

Informe de detonaciones

Colonia, Uruguay

Código de informe: ID20190805
Observatorio Geofísico del Uruguay

Leda Sánchez Bettucci
Hernán Castro
Damián Dell'Acqua
Martín Rodríguez
Anahí Curbelo
Judith Loureiro
Enrique Latorres

Instrumentación: Sismómetro Trillium Compact 120s triaxial
Punto de medición: Estación ANCO -34.275327, -57.965544

Instrumentación: Acelerómetro Guralp 5TDE
Punto de medición: Estación TCOA1 -34.327010, -57.534160

1. Introducción

El día 05 de Agosto del 2019 se informó al OGU de la ocurrencia de una serie de explosiones en el departamento de Colonia próximo a la localidad de Artilleros. Anteriormente, habíamos recibido notificaciones de la ocurrencia de explosiones similares. En esas instancias, se identificaron muy claramente las voladuras en la estación sísmica permanente ANCO, localizada a unos 40 km del foco de la explosión y se calculó la magnitud sísmica de cada una de estas, llegando a un máximo de 2.2 en la escala de Richter (Informes ID20190725 e ID20190622) para la más importante del conjunto.

A raíz de esta información, y a pedido de DINAMIGE y de la subsecretaría del MIEM se instalaron tres sensores en el predio del Parque Eólico Artilleros -PEA- (Informe de actividades IA20190730).

En el presente informe se analizan los datos de la estación ANCO y de la estación TCOA1 (Instalada dentro del predio del PEA) para determinar y comparar la magnitud de estas explosiones.

2. Metodología

Los datos actualmente son transmitidos a nuestro servidor en AGESIC a través del protocolo SeedLink y son guardados de forma continua a través de las herramientas contenidas en el paquete de *software Seiscomp 3*. El posterior análisis de las trazas para identificar las explosiones se hace principalmente a través de SAC (*Seismic Analysis Code*). Con este programa, se filtran las trazas en un rango de 0.9 a 20 Hz para poder identificar las explosiones más fácilmente y se extraen en archivos separados. Luego,

utilizando programas desarrollados por el OGU, graficamos el movimiento de partícula en la horizontal y vertical para así poder identificar la proveniencia de perturbación.

Para el caso de la estación TCOA1, es importante medir el pico máximo de velocidad generado por la voladura para contrastarlo con los estándares internacionales más estrictos en el control de vibraciones (Normas DIN4150 y SN640).

Los valores máximos permitidos de este parámetro (*Peak Particle Velocity* o PPV) son utilizados por los estándares como un umbral en donde probablemente no genere daño a las infraestructuras edilicias. Sin embargo, es importante considerar que presenta una base netamente empírica ya que se basa en el estudio estadístico de un gran número de voladuras y la relación que se encuentra entre la PPV y los daños ocurridos. Por ende, puede no representar correctamente el umbral de daño para estructuras que no sean infraestructuras edilicias habitables o infraestructuras que estén construidas con materiales diferentes a los que se utilizan en las Normas mencionadas.

La medición puntual del máximo de velocidad (PPV) para la estación ANCO no tiene relevancia ya que se encuentra a 40 km de distancia de la fuente perturbadora. Sin embargo, se puede utilizar una escala sísmica local para estimar la magnitud de la voladura. Para este caso, se utilizó la escala Gutenberg-Richter, según lo establecido en el NMSOP (*New Manual of Seismological Observatory Practice*) del IASPEI (*International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior*) la cual representa un valor de magnitud el cual debe ser invariante en la distancia.

Siendo TCOA1 más cercana a la explosión que ANCO, a partir de esta se calcula la diferencia en el tiempo de arribo de las ondas entre la estación TCOA1 y ANCO. Este dato es calculado a través del software "cake" del paquete Pyrocko (<https://pyrocko.org>) y se utiliza este dato para acotar el rango de búsqueda de la explosión en la segunda estación.

3. Resultados y Conclusiones

03 de Agosto

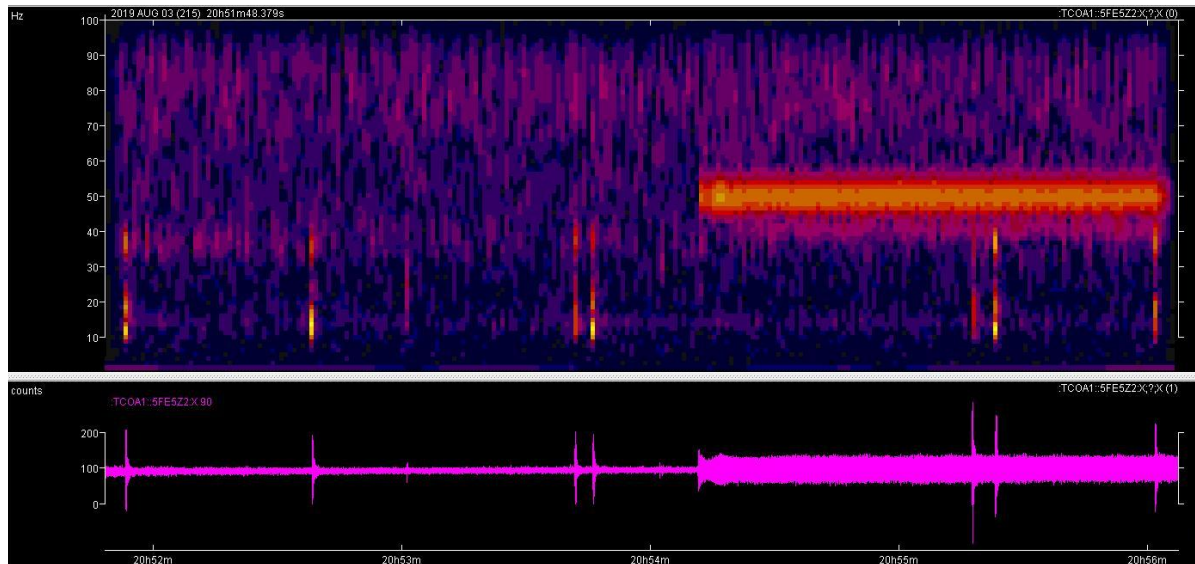


Figura 1. Registro de 7 voladuras el día 3 de Agosto. La primera se da a las 17:51:53 hora local, mientras que la última ocurre a las 17:56:01. Si bien el intervalo entre ellas es variable, las mismas se dan en intervalos de 50 segundos aproximadamente y en algunos casos de forma más consecutiva.

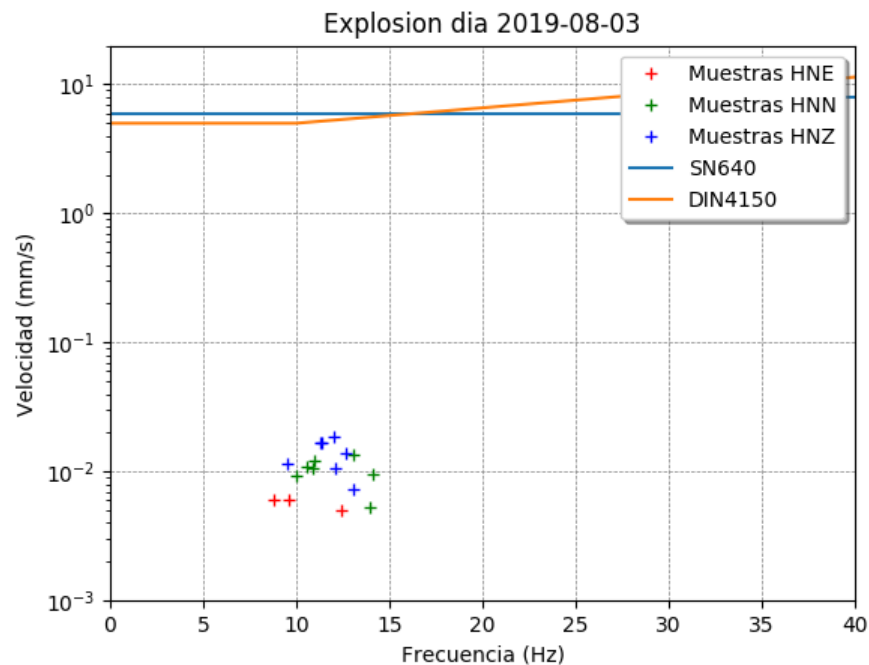


Figura 2. Valores de PPV calculadas para la voladura de mayor amplitud registrada en la estación TCOA1 con tiempo de inicio a las 17:55:17 hora local (T4). Se puede ver claramente que no se supera el máximo establecido por la norma.

04 de Agosto

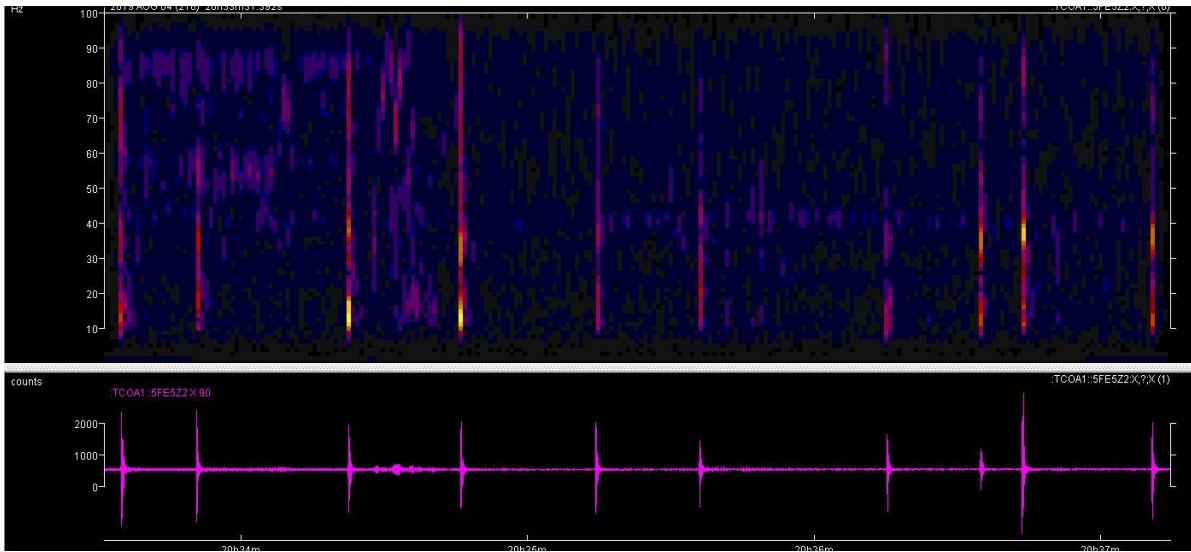


Figura 3. Registro de 10 voladuras el día 4 de Agosto comprendidas entre las 17:33:33 y las 17:37:10 hora local, con un patrón de repetición similar a las explosiones del día anterior.

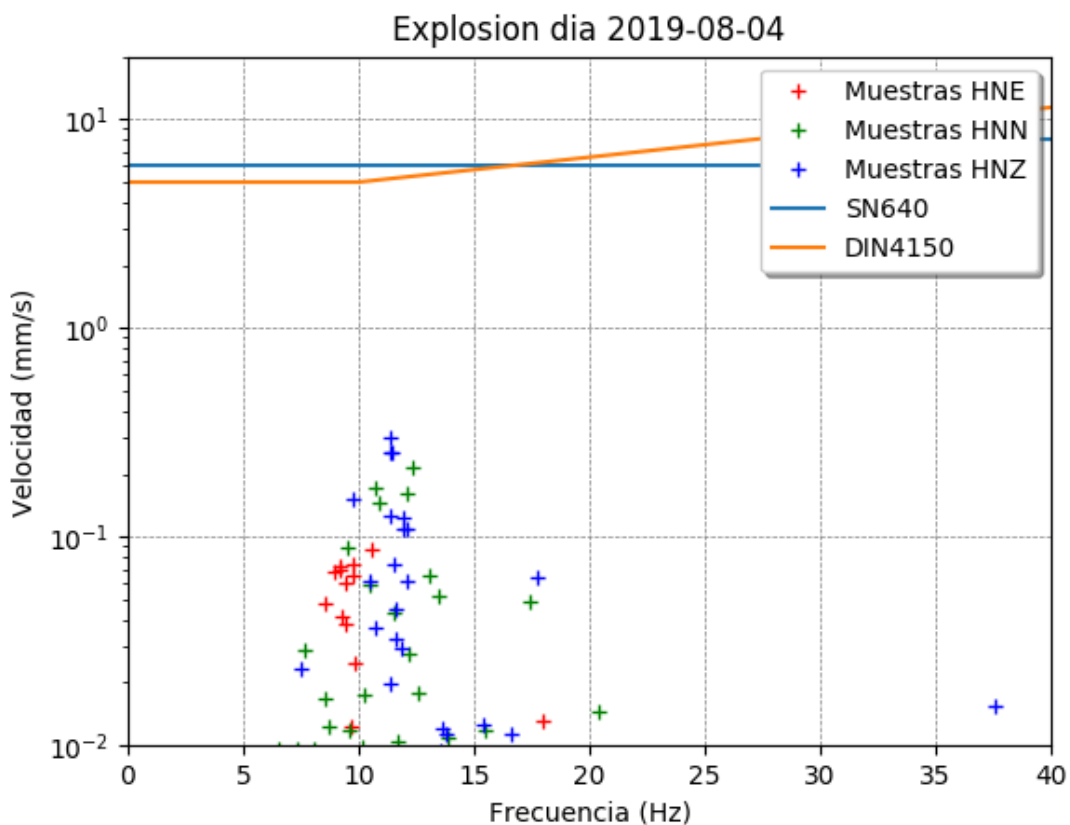


Figura 4. Valores de PPV calculadas para la voladura de mayor amplitud (T1) registrada en la estación TCOA1 con tiempo de inicio a las 17:33:34 hora local. Se puede ver claramente que no se supera el máximo establecido por la norma.

05 de Agosto

En el registro se identificaron **nueve** explosiones con claridad, cuyas duraciones (de cada evento) no excedieron los 2s. Se encuentra un grupo de 4 explosiones entre las 10:41 las 10:46 y otro grupo de 5o entre las 12:03 y las 12:06

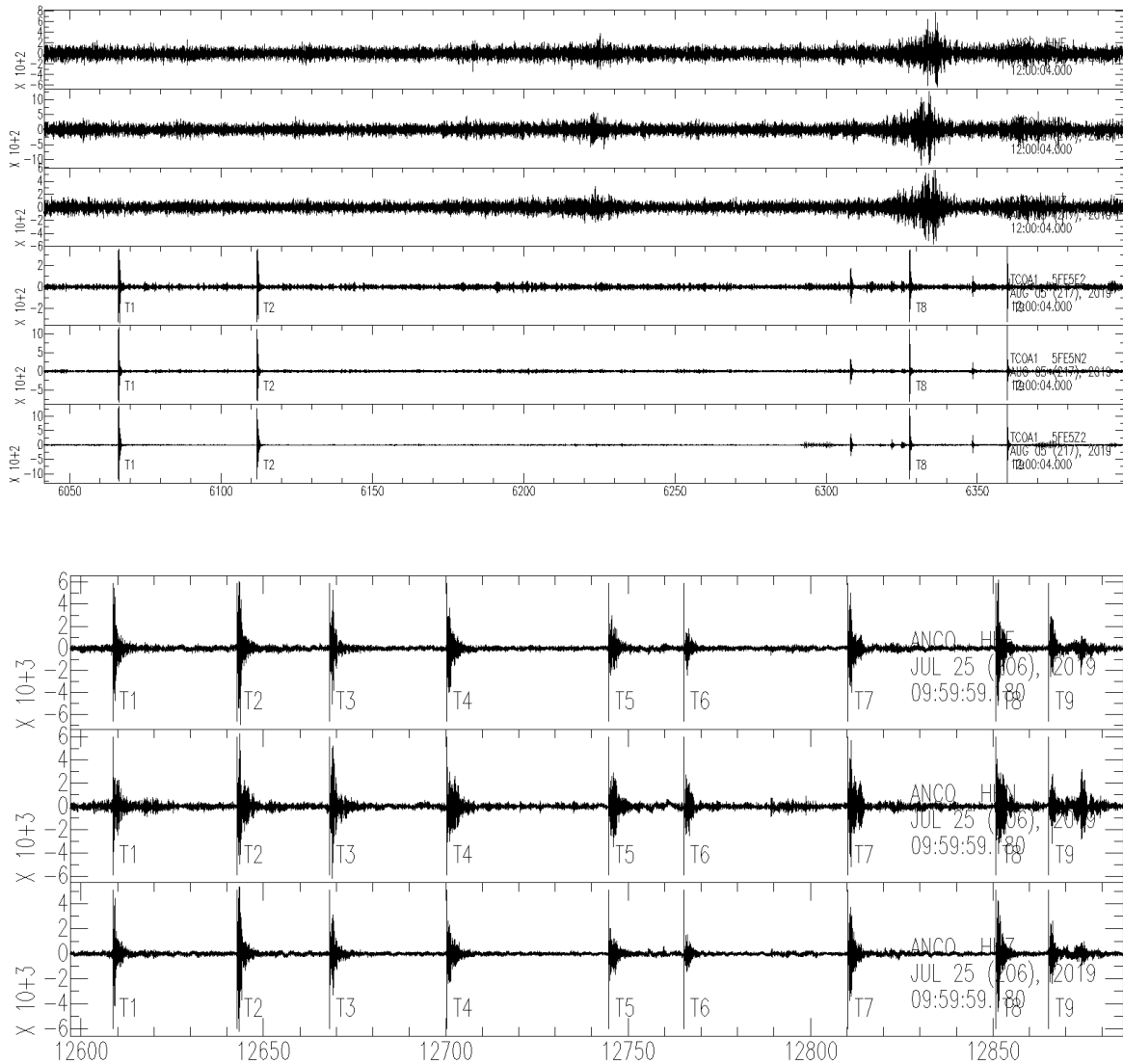


Figura 5. En la imagen superior se puede ver el registro de 4 de las explosiones registradas para el día 5 de agosto, las tres trazas superiores corresponden a la estación ANCO mientras que las inferiores a la estación TCOA1. En la imagen inferior, se pueden ver muy claramente nueve detonaciones registradas en ANCO el 25 de Julio en comparación a las del 5 de agosto para la misma estación. Esto indica un valor de magnitud menor para las detonaciones del 5 de agosto en relación a las del 25 de julio. Todas las trazas fueron filtradas entre 0.9 y 20 Hz.

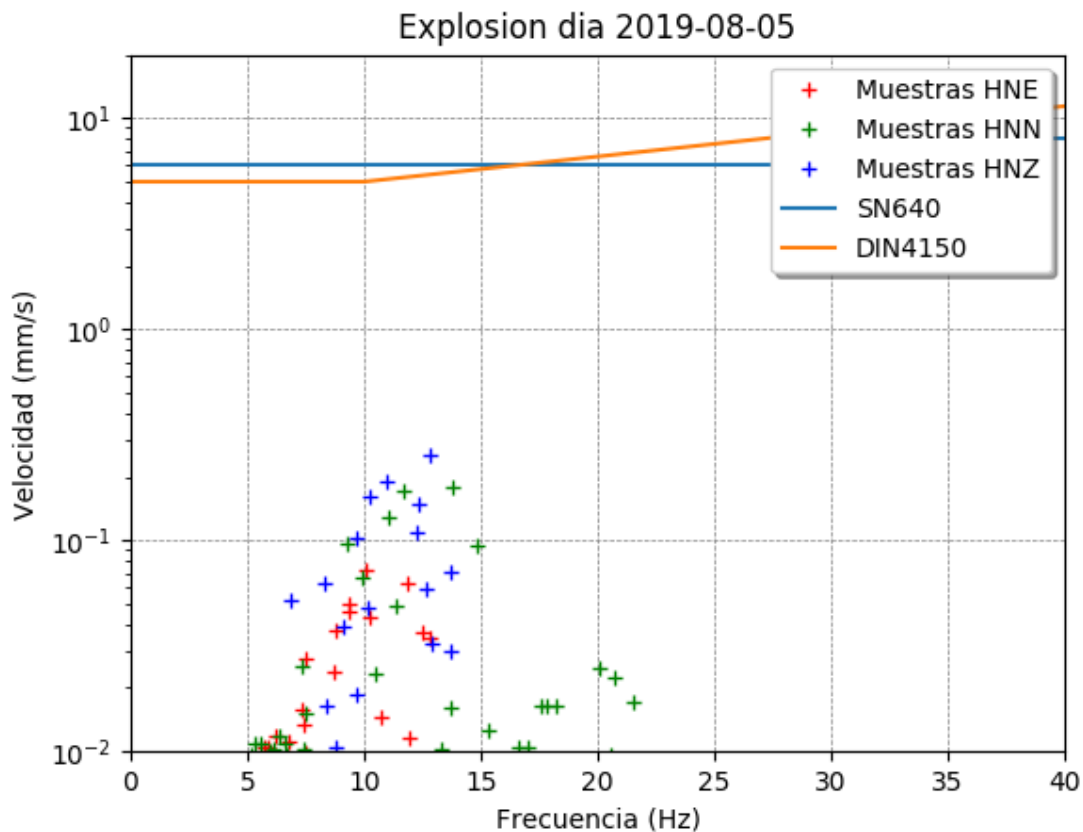


Figura 6. Valores de PPV calculadas para la estación TCOA1 durante la explosión con tiempo de inicio a las 10:41:05. Se puede ver claramente que ninguna de las detonaciones supera el máximo establecido por la norma.

En la Figura 6 se muestran las PPV calculadas para la explosión de mayor magnitud. Se puede observar que la velocidad máxima de partícula no supera nunca el valor de 1 mm/s.

Es importante destacar que en ninguno de los días mencionados anteriormente, las explosiones pudieron ser registradas por encima del nivel de ruido en la estación ANCO. Esto fue corroborado a través del cálculo teórico de el arribo de la onda P.

Esto muestra que **la magnitud de las explosiones fue significativamente menor que las anteriormente registradas**, al punto de no ser detectable por la estación ANCO, cuando las realizadas previamente, antes de la instalación de los sensores, eran claramente identificables.