



## INGEOMINAS – OBSERVATORIO VULCANOLÓGICO Y SISMOLÓGICO DE PASTO

San Juan de Pasto, 17 de febrero de 2010

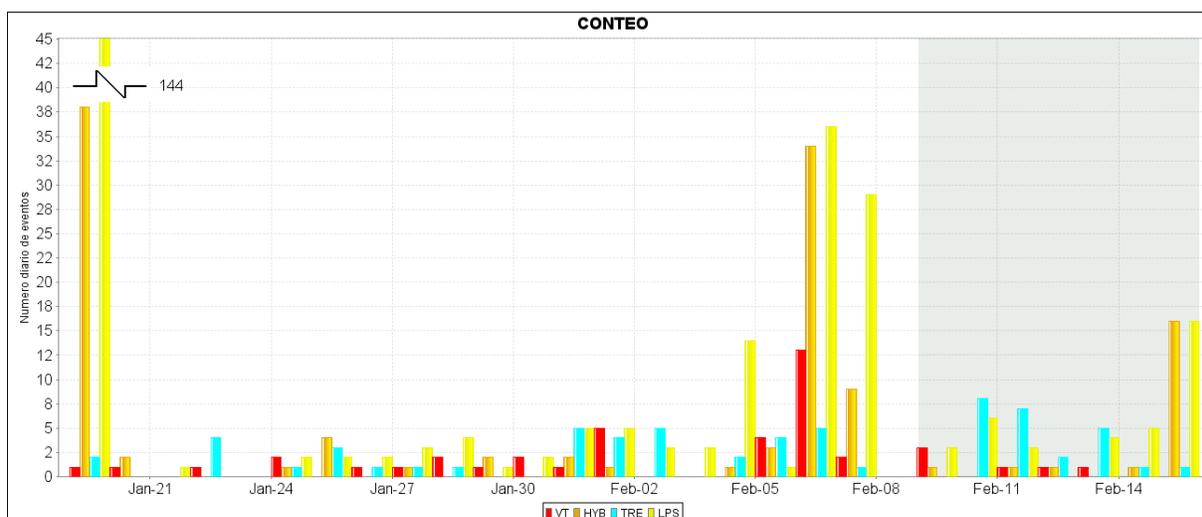
A partir de la evaluación de los diferentes parámetros del monitoreo volcánico de Galeras, en el período comprendido entre el 9 y el 15 de febrero de 2010, se tomó la decisión de continuar con el nivel de actividad en Amarillo (III : “Cambios en el comportamiento de la actividad volcánica”).

Durante la semana evaluada, la actividad de Galeras se caracterizó por la disminución en cuanto a la ocurrencia de eventos sísmicos de tipo LP, VT e HYB (eventos relacionados con movimiento de fluidos, fracturamiento de material cortical y fracturamiento de material y posterior movimiento de fluido respectivamente), excepto en los eventos tipo TRE (eventos relacionados con procesos de emisión); mientras que la energía sísmica liberada por los diferentes tipos de eventos, en general, presentó una disminución. Teniendo en cuenta las cuatro últimas semanas evaluadas, se destaca que la duración de los eventos tipo TRE se ha incrementado gradualmente, evidenciando liberación de gases, (Tabla 1, Figuras 1, 2 y 3).

En cuanto a la ocurrencia, el mayor aporte se dio por parte de los eventos tipo LP, seguido de los eventos tipo TRE (Tabla 1, Figura 2).

**Tabla 1.** Número de sismos volcánicos por tipo, registrados entre el 19 de enero y el 15 de febrero de 2010, contabilizados por periodos semanales.

Periodo Evaluado	Número de eventos por tipo						Duración TRE min.
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL	NO CLASIFICABLES	
19-Jan-10 a 25-Jan-10	149	45	5	10	209	139	29.97
26-Jan-10 a 01-Feb-10	22	6	13	12	53	124	9.83
02-Feb-10 a 08-Feb-10	86	47	19	17	169	217	39.57
09-Feb-10 a 15-Feb-10	37	20	6	24	87	150	52.27



**Figura 1.** Histograma del número de eventos volcánicos por tipo, ocurridos entre el 19 de enero de 2010 y el 15 de febrero de 2010. El recuadro en gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

### Estadística Semanal

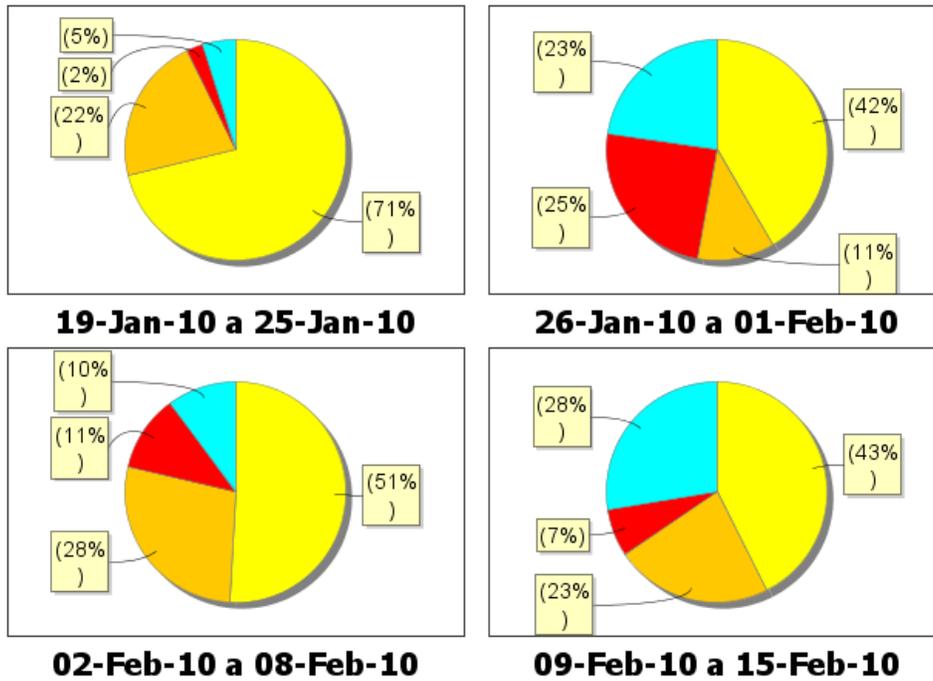


Figura 2. Porcentajes del número de eventos por cada tipo para los últimos cuatro periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

### Comparación Semanal

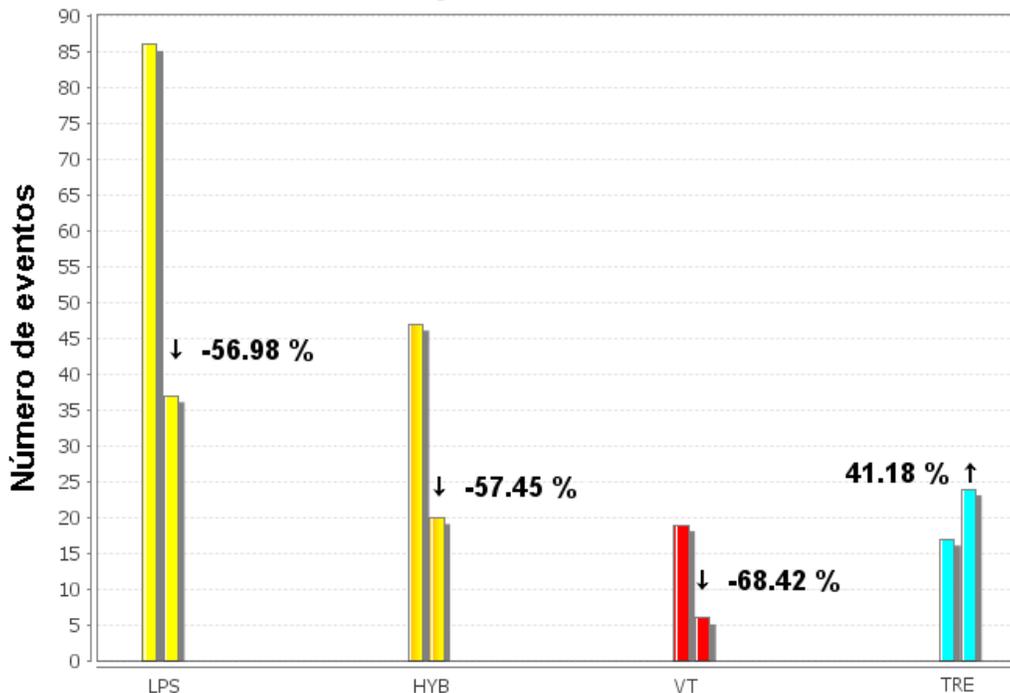


Figura 3. Comparación, entre las dos últimas semanas, en cuanto a ocurrencia sísmica por tipo de evento, para los dos últimos periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.

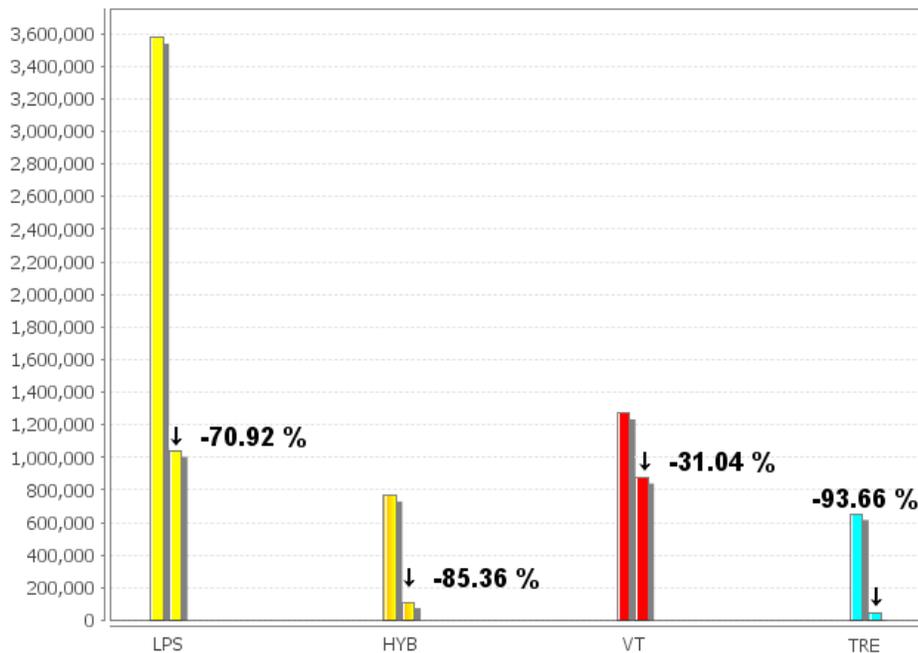


Como se mencionó anteriormente, respecto a la semana comprendida entre el 2 y el 8 de febrero, los niveles de energía sísmica liberada, registraron una disminución en todos los tipos de eventos (LP, VT, HYB y TRE) (Tabla 2, Figura 4). Cabe resaltar que a pesar de que el número de ocurrencia de los eventos tipo TRE aumentó, el valor total de energía no lo hizo. Una de las razones por las cuales este aumento no fue notorio en los eventos tipo TRE, fue que la estación en donde se calcula la energía sísmica liberada por cada evento, no posee factor de respuesta instrumental debido a que el nivel de actividad de Galeras no permitió acceder a realizar las pruebas necesarias para obtener este factor. Los eventos que aportaron la mayor parte de energía liberada fueron de tipo VT, seguidos por los de tipo LP (Tabla 2, Figura 5, Figura 6).

**Tabla 2.** Energía liberada de sismos volcánicos por tipo, registrada entre el 19 de enero de 2010 y el 15 de febrero de 2010, contabilizados por periodos semanales

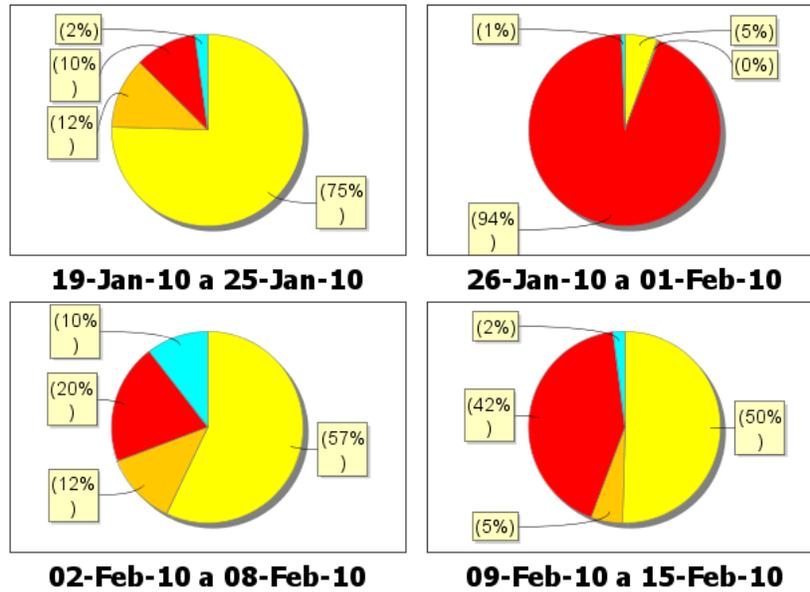
Periodo Evaluado	Energía (ergios) por tipo de evento				
	LPS	HYB	VT	TRE	TOTAL
19-Jan-10 a 25-Jan-10	3.46E+13	6.95E+11	5.25E+11	2.80E+10	3.58E+13
26-Jan-10 a 01-Feb-10	3.06E+11	2.79E+09	3.52E+14	1.14E+10	3.52E+14
02-Feb-10 a 08-Feb-10	2.88E+12	3.21E+11	1.14E+12	3.05E+11	4.66E+12
09-Feb-10 a 15-Feb-10	2.14E+11	8.35E+09	6.99E+11	1.71E+09	9.24E+11

### Comparación Semanal

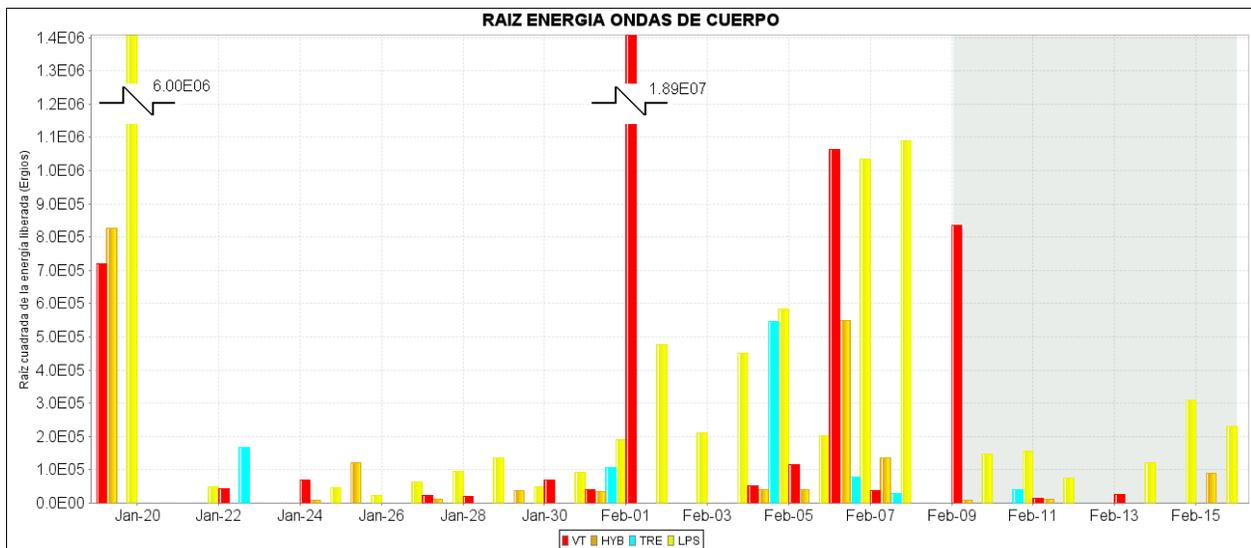


**Figura 4.** Comparación, entre las dos últimas semanas, de energía sísmica liberada por cada tipo de evento.

**Estadística Semanal**

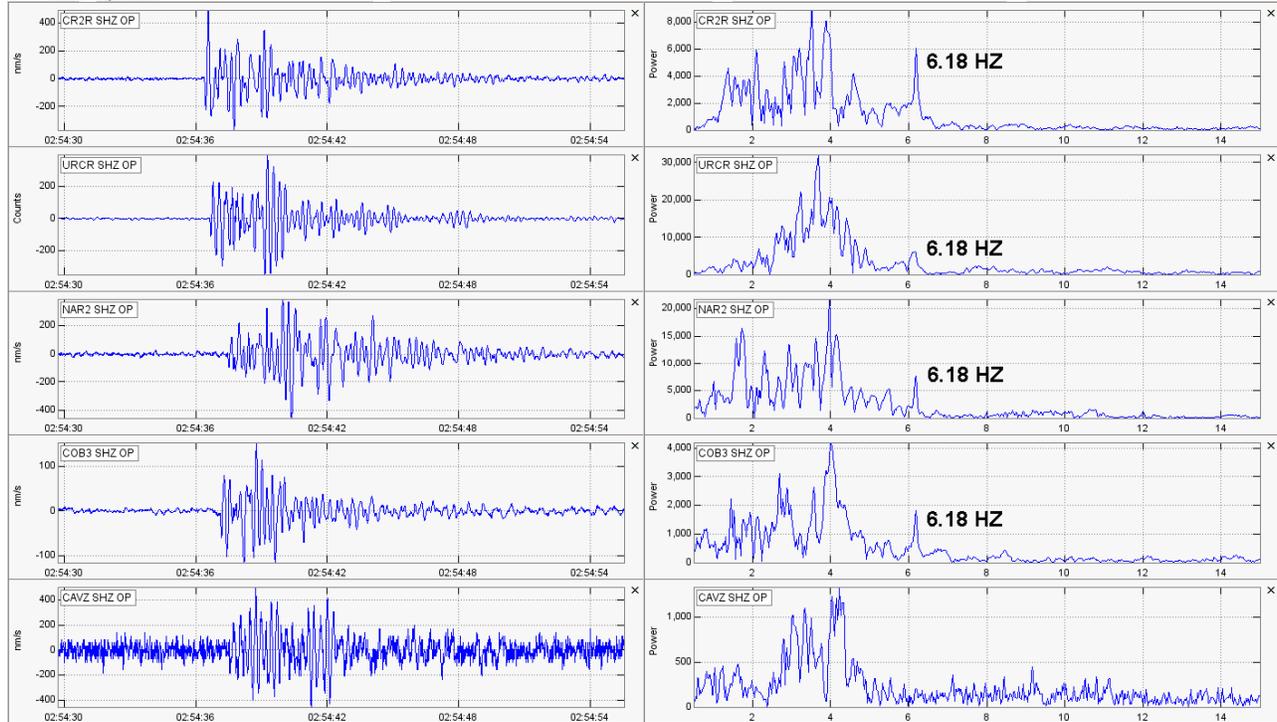


**Figura 5.** Porcentajes de la energía sísmica por cada tipo de evento para los últimos cuatro periodos semanales, incluyendo el evaluado en este informe.



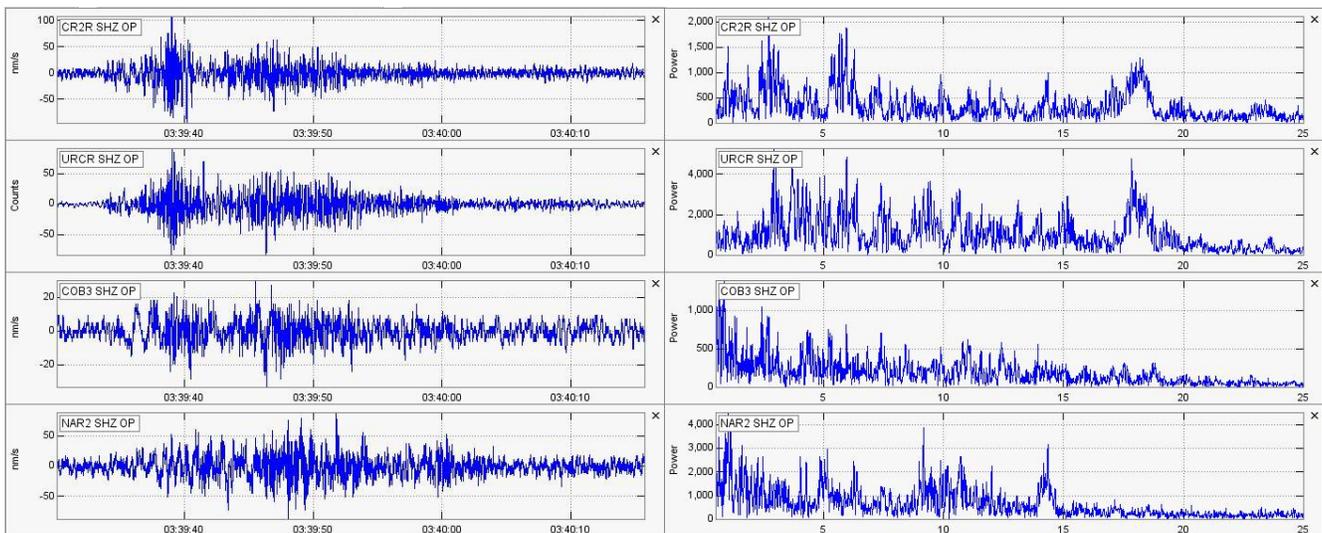
**Figura 6.** Histograma de la energía liberada de eventos volcánicos por tipo (expresada en términos de su raíz cuadrada), registrada entre el 19 de enero y el 15 de febrero de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado en el presente informe.

En cuanto a los eventos relacionados con movimiento de fluidos, se destaca el evento tipo LP registrado el 9 de febrero a las 9:54 p.m., el cual mostró frecuencias dominantes comprendidas entre los 3.5 y 4.5 Hz en las estaciones sísmicas Crater2 (CR2R, ubicada en el sector sur a 1.5 km del cráter principal), Urcunina (URCR, ubicada en el sector sur-oriental a 2.3 km), Nariño (NAR2, ubicada a 5.2 km del cráter principal), Cobanegra (COB3, ubicada a 3.9 km al suroriente) y Calabozo (CAVZ, ubicada a 6.8 km al occidente de Galeras), además mostro un pico de frecuencia, común en las cuatro primeras estaciones, con un valor de 6.18 Hz (Figura 7).



**Figura 7.** Evento tipo LP registrado el 9 de febrero de 2010 a las 9:54 p.m.

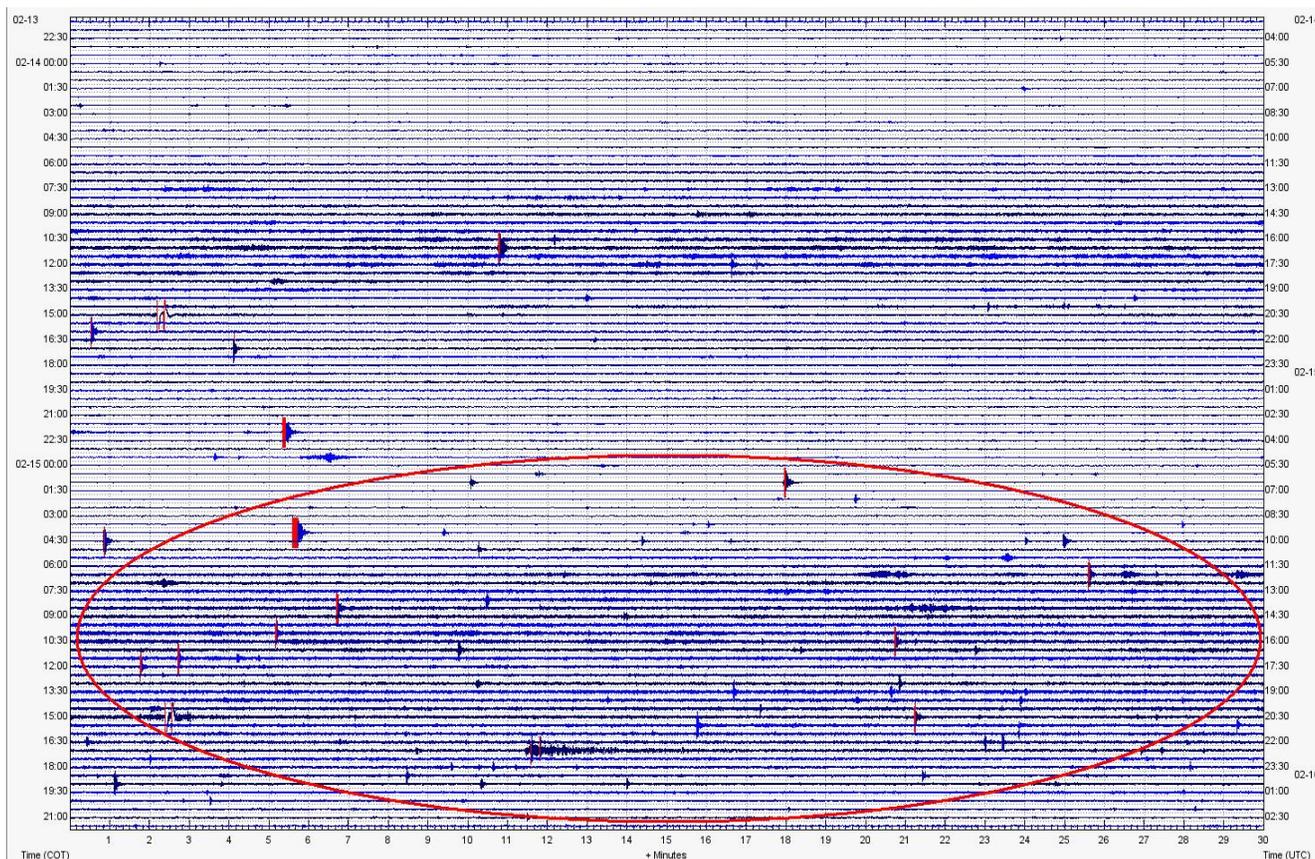
En cuanto a los eventos tipo TRE se destaca el registrado el 10 de febrero a las 10:39 p.m., en general estos eventos se caracterizaron por presentar un espectro frecuencial bastante amplio (Figura 8). Cabe resaltar la importancia en la ocurrencia de este tipo de eventos ya que pueden propiciar una relajación parcial de esfuerzos en el sistema; aunque no se descarta que la presencia de este tipo de eventos pueda estar asociado a procesos hidrotermales debido a las lluvias presentadas en los días 6 y 7 de febrero.



**Figura 8.** Evento tipo TRE registrado el 10 de febrero de 2010 a las 10:39 p.m. Al lado izquierdo se muestra la traza sísmica del evento en las estaciones CR2R, URRCR, COB3 y NAR2, mientras que a la derecha se (muestran sus respectivos espectros de) muestra el espectro de frecuencias.



Durante el periodo evaluado se destaca también la ocurrencia de una serie de eventos (en total 56), en su mayoría eventos tipo HYB y otros tipo LP, los cuales se registraron a partir del 15 de febrero hacia la 1:10 a.m. hasta finalizar el día; de ellos 10 alcanzaron el umbral de clasificación (amplitud mínima que debe cumplir un evento sísmico en la estación de referencia Urcunina (URCR) para ser considerado como clasificable), mientras que 46 de estos eventos fueron no clasificables, entre los que se contabilizaron 25 LP, 20 HYB y 1 VT (Figura 9).



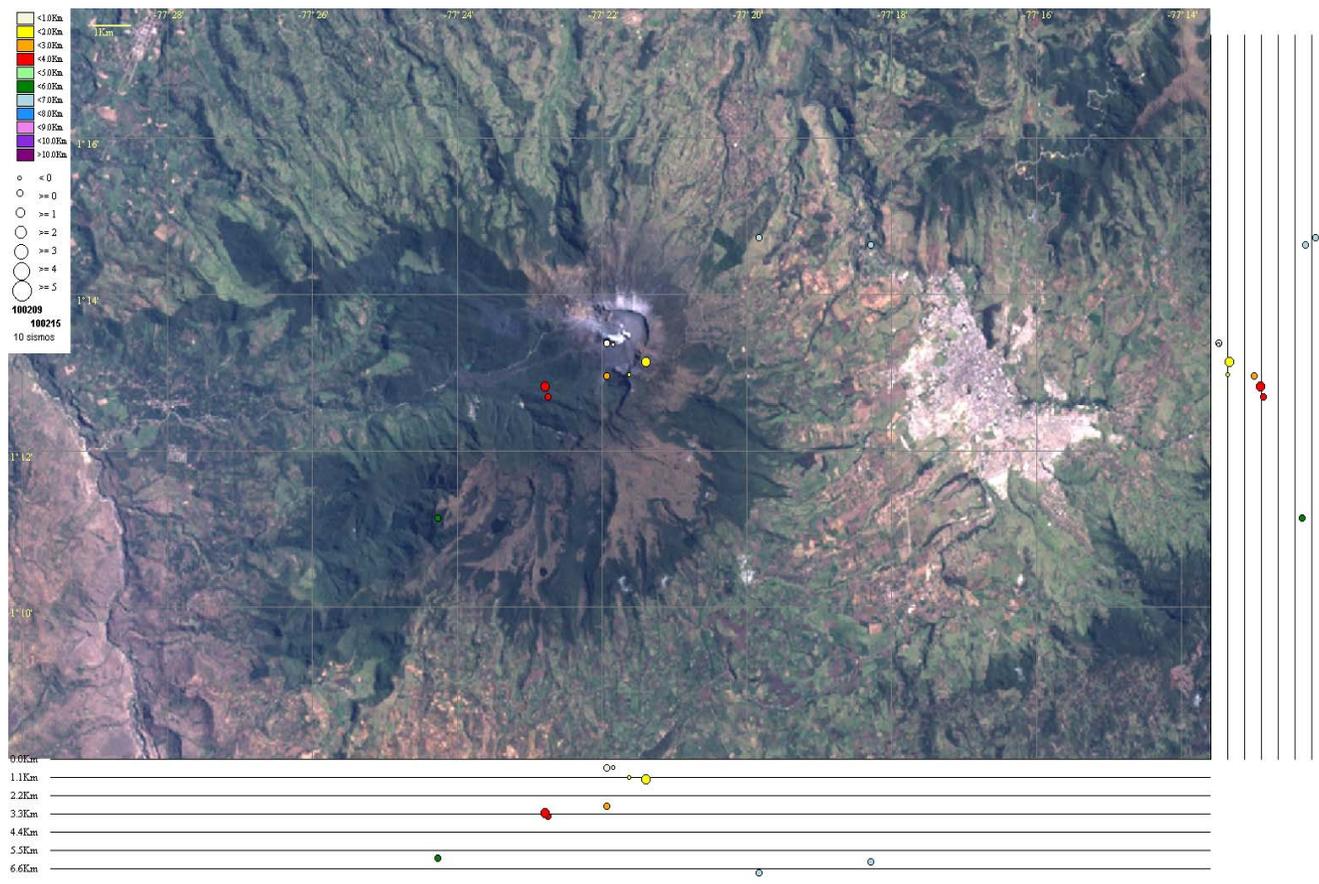
**Figura 9.** Sismograma del 14 al 15 de febrero de 2010 de la estación Urcunina - componente vertical (ubicada a 2.3 Km al ESE del volcán). El ovalo rojo resalta la ocurrencia de eventos sísmicos clasificables y no clasificables registrados durante el 15 de febrero de 2010.

Respecto a los sismos asociados a fracturamiento de material cortical se registraron 26 eventos, de los cuales 20 corresponden a HYB y 6 a VT. Con base al tiempo de arribo de las ondas P y S a las estaciones de monitoreo volcánico en Galeras, aplicando el algoritmo de Geigger utilizado por el programa HYPO71 fue posible obtener la localización de 10 de estos eventos (6 VT y 4 HYB).

La tabla 3 y la figura 10 muestran que los resultados obtenidos a partir de las localizaciones no indican una fuente predominante, en su mayoría los eventos se localizaron de manera dispersa a profundidades que oscilan entre 0.5 y 7 Km. Las magnitudes de los eventos localizados se calcularon en un rango entre - 0.2 y 1.7 grados en la escala de Richter.

**Tabla 3.** Parámetros de las localizaciones de sismos asociados a fracturamiento de material cortical e híbridos, registrados entre el 9 y el 15 de febrero de 2010.

FECHA	HORA	LATITUD		LONGITUD		PROF. (Km)	MAGNITU D CODA	MAGNITUD LOCAL	#FASES	GAP	Dist. Min	RMS	ERH	ERZ	CALIDAD	TIPO
		°	'	°	'											
2010-02-09	10:24:22	1	14.73	77	19.83	6.8	1.1	0.8	11	228	3.3	0.05	0.3	0.3	C1	GVA
2010-02-09	13:09:27	1	12.7	77	22.76	3.4	1.6	0.9	9	110	2.3	0.05	0.2	0.4	B1	GVA
2010-02-09	13:12:05	1	12.83	77	22.79	3.3	1.2	1.7	11	114	2.4	0.07	0.2	0.5	B1	GVA
2010-02-12	06:15:36	1	11.13	77	24.27	6.0	1.2	0	7	236	3.2	0.07	0.5	0.6	C1	GVA
2010-02-13	08:53:19	1	14.64	77	18.29	6.2	1.1	0.1	5	337	4.8	0.04	1.7	1	C1	GVA
2010-02-14	10:42:08	1	12.97	77	21.94	2.8	1.2	0	6	119	1.2	0.03	0.2	0.6	B1	GVA
2010-02-15	04:05:34	1	13.15	77	21.4	1.3	1.9	0	6	193	2.1	0.02	0.3	0.6	C1	GHD
2010-02-15	04:53:59	1	12.98	77	21.63	1.2	1.2	-0.2	5	281	1	0.01	0	0.1	C1	GHD
2010-02-15	18:38:26	1	13.39	77	21.95	0.5	1.2	0.2	6	308	1.9	0.02	0.2	0.5	C1	GHD
2010-02-15	20:03:29	1	13.36	77	21.85	0.5	1.4	-0.1	6	303	1.7	0.02	0.2	0.5	C1	GHD



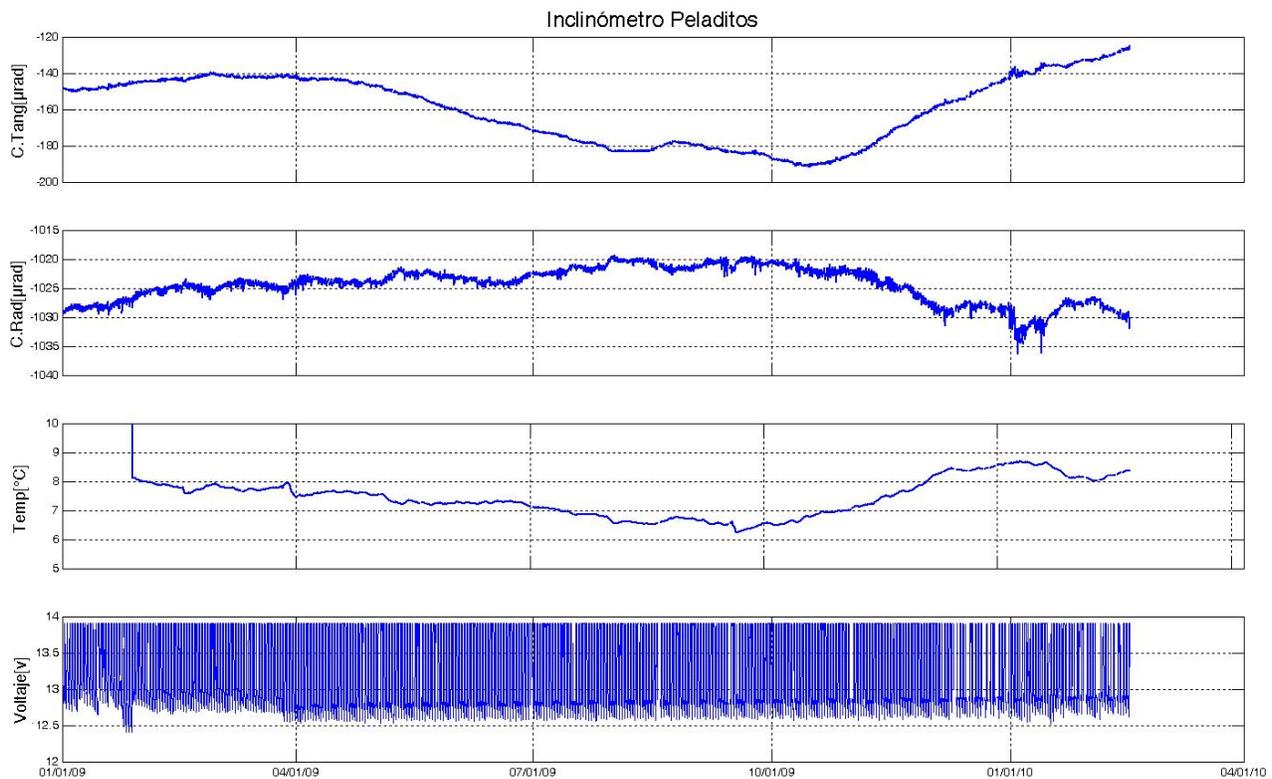
**Figura 10.** Localización epicentral e hipocentral de los sismos de fractura e híbridos registrados entre el 9 y el 15 de febrero de 2010, con sus respectivos cortes N-S (derecha) y E-W (abajo). En los cortes cada línea representa 1.1 Km de profundidad, el tamaño de los círculos que representan los sismos depende de su  $M_L$  y el color su profundidad, de acuerdo con las convenciones ubicadas en la parte superior izquierda de la figura.

Por su parte, los inclinómetros electrónicos localizados en el edificio volcánico, los cuales nos brindan información sobre los procesos de deformación de Galeras, mostraron lo siguiente:

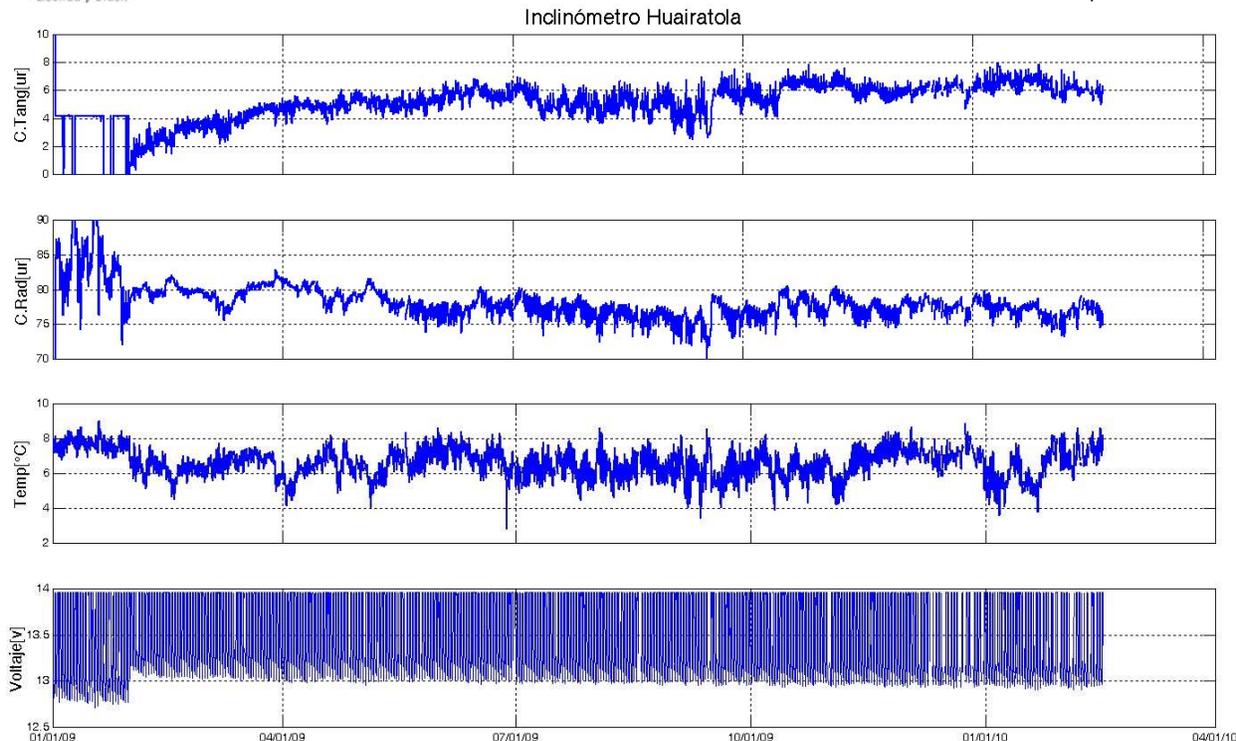
Desde mediados de octubre de 2009 y hasta el 15 de febrero de 2010, la componente tangencial del inclinómetro Peladitos continúa con una tendencia ascendente, acumulando unos 67  $\mu$ radianes. Como se mencionó en el anterior boletín de actividad volcánica, es muy probable que esta tendencia esté asociada con la actividad volcánica. En cuanto a la componente radial de peladitos, se observan variaciones pequeñas que se asemejan al comportamiento del canal de temperatura (Figura 11).

Las componentes tangencial y radial del inclinómetro Huairatola se mostraron muy estables (Figura 12).

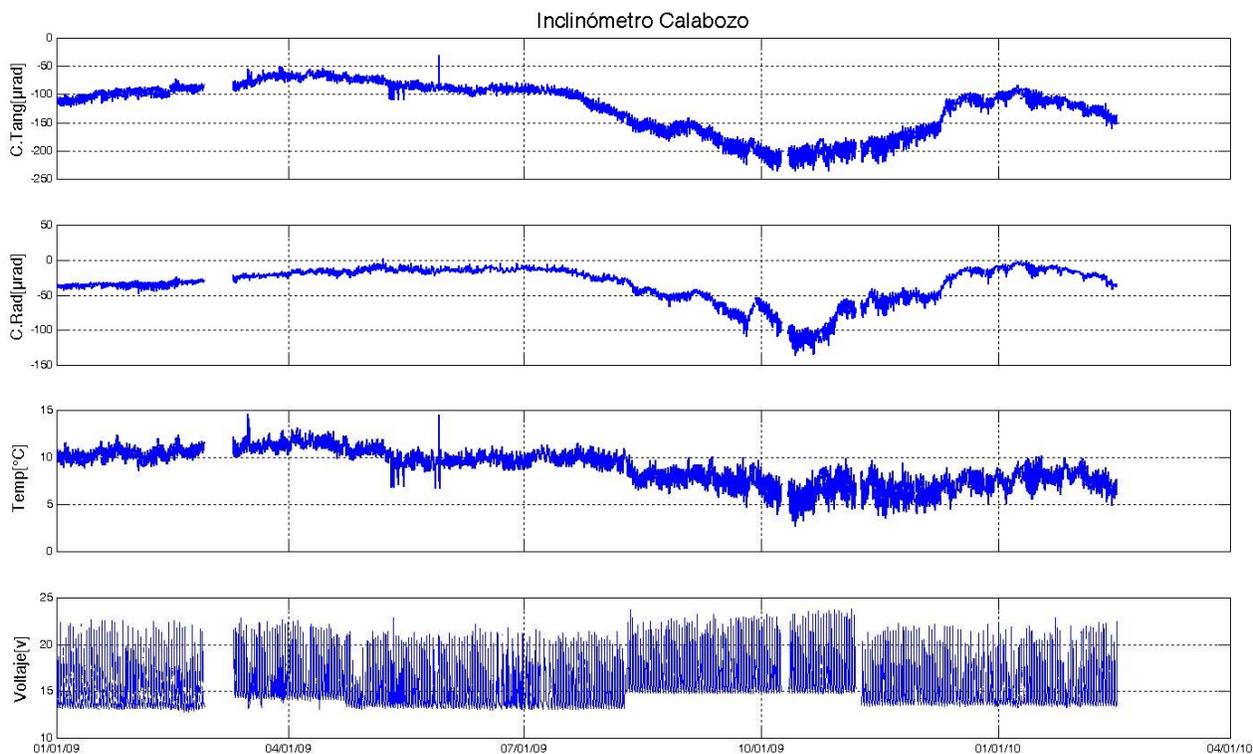
Para el inclinómetro Calabozo, a partir del 14 de enero de 2010, tanto la componente radial como la tangencial continúan con una tendencia descendente, acumulando hasta la fecha unos 38 y 55  $\mu$ radianes respectivamente (Figura 13)



**Figura 11.** Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Peladitos, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2009 y el 15 de febrero de 2010.

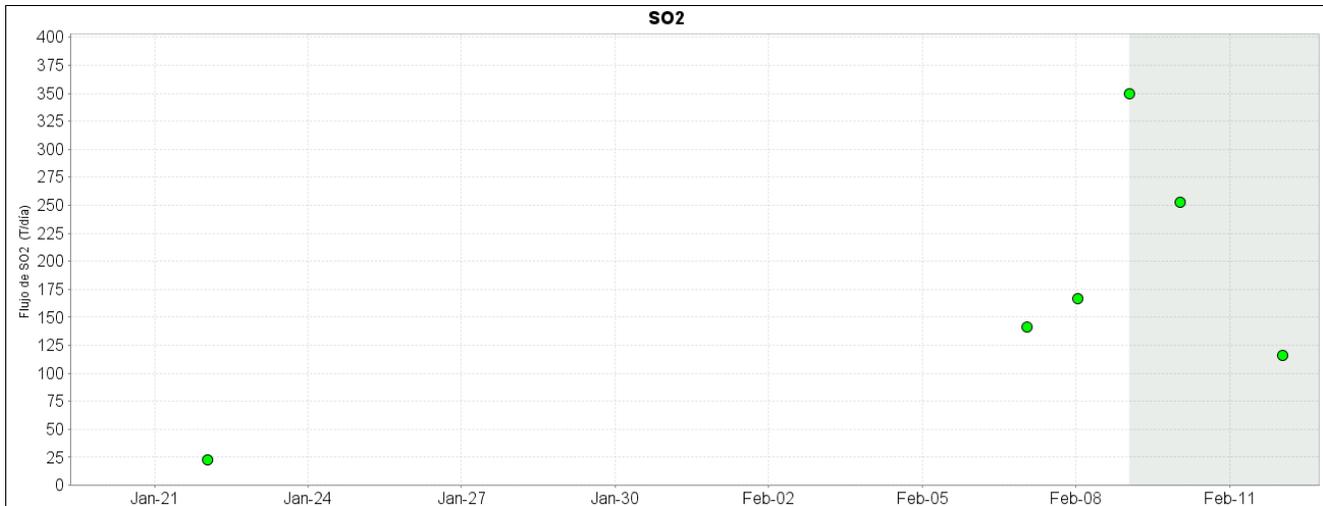


**Figura 12.** Componentes de inclinación radial (Y) y tangencial (X), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Huairatola, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2009 y el 15 de febrero de 2010.



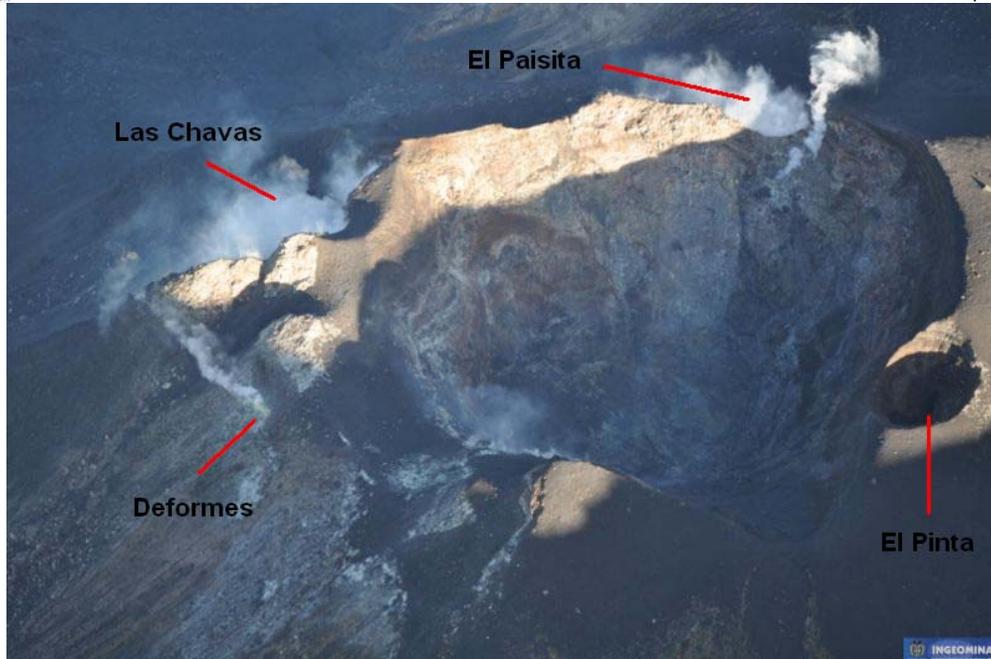
**Figura 13.** Componentes de inclinación radial (X) y tangencial (Y), junto con los datos del canal de temperatura y voltaje del sistema de alimentación del inclinómetro Calabozo, para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2009 y el 15 de febrero de 2010.

Respecto al monitoreo de las emisiones de Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ) a la atmósfera, provenientes del volcán, las estaciones que conforman la red telemétrica de instrumentos *ScanDOAS* (ubicadas en el sector nor-occidental del edificio volcánico) del proyecto NOVAC (<http://www.novac-project.eu/>) en Galeras no registraron datos con flujo de  $\text{SO}_2$ . Los días 9, 10 y 12 de febrero se obtuvieron registros de  $\text{SO}_2$  mediante el uso del equipo portátil *Movildoas*, alcanzando valores de 350, 253 y 116 ton/día respectivamente, valores que para Galeras son considerados como bajos (Figura 14)

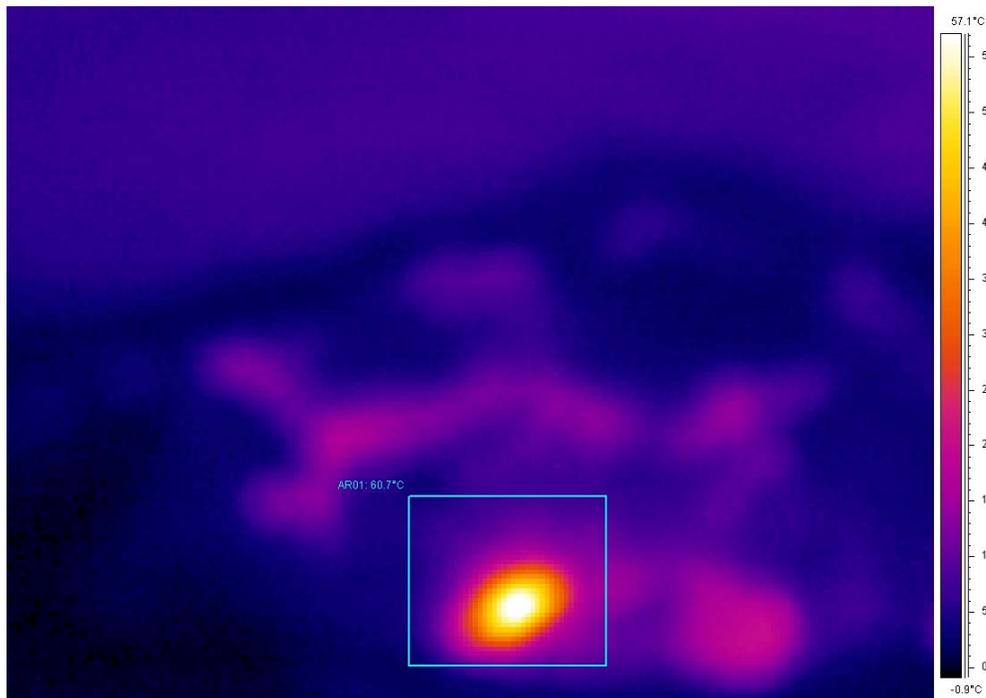


**Figura 14.** Flujo de  $\text{SO}_2$  del volcán Galeras registrado por las estaciones *ScanDOAS*, ubicadas al noroccidente, registrada entre el 8 y el 12 de febrero de 2010. El recuadro gris indica el periodo evaluado.

En reconocimiento aéreo realizado el 15 de febrero de 2010 con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana FAC (Helicóptero Huey II), fue posible registrar imágenes digitales e imágenes térmicas del cono volcánico de Galeras. En las imágenes se evidencia la expulsión de gases de los cráteres secundarios denominados El Paisita, Las Chavas, Las Deformes y de la pared suroriental del cráter principal (Figura 15). Debido a problemas con el lente de la cámara térmica, no se obtuvieron imágenes térmicas de buena calidad (Figura 16).



**Figura 15.** Registro fotográfico tomado durante el sobrevuelo a la zona de influencia de Galeras, el cual se realizó en horas de la mañana del 15 de febrero con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana. En la fotografía se observa la salida de gas de varios de los cráteres secundarios de Galeras y de una de las paredes del cráter principal.



**Figura 16.** Imagen térmica del cono activo de Galeras. El recuadro en la fotografía, resalta el fondo del cráter principal, con una zona dentro de este que alcanza una temperatura de 61°C.



## **CONCLUSIONES**

- El aumento en la ocurrencia de episodios de tremor, que se han asociado con la emisión de gases volcánicos, indica que el proceso de relajación de esfuerzos, a través de la liberación de presiones, continúa. Cabe mencionar que este fenómeno inicio hace tres semanas y se ha incrementado gradualmente.
- El incremento, aunque en niveles bajos de flujo de dióxido de azufre y la observación de actividad superficial, en forma de emisión de gases, indican que los conductos volcánicos tienen condiciones que permiten la liberación de dichos volátiles, reforzando la hipótesis de un sistema que no se encuentra totalmente sellado.
- Si bien la actividad actual en Galeras continúa mostrando un desarrollo inestable, el comportamiento registrado permite prever la posibilidad de que se requiera algún tiempo para que se generen nuevas condiciones de sobrepresión.

De acuerdo a lo anterior el nivel de actividad de Galeras continua en nivel III ■ (“Cambios en el Comportamiento de la Actividad Volcánica”)