

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica



**“ANALISIS DE VOLADURA Y SU INFLUENCIA EN LA CAIDA
DE ROCAS - COMPANIA MINERA MILPO**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO DE MINAS

PEPE ALFREDO MARTINEZ MENDOZA

LIMA – PERÚ

2008

**ANALISIS DE LA
VOLADURA Y SU
INFLUENCIA EN LA
CAIDA DE ROCAS-
COMPANIA MINERA
MILPO**

TABLA DE CONTENIDO

ANALISIS DE VOLADURA Y SU INFLUENCIA EN LA CAIDA DE ROCAS-COMPANIA MINERA MILPO

	Pagina
RESUMEN	
CAPITULO I	3
1.0-INTRODUCCION	
1.1.-OBJETIVOS	
1.1.1.- OBJETIVOS GENERAL	
1.1.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS	
1.2.- EQUIPO	
1.3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.4.- METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	
1.6.- HIPOTESIS	
CAPITULO II	5
2.0.- FUNDAMENTO TEORICO	
2.1.- DEFINICION	
2.2.- SISMICA	
2.3.- ASOCIADO A PARAMETROS GEOMECANICOS PROPIOS DE CADA TIPO LITOLOGICO	
CAPITULO III	6
3.0.- CRITERIO DE DAÑO	
CAPITULO IV	7
4.0.- MEDICIONES SISMOGRAFICAS	
4.1.- RECURSO HUMANO EMPLEADO EN EL ESTUDIO	
CAPITULO V	8
5.0.- ANALISIS DE LAS MEDICIONES SISMICAS	
CAPITULO VI	32
6.0.- EVALUACION TECNICA DEL ÚLTIMO SISMOGRAMA Y DISPARO	
CAPITULO VII	34
7.0.- CALCULOS Y RESULTADOS	
7.1.- MODELOS MATEMATICOS	
CAPITULO VIII	38
8.0.- RECOMENDACIONES	
CAPITULO IX	39
9.0.- REFERENCIA BIBLIOGRAFIA	
CAPITULO X	40
10.0.- APENDICES	

RESUMEN

Se lograron los objetivos de la presente tesis, Cuantificando el daño ocasionado por una voladura al macizo rocoso, controlar los parámetros críticos en el uso de retardos, tipo y cantidad de explosivos para cada tipo de labor. Asimismo se demostró que los trabajos de voladuras que se realizan en las labores de tajeos no presenten disturbancia en el perímetro de la labor o excavación realizada.

Al efectuar el análisis a cerca de los datos obtenidos, podemos observar lo siguiente:

Que para 2 Kg. de explosivos, a una distancia de 3m. Se estaría generando daño superficial ya que el PPV registrado es superior a los 100 mm/s que puede soportar la roca de menor calidad, pero el PPV máximo es para establecer con que nivel de vibración se están generando nuevas grietas superficiales, partiendo con grietas pequeñas, que pueden prolongar las ya existentes, por lo tanto el nivel de daño no es considerable.

Se define grieta superficial la que puede generar la caída de pequeños trozos de roca con un diámetro promedio de 5 cm.

Un aspecto importante que hay que resaltar es que dentro de los materiales que suelen rellenar estructuras, y en especial en las labores, es la Calcita, material que no posee gran resistencia. Por ende es de considerar que estas estructuras rellenas, no soportan los mismos niveles de vibración de la roca, así que se debe establecer un parámetro para dicha resistencia.

Considerando la misma inducción pero en el otro caso, se fue variando la carga explosiva hasta 45 Kg., (carga que legítimamente es una exageración, ya que para un retardo, con la mayor cantidad de tiros considerados en el diseño se llega a 25 Kg. el PPV registrado es menor de 100 mm/s, lo que no generaría daños a esa distancia.

Por otro lado para una carga 4.5 Kg. De explosivos detonados en un tiempo; a los 8m estaríamos dejando de generar daño, claro que esta condición debe ajustarse haciendo un trabajo mas completo del modelo que presentamos.

La otra parte de esta inducción nos muestra que con 20 Kg. de explosivo detonados en un mismo tiempo; a los 20 m ya estaríamos dejando de inducir nuevas grietas superficiales.

Un factor que es necesario mencionar es que los modelos Predictivos poseen un margen o factor de seguridad que hacen prever niveles un poco superiores a los que se puedan encontrar en la cercanía del disparo.

CAPITULO I

1.0. INTRODUCCION:

Operación Milpo; en uno de los diversos trabajos que realiza, se decidió efectuar el estudio de monitoreo de vibraciones originados por la voladura, para determinar en que grado; como factor individual; influye en la caída de rocas en las inmediaciones de los tajos en explotación.

Milpo: Es un yacimiento polimetálico, en donde existe una presencia de diferentes clasificaciones de roca, la presencia de Ígneas, esta asociada a intrusivos dacíticos y andesíticos, con presencia de basaltos. A su vez la presencia de Sedimentarias, for Caso -720 ; -700 En el nivel -720 se encuentran las labores de producción que por su distancia (mayor a 25m); del Sub - nivel propiamente dicho, no representan daños para él (solo cuando se inicia un nuevo corte y se dispara en acceso), pero la excavación en el nivel -700 (que obviamente se encuentran a menos de 25 m); si puede ser afectada superficialmente. Por esto preventivamente debe desatarse las labores cercanas a los disparos de estos subniveles. Este proceso de afectación secundaria al que genera el cierre de las labores por la presencia de esfuerzos a más de 700 m bajo tierra. Es decir, la voladura acelera en estos casos un proceso natural no dependiente de ella.

Esta formada principalmente por la Caliza Pucará, con rumbo N-S, cuyo manteo es sub-vertical. Estando en zonas de tectonismo y de formaciones cordilleras, es relevante la presencia de Rocas Metamórficas, siendo la principal el Mármol, producto de intrusivos magmáticos. A esto se suma un enriquecimiento secundario o Hidrotermal, se encuentra además Skarn con mineralización asociada.

Explotación: La mineralización de Milpo se encuentra en el sector Este en forma de cuerpos irregulares y hacia el oeste en forma de Vetas. El método de explotación utilizado es Cut & Fill, con relleno Hidráulico, el cual consiste en la extracción de tajeos de mineral de las vetas de Skarn.

Tajeos: Los diagramas de perforación de los disparos de Breasting, son efectuados en forma cuadrada con burden y espaciamiento de 1.1 y 1.1 m. respectivamente, el diámetro de perforación es de 45 mm. y el largo de la perforación horizontal es de 4.3m.

1.1. OBJETIVO

1.1.1.-OBJETIVO GENERAL

Analizar la voladura desde la óptica de las mediciones sísmicas y cuantificar la existencia y el nivel de daño en las inmediaciones de los tajos de producción ocasionados por los niveles de vibración de la voladura.

1.1.2.-OBJETIVO ESPECIFICO

Cuantificar el daño ocasionado por una voladura al macizo rocoso, controlar los parámetros críticos en el uso de retardos, tipo y cantidad de explosivos para cada tipo de labor.

1.2. EQUIPO

Los monitoreos se efectuaron con un equipo sismográfico MINIMATE PLUS marca INSTANTEL, el Transductor de movimiento es del tipo geófono triaxial, marca INSTANTEL, se utiliza como material de sujeción, entre el geófono y el macizo rocoso, resina póxica tipo MOLDIMIX. Los Geófonos utilizados son de rango de registro máximo de 254 mm/s.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas que se presentaron fueron la caída de rocas en labores de tajeos por relajamiento o descostramiento del macizo rocoso.

1.4. METODOLOGIA DE INVESTIGACION

Evalúándose las labores críticas se decidió aplicar la metodología de sismicidad, técnica derivada de sismología (estudio de los Terremotos), que nos permite la observación y posterior estudio del comportamiento de las ondas vibratoriales que se transmiten en el macizo rocoso.

1.5. HIPOTESIS

Demostrar que los trabajos de voladuras que se realizan en las labores de tajeos no presenten disturbancia en el perímetro de la labor o excavación realizada.

CAPITULO II

2.0. FUNDAMENTO TEORICO:

2.1. DEFINICION: Se define como daño al macizo rocoso, toda alteración ya sea de forma o volumen, que se produce en el macizo rocoso producto de un agente externo, ya sea excavaciones o actividad sísmica (vibraciones) derivada de las voladuras (Ref. bibliografica R4).

2.2. SISMICA: Es una técnica derivada de sismología (estudio de los Terremotos), que nos permite la observación y posterior estudio del comportamiento de las ondas vibratorias que se transmiten en el macizo rocoso.

2.3. ASOCIADO A PARAMETROS GEOMECANICOS PROPIOS DE CADA TIPO LITOLOGICO

Dentro de las propiedades de las rocas, existe su capacidad de soportar esfuerzos, y se conoce como Esfuerzo Dinámico Máximo (Ref. bibliografica R1).

$$\varepsilon = \text{PPV} / V_p$$

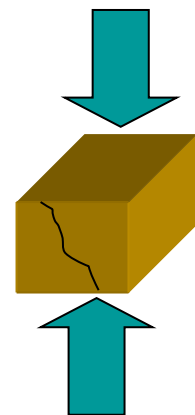
$$\varepsilon = \sigma / E$$

$$\sigma = (E \times \text{PPV}) / V_p$$

Donde:

PPV: velocidad máxima de partícula.

V_p: velocidad de propagación de la onda en el medio.



CAPITULO III

3.0. CRITERIO DE DAÑO:

Existen diversos estudios que relacionan los niveles de Velocidad, y sus efectos de daño en la roca, aquí mencionamos el que mas se acerca a nuestra realidad.

Bauer y Calder

En relación al trabajo en labores subterráneas, los criterios son escasos, y uno de ellos fue estudiado en base al comportamiento de un macizo que se auto soporta (Ref. bibliografica R2).

CRITERIO DE DAÑO:

EFFECTOS SOBRE EL MACIZO ROCOSO	VELOCIDAD DE PARTICULA (mm/s)
NO HAY PELIGRO EN ROCA SANA	<250
PUEDE APARECER DESCOSTRAMIENTO POR ROTURA DE TRACCION	250 -650
GRANDES ROTURAS POR TRACCION O ALGUNAS GRIETAS RADIALES	650 – 2500
AGRIETAMIENTO TOTAL DEL MACIZO ROCOSO	> 2500

CAPITULO IV

4.0. MEDICIONES SISMOGRAFICAS:

Para efectuar las diferentes mediciones, se establece registrar y participar del carguío de los frentes de disparo de la zona Sur, en el Sub nivel -720. En este lugar se encuentran las siguientes labores:

- VETA 33 No 2 (V33 No2)
- VETA KATHLEEN (VKATHLEEN)
- VETA 3 (V3)
- VETA 3 NORTE (V3N)
- VETA PROGRESO (VPROG.)

Debido a la dinámica de explotación de la mina, no es posible efectuar el seguimiento único y exclusivo a un frente o sección, por lo tanto se efectuaron mediciones intercaladas, es decir a diferentes labores por día.

En los disparos donde se efectuaron las mediciones sísmicas, se instaló el Transductor en la caja derecha o izquierda.

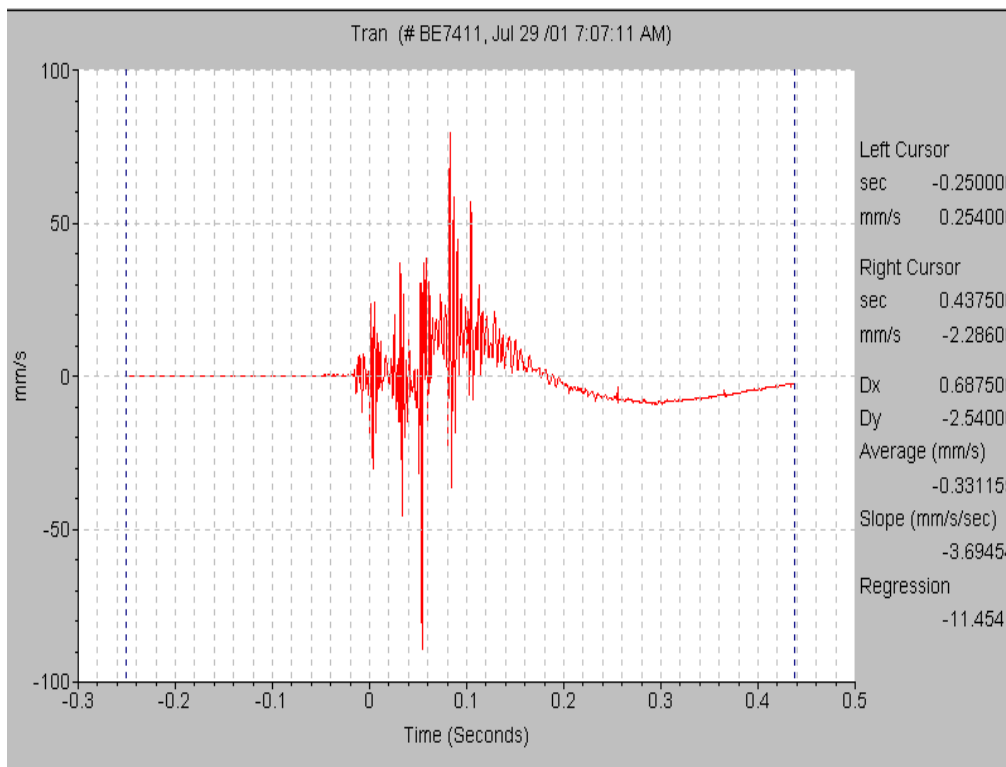
CAPITULO V

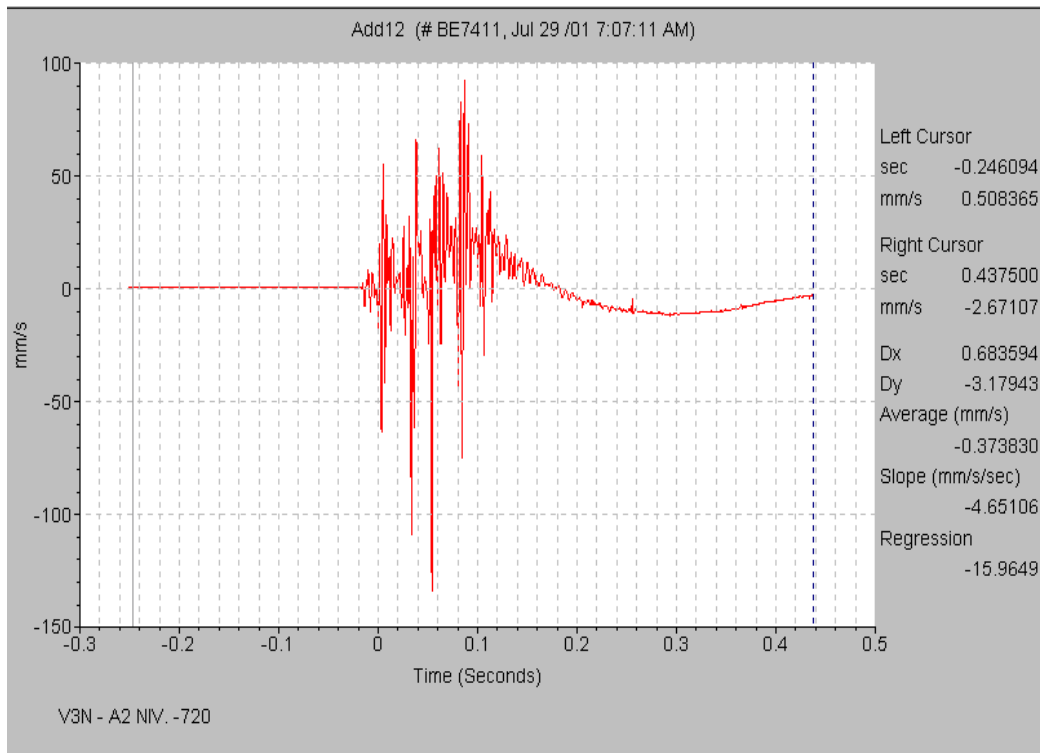
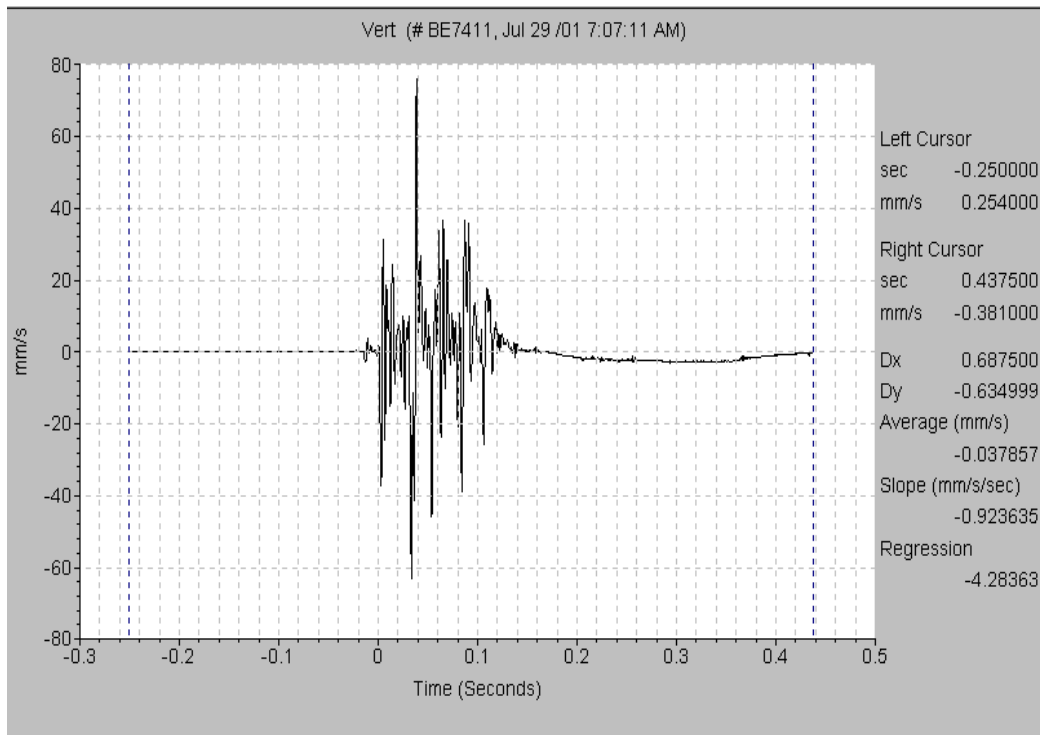
5.0. ANALISIS DE LAS MEDICIONES SISMICAS

DISPARO 1: Efectuado en V3N - A2, Zona Sur, el 15/07/01 a las 6:55 PM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 20 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó una frecuencia mayor a 200 Hz y un desplazamiento inducido de 0.763 mm.

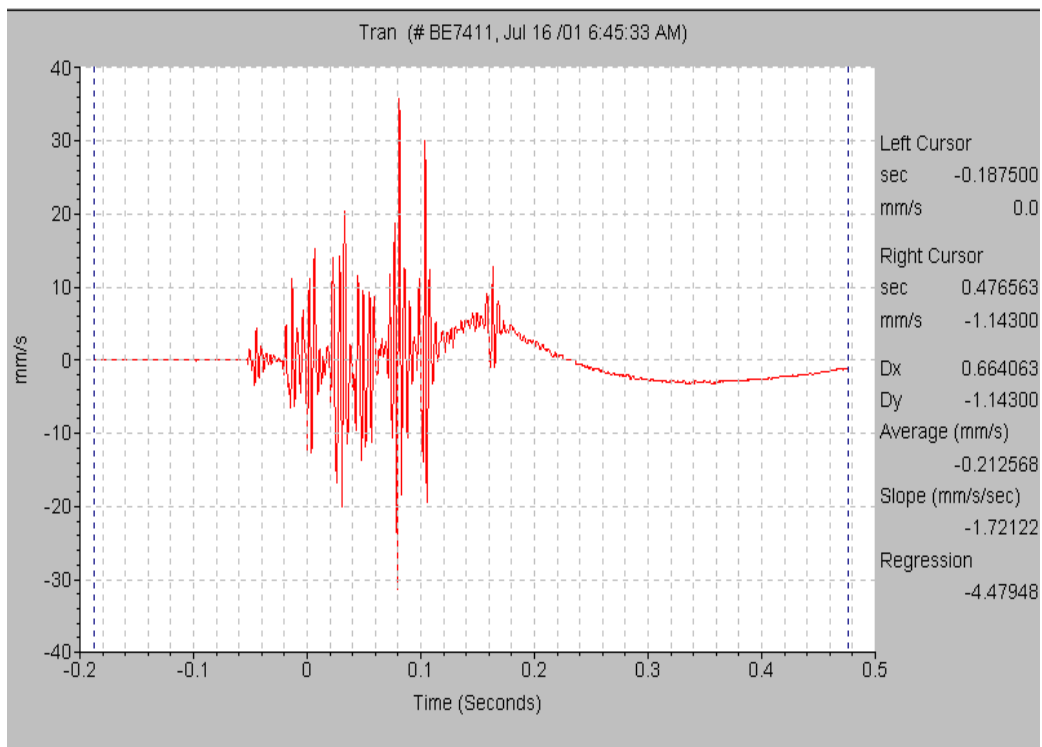


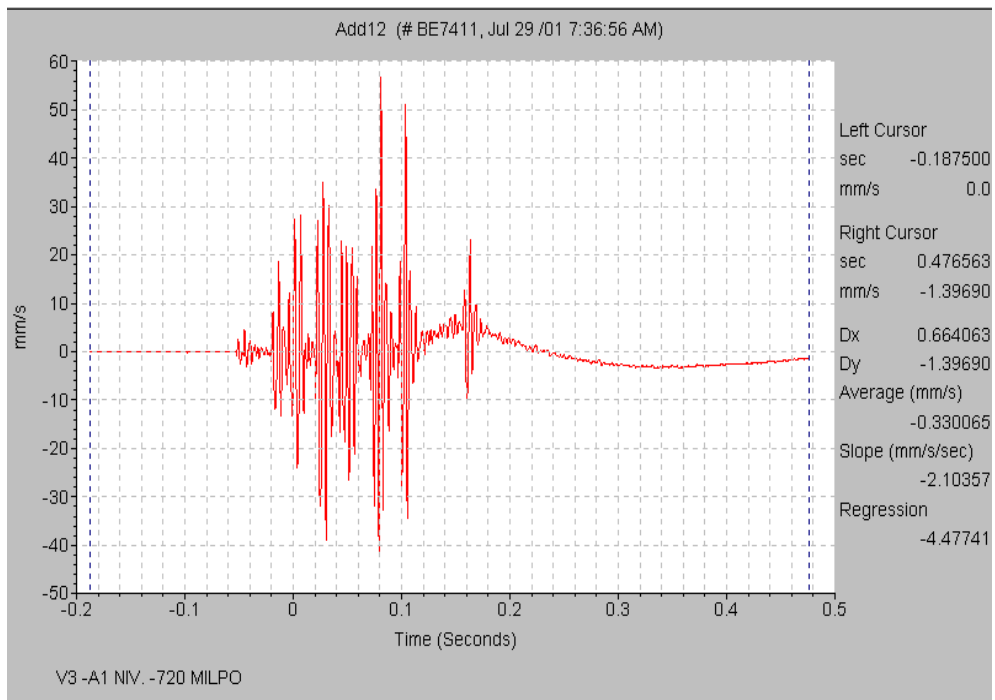
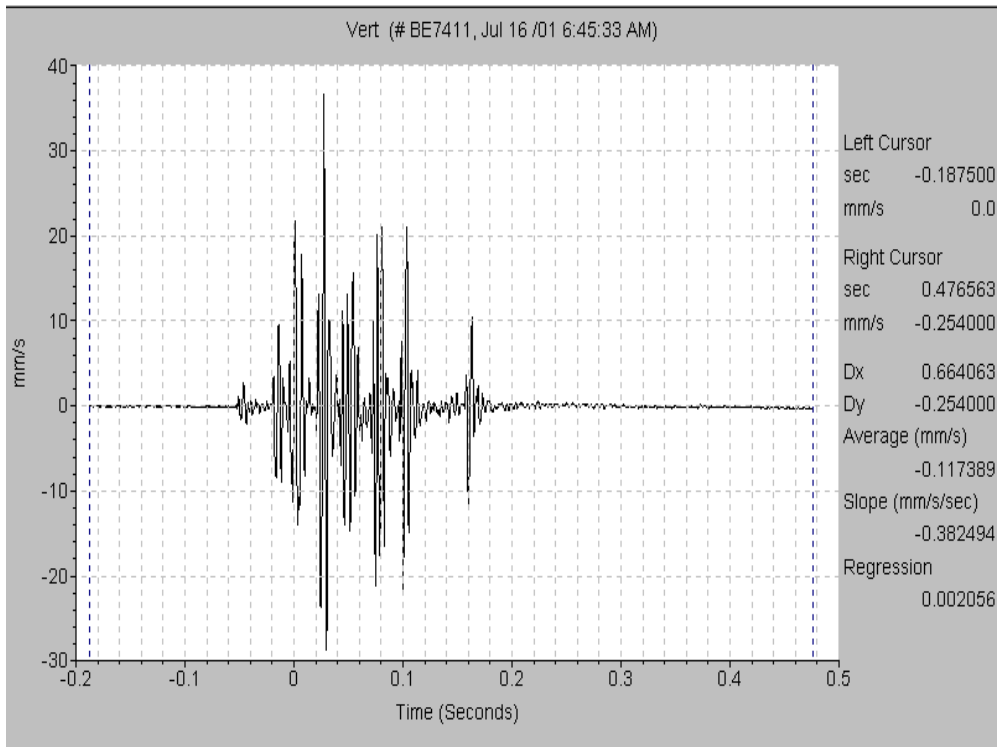


DISPARO 2: Efectuado en V3 - A1, Zona Sur, el 16/07/01 a las 6:45 AM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 25 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 171 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.29 mm.

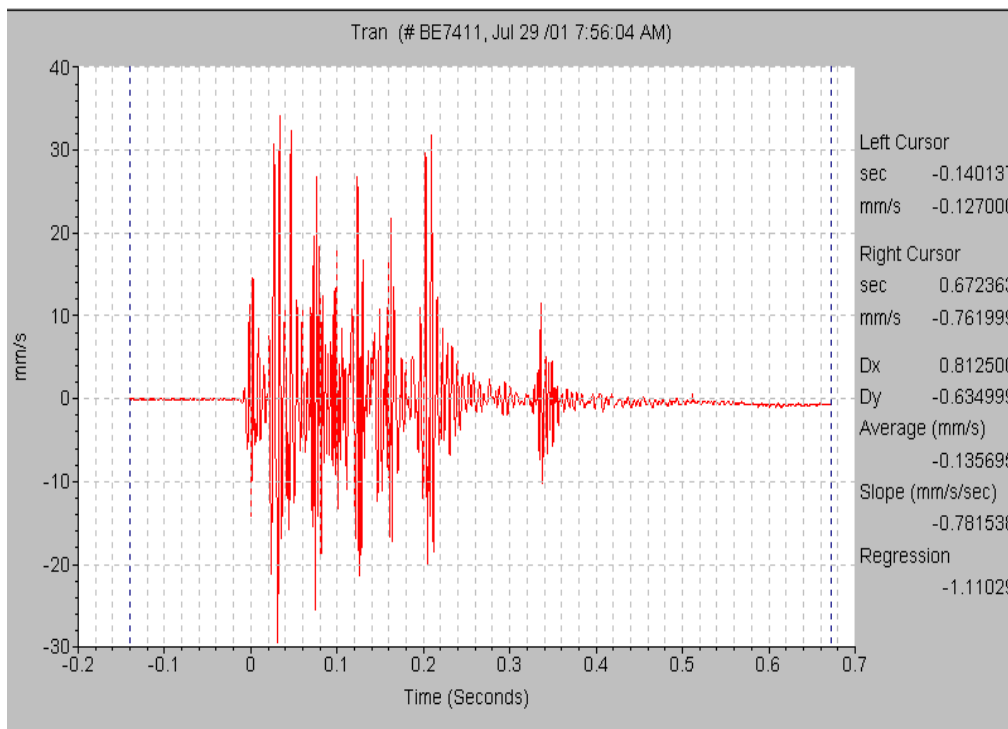


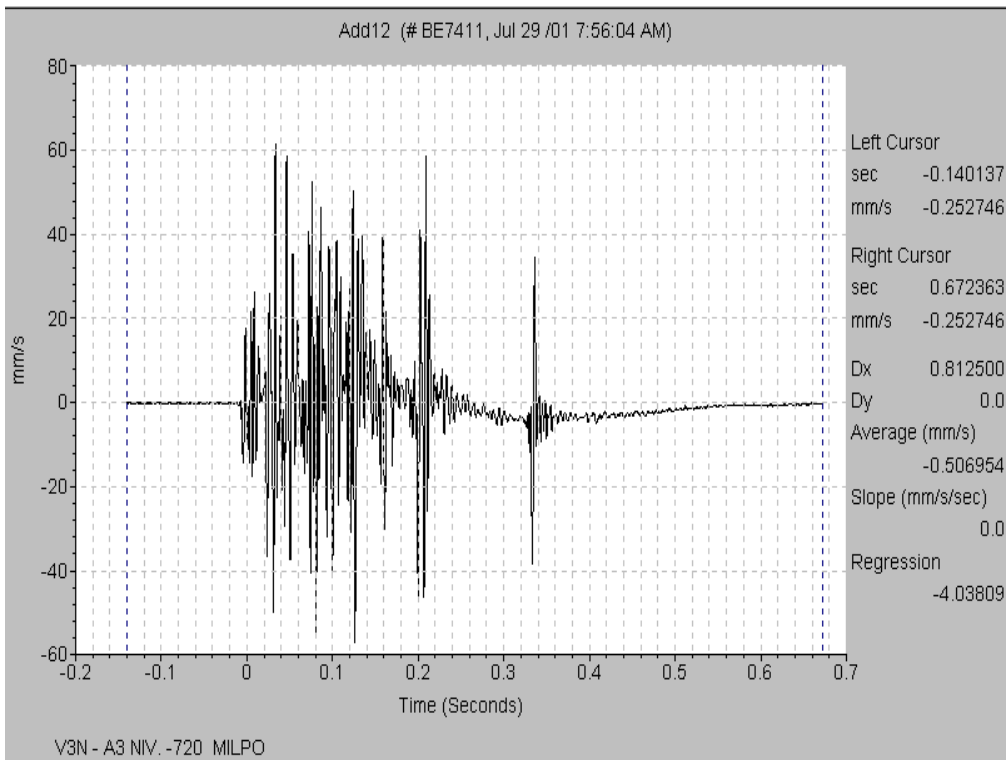
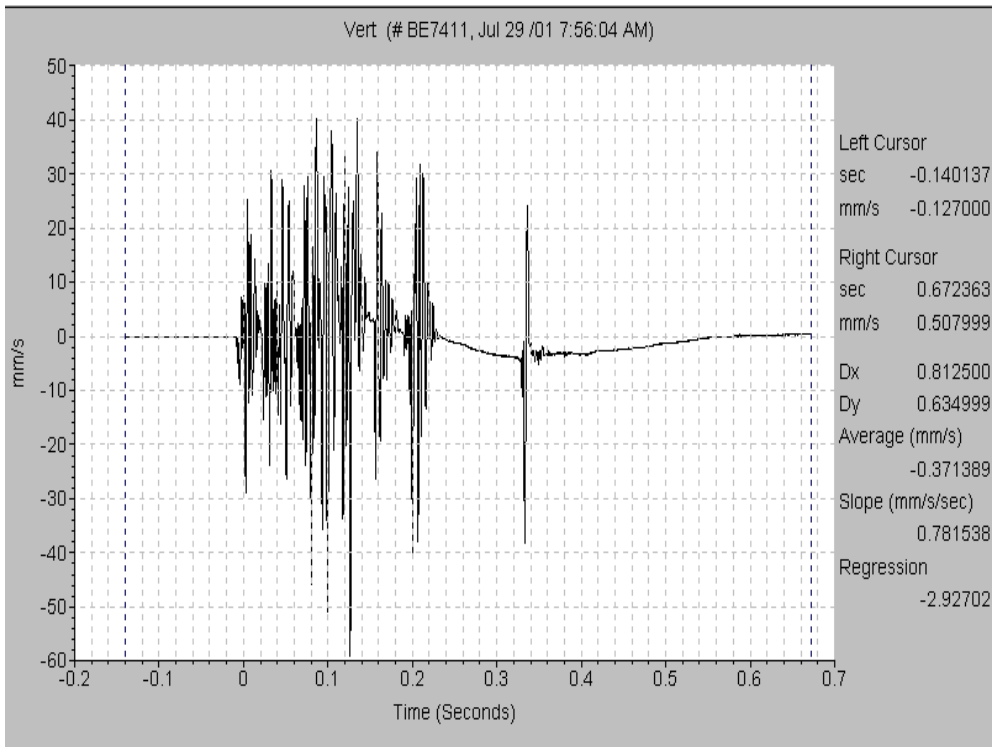


DISPARO 3: Efectuado en V3N - A1, Zona Sur, el 17/07/01 a las 6:41 AM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 23 m. según eje de medición:

* Este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 200 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.238 mm.

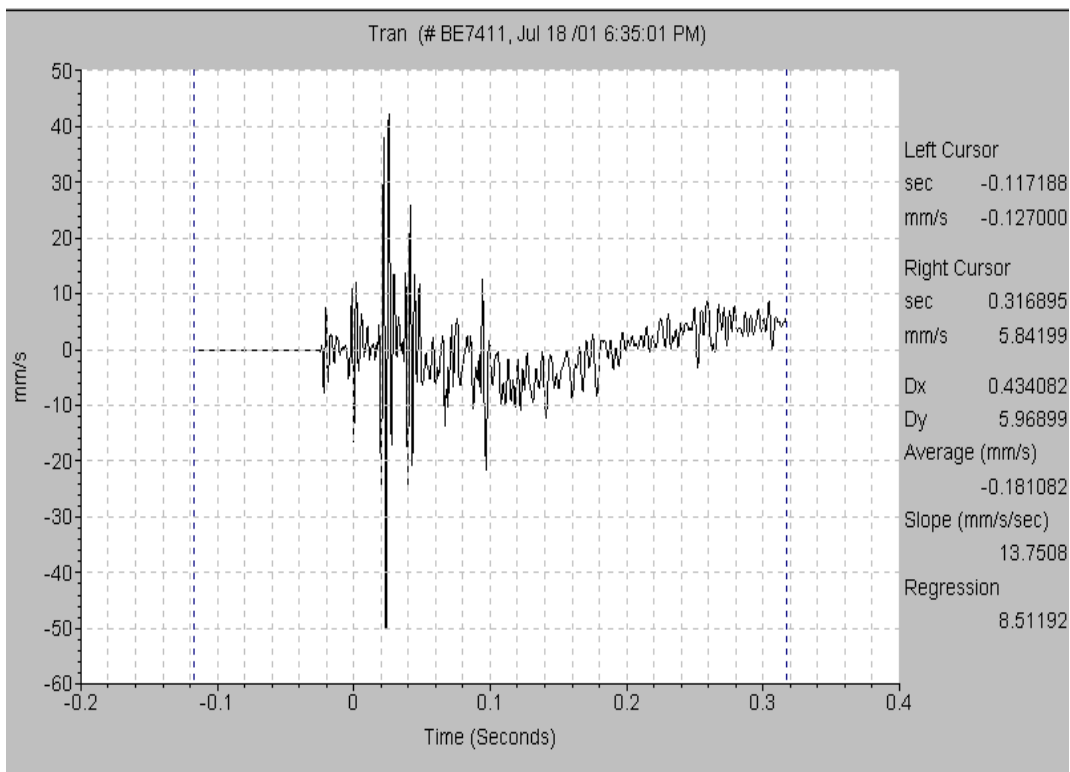


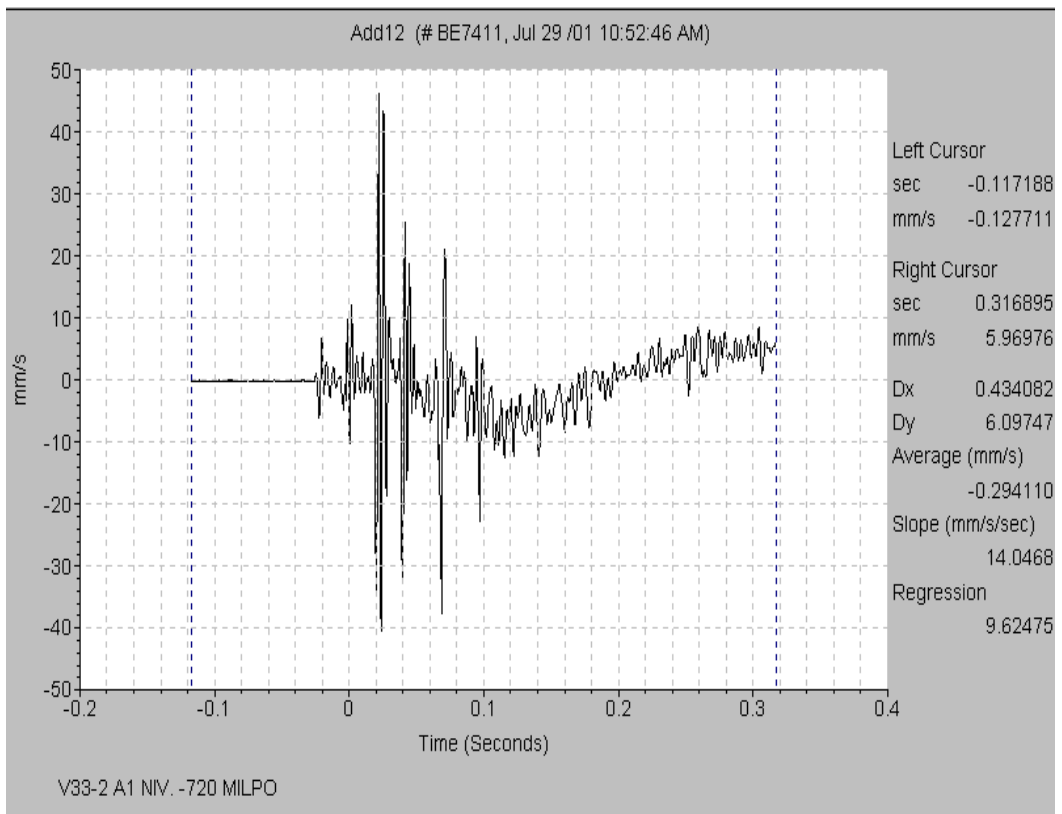
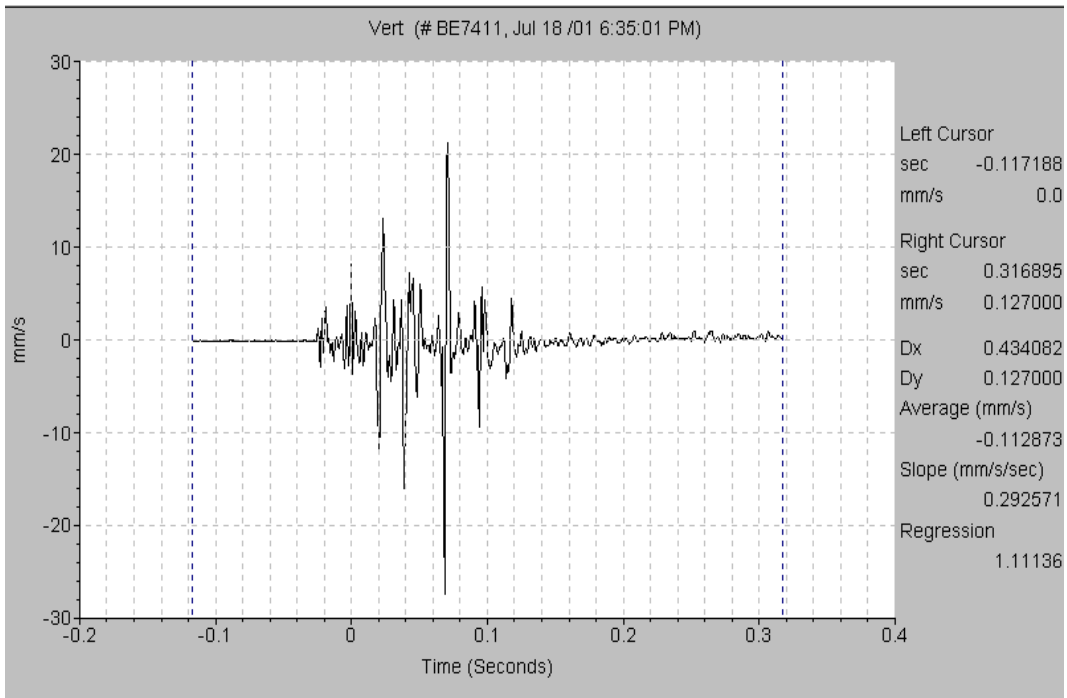


DISPARO 4: Efectuado en V33 - A1, Zona Sur, el 18/07/01 a las 6:35 PM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 20 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 200 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.261 mm.

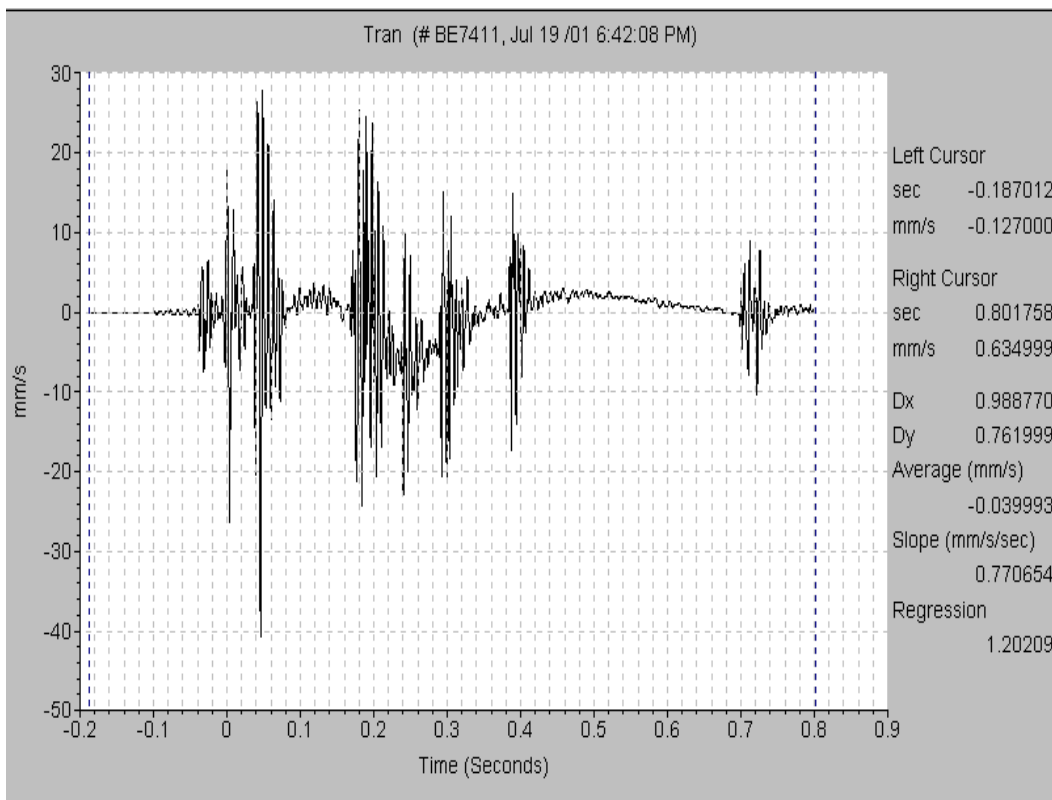


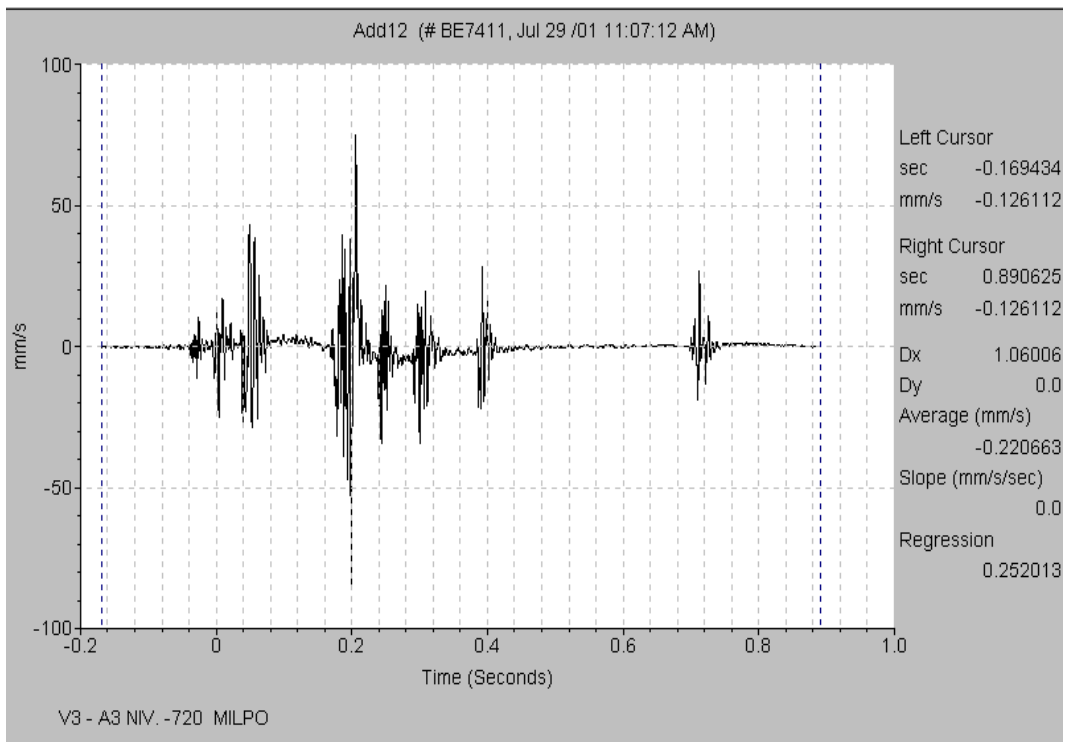
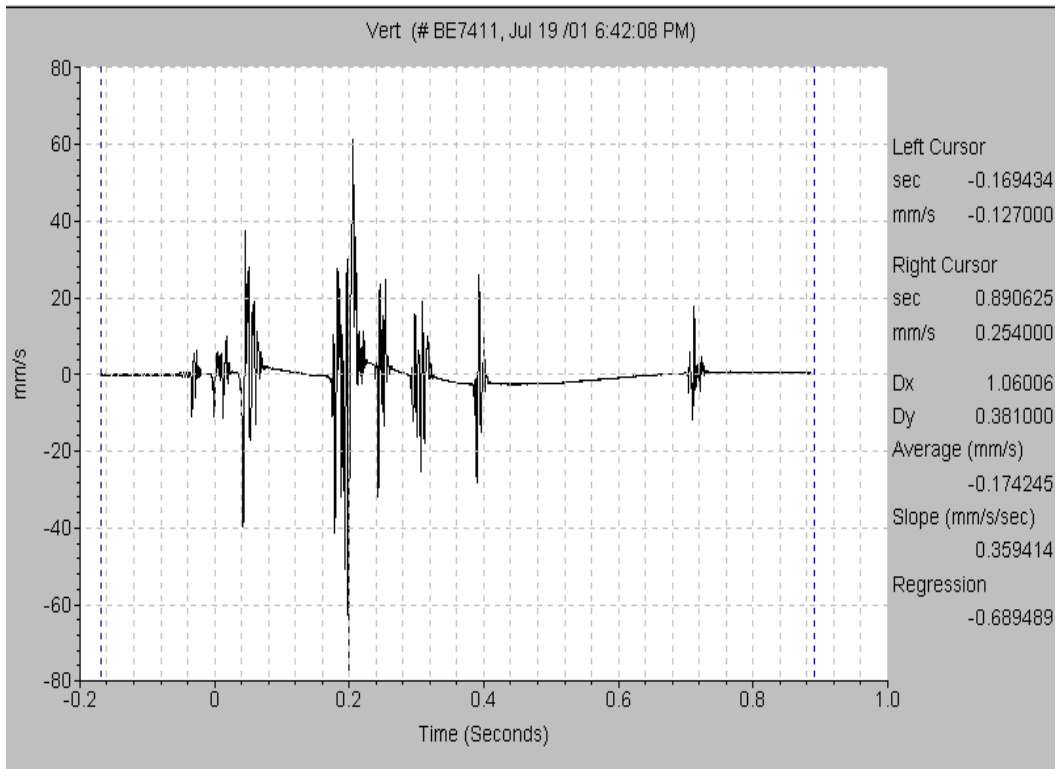


DISPARO 5: Efectuado en V3 - A3, Zona Sur, el 19/07/01 a las 6:42 PM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 25 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 128 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.191 mm.

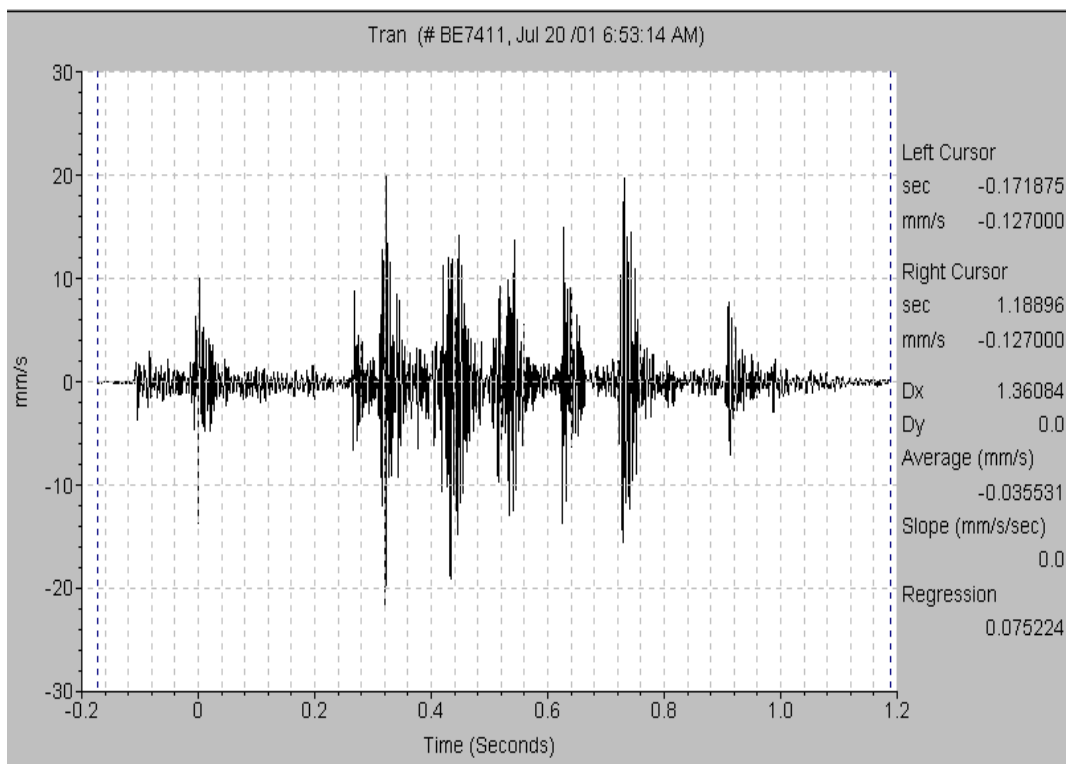


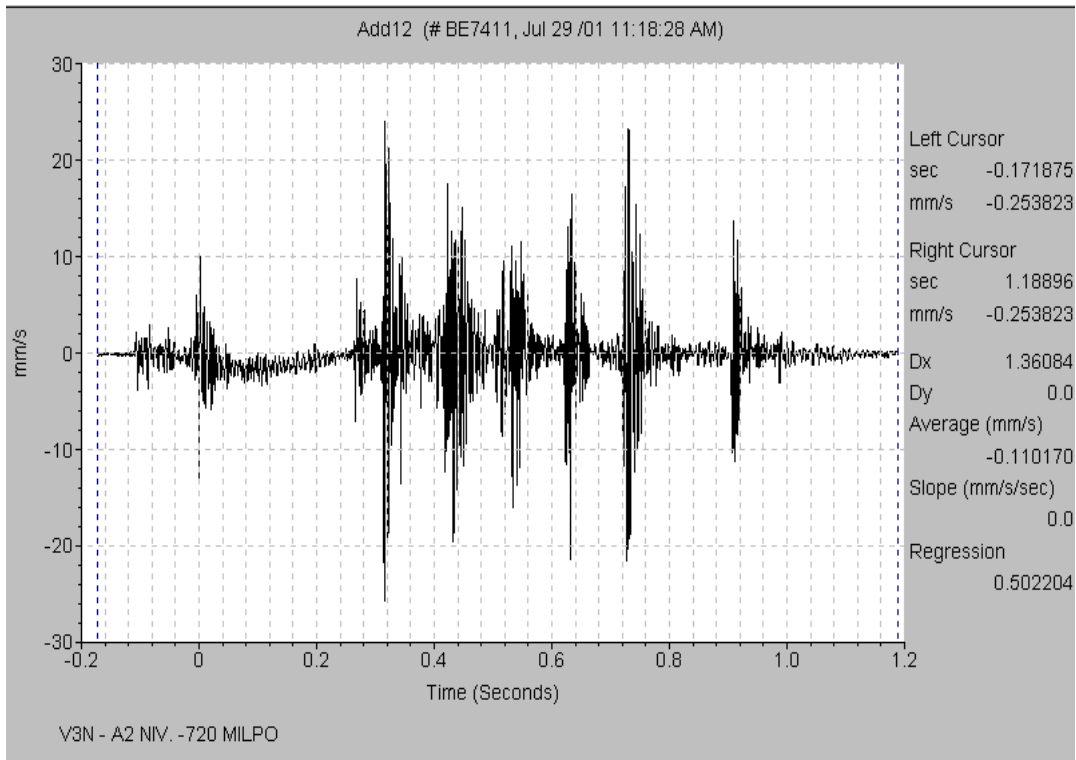
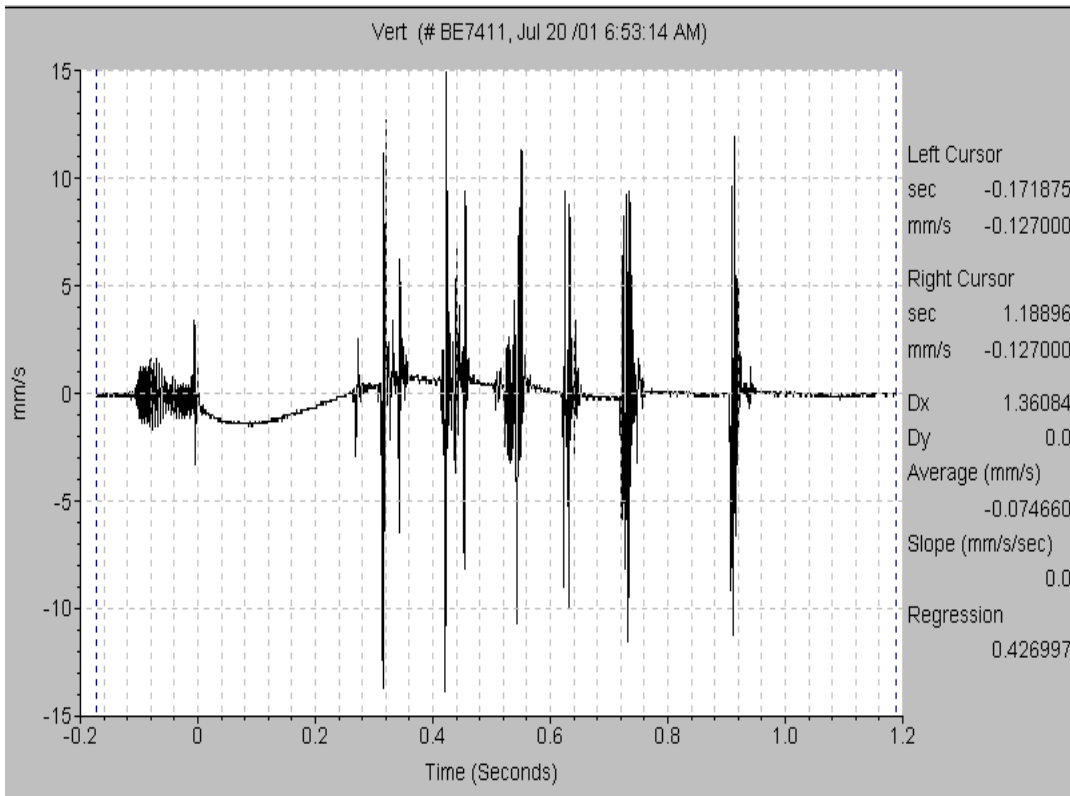


DISPARO 6: Efectuado en V3N - A2, Zona Sur, el 20/07/01 a las 6:53 AM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 25 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 200 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.118 mm.

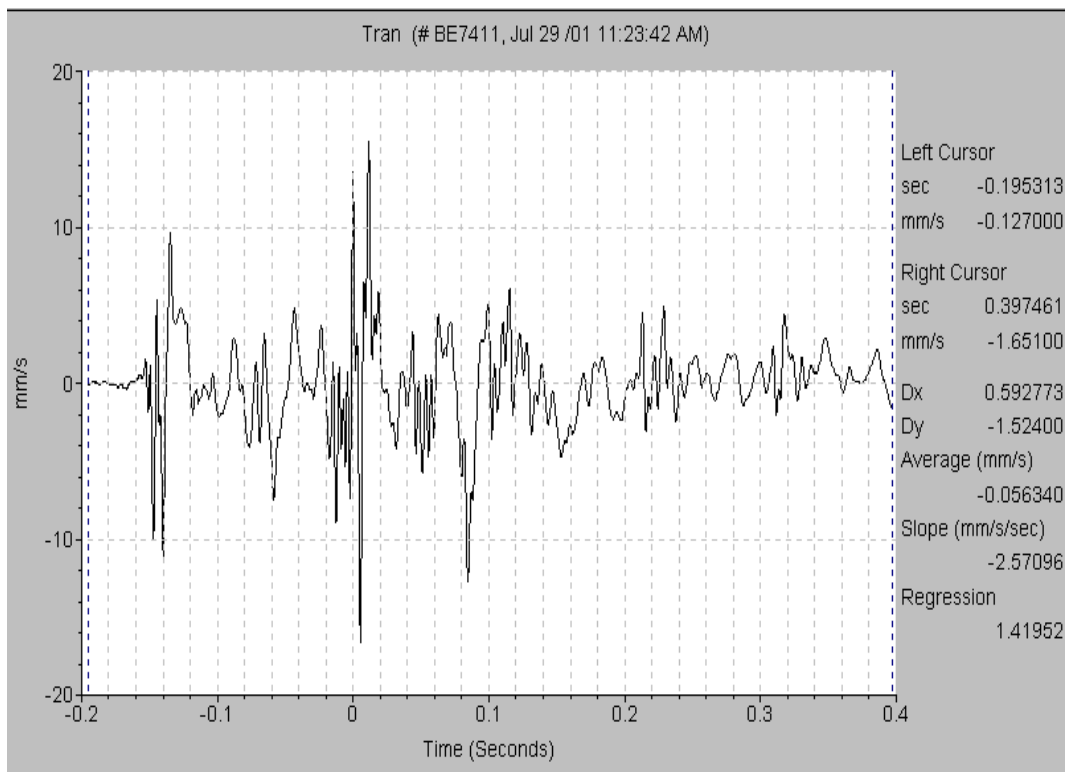


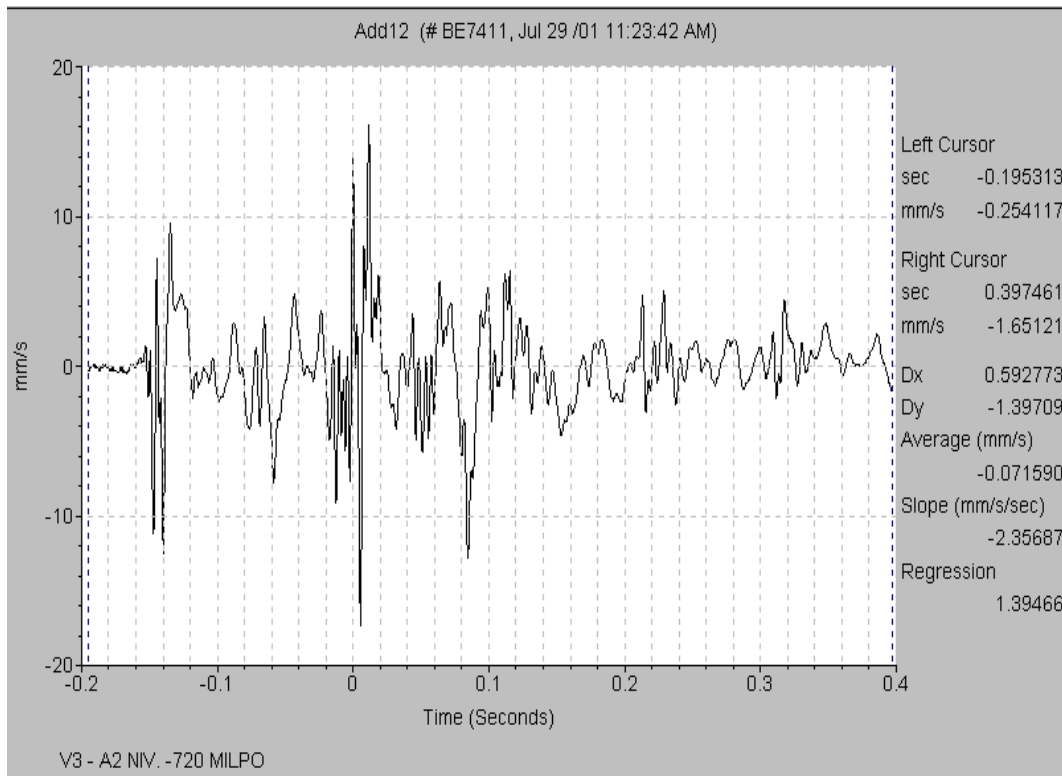
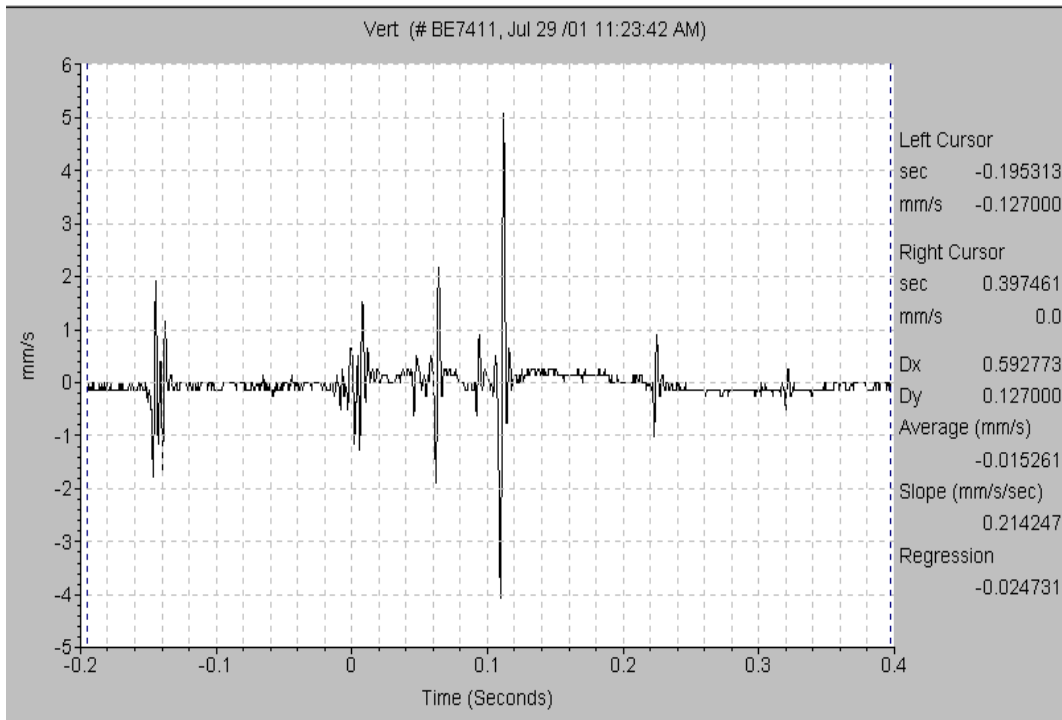


DISPARO 7: Efectuado en V3 - A2, Zona Sur, el 20/07/01 a las 6:43 PM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 27 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 146 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.0456 mm.

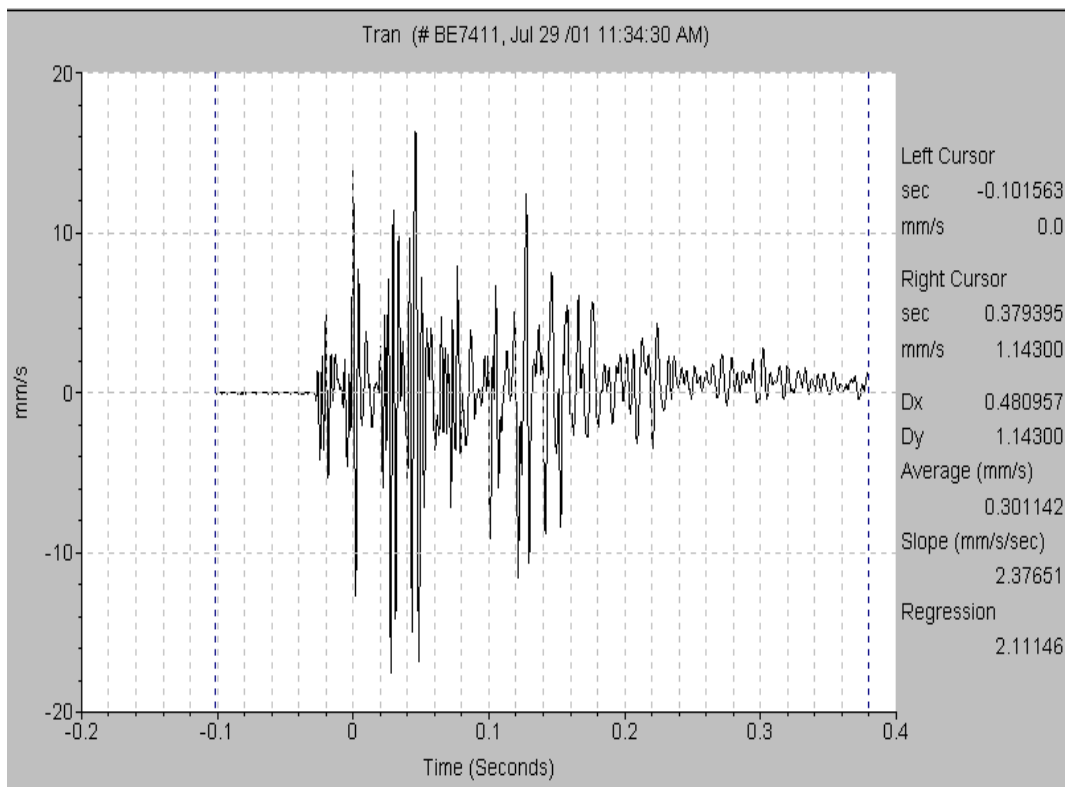


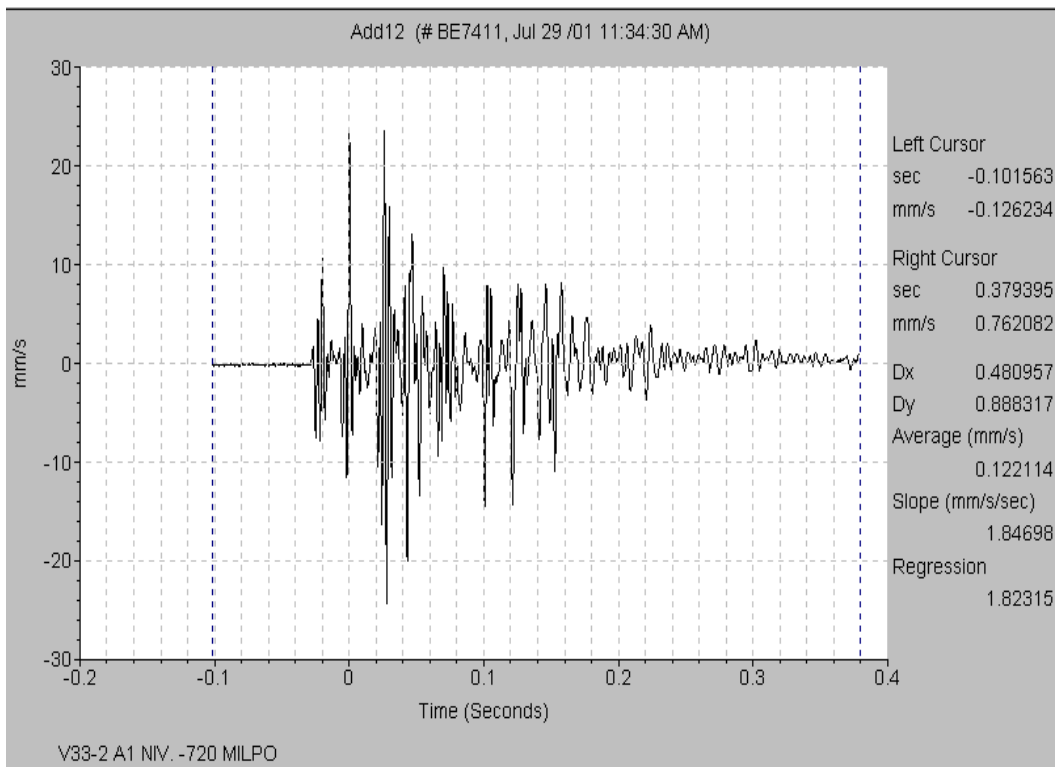
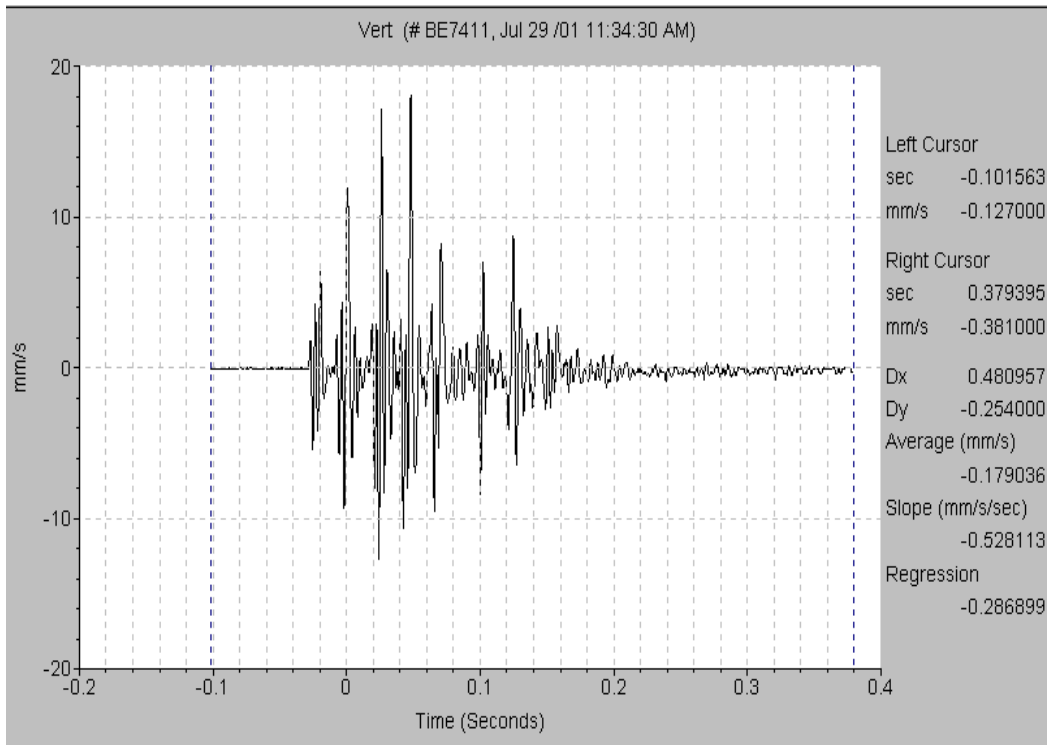


DISPARO 8: Efectuado en V33 - A1, Zona Sur, el 21/07/01 a las 6:32 AM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 27 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 200 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.0275 mm.

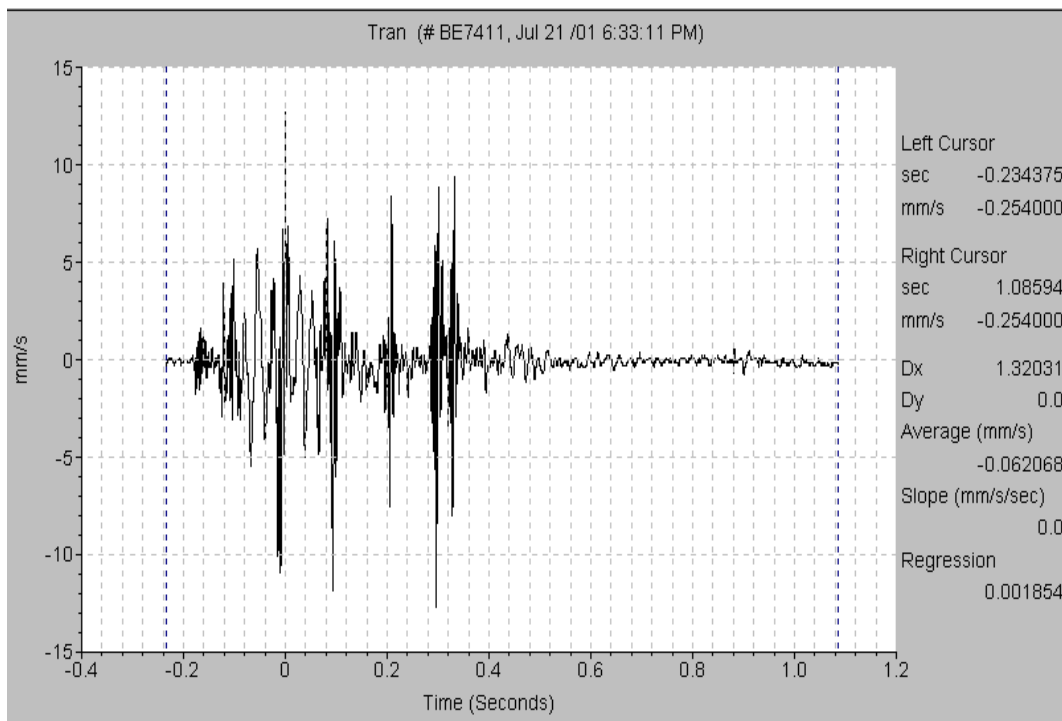


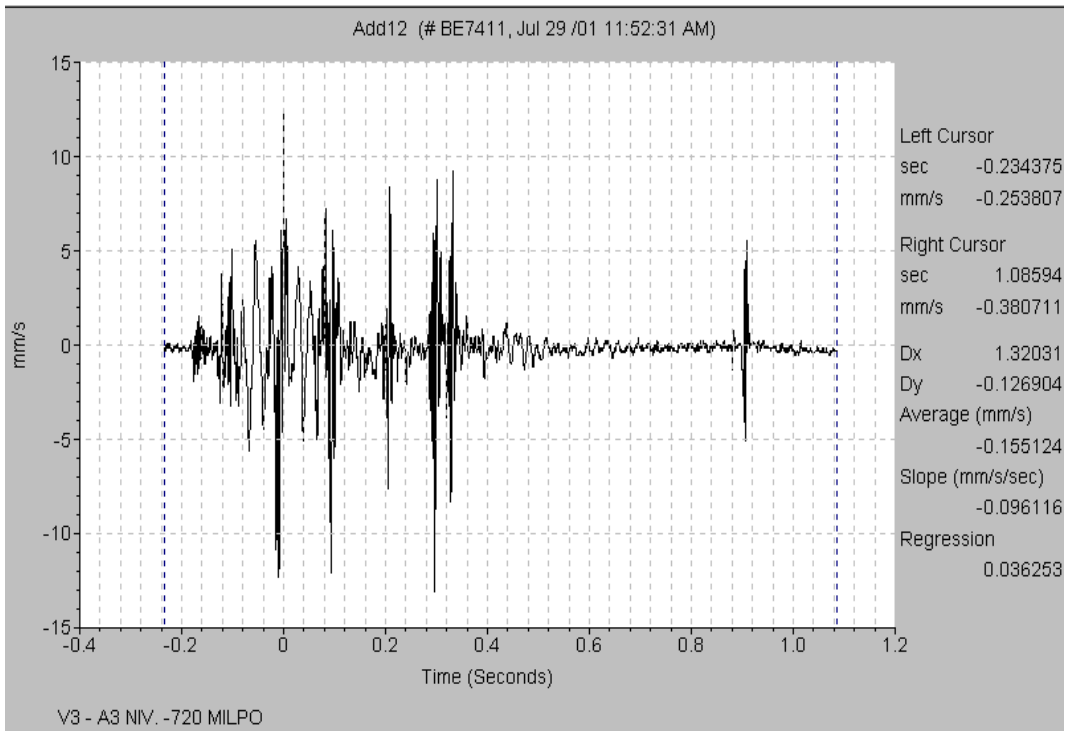
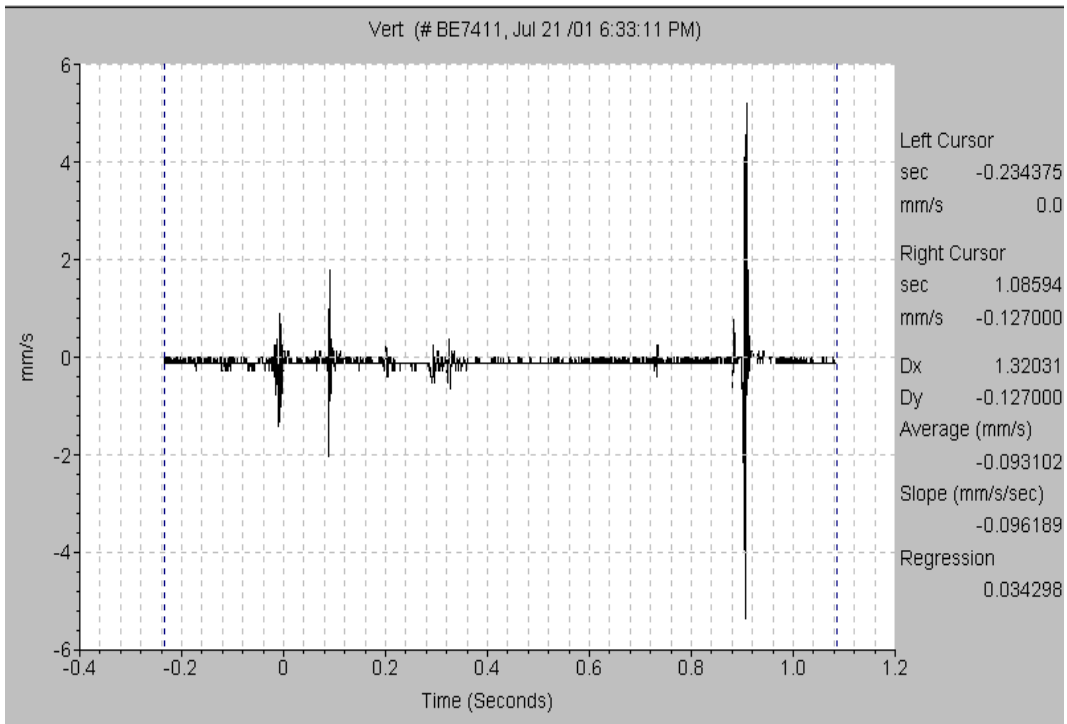


DISPARO 9: Efectuado en V3 - A3, Zona Sur, el 21/07/01 a las 6:33 PM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 30 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 200 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.0224 mm.

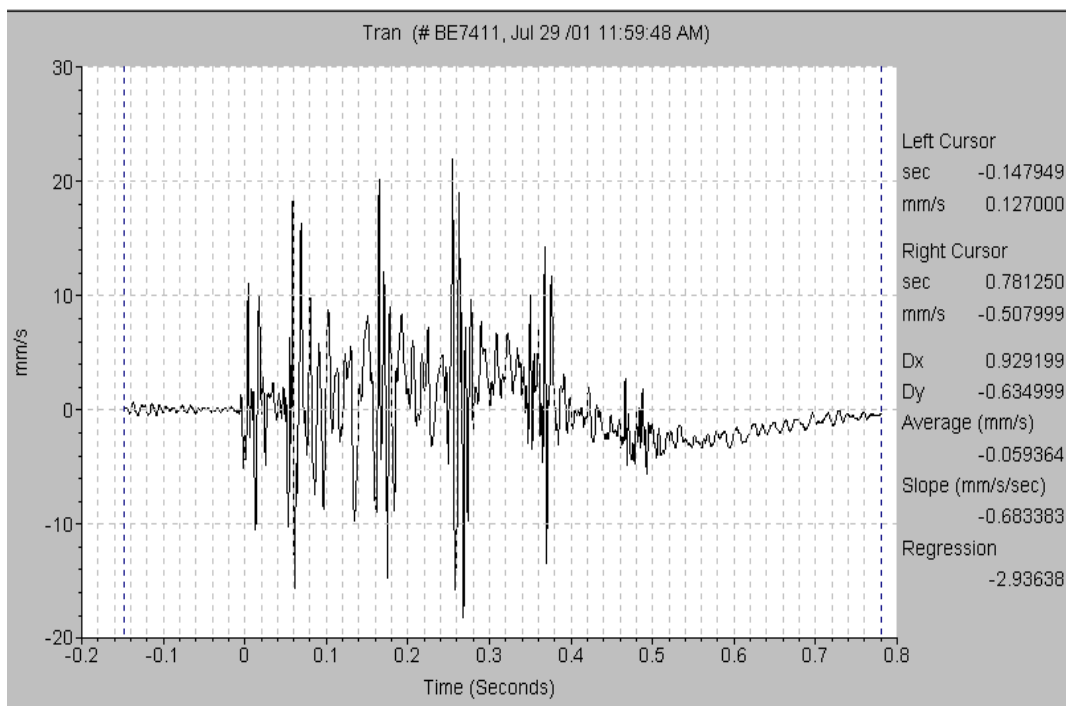


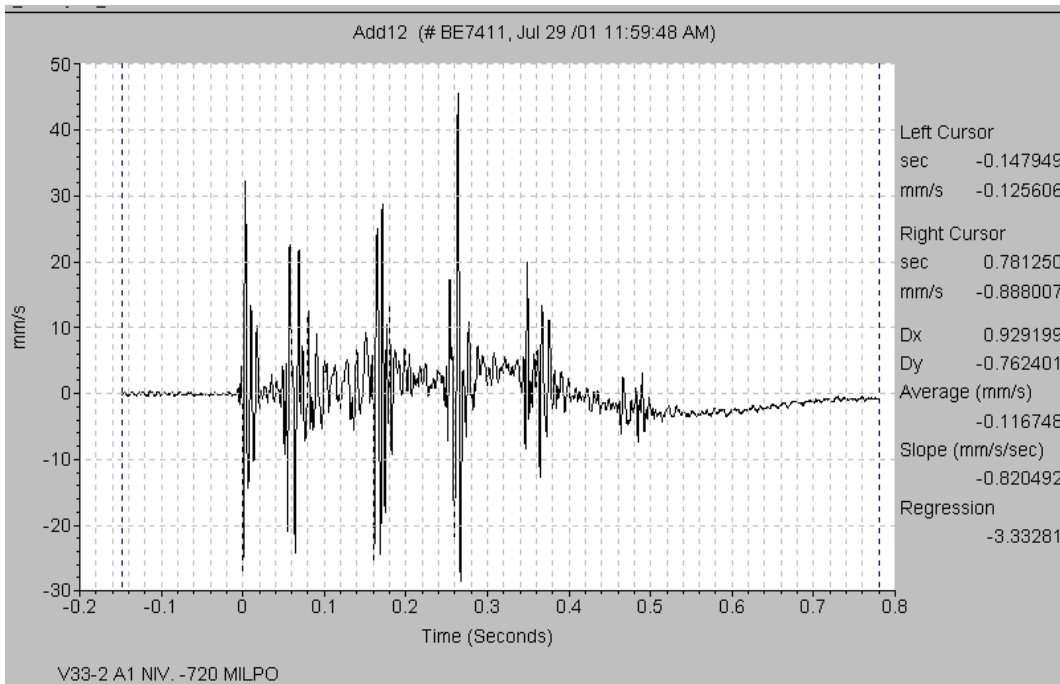
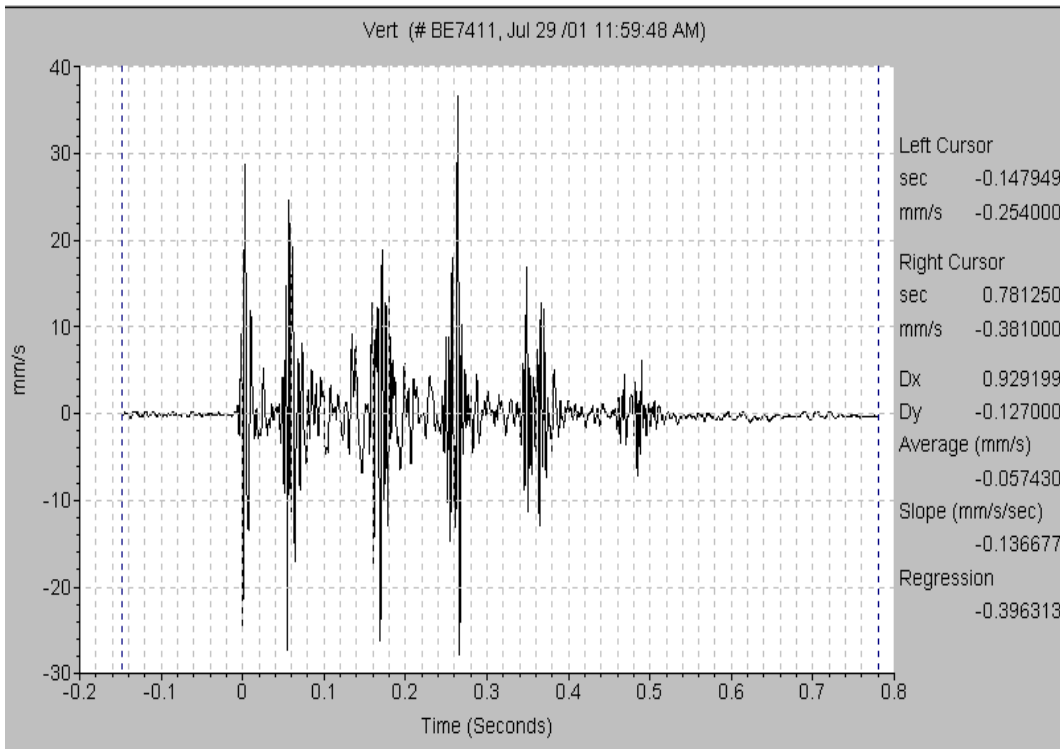


DISPARO 10: Efectuado en V33 - A1, Zona Sur, el 23/07/01 a las 6:42 PM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 27 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 171 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.24 mm.

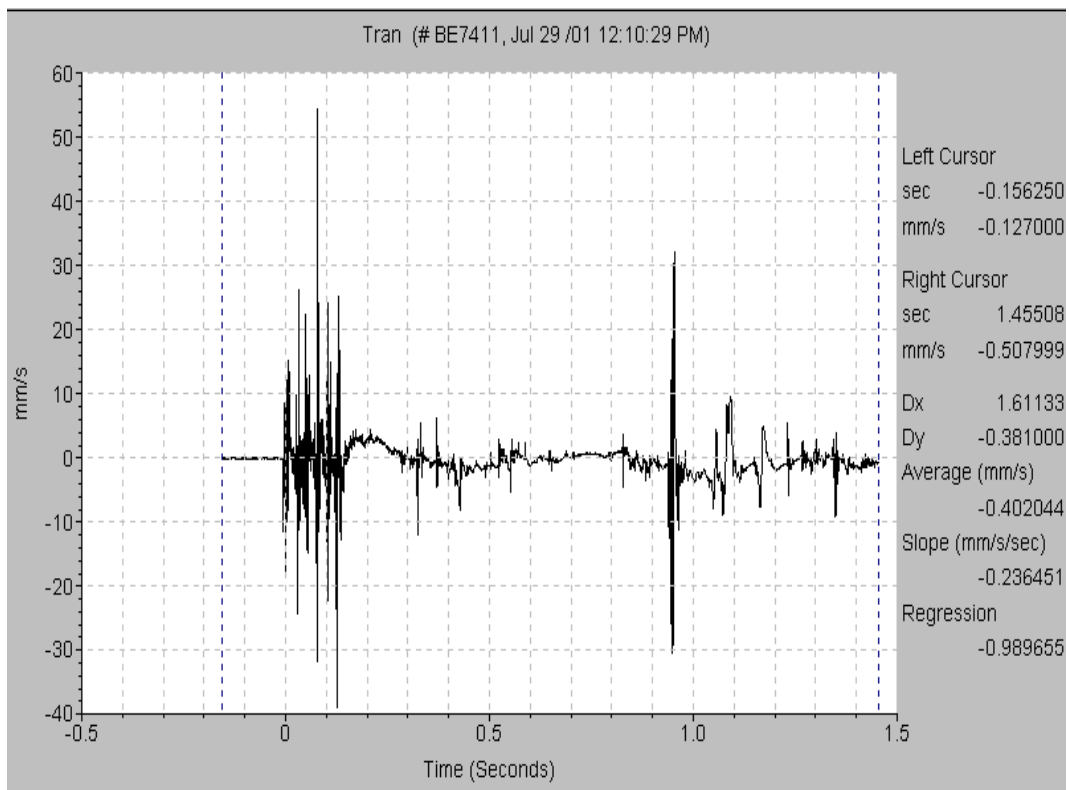


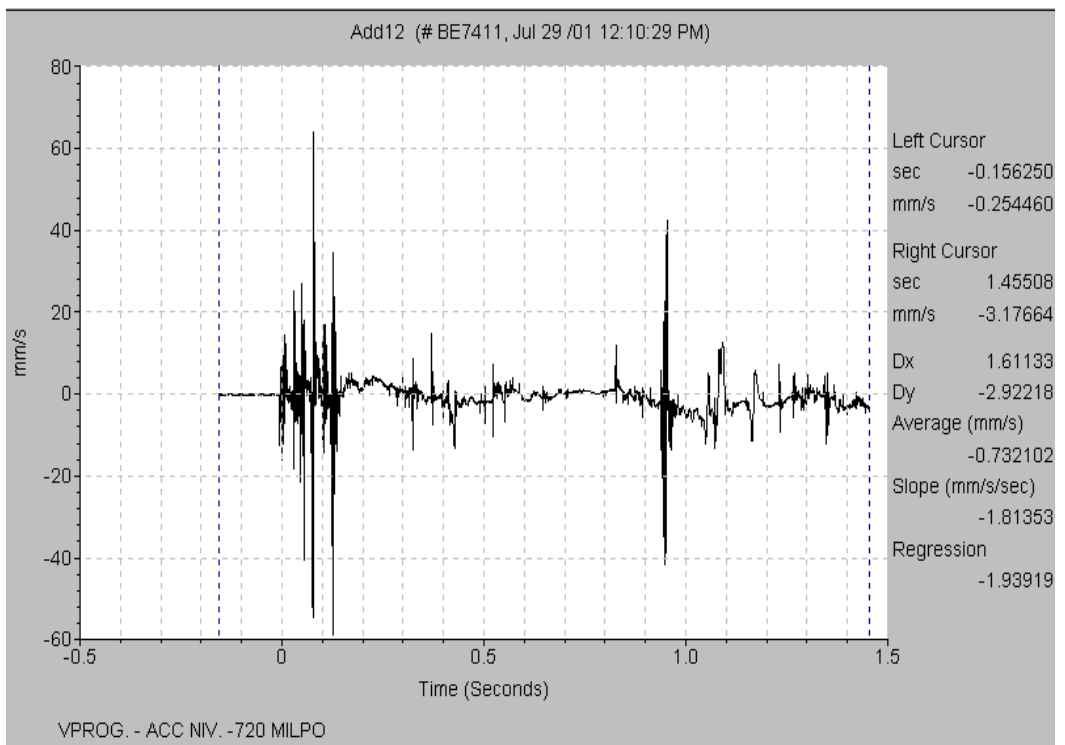
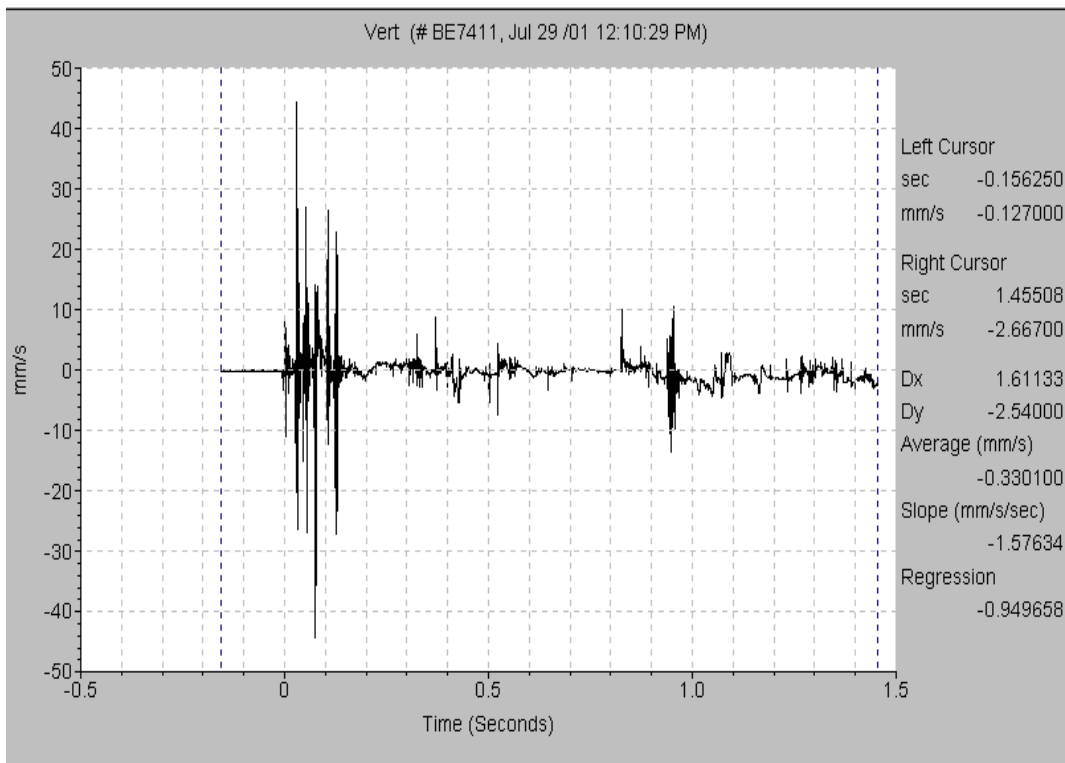


DISPARO 11: Efectuado en VPROG. - ACC, Zona Sur, el 24/07/01 a las 6:43 AM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 22 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 200 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.23 mm.

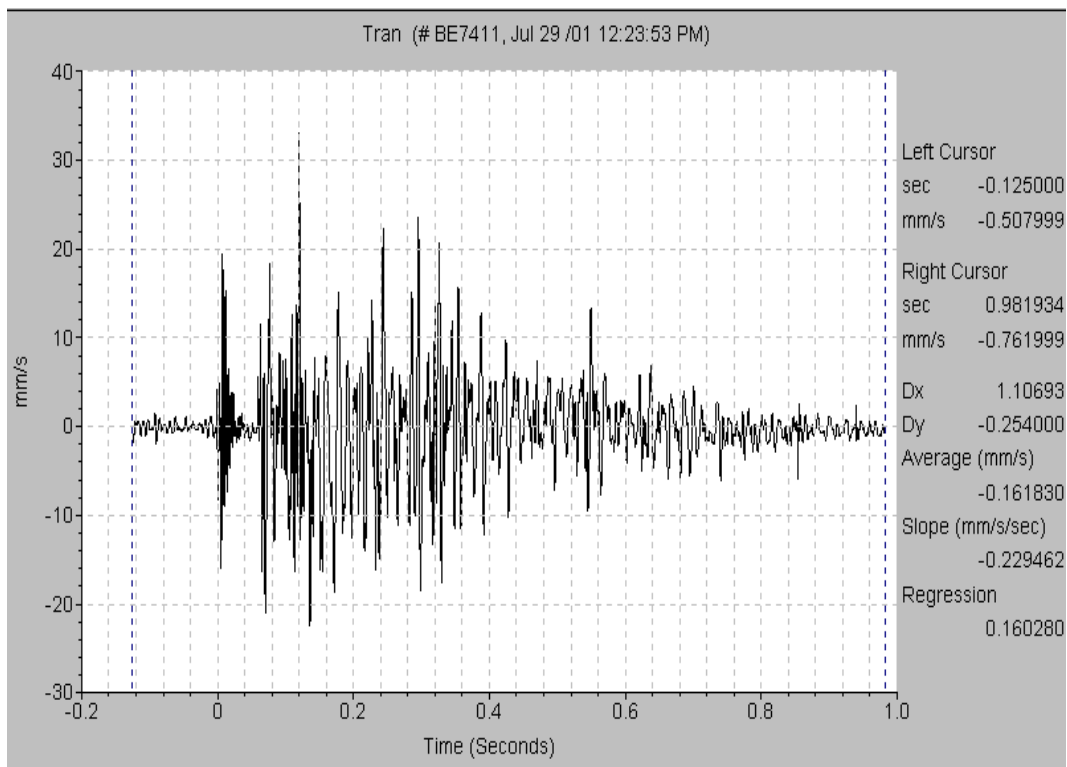


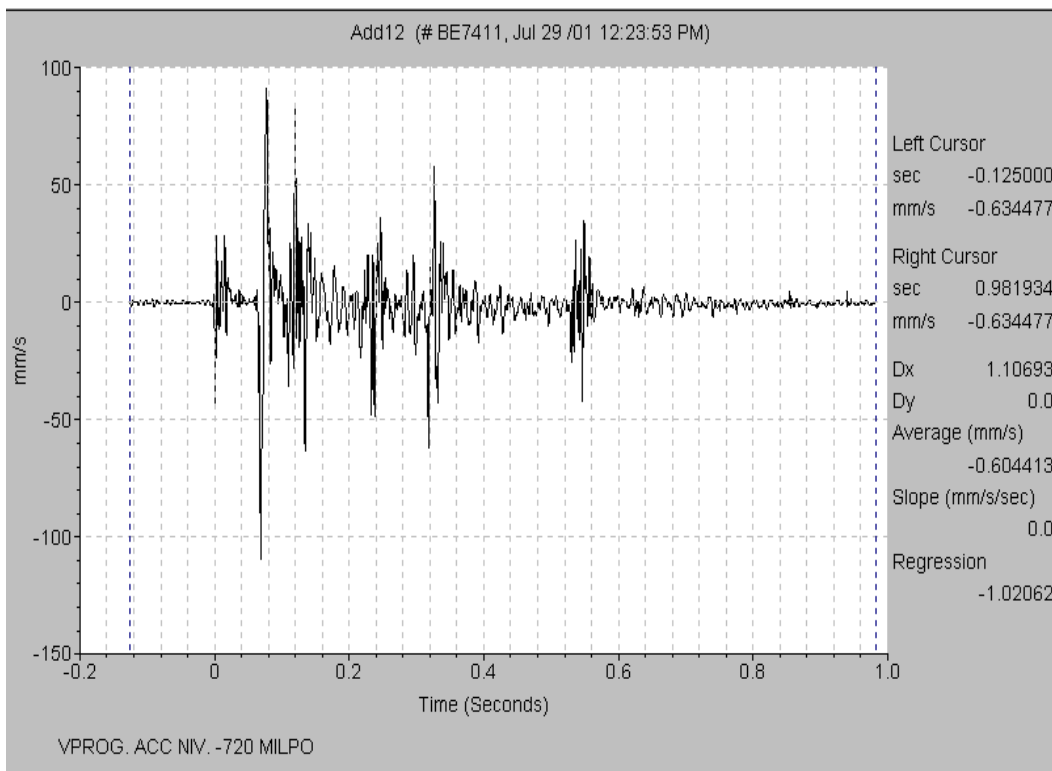
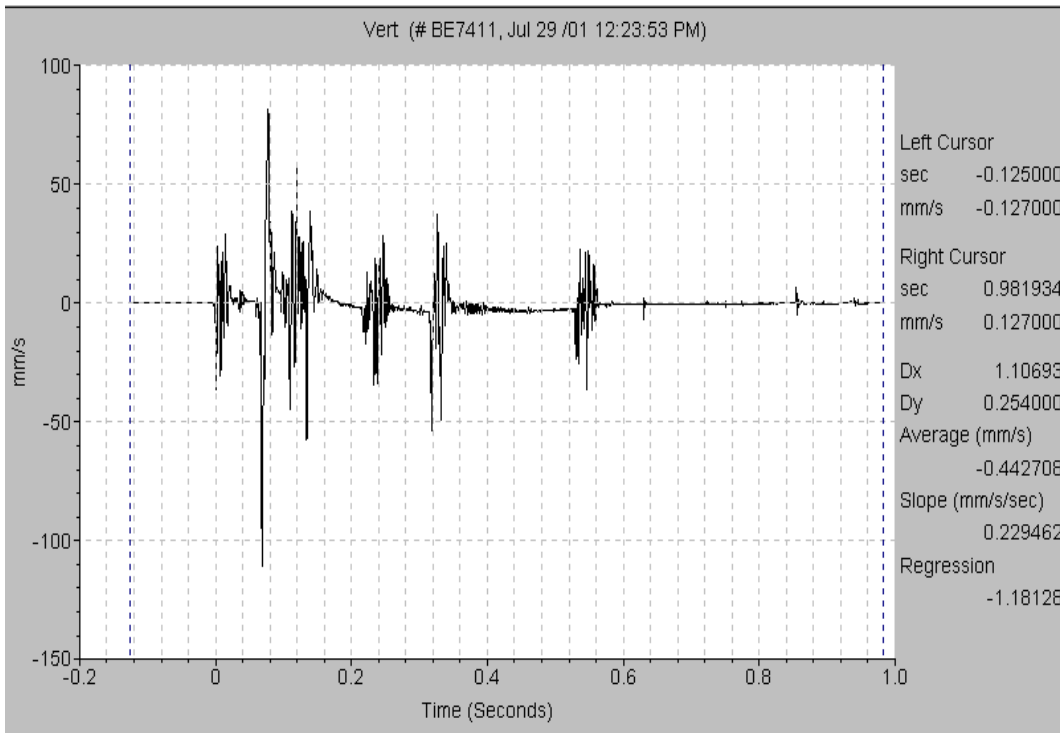


DISPARO 12: Efectuado en VPROG. - ACC, Zona Sur, el 25/07/01 a las 7:10 PM. Los niveles de vibraciones obtenidos a una distancia de 23 m. según eje de medición:

* este tiempo no corresponde al de salida del disparo debido a que es el tiempo de registro del sismógrafo.

La vibración registrada alcanzó niveles de frecuencia mayores a 114 Hz y el desplazamiento inducido real por movimiento es de 0.223 mm.





CAPITULO VI

6.0. EVALUACION TECNICA AL ÚLTIMO SISMOGRAMA Y DISPARO.

- Es importante destacar que el nivel de vibraciones está en el límite de lo aceptable para 22 m de distancia, debido a que se registran dos peak de 90 mm/s y 110 mm/s, durante la voladura, condición que con algunos puntos más en los peak mencionados, podría ser desfavorable para el control de daño o estabilidad de estructuras y labores. Esto se debe a que están actuando 5 cargas en un mismo retardo, con una carga equivalente a 25 Kg., considerando que estas se encuentran repartidas en un disparo Breasting.
- También es importante destacar que el peak originado por los tiros de contorno es bastante elevado, llegando a una magnitud de 42.04 mm/s en el sismograma resultante, esto se debe a que en el disparo una de las mayores cargas actuantes por tiempo es 16 Kg. y pertenece a los 8 tiros del contorno del disparo, los cuales son sacados con el mismo tiempo o retardo. Para subsanar esto es recomendable espaciar más los tiempos, es decir compartir los tiros de contorno en dos o más números de retardo.
- El peak máximo registrado por el sismograma resultante, es de 110 mm/s, y corresponde al sector que involucra la V central del disparo en la cual actúa la mayor cantidad de tiros por retardo. Es importante imaginar que si a 22 m. estamos con este nivel, a distancias más cercanas al contorno del disparo, estos niveles son mayores.
- El vector suma corresponde a un valor de 111 mm/s, asociado a la misma V del sector anterior.
- El desplazamiento inducido de 0.223 mm es completamente aceptable, es decir no genera ninguna clase de daño, (en especial el escurrimiento de una estructura al vencer su cohesión), destacando que a la profundidad donde se trabaja, la roca ha alcanzado una muy apreciable atenuación a las vibraciones.

- Con respecto a los retardos considerados en la malla, en el sismograma resultante se nota que hay un tiempo muerto entre el primer y el segundo retardo, debido a que en estos dos tiempos no se usó números consecutivos, traduciéndose en una mala efectividad de las cargas explosivas.
- Entre el segundo y tercer retardo hay pérdida efectiva de cargas explosivas producto del diferencial de tiempo inadecuado de salida por diseño. Es decir que en las dos V del medio se usan grandes cargas equivalentes, traduciéndose en el estrangulamiento del primero al segundo.
- El daño producido en especial por esta voladura es de considerar, debido a que los tiempos de retardos utilizados al final del disparo o cerca de los contornos, reflejan un espacio muerto entre sus salidas contiguas, esto es producto de un macizo muy fracturado o de bajo rating, lo cual se traduce en un atenuador natural de las vibraciones, por esto se recomienda utilizar tiempos mas bajos en estos últimos tramos.

CAPITULO VII

7.0. CALCULOS Y RESULTADOS:

Es importante destacar que el trabajo de control de daños por vibraciones toma mucho tiempo debido a que todos sus resultados respecto a Modelos Predictivos dependen de la cantidad de datos tomados en campo, ya que un modelo será mas representativo del comportamiento real de un medio, en la medida que la cantidad de datos que hayan sido procesados para derivarlo; sea la mayor posible.

En este estudio, solo se obtuvieron 12 mediciones de las cuales se pude ingerir una cantidad de datos suficientes para efectuar un modelo, el cual sin duda se debe ajustarse y reajustarse para tener un modelo confiable al 100%.

El modelo Predictivo se presenta bajo la siguiente formula, considerando unas distancias cuadradas:

7.1. Modelo de DIVINE

$$PPV = K \times (D/W^{1/2})^\alpha$$

Donde:

PPV = Velocidad de Propagación de la partícula.

K = Constante de Propagación del Medio.

α = Constante de Atenuación del Medio.

D = Distancia del Foco al Transductor.

W = Kg. Equivalentes de Anfo por retardo.

El modelo que se obtuvo, y que se debe ajustar es:

$$PPV = 335 \times (D/W^{1/2})^{-0.99}$$

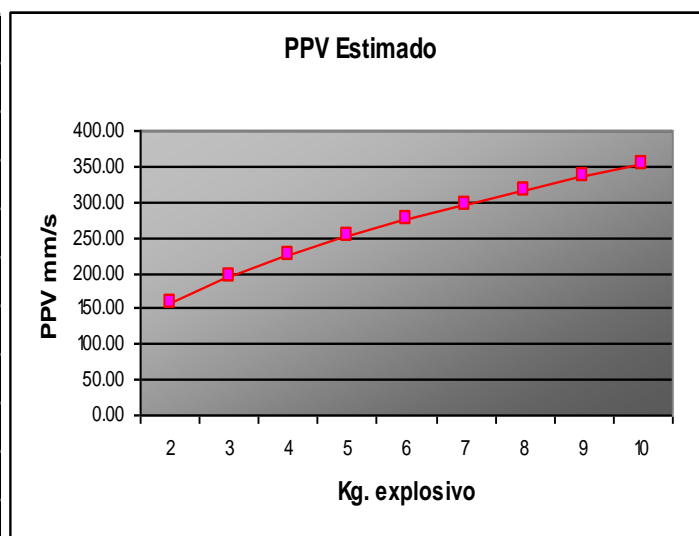
Si utilizamos este Modelo Predictivo preliminar, podemos inferir las siguientes simulaciones:

PRIMERO:

tomamos una distancia considerada como limite de influencia de la excavación (3 m), y al variar la cantidad de carga explosiva notaremos los PPV que se generan. Así también; podemos proponer una distancia que consideraremos como limite de desate, así podremos inferir que PPV se van generando, y si sus valores concuerdan con un posible daño a esa distancia.

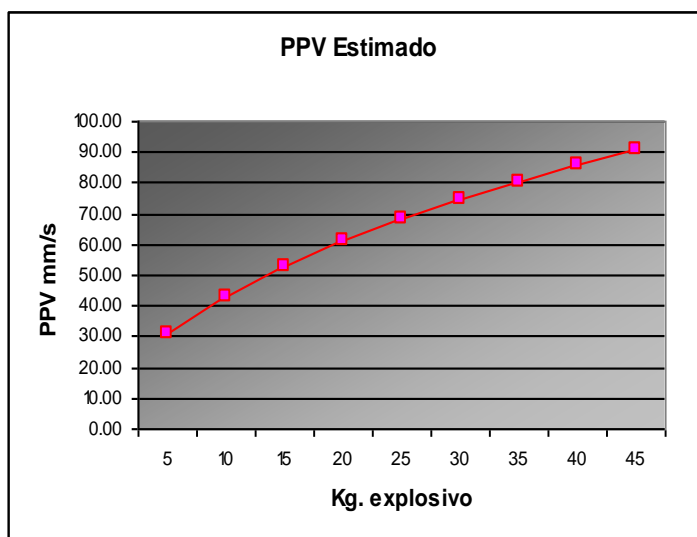
Para una distancia de 3 m.

kg. Explosivo Eq. Anfo	PPV Estimado
2	159.11
3	194.48
4	224.24
5	250.43
6	274.08
7	295.81
8	316.03
9	335.00
10	352.94



Para una distancia de 25 m.

kg. Explosivo Eq. Anfo	PPV Estimado
5	30.70
10	43.26
15	52.87
20	60.97
25	68.09
30	74.52
35	80.43
40	85.92
45	91.08



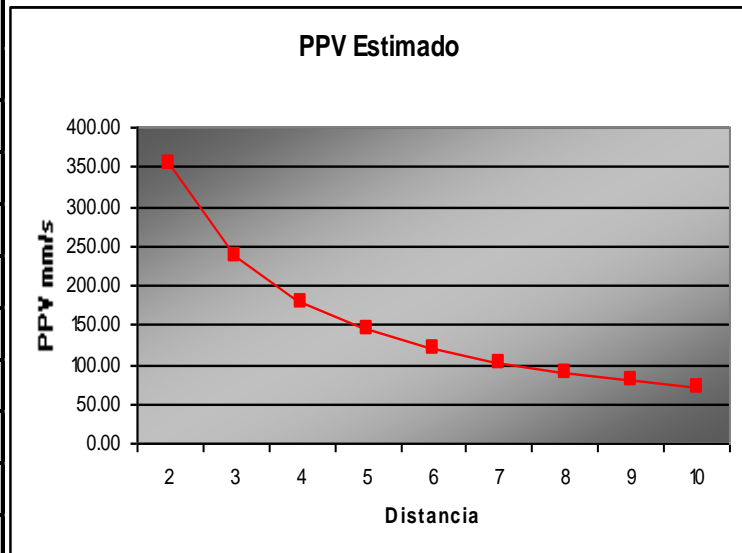
Podemos observar que la tendencia de las gráficas son curvas ascendentes casi lineales, con pendientes no muy pronunciadas lo cual quiere decir que los niveles de vibración son medianamente sensibles a la cantidad de carga explosiva.

SEGUNDO:

Tomamos una carga fija y buscamos los diferentes niveles de PPV que va a registrar al variar la distancia, es decir la velocidad de partícula a medida que nos alejamos del foco sísmico.

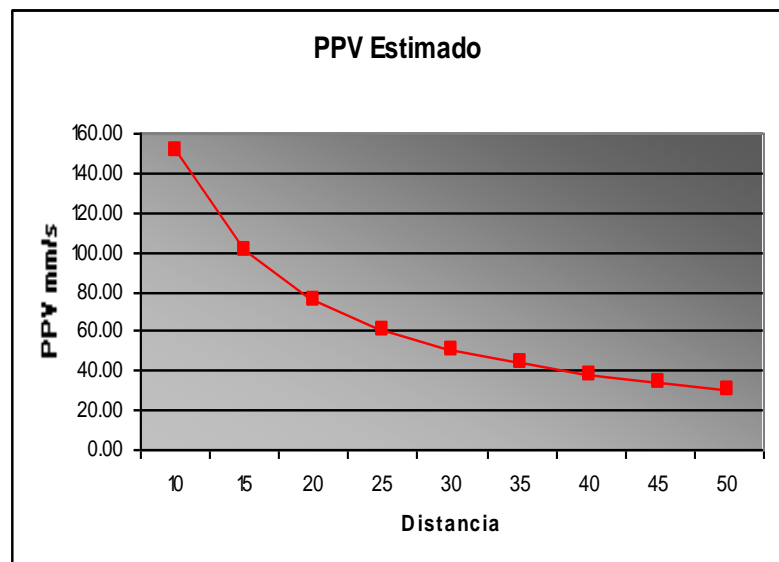
Para una carga de 4.5 Kg. Explos. Eq. Anfo

Distancia m.	PPV Estimado
2	355.11
3	237.70
4	178.79
5	143.35
6	119.68
7	102.74
8	90.02
9	80.11
10	72.17



Para una carga de 20 Kg. Explos. Eq. Anfo

Distancia m.	PPV Estimado
10	151.03
15	101.09
20	76.04
25	60.97
30	50.90
35	43.69
40	38.28
45	34.07
50	30.70



La relación que podemos observar en las tablas y gráficos, es el comportamiento no Lineal de la atenuación del nivel de onda o vibración.

CAPITULO VIII

8.0.- CONCLUSIONES

- Al efectuar el análisis a cerca de los datos obtenidos, podemos observar lo siguiente; que para 2 Kg. de explosivos, a una distancia de 3m. Se estaría generando daño superficial ya que el PPV registrado es superior a los 100 mm/s que puede soportar la roca de menor calidad, pero el PPV máximo es para establecer con que nivel de vibración se están generando nuevas grietas superficiales, partiendo con grietas pequeñas, que pueden prolongar las ya existentes, por lo tanto el nivel de daño no es considerable.
- Se define grieta superficial la que puede generar la caída de pequeños trozos de roca con un diámetro promedio de 5 cm.
- Un aspecto importante que hay que resaltar es que dentro de los materiales que suelen rellenar estructuras, y en especial en las labores, es la Calcita, material que no posee gran resistencia. Por ende es de considerar que estas estructuras rellenas, no soportan los mismos niveles de vibración de la roca, así que se debe establecer un parámetro para dicha resistencia.
- Considerando la misma inducción pero en el otro caso, se fue variando la carga explosiva hasta 45 Kg., (carga que legítimamente es una exageración, ya que para un retardo, con la mayor cantidad de tiros considerados en el diseño se llega a 25 Kg. el PPV registrado es menor de 100 mm/s, lo que no generaría daños a esa distancia.
- Por otro lado para una carga 4.5 Kg. De explosivos detonados en un tiempo; a los 8m estaríamos dejando de generar daño, claro que esta condición debe ajustarse haciendo un trabajo mas completo del modelo que presentamos.
- La otra parte de esta inducción nos muestra que con 20 Kg. de explosivo detonados en un mismo tiempo; a los 20 m ya estaríamos dejando de inducir nuevas grietas superficiales.
- Un factor que es necesario mencionar es que los modelos Predictivos poseen un margen o factor de seguridad que hacen prever niveles un poco superiores a los que se puedan encontrar en la cercanía del disparo.

- Uno de los aspectos importantes que es favorable para las condiciones de la mina es la roca que posee; es muy atenuadora de ondas, y esto se traduce que a distancias pequeñas atenúa rápidamente el nivel de la onda.
- De los resultados obtenidos por nuestro modelo preliminar (que se debe ajustar), podemos inferir que a 25m de radio de los focos de disparo, a la roca no se le indujo nuevas grietas superficiales. Pero al estimar esta distancia se le considera como radio esférico lo cual va a implicar para la mina tener especial cuidado cuando se está trabajando en dos Sub - niveles contiguos (Ej. -720 y -700 zona Sur).

Caso -720 ; -700 En el nivel -720 se encuentran las labores de producción que por su distancia (mayor a 25m); del Sub - nivel propiamente dicho, no representan daños para él (solo cuando se inicia un nuevo corte y se dispara en acceso), pero la excavación en el nivel -700 (que obviamente se encuentran a menos de 25 m); si puede ser afectada superficialmente. Por esto preventivamente debe desatarse las labores cercanas a los disparos de estos sub-niveles. Este proceso de afectación secundaria al que genera el cierre de las labores por la presencia de esfuerzos a más de 700 m bajo tierra. Es decir, la voladura acelera en estos casos un proceso natural no dependiente de ella.

CAPITULO IX

9.0.- RECOMENDACIONES

- Finalmente no se debe cometer el error de adjudicar la inestabilidad de grandes áreas de la mina, como son los tajeos en explotación, a las vibraciones causadas por los disparos. El efecto de estos es puntual sobre la roca que hacen estallar y se aminora a medida que nos alejamos del frente de disparo, tal como se ha mostrado.
- Los problemas de generación de grandes bancos, de techos rajados y de pilares en procesos de colapso son un tema que atañe netamente a la mecánica de rocas y su solución debe darse siguiendo los procedimientos y técnicas que utiliza esa ciencia, cualquier otra interpretación podría dar soluciones equivocadas pudiendo afectar gravemente la estabilidad y seguridad de la mina en su desarrollo futuro
- También debido a la forma de las vetas en Milpo, las labores de producción generalmente comunican. Anticipando este factor, es importante recomendar que se tenga especial cuidado cuando las labores estén a menos de 25m de cualquier comunicación, ya que el daño superficial que no se indujo en una zona por su voladura podría provocarse por la voladura de la otra.
- Para no elevar los niveles de vibraciones por voladura es imprescindible distribuir bien las cargas en el tiempo de salida y no crear condiciones desfavorables, como lo es por ejemplo detonar dos frentes instantáneamente, lo que se traduciría en una sumatoria de tiros por retardo.

CAPITULO X

10.0.-REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

Nº Ref.	Autor	Título
R1	D.F. Coates	Mecânica de Rocas
R2	D.U. Deere	Mecânica de Rocas
R3	Dr. Carlos Agreda	Teoría de Voladura de Rocas
R4	Carlos López Jimeno	Manual de Perforación y Voladura Instituto Geológico y Minero de España
R5	U. Langefors & B. Kihlstrom	Rock Blasting
R6	Per-Anders Persson- Holmberg	Rock Blasting And Explosives Engineering

CAPITULO XI

11.0.- APENDICE

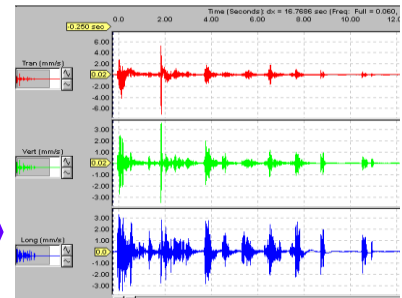
■ Análisis sísmico de la dinámica de las tronaduras



Voladura



*Transductor
(Geófono y
Sismógrafo)*



Sismogramas

MALLA DE PERFORACION EN BREASTING

QUIPO: JUMBO ELECTROHIDRAULICO

SECCION DE LA LABOR : 6m x 4m

DIAMETRO DE PERFORACION : 45m

LONGITUD DE TALADRO : 4.5m

EXPLOSIVO/TAL. : 4.0Kg. (Anfo)

EXPLOSIVO POR FRENTE : 113 Kg. (Anfo)

FACTOR DE POTENCIA (Kg/TM) : 0.35

NUMERO DE TALADROS : 28

TONELADA DE MINERAL ROTO (TM) : 322.56

Especifico de Mineral (TM/m³) : 2.8

