

boletín ambiental

Julio de 2018

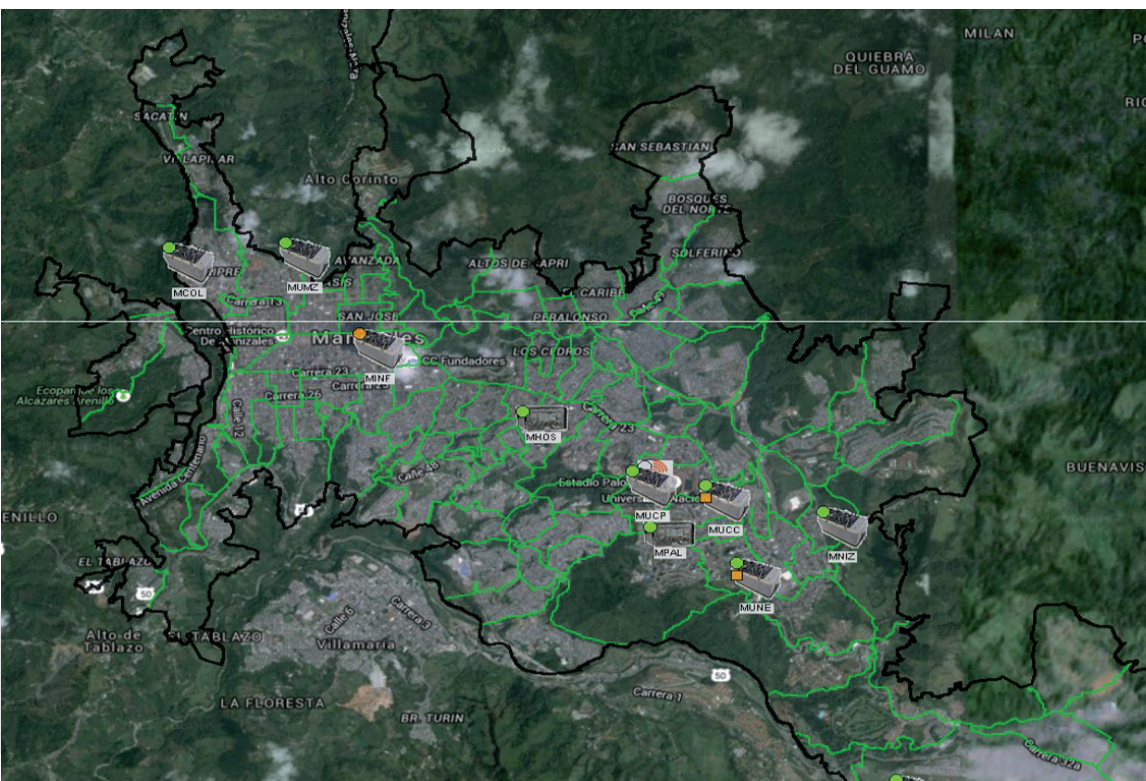
Instituto de Estudios Ambientales IDEA - Sede Manizales **148**

Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas – SIMAC

Red de Acelerógrafos de Manizales - RAMAN

Sistema de Información Sísmico de Manizales -SISMAN

Laboratorio de Instrumentación Sísmico Automático - LISA



INTRODUCCIÓN

Red de Acelerógrafos de Manizales - RAMAN
Sistema de Información Sísmico de Manizales -SISMAN
Laboratorio de Instrumentación Sísmico Automático - LISA

CRISTIAN CAMILO PATIÑO VELÁSQUEZ, Ingeniero civil, Esp. Estructuras, Operador de la Red de acelerógrafos y del SISMAN-LISA, administrados por el Instituto de Estudios Ambientales – IDEA de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. sisman.lisa.mz@gmail.com y/o ccpatinov@unal.edu.co

FERNANDO MEJÍA FERNÁNDEZ, Ingeniero Civil, M. Sc. en Recursos Hidráulicos, profesor jubilado Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. fmejiaf@unal.edu.co

JEANNETTE ZAMBRANO NÁJERA, directora del IDEA, Ingeniera Civil, PhD. Profesora asociada Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. jdzambrano@unal.edu.co

En este artículo se presenta un resumen del funcionamiento de la red de acelerógrafos y su incorporación con el sistema de información sísmico-laboratorio de instrumentación sísmico automático que posee la ciudad de Manizales en su perímetro urbano. La red está enfocada al programa en gestión integral del riesgo y alertas tempranas en cuanto a eventos sísmicos, y se procura mejorar mediante el fortalecimiento de las políticas, las estrategias e instrumentos de identificación y reducción del riesgo, y manejo de los desastres, articulados a la planificación del desarrollo y al desarrollo sostenible.

La red es propiedad conjunta de la Corporación Autónoma Regional de Caldas – Corpocaldas y la Alcaldía de Manizales representada por la Unidad de Gestión del Riesgo -UGR- instalada en los años noventa con un primer equipo de superficie (Nacional, 2008), luego actualizada hacia los años 2003 (Bermúdez, Luisa. Ojeda, Anibal. Rengifo, Robert. Coral, Amparo y Llanos, 2003) y fortalecida, ampliada y mejorada en el año 2015, en ejecución del convenio interadministrativo celebrado por Corpocaldas y la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales (Ver figura 1).

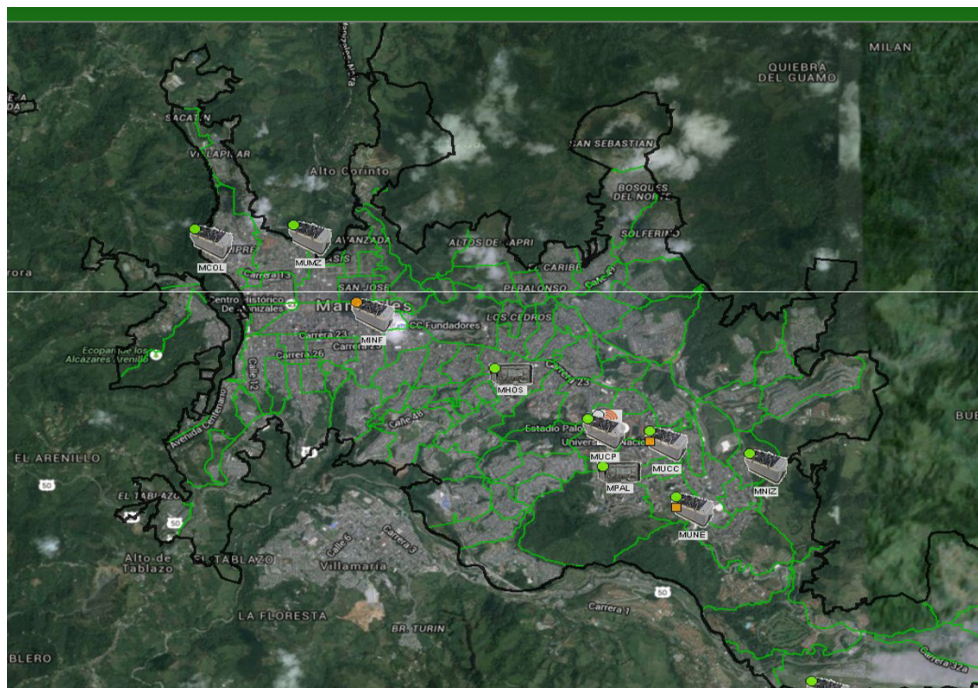


Figura 1. Entorno del SISMAN y visualización de la red de acelerógrafos de Manizales RAMAN. Fuente propia

El funcionamiento de esta red es de la siguiente manera: un acelerógrafo se conecta vía radio modem de forma inalámbrica a una estación LISA ubicada en las instalaciones del laboratorio de Hidráulica de la Universidad Nacional, donde se encuentra el programa principal del sistema SISMAN – LISA que almacena en el disco duro los datos de un sismo fuerte registrado por los sensores del equipo, y casi en forma simultánea un servidor

FTP (protocolo de transferencia de archivos por sus siglas en inglés), verifica que se cumplen ciertos criterios de disparo previamente configurados y genera reportes y mapas de aceleraciones, así como mapas de daños correspondientes a toda la ciudad (por retrocálculo aplicado a una base de datos sísmica y predial de Manizales) (Yamín, 2015). A continuación, se presenta la estructura de funcionamiento y sus diferentes fases.

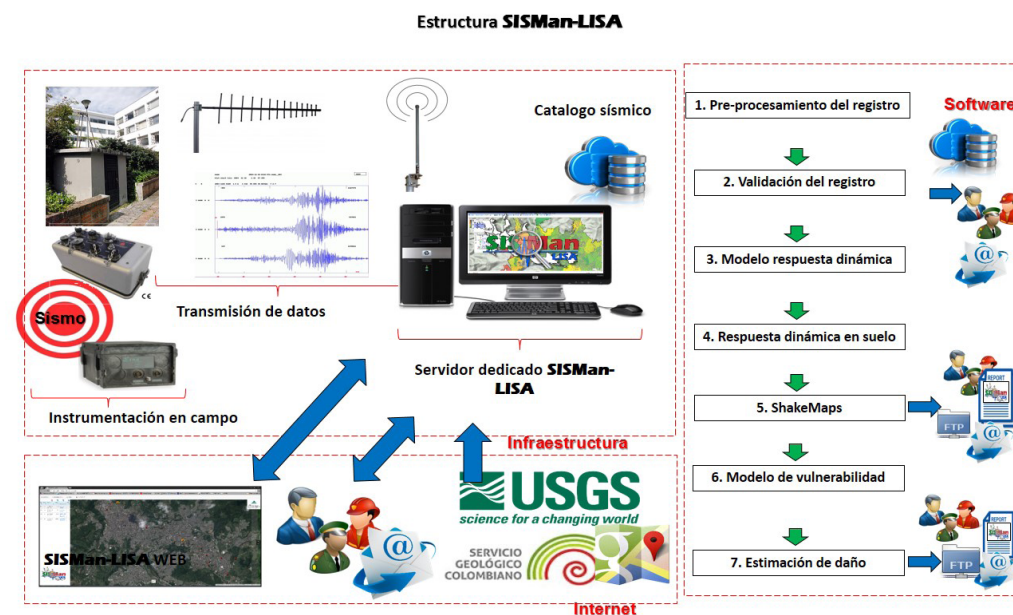


Figura 2. Entorno del SISMAN y visualización de la red de acelerógrafos de Manizales RAMAN. Fuente propia

1. RED DE ACCELERÓGRAFOS DE MANIZALES - RAMAN

Manizales, Caldas, fundada en 1849 cuenta actualmente con una población cercana a los 397 466 habitantes según el CIE (Centro de Información y Estadística) para el año 2016. La ciudad se encuentra localizada en el centro occidente del país colombiano, asentada sobre la cordillera Central y vecina de los volcanes Nevado del Ruiz y Cerro bravo (wikimedia, 2017); debido a su localización, la ciudad se ve expuesta a una gran actividad sísmica. Entre los eventos más representativos se pueden mencionar los ocurridos en 1938, 1961, 1979 y 1995, estos generaron sismos cercanos a magnitudes de 7 grados en la escala de Richter (IDEA, 2005).

Conscientes de esta actividad sísmica y siendo Manizales pionera en el ámbito nacional en gestión del riesgo, se inicia la instrumentación y monitoreo de movimientos fuertes en la ciudad a mediados de los años 90 con la adquisición e instalación de 4 equipos tipo digital; en 1996 se instala, gracias a INGEOMINAS, actualmente Servicio Geológico Colombiano SGC (SGC, 2017), un acelerógrafo digital en la planta de aguas de la ciudad ubicada en el sector Gallinazo. De modo que para el año 2002 la ciudad contaba con 4 equipos en funcionamiento (INGEOMINAS, 2002) y se formalizó la microzonificación sísmica alimentada en parte por los registros obtenidos por dicha red (Patiño, 2013).

En la actualidad, la ciudad cuenta con una red de acelerógrafos compuesta por 10 equipos de superficie (Ver figura 1) el cual registra los movimientos fuertes sobre la superficie y un equipo tipo bore-hole a 45 metros de profundidad que permite establecer la amplificación de ondas en los suelos adyacentes que monitorean la ciudad en su perímetro urbano (Ver tabla 1 y figura 3).

Id	Nombre	Latitud (°)	Longitud (°)	Altitud
1	Universidad de Manizales	5,0771	-75,5185	2109,9
2	Monumento a los Colonizadores	5,0766	-75,5275	2174,4
3	INFI Manizales	5,0688	-75,5127	2096,5
4	Hospital de Caldas	5,0626	-75,5010	2110,7
5	UNAL Campus Palogrande	5,0563	-75,4915	2169,0
6	Parque Palermo	5,0521	-75,4901	2146,8
7	UNE Telecomunicaciones123	5,0479	-75,4834	2176,6
8	UNAL Campus El Cable	5,0550	-75,4858	2144,4
9	UNAL Campus La Nubia	5,0282	-75,4710	2051,3
10	Planta Niza	5.0525	-75.4760	2264,0

Tabla 1. Red de acelerógrafos de Manizales
Fuente propia

La información registrada por la red de acelerógrafos de la ciudad servirá a mediano plazo para enriquecer el catálogo sísmico local y realizar estudios detallados de fuentes sísmicas locales, de tal manera que permitan la actualización de los estudios y modelos de la microzonificación sísmica, la mejora de su capacidad de pronóstico y la actualización de las normativas locales de construcción sismorresistente de estructuras y líneas vitales de la ciudad. Esta información también facilitará y mejorará la confiabilidad de los estudios de respuesta sísmica local para obras específicas.



Figura 3. Fotografías de las estaciones de la red de acelerógrafos.
Fuente propia

Estas estaciones acelerográficas miden variables asociadas a movimientos fuertes de grandes magnitudes generados por eventos sísmicos en comparación con los sismógrafos; de cada equipo se puede extraer como información principal los acele-

rogramas en sus tres componentes de medidas, dos horizontales y una vertical; aceleraciones del pico del suelo, además de información secundaria del estado del equipo, estado del uso de la memoria, eventos registrados, nivel de baterías, etc.

2. SISTEMA DE INFORMACIÓN SÍSMICO DE MANIZALES LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN SÍSMICO AUTOMÁTICO. SISMAN-LISA

Entre las funciones básicas del SISMAN – LISA está la publicación automática de mapas temáticos vectoriales de aceleración e intensidad del evento ocurrido, información que sirve de base primaria para el usuario, quien puede observar, en una gama de colores predefinida, la estimación de daño por evento sísmico para la ciudad de Manizales, a partir de los datos recolectados por la RAMAN en tiempo real y de manera telemétrica, y a partir de los datos prediales de la zona urbana de Manizales.

El proceso de cálculo y estimación de daño probable por evento sísmico tiene las siguientes etapas:

Procesamiento automático: rutina encargada de tomar los registros acelerográficos completos a la que aplica una serie de funciones de procesamiento de señales, corrección de línea de base y un filtrado para eliminar el

ruido eléctrico y electromagnético. La corrección de línea base consiste en determinar cuando el evento está fuera del eje por desnivel o interrupción de la señal y eliminar el efecto de offset que presenta todo instrumento de medición denominado error instrumental. El filtro para el ruido eléctrico y electromagnético consiste en realizar una selección de la amplitud deseada para el análisis con el fin de eliminar aquellos ruidos que afectan los registros y no corresponden a eventos sísmicos como tal.

Verificación de señales sísmicas: el contenido de una señal sísmica es fácilmente diferenciable de una de origen antropomórfico. El sistema realiza una verificación de la señal registrada en la estación de disparo ubicada en la zona céntrica de la ciudad donde se tiene el equipo dual tipo bore-hole al calcular: 1) el espectro de respuesta de pseudoacelera-

ción, valor que mide la respuesta de una estructura frente a un movimiento del suelo que la resiste, 2) el espectro de Fourier utilizado para transformar los datos de variables dependientes del tiempo a variables de frecuencias, 3) el diagrama de Husid utilizado para representar la función estudiada.

Para la ciudad de Manizales se tiene un

pseudo continuo de los suelos blandos, geometría de las formaciones geológicas y modelo geotécnico; parámetros usados como insumos para determinar la respuesta dinámica del suelo, permitiendo determinar un mapa de intensidad de movimiento fuerte en toda la ciudad; se denomina movimiento fuerte aquel que ocasione daños considerables en las estructuras.

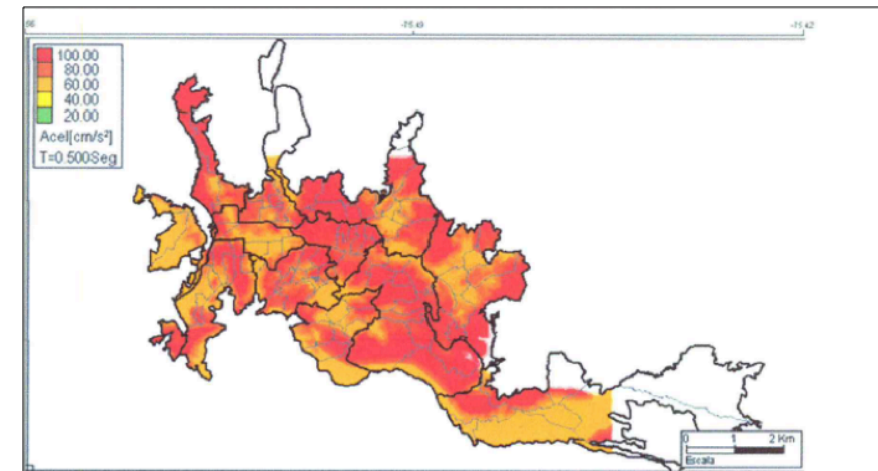


Figura 4. Mapa de intensidad para un periodo de retorno $T=0.5$ Seg
Fuente: (Yamín, 2015)

El sistema evalúa los daños esperados en todas las edificaciones de la ciudad, de manera que se cuente, por parte de las autoridades e instituciones encargadas de la atención de emergencias, con información que indique posibles lugares con gran afectación.

A partir de las evaluaciones de intensidad de un movimiento fuerte y del daño en las edificaciones de Manizales, el SISMAN- LISA genera una serie de mapas vectoriales temáticos con la información calculada en términos de daños y afectación, edificio por edificio.

En resumen, los mapas generados son: mapa de relación media de daño, mapa de la probabilidad de colapso de las edificaciones, mapa del número probable de víctimas mortales, mapa del número probable de heridos y mapa de número probable de atrapados.

La nueva versión del Sisman - LISA año 2015 permite adecuar el sistema de procesamiento a las características particulares de la transmisión de datos, además de la compatibilidad de los acelerógrafos existentes y futuros, de manera que el sistema de procesamiento sea flexible en lo que se refiere a la inclusión de nuevos equipos (SMA-Reftek, ETNA-Kinematics y SMA-ITEC).

El sistema de captura tiene una conexión física-remota al equipo principal y conexiones remotas por radiofrecuencia a todos los demás equipos de la red; una vez conectados los equipos se desarrollará una base de datos con toda la información asociada a las estaciones acelerográficas y permitirá la adición de nuevas estaciones mediante la actualización dinámica de esta base de datos por parte de un operario autorizado. La base de datos tendrá la siguiente información en cuanto a las estaciones:

- Nombre de la estación, ubicación, coordenadas geográficas de ubicación,

marca y fabricante del equipo, fecha de instalación del equipo, fecha última visita física a la estación, fecha última sincronización de relojes, niveles de disparo, número de sensores instalados, tipo de suelo sobre el cual está instalada la estación según clasificación NEHRP.

El sistema permite controlar los parámetros de funcionamiento de los equipos, chequeo y verificación de su estado actual; igualmente, hace reportes periódicos del estado de funcionamiento de los equipos al usuario administrador, realiza sincronización de relojes en los acelerógrafos, recuperación de datos almacenados en la memoria local de los equipos y modificación de los niveles de disparo, definidos en cada equipo como los límites de magnitud para que el sistema inicie su procesamiento. Inmediatamente después, esta información es publicada automáticamente por Internet (en formato PDF), usando correos electrónicos y notificaciones a teléfonos celulares vía SMS (Short Message Service) para los usuarios autorizados.

El sistema permite realizar el pronóstico de la respuesta sísmica del suelo y los daños probables en todas las edificaciones del área urbana inmediatamente después de un sismo fuerte, con el propósito de activar el plan de emergencias y la coordinación inmediata

de la respuesta institucional, ante daños y colapsos estructurales que puedan causar pérdida de vidas humanas o daños a la integridad física de las personas. Además, el sistema permitirá en el

futuro investigar escenarios de daño de estructuras y líneas vitales para sismos probables, con el propósito de formular el plan de contingencia de la ciudad (Yamín, 2015).

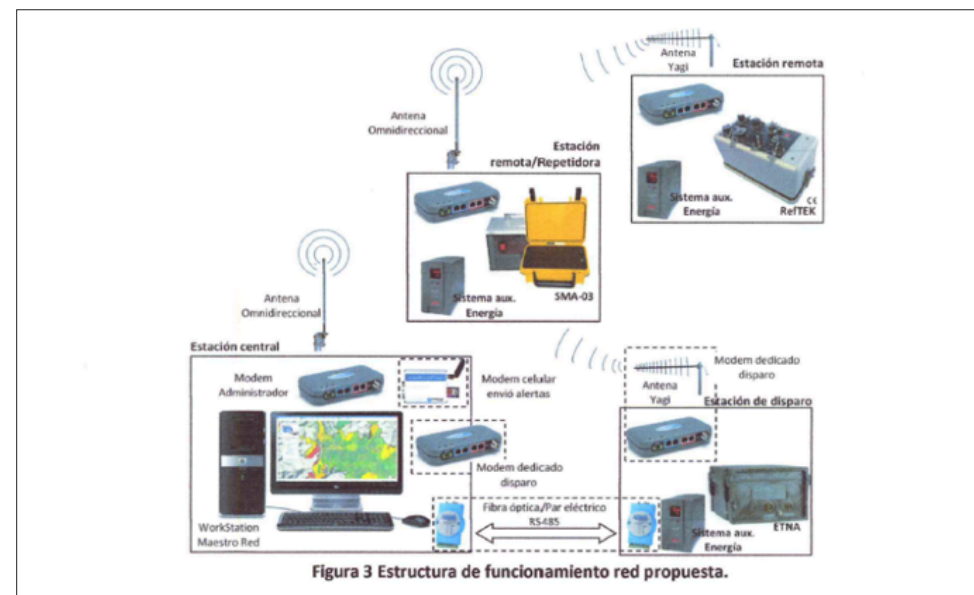


Figura 3 Estructura de funcionamiento red propuesta.

Figura 5. Estructura funcionamiento SISMAN_LISA

Este software fue desarrollado por los ingenieros Gabriel Andrés Bernal Granados, ingeniero civil y mecánico, MsC de Universidad de los Andes, y PhD de la Universidad Politécnica de Cataluña; y el ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Colombia, Julián A. Tristancho Ortiz, MsC en ingeniería electrónica de Universidad de los Andes y PhD en Ingeniería de la Universidad de los Andes.

CONCLUSIONES

- La sincronización con el Servicio Geológico Colombiano permite la verificación de eventos no registrados por el sistema para así realizar la descarga automática y/o manual del evento.
- La actualización tecnológica posibilita la información por correo electrónico del sismo sentido y no detectado.
- Se tiene un repositorio con informes

- de funcionamiento almacenado y disponible para consulta, permitiendo la programación de labores preventivas.
- Con la nueva versión se incrementó la confiabilidad del sistema SISMan-LISA v1, y la inclusión de la telemetría en las estaciones permitió la optimización en los procesos de captura y mantenimiento.
- Integración de registro, almacenamiento y catalogación de eventos sísmicos como insumo fundamental en el catálogo sísmico de la ciudad.
- El SISMAN-LISA permite la generación de información acerca de las posibles consecuencias de un terremoto, en “tiempo real” para la toma de decisiones.
- Permite obtener Información base para el proceso de atención de desastres.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado en el marco del convenio interadministrativo No. 221-2016 celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de Caldas - CORPOCALDAS y la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. La información utilizada ha sido recopilada por el IDEA-Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

REFERENCIAS

Bermúdez, Luisa. ,Ojeda, Anibal. , Rengifo, Robert., Coral, Amparo y Llanos, D. (2003). Informe instalación Red Acelerógrafos Manizales. PDF.

IDEA. (2005). Obtenido de http://idea.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/amenazas3.php.

INGEOMINAS. (2002). Operación y Mantenimiento de la Red Acelerógrafos Manizales. PDF.

Nacional, R. sismológica. (2008). Protocolo para Instalacion y Mantenimiento de los Acelerógrafos ETNA y K2.

Patiño, C. (2013). Cronología red acelerógrafos manizales (RAMAN).

SGC, S. (24 de agosto de 2017). Servicio Geológico Colombiano. Obtenido de Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales: <http://www2.sgc.gov.co/Manizales/Publicaciones/Reportes-de-actividad/Reportes-semanales/2016/Agosto/Boletin-Semanal-de-Actividad-del-Volcan-Nevado-3.aspx>.

wikimedia, F. (Noviembre de 2017). Wikipedia. Obtenido de [wikipedia:www.wikipedia.org/wiki/Manizales](http://www.wikipedia.org/wiki/Manizales).

Yamín, L. E. (2015). Efectos dinámicos en Manizales-SISMAN-LISA. Diagnóstico del sistema, implementación , puesta en funcionamiento y mantenimiento por el periodo del proyecto.