

EVALUACIÓN AUTOMÁTICA DE DAÑOS POST TERREMOTO EN MANIZALES

Simulación de daños y consecuencias del sismo del 10 de agosto de 2026 mediante el sistema SISMAN LISA

Gabriel Bernal¹ & Omar-Darío Cardona²

1 INTRODUCCIÓN

El 10 de agosto de 2026, un terremoto de magnitud Mw 7.4 afectó de manera severa el occidente de Colombia, generando daños importantes en varias ciudades del Eje Cafetero y el suroccidente del país. El evento, localizado en el departamento del Chocó a 100 Km de profundidad, produjo niveles elevados de movimiento del terreno en una región caracterizada por una alta concentración de población y activos expuestos. Manizales presentó afectaciones significativas, incluyendo daños en edificaciones, colapsos parciales o totales, afectaciones en infraestructura y pérdidas humanas, confirmando nuevamente la relevancia del riesgo sísmico para la ciudad y la necesidad de contar con herramientas que permitan dimensionar rápidamente las consecuencias de eventos de esta naturaleza.

En las primeras horas y días posteriores a un terremoto, la información observada sobre daños suele ser necesariamente parcial, dispersa y heterogénea, y tiende a concentrarse en los casos más severos o visibles. En este contexto, la simulación de pérdidas constituye una herramienta complementaria para obtener rápidamente una visión integral preliminar de las consecuencias del evento. A partir de una caracterización del movimiento sísmico, de la distribución espacial de los activos expuestos y de su vulnerabilidad, es posible estimar la distribución geográfica y sectorial del daño, identificar las zonas y tipologías constructivas con mayores niveles de afectación y aproximar la magnitud global de las pérdidas. Estos resultados no sustituyen las evaluaciones directas y detalladas de campo, sino proporcionar una visión temprana, consistente y completa del impacto, útil para orientar la evaluación detallada, la priorización de recursos y la toma de decisiones durante las etapas iniciales de respuesta y recuperación.

Desde hace más de diez años, Manizales cuenta con el *Sistema de Información Sísmica de Manizales – Laboratorio de Instrumentación Sísmica Automática (SISMAN LISA)*, una plataforma desarrollada para realizar la evaluación automática e rápida de las consecuencias de un terremoto en la ciudad. El sistema se conecta directamente con la red local de acelerógrafos, recupera de manera automática los registros instrumentales generados por cada evento y, a partir de ellos, ejecuta un modelo integral de riesgo sísmico de la ciudad. Este modelo incorpora la respuesta dinámica local de los suelos, caracterizada a partir de los resultados de la microzonificación sísmica de Manizales; un modelo detallado de exposición con resolución a nivel de edificio que cubre la totalidad del área urbana; y funciones de vulnerabilidad específicas para las principales tipologías constructivas presentes en la ciudad. La integración de estos componentes

¹ Profesor Asistente Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá. CSO INGENIAR CAD/CAE Ltda.

² Profesor Titular Universidad Nacional de Colombia – Sede Manizales. CEO INGENIAR CAD/CAE Ltda.

permite transformar, de manera automatizada e inmediata, la información instrumental del movimiento sísmico en una estimación espacialmente detallada de sus consecuencias.

SISMAN LISA está diseñado como una herramienta de evaluación rápida postevento, capaz de generar, en menos de cinco minutos después de disponer de los registros acelerográficos, estimaciones de daño físico y pérdidas económicas con resolución a nivel de edificio, así como estimaciones agregadas de posibles fallecidos y heridos a nivel de barrio. De esta manera, el sistema proporciona una visión aproximada, temprana e integral de la distribución y severidad de los efectos que pueden haberse presentado en la ciudad, complementando la información que progresivamente se obtiene mediante inspecciones y reportes de campo. El presente reporte documenta y presenta los resultados generados por SISMAN LISA para el terremoto del 10 de agosto de 2026, con énfasis en la distribución espacial del daño, las pérdidas económicas y las afectaciones estimadas sobre la población, como representación de la respuesta automática del sistema ante este evento. Mayores detalles sobre los elementos que componen el modelo de riesgo de SISMAN LISA pueden ser consultados en Bernal (2015).

2 ACELERACIONES REGISTRADAS

La Red de Acelerógrafos de Manizales (RAMAN) constituye el componente de instrumentación para el monitoreo de movimiento fuerte en la ciudad y tiene sus antecedentes en la instrumentación sísmica instalada desde mediados de la década de 1990. Actualmente, la red dispone de 12 acelerógrafos de superficie distribuidos estratégicamente en el área urbana y un equipo tipo borehole instalado a 45 m de profundidad, cuya configuración permite registrar directamente el movimiento del terreno y caracterizar las variaciones espaciales asociadas a las condiciones locales de suelo. Los registros son transmitidos mediante un sistema de comunicación inalámbrica hacia la estación central localizada en la Universidad Nacional de Colombia, donde son almacenados y procesados automáticamente. Además de proporcionar información instrumental para el estudio del comportamiento sísmico de la ciudad y la actualización de sus modelos de respuesta local, RAMAN constituye la fuente primaria de información para SISMAN LISA, permitiendo que los movimientos efectivamente registrados durante un terremoto sean utilizados inmediatamente para estimar su distribución espacial y sus consecuencias sobre la ciudad.

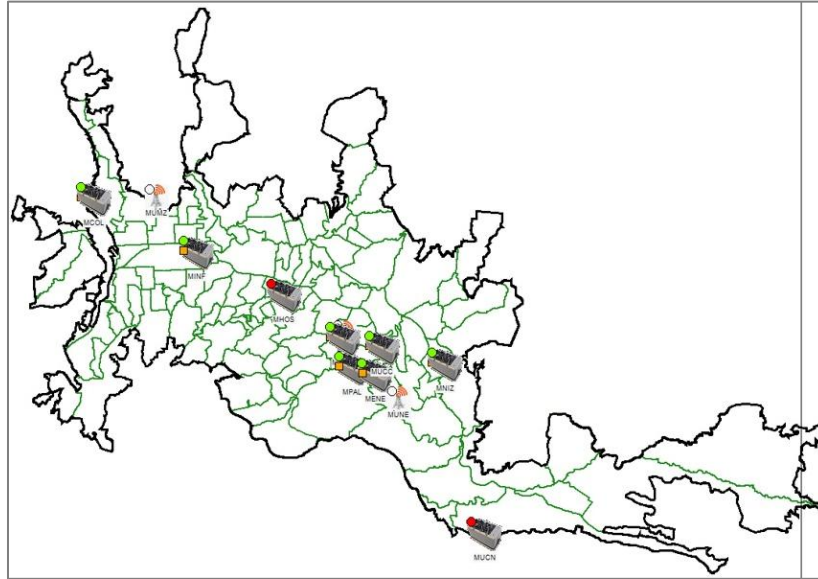


Figura 1. Ubicación de los equipos de la RAMAN con comunicación con SISMAN LISA

A continuación, se presentan, con fines ilustrativos, los acelerogramas recuperados de la RAMAN en la estación ENAE (Escuela Nacional de Auxiliares de Enfermería) registrados durante el sismo del 10 de agosto. El movimiento fuerte recuperado de los equipos de la RAMAN es procesado automáticamente por SISMAN LISA, como se indica en Bernal (2015).

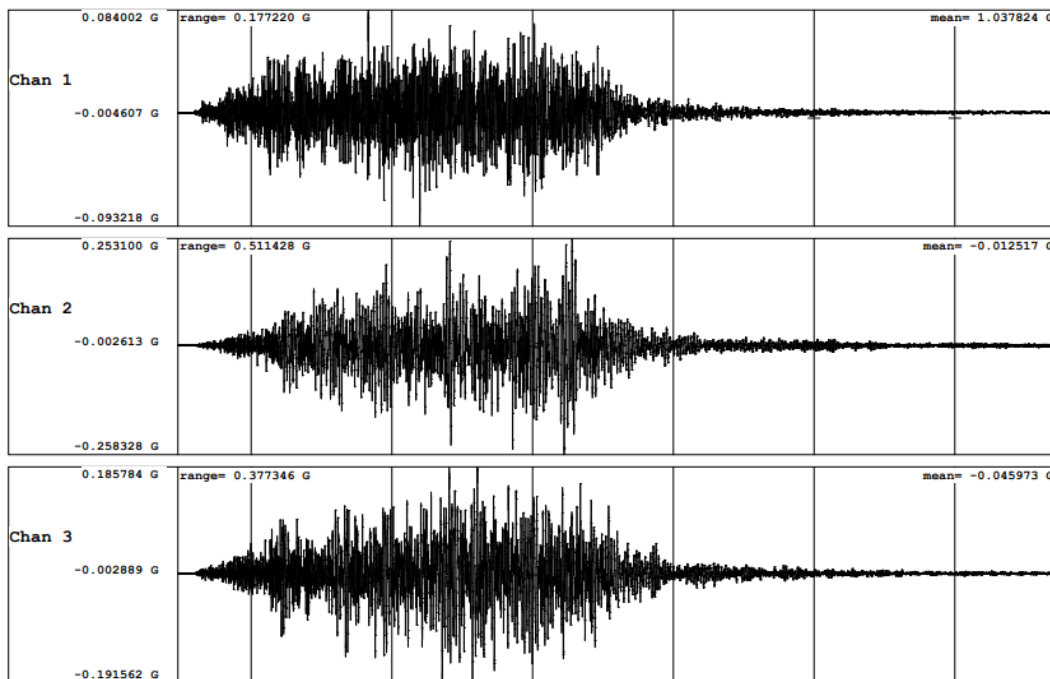


Figura 2. Acelerogramas registrados en la estación ENAE de RAMAN. Canal 1: Vertical. Canal 2: Horizontal N-S. Canal 3: Horizontal E-W.

3 ACELERACIONES MODELADAS

Como parte de la operación del SISMAN LISA, se obtienen estimaciones de aceleración en toda el área urbana de Manizales. Este proceso de simulación es necesario para poder realizar la evaluación de pérdidas en toda la ciudad. Si bien la fuente de datos son los acelerogramas registrados en la RAMAN, se hace uso de un modelo de efectos de sitio generado para toda la ciudad (Bernal, 2014) y se calcula la respuesta dinámica de los suelos en todas las ubicaciones, con el fin de generar estimaciones continuas del movimiento fuerte para múltiples medidas de intensidad, como PGA, PGV, PGD o aceleraciones espectrales.

Dado que la RAMAN cuenta con registros a nivel de roca firme, estos son empleados en la modelación de la respuesta dinámica del suelo, por lo cual los mapas de aceleraciones presentados son específicos para el sismo del 10 de agosto de 2026. Si bien es posible que existan diferencias entre los valores de aceleración simulados y los efectivamente registrados por la red, la simulación viabiliza la cuantificación de consecuencias, por lo cual es un paso ineludible en la operación del sistema. La Figura 3 y Figura 4 muestran los mapas simulados de PGA y Aceleración espectral para periodo de vibración de 0.3 segundos en Manizales.

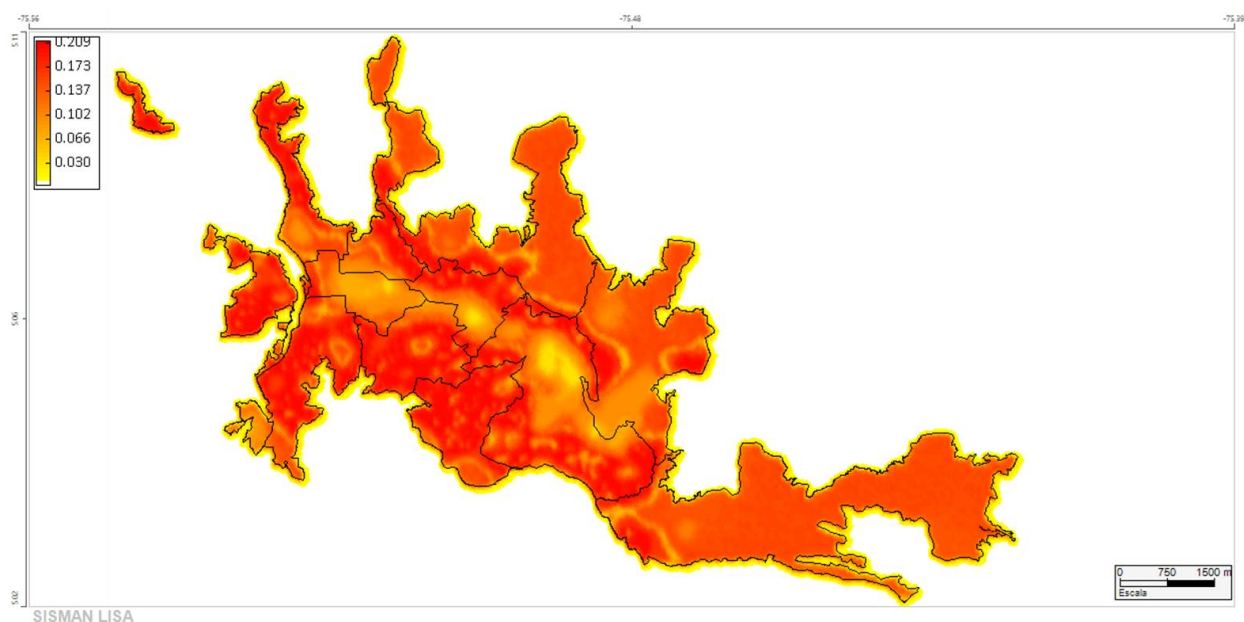


Figura 3. Mapa de aceleraciones simuladas en Manizales. PGA (escala en fracción de g)

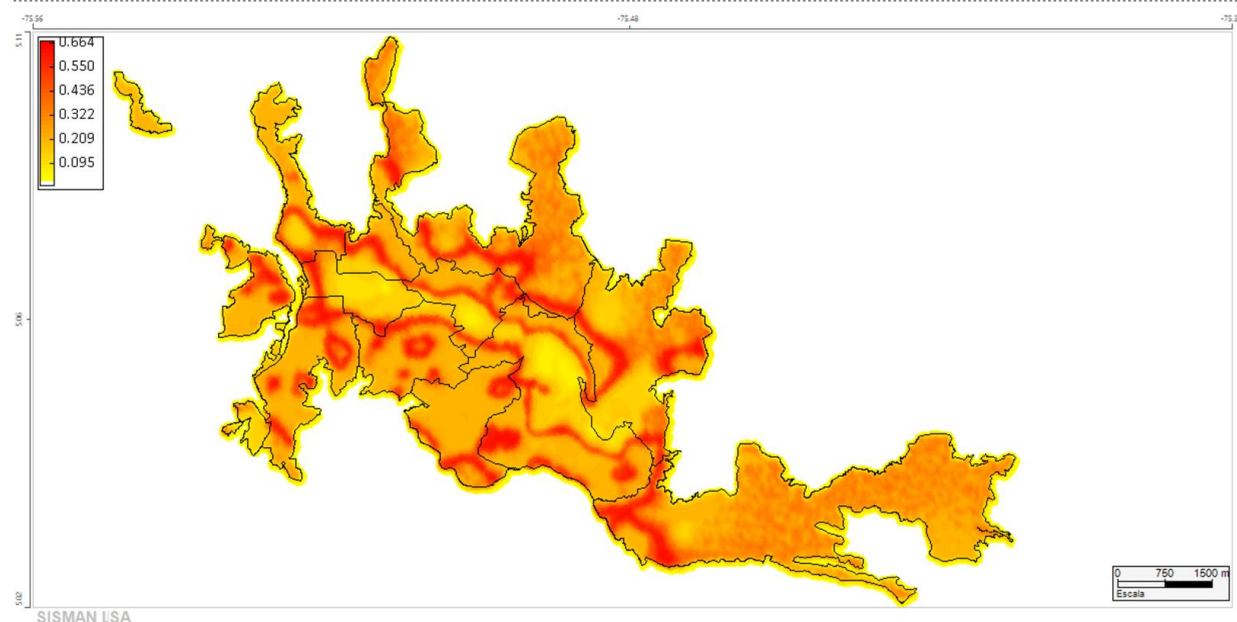


Figura 4. Mapa de aceleraciones simuladas en Manizales. Aceleración espectral para T=0.3 segundos (escala en fracción de g)

4 DAÑOS Y CONSECUENCIAS

La evaluación de daños y consecuencias se realiza para los portafolios de edificaciones y de infraestructura de agua y saneamiento³. La Tabla 1 presenta las cifras totales de pérdida evaluadas en Manizales para estos portafolios, tanto en valor absoluto total en pesos colombianos, como en porcentaje con respecto al valor total de reposición de cada portafolio.

Tabla 1. Resumen de pérdidas totales simuladas en Manizales

Portafolio	Pérdida estimada	
	COP millones	%
Edificaciones	\$147,850	1.88%
Agua y saneamiento	\$ 15,370	3.02%

Para el caso de edificaciones, el sistema SISMAN LISA reporta, adicionalmente, los totales presentados en la Tabla 2. La Figura 5 muestra la Relación Media de Daño (RDM) calculada a nivel de edificio para toda la ciudad, mientras que de la Figura 6 a la Figura 8, se muestra la misma RDM en 3 regiones de acercamiento dentro de la ciudad. Finalmente, la Figura 9 y Figura 10, muestran el número probable de edificaciones colapsadas o en riesgo de colapso, así como la pérdida económica esperada, a nivel de barrio.

Tabla 2. Resumen de consecuencias reportadas para el portafolio de edificios

Métrica	Valor
Número de edificaciones colapsadas o en riesgo de colapso	130

³ La empresa Aguas de Manizales cuenta con una versión especial del sistema SISMAN LISA para la evaluación de daños y consecuencias en la red de acueducto y alcantarillado de la ciudad.

Número estimado de fallecidos	13
Número estimado de heridos (no leves)	59

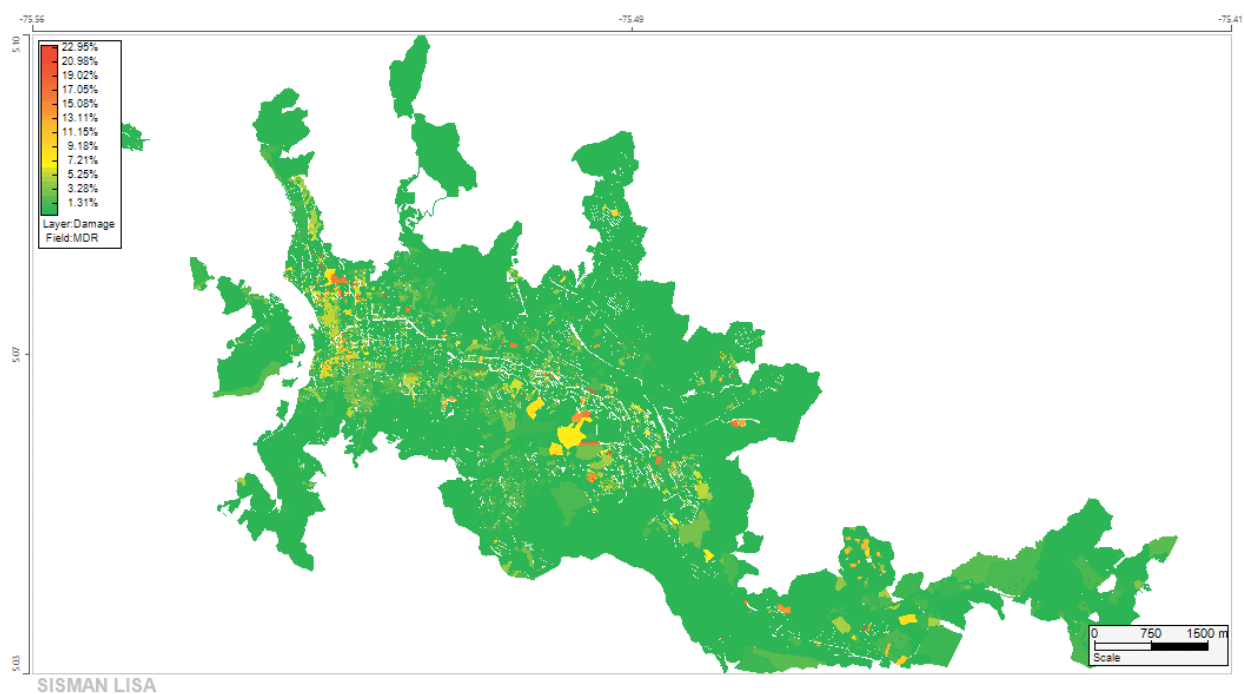


Figura 5. Mapa de Relación Media de Daño (RDM) a nivel de edificación en Manizales

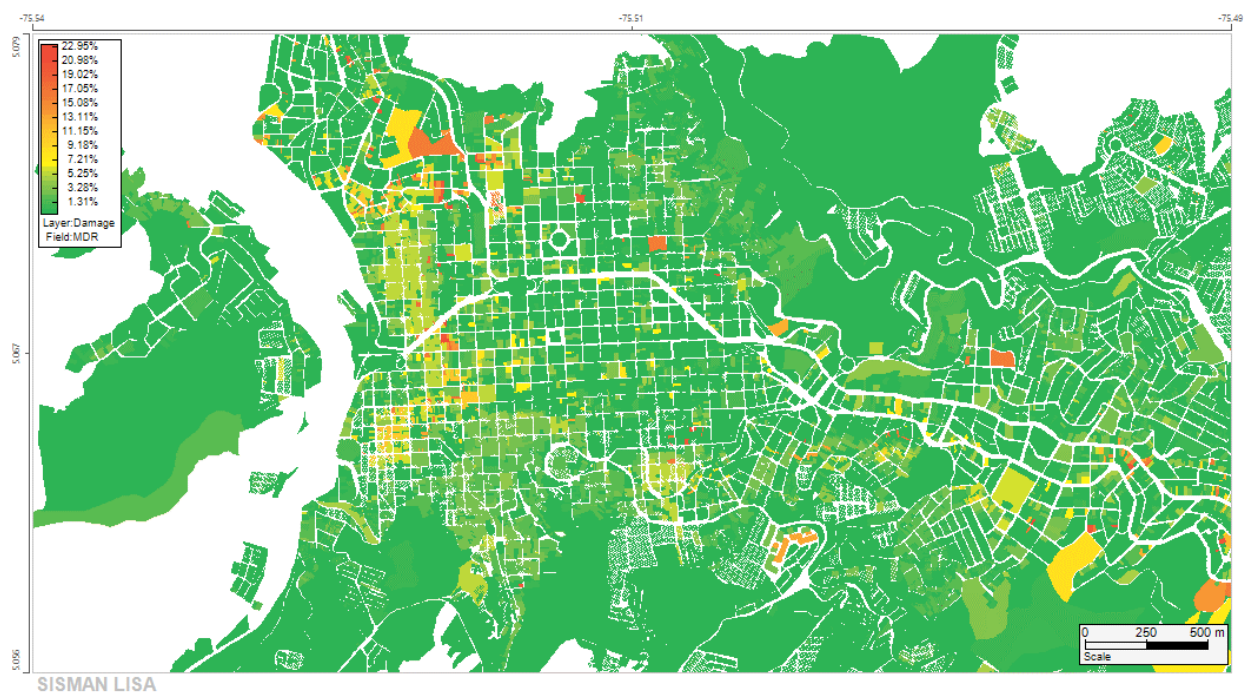


Figura 6. Acercamiento al mapa de Relación Media de Daño (RDM) a nivel de edificación en Manizales

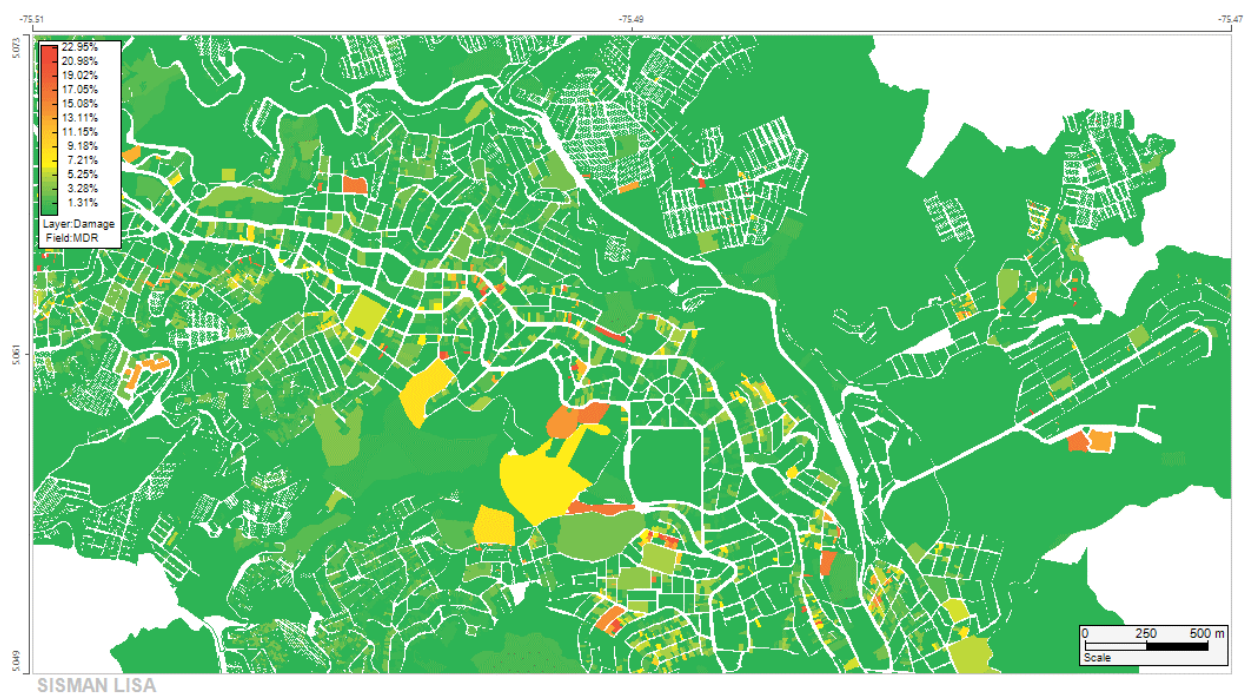


Figura 7. Acercamiento al mapa de Relación Media de Daño (RDM) a nivel de edificación en Manizales



Figura 8. Acercamiento al mapa de Relación Media de Daño (RDM) a nivel de edificación en Manizales

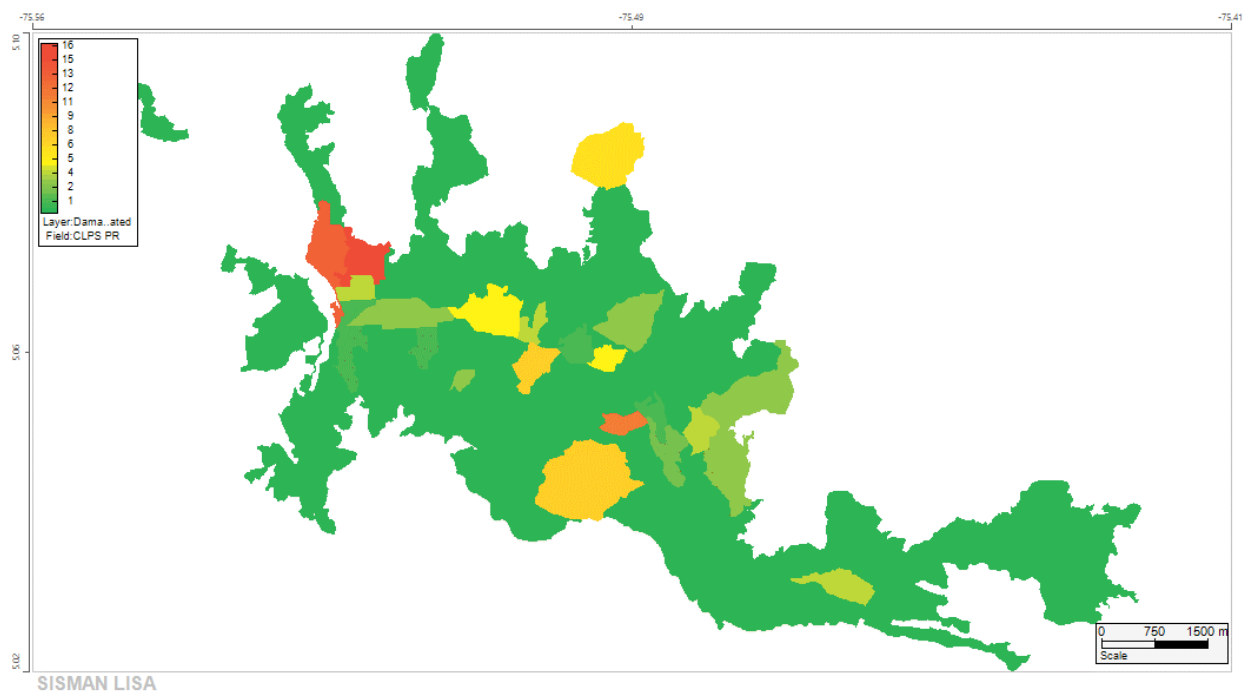


Figura 9. Mapa de distribución de edificaciones colapsadas o en riesgo de colapso por barrios.

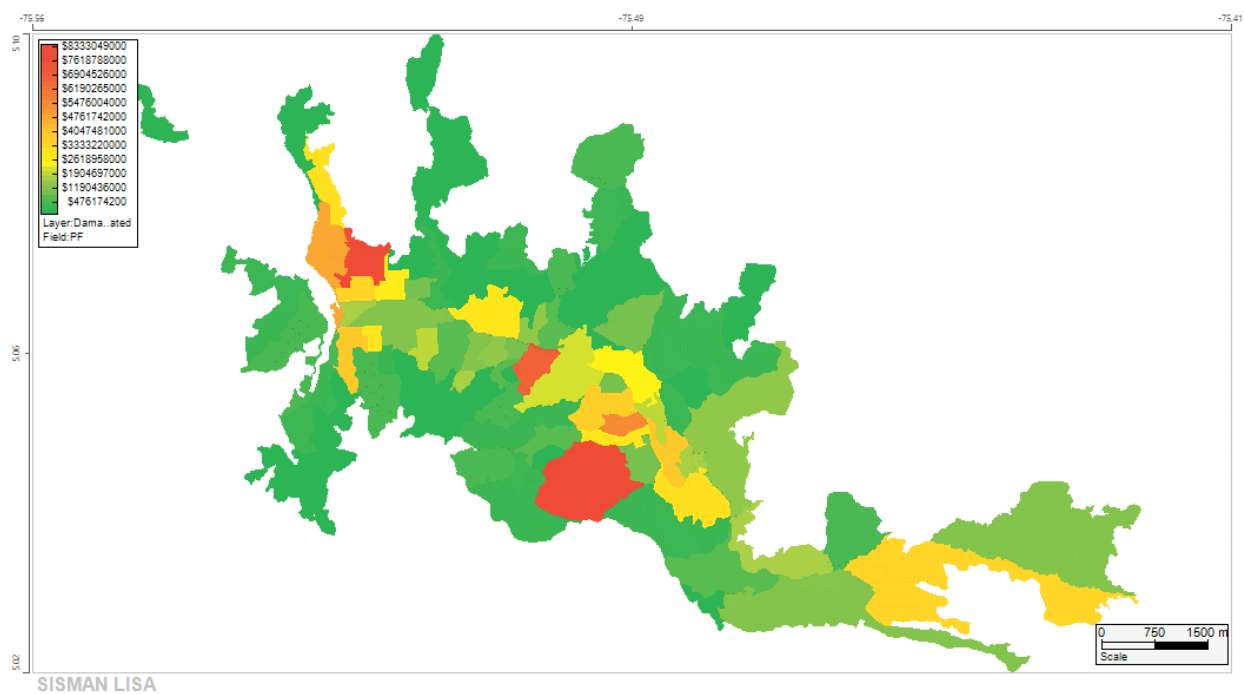


Figura 10. Mapa de distribución de pérdida económica en edificaciones por barrio (valores en COP)

En el caso del sistema de agua y saneamiento, la Figura 11 muestra la pérdida económica evaluada a nivel de cada segmento del subsistema de conducción de agua potable. Así mismo, la Figura 12 presenta la RDM para cada segmento del sistema de conducción.

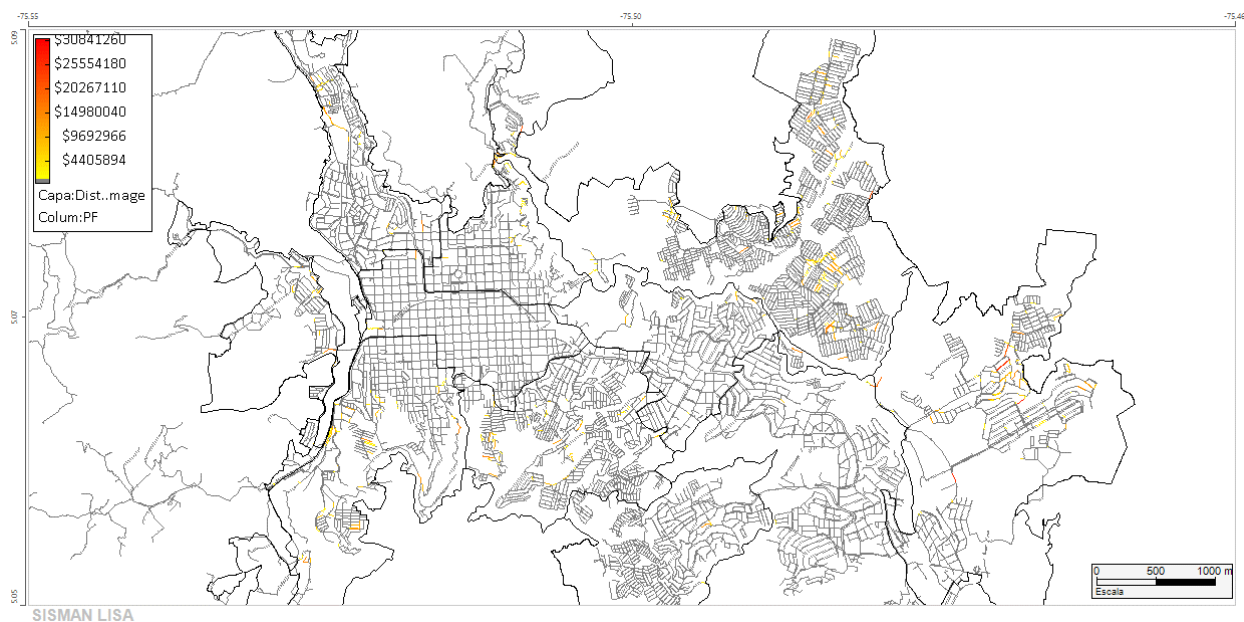


Figura 11. Mapa de distribución de pérdida económica por segmento de tuberías de distribución de agua potable. Escala en pesos colombianos, COP.

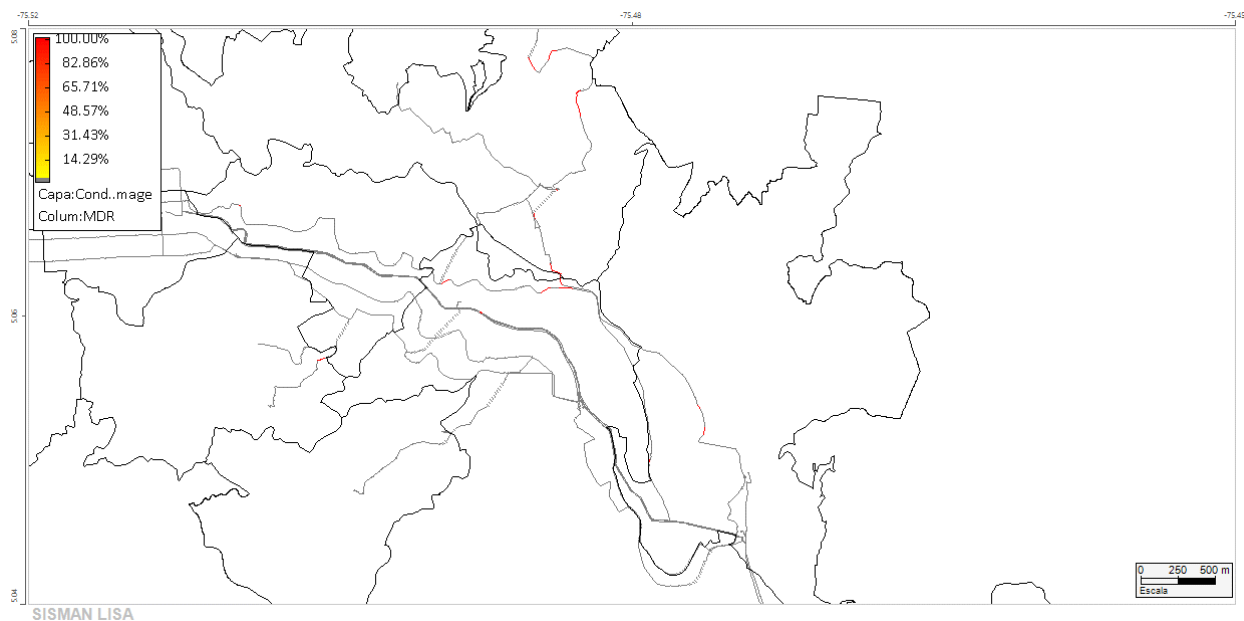


Figura 12. Mapa de distribución de RDM por segmento de tuberías de conducción de agua potable

CONCLUSIONES

1. SISMAN LISA permitió obtener una estimación rápida e integral de las consecuencias del terremoto.

La conexión automática con la Red de Acelerógrafos de Manizales (RAMAN), junto con los modelos de respuesta dinámica de los suelos, exposición y vulnerabilidad, permitió transformar los registros instrumentales del sismo del 10 de agosto en estimaciones de movimiento fuerte, daño físico, pérdidas económicas y afectaciones a la población para toda la ciudad. Esta capacidad de generar resultados de forma rápida evidencia el valor de SISMAN LISA como herramienta para complementar la información de campo y apoyar la toma de decisiones durante las primeras etapas de la respuesta postevento.

2. El terremoto produjo un impacto significativo sobre las edificaciones de Manizales, aunque el daño generalizado fue relativamente bajo. SISMAN LISA estima pérdidas directas en edificaciones del orden de COP \$147,850 millones, equivalentes al 1,88 % del valor de reposición del portafolio. La distribución espacial de la Relación Media de Daño muestra que la mayor parte de las edificaciones presenta niveles bajos de afectación, coexistiendo con concentraciones localizadas de daño considerablemente mayor.

3. Los resultados de la simulación son consistentes en orden de magnitud con las consecuencias severas observadas en la ciudad. El modelo estima aproximadamente 130 edificaciones colapsadas o en riesgo de colapso, 13 fallecidos y 59 heridos no leves. Estas cifras deben interpretarse como valores esperados derivados del modelo y no como un inventario de casos individuales; su principal utilidad radica en proporcionar, inmediatamente después del evento, una aproximación cuantitativa de la magnitud y distribución territorial de las consecuencias.

4. Las consecuencias del terremoto trascienden el daño en edificaciones y evidencian la importancia de evaluar simultáneamente la infraestructura urbana. Para el sistema de agua y saneamiento se estiman pérdidas por aproximadamente COP \$15,370 millones, equivalentes al 3,02 % de su valor de reposición, proporción superior a la estimada para el portafolio de edificaciones. Dentro de este sistema, las mayores pérdidas se concentran en la red residual (COP \$7,383 millones), la red de distribución (COP \$3,651 millones) y las sedes administrativas (COP \$2,084 millones), mostrando la utilidad de una evaluación postevento que considere tanto las edificaciones como los sistemas esenciales para el funcionamiento y recuperación de la ciudad.

REFERENCIAS

Tristancho, J. A., Bernal G., Cardona, O. D. (2014). SISMAN LISA: Software de evaluación rápida de daños post terremoto para Manizales.

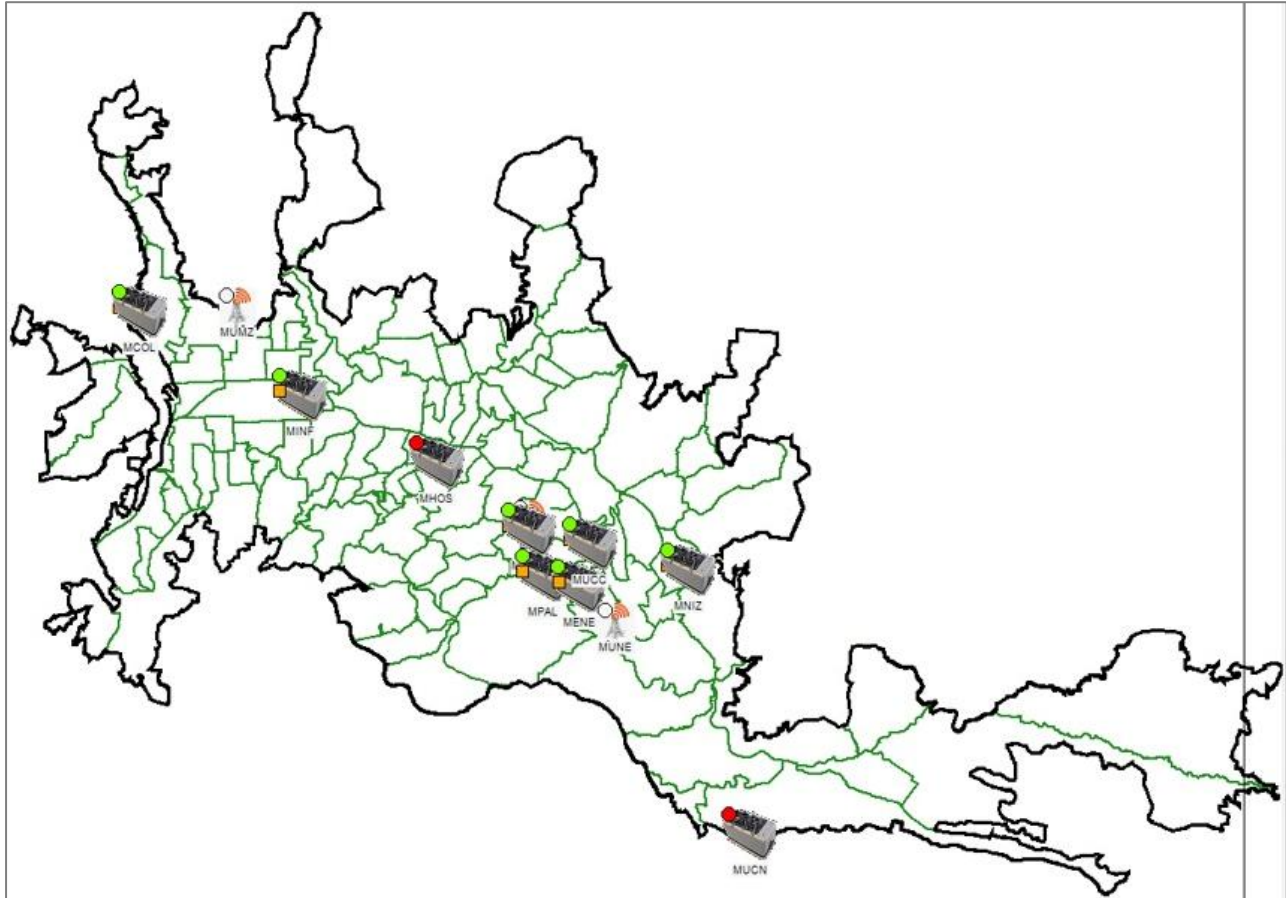
Bernal G., Tristancho, J. A., Cardona, O. D. (2014). SISMAN LISA - AM: Software de evaluación rápida de daños post terremoto para la infraestructura de Aguas de Manizales E.S.P.

Bernal, G (2014). Modelo continuo de respuesta dinámica de suelos para la ciudad de Manizales. Proyecto Gestión del Riesgo Manizales. CORPOCALDAS.

Bernal, G (2015). Desarrollo del sistema de cálculo de daños post terremoto de Manizales. Proyecto Gestión del Riesgo Manizales. CORPOCALDAS.

ANEXO: ACELEROGRAMAS REGISTRADOS POR LA RAMAN DURANTE EL SISMO DEL 10 DE AGOSTO DE 2026

RED DE ACELERÓGRAFOS DE MANIZALES (RAMAN)



File Colonizadores.RTE

Das BE0E

First Sample: 2026 222:12:33:50.000

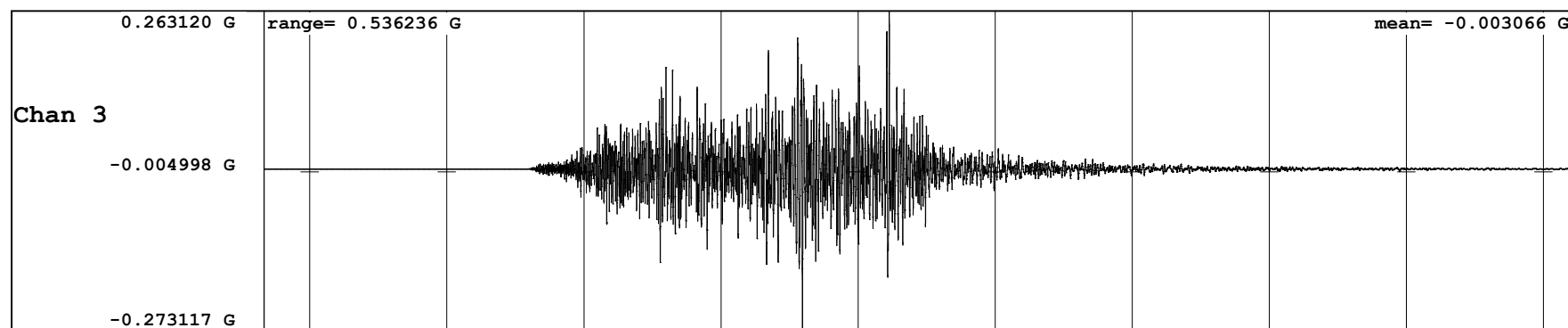
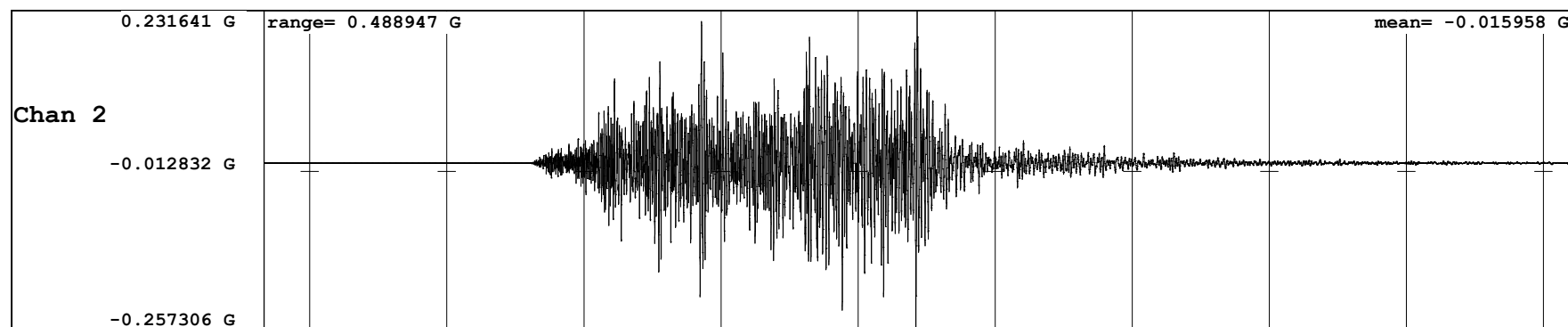
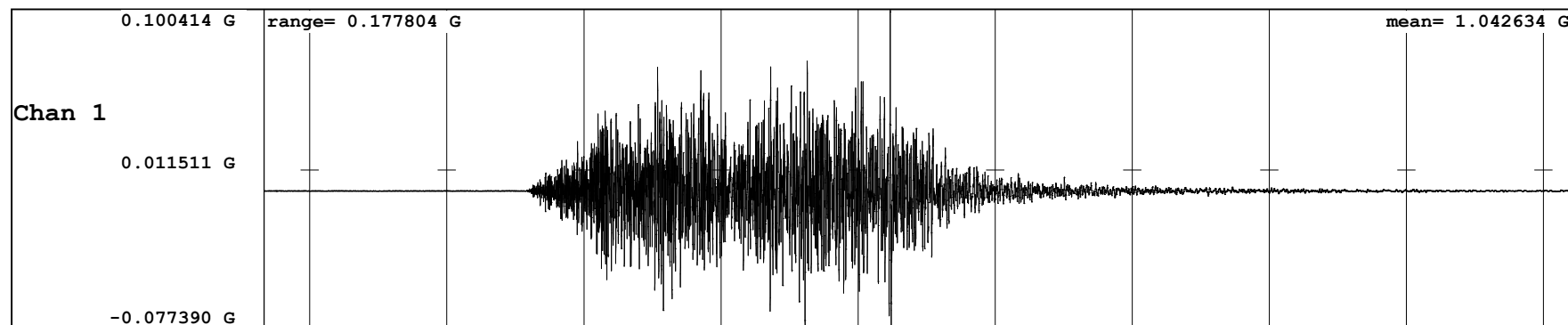
00000

200.0 sps

Event 9309

Mean Removal On, Independent Y Scaling

Stream 1



30 sec/div 0 0.000 12:33:50.000 Samples Seconds HP off LP off 57616 288.080

ESTACION DE DISPARO

File BE4CE235.RTE

First Sample: 2026 222:12:34:21.000

Das BE4C

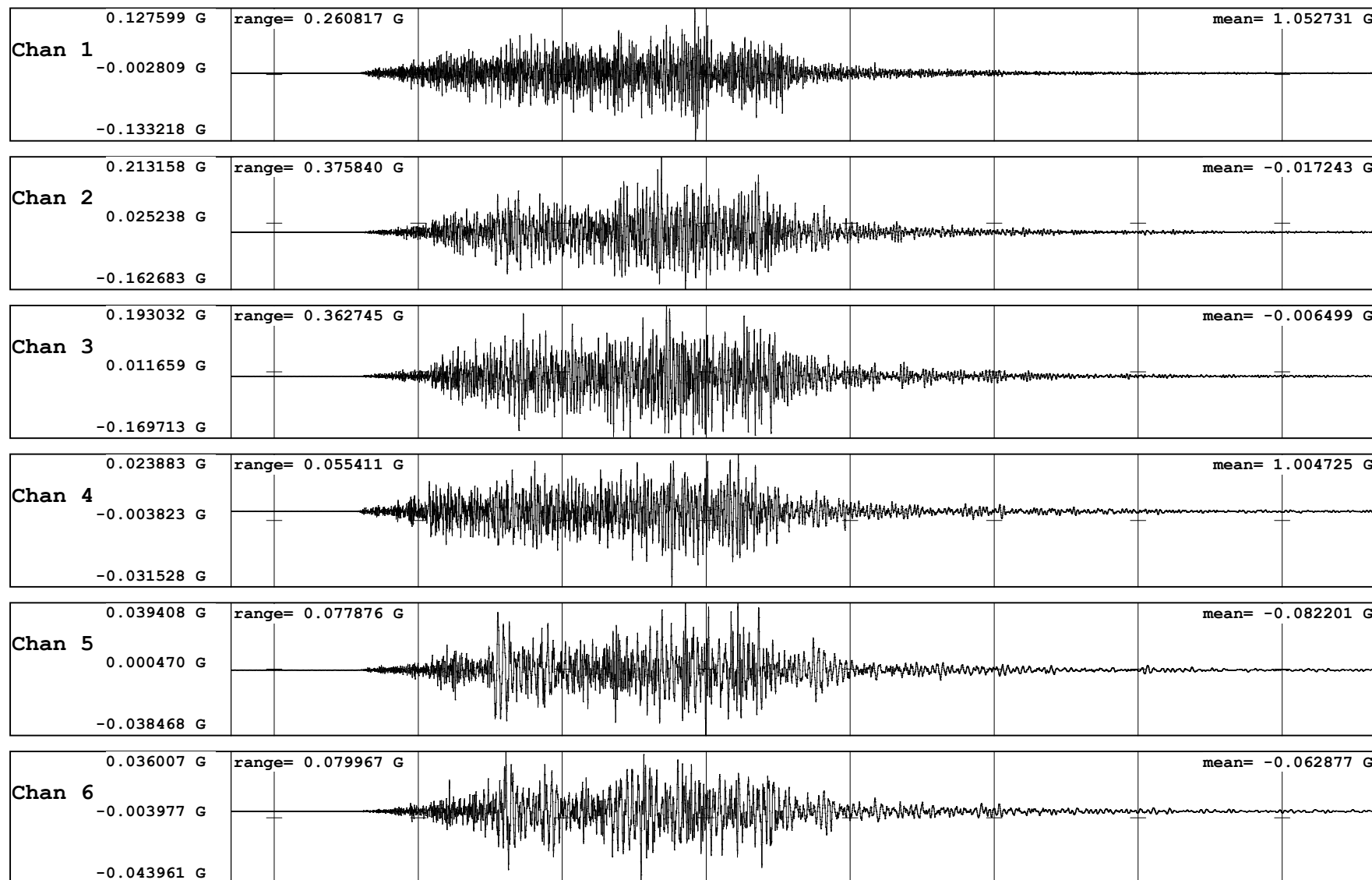
00000

200.0 sps

Event 7235

Mean Removal On, Independent Y Scaling

Stream 1



0

Samples

HP off LP off

48000

30 sec/div

0.000

12:34:21.000

Seconds

12:38:21.000

240.000

UNAL Campus El Cable

File CABLE.RTE

First Sample: 2026 222:12:40:02.000

Das BE00

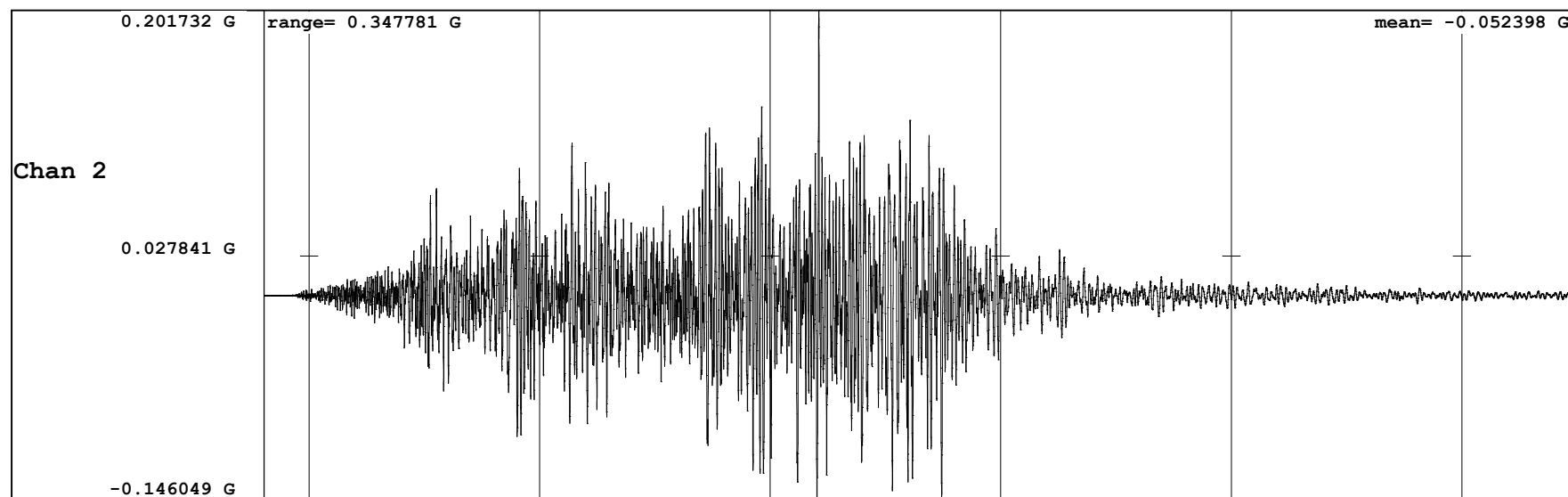
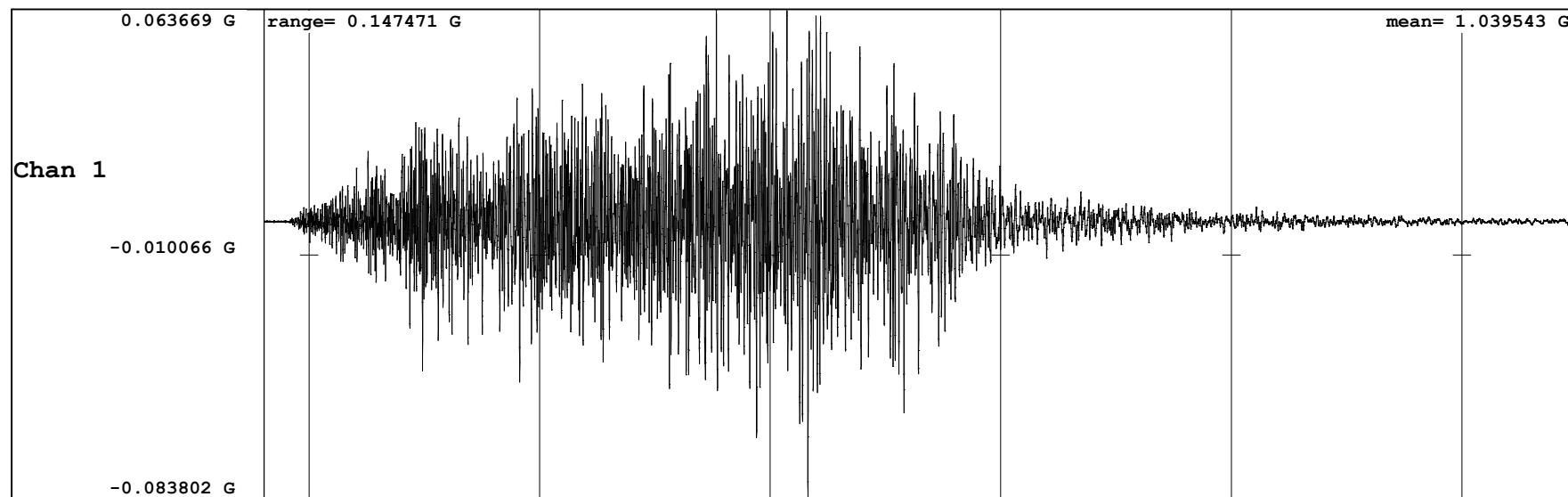
00000

200.0 sps

Event 6473

Mean Removal On, Independent Y Scaling

Stream 1



10429

Samples

HP off LP off

44686

30 sec/div

52.145

12:40:54.145

Seconds

12:43:45.430

223.430

UNAL PALOGRANDE

File Palogrande.RTE

First Sample: 2026 222:12:50:07.000

Das BE3B

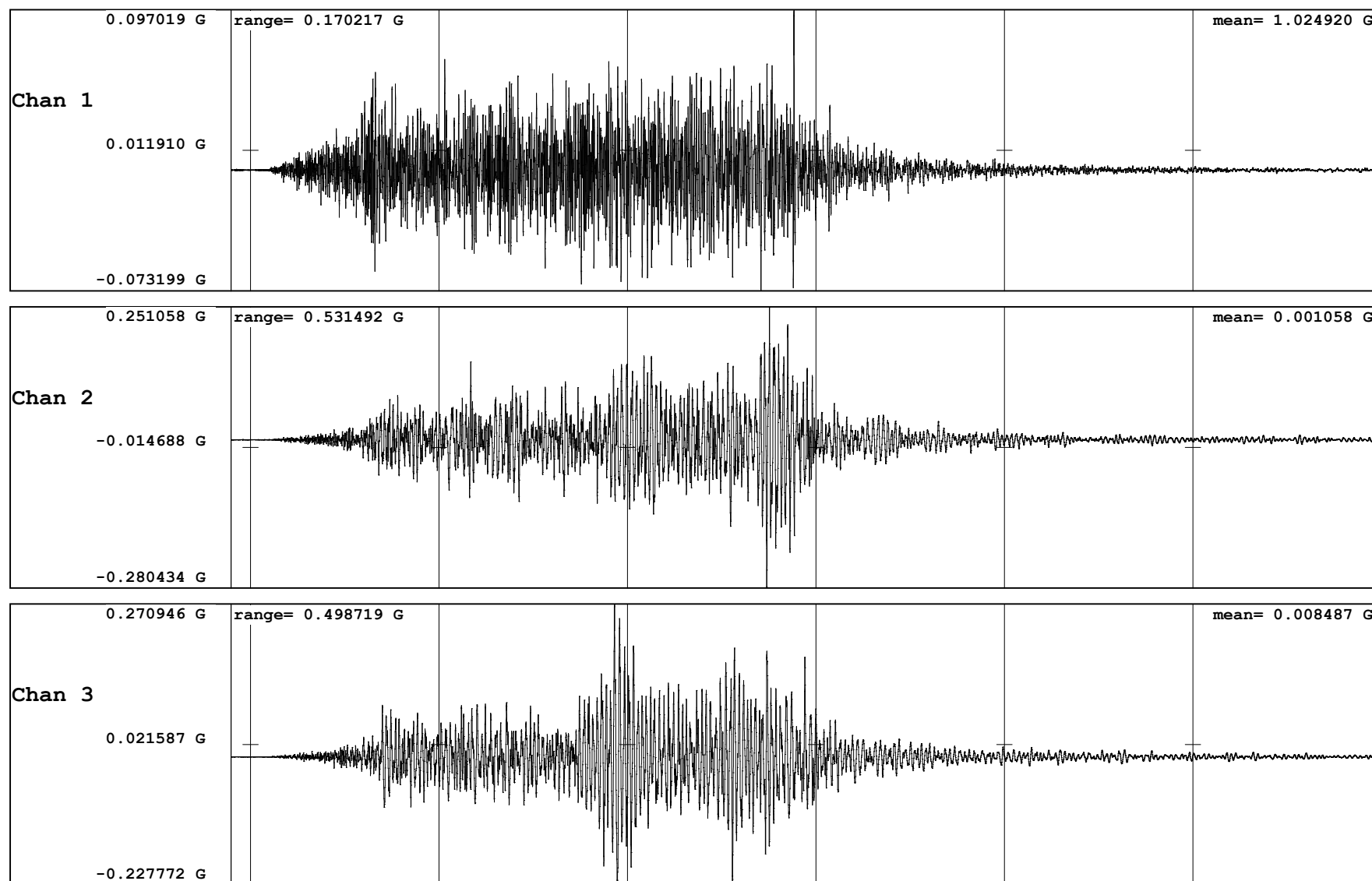
00000

200.0 sps

Event 3133

Mean Removal On, Independent Y Scaling

Stream 1



9981

Samples

HP off LP off

46644

30 sec/div

49.905

12:50:56.905

Seconds

12:54:00.220

233.220

Escuela Nacional de Enfermeria

File ENAE.RTE

First Sample: 2026 222:12:33:49.000

Das BDE9

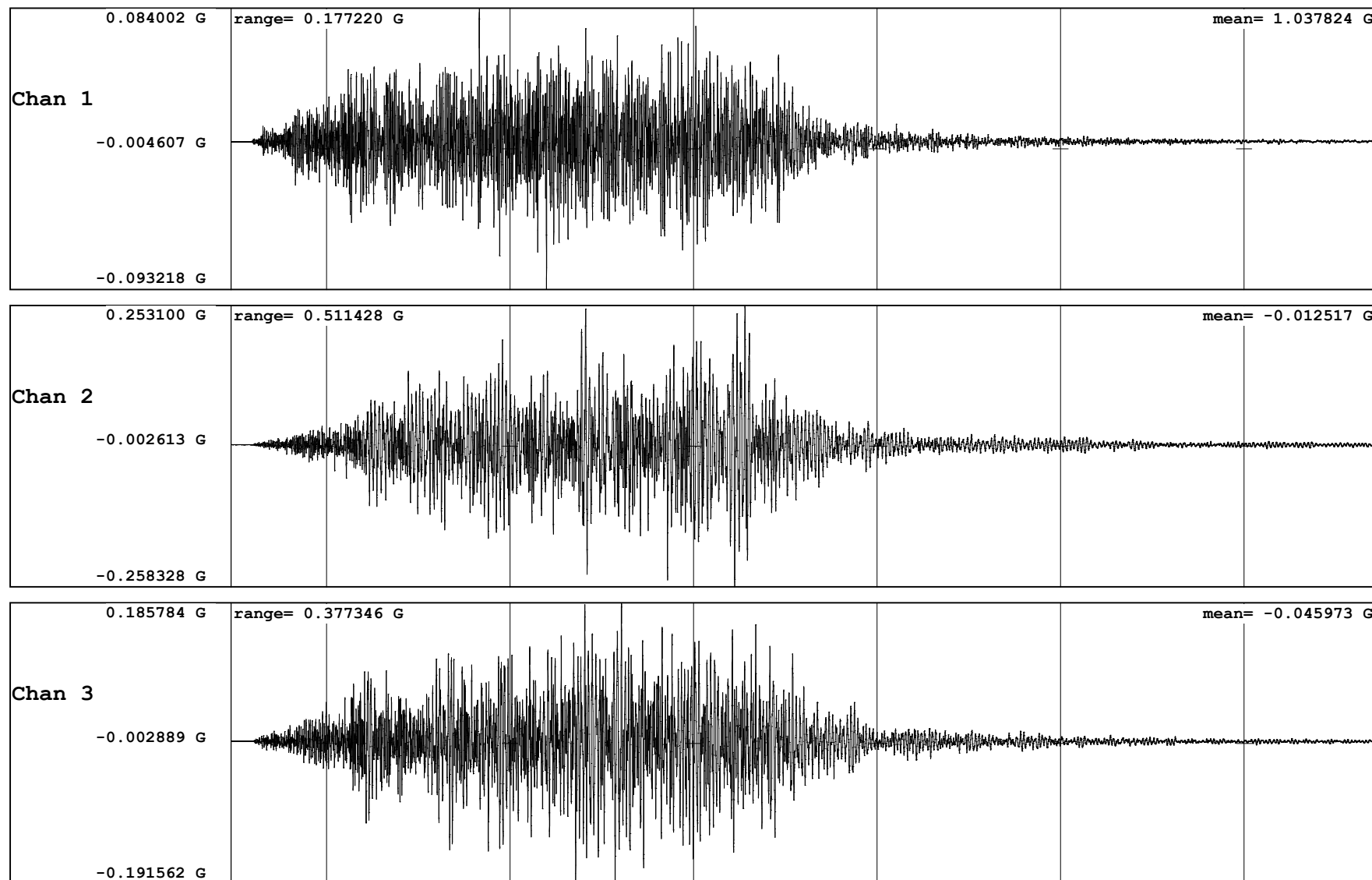
00000

200.0 sps

Event 4680

Mean Removal On, Independent Y Scaling

Stream 1



11078

Samples

HP off LP off

48741

30 sec/div

55.390

12:34:44.390

Seconds

12:37:52.705

243.705

PLANTA NIZA

File NIZA.RTE

First Sample: 2026 222:12:33:41.000

Das BDCA

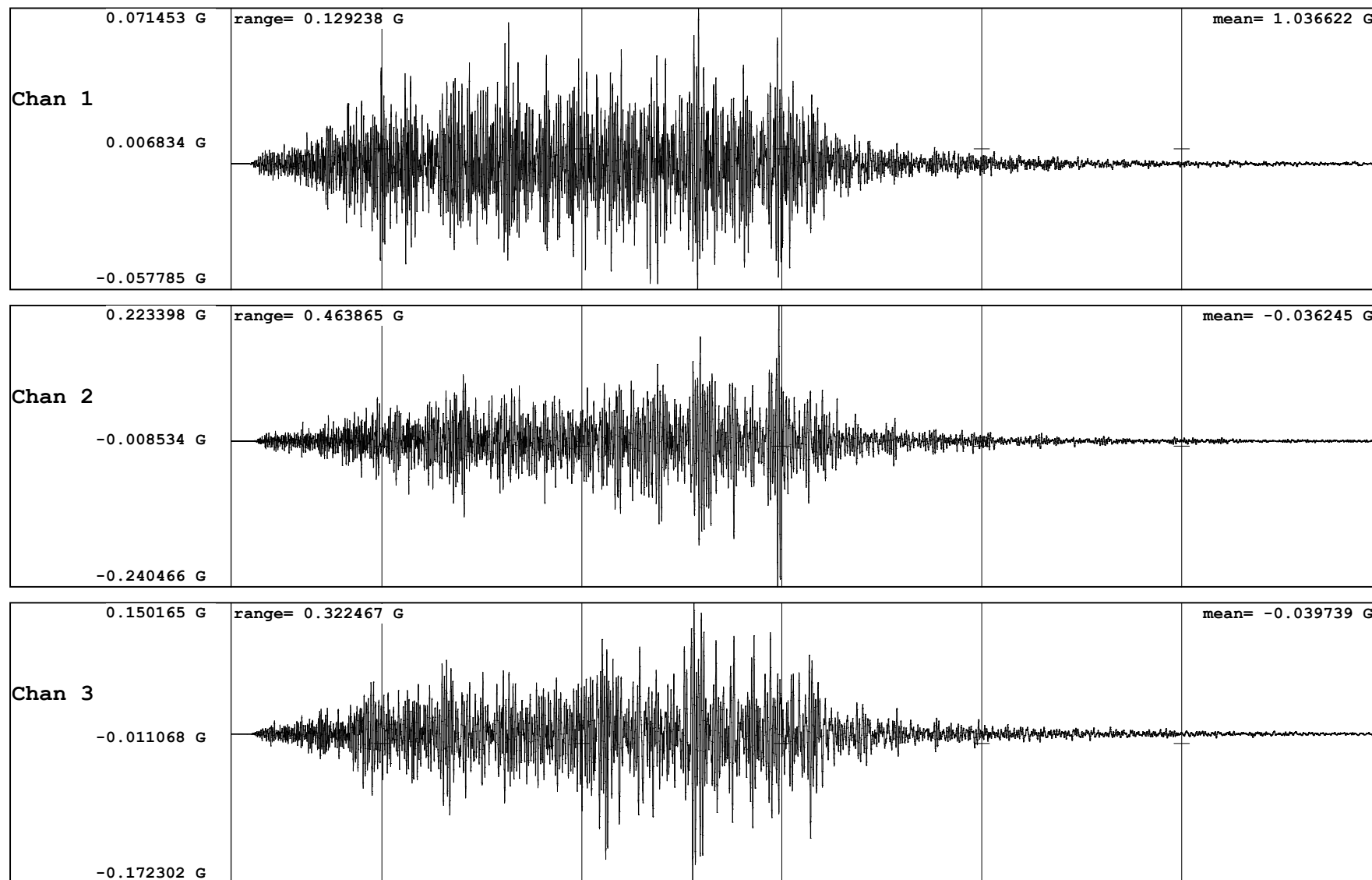
00000

200.0 sps

Event 8459

Mean Removal On, Independent Y Scaling

Stream 1



11270

Samples

HP off LP off

45836

30 sec/div

56.350

12:34:37.350

Seconds

12:37:30.180

229.180

File La_Nubia.RTE

Das BDCE

First Sample: 2026 222:12:00:00.005

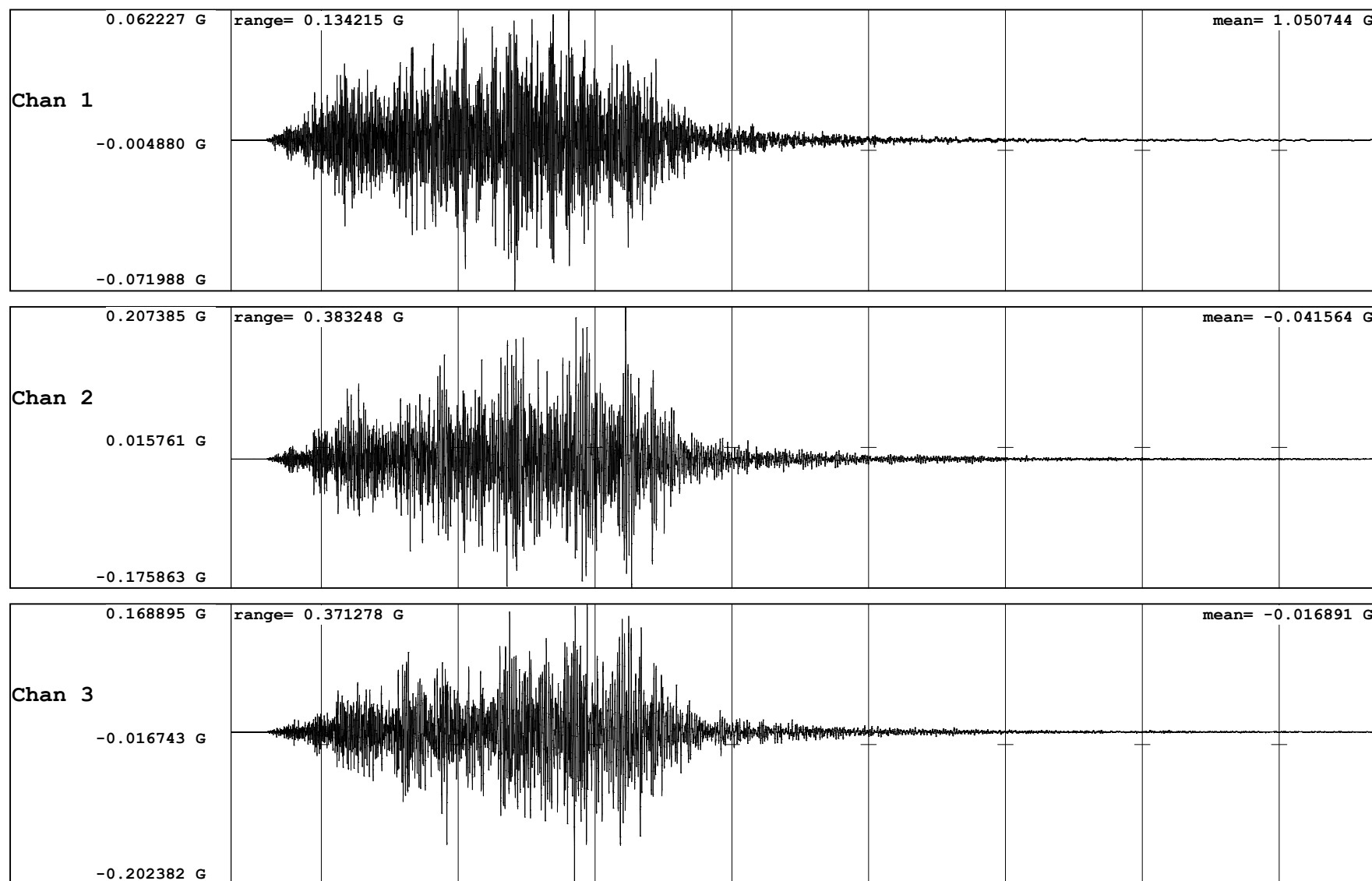
00000

100.0 sps

Event 4275

Mean Removal On, Independent Y Scaling

Stream 2



30 sec/div	208023		Samples	HP off	LP off	233271
	2,080.230	12:34:40.235	Seconds	12:38:52.715		2,332.710