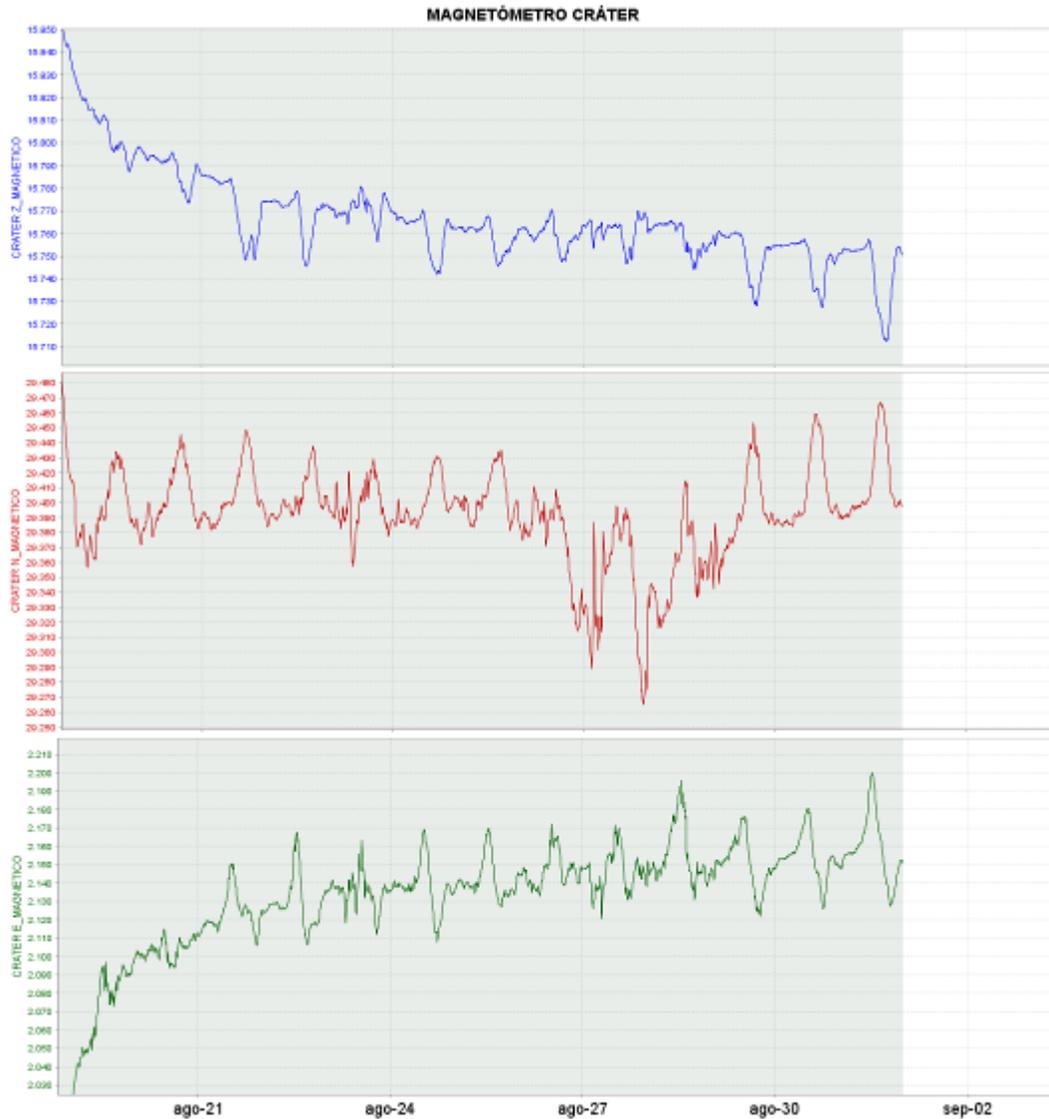


Figura 34. Variaciones del campo magnético, en la estación Cráter, perteneciente a la red de monitoreo del volcán Galeras, entre el 11 y el 31 de agosto de 2015. Componente Z (azul), NS (roja) y EW (verde).

En cuanto a los Campos eléctricos, las variaciones fueron bajas y se asociaron principalmente a variaciones día noche y muy posiblemente a efectos de lluvias en la zona de estudio. El 19 de agosto se realizó cambio de sensores en la estación Frailejón, sin embargo a partir de esa fecha y hasta finalizar el mes, la componente NS tuvo una variación de 2 mV/m y la componente EW tuvo una variación de 1 (Figura 35). En la estación Barranco, la componente NS tuvo una variación de 12,5 mV/m para el mes, en tanto que la componente EW mostró la mayor variación, de 90 mV/m (Figura 36); posiblemente esta componente muestra la mayor variación, porque puede estar influenciada por una leve pendiente, que hace filtrar las aguas lluvias en esta dirección, en la zona donde se encuentra la estación.

CAMPO ELÉCTRICO - FRAILEJÓN

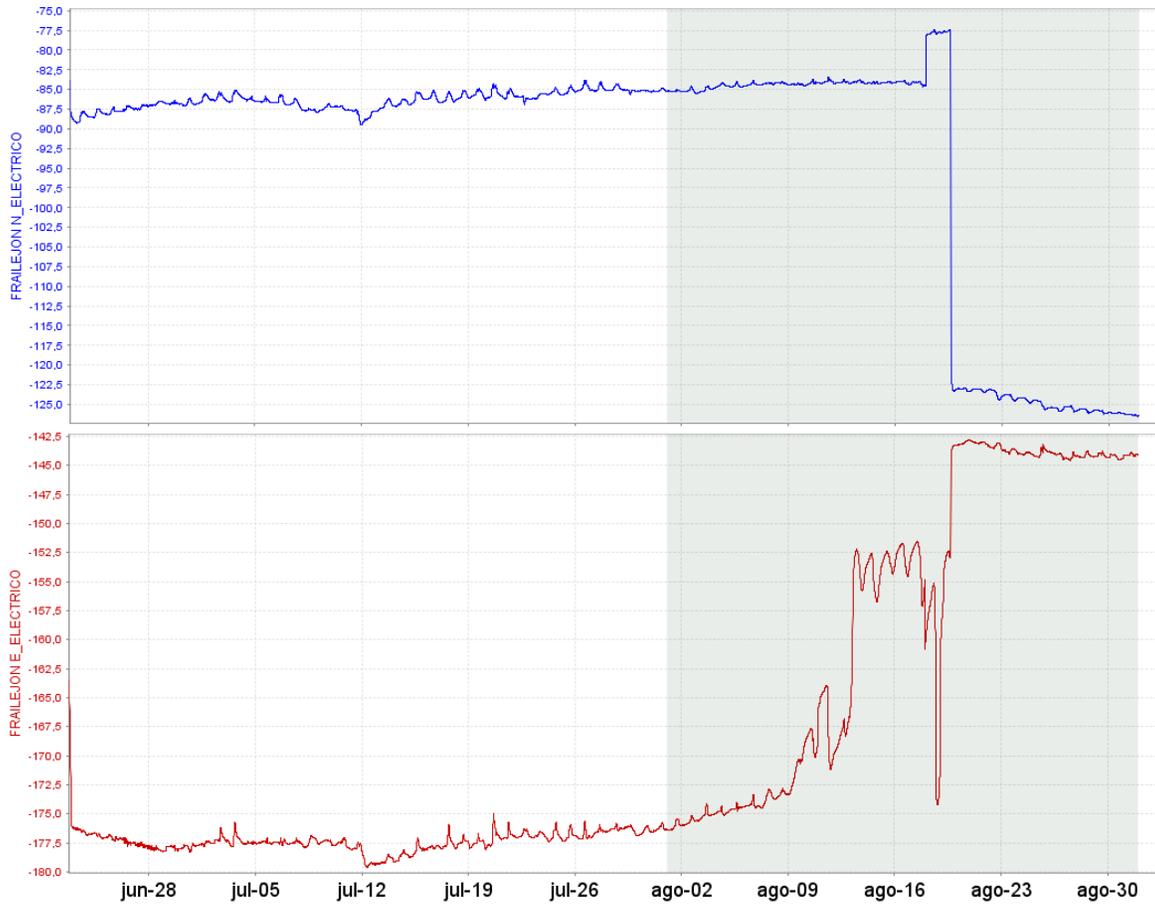


Figura 35. Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Frailejón, entre el 24 de junio y el 31 de agosto de 2015.

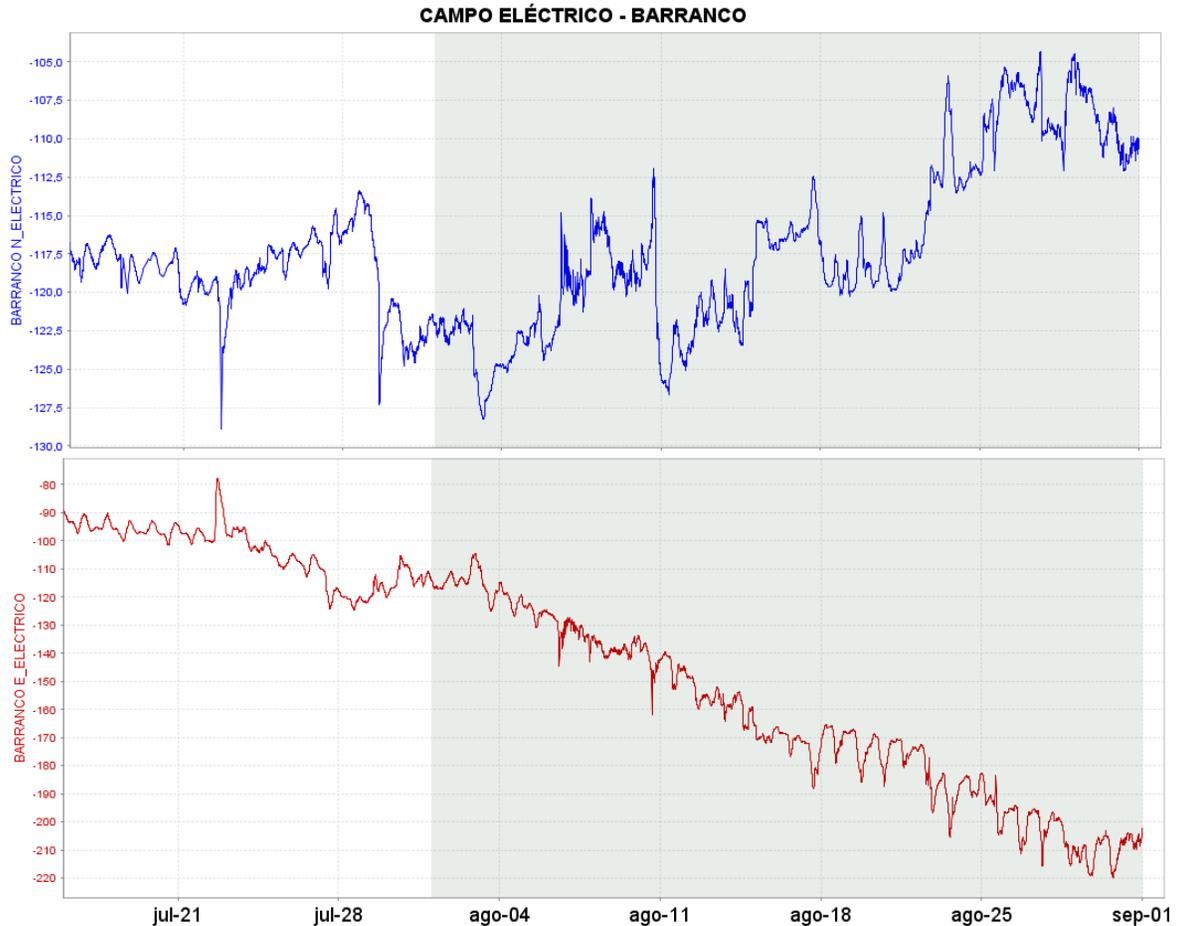


Figura 36. Variaciones del Campo eléctrico, en las dos componentes: NS (azul) y EW (rojo), de la estación de Barranco, entre el 19 de julio y el 31 de agosto de 2015.

1.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL Y CAMBIOS GEOMORFOLÓGICOS

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

Condiciones favorables de clima permitieron la mayor parte del tiempo observar emisiones de gases, excepto los días 1, 4, 13, 15, 16, 24, 25, 28, 29, 30 y 31 de agosto, no fue posible obtener registro debido a la alta nubosidad presente en la cima volcánica. La dispersión de las columnas de gases fue variable debido a la acción de los vientos. Los principales focos de emisión continúan ubicados en el cráter principal, sector norte y occidente del cono volcánico. En las Figuras 37 a 42 se presentan algunas imágenes asociadas a procesos de emisión de gases en Galeras.



Figura 37. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 2 de agosto de 2015, en horas de la tarde, a las 6:22 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco.

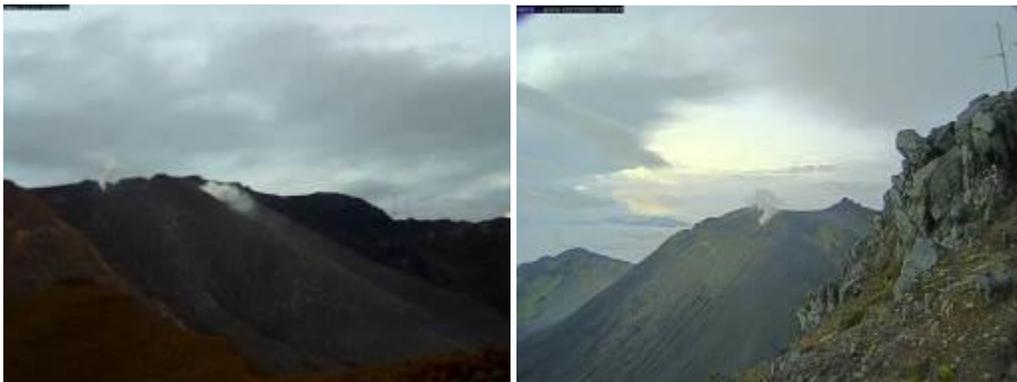


Figura 38. Imágenes de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 8 de agosto de 2015, en horas de la tarde 6:17 p.m. y 6:21 p.m., capturadas desde las cámaras de Barranco y Bruma.



Figura 39. Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 9 de agosto de 2015, a las 4:58 p.m. y 6:43 p.m., desde las cámaras de Bruma y Barranco.



Figura 40. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 12 de agosto de 2015, en horas de la tarde 5:12 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Barranco.



Figura 41. Imagen de la emisión de gases del volcán Galeras presentada el 21 de agosto de 2015, en horas de la tarde 6:37 p.m., capturada desde la cámara ubicada en el sector de Bruma.



Figura 42. Imágenes de las emisiones de gases del volcán Galeras, capturadas el 26 de agosto de 2015, a las 4:59 p.m. y 5:39 p.m., desde la cámara de Barranco.

1.7. CONCLUSIONES

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

2. ACTIVIDAD DEL COMPLEJO VOLCÁNICO CUMBAL – AGOSTO DE 2015

2.1. RED DE VIGILANCIA

En la Figura 43 se puede apreciar la disposición de la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal que consta de cuatro estaciones para monitorear su sismicidad (dos sensores de banda ancha y dos de corto periodo), cuatro estaciones para el seguimiento de la deformación cortical del edificio volcánico y un sensor de presión acústica. Adicionalmente, se tiene una cámara de video permanente para observación y seguimiento de la actividad superficial, instalada en el municipio de Cumbal. De igual forma se cuenta con el registro de la estación Cumbal, muy cerca de la Laguna de Cumbal, estación de monitoreo de la red de la RSNC (Figura 43).

En la Tabla 14, se consigna el nombre de cada estación con sus características. En la Figura 44 se muestra el porcentaje de funcionamiento de las estaciones.

También se cuenta con una red de muestreo de gases en fumarola y aguas en fuentes termales (Figura 43).

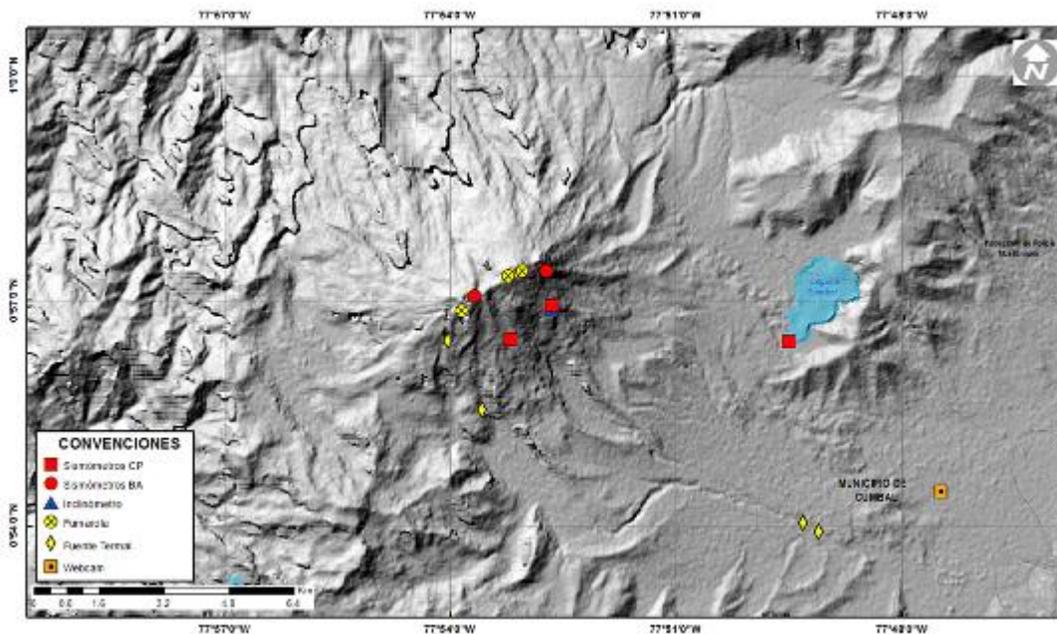


Figura 43. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de vigilancia del complejo volcánico Cumbal, durante el mes de agosto de 2015.

Las estaciones de la red instalada para el monitoreo del volcán Cumbal, durante el mes de agosto de 2015, tuvieron un porcentaje de funcionamiento del 75% (Figura 44).

Tabla 14. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del complejo volcánico Cumbal durante el mes de agosto de 2015.

Estación	Transmisión de Datos	Tipo de Sensor	Componente	Distancia al Cráter Mundo Nuevo (Km)	Ubicación Respecto al Cráter Mundo Nuevo	Altitud (msnm)
La Nieve	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Sismómetro Corto periodo	Triaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Sismómetro Banda Ancha	Triaxial	2.0	NE	4519
La Mesa	Digital	Sismómetro Corto periodo	Vertical	2,5	ESE	4270
La Nieve	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	0,2	E	4696
Limones	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	1,5	SE	4232
Punta Vieja	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2.0	NE	4519
La Mesa	Digital	Inclinómetro Electrónico	Biaxial	2,5	ESE	4270
La Mesa Acústico	Digital	Sensor de Presión Acústica	Unidireccional	2,5	ESE	4270

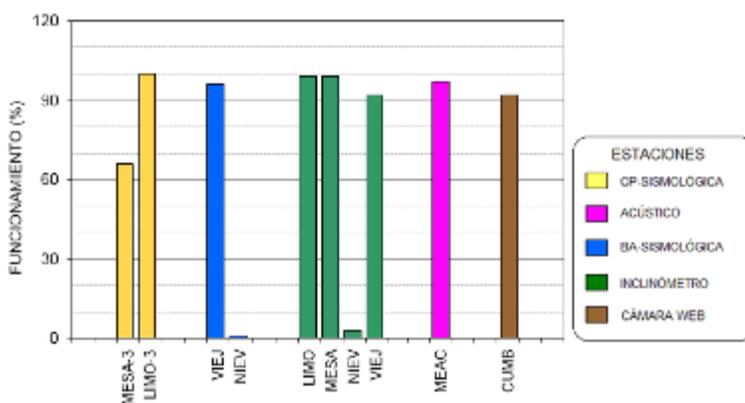


Figura 44. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del complejo volcánico Cumbal durante el mes de agosto de 2015.

2.2. SISMOLOGÍA

En agosto de 2015 se presentó un incremento del 27.9% en el número total de sismos volcánicos, pasando de 826 a 1057 eventos (Tabla 15, Figura 45). El mayor ascenso en ocurrencia se observó para los sismos tipo LPS con un 65.1%, seguido por los eventos asociados con fractura de roca (VT) con un 43% (Figura 46). De igual forma los eventos asociados con movimiento de fluidos al interior del volcán de fuente persistente mostraron descenso en su número, de 16 a 1 sismo. Hubo predominio de la sismicidad tipo LPS con un 53% del total de eventos sísmicos, seguido por un 23% de los sismos asociados con fractura de roca y posterior movimiento de fluidos (HYB) Figura 47. En el periodo evaluado se presentaron cuatro eventos Largo Periodo tipo Tornillo (Tabla 15).

Tabla 15. Número de eventos volcánicos por tipo registrados entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo						TOTAL
	vt	lps	tre	hyb	tor	vol	
01-may-15 a 31-may-15	295	565	47	1492	7	1	2407
01-jun-15 a 30-jun-15	172	180	27	579	3	0	961
01-jul-15 a 31-jul-15	172	338	16	293	7	0	826
01-ago-15 a 31-ago-15	246	558	1	248	4	0	1057

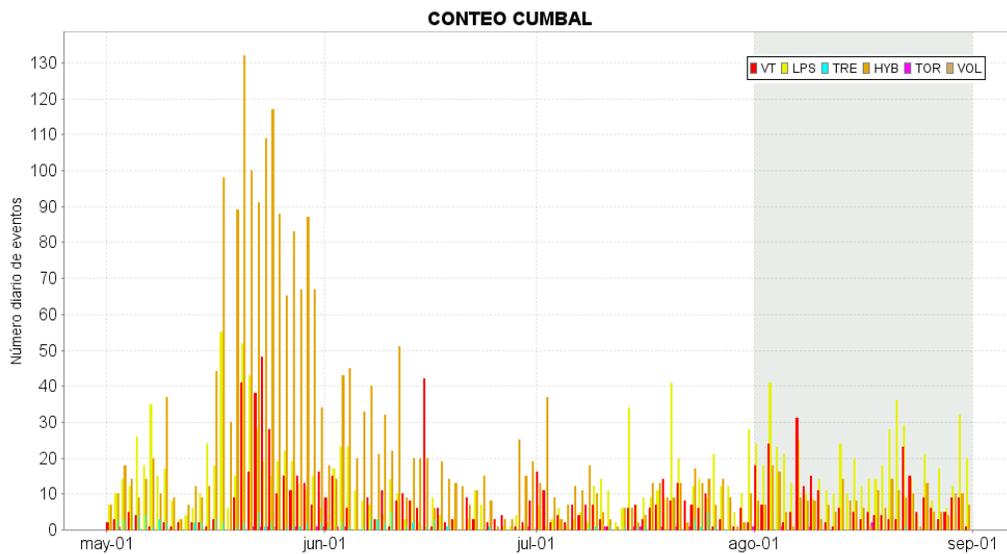


Figura 45. Conteo diario de los diferentes tipos de sismicidad volcánica, para los meses entre mayo y agosto de 2015.

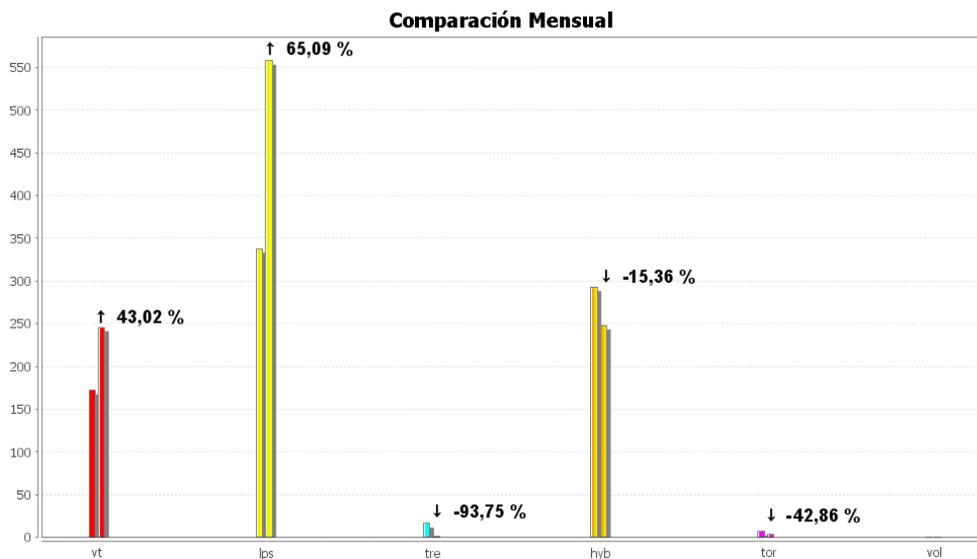


Figura 46. Comparación porcentual del número de eventos volcánicos por tipo ocurridos durante el mes de agosto (barras de la derecha) respecto al mes de julio (barras de la izquierda).

Relación Porcentual Mensual

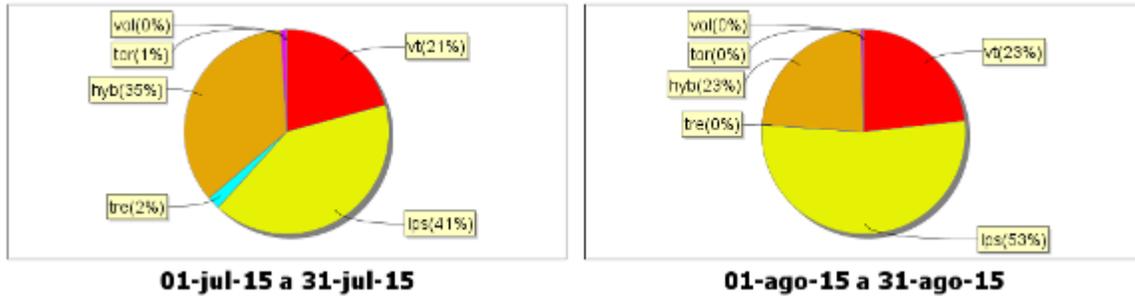


Figura 47. Porcentajes de ocurrencia sísmica mensual por tipo de evento en el volcán Cumbal para julio y agosto de 2015.

Fue posible localizar 12 sismos, de los cuales 9 fueron asociados con fractura de roca y 2 fueron eventos Híbridos y un LPS. La gran mayoría de eventos se ubicó en inmediaciones de los dos conos activos del complejo volcánico de Cumbal, La Plazuela (sector nororiente) y Mundo Nuevo al sur, con profundidades entre 0.7 y 8.1 km. La magnitud local estuvo entre -0.5 y 0.6 en la escala de Richter, (Figura 48).

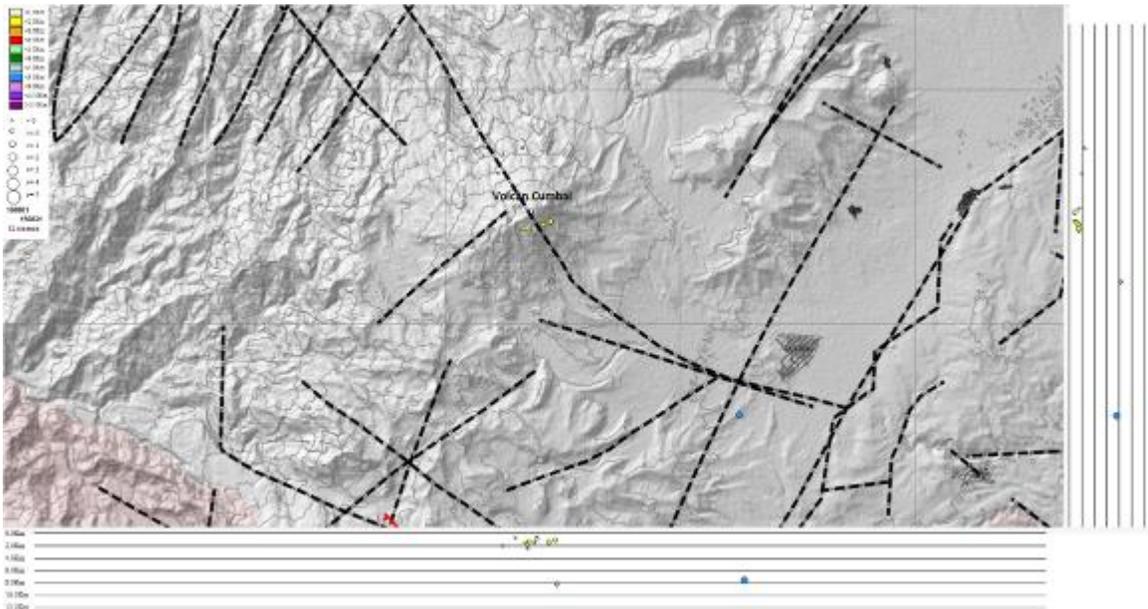


Figura 48. Localización epicentral e hipocentral de sismos VT e HYB registrados entre el 1 y el 31 de agosto de 2015. En los cortes Norte-Sur (derecha) y Este-Oeste (abajo) cada línea de división representa 2 km de profundidad respecto a la cima volcánica (4760 msnm).

De la sismicidad presente en el complejo volcánico de Cumbal, se destaca la ocurrencia de los eventos de Largo Periodo tipo Tornillo (TOR), los cuales presentaron frecuencias dominantes entre 1.41 y 1.64 Hz (Figura 49), y duraciones entre 33 y 106 segundos. En las Figuras 50 y 51 se presentan a manera de ejemplo, el registro de los eventos TOR ocurridos el 8 y el 17 de agosto de 2015.

Se resalta que, hasta la fecha este tipo de eventos no muestran en sus parámetros evaluados una correlación con procesos de presurización del sistema volcánico.

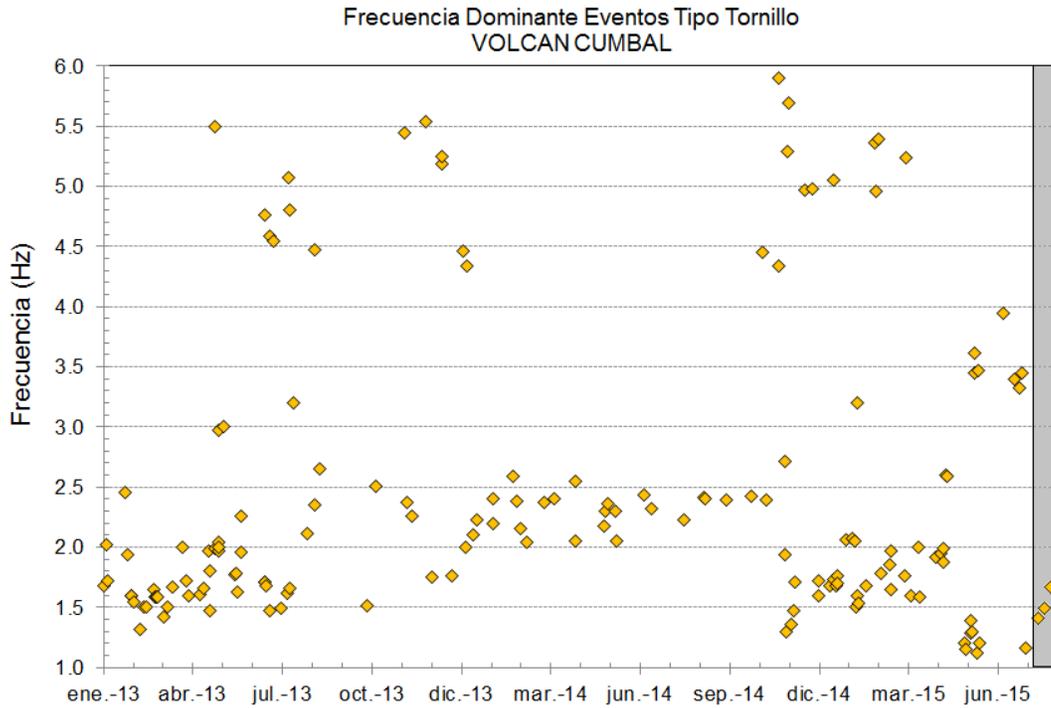


Figura 49. Frecuencias mostradas por los eventos tipo TOR registrados por las estaciones sísmicas instaladas en el complejo volcánico de Cumbal, entre el 1 de enero de 2013 y el 31 de agosto de 2015, resaltando los eventos registrados en el mes de agosto de 2015 en el recuadro gris.

08/Agosto/2015 a las 23:10:42 LT
Estación Base: Limones Amplitud: 107 cuentas
Frecuencia dominante: 1.49 Hz
Frecuencia sub-dominante: 2.98 Hz
Duración: 51 Seg.
Factor h: 0.0095
Factor Q: 50.2583

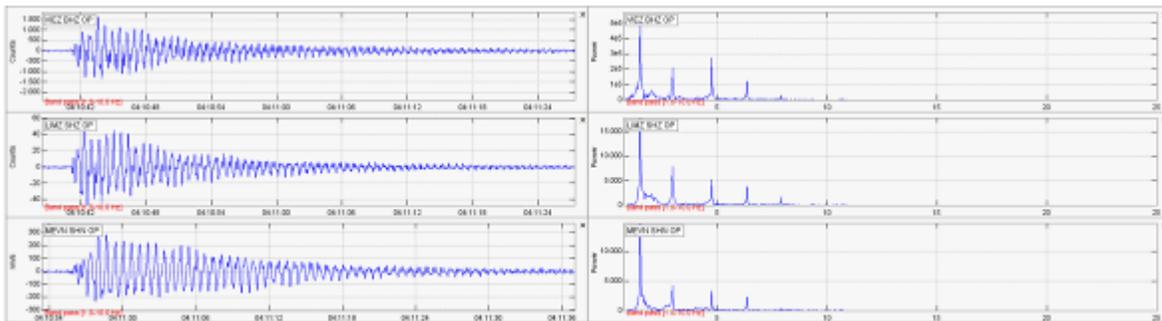
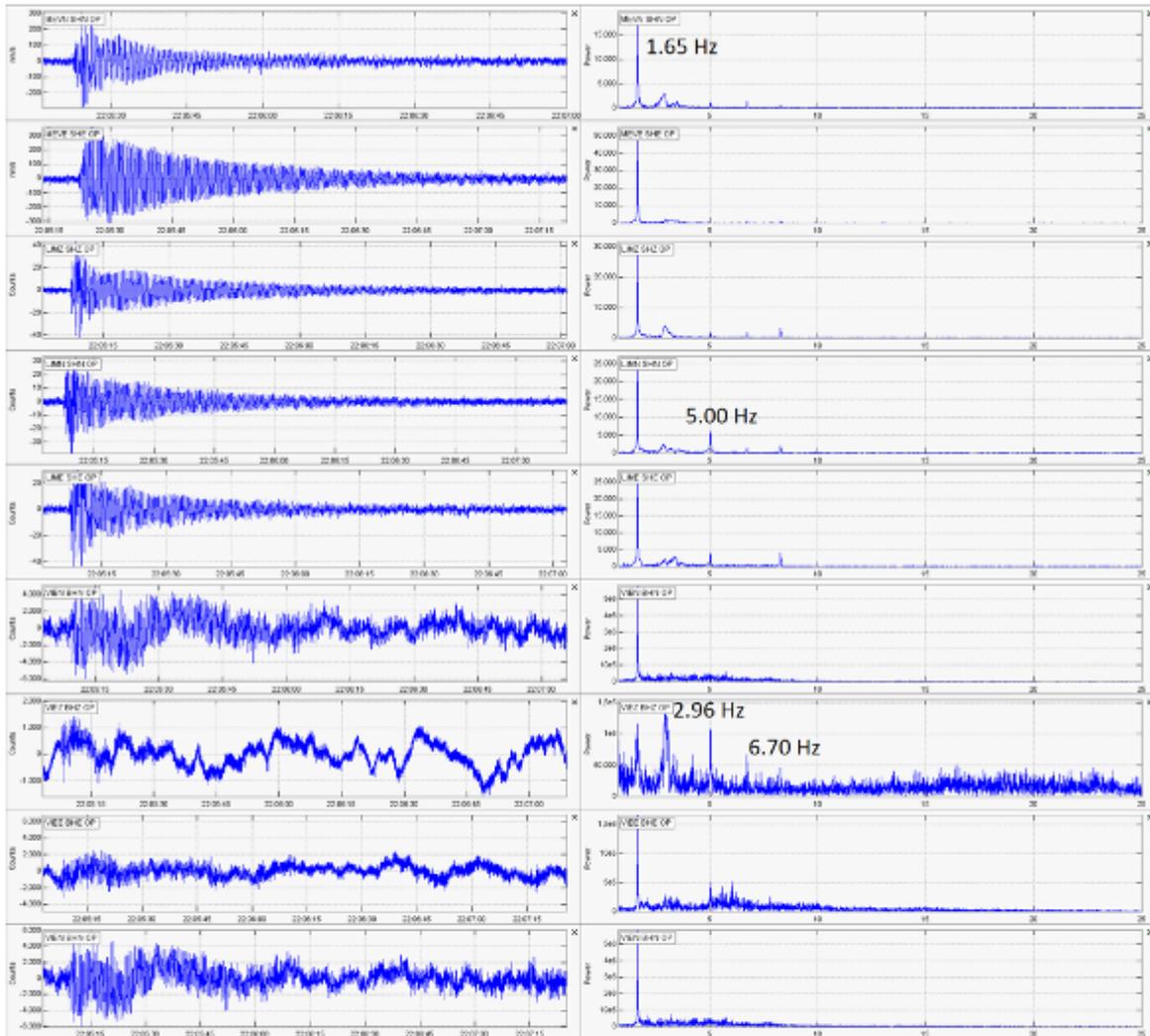


Figura 50. Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 8 de agosto de 2015 a las 11:10 p.m., registrando 51 segundos de duración.



Agosto 17 de 2015 5:05 p.m.
Amplitud: 84 cuentas (limones)
Frecuencia dominante: 1.65 Hz
Factor h: 0.00417

Duración: 106 Seg
Frecuencia sub-dominante: 2.96 Hz
Factor Q: 120.0413

Figura 51. Sismogramas y espectros en frecuencia del sismo tipo TOR, ocurrido en Cumbal, el 17 de agosto de 2015 a las 5:05 p.m., registrando 106 segundos de duración.

2.3. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

En cuanto a los procesos de deformación del edificio volcánico se observó estabilidad en la componente de inclinación Norte el inclinómetro Limones, los cambios observados en la Este son similares a los registrados por el sensor de temperatura (Figura 52), de igual forma se presenta un

comportamiento descendente en la componente de inclinación Norte y ascendente en la Este del equipo Punta Vieja, tendencias semejantes a lo registrado por el sensor de temperatura (Figura 53).

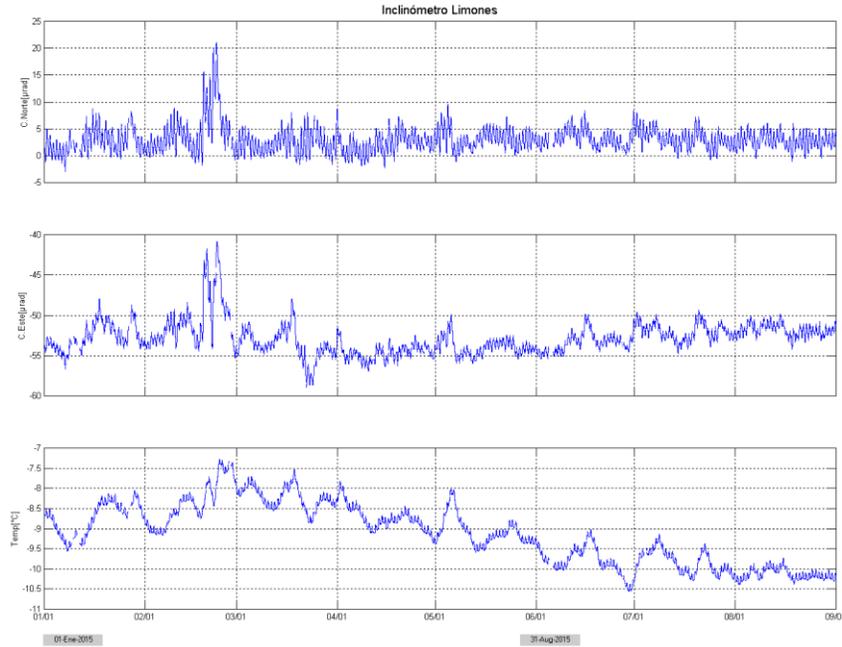


Figura 52. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Limones, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

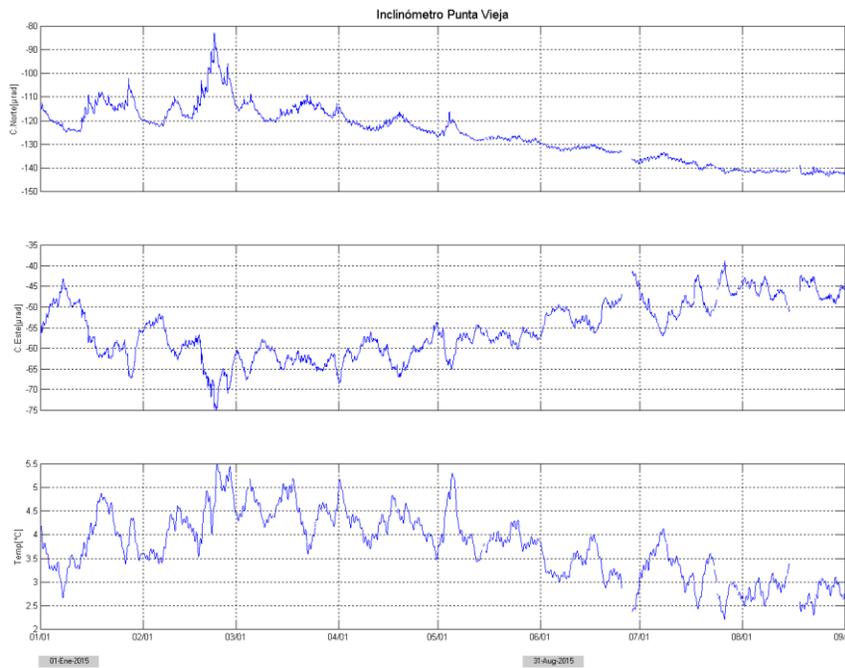


Figura 53. Componentes de inclinación Norte, Este, temperatura del inclinómetro electrónico Punta Vieja, instalado en el complejo volcánico de Cumbal, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

2.4. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Debido a la alta nubosidad imperante en la zona del Complejo Volcánico de Cumbal, fue posible evidenciar emisión de gases tan solo el día 21 de agosto de 2015, en horas de la tarde, con alturas de columna y dispersión variables por acción de los vientos (Figura 54).



Figura 54. Emisión de gases desde el campo fumarólico El Verde, 21 de agosto de 2015, 6:25 de la tarde.

2.5. CONCLUSIONES

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

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de agosto de 2015 permitió, que la actividad del complejo volcánico Cumbal permaneciera en **NIVEL AMARILLO** ■ **(III): “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”**.

3. ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO AGOSTO DE 2015

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 55).

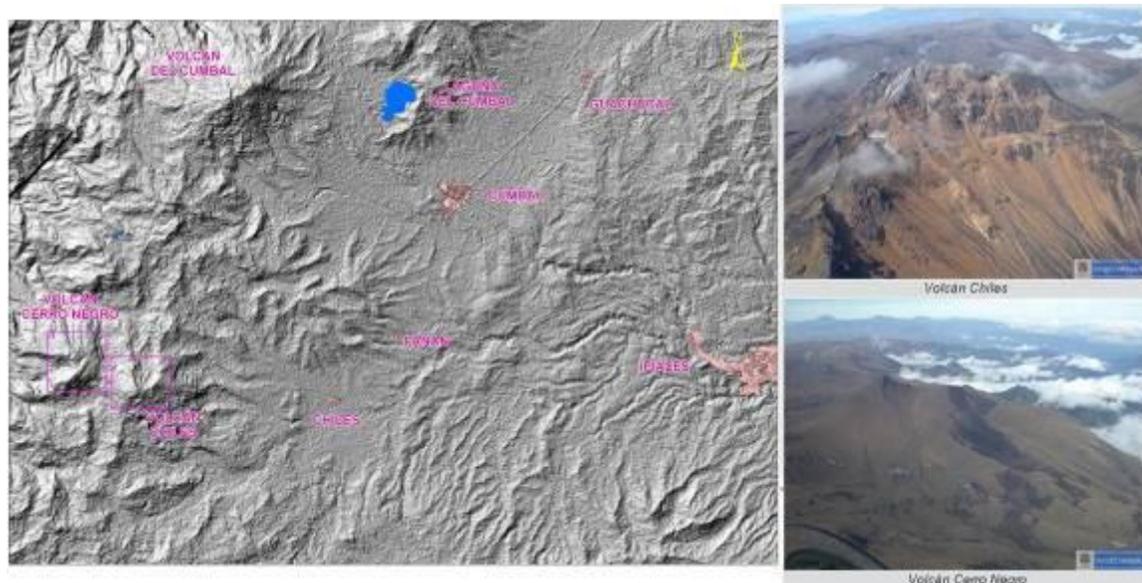


Figura 55. Localización de los volcanes Chiles y Cerro Negro (izquierda) e imágenes de los mismos (derecha).

3.2. RED DE VIGILANCIA

La red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro está conformada por siete estaciones sísmicas de banda ancha y tres inclinómetros electrónicos (Figura 56, Tabla 16). Una estación permanente telemétrica para el seguimiento de la temperatura en la fuente termal Baño Grande, ubicada en cercanías del cabildo Indígena de Chiles (Figura 56) y una red de muestreo de aguas en fuentes termales y fuentes frías (Figura 56, Tabla 17).

De igual forma se cuenta con un sensor de presión acústica, ubicado en cercanías de la estación sísmica Canguil y una cámara Web instalada en la población de Nazate (Figura 56).

Se resalta que el día domingo 21 de diciembre de 2014 hacia las 8:25 a.m., el sensor sísmico de la estación El Morro registró señales asociadas con pisadas en el sitio de la estación, posteriormente

hacia las 8:36 a.m. en sede no se recibe la señal sísmica, únicamente la señal portadora del radio, finalmente a las 8:49 a.m. se pierde totalmente la señal de la estación.

En el periodo evaluado, las estaciones de la red instalada para el monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro tuvieron un funcionamiento promedio del 93% (Figura 57).

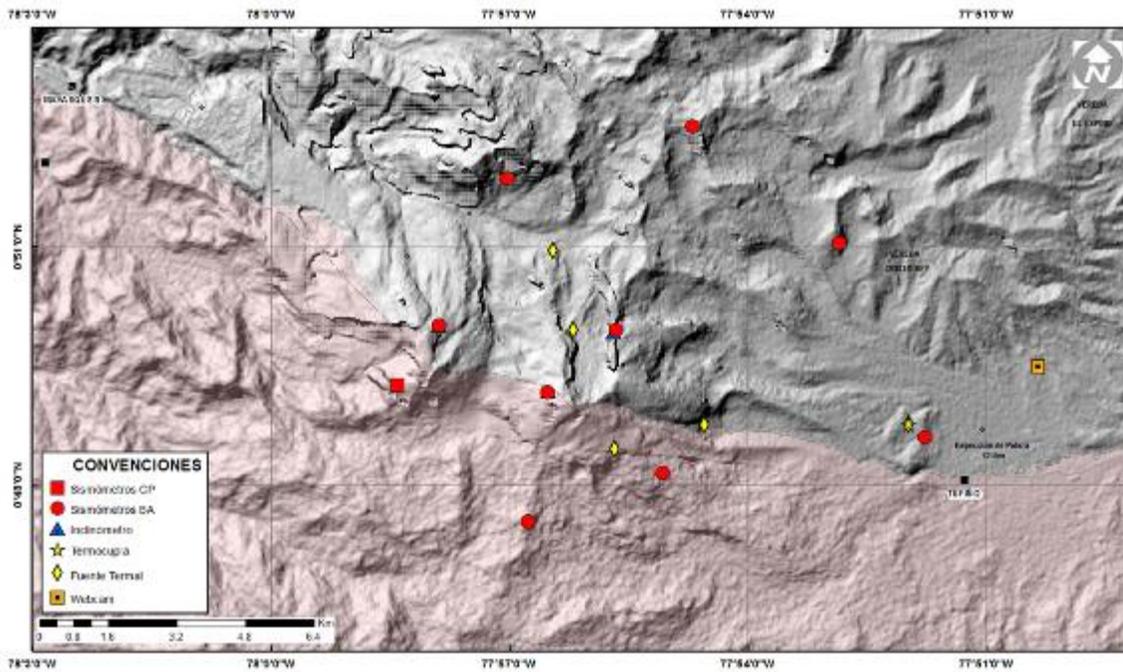


Figura 56. Estaciones sísmicas y de deformación cortical para los volcanes Chiles y Cerro Negro del lado Colombiano.

Tabla 16. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de agosto de 2015.

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

Tabla 17. Ubicación geográfica (WGS84) de las fuentes termales y frías del área de influencia del volcán Chiles.

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

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

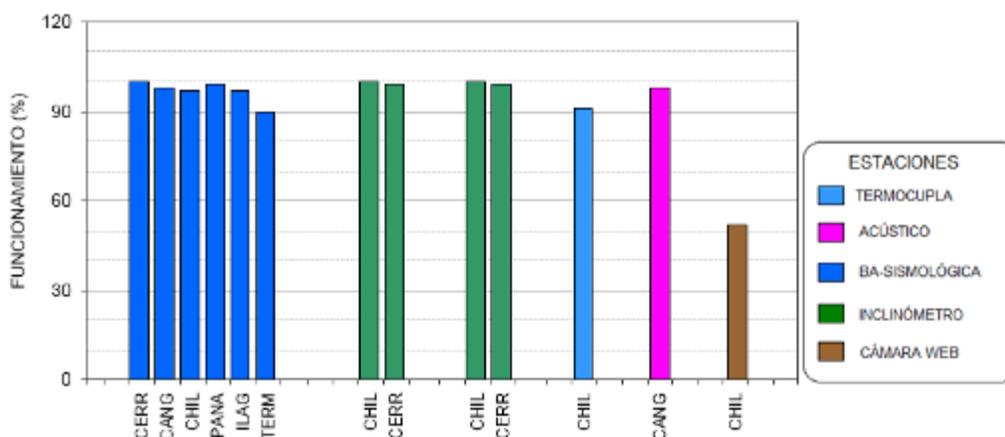


Figura 57. Histograma del porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo de los volcanes Chiles y Cerro Negro durante el mes de agosto de 2015.

3.3. SISMOLOGÍA

Teniendo en cuenta el periodo desde que se inició la vigilancia instrumental de la actividad volcánica en la zona de influencia de Chiles y Cerro Negro con la instalación permanente de estaciones en noviembre 5 de 2013, hasta el 31 de agosto de 2015, se han registrado en total 539.277 sismos, la gran mayoría presentados en el periodo que va desde septiembre 29 de 2014 hasta abril 30 de 2015 con 432.560 sismos, en los últimos meses se nota la clara tendencia descendente con algunas fluctuaciones en la ocurrencia sísmica diaria (Figura 58).

La ocurrencia sísmica en el mes de agosto de 2015 mostro un ascenso, cercano al 33% del número registrado en julio, pasando de 946 a 1256 sismos, en su mayoría asociados con fractura de roca (VT) (Tabla 18, Figura 59). El día 25 de agosto se registró la tasa más elevada de ocurrencia contabilizando 131 eventos.

Adicionalmente en la actividad sísmica de agosto se destaca la presencia de eventos que por sus características indican movimiento de fluidos de tipo magmático a profundidades menores a los 5 km respecto a la cima de Chiles.

Tabla 18. Número de eventos volcánicos por tipo para el complejo volcánico de Chiles – Cerro Negro registrados entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo				
	vt	lps	tre	hyb	TOTAL
01-may-15 a 31-may-15	3108	0	0	0	3108
01-jun-15 a 30-jun-15	2181	0	0	0	2181
01-jul-15 a 31-jul-15	944	2	0	0	946
01-ago-15 a 31-ago-15	1244	12	0	0	1256

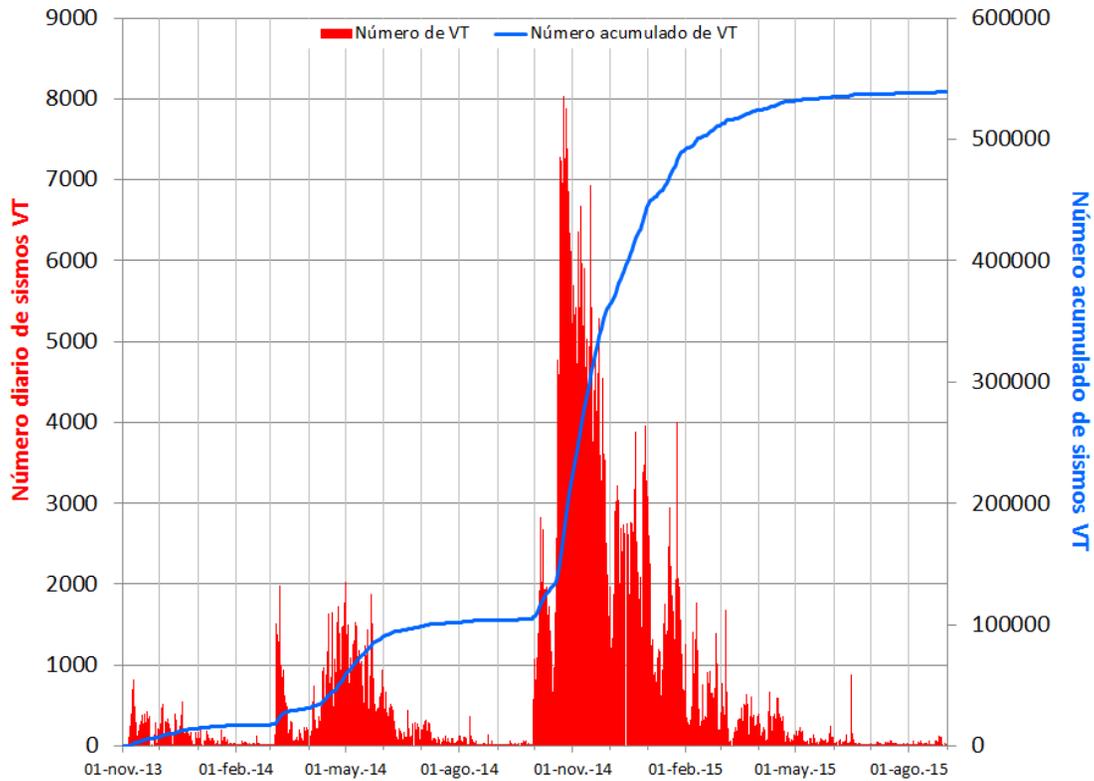


Figura 58. Número diario y acumulado de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre noviembre 1 de 2013 y agosto 31 de 2015.

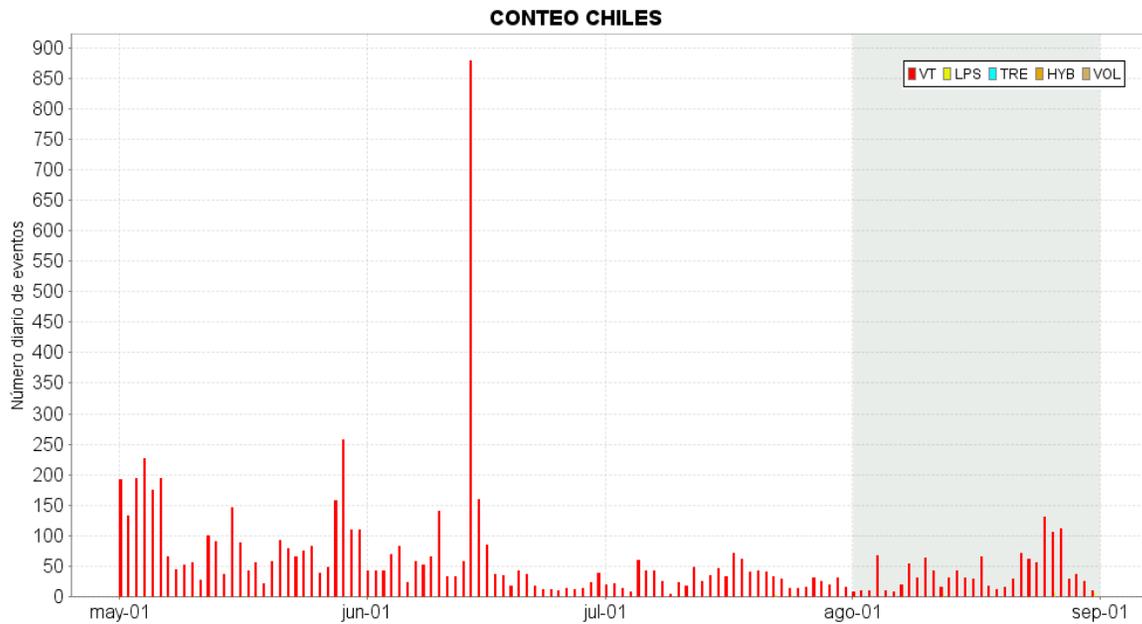


Figura 59. Número diario de sismos VT, ocurridos en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro entre los meses de mayo y agosto de 2015.

En el mes de agosto fue posible obtener una solución de localización para 164 sismos VT, la gran mayoría de ellos ubicados entre la parte central del edificio del volcán Chiles hasta unos 7 km hacia su sector suroccidental (Figura 60), con profundidades entre 1 y 10 km, con una mayor concentración entre 2 y 6 km respecto de la cima volcánica (nivel de referencia sobre los 4.700 msnm). La magnitud local de los sismos fluctuó entre -0.2 y 3.1 en la escala de Richter, el 73% de la sismicidad localizada presentó magnitud menor a 1, el 24% entre 1 y 2, y el 3% magnitud local mayor a 2 en la escala de Richter. El sismo más energético se presentó el 11 de agosto, a las 3:06 de la tarde. Ningún sismo se reportó como sentido.

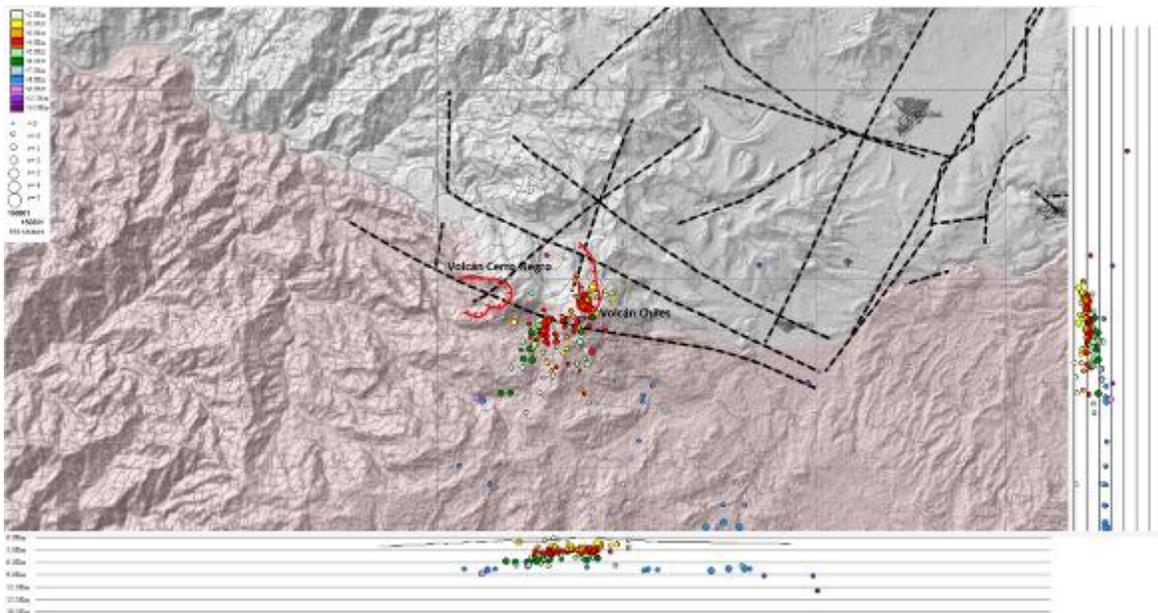


Figura 60. Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura (VT) registrados en la zona de influencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, en agosto de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad.

La energía liberada se ha estimado con base en la magnitud de los sismos, con respecto al mes anterior se observa un ligero incremento del 7.4% (Tabla 19, Figura 61)

Tabla 19. Energía sísmica liberada por los eventos tipo VT localizados para los meses de mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	vt	TOTAL
01-may-15 a 31-may-15	1.210 E+8	1.210 E+8
01-jun-15 a 30-jun-15	2.514 E+8	2.514 E+8
01-jul-15 a 31-jul-15	1.271 E+8	1.271 E+8
01-ago-15 a 31-ago-15	1.363 E+8	1.363 E+8

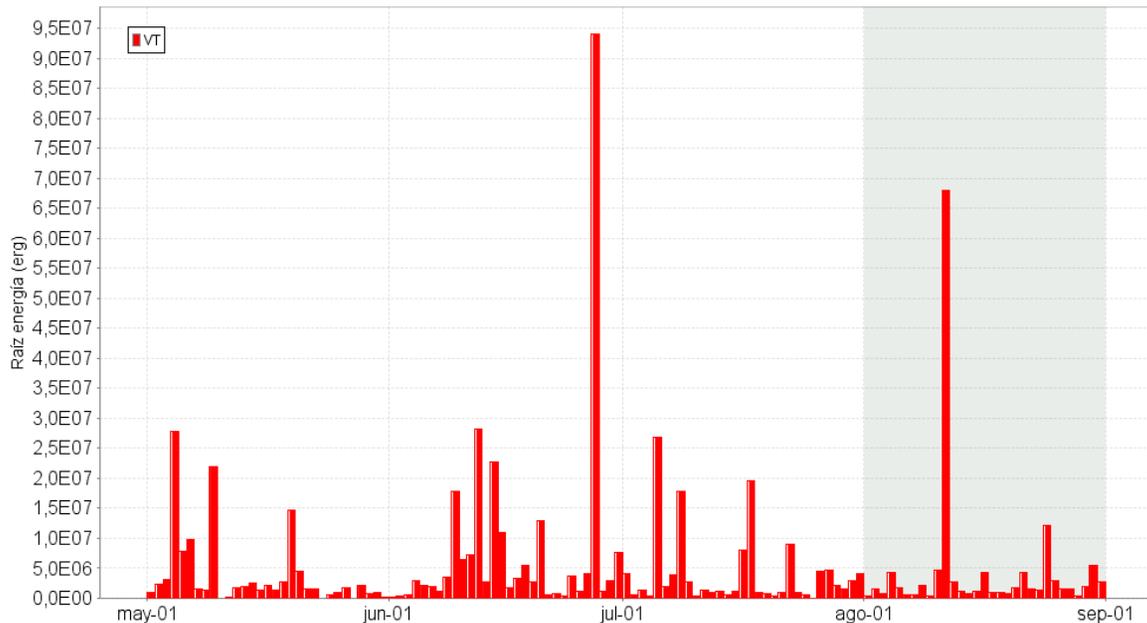


Figura 61. Energía diaria calculada a partir de la magnitud de los sismos VT ocurridos en Chile – Cerro Negro entre el 1 de mayo y el 31 de agosto de 2015. La energía diaria se expresa en términos de su raíz cuadrada.

3.4. DEFORMACIÓN VOLCÁNICA

Continúa el comportamiento ascendente en la componente de inclinación Este del sensor Chiles, variación cercana a los 95 μrad desde el pasado 6 de marzo de 2015; se presenta estabilidad en el registro de la componente Norte (Figura 62). Con respecto a los cambios mostrados por los inclinómetros ubicados sobre la superficie del volcán Cerro Negro, hasta el 18 de agosto se observó las tendencias descendentes registradas por las componentes de inclinación, alcanzando 30 μrad la Norte y 106 μrad la Este (Figura 63).

El inclinómetro Cneg2 paralelo al inclinómetro Cerro Negro (sensor ubicado a 6m del otro inclinómetro), siguió mostrando el comportamiento ascendente en la componente de inclinación Este, cuya variación es de 582 μrad desde el 20 de agosto de 2014; por su parte la componente Norte muestra estabilidad en su registro (Figura 64).

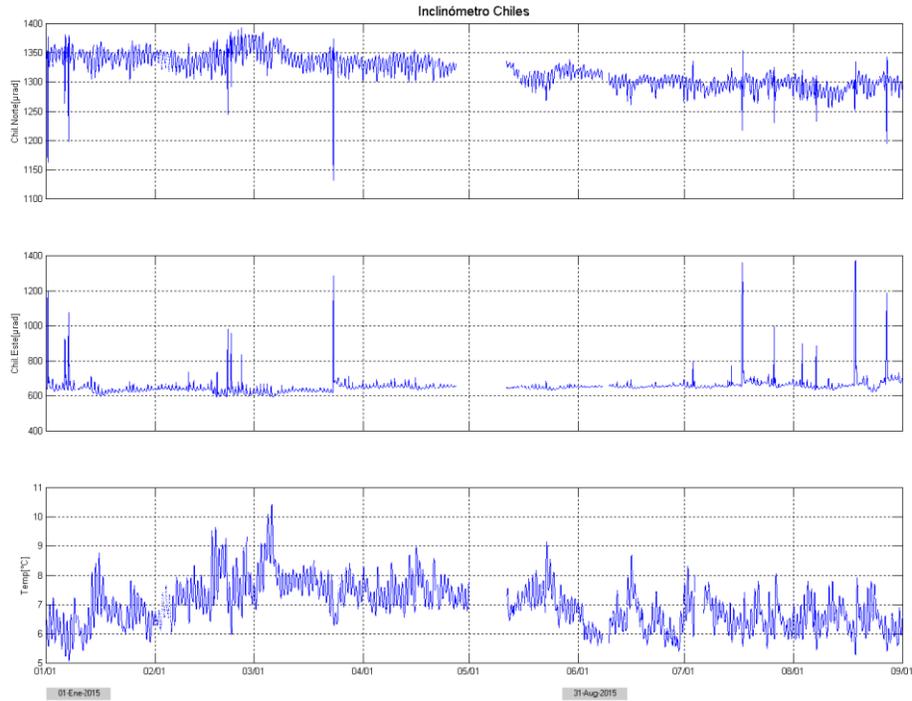


Figura 62. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Chiles, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

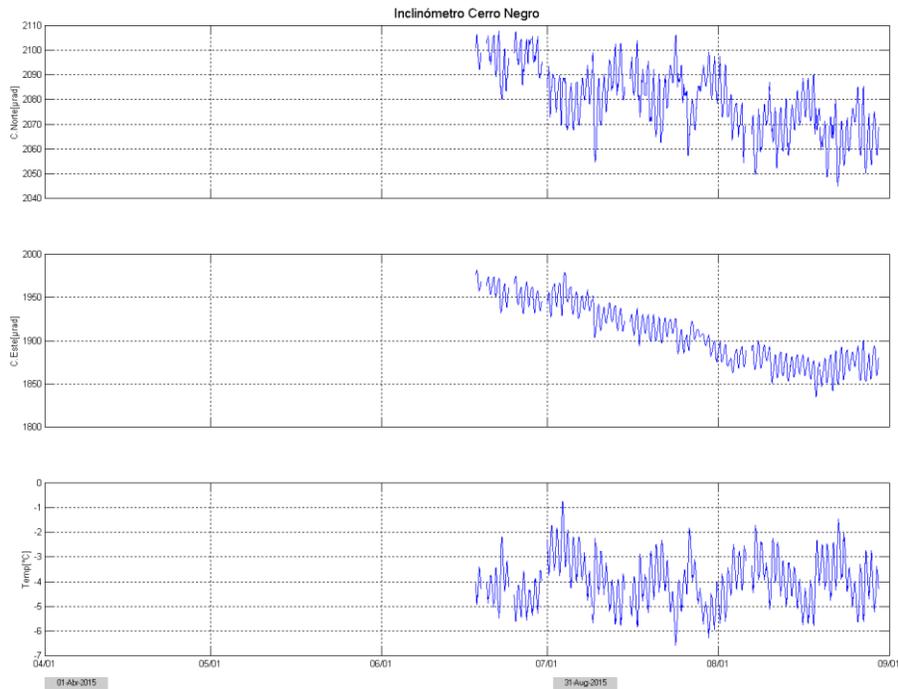


Figura 63. Componentes de inclinación Norte y Este, registro de temperatura del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

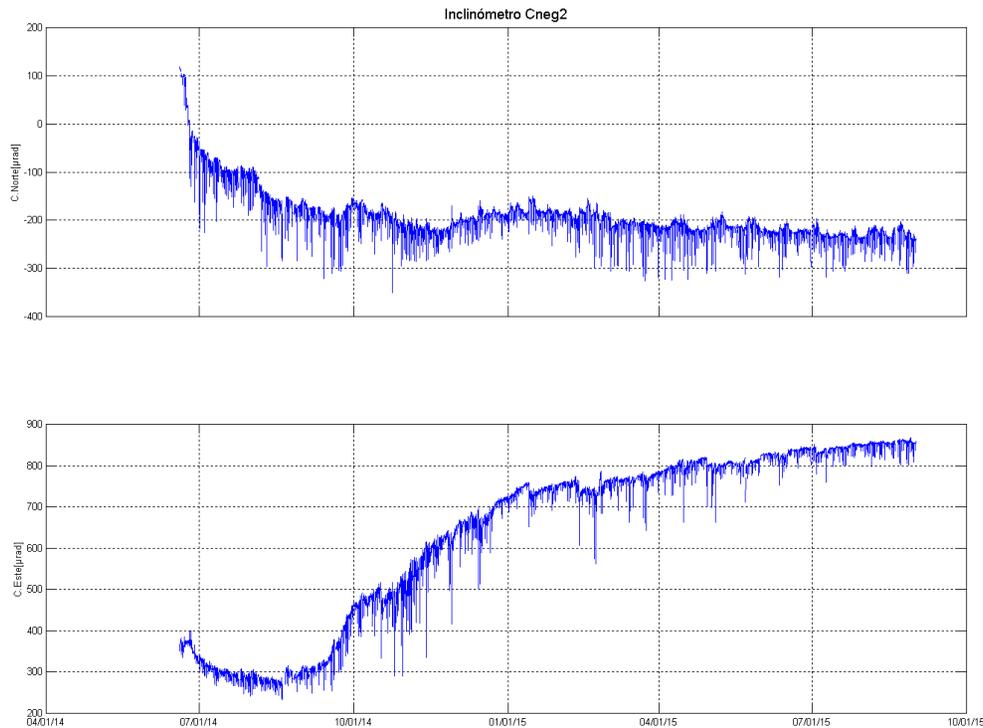


Figura 64. Componentes de inclinación Norte y Este, del inclinómetro electrónico Cerro Negro paralelo Cneg2, instalado en el volcán del mismo nombre, para el periodo comprendido entre el 1 de junio de 2014 y el 31 de agosto de 2015.

3.5. GEOQUÍMICA

3.5.1. Registro de temperatura – Estación Térmica Chiles

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, estos se registran diariamente con una tasa de medición de 10 minutos.

En la Figura 65, se registran las variaciones que corresponden a valores medidos en el transcurso del día (desde las 8:00 a.m. a las 6:00 p.m. aproximadamente), con un promedio de 42,9°C (Tabla 20). 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.

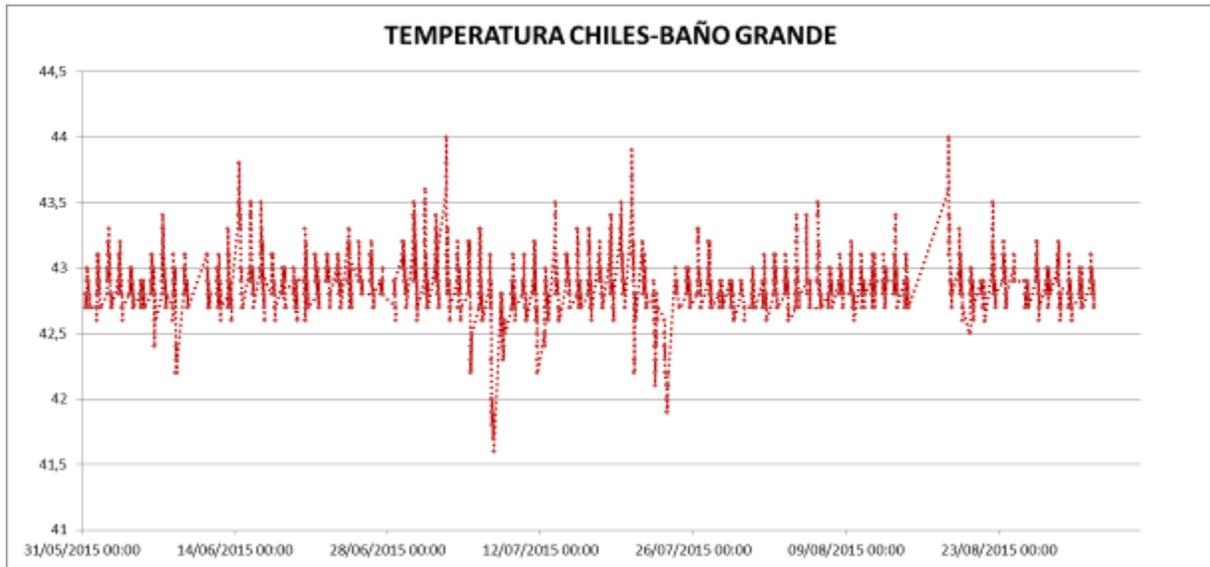


Figura 65. Variación de temperatura FT Baño Grande perteneciente a la zona de influencia del Volcán Chiles – agosto 2015.

Tabla 20. Valores de temperatura en FT Baño Grande en el área de influencia del volcán Chiles – agosto 2015.

VALOR	Temp. (°C)
Mínimo	42,9
Máximo	44,0
Promedio	42,5

3.6. ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Durante el mes de agosto de 2015 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del Complejo Volcánico Chiles – Cerro Negro.

3.7. CONCLUSIONES

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

La evaluación del proceso volcánico durante el mes de agosto de 2015, 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 – AGOSTO DE 2015

El Servicio Geológico Colombiano ha venido monitoreando de manera permanente la actividad de otros volcanes activos de Nariño, como son Doña Juana, Azufral y Las Ánimas (Figura 66), en busca de estimar un nivel base de actividad, hacer seguimiento de sus manifestaciones y en caso necesario, poder establecer situaciones anómalas y la posibilidad de ocurrencia de eventos eruptivos.

La información obtenida por los diferentes métodos de vigilancia, se viene analizando de manera permanente con el fin de obtener un conocimiento del fenómeno volcánico e identificar oportunamente un posible cambio en la actividad y realizar el diagnóstico del nivel de actividad.

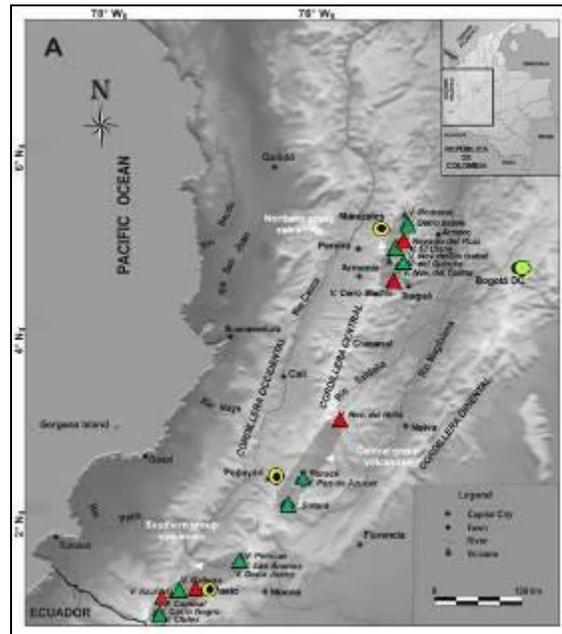


Figura 66. Imagen de la localización de las tres provincias volcánicas de Colombia, se observa en el sur a Galeras, Doña Juana, Azufral, Cumbal, Las Ánimas, Chiles y Cerro Negro, monitoreados por el OVSP - SGC.

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 67).

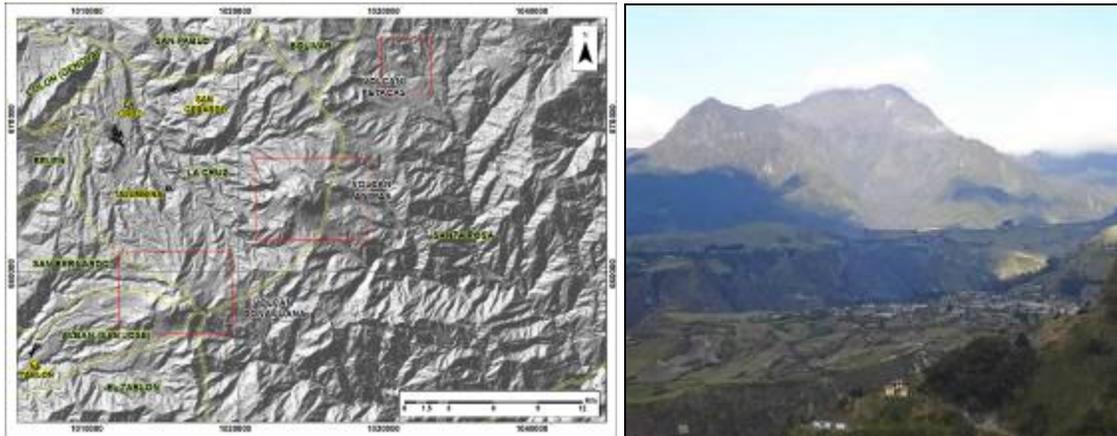


Figura 67. Localización del volcán Las Ánimas (izquierda) e imagen del costado occidental del volcán (derecha).

4.1.2. Red de vigilancia

Actualmente la red de monitoreo del volcán Las Ánimas está conformada por tres estaciones sísmicas y dos inclinómetros electrónicos localizados en los puntos Altamira, Petroglifo y El Troje sobre su costado occidental (Tabla 21, Figura 68). Es de resaltar que la estación Altamira (sísmica y de deformación), se encuentra ubicada en los límites de los volcanes Doña Juana y Las Ánimas.

Tabla 21. Estaciones que conformaron la red de vigilancia de la actividad del volcán Las Ánimas durante el mes de agosto de 2015.

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

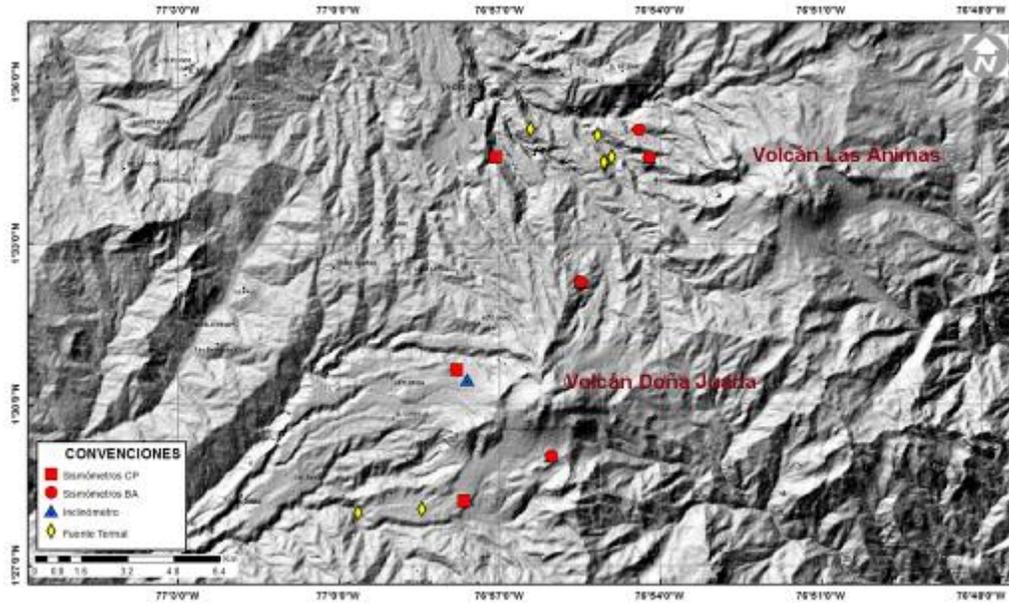


Figura 68. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante el mes de agosto de 2015.

En el periodo evaluado, la red de estaciones instaladas para el monitoreo del volcán Las Ánimas presentó un funcionamiento promedio del 99% (Figura 69).

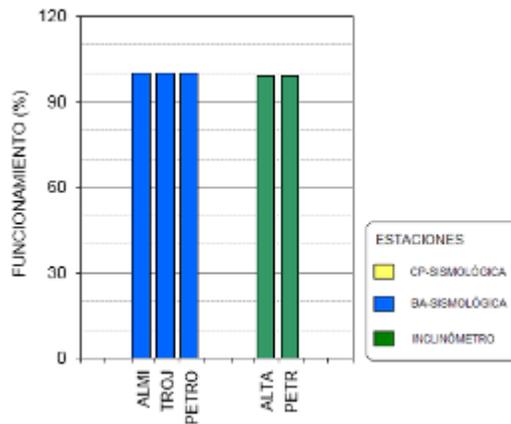


Figura 69. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Las Ánimas durante agosto de 2015.

4.1.3. Sismología

La sismicidad en la zona de influencia del volcán Las Ánimas permaneció en niveles muy bajos, en agosto se registraron tres sismos asociados con fractura de roca (VT), de los cuales se localizaron dos, ubicándose hacia el sector norte y noroccidente respectivamente, las profundidades oscilaron entre 11 y 14 km y las magnitudes entre 0.2 y 0.7 en la escala de Richter (Tabla 22, Figura 70).

Tabla 22. Número de eventos volcánicos por tipo para el volcán Las Ánimas registrados entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos	
	vt	TOTAL
01-may-15 a 31-may-15	3	3
01-jun-15 a 30-jun-15	3	3
01-jul-15 a 31-jul-15	0	0
01-ago-15 a 31-ago-15	3	3

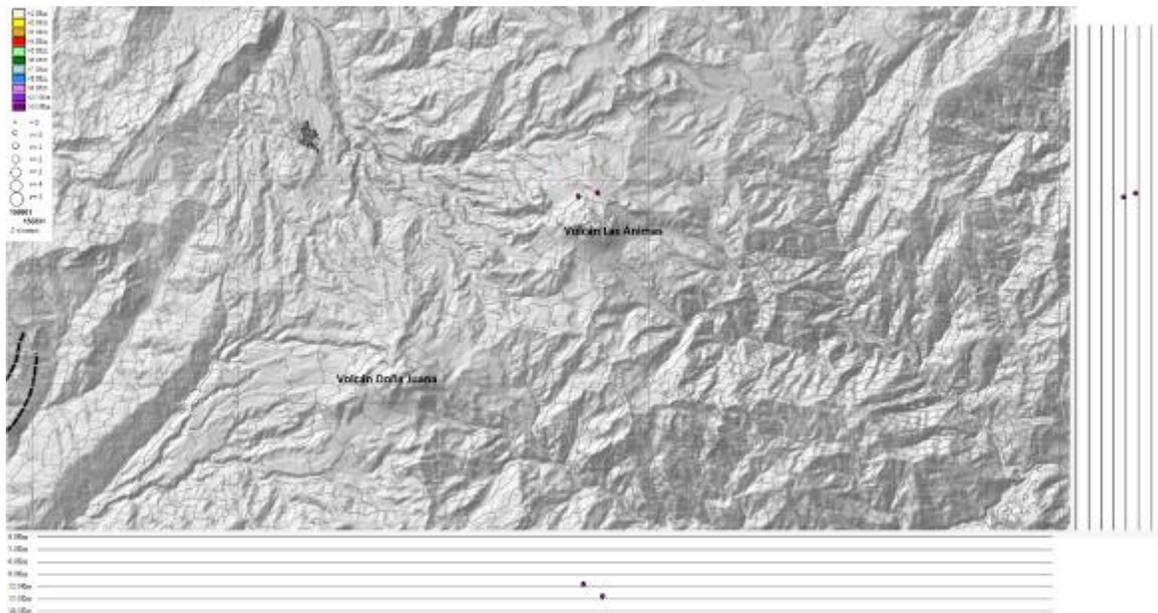


Figura 70. Localización epicentral e hipocentral de los sismos registrados en Las Ánimas, en el mes de agosto de 2015, en los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 3 km de profundidad.

4.1.4. Deformación Volcánica

Respecto a los cambios registrados por las estaciones de Inclínometría, para el periodo evaluado se observa estabilidad en los registros de las componentes de inclinación Norte y Este de los sensores Altamira y Petroglifo (Figuras 71 y 72). En el inclinómetro Petroglifo se resaltan los comportamientos descendentes mostrados hasta finales de junio, los cuales al parecer se asocian al registro presentado por el sensor de temperatura.

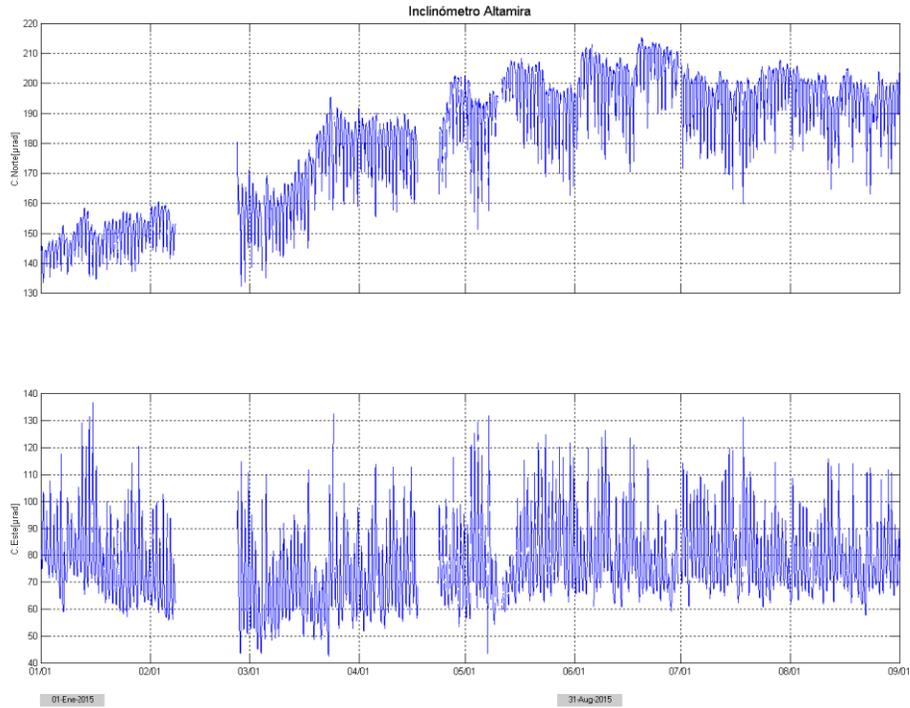


Figura 71. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Altamira, instalado en el límite entre los volcanes Doña Juana y Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

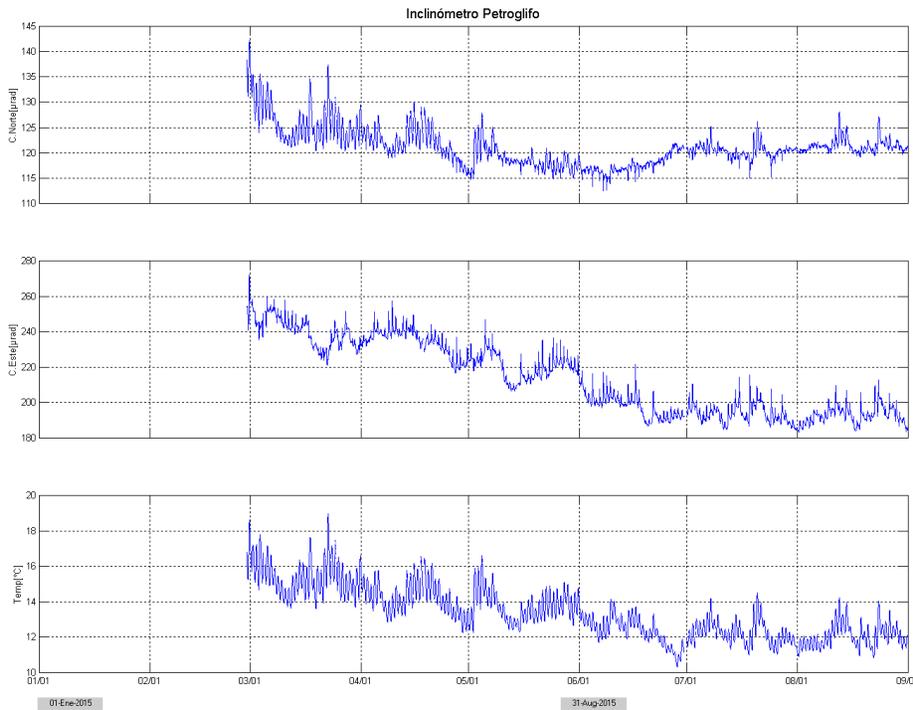


Figura 72. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Petroglifo, instalado en el volcán Las Ánimas, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

4.1.5. Actividad Superficial

Durante el mes de agosto de 2015 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Las Ánimas.

4.1.6. Conclusiones

La evaluación de la actividad volcánica de Las Ánimas durante el mes de agosto de 2015 permitió establecer el **NIVEL VERDE** (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”.

4.2. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN DOÑA JUANA

4.2.1. Red de vigilancia

La red de vigilancia del volcán Doña Juana consta de dos estaciones de corto periodo y una de banda ancha para monitorear sismicidad y tres estaciones para monitorear la deformación cortical del edificio volcánico, adicionalmente se cuenta con la señal digital de la estación La Cruz, que pertenece a la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) (Figura 73, Tabla 23). Para el mes de agosto de 2015 las estaciones presentaron un funcionamiento del 87% (Figura 74). Las estaciones Páramo y Florida presentaron problemas de radio enlace.

Tabla 23. Estaciones que conforman la red de vigilancia del volcán Doña Juana.

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

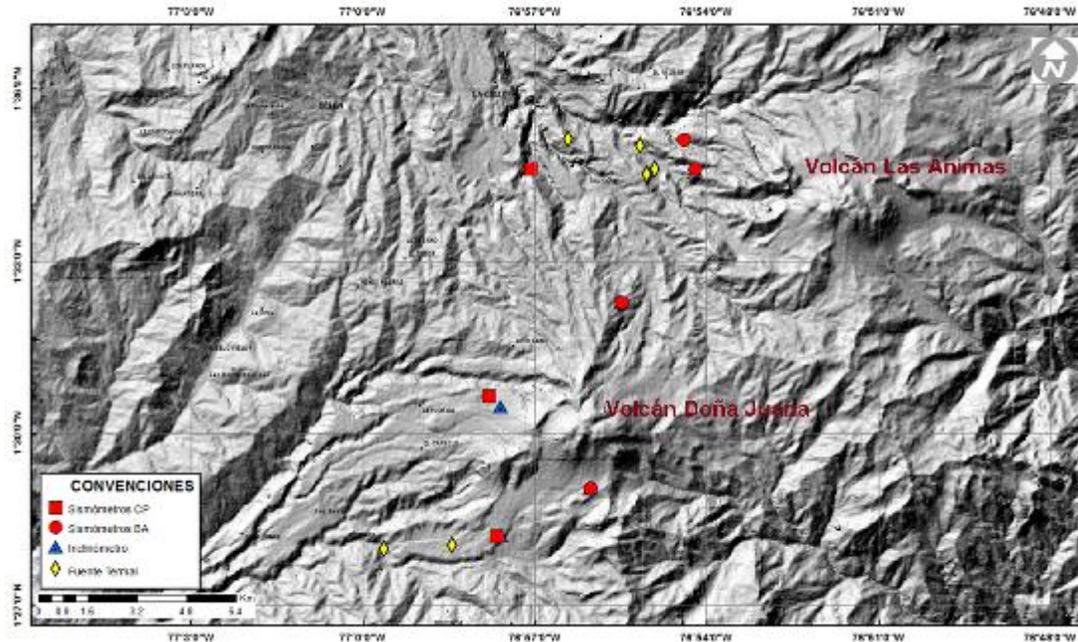


Figura 73. Mapa de localización de las estaciones que conforman la red de monitoreo del volcán Doña Juana.

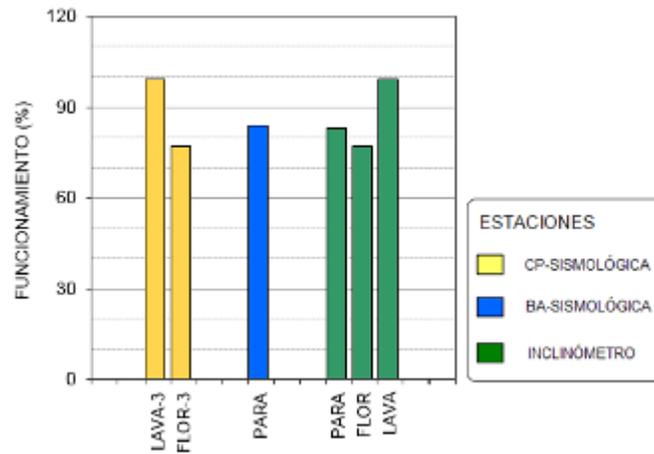


Figura 74. Funcionamiento de las estaciones de la red de monitoreo del volcán Doña Juana en agosto de 2015.

4.2.2. Sismología

Para el periodo evaluado no se tiene registro de actividad sísmica para el volcán Doña Juana.

4.2.3. Deformación Volcánica

Desde el pasado mes de junio, se observa estabilidad en los registros de las componentes de inclinación de los sensores Páramo, Florida y Lavas (Figuras 75, 76 y 77).

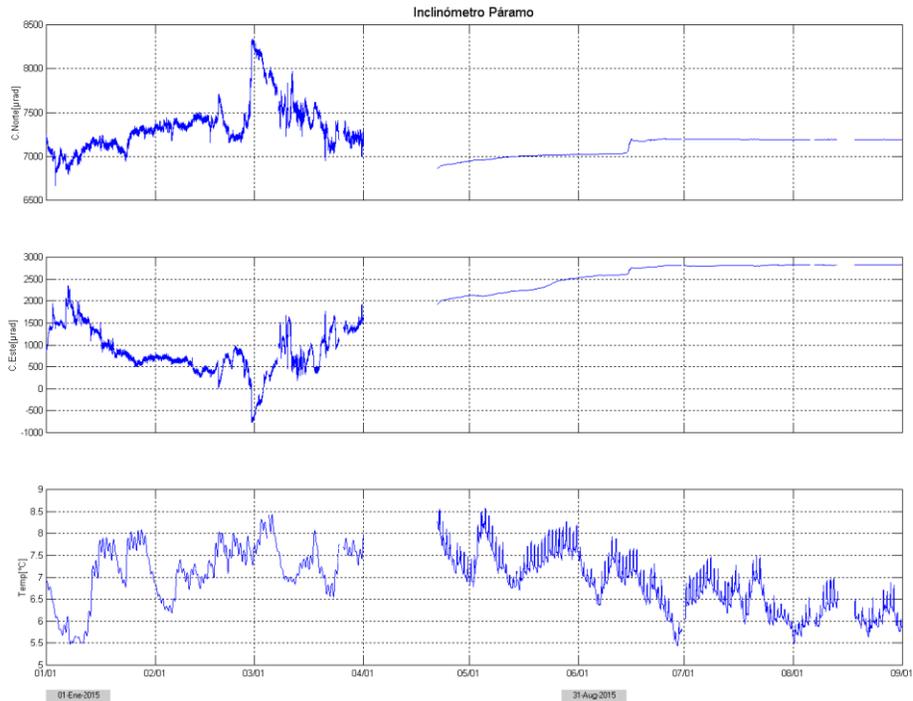


Figura 75. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Páramo, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

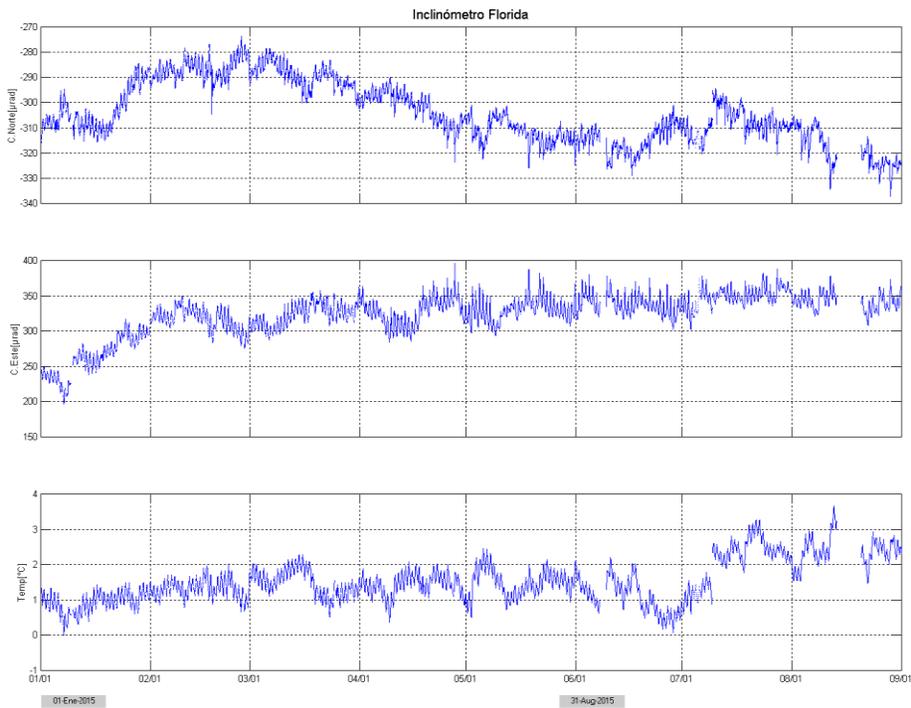


Figura 76. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Florida, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

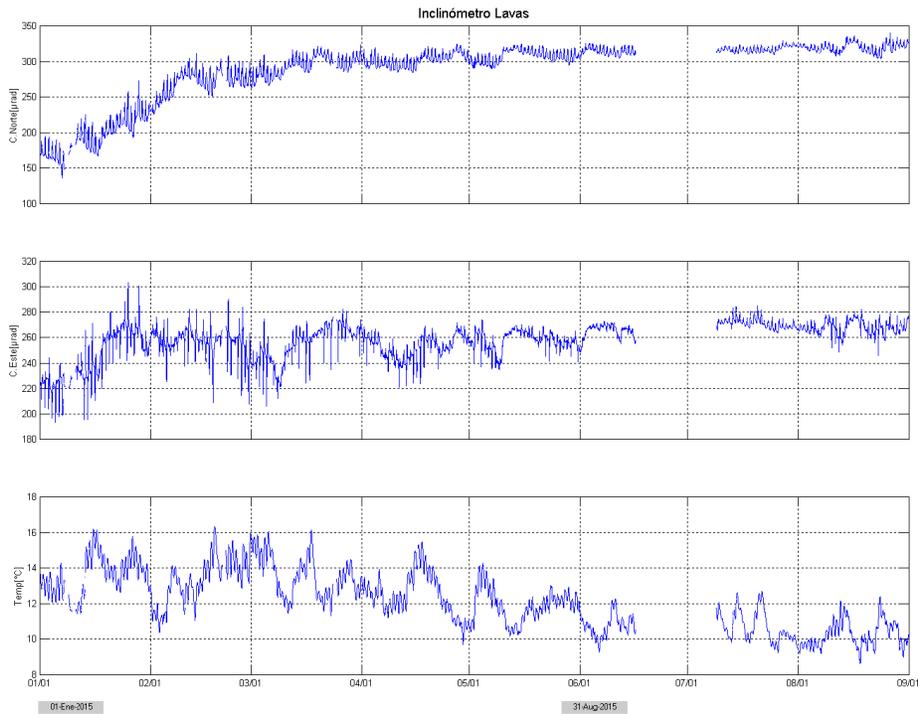


Figura 77. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Lavas, instalado en el volcán Doña Juana, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

4.2.4. Actividad Superficial

Durante el mes de agosto de 2015 no se tuvo reportes relacionados con actividad superficial del volcán Doña Juana.

4.2.5. Conclusiones

- La evaluación de los diferentes parámetros monitoreados en Doña Juana durante agosto de 2015, permitieron establecer el **NIVEL VERDE** (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”.

4.3. ACTIVIDAD DEL VOLCÁN AZUFRAL

4.3.1. Red de vigilancia

Las estaciones para vigilancia sísmica del volcán Azufral son La Roca, Chaitán, Laguna, Ventana y Lobo, las dos primeras cuentan además con inclinómetros electrónicos y Laguna con una cámara web para el seguimiento de la actividad superficial (Figuras 78 y 79, Tabla 24). Se tiene una estación climatológica cerca de la estación La Roca, sensores para medir velocidad y dirección del

viento, temperatura ambiente, humedad relativa, precipitación, presión atmosférica y radiación solar. También hay una estación de medición de temperatura permanente en una de las fumarolas del domo Mallama hacia el nororiente de la Laguna cratérica. Desde el pasado mes de marzo se cuenta con una estación GNSS, ubicada muy próxima a la estación multiparamétrica La Roca (Figura 79).

Con el fin de monitorear cambios en la superficie del edificio volcánico de Azufral se tiene instalada una red de Medición Electrónica de Distancia (EDM), compuesta por 4 bases y 12 prismas reflectores (Figura 79).

En general, la red de monitoreo telemétrico del volcán Azufral alcanzó en promedio un porcentaje de funcionamiento del 94% para este mes (Figura 80).

Tabla 24. Estaciones instaladas en el volcán Azufral.

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

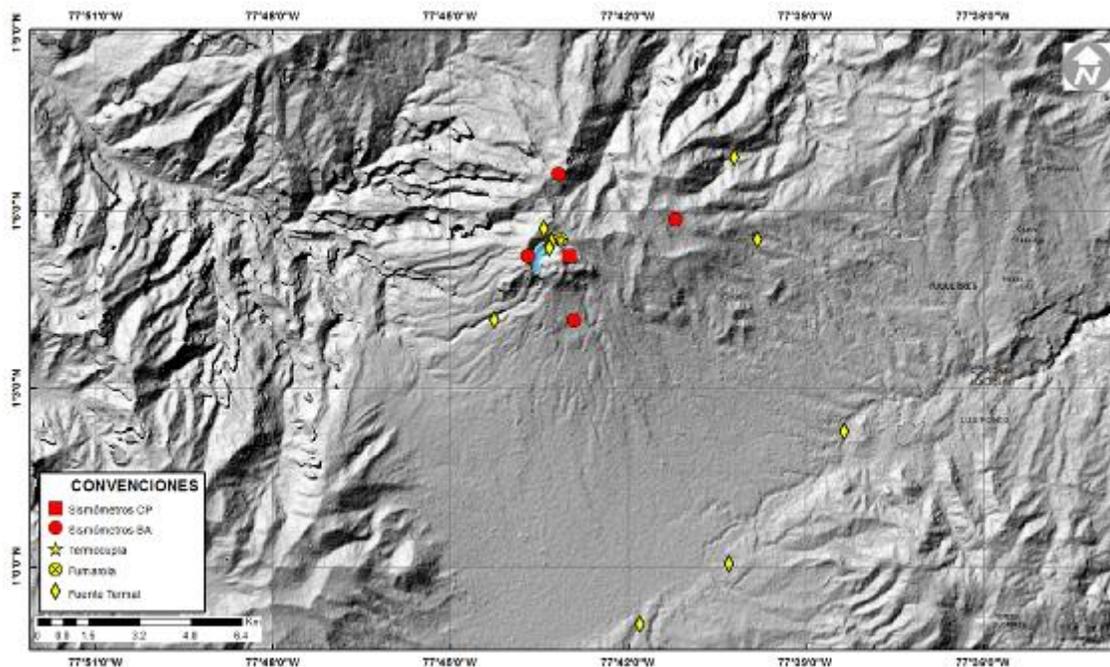


Figura 78. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo sísmico y geoquímico del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2015.

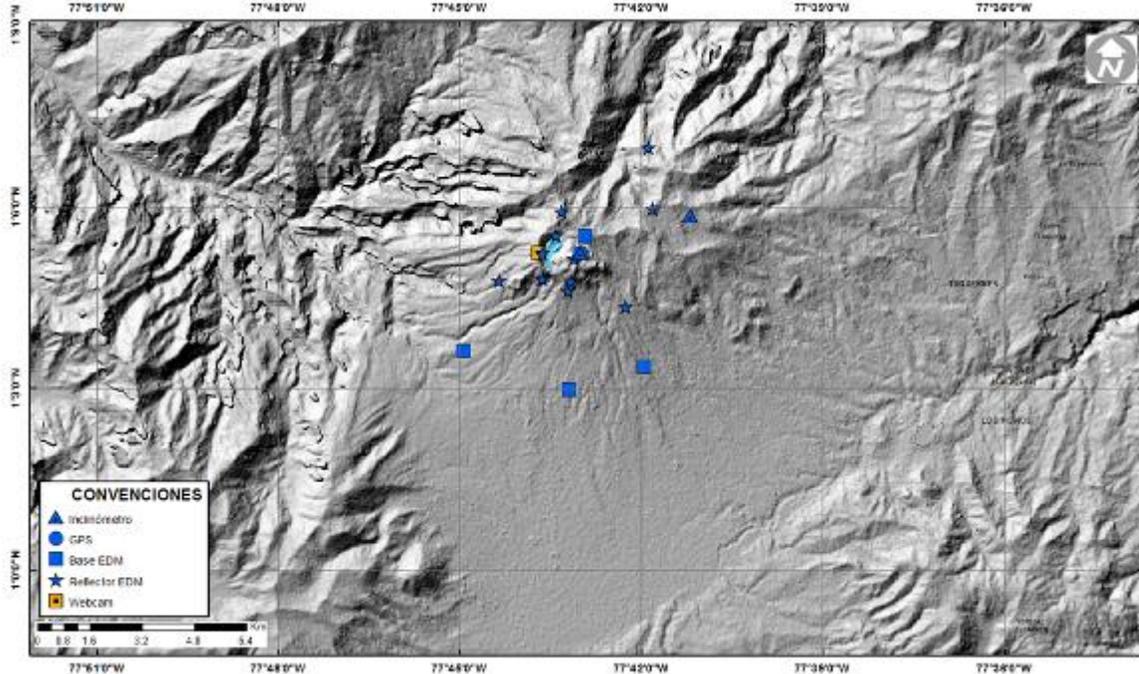


Figura 79. Mapa de localización de las estaciones que conformaron la red de monitoreo en deformación y cámara web del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2015.

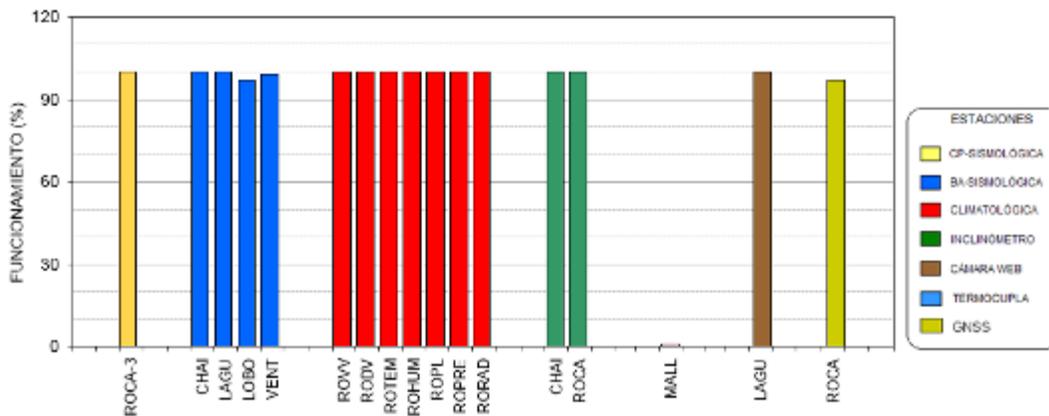


Figura 80. Porcentaje de funcionamiento de las estaciones que conformaron la red de monitoreo del volcán Azufral durante el mes de agosto de 2015.

4.3.2. Sismología

La ocurrencia sísmica en Azufral continuó en niveles bajos y asociada con fractura de roca (VT). En comparación con el mes anterior se notó un incremento pasando de 7 a 15 sismos, de los cuales fue posible localizar 14 que se ubicaron dispersos en la zona de influencia de Azufral, con profundidades

entre 1 y 11 km y magnitudes locales entre 0.1 y 1.4 en la escala de Richter, ningún sismo se reportó sentido (Tabla 25, Figuras 81 y 82).

Tabla 25. Número de sismos volcánicos por tipo registrados en el volcán Azufral entre mayo y agosto de 2015, resaltando en azul el mes objeto de evaluación.

Periodo Evaluado	Número de eventos		
	vt	hyb	TOTAL
01-may-15 a 31-may-15	6	0	6
01-jun-15 a 30-jun-15	7	1	8
01-jul-15 a 31-jul-15	7	0	7
01-ago-15 a 31-ago-15	15	0	15

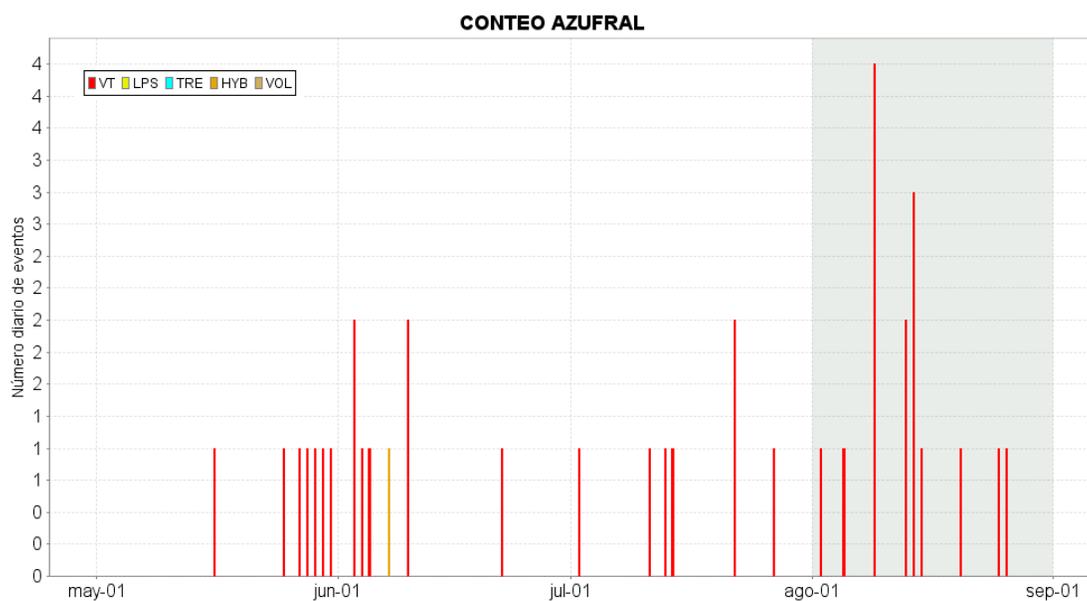


Figura 81. Número diario de sismos volcánicos registrados en el volcán Azufral entre mayo y agosto de 2015.

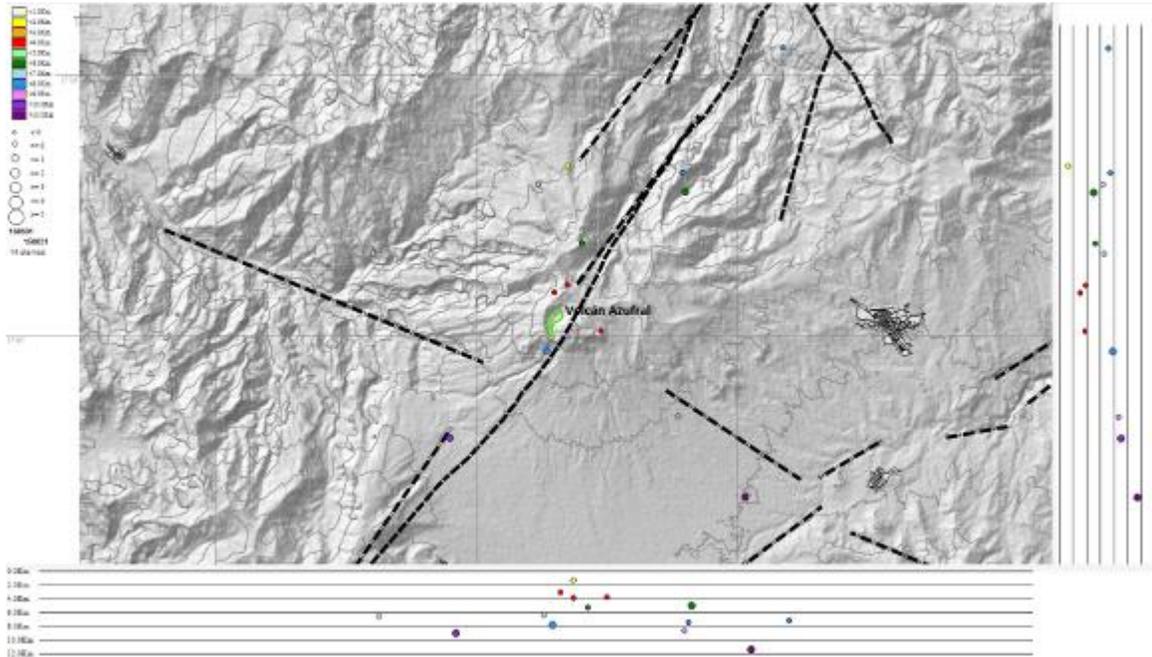


Figura 82. Localización epicentral e hipocentral de los sismos VT registrados en agosto de 2015. En los cortes N-S (derecha) y E-W (abajo) cada línea representa 2 km de profundidad con respecto a la cima volcánica.

4.3.3. Deformación Volcánica

4.3.3.1. Inclínometría Electrónica

Desde el 25 de julio se observa un comportamiento ascendente en la componente Norte de Chaitán, mientras que su componente de inclinación Este, una tendencia descendente, alcanzando 20 y 65 μ rad respectivamente (Figura 83). Con respecto al inclinómetro La Roca, hacia finales del mes de junio se observa un registro anómalo en sus dos componentes, el cual es objeto de estudio, pero no es asociado a actividad volcánica, al parecer por problemas con el inclinómetro o partes complementarias de la estación.

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

Para el periodo evaluado se realizó una ocupación de las Bases definidas para este tipo de mediciones (Figura 84).

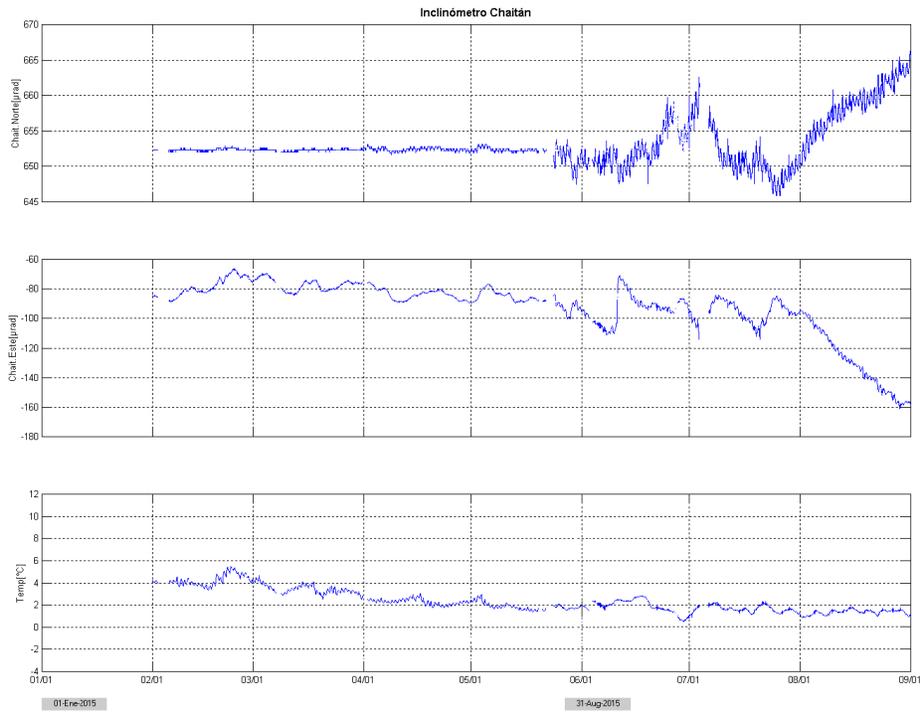


Figura 83. Componentes de inclinación Norte y Este, temperatura del inclinómetro Chaitán, instalado en el volcán Azufral, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2015 y el 31 de agosto de 2015.

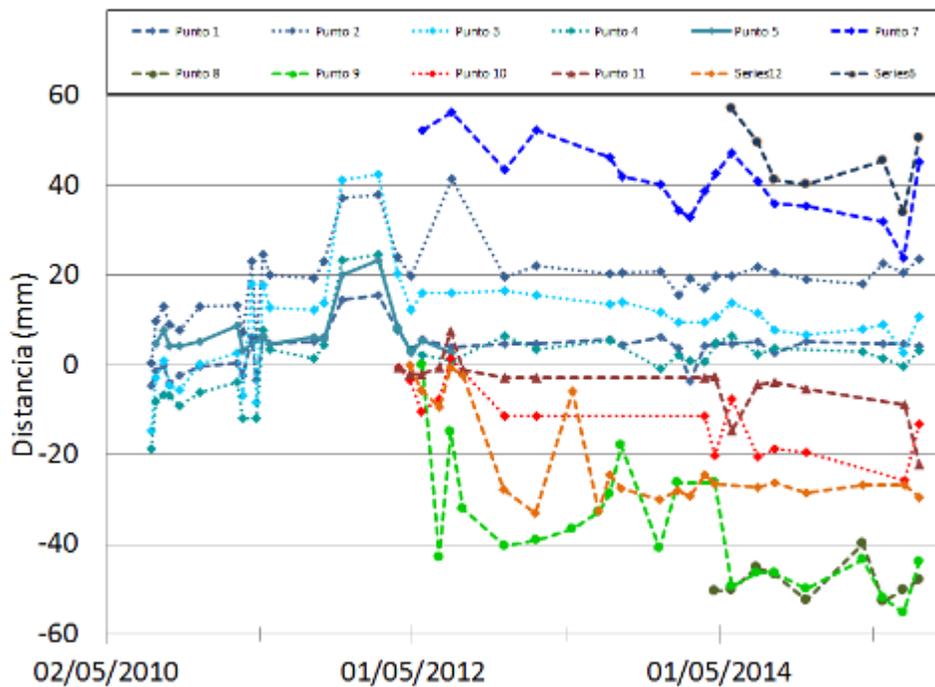


Figura 84. Series de tiempo de las mediciones hechas en la ocupación de Bases EDM, mediciones de distancia entre los puntos definidos como Bases y los diferentes prismas ubicados sobre la superficie del volcán Azufral.

4.3.4. Actividad Superficial y Cambios Geomorfológicos

Condiciones de clima favorables durante los días 6, 8, 10, 11, 19, 21, 23, 25 y 27 de agosto de 2015 permitieron a través de la cámara instalada en el costado suroccidental del volcán, observar emisiones de gases de color blanco de baja altura, provenientes principalmente de las fumarolas del domo Mallama ubicado al nororiente de la Laguna Verde.

En las Figuras 101 a 103 se presentan algunas imágenes con procesos de emisión de gases en Azufral.



Figura 85. Emisión de gases del domo Mallama, 8 de agosto de 2015 a las 5:13 p.m.



Figura 86. Emisión de gases desde el domo Mallama, 21 de agosto de 2015, 10:43 a.m., fotografía capturada en labores de campo por la zona del volcán Azufral.



Figura 87. Emisión de gases del domo Mallama, 27 de agosto de 2015 en horas de la mañana.

4.3.5. Conclusiones

- La evaluación de la actividad volcánica de Azufral durante el mes de agosto de 2015 permitió establecer el **NIVEL VERDE** ● (IV): “Volcán activo y comportamiento estable”.