



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES
INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA

**SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS -
SIMAC**

SIMAC
Boletín Sísmico ANUAL
- 2019 -
SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS



Enero de 2020



Boletín sísmico ANUAL - 2019 -

Documento producido por el Instituto de estudios Ambientales IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, con la participación de:

Jeannette Zambrano Nájera, I. C., Ph. D., directora del IDEA, directora del SIMAC y Profesora del departamento de Ingeniería Civil

Fernando Mejía Fernández, I. C., M. Sc., Profesor jubilado U. N., Asesor del IDEA

Cristian Camilo Patiño Velasquez, I. C., Esp., Operador de redes de monitoreo en el SIMAC

En representación del IDEA y de su grupo de trabajo:



1 PRESENTACIÓN

El Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas SIMAC que maneja el Instituto de Estudios Ambientales IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, es financiado y respaldado por entidades del orden regional y municipal como Corpocaldas, Gobernación de Caldas, Alcaldía de Manizales, CHEC – EPM, Aguas de Manizales y la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS, incluye la operación y el mantenimiento de diversas redes de monitoreo (hidrometeorológico, sísmico, de calidad del aire y de aguas subterráneas), lo cual permite la obtención sistemática de información abundante y valiosa en tiempo real sobre variables físicas asociadas a esos fenómenos, información que evidentemente es de interés para autoridades y tomadores de decisión del municipio de Manizales en temas cruciales como la planificación territorial, la ordenación ambiental, la gestión integral del riesgo de desastres, la mitigación y adaptación al cambio climático y a los efectos de la variabilidad climática, pero también, entre otros, resulta de interés de la comunidad en general como actora fundamental de estos procesos.

Pensando en ello, se presenta aquí el **boletín sísmico anual del SIMAC para el año 2019**, con el análisis de la aceleración registrada en los sismos percibidos en Manizales a partir de la información sísmica recogida de la red de estaciones de monitoreo de esa variable y que constituyen un número importante, con el fin de mejorar y ampliar la información sobre el tema y de paso contribuir a la formación básica de los ciudadanos sobre el mismo. Se espera una buena acogida a este boletín y comentarios sobre su estructura y contenido, de manera que podamos expedir los siguientes con mejoras sugeridas por los lectores.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Contexto

La red local de acelerógrafos de Manizales – RAMAN, administrada por la Universidad Nacional de Colombia a través de su Instituto de Estudios Ambientales IDEA, está enfocada en monitorear, observar, investigar y evaluar la actividad sísmica de la ciudad de manera continua y permanente, con el fin de conocer el comportamiento sísmico local y la amenaza que este presenta. Así mismo ante la ocurrencia de un evento importante brindar información oportuna y veraz a las entidades tomadoras de decisiones y a la comunidad en general a través del software denominado Sistema de Información Sísmico de Manizales – Laboratorio de Instrumentación Sísmico Automático, SISMAN-LISA

Manizales, fundada en 1849, cuenta actualmente con una población cercana a los 400 mil habitantes. Se encuentra ubicada sobre la Cordillera Central de los Andes colombianos, vecina de los volcanes Nevado del Ruíz y Cerro bravo, la cual es una zona de alta actividad sísmica. En el

pasado varios terremotos afectaron a Manizales de manera importante, entre los cuales cabe mencionar los ocurridos en 1938, 1961, 1979 y 1995.

Consciente de esta actividad sísmica y siendo Manizales pionera a nivel nacional en gestión del riesgo de desastres, se inicia la instrumentación y monitoreo del movimiento fuerte a mediados de los años 90s con la adquisición e instalación de 4 equipos acelerógrafos digitales. En la actualidad, la ciudad cuenta con una red de acelerógrafos compuesta por 10 acelerógrafos (Tabla 1) que registran el movimiento fuerte a nivel de superficie del terreno y un equipo tipo bore-hole a 45 metros de profundidad que permite registrar el movimiento sísmico a nivel de los estratos profundos de roca y/o basamento.

Tabla 1 Composición Red de acelerógrafos de Manizales, RAMan.

Id	Nombre	Código	Lat(°)	Lon(°)	Altitud(m)
1	Universidad de Manizales	MUMZ	5.077	-75.518	2109.9
2	Monumento a los Colonizadores	MCOL	5.076	-75.527	2174.4
3	INFI Manizales	MINF	5.068	-75.512	2096.5
4	Hospital de Caldas	MHOS	5.062	-75.500	2110.7
5	UNAL Campus Palogrande	MUCP	5.056	-75.491	2169
6	Parque Palermo	MPAL	5.052	-75.490	2146.8
7	UNE Telecomunicaciones	MUNE	5.047	-75.483	2176.6
8	UNAL Campus El Cable	MUCC	5.055	-75.485	2144.4
9	UNAL Campus La Nubia	MUCN	5.028	-75.471	2051.3
10	Planta Niza	MNIZ	5.052	-75.476	2234.4

2.2 ¿Qué se tiene en Manizales en cuanto a estaciones de monitoreo sísmico?

En el municipio de Manizales el Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas SIMAC, cuenta con una red acelerográfica RAMan que incluye diez (10) estaciones modernas automáticas que monitorean la aceleración del suelo como variable principal las 24 horas del día y tele transmiten esos datos a la estación central en “tiempo real”. Estas estaciones, se localizan en el perímetro urbano de la ciudad de Manizales (ver **Figura 1**) como capital del departamento que se ve afectada periódicamente, por su localización en el territorio nacional, por su extensión, topografía y densidad poblacional, los efectos son con alguna frecuencia catastróficos. De ahí el esfuerzo de la Alcaldía de Manizales, de Corpocaldas y de la Universidad Nacional de Colombia por contar con estas redes en su territorio urbano.

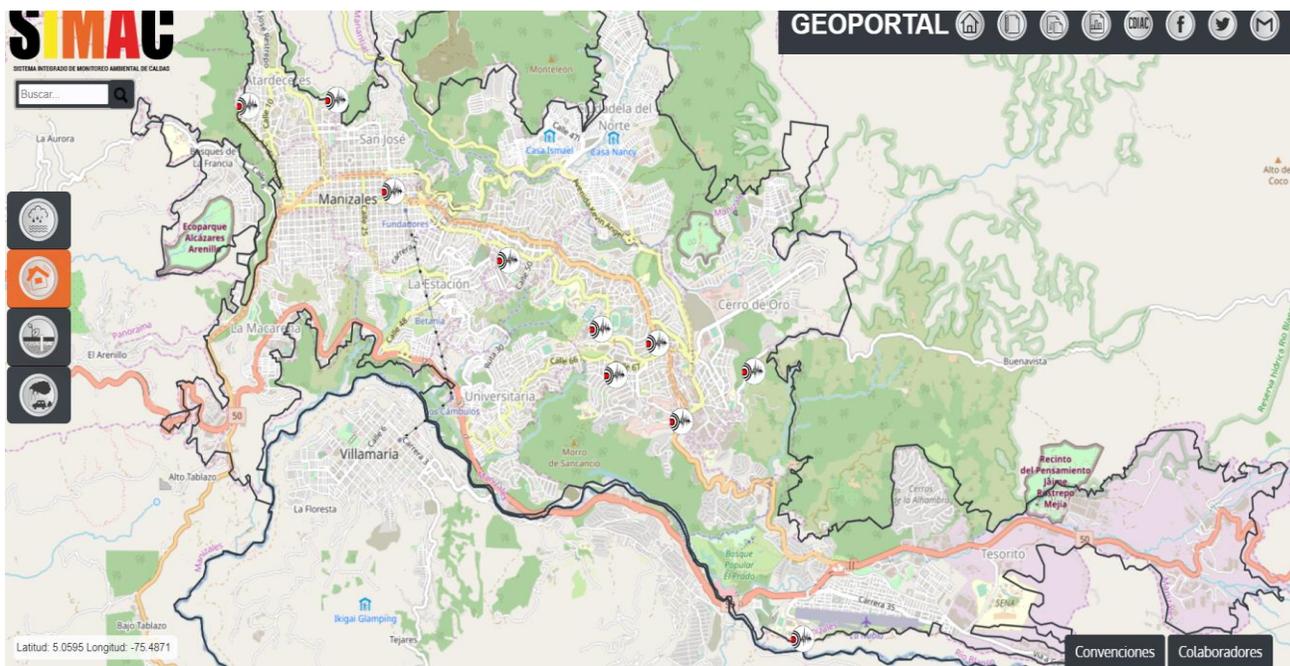


Figura 1 Localización estaciones sísmicas en el perímetro urbano del municipio de Manizales, fuente SIMAC.

La red se distribuye de oriente a occidente en el perímetro urbano de la ciudad de Manizales siempre enfocada en la gestión de riesgo, ha sido pensada como principal componente del sistema de información sísmico de Manizales (SISMan), haciendo parte del Laboratorio de Instrumentación Sísmico Automático (LISA), encargada de registrar los movimientos del suelo, en especial sismos por efectos naturales que aporten a la conformación y consolidación del catálogo sísmico local, así como de reportar los eventos sísmicos de aceleraciones considerables que pudieren ocasionar daños en los diferentes elementos expuestos que posee la ciudad como viviendas, edificios, centros institucionales, etc. A continuación, se presentan los equipos que posee la red de acelerógrafos local.

Tabla 2. Estaciones utilizadas en el análisis de variables para Manizales

Id	Nombre	Código	Ubicación		Altitud(m)	Fabricante	Modelo
			Lat(°)	Lon(°)			
1	Universidad de Manizales	MU MZ	5.077	-75.518	2109.9	Kinometrics	ETNA
2	Monumento a los Colonizadores	MCO L	5.076	-75.527	2174.4	Reftek	130-SMA
3	INFI Manizales	MIN F	5.068	-75.512	2096.5	Reftek	130-SMA 131A-02/BH
4	Hospital de Caldas	MHO S	5.062	-75.500	2110.7	Reftek	130-SMA
5	UNAL Campus Palogrande	MUC P	5.056	-75.491	2169	Reftek	130-SMA

6	Parque Palermo	MPA L	5.052	-75.490	2146.8	Reftek	130-SMA
7	UNE Telecomunicaciones123	MUN E	5.047	-75.483	2176.6	Reftek	130-SMA
8	UNAL Campus El Cable	MUC C	5.055	-75.485	2144.4	Reftek	130-SMA
9	UNAL Campus La Nubia	MUC N	5.028	-75.471	2051.3	Reftek	130-SMA
10	Planta Niza	MNI Z	5.052	-75.476	2234.4	Reftek	130-SMA

2.3 ¿Qué se hace con esta información?

Estas estaciones acelerográficas miden variables asociadas al movimiento fuerte generado por eventos sísmicos como la aceleración. Los equipos entregan en bits los acelerogramas de las mediciones en sus tres componentes ortogonales, dos horizontales (X y Y) y una vertical (Z), a partir de los cuales es posible caracterizar completamente el movimiento del terreno y mediante la sismología y la ingeniería sísmica se pueden obtener medidas de velocidad y desplazamientos del evento sísmico.

La información registrada por la RAMan servirá a mediano plazo para enriquecer el catálogo sísmico de la ciudad y realizar estudios locales detallados de tal manera que permitan la actualización de los modelos de microzonificación sísmica, la aplicación de estudios de respuesta de sitio para el diseño de infraestructura esencial, la mejora de modelos locales de atenuación sísmica, el estudio de las características de la ruptura de fuentes locales y la actualización de las normativas locales de construcción sismo resistente de estructuras y líneas vitales de la ciudad.

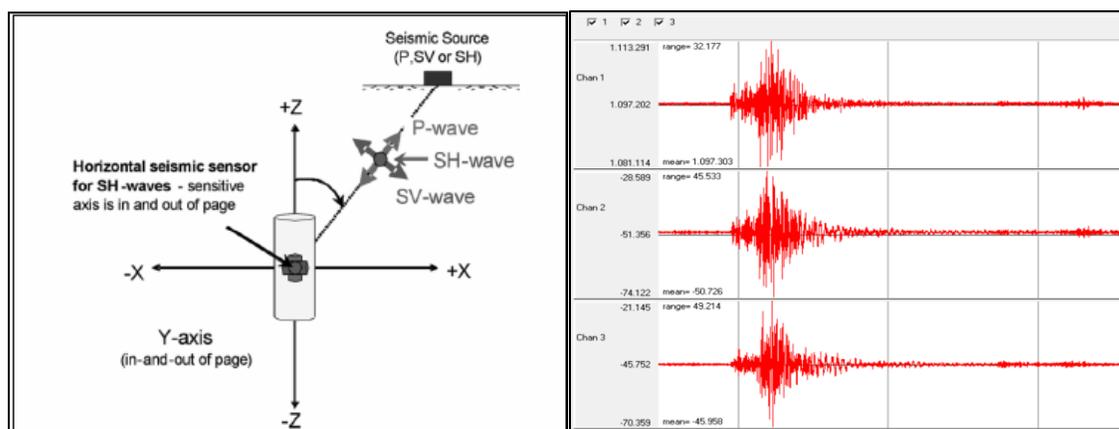


Figura 2 Componentes de medida, X, Y y Z

3 CONDICIONES DE MONITOREO SÍSMICO

3.1.1 Funcionamiento red de acelerógrafos de Manizales, RAMan

La red de acelerógrafos de Manizales presentó en el periodo del informe un funcionamiento de 94.9% de su capacidad de monitoreo, manteniéndose estable e igualando el porcentaje de funcionamiento presentado el año 2018 (ver boletín de sismos 2018, 94.8% de funcionamiento). Como se puede observar en la figura de funcionamiento de acelerógrafos, durante el 2019 las estaciones presentaron una operación continua en la mayoría de los equipos, enfocando los inconvenientes de monitoreo en dos estaciones que oscilaron su labor entre el 73% y el 83% a diferencia de las demás estaciones que estuvieron por encima del 95%. A continuación, se presenta el histograma de funcionamiento de cada estación.

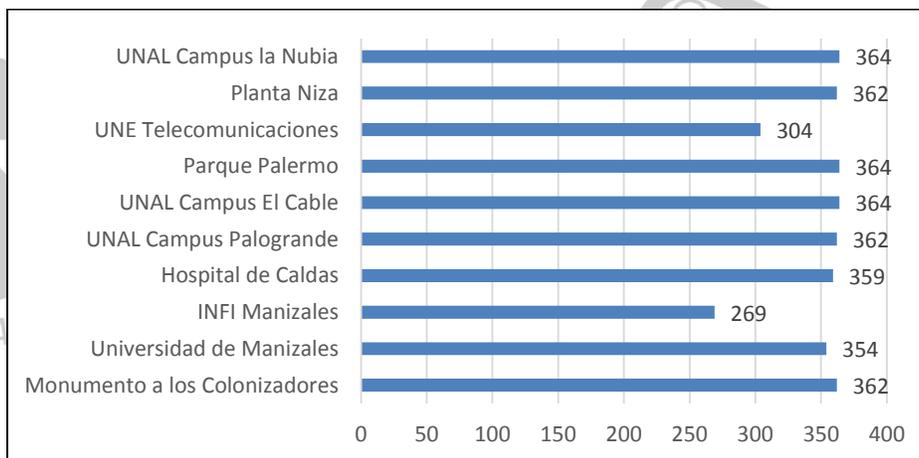


Figura 3 Funcionamiento de la red de acelerógrafos de Manizales en el año 2019

3.1.2 Funcionamiento de la red telemétrica

La red telemétrica es un sistema denominado (maestro – esclavo - repetidor) donde las diez (10) estaciones de campo (**Tabla 3**) están configuradas como los esclavos – repetidores y el maestro se encuentra ubicado en la universidad nacional sede Manizales encargado de hacer el llamado a cada estación en un tiempo de 20 segundos entre cada una, a través de una antena omnidireccional. A continuación, se presenta la tabla donde se indica el tipo de radio y el modelo utilizado para la red telemétrica.

Tabla 3 Composición y equipos de la red telemétrica

Id	Nombre	Fabricante	Modelo
1	Universidad de Manizales	FreeWave	FGR2-CE-U
2	Monumento a los Colonizadores	FreeWave	FGR2-CE-U
3	INFI Manizales	FreeWave	FGR2-CE-U
4	Hospital de Caldas	FreeWave	FGR2-CE-U
5	UNAL Campus Palogrande	FreeWave	FGR2-CE-U
6	Parque Palermo	FreeWave	FGR2-CE-U
7	UNE Telecomunicaciones	FreeWave	FGR2-CE-U
8	UNAL Campus El Cable	FreeWave	FGR2-CE-U
9	UNAL Campus La Nubia	FreeWave	FGR2-CE-U
10	Planta Niza	FreeWave	FGR2-CE-U

La red telemétrica presentó en el periodo del informe un funcionamiento de 88.7% de su capacidad de monitoreo. Como se puede observar en la figura de funcionamiento de la red telemétrica, durante el 2019 las estaciones presentaron una operación que oscila entre el 73% y el 99%. A continuación, se presenta el histograma de funcionamiento de la red telemétrica.

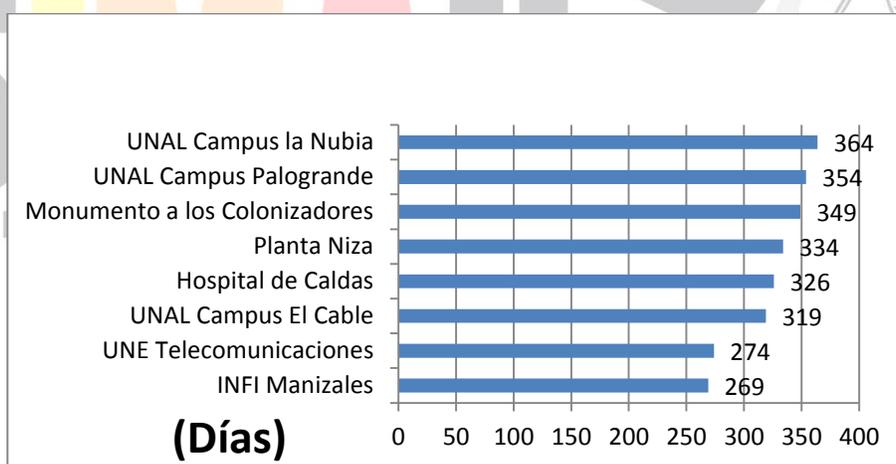


Figura 4 histograma de funcionamiento de la red telemétrica

3.1.3 Funcionamiento del sistema de información Sísmico de Manizales – Laboratorio de instrumentación Sísmico Automático (por sus siglas SISMan – LISA)

Hacia mediados de 2008, entró en funcionamiento el Laboratorio de Instrumentación Sísmico Automática de Manizales, sistema SISMan-LISA, cuyo principal objetivo es la generación de mapas automáticos de aceleración sísmica en superficie del terreno y evaluación del daño probable en edificaciones por efecto de un evento sísmico. El LISA de Manizales, es una herramienta pensada para aportar en la gestión del riesgo sísmico de la ciudad, en particular en lo que se refiere a la atención a emergencias, dado que brinda insumos importantes para la correcta asignación de los recursos físicos y humanos de la ciudad en situación de crisis.

El sistema de información sísmico de Manizales presentó durante el año 2019 un funcionamiento continuo y permanente, aunque con algunas interferencias de comunicación entre la estación maestro y la estación esclavo, sin embargo, las fallas no sobrepasan el 15% y es de anotar que los acelerógrafos siguen registrando en campo (ver **Figura 3** tabla de funcionamiento) y los datos son descargados una vez se retome la conexión. A continuación, se presenta el entorno de operación del SISMan-LISA.

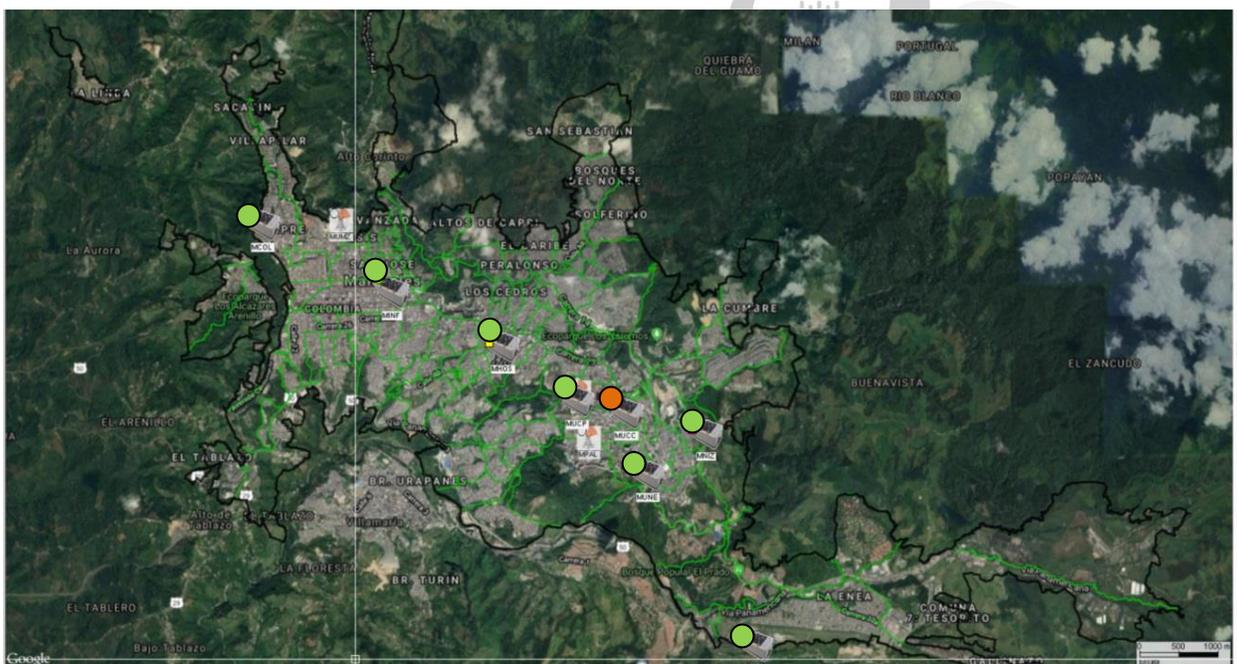


Figura 5 entorno sistema de información sísmico de Manizales.

- * Color verde = estación en línea.
- * Color naranja = estación en comunicación "tiempo real"
- * Color roja = estación por fuera de línea

3.1.4 Sismicidad del 2019 registrada por la RAMan

Durante el año 2019 fueron registrados por la RAMAN 13 acelerogramas asociados a 5 sismos ocurridos en los departamentos de Santander, Chocó, Valle del Cauca, Antioquia, Caldas. A continuación, se presentan los eventos registrados por la RAMan y reportados por el servicio geológico colombiano como entidad oficial encargada de reportar los eventos a nivel nacional.

Tabla 4 Eventos registrados durante el 2019 por la red de acelerógrafos de Manizales

Id	Fecha	Hora de registro (UT)*	Magnitud	Epicentro	Profundidad (km)	Latitud	Longitud
1	24/01/2019	03:04:00	5.4	Zapatoca (Santander)	148	6.83	-73.19
2	14/02/2019	21:09:00	4.7	Bagadó (Choco)	Menor 30	5.63	-73.03
3	23/03/2019	21:21:00	6.1	Versalles (Valle del Cauca)	124	4.63	-76.29
4	26/10/2019	01:00:00	4.7	Ciudad Bolívar (Antioquia)	44	5.83	-75.98
5	24/12/2019	19:03:00	6.2	Mesetas (Meta)	Menor 30	3.43	-74.20

* La hora de registro es la indicada por el acelerógrafo, puede variar con respecto a la reportada oficialmente

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS

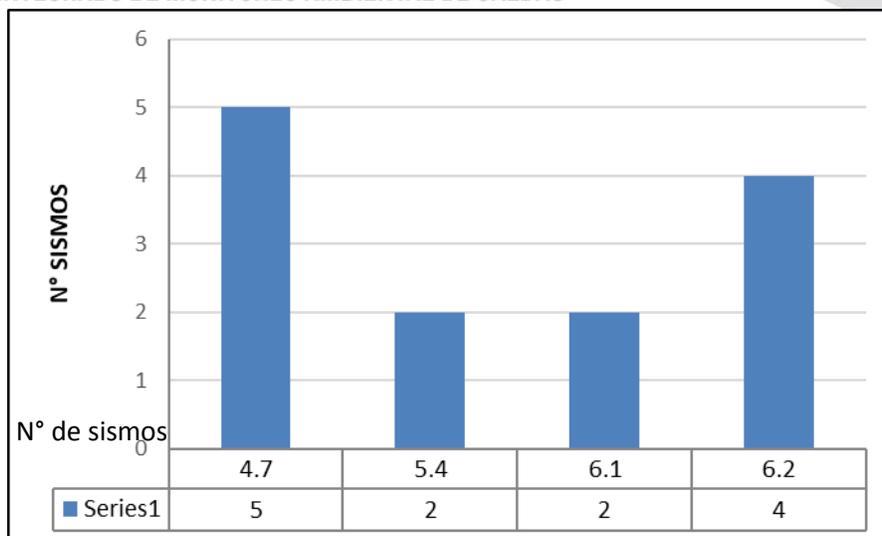


Figura 6 Sismicidad por rango de magnitud (MI)

Boletín sísmico anual

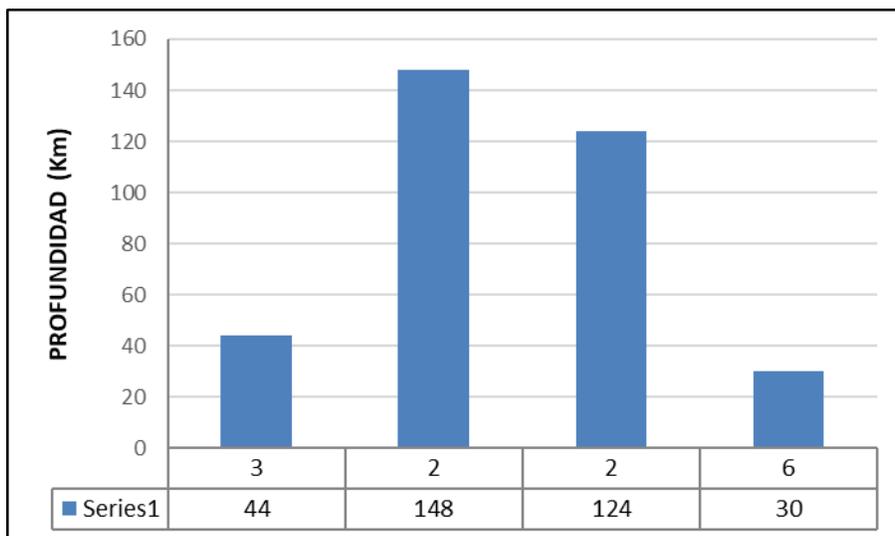


Figura 7 Sismicidad por rango de profundidad (Km)

SIMAC
SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS



3.1.5 Ángulo de influencia del sismo con respecto a Manizales

Desde el año 2000 (Sharma, 2000) se menciona la influencia de la dirección y/o ángulo de incidencia de un sismo frente a un punto de referencia en este caso la ciudad de Manizales, por tal motivo se presentan los primeros avances con los registros del año 2019, calculando la distancia entre los dos puntos y su azimut de influencia.

Tabla 5 Azimut de influencia de los sismos con respecto a la Ciudad de Manizales.

Epicentro	Magnitud	Latitud	Longitud	Distancia (Km)	Azimut (°)
Zapatoca (Santander)	5.4	6.83	-73.19	322	25.95
Bagadó (Choco)	4.7	5.63	-73.03	82.8	11.77
Versalles (Valle del Cauca)	6.1	4.63	-76.29	101	230.66
Ciudad Bolívar (Antioquia)	4.7	5.83	-75.98	97.2	119.42
Mesetas (Meta)	6.2	3.43	-74.20	234	355.51

El azimut es calculado a partir de las coordenadas del epicentro y las coordenadas de la estación ubicada en el centro de la ciudad denominada INFI-Manizales. A continuación, se presentan las ubicaciones de los sismos con respecto a la ciudad de Manizales y la distancia obtenida a partir de la herramienta Google earth.

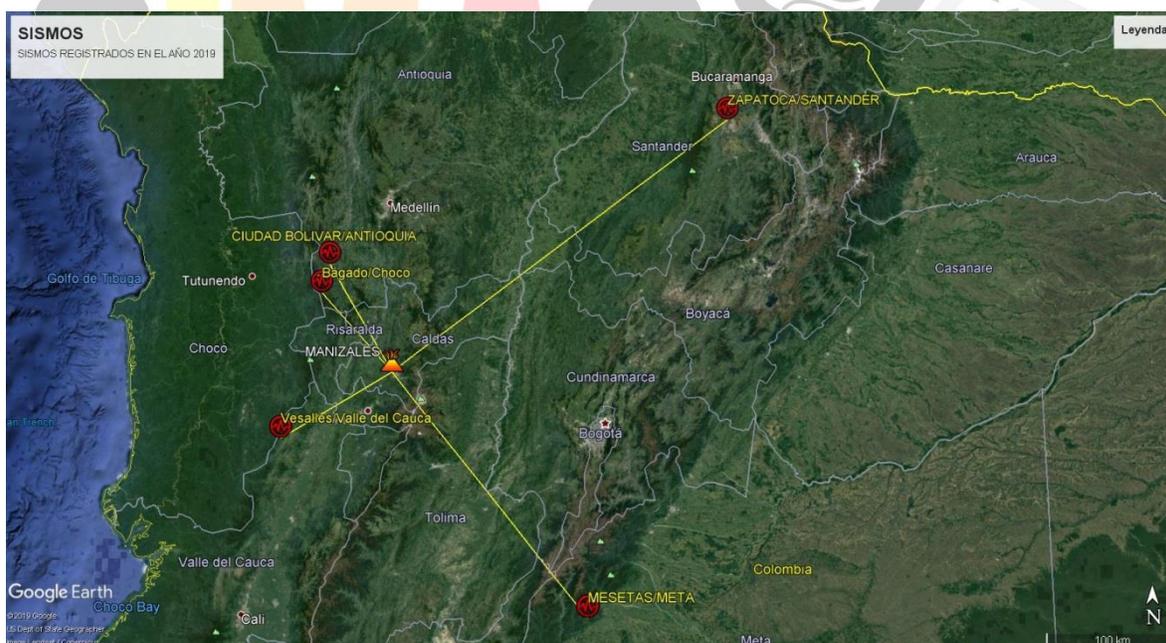


Figura 8 Ubicación de los sismos reportados con respecto a la ciudad de Manizales. "fuente Google Earth"

Boletín sísmico anual

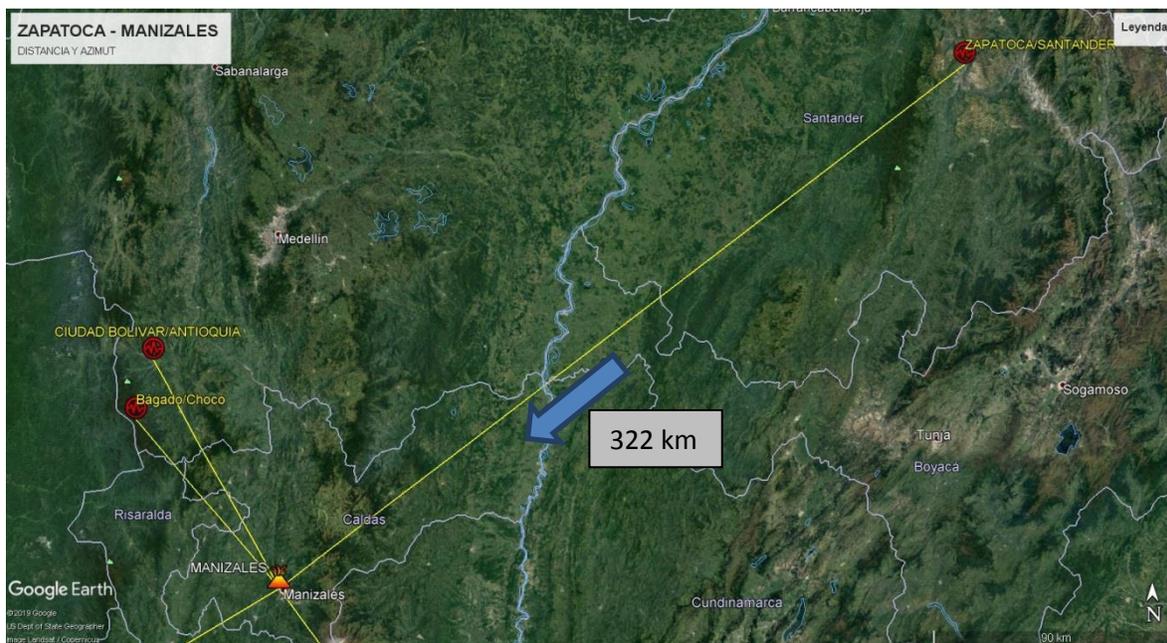


Figura 9 Distancia sismo con epicentro en Zapatocha mesa de los Santos en el departamento de Santander. "fuente Google Earth"

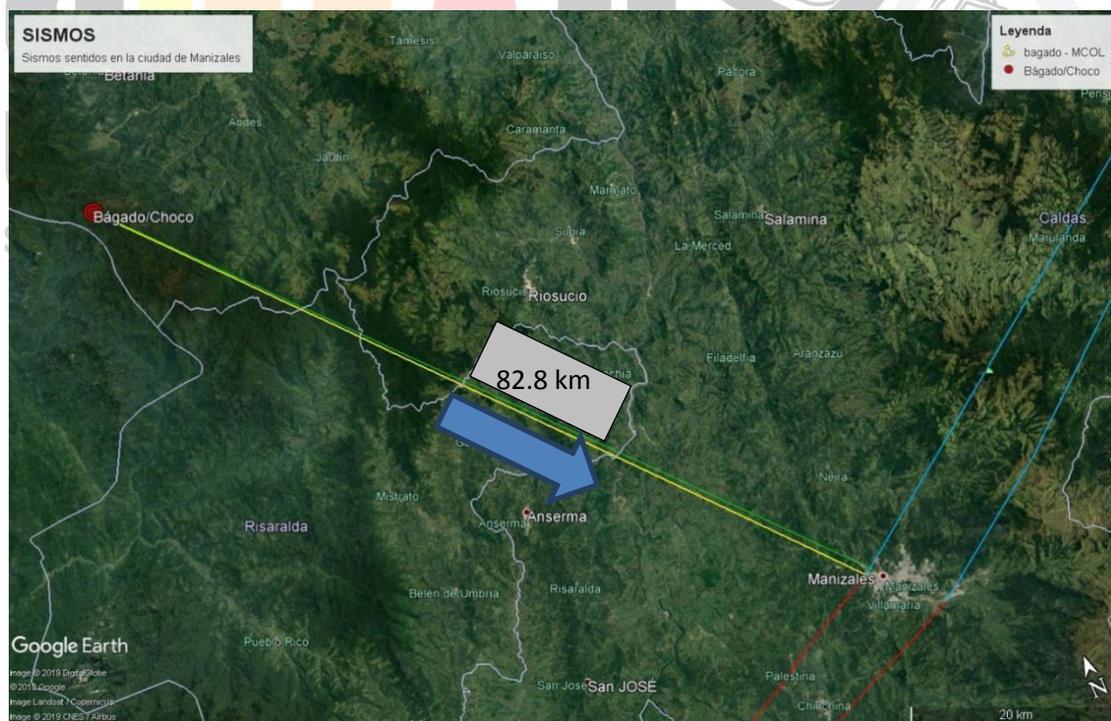


Figura 10 Distancia sismo con epicentro en Bagadó en el departamento del Choco. "Fuente Google Earth"

Boletín sísmico anual



Figura 11 Distancia sismo con epicentro en Versalles en el departamento del Valle del Cauca. "fuente Google Earth"

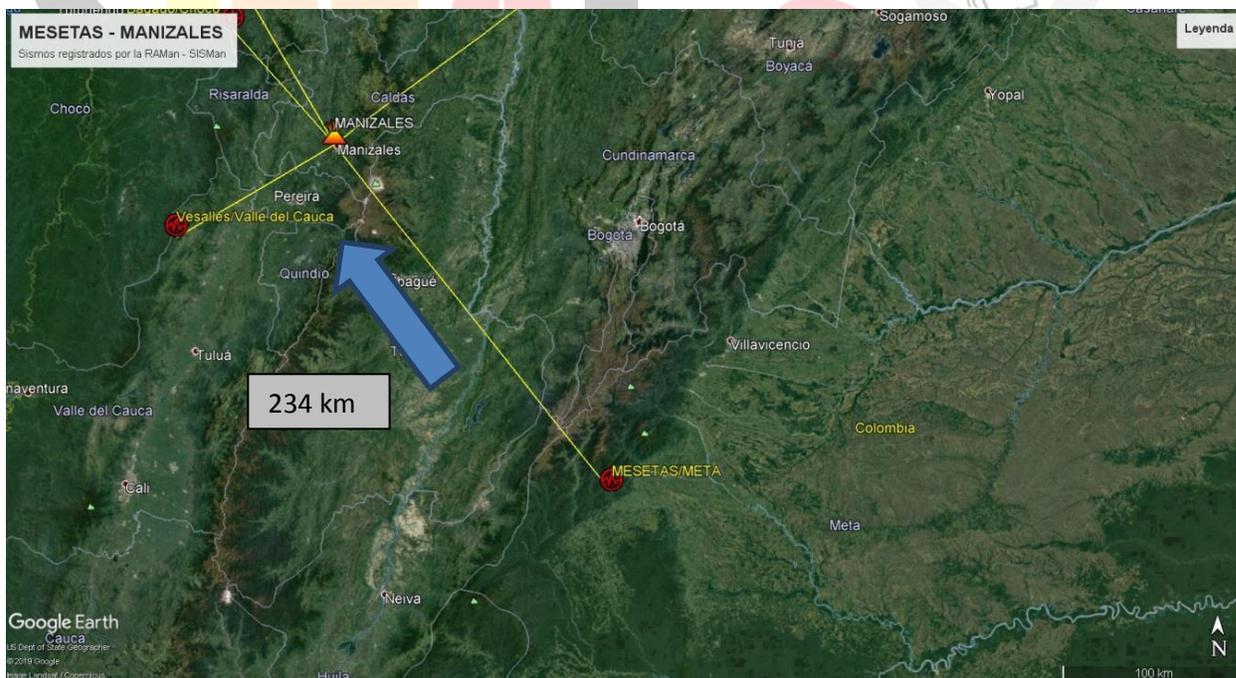


Figura 12 Distancia sismo con epicentro en Mesetas en el departamento del Meta hasta Manizales. "fuente Google Earth"

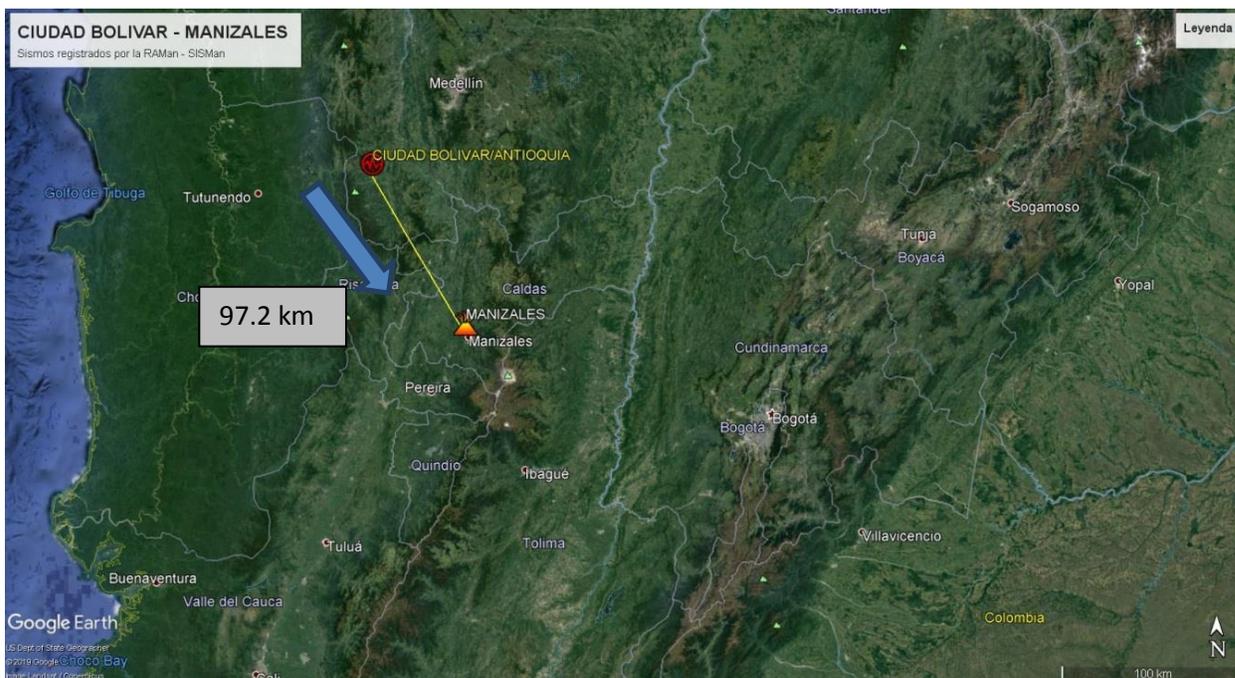


Figura 13 Distancia sismo con epicentro en Ciudad Bolívar en el departamento de Antioquia hasta Manizales. "fuente Google Earth"

3.1.6 Acelerogramas

3.1.7 Sismo 24 de enero de 2019

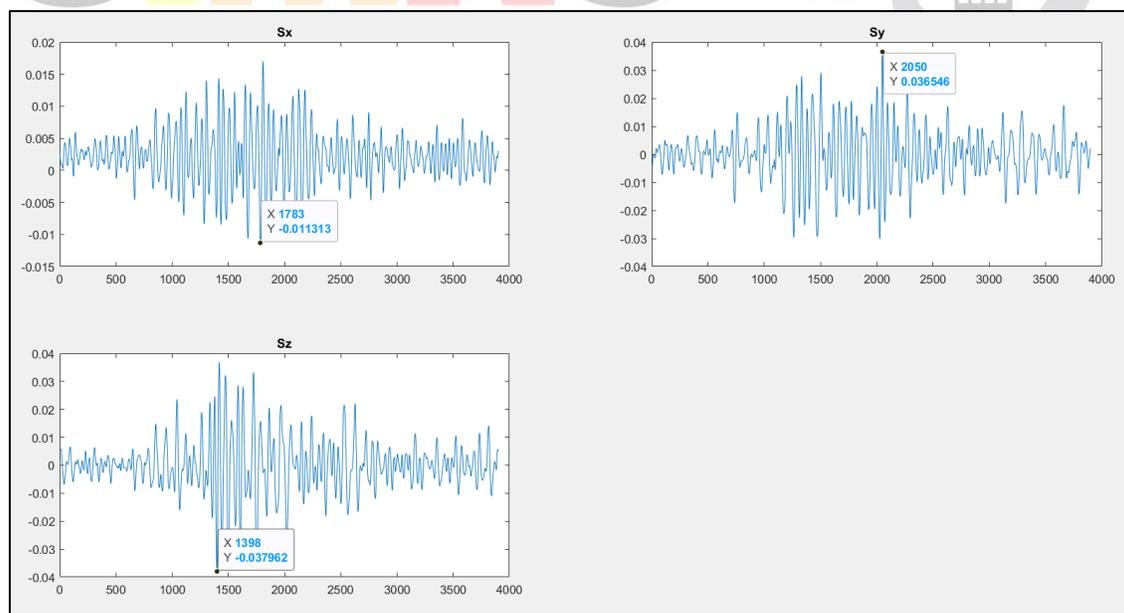


Figura 14 Sismo con epicentro en Zapatoca, Santander. Registrado por la estación ubicada en la planta Niza. "fuente propia"

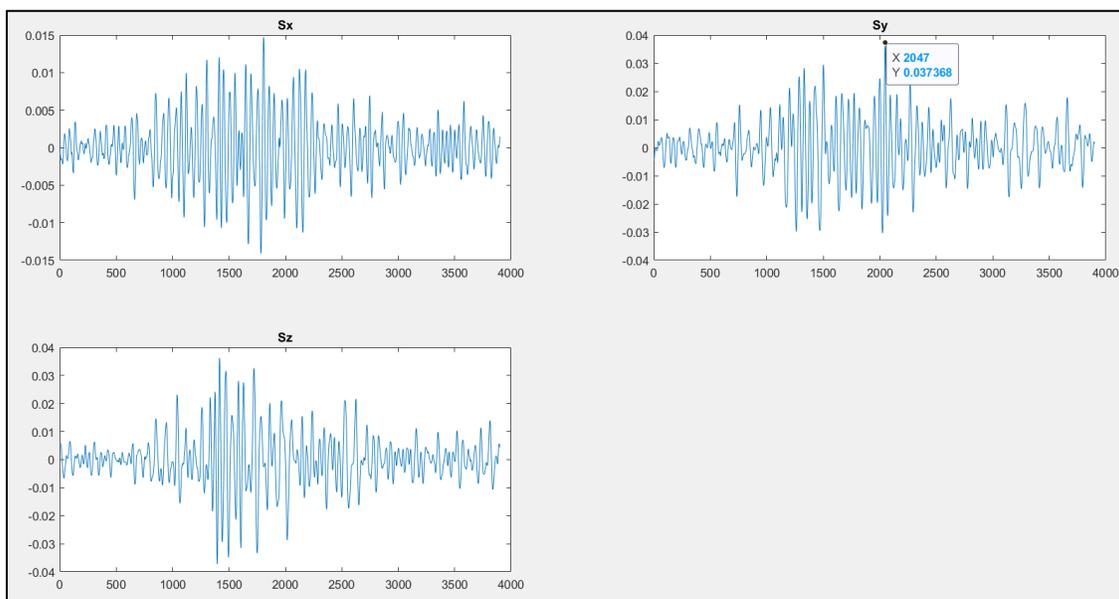


Figura 15 Sismo con epicentro en Zapatoca, Santander. Registrado por la estación ubicada en la universidad Nacional campus la Nubia. "Fuente propia"

3.1.8 Sismo 14 de febrero de 2019

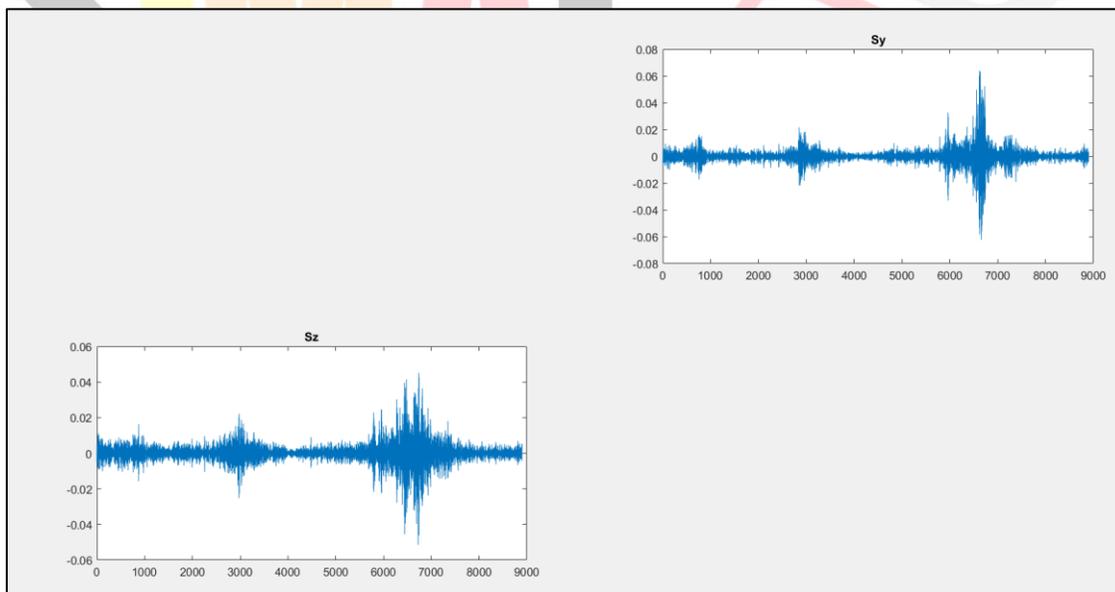


Figura 16 Sismo con epicentro en Bagadó, Choco. Registrado por la estación ubicada en el monumento a los Colonizadores. "Fuente propia"*. Componente X en revisión.

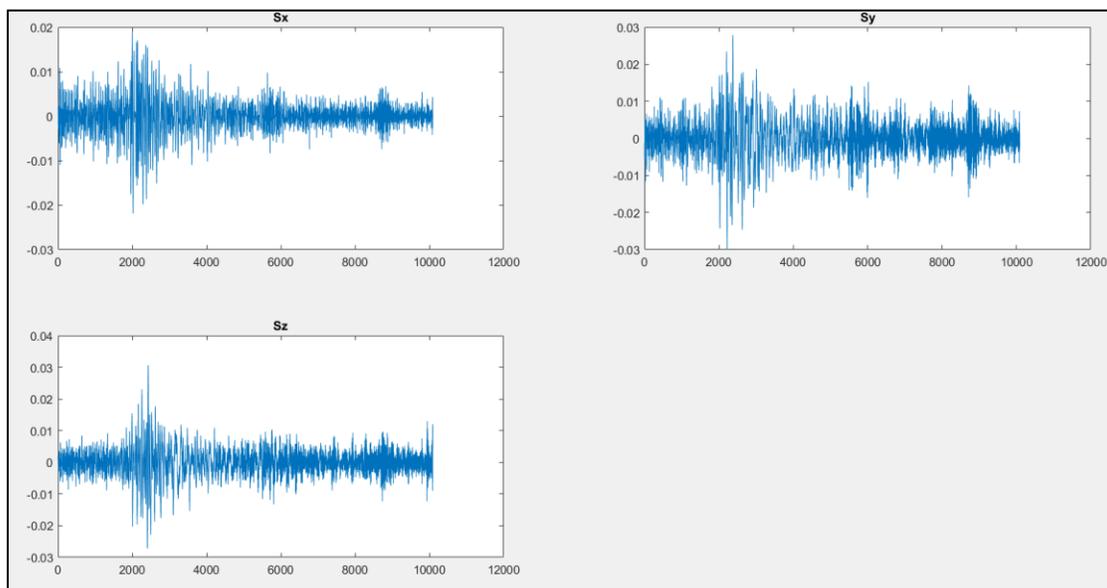


Figura 17 Sismo con epicentro en Bagadó, Choco. Registrado por la estación ubicada en la universidad Nacional campus Palogrande. "Fuente propia"

3.1.9 Sismo 23 de marzo de 2019

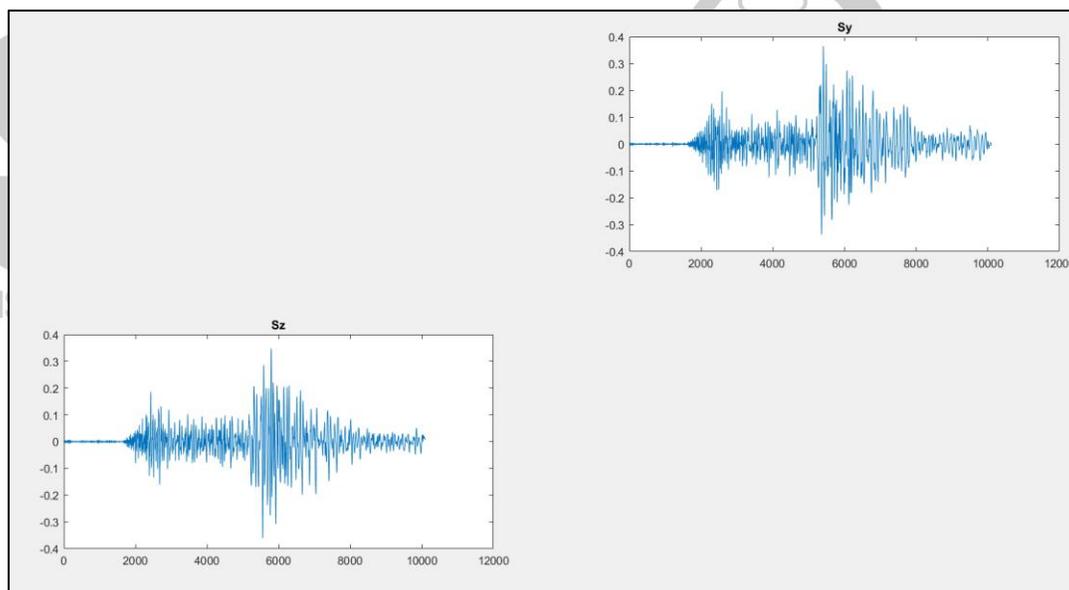


Figura 18 Sismo con epicentro en Versalles, Valle del Cauca. Registrado por la estación ubicada en el monumento a los Colonizadores. Fuente propia. Componente X en revisión.

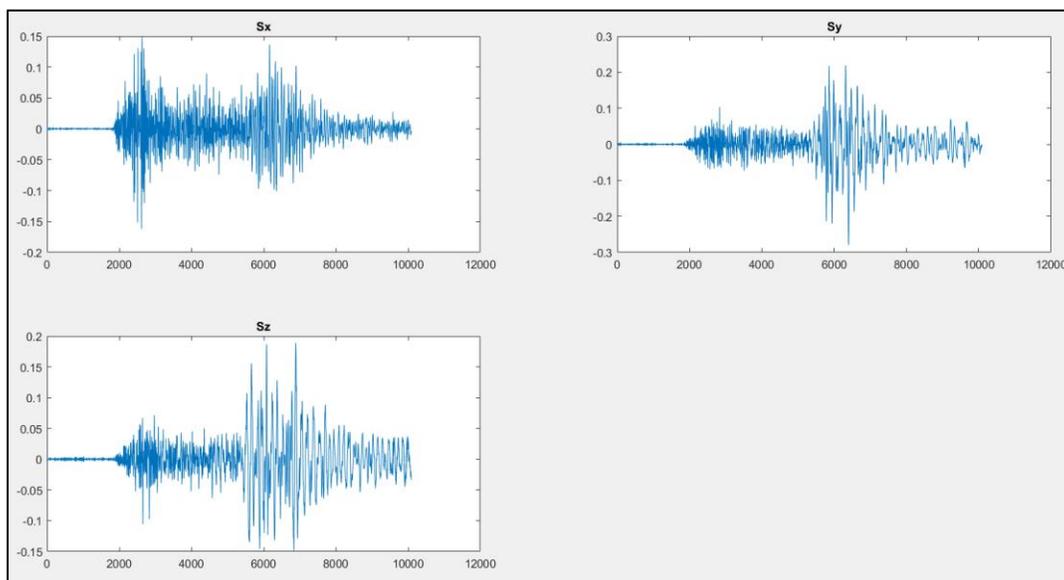


Figura 19 Sismo con epicentro en Versalles, Valle del cauca. Registrado por la estación ubicada en la universidad Nacional campus Palogrande. Fuente propia

3.1.10 Sismo 26 de octubre de 2019

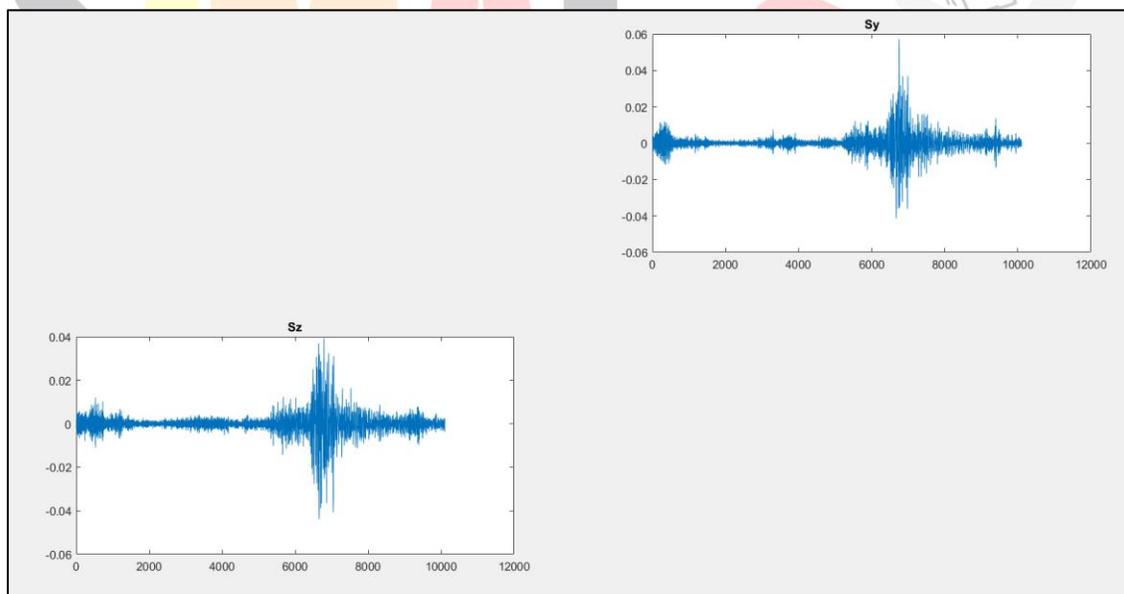


Figura 20 Sismo con epicentro en Ciudad Bolívar, Antioquia. Registrado por la estación ubicada en el monumento a los Colonizadores. Fuente propia Componente X en revisión.

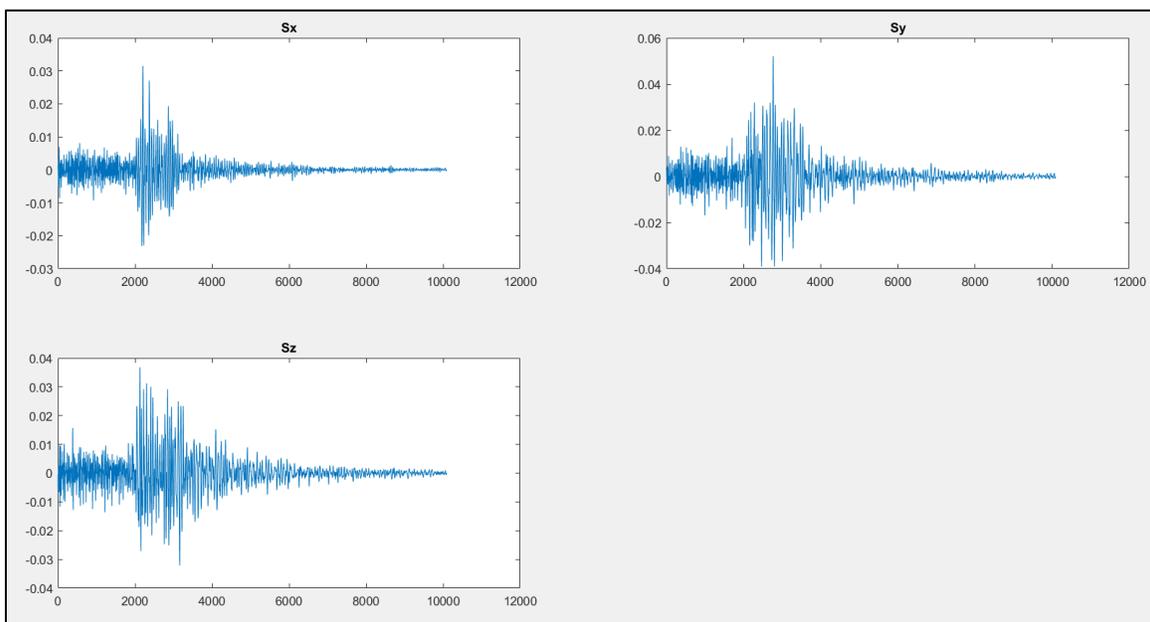


Figura 21 Sismo con epicentro en Ciudad Bolívar, Antioquia. Registrado por la estación ubicada en la universidad Nacional campus la Nubia. Fuente propia

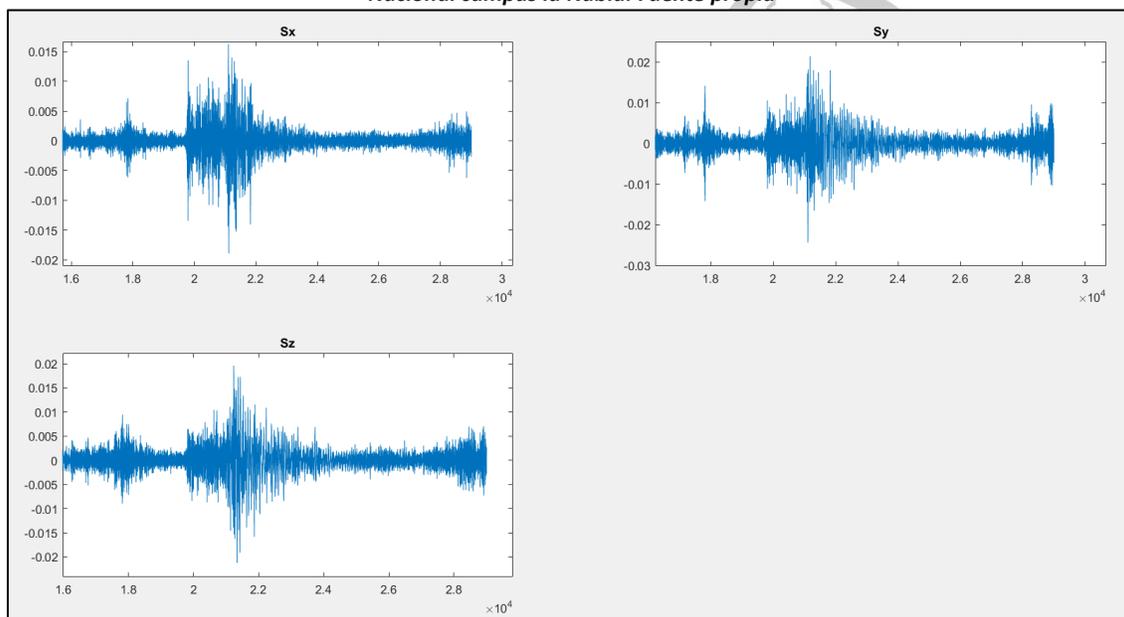


Figura 22 Sismo con epicentro en Ciudad Bolívar, Antioquia. Registrado por la estación ubicada en la universidad Nacional campus Palogrande. "Fuente propia"

3.1.11 Sismo 24 de diciembre de 2019



Boletín sísmico anual

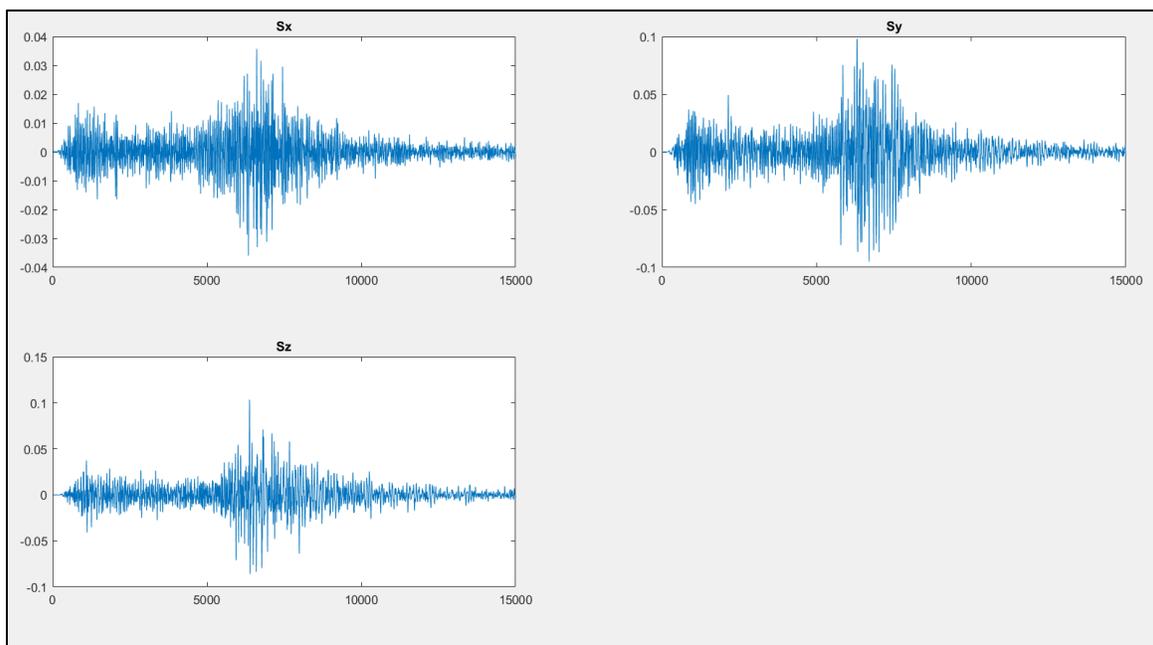


Figura 23 Sismo con epicentro en Mesetas, Meta. Registrado por la estación ubicada en la universidad Nacional campus la Nubia. Fuente propia

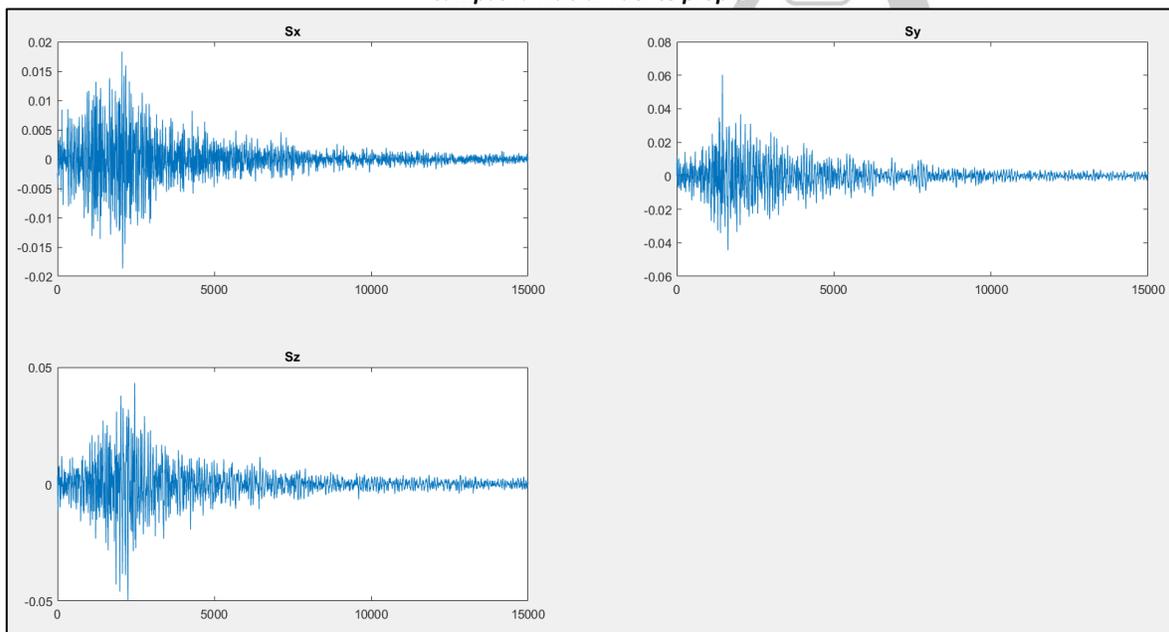


Figura 24 Sismo (Replica) con epicentro en Mesetas, Meta. Registrado por la estación ubicada en la universidad Nacional campus la Nubia. Fuente propia

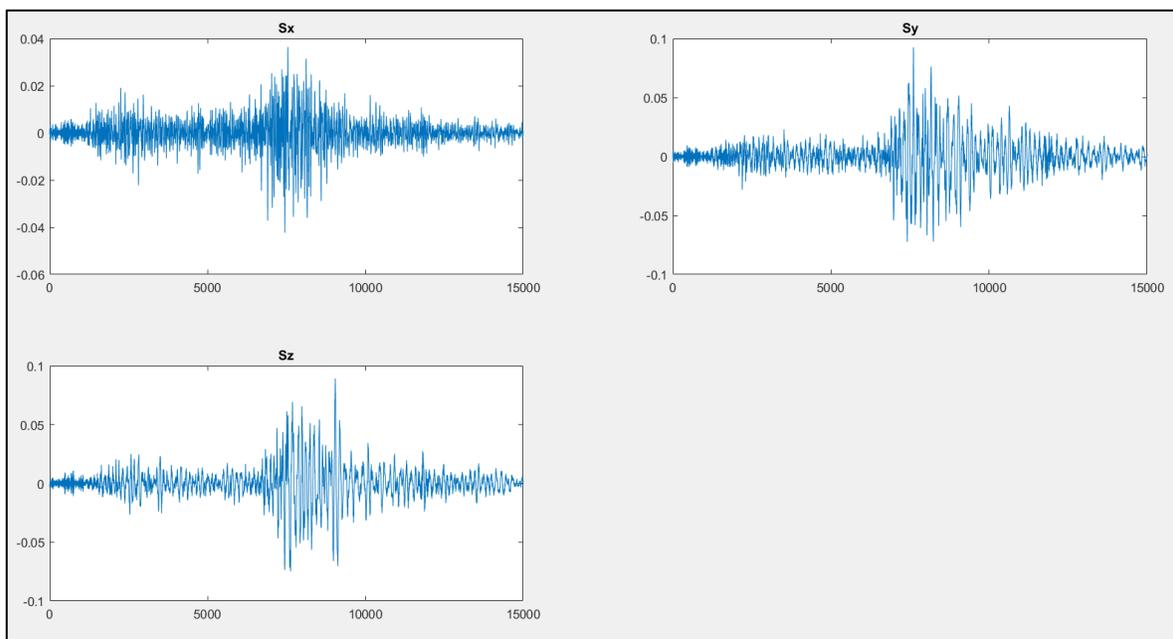


Figura 25 Sismo con epicentro en Mesetas, Meta. Registrado por la estación ubicada en la universidad Nacional campus Palogrande. Fuente propia

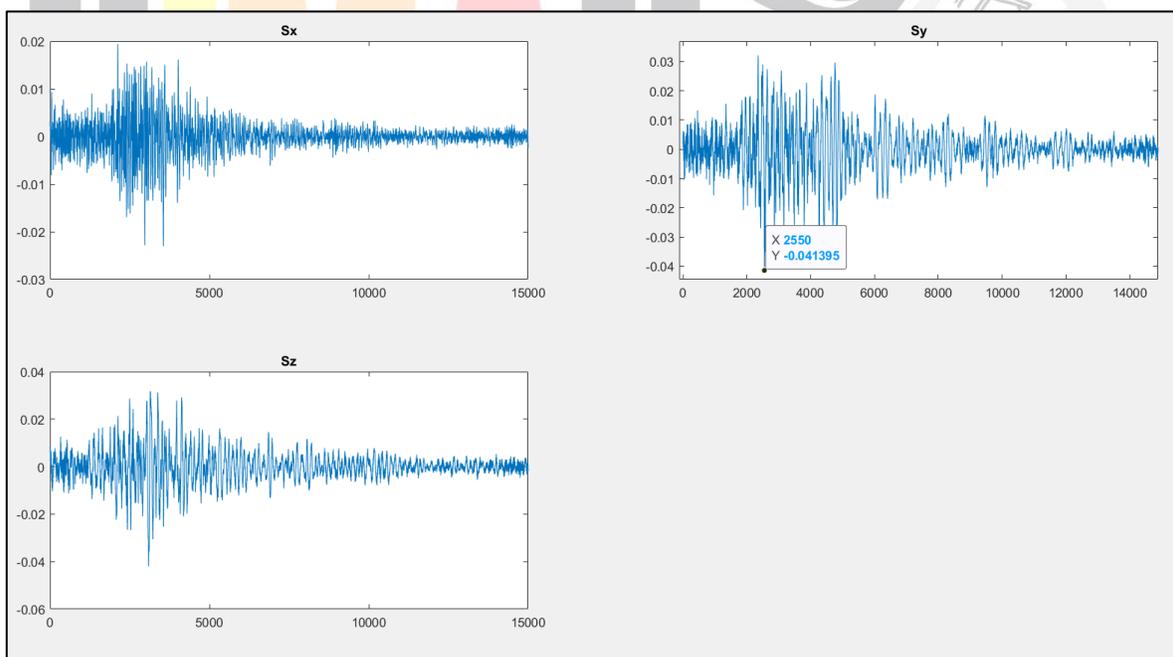


Figura 26 Sismo (Replica) con epicentro en Mesetas, Meta. Registrado por la estación ubicada en la universidad Nacional campus Palogrande. "Fuente propia"



3.1.12 Conclusiones

- Con el 94% de funcionamiento la red de acelerógrafos se consolida como una red estable y confiable obteniendo un porcentaje alto de operación con relación a los días de registro en el 2019 y validando el 95% de operación presentado en el año 2018.
- La red telemétrica mejoró considerablemente con respecto al funcionamiento del año 2018 logrando un 88.7% de operación durante todo el año 2019.
- La velocidad de transmisión de datos mejoró cuantiosamente en algunas de las estaciones debido a la reacomodación de la antena receptora omnidireccional por encima de los 6 metros de donde se encontraba. Llegando a ganancias de comunicación de hasta el 50 db por encima de los 30db mínimos recomendados.
- El sistema de información sísmico, continúa en el proceso de calibración y estabilización en su funcionamiento.
- El SISMan permitió la operación de las estaciones en línea, lográndose la verificación del funcionamiento básico de los equipos y su configuración.
- El SISMan permitió la descarga de los eventos registrados y la generación de los reportes de los sismos percibidos en los equipos de campo.
- Dado que el ángulo de incidencia de un sismo con respecto a un punto está tomando relevancia en los estudios sísmicos, es de gran importancia iniciar con la base de datos y cálculos básicos con los registros obtenidos y consolidar a futuro información detallada.
- Las actividades de mantenimiento continuas y permanentes han contribuido en gran medida al porcentaje alto de operación de la Red y el software, haciéndose indispensable para el óptimo funcionamiento de estos. El funcionamiento estable siempre será directamente proporcional a las actividades de mantenimiento.

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS