

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



**EVALUACION DE VOLADURA DE ROCAS
UTILIZANDO TECNICAS MODERNAS DE
INSTRUMENTACION MINA CUAJONE**

TESIS:

PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

LUIS ALEJANDRO ESTEBAN INGAROCA

LIMA - PERU

DEDICATORIA

El apoyo desinteresado
de siempre de mis
padres: Don Alejandro y
Doña Sonia, mis
hermanos: Silvia,
Alfredo, Cirilo, Edith,
Rosario, Rocío y Juan,
mi esposa Liz y mis hijos:
Jordi y Alejandro.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a SPCC Area Cuajone, en especial a la Gerencia Mina por haber permitido elaborar el presente trabajo titulado " EVALUACION DE VOLADURA DE ROCAS UTILIZANDO TECNICAS MODERNAS DE INSTRUMENTACION MINA CUAJONE", con el cual recibiré el título de Ingeniero de Minas.

EVALUACION DE VOLADURAS DE ROCAS UTILIZANDO TECNICAS MODERNAS DE INSTRUMENTACION MINA CUAJONE

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

- 1.1. OBJETIVOS DE TRABAJO
- 1.2. UBICACION
- 1.3. OPERACIONES
- 1.4. POLÍTICA DE SALUD, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- 2.1. USO DE TRES METODOS DE INSTRUMENTACION MODERNA PARA LA EVALUACION DE LA VOLADURA DE ROCAS.
 - 2.1.1. FRAGMENTACION CON WIPFRAG
 - 2.1.2. VELOCIDAD DE DETONACION CON BLASTRONICS
 - 2.1.3. VIBRACIONES CON MINI MATE INSTANTELL

CAPITULO III

GEOLOGÍA

- 3.1. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL
- 3.2. GEOLOGÍA DE LA MINA
 - 3.2.1. LITOLOGÍA
 - 3.2.2. ESTRUCTURA
 - 3.2.3. ALTERACIÓN HIDROTHERMAL
 - 3.2.4. MINERALIZACION
- 3.3. CORRELACIÓN ENTRE TIPOS DE MINERALIZACION Y RECUPERACIÓN EN LA PLANTA CONCENTRADORA
 - 3.3.1. ANTECEDENTES
 - 3.3.2. MINERAL ALTO CONTENIDO DE ARCILLAS
 - 3.3.3. COBRE NO RECUPERABLE

CAPITULO IV

MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DE DETONACIÓN

- 4.1. INTRODUCCIÓN
- 4.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN MEDICIONES DE VOD
- 4.3. TÉCNICAS DE MEDICIONES
 - 4.3.1. TÉCNICAS CONTINUAS
 - 4.3.2. TÉCNICAS DISCONTINUAS
- 4.4. MEDICIÓN DE VOD CON EQUIPO BMX BLASTRONIC´S
- 4.5. REPORTE DE LAS MEDICIONES
 - 4.5.1. DATOS DE VOD EN LA COLUMNA EXPLOSIVA
 - 4.5.2. VELOCIDAD RÉGIMEN
- 4.6. ANALISIS Y COMENTARIOS DE RESULTADOS OBTENIDOS

CAPITULO V

EVALUACIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN

- 5.1. INTRODUCCION
- 5.2. PREDICCIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN
 - 5.2.1. FORMULA LARSSON
 - 5.2.2. FORMULA DE SVEDEFO
 - 5.2.3. MODELO KUZ – RAM
 - 5.2.4. FORMULA DE DINIS DA GAMA
- 5.3. MEDICION DE FRAGMENTACIÓN METODO WIPFRAG
- 5.4. CALIBRANDO WIPFRAG CON KUZ-RAM
- 5.5. APLICANDO EL SOFTWARE WIPFRAG
- 5.6. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES
 - 5.6.1. EVALUACIÓN POR DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO
 - 5.6.2. HISTOGRAMAS LOGARÍTMICOS
 - 5.6.3. CÁLCULOS ESTADÍSTICOS PARA LA EVALUACIÓN

CAPITULO VI

MONITOREO DE VIBRACIONES

- 6.1. INTRODUCCIÓN
- 6.2. INSTRUMENTACIÓN PARA MONITOREO DE VIBRACIONES
- 6.3. TÉCNICAS DE MEDICIÓN
- 6.4. CONSIDERACIONES PARA INSTALAR LOS GEOFONOS
- 6.5. MONITOREO CON EQUIPO INSTANTELL MINI MATE

**6.6. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE REPORTES DE VIBRACIONES
OBTENIDOS**

CAPITULO VII

MODELAMIENTO Y DAÑO POR VIBRACIONES

- 7.1. INTRODUCCIÓN**
- 7.2. CONSIDERACIONES PARA INSTALAR LOS GEOFONOS**
- 7.3. MODELOS EMPÍRICOS**
- 7.4. DAÑO INDUCIDO POR VOLADURAS AL MACIZO ROCOSO**
- 7.5. COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE PARTÍCULA**
- 7.6. MODELAMIENTO PARA CADA TIPO DE ROCA**

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

CAPITULO IX

RECOMENDACIONES

CAPITULO X

BIBLIOGRAFIA

CAPITULO XI

APENDICES

INTRODUCCION

La Teoría de la voladura envuelve diferentes disciplinas científicas como Química, Física, Termodinámica, Interacción de ondas de choque y Mecánica de rocas. Dicho de otro modo, la fragmentación de rocas involucra la acción, la calidad de un explosivo y la respuesta de la masa de roca circundante en los aspectos de energía, tiempo y masa.

Ninguna teoría sencilla que explique el movimiento de fracturamiento de roca aplicable a cualquier condición del par explosivo-roca, ha sido completamente aceptada. Las teorías de fragmentación han sido formuladas en pura especulación, años de experiencia sobre la base de prueba y error, pruebas de laboratorio, investigaciones de terreno, y modelos matemáticos y físicos adaptados de otras áreas de la ciencia.

No obstante, la voladura de Rocas se ha considerado hasta épocas recientes como un arte nacido de la pericia y experiencia, pero en la actualidad este procedimiento se ha transformado en una técnica basada en principios científicos surgidos del conocimiento de las acciones ejercidas por los explosivos, los mecanismos de rotura de la roca y propiedades geomecánicas de los macizos rocosos, los modelos de predicción de fragmentación y las técnicas de evaluación de esta.

En una explotación a cielo abierto, la perforación corresponde a la primera operación minera unitaria que se debe desarrollar. La perforación precede a la voladura siendo las dos operaciones destinadas a fracturar la roca consolidada. Es de importancia los resultados óptimos de éstas para que tengan una influencia positiva en las operaciones mineras unitarias: *carguío, transporte y chancado de material.*

El carguío y transporte de material (mineral/desmonte) es otra operación de importancia, debido a que ésta, a través de sus equipos,

deberá cargar y transportar el material al chancado, o botaderos para la preparación de las siguientes fases de explotación.

Por esta razón, después que se realiza la voladura de un diseño teórico es necesario realizar una evaluación de ésta con ayuda de instrumentación y tecnología moderna ya que su interpretación permitirá introducir modificaciones sucesivas en las variables de diseño de las siguientes voladuras, constituyendo una etapa básica dentro del proceso de optimización. Reflejándose lo anterior en obtener buena fragmentación del material volado, niveles de pisos adecuados y sin provocar daños en las rocas circundantes, etc. para llegar a lograr un buen rendimiento de la operación carguío y transporte.

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. OBJETIVOS DE TRABAJO

- Obtener velocidad de detonación real dentro del taladro en forma continua, y calcular la presión de detonación, ya que en zonas con presencia de agua no se obtuvieron los resultados esperados por el mal confinamiento del explosivo y aparente formado de tacos, que los detritus usado como tal demora en desplazar el agua del taladro y se mezcla con el explosivo. Se analizará alternativas para el carguio y tapado de taladros.
- Medicion y evaluación de la Fragmentación como indicador que permite evaluar disparos primarios, si el modo de carguio y confinamiento mejora entonces puede llevarse a cabo modificaciones en el burden, espaciamiento, factor de carga, etc.
- Formar una base de datos con Monitoreo de Vibraciones, de cada tipo de roca existente en la mina, calculando el Factor de velocidad (FK), el Factor de decaimiento (α) y Velocidad Pico Partícula (PPV).
- Modelamiento por tipo de roca, para posteriormente aplicar técnicas de voladura o modificar los parámetros de perforación y voladura que permitan cuidar los taludes finales de la mina.
- Predecir daños que puedan causar los disparos primarios.
- Conocer y aplicar tecnología nueva en minería que permita evaluar y mejorar los disparos primarios, a comparación de años donde se aplicaban técnicas que de alguna u otra manera causaban errores.

1.2. UBICACION

La mina Cuajone está ubicada a 3500 msnm., a 30 Km al NE de Moquegua y a 25 Km al NO del otro tajo explotado por Southern Perú, Toquepala, en la antigua Quebrada Chuntacala, la cual expuso a superficie el depósito, adyacente al empinado valle Torata de orientación NE-SO. Aproximadamente a 35 Km al NE de la mina, se encuentran los pozos de agua de Titijones, lago Suches y Huaitire, usados por Southern.

1.3. OPERACIONES

Las reservas dadas para Cuajone son 1500 millones de toneladas cortas a una ley de 0.98 % Cu. y 0.03 %MoS₂. Con un Stripping Ratio (desmonte:mineral) de 2.5:1. El minado es a tajo abierto con bancos de 15 metros de altura entre los niveles 3850 y 3115 m.s.n.m. La molienda diaria en la concentradora es de alrededor de 100000 tc. de material. La ley mínima explotable (cut off) es de 0.40%

Con la ley de cabeza actual de 0.82 de Cu. La producción de metal es de alrededor de 18000 tc. Al mes.

Características de la Mina

Longitud de la Mina	2.09 km. (E-W)
Ancho de la Mina	1.99 km. (N-S)
Elevación	3130 - 3850

Diseño

Angulo Final	37° - 49°
Rampa para Volquetes	8 % - 10%
Rampa para Trenes	1%
Altura de Banco	15 m. - 20 m.

Equipo

Perforación	3 Perforadoras Rotativas Eléctricas P&H 120A 2 Perforadoras N° 11 y 12 , Diámetro 12 ¼” 1 Perforadora , N° 10 Diámetro 13 ¾”
-------------	--

	1 Perforadora , N° 10 Diámetro 13 ¾"
Carguío	5 Palas P&H N° 1 de 42 yd ³ N° 2 y 3 de 56 yd ³ N° 14 y 15 de 15 yd ³ .
Acarreo	1 Cargador L-1800 Lea Tourneau de 33 yd ³ 19 Volquetes Hualpack de 240 t. 05 Volquetes CAT de 120 t.
Trenes	07 Comboys a control remoto con 17 carros cada uno y de 85 toneladas por carro.
Auxiliar	04 Tractores CAT D10N 01 Tractor CAT D9N 01 Tractor sobre Ruedas CAT 844 04 Tractores sobre Ruedas CAT 824C 04 Motoniveladoras CAT 16H 01 Cargador Frontal CAT 988F 03 Cargador Frontal CAT 966 04 Tanques Cisterna CAT de 20000 Galones
Voladura	02 Camiones AN/FO/EMULSION Treadbed 01 Retroescavadora Cargadora CAT 426B 01 Bobcat para tapado de taladros

1.4. POLITICA DE SALUD, SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

Es necesario reconocer que toda actividad humana de transformación, incluyendo la agricultura, pesca, industria, minería y transporte público, debe realizarse cautelando la salud y la seguridad de trabajadores, clientes y la población.

Peró también protegiendo el ambiente.

Las actividades de Southern Perú constituyen un proceso de minado, concentración y refinamiento de minerales, convirtiéndolos en metales de gran utilidad para beneficio de la humanidad.

Se debe recordar que la minería puede darse sólo donde existen yacimientos económicamente aprovechables y también que su extracción deja huella, puesto que la tierra, necesariamente, sufre alteraciones.

Por, ello en Southern Perú existe un compromiso de manejo responsable de los recursos naturales que utiliza y desarrolla. Las actividades de SPCC abarcan también el cuidado de la salud de sus trabajadores y la protección del ambiente.

Por todo ello Southern Perú esta comprometida a:

- Cumplir con las leyes y reglamento de salud, seguridad industrial y ambientales.
- Proveer un ambiente de trabajo saludable y seguro.
- Trabajar para mitigar los efectos de las operaciones de la empresa sobre el ambiente.
- Tener en cuenta para toda decisión y practica empresarial, los aspectos de salud, de seguridad industrial y de ambiente.
- Conservar los recursos naturales, incluyendo la energía.
- Trabajar en coordinación con el gobierno del Perú para encontrar soluciones a los problemas de salud, seguridad industrial y del ambiente, estableciendo adecuados estándares ambientales.
- Proveer un apropiado entrenamiento del personal e información acerca de la política de la salud, seguridad industrial y ambiental, de Southern Perú.
- Mantener informadas a las autoridades, gobierno municipales y al público en general acerca de los programas ambientales de la compañía.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. USO DE TRES METODOS DE INSTRUMENTACION MODERNA PARA LA EVALUACION DE VOLADURA DE ROCAS.

2.1.1. FRAGMENTACION CON WIPFRAG

La aplicación del Software WipFrag para la medición de la Fragmentación, como consecuencia de las voladuras primarias y técnicas de fotoanálisis para medir el grado de fragmentación.

2.1.2. VELOCIDAD DE DETONACION CON BLASTRONICS

La aplicación del equipo de BMX Blastronics para la medición de la Velocidad de Detonación (VOD), como parte de la evaluación de la performance del explosivo, que esta vinculada con su capacidad de liberar energía la cual esta en función de su composición química, la densidad del mismo, confinamiento, iniciación, condiciones del terreno, etc.

Evaluar la velocidad de detonación dentro del taladro en forma continua, y obtener la presión de detonación real.

2.1.3.VIBRACIONES CON MINI MATE INSTANTELL

También se efectuará el Monitoreo de Vibraciones para obtener una base de datos que más adelante servirá para el Modelamiento por tipo de roca que existe en la mina para la Cuantificación de Daños y su predicción.

CAPITULO III

GEOLOGIA

3.1. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

La mina Cuajone está ubicada dentro de "Sub-provincia cuprífera del Pacífico", en el flanco Occidental de los Andes del Sur Peruano, zona en la que se encuentran otros depósitos importantes de pórfidos de cobre. De acuerdo con la teoría de placas tectónicas sobre la formación de pórfidos de cobre, esta provincia metalogenética fue generada por derritimiento parcial de la corteza oceánica, rica en Cu. Magma Calco alcalinos ricos en Cu. fueron introducidos en la corteza por medios de fisuras, en los sedimentos volcánicos del Mesozoico de la provincia metalogénica, a una altura de 100 a 150 km. verticalmente encima de la zona de subducción .

El grafico 1, ilustra la geología regional simplificada de la zona dentro de los departamentos de Moquegua y Tacna, en los cuales se lleva a cabo las operaciones de Southern Perú.

Separados del batolito de la costa por extensos depósitos continentales de la formación Moquegua, los tres yacimientos de Cu. de esta zona están relacionados con pequeños centros intrusivos ácidos a intermedios, de dacita-monzonita. Los de Cuajone y Toquepala están adyacentes a stocks de diorita-granodiorita del Cretáceo Terciario. Las rocas encajonantes para las intrusiones cupríferas fueron los volcánicos del Cretáceo Superior Paleoceno, del grupo Toquepala, cuyo afloramiento se encuentra al NE de la principal falla de Incapuquio.

Un reinicio de las actividades volcánicas durante el Mioceno Plioceno fue el responsable de la deposición de extensas secuencias volcánicas de tobas, ignimbritas, cenizas y flujos de lava a partir de los centros volcánicos de las zonas N y NE de Cuajone, Quellaveco, Toquepala.

Las estructuras de orientación NO/SE, dominan la geología regional; como en los casos de orientación de la fosa oceánica del Pacífico, el batolito

de la costa, el flanco occidental de los andes y la falla Incapuquio, que continua hasta el norte de Chile.

En forma paralela a esta orientación se encuentra la falla Micalaco, que afecta a la Mina Toquepala, y otras fallas más pequeñas en la zona de Quellaveco. Es de especial interés la alineación, anteriormente no reconocido, que puede ser interpretado como una extensión curva al NO de la falla Micalaco, uniendo a las minas Cuajone y Toquepala. Teniendo en consideración también el hecho de que Quellaveco se encuentra a 130° de orientación desde Cuajone y que esa misma es la orientación de la geología estructural dominante de Cuajone, se puede decir que podría existir una conexión tentativa entre los tres depósitos de pórfidos de cobre.

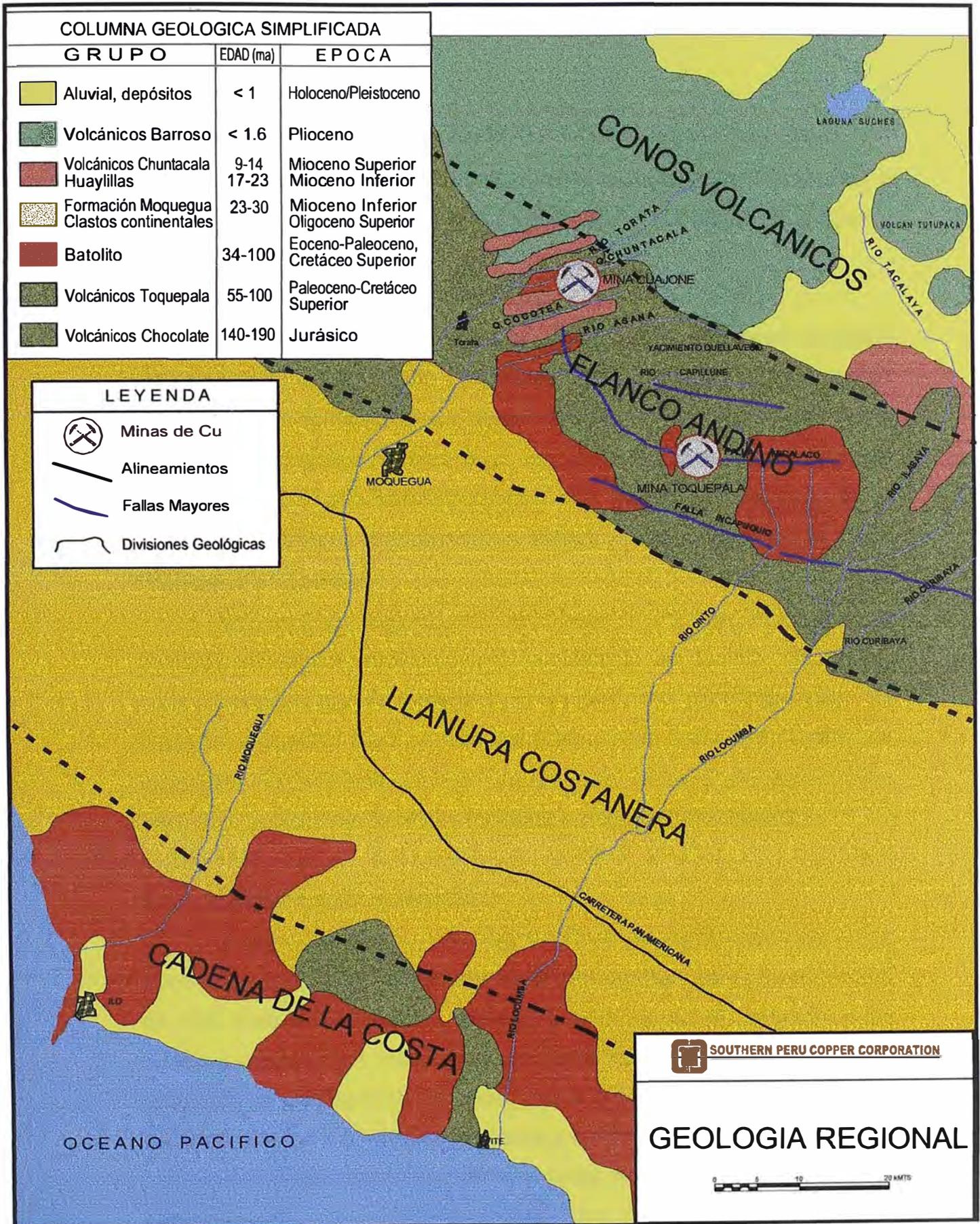


Gráfico N° 01

3.2. GEOLOGIA DE LA MINA

3.2.1. LITOLOGIA

Como es el caso de muchos pórfidos de Cobre, una intensa alteración hidrotermal ha destruido parcial y totalmente la textura original de la roca y la agrupación mineralógica en las rocas premineral e intrusivas de Cuajone.

3.2.1.1. VOLCANICOS PREMINERAL

Las rocas más antiguas de la mina son los miembros inferiores de los volcánicos del Grupo Toquepala, la Andesita Basáltica y Riolita Porfirítica. La correlación de estos dos flujos volcánicos con otros miembros del grupo encontrados en Quellaveco y Toquepala, se reconoció entre los volcánicos premineral Cuajone, intermedio tanto en posición como en composición a la Andesita Basáltica Básica y a la Riolita Porfirítica Acida.

Aunque la Andesita Basáltica le debe en Parte su color verde a la Biotita de origen probablemente hidrotermal, se han identificado un anfíbol (tentativamente antofilita) y un piroxeno (hedenbergita). Se pueden encontrar algo textura Porfirítica remanente, en forma de manchitas anhedrales blancas muy finas (menos de 1 mm. de diámetro, posiblemente arcilla formada a partir de feldespatos).

3.2.1.2. COMPLEJO INTRUSIVO

El principal cuerpo intrusivo de Cuajone es un stock de Latita Porfirítica, que ocupa un afloramiento nor-central con una extensión de 800 metros (NO-SE). A medida que progresa el minado y los cuerpos laterales los cuerpos de Andesita son removidos, este stock dominará la geología de la mina. Latita Porfirítica no alterada y no mineralizada se extiende actualmente a 4 Km al norte de la mina.

En la zona del tajo y estrictamente hablado, es un pórfido de Latita Porfirítica Cuarcifera, con cuarzo libre sub redondeado. Cuerpos de latita "fresca", menos alterada y no mineralizada se encuentran

dentro de la zona de brecha central; esta es la llamada Latita Porfirítica Esteril.

Los contactos entre la latita y los volcánicos pre-mineral, especialmente la Andesita Basáltica, pueden ser transicionales debido a asimilación; los contactos de Latita - Andesita Intrusiva son generalmente bien definidos y estructurales. La Andesita Intrusiva ha asimilado a la Andesita Basáltica al Sur de la mina, y por lo tanto tiene textura transicional, en la cual se han preservado manchas oscuras del basalto porfirítico. En otros lugares, la textura de la Andesita Intrusiva ha quedado totalmente destruida, aunque se cree que esta haya sido originalmente afanítica.

3.2.1.3. BRECHA POST-MINERAL

Un cuerpo central de brecha aproximadamente tabular y con buzamiento alto hacia el oeste, 50 m. de espesor promedio, aflora con rumbo NO-SE por aproximadamente 500 m. dentro de la mina, en la zona de mineral.

Consiste en clastos redondeados a sub-redondeados de rocas volcánicas e intrusivas locales alteradas y mineralizadas contenidas en una matriz relativamente fresca de latita porfirítica; localmente la matriz puede estar silicificada, o esta parcialmente compuesta de vacíos conteniendo incrustaciones de cuarzo. Al sur de la zona mineral, cuerpos aislados más irregulares de la brecha tienen una matriz de arcilla a polvo de roca, y pueden contener clastos de traquitas y andesitas que no se encuentran en la mina.

3.2.1.4. VOLCANICOS POST MINERAL

La primera deposición post mineral fue la de Aglomerado Gris, volcánico masivo consistente en cantos sub angulares a angulares de andesita, en una matriz tobácea compactada. Este se encuentra separado del volcánico superior pre mineral, por el conglomerado

Riolítico y ha rellenado un paleovalle de orientación W-E que aproximadamente coincide con la Quebrada Chuntacala.

En Cuajone se reconocen dos secuencias piroclásticas principales; separadas por la antigua Quebrada Chuntacala, y actualmente por la mina. Estas consisten en los volcánicos Huaylillas y Chuntacala de los lados Sur y Norte de la mina, respectivamente.

El principal constituyente del Huaylillas en Cuajone es la traquita bien silicificada, vesicular y con bandeamiento de flujo. El conglomerado verde y amarillo, en el SO y SE de la mina, respectivamente, derivaron de la traquita y toba. Encima de la traquita y en los niveles mas altos del So de la mina, se encuentra la Toba blanca y el conglomerado Tobáceo.

3.2.2. ESTRUCTURA

3.2.2.1. FALLAMIENTO

Las estructuras de orientación NO-SE, dominan completamente la geología estructural de la mina Cuajone, esta viene a ser tendencia regional. En la mina las siguientes características geológicas presentan la tendencia NO-SE: el cuerpo de brecha central, los cuerpos de andesita emplazados lateralmente, ramificaciones estructurales al SE del stock principal de latita, y un cuerpo en forma de dique de Andesita intrusiva.

La zona mineralizada del lado SE es estructuralmente muy compleja, presentando "tectónica en bloques" causada por la combinación de fallas de orientación NO-SE con otras tendencias E-O. En esta zona los contactos entre el pórfido de latita y la andesita basáltica se encuentran fallados y brechados.

3.2.2.2. CUERPOS DE BRECHA

Se puede considerar que en Cuajone, los cuerpos de brecha son de dos tipos: tabulares controlados por las fallas generalmente

con rumbo "Cuajone" NO-SE, situados en la parte central y SE de la zona mineralizada; y cuerpos irregulares y aislados encontrados inmediatamente al Sur de la actual zona mineral.

Ambos tipos de brecha mas detallada de la zona tiene fragmentos predominantes redondos, lo que implica cierto grado de "molienda" posiblemente con profundidad y anterior a su emplazamiento, a diferencia de brechamiento "in-situ" con clastos angulosos que se espera de un brechamiento simple por fallas.

3.2.2.3. FRACTURAMIENTO

El fracturamiento predominante encontrado entre las rocas premineralizadas e intrusivas de Cuajone es común para la mayoría de los depósitos de pórfidos cobre, el "stockwork", una red de fracturamiento intensa causada por el stock intruyente y concéntrico a este, se formó debido a las enormes presiones ejercidas por el magma intruyente y los fluidos hidrotermales. En Cuajone la parte superior de los intrusivos y los cuerpos adyacentes, fueron afectado por el "stockwork", lo cual facilitó la entrada de los fluidos hidrotermales que causaron la alteración y mineralización. En aquellas zonas en las que dichas fracturas no fueron selladas por posterior silicificación, se formó una roca fácil de fragmentar por voladura a tamaño menor de 0.5 m.

3.2.3. ALTERACION HIDROTHERMAL

Ha sido reconocida una zona de alteración hidrotermal de 3 a 4 km. en Cuajone. Los tipos de roca dominados por las agrupaciones de feldespatocuarzo fueron alterados a fílico-argílico, mientras aquellos que contenían originalmente ferromagnesianos, fueron alterados a biotita y clorita.

La alteración a arcilla es muy intensa en Cuajone, el que puede ser considerado como un pórfido de alto contenido de arcilla en comparación con otros depósitos; esta arcilla es probablemente de origen tanto hipógeno como supérgeno, y su abundancia es debido al fuerte cizallamiento y fracturamiento en la zona de la mina.

3.2.3.1. ALTERACION FILICA

Un contenido balanceado de cuarzo y sericita (fílica) además de una leve alteración de arcilla, domina la mineralogía de silicatos en la zona mineralizada de Cuajone, encontrándose como tipo dominante el stock principal de latita porfirítica, considerando como “Ore-Type” normal. Los fenocristales de cuarzo permanecen en la textura original, en la cual los feldespatos han sido hidratados a sericita y arcilla y están rodeados de una malla de venas de cuarzo con silicificación adyacente.

3.2.3.2. SILICIFICACION

Una silicificación intensa, se encuentra dentro de la riolita porfirítica no lixiviada en el lado sur de la zona mineral, y zonas importantes dentro de los dos cuerpos de Andesita Intrusiva presentan una silicificación dominante; en ambos casos la alteración de sílice ha borrado casi totalmente la textura mineralógica original. La zona de brecha central está también bastante silicificada, así mismo ciertas zonas dentro de la latita porfirítica que son lo suficientemente extensas como para ser delimitadas realísticamente en el tajo. Además de la silicificación de la matriz se encuentran en este tipo de alteración, múltiples etapas de venas de cuarzo.

3.2.3.3. ALTERACION ARGILICA

Además de los minerales de arcilla, caolinita, montmorilonita, illita y dickita, esta zona incluye cantidades importantes de clorita y biotita. La alteración argílica es casi exclusiva de la Andesita Basáltica en la zona central y SE de la mina y parece ser de origen tanto hipógeno como supérgeno. El cuerpo argílico central corresponde con un remanente bastante cizallado de Andesita Basáltica atrapada entre los stocks de Andesita intrusiva y latita, el cual fue totalmente inundado por los fluidos hidratantes primarios. La aureola argílica del

lado NE de la zona mineral es un efecto supérgeno de la Andesita Intrusiva adyacente a la capa lixiviada.

3.2.3.4. ALTERACION FILICA PROPILICA

Una alteración realmente propílica de definición no se puede encontrar dentro de la zona mineral debido a la presencia de chalcopirita; se le puede encontrar con profundidad en los dos cuerpos laterales de Andesita Intrusiva, con agrupaciones de clorita-pirita-epídota-calcita. El cuerpo de NE de Andesita Intrusiva presenta una superposición de clorita sobre una mineralogía filica con predominio de sílice. La clorita se encuentra en una matriz de material fino y también como racimos.

3.2.3.5. ALTERACION SILICIFICACION FILICA

Esta alteración es simplemente transicional entre filica y el tipo dominante silicificado. La mayor parte del cuerpo SE de Andesita Intrusiva está incluido en esta categoría. Así mismo ciertas zonas de regular silicificación dentro de la latita porfirítica.

3.2.3.6. ALTERACION ARGILICA FILICA

Este tipo tiene una superposición filica sobre la alteración de arcilla-biotita-clorita; el contenido de arcilla ha quedado reducido por la presencia de cuarzo en venas y por la silicificación adyacente. Esta es la situación en el resto de la Andesita Basáltica que se encuentra al SE de la mina. Dentro de la misma zona hay cuerpos cizallados de Latita y Andesita Intrusiva en los que hay ausencia de biotita y clorita.

3.2.4. MINERALIZACION

3.2.4.1. GENERAL

La zona de mineralización económica de Cuajone tiene un área de extensión máxima de 1200 x 950 m., alargada en el eje NO-SE en

forma de embudo con profundidad y con paredes de buzamiento casi vertical.

Para el depósito en conjunto el mineral se distribuye dentro de las rocas encajonantes volumétricamente de la siguiente manera: Latita (50%), Andesita Basáltica (25%), Andesita Intrusiva (23%), Riolita Porfírica (2%). La mineralización tiene típicamente forma regular, ley homogénea y mineralogía simple; sólo la zona de brecha central representa desmonte interno.

3.2.4.2. CAPA LIXIVIADA

Igual que muchos pórfidos, se desarrollaron una capa lixiviada sobre el depósito debido a que el cobre entró en solución por medio de ácido sulfúrico de baja concentración generado por la reacción del agua de lluvia por la pirita. En la mina se puede observar la capa lixiviada en la Riolita Porfírica del Sur, zona en la cual presenta un espesor de 120 m. desde el contacto del volcánico post-mineral hasta el tope de la zona mineralizada.

La mineralogía de capa lixiviada consiste principalmente de óxidos de Fe. (limonitas, hematita) que le dan el color característico rojo, además de óxidos de Manganeseo (pirolusita).

3.2.4.3. OXIDOS

La zona de óxido se formó por medio de aguas subterráneas con Cu. en solución, que percolaron hacia abajo y encontraron condiciones diferentes de PH, produciéndose así la precipitación del cobre en óxidos, hidróxidos, carbonatos y silicatos. La zona de óxidos formó un cuerpo tabular casi horizontal de 15 m. de espesor, la mayor parte ha sido minada.

La mineralogía de la zona de óxidos consiste en crisocola, malaquita, chalcantita, cobre nativo, cuprita y tenorita; estos ocurren principalmente como manchas y en fracturas.

Ambos contactos, superior e inferiores de la zona de óxidos pueden ser considerados de transición. Dentro de la capa de lixiviación se han encontrado ocasionalmente, valores de cobre en la que parece ser puramente limonita; en este caso se sospecha la adsorción del cobre en la limonita.

3.2.4.4. ZONA ENRIQUECIDA

La zona enriquecida está definida mineralógicamente por la predominancia de sulfuros secundarios sobre otro tipo de mineralización económica, la cual se refleja por una disminución en las leyes de cobre.

La mineralogía esta dominada por chalcocita, con algo de bornita, digenita y covelita. La forma en la que se encuentra la chalcocita en la zona es un reflejo de aquella que presentaban los sulfuros primarios originales. En la zona enriquecida central, ya minada, se encontró una chalcocita más limpia que aquella actualmente expuesta en los límites del mineral, debido a la variación en las razones de pirita. El enriquecimiento de la chalcopirita fue casi completo en la parte central de la zona de mineral, con bajo contenido de pirita.

En los volcánicos pre-mineral, la chalcocita es de grano muy fino, menor de 100 micrones.

3.2.4.5. ZONA DE TRANSICION

La mineralogía económica de la parte actualmente expuesta del tajo, esta dominada por la agrupación mineral "transicional" entre el enriquecimiento real (con leyes >1.5%) y la zona primaria propiamente dicha (0.8% Cu). Consiste en que la chalcopirita se presenta en venas y diseminada, con chalcocita en forma de hollín en las fracturas y llega a una ley de 1% Cu.

En la latita, que domina la zona mineral actual, la situación típica de encontrar chalcopirita forma de venas de cuarzo y

diseminada dentro las zonas silicificadas adyacentes con chalcocita en las fracturas.

3.2.4.6. ZONA PRIMARIA

La zona primaria propiamente dicha no se ha expuesto en Cuajone, pero esta constituirá eventualmente la mineralogía dominante. Es simplemente pirita - chalcopirita, algo de bornita y enargita, en venillas o finamente diseminada dentro del stock principal de latita porfirítica. En las rocas Andesíticas que contienen clorita, la chalcopirita se encuentra reemplazando al mineral ferromagnesiano en venas y racimos. Dentro de la zona de brecha más profunda se pueden encontrar trazas de enargita, tetrahedrita, esfalerita y galena.

3.2.4.7. MINERALIZACION DE MOLIBDENO

El molibdeno forma un sub-producto importante en Cuajone y es separado del concentrado de Cobre en la planta desde el año 1980. Ocorre económicamente en forma del sulfuro molibdenita, el cual se encuentra en tres formas diferentes en Cuajone: finamente diseminado, cristalino en venas de cuarzo y en forma de hollín en fracturas.

3.3. CORRELACION ENTRE TIPOS DE MINERAL Y RECUPERACION EN LA PLANTA CONCENTRADORA

3.3.1. ANTECEDENTES

La variación de las recuperaciones diarias en la planta, y los cambios necesarios en el procedimiento operacional para optimizar producción, exigió una investigación en la mina del mineral que contribuía al alimento de la Planta. Esto trajo consigo un control diario del material minado y su correlación con la recuperación en Planta de sulfuros de cobre. Una correlación fuerte se hizo notar entre el contenido de arcilla y una recuperación por debajo del promedio; asimismo se encontró una relación

entre mineral con alto contenido de óxidos y valores altos de sulfuro de cobre en los relaves.

Minerales con alto contenido de arcilla y algunos otros se comportan diferente a lo normal. Estos necesitan ser tratados bajo condiciones metalúrgicas diferentes cuando son enviados diariamente a la planta en proporciones altas.

3.3.2. MINERAL DE ALTO CONTENIDO DE ARCILLAS

Este es anormal en cuanto a pérdidas de sulfuros de cobre y al uso de reactivos en la recuperación. Los efectos de lamas debido a las arcillas, en especial son suficientes finas como para formar suspensiones coloidales, exige el consumo de mayor cantidad de “frother” en la flotación y floculantes químicos en operaciones de espesamiento. Adicionalmente, las lamas pueden formar una película cubriendo las partículas de sulfuros aislándolas de los colectores químicos; por lo tanto, se pierden los sulfuros en los relaves.

La Arcilla montmorilonita presenta un comportamiento especial por su capacidad de hinchamiento al mojarse. Aparte de aumentar su proporción volumétrica, la reducción en gravedad específica inducida produce diferentes condiciones en el asentamiento de los relaves.

Es importante limitar a cantidades razonables el mineral de alto contenido de arcilla en la alimentación de la planta.

3.3.3. COBRE NO RECUPERABLE

La concentradora de Cuajone está diseñada para flotar sólo sulfuros de cobre y la selección de mineral se hace basándose en métodos fríos de extracción por ácidos, con la finalidad de detectar óxidos de cobre. La crisocola, chalcantita, malaquita son solubles usando este método; sin embargo otros minerales no sulfuros tales como cobre nativo, cuprita y tenorita, son solubles sólo parcialmente o son totalmente insolubles en el método de ácidos utilizados. Estos minerales por lo tanto, contribuyen al

componente de "sulfuros" en las leyes de ensayos en la mina, pero se reportan como valores irrealmente altos en los relaves de "sulfuros" de cobre.

CAPITULO IV

MEDICION DE VELOCIDAD DE DETONACION

4.1. INTRODUCCION

La importancia de medir la VOD radica en la inferencia que se puede hacer a través de ella de la performance del explosivo.

Es bien sabido que la performance de explosivo está vinculada con su capacidad de liberar energía, la cual es función de la composición química y de la densidad del mismo. Ambos parámetros definen a su vez la VOD. Existe por lo tanto una relación entre la performance de un explosivo y su velocidad de detonación que nos permite utilizar ésta última como una herramienta de control o evaluación en el proceso de optimización de una voladura. De ésta manera, independientemente de la causa que genere una baja performance del explosivo (mal control de calidad, contaminación, agua, confinamiento inadecuado, etc.), la misma se va a ver reflejada en una disminución de la VOD a valores por debajo de los especificados por el fabricante.

4.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN MEDICIONES DE VOD

La Velocidad de Detonación (VOD) de un explosivo se vera influenciada por una variedad de factores, que se describirá a continuación:

4.2.1. Influencia del diámetro del explosivo

Todos los explosivos tienen un diámetro crítico bajo el cual no detonarán confiablemente. Dicho diámetro es llamado **diámetro crítico**, el cual se define como el diámetro mínimo por debajo del cual la detonación no

se propagará, o dicho de otra manera, por encima del cual la detonación será estable.

4.2.2. Influencia del grado de confinamiento y del tamaño de las partículas de las mezclas explosivas

El hecho de confinar una carga explosiva hará que la expansión lateral de los gases producto de la detonación sea más lenta, reduciendo a su vez la velocidad de la onda lateral de rarefacción dirigida hacia el explosivo. Como resultado de ello, las ondas de refracción tardarán más tiempo en encontrarse en el eje, lo que implica un mayor tiempo (o un recorrido más largo) para que el frente de detonación adquiera su forma estable

Como corolario, el hecho de confinar un explosivo resultará en:

- Una reducción en la longitud de la zona de transición, es decir el explosivo alcanzará su velocidad ideal en diámetros de carga menores que para el caso sin confinamiento. Cabe aclarar que dicha velocidad ideal es independiente del grado de confinamiento del explosivo.
- Una reducción de su diámetro crítico, es decir el explosivo detonará en forma estable en diámetros menores que para el caso de explosivos sin confinar.

4.2.3. Influencia de la densidad del explosivo

Se ha determinado experimentalmente que la velocidad de detonación y la densidad del explosivo tienen una relación lineal como la indicada en la siguiente fórmula:

$$P_{det} = 250\rho_{exp} \times VOD^2$$

Donde : ρ = densidad del explosivo.

Al incrementarse la densidad de un explosivo, la energía por unidad de volumen del mismo será mayor ya que se estaría colocando una mayor cantidad de explosivo en un mismo volumen. Al ser mayor dicha energía, la velocidad de detonación crecerá también en forma proporcional.

Por otro lado, uno debe considerar que para un explosivo dado, un incremento de la densidad (compactación) resultará en un incremento del diámetro crítico del mismo. Ello se debe a que al aumentar la densidad de un explosivo, uno está comprimiendo el mismo en un determinado volumen, lo que tenderá a reducir el número de espacios intersticiales entre gránulos y/o partículas. Dichos espacios tienen un rol muy importante en el proceso de propagación de la detonación, ya que al ser estos comprimidos adiabáticamente, generan puntos calientes (Hot Spots) los cuales actúan como centros de reacción y contribuyen a sostener la propagación de la detonación. A medida que se incrementa la densidad y se reduce la cantidad de dichos centros de ignición, el explosivo se volverá más insensible a la propagación y su diámetro crítico aumentará.

De seguir aumentando la densidad, se llegará a un punto en que la misma será lo suficientemente alta para insensibilizar al explosivo. Dicha densidad se denomina **densidad crítica**.

4.2.4. Efectos del agua en la performance de los explosivos comerciales

El nitrato de amonio tiene, para todos fines prácticos, cero resistencia al agua, ya que el mismo es altamente soluble en agua, el cual lo ataca y desensibiliza rápidamente.

Las mezclas ANFO/EMULSION (ANFO PESADO) tienen buena resistencia a la acción del agua, cuando la proporción en peso de emulsión de las mismas es de 55% o mayor.

4.2.5. Influencia de la temperatura del explosivo

Para diámetros mayores que el diámetro crítico, la temperatura inicial de un explosivo tiene poca influencia en su velocidad de detonación.

Aunque es obvio que el diámetro crítico de un explosivo aumenta al disminuir la temperatura del mismo, este cambio no es suficientemente pronunciado como para cuantificarlo confiablemente. Como regla general, se asume que los cambios ocurren cuando se cambia de fase cristalina. En las Emulsiones, dichos cambios son más difíciles debido a que la solución acuosa de nitrato de amonio está protegida por una fase continua de aceite o cera, por lo tanto para que se produzca una recristalización, las temperaturas deberán ser extremadamente bajas como para producir una separación de la mezcla explosiva.

4.3. TECNICAS DE MEDICIONES

Las técnicas de medición de VOD pueden agruparse en las siguientes categorías:

Técnicas Continuas y discontinuas.

4.3.1. TECNICAS CONTINUAS

Los métodos continuos permiten monitorear la velocidad de detonación en forma continua a lo largo del explosivo. Ello permitirá evaluar los efectos del cebo, los efectos del material contaminante dentro del explosivo (agua, atacado, etc.), la propagación de la detonación, la zona de velocidad transitoria, etc. Es decir que los métodos continuos proporcionarán una información mucho más detallada de lo que sucede dentro del taladro.

Se ha desarrollado varios instrumentos capaces de medir la VOD en forma continua, cada una de ellos empleando un principio de operación distinto, los cuales se describen a continuación.

a.- Monitor SLIFER

Este monitor fue desarrollado por Sandia National Laboratories, en EE.UU. con el objetivo de medir la propagación de ondas de choque originadas por explosiones nucleares. Su nombre deriva de "**Shorted Location Indication by Frequency of Electrical Resonance**", el cual indica que su principio de operación se basa en el cambio de frecuencia de resonancia registrado por el cable sensor cuando su longitud es consumida por el frente de detonación.

El sistema utiliza como sensor un cable coaxial en corto, formando parte de un circuito oscilador. La frecuencia de resonancia del circuito estará gobernada por la longitud del cable coaxial. Cuando el mismo es acortado por el frente de detonación, la frecuencia de oscilación del circuito se incrementará en forma no lineal. El monitoreo de la frecuencia en función del tiempo permite determinar la posición del frente de onda a distintos tiempos y como resultado, la velocidad de detonación del explosivo.

b.- Monitor VODR-1

La técnica usada por éste monitor fue desarrollada por los Alamos National Laboratories en EE.UU. como parte de las herramientas de diagnóstico utilizadas en la evaluación de explosivos nucleares.

El principio de operación del sistema, "**Continuos Reflectometry for Radius versus Time Experiments**". El mismo es similar al radar,

donde un pulso de ondas de radio es transmitido en el aire y su eco registrado para obtener así información de distancia. En el caso del VODR-1 se utiliza cable coaxial para transmitir pulsos eléctricos y se mide con precisión el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción de los mismos. Dichos pulsos van a ser reflejados en la discontinuidad presente donde el coaxial está siendo comprimido por el frente de detonación.

La repetición de pulsos permitirá obtener una historia longitud-tiempo que es procesada para calcular la velocidad. La frecuencia de transmisión de los pulsos eléctricos del VODR-1 está limitada a 200 kHz, es decir hasta 200,000 pulsos por segundo. Con fines comparativos, un explosivo cuya VOD es de 5,000 m/seg. producirá 40 lecturas de velocidad por metro de cable.

c.- Sistemas con sensor de alta resistencia

El principio de operación de este sistema fue desarrollado originalmente por el USBM. El mismo está basado en principios de resistencia eléctrica y consiste en utilizar un generador de corriente constante para mantener una corriente de intensidad uniforme a lo largo de un sensor de alta resistencia. Los cambios de voltaje asociados con los cambios de resistencia cuando el sensor es consumido por el frente de detonación son registrados por un osciloscopio y/o equipo de adquisición de datos. Al ser la corriente constante a lo largo del evento, los cambios de voltaje serán linealmente proporcionales a los de resistencia. Conocida la caída de voltaje y la resistencia por unidad de longitud del sensor, se puede determinar la VOD del explosivo mediante la interpretación de la pendiente del gráfico voltaje versus tiempo.

d.- Fotografía de alta velocidad

Existen equipos de fotografía de alta velocidad, tales como las cámaras "Streak" (ranura) y "Framing" (cuadros) que permiten obtener récords de velocidad continua o discontinua respectivamente, con un alto grado de precisión. Ambas consisten esencialmente en un espejo de metal pulido montado en una pequeña turbina, más los distintos elementos ópticos y electrónicos de control. La imagen correspondiente al evento de fotografiar entra a través del sistema óptico de la cámara, impacta en el espejo y es rotada o barrida a lo largo del film. En dichas cámaras, el film permanece estático durante el ensayo y es la imagen la que es barrida a lo largo de la longitud del mismo. En el caso de las cámaras Streak, la imagen penetra a través de una ranura de unos 100 micrones de ancho colocada por detrás de los lentes ópticos, produciendo un récord en el film que consistirá en una línea cuya pendiente es representativa de la VOD del explosivo. Las cámaras Framing funcionan de manera similar (tanto que algunos equipos son fácilmente convertibles de un sistema a otro), pero producen imágenes en dos dimensiones como cualquier cámara regular. La diferencia conceptual entre ambas es que los récords Streak son continuos (y por ende más precisos), es decir no se pierde información alguna del evento que esta siendo fotografiado. Las cámaras Framing producirán récords discontinuos, ya que existe un lapso de tiempo entre cuadros sucesivos en que no se registra ninguna información del evento. La velocidad a que la turbina puede rotar la imagen a lo largo del film depende del modelo de cámara que esta siendo usada. A modo de ejemplo, algunos modelos de cámaras Framing permiten obtener hasta 25 millones de cuadros/segundo, lo que para una capacidad del film de 130 cuadros representa un tiempo "muerto" entre cuadros de tan solo unos 5 microsegundos.

d.- Monitor BMX

Este monitor fue desarrollado por Blastronics en Australia. El mismo contiene cartas de adquisición de datos (CAD) que registran las señales eléctricas producidas por un sensor. El sensor en si puede consistir en acelerómetros, sensores de presión, geófonos, etc. Para medir la VOD, el monitor hace uso de un accesorio llamado "Blastronics VOD", el cual a su vez se conecta a los sensores. Una computadora tipo Laptop, formando parte integral del sistema, es utilizada para operar el mismo y analizar los resultados. Mas adelante se verá con mas detalle el uso de este sistema de medición.

4.3.2. TÉCNICAS DISCONTINUAS

Las mismas consisten en colocar dos o más sensores dentro del cartucho explosivo o en la columna de explosivo a distancias predeterminadas, midiendo el tiempo en que el frente de detonación pasa por dichos sensores.

Los sensores comúnmente utilizados son circuitos eléctricos o fibras ópticas que generaran pulsos eléctricos al ser comprimidos o iluminados.

Dichos pulsos son registrados en un osciloscopio y/o contador electrónico. Este tipo de método solo determina la velocidad promedio entre dos sensores y no da información alguna sobre lo que sucede entre los mismos. La principal ventaja de los métodos discontinuos radica en que son más económicos y simples de usar. Estos instrumentos son prácticos para medir VOD en cartuchos o tubos de ensayo donde se requiera un valor aproximado de la misma. Su utilización en taladros de producción es impractica y sus resultados cuestionables.

Los sistemas / métodos discontinuos más conocidos son:

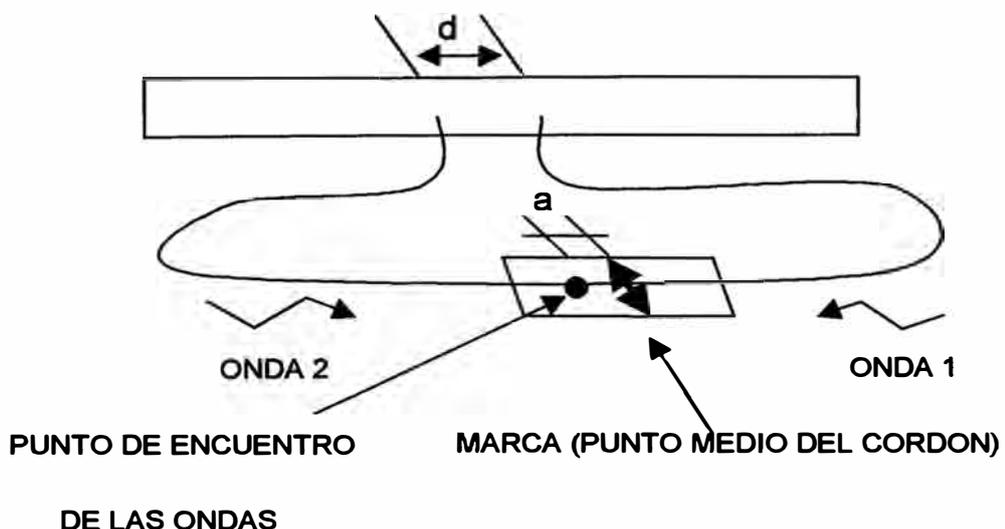
a.- El método de D' Autriche :

Este utiliza cordón detonante, es un método muy poco sofisticado que se puede utilizar en casos en que no se cuente con ningún instrumento de medición y se necesite determinar la velocidad de detonación. Este método da lugar a errores de considerable magnitud debido a que parte por asumir un valor de VOD para el cordón detonante, el cual varía entre 6200 a 7000 m/seg.

El mismo consiste en insertar, a una distancia conocida, los dos extremos de una cierta longitud de cordón detonante, marcando luego su centro exacto sobre una placa metálica (preferentemente de plomo) que se usa como testigo. Al chocar los frentes de detonación provenientes de cada extremo del cordón, producirán una marca en la plancha de metal.

Conociendo las distintas distancias indicadas en la placa, la VOD se puede calcular con la formula dada a continuación:

$$VOD = \frac{VOD \text{ (cordón)} \times d}{2a}$$



b.- Métodos de medición con pines eléctricos

Comúnmente llamados "start - stop", estos métodos utilizan un osciloscopio o un contador para medir el intervalo de tiempo en que el frente de detonación comprime dos o más "púas" colocadas en el explosivo a distancias predeterminadas. Dichas púas consisten en dos alambres sin conectarse, por los que se induce un cierto voltaje, formando así un circuito eléctrico abierto. Cuando el frente de choque comprime las púas, juntará los dos alambres y cerrará el circuito produciendo una señal eléctrica.

c.- Monitor de fibra ópticas

Su principio de operación consiste en medir el intervalo de tiempo en que la luz que acompaña al frente de detonación del explosivo tarda en pasar por los sensores de fibras ópticas.

d.- Monitor Vodex

Este monitor consiste básicamente en un contador electrónico de 8 canales que registra los intervalos de tiempo en que el frente de detonación tarda en pasar por los sensores conectados a cada canal. Dichos tiempos son automáticamente convertidos en velocidad, ya que la distancia entre los sensores es suministrada al monitor con anterioridad a la medición.

4.4. MEDICION DE VOD CON EQUIPO BMX BLASTRONIC´S

Como se pudo ver anteriormente este método de medición es continuo.

Para la medición de la VOD con este equipo se utiliza:

- Monitor VOD - BMX (BLASTRONICS)
- Probeta con Cable Resistivo de 10.4 Ohm/metro.
- Computadora Lap Top (Compaq Computer Corporation)
- Cable coaxial R-58
- Cable eléctrico # 18 (Wire Breack)

Principio utilizado para medir la vod

Consiste en colocar un alambre resistivo dentro del taladro a partir del booster por el cual el equipo alimentara electricidad y cuando se produce la detonación del taladro ira cortocircuitando el alambre por lo que el equipo registra cada 5 micro segundos la caída de voltaje ya que el software determina la VOD a todo lo largo de la columna, el equipo puede registrar hasta 600,000 puntos por taladro.

Modo de medición

Se inicia programando el Software con los datos de la medición.

Se prepara la probeta con el cable resistivo, uniendo el extremo cortocircuitado con el Booster.

Se introduce el booster adherido a la probeta dentro del taladro, de 0.5 metros a 2 metros desde el fondo dependiendo de la altura de carga y se procede al carguío tratando de que la probeta quede en el centro del explosivo.

Se instala el equipo Monitor VOD - BMX (BLASTRONICS) en terreno, uniendo este a la probeta con cable coaxial N° 58.

Se conecta el cable de Wire Break (Cable Cortado) en el LIP (línea de iniciación Primadet) en la boca del taladro que va al canal N° 1 para que este de la señal de partida.

Se conecta la Computadora, se constata que todas las conexiones estén correctas y se le deja en condiciones de espera del Wire Break para iniciar la medición.

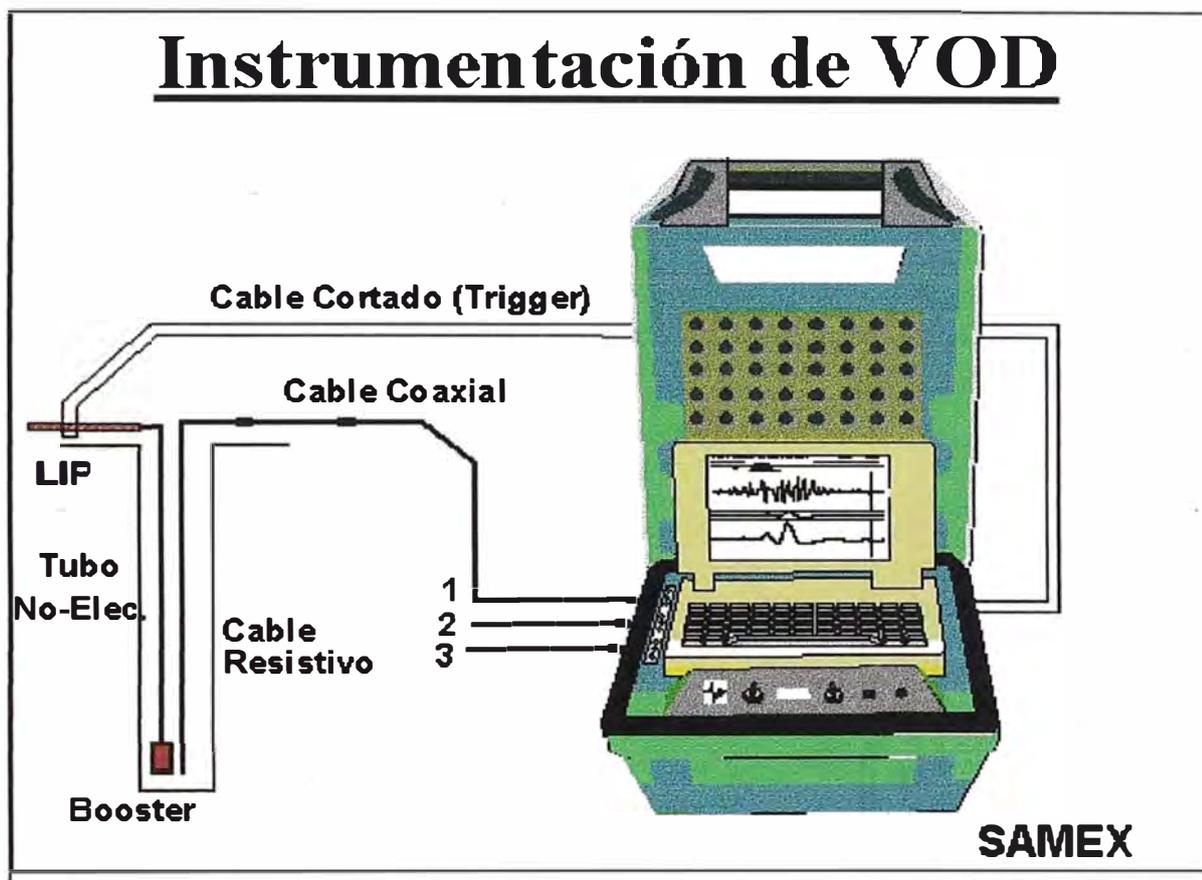


Gráfico N° 02

Este gráfico representa las conexiones que se realizan cuando se usa el Blastronics.

4.5. REPORTES DE LAS MEDICIONES

CARACTERISTICAS DE LA MEDICION

Fecha : 10-02-99
Mina : Cuajone
Nivel : 3415

Diámetro de taladro : 12 1/4 pulg.
 Altura de taladro : 15.2 mts.
 Columna del explosivo : 6.0 mts.
 Taco : 9.2 mts.
 Tipo de explosivo : Anfo
 Iniciador : 1 booster de 2 libras.
 Ubicación del booster : 0.2 mts. del fondo del taladro
 Tiempo nominal de salida : 1042 milisegundos.

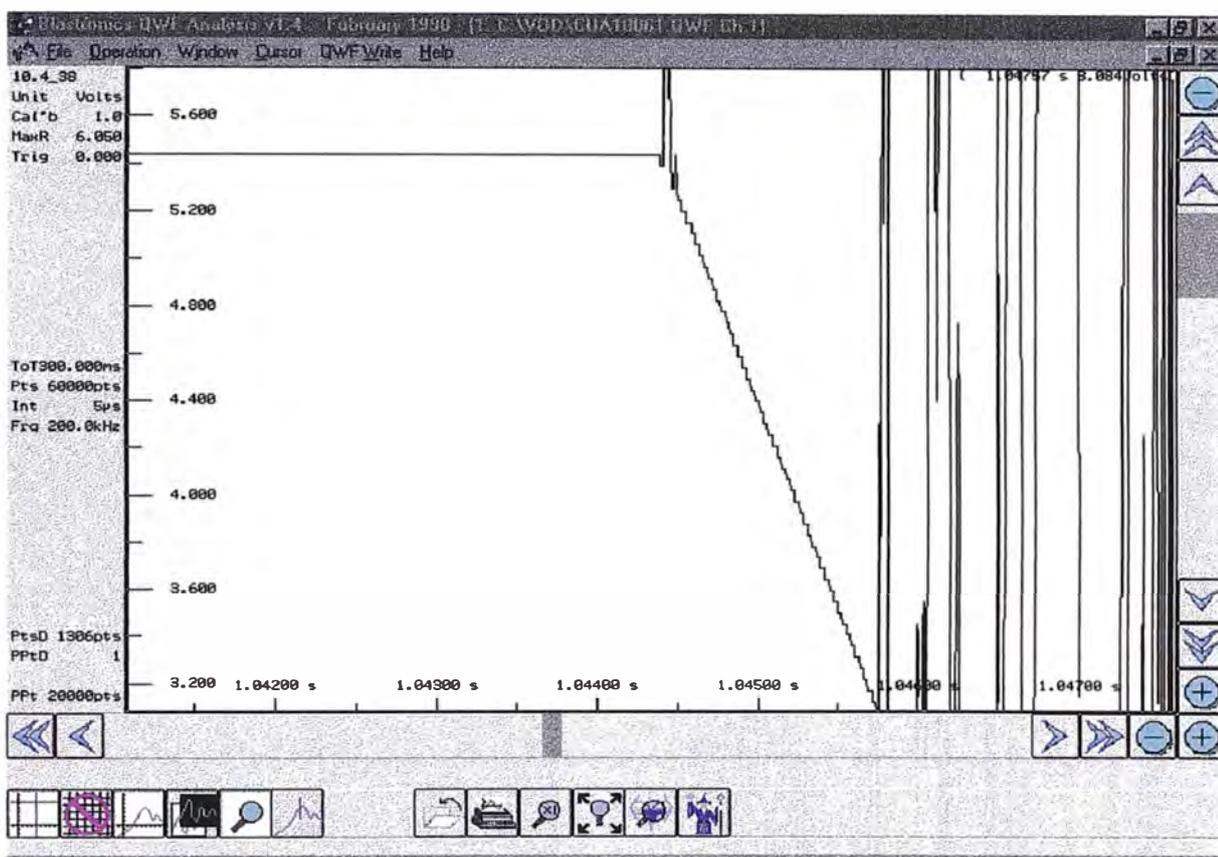


Gráfico N° 03. Muestra la señal captada

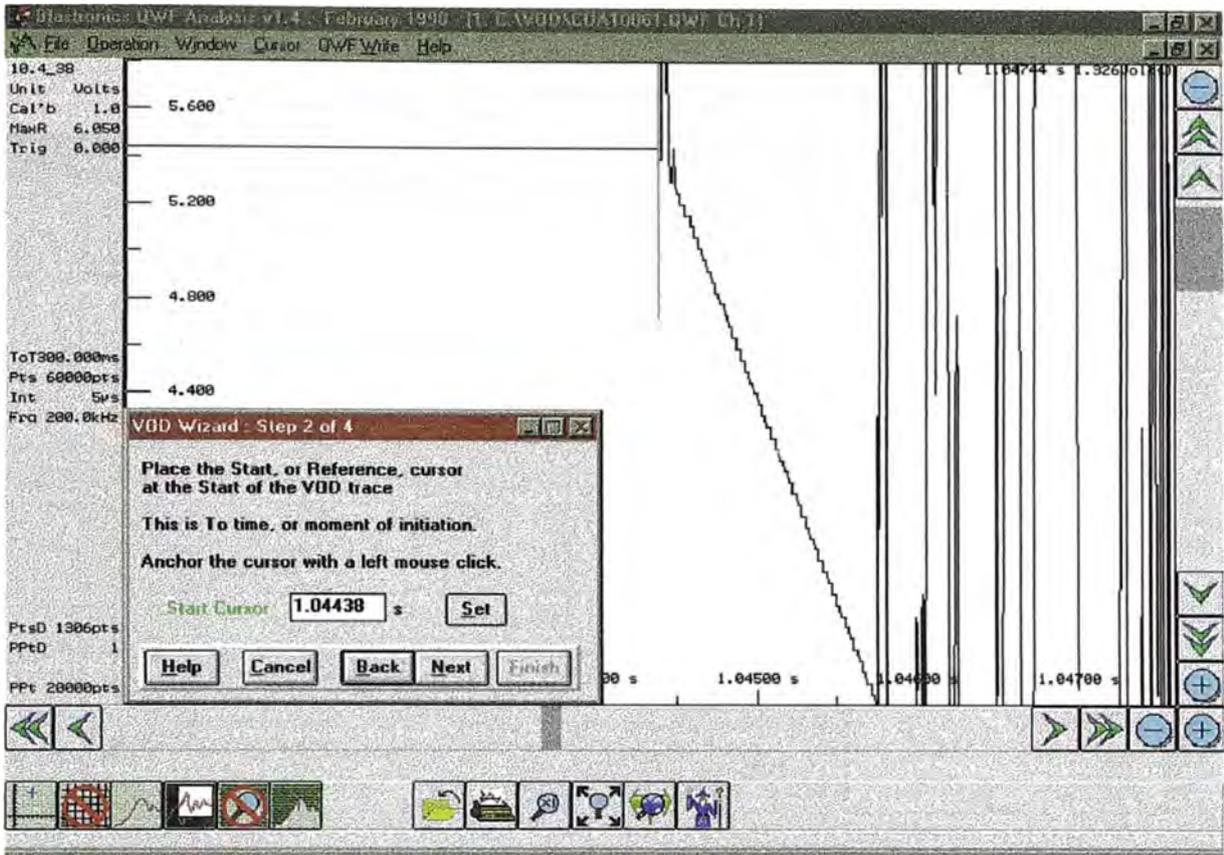


Gráfico N° 04. Muestra tiempo real de salida del taladro

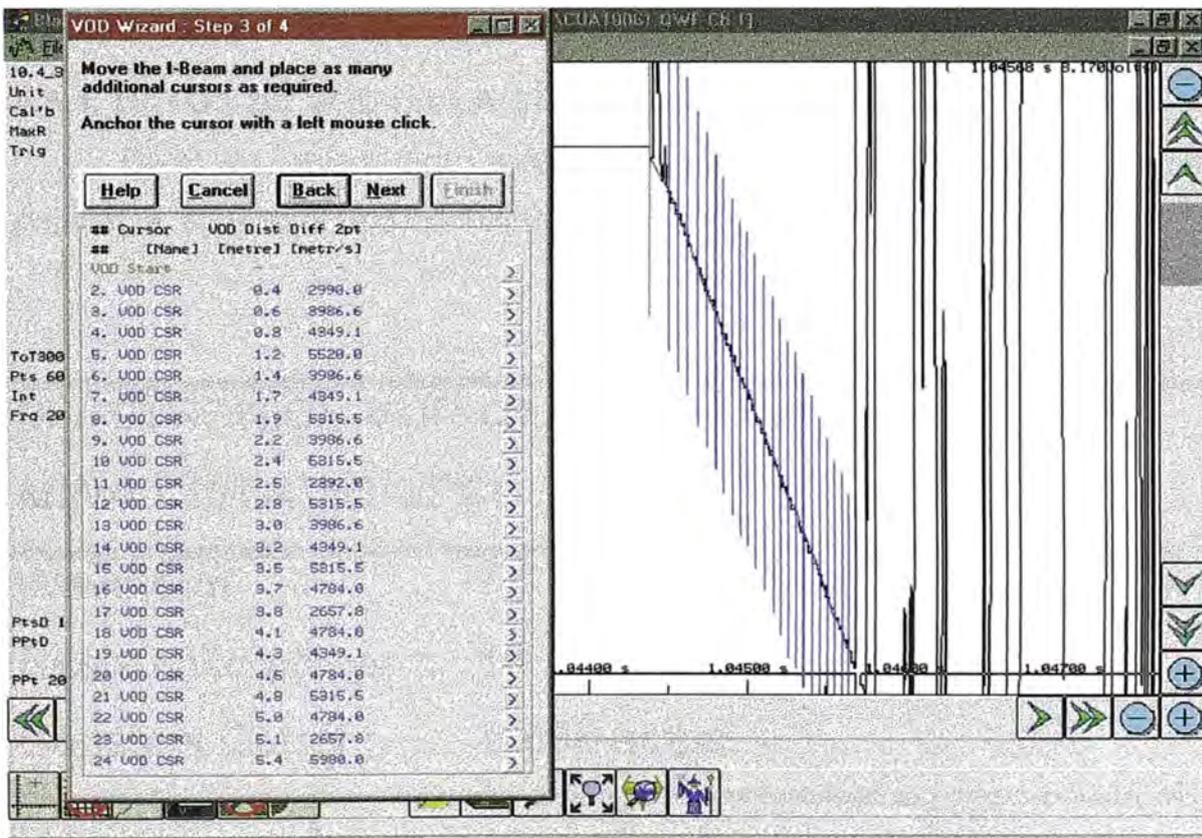


Gráfico N° 05. Muestra valores parciales de la VOD

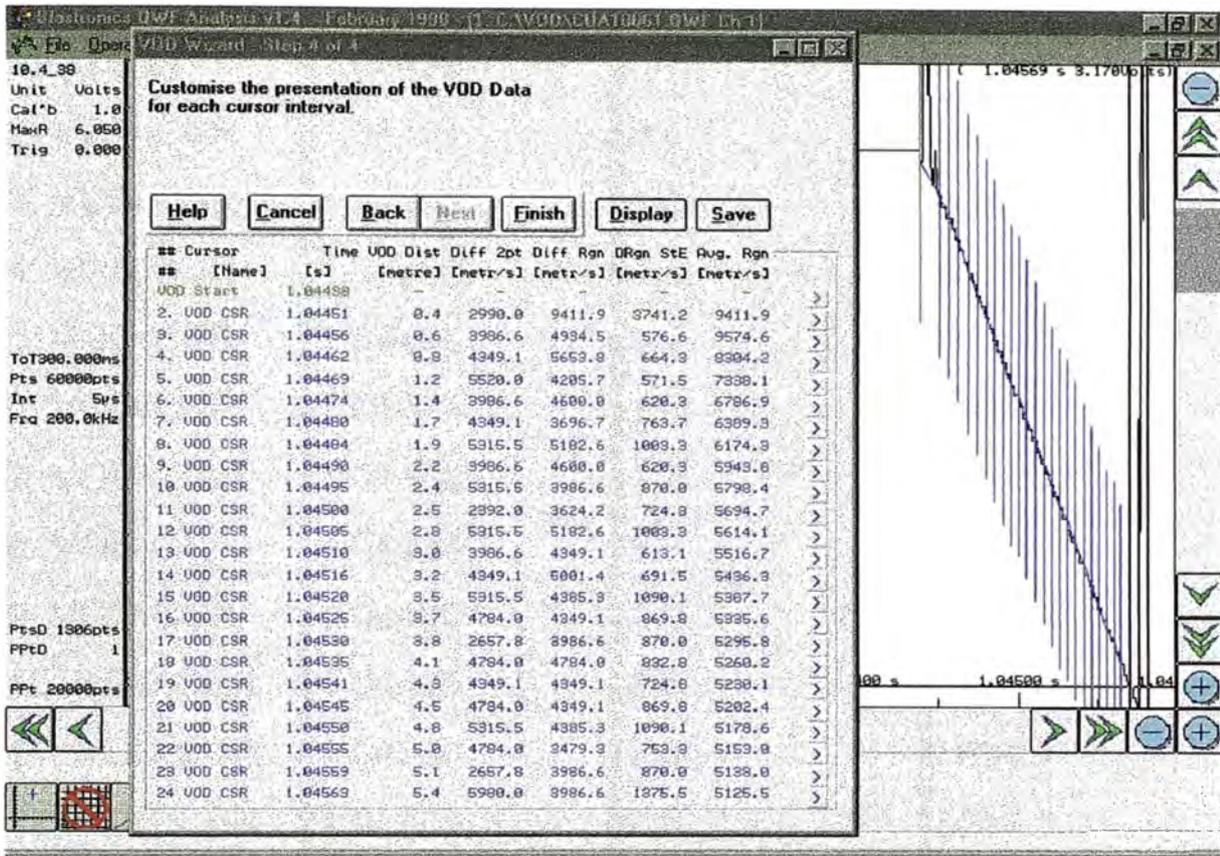


Gráfico N° 06: Muestrar valores promedios de la VOD.

4.5.1. DATOS DE VOD EN LA COLUMNA EXPOSITIVA

En el siguiente cuadro están registradas las VODs de toda la columna explosiva, (desde el booster hasta el contacto del explosivo con el taco).

BLASTRONICS VOD DATA ANALISIS			
MINA CUAJONE SPCC			
Waveform	:	1.C : \VOD\CUA01061.QWF Ch 1	
Resistance probe	:	10.4 omhs per metre	
Constant Current	:	0.038 amps.	
## Cursor	Time	VOD Dist.	Avg Rgn

## [Name]	[s]	[metre]	[mts/s]
VOD Star	1.04438	-----	
2. VOD CSR	1.04451	0.4	9411.9
3. VOD CSR	1.04456	0.6	9574.6
4. VOD CSR	1.04462	0.8	8304.2
5. VOD CSR	1.04469	1.2	7338.1
6. VOD CSR	1.04474	1.4	6786.9
7. VOD CSR	1.04480	1.7	6389.3
8. VOD CSR	1.04484	1.9	6174.3
9. VOD CSR	1.04490	2.2	5943.8
10. VOD CSR	1.04495	2.4	5798.4
11. VOD CSR	1.04500	2.5	5694.7
12. VOD CSR	1.04505	2.8	5614.1
13. VOD CSR	1.04510	3.0	5516.7
14. VOD CSR	1.04516	3.2	5436.3
15. VOD CSR	1.04520	3.5	5387.7
16. VOD CSR	1.04525	3.7	5335.6
17. VOD CSR	1.04530	3.8	5295.8
18. VOD CSR	1.04535	4.1	5260.2
19. VOD CSR	1.04541	4.3	5230.1
20. VOD CSR	1.04545	4.5	5202.4
21. VOD CSR	1.04550	4.8	5178.6
22. VOD CSR	1.04555	5.0	5153.0
23. VOD CSR	1.04559	5.1	5138.0
25. VOD CSR	1.04563	5.4	5125.5

Cuadro N°01

4.5.2. VELOCIDAD REGIMEN

Es la velocidad en la cual esta se hace más estable (ver gráfico en la siguiente página), y se puede determinar la velocidad de detonación de la columna explosiva y con ello calcular la Presión de Detonación usando la siguiente formula.

$$P_{det} = 250 \times \rho_{det} \times VOD^2$$

4.6. ANALISIS Y COMENTARIOS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Para realizar el análisis se recupera la señal captada por el software donde se procede a picar en todo lo largo de la caída de voltaje el cual nos dará el tiempo real de salida del taladro con el que se puede calcular la dispersión de los no eléctricos(PRIMADET) y las velocidades de detonación para evaluar la performance del explosivo.

ANALISIS Y COMENTARIOS DE LA SEÑAL MEDIDA

- Como muestra la señal medida del gráfico N° 3, se observa una señal perfecta captada por el software con un pico al inicio de la señal.
- El software nos permite obtener el tiempo real en que ocurrió la detonación, la cual se produjo a los 1,044.38 ms. Teniendo una dispersión de 0.23 % con referencia al tiempo nominal.
- Luego de la detonación se observa un pico de 0.2 m debido probablemente a la contaminación de este tramo al momento de carguio luego una caída de voltaje pronunciado, alcanzando su velocidad régimen a 5,125.5 mts/seg. a 5.4 mts.
- Para el análisis se ha considerado la opción Avg Rgn; esta es la VOD promedio, calculada para el intervalo entre el actual cursor y el cursor inicial, usando la regresión lineal de todos los puntos.

VELOCIDAD REGIMEN

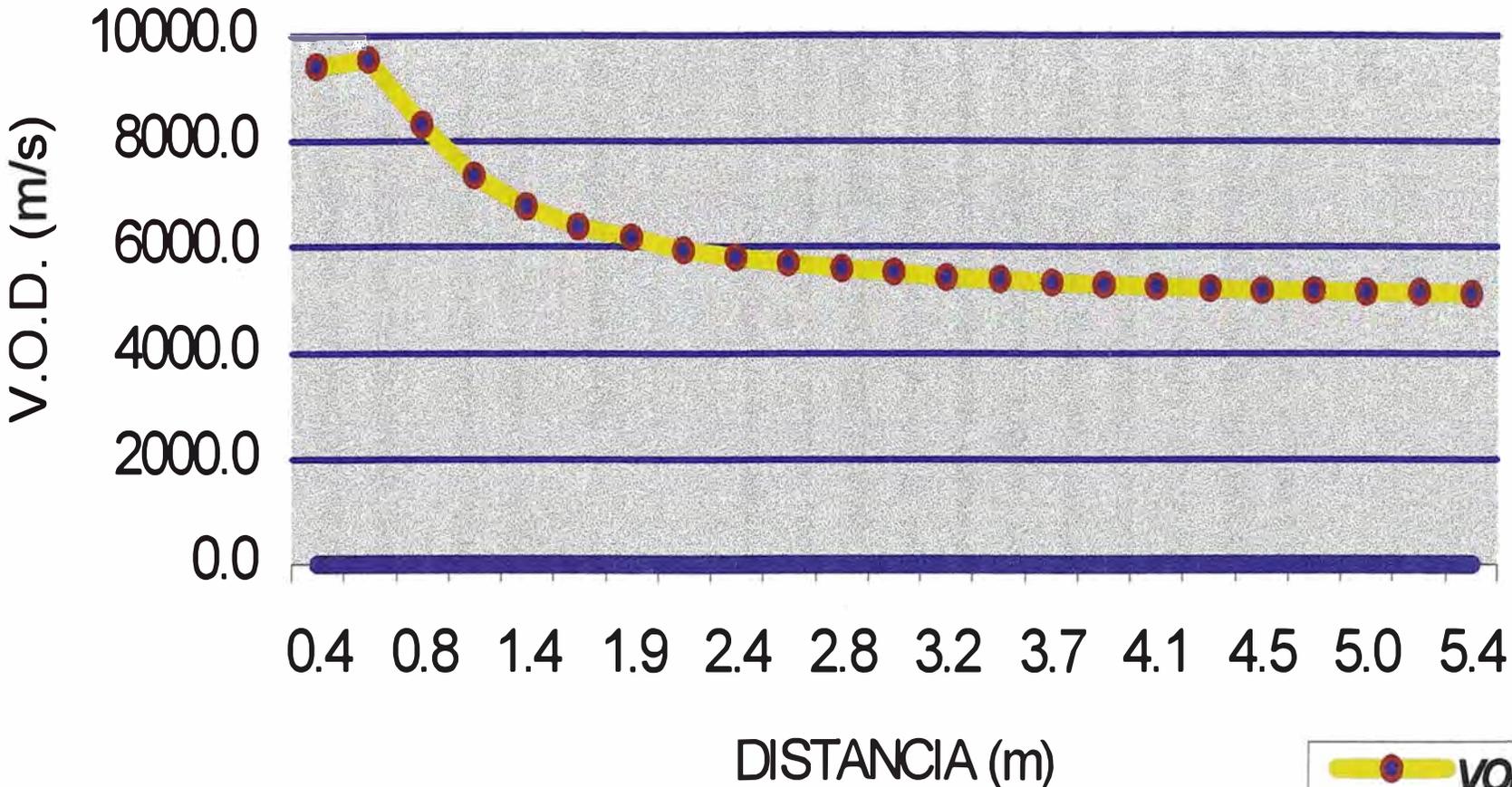


Gráfico N° 07

CAPITULO V

EVALUACION DE LA FRAGMENTACION

5.1. INTRODUCCION

La medición de la fragmentación por voladura es una adición reciente a una extensa familia de aplicaciones de la granulometría. Sin embargo, mientras las partículas pequeñas se pueden medir en laboratorios a través del tamizaje, la centrifugación, la sedimentación, o la microscopía óptica, sólo los métodos ópticos digitales (fotoanálisis) alcanzan algún valor cuando los fragmentos son más grandes, como sucede con las voladuras, la introducción del fotoanálisis como herramienta viable y práctica ha tenido que esperar mejoramientos drásticos recientes en la velocidad, desempeño y costo de cámaras de vídeo y microcomputadoras y, por otro lado, el desarrollo de sistemas de software que puedan reconocer fragmentos de bordes en el material volado, y distinguir un fragmento de otro.

5.2. PREDICCIÓN DE LA FRAGMENTACIÓN

El grado de fragmentación Es un termino genérico que se utiliza para definir la distribución granulométrica del material volado.

Según el tipo de proyecto que se desarrolle la granulometría deseada de la roca puede ser muy diferente. por ejemplo, en minas a cielo abierto el estéril no interesa fracturarlo demasiado, pero si el mineral después se va a triturar y a moler; en canteras de escollera se busca que el mayor porcentaje del volumen de roca corresponda a tamaños muy gruesos, etc. Sobre la fragmentación influyen un gran número de variables controlables, así como las propias características de los macizos rocosos. La optimización de cualquier operación de arranque con explosivos pasa por el conocimiento

previo, aunque sea aproximado, de los tamaños de la roca volada en unas condiciones determinadas.

No existe un método o fórmula de predicción exacta, pero en los últimos años un gran número de investigadores han trabajado en dicho campo llegando a modelos que van desde las simples fórmulas empíricas a complejas simulaciones con ordenador.

A continuación, se expone algunos de los modelos más utilizados en la actualidad.

5.2.1. FÓRMULA DE LARSSON

La ecuación propuesta por Larsson (1993) para la determinación del k_{50} , o abertura de malla cuadrada por la que pasa el 50% del material volado es:

$$K_{50} = s \times e^{(0.58 \times \ln B - 0.145 \times \ln (S/B) - 1.18 \times \ln (CE/c) - 0.82)}$$

Donde:

B = Burden (m).

S/B = Relación Espaciamiento y Burden.

CE = Consumo Específico de explosivo (kg/m^3).

C = Constante de roca. Equivale al consumo específico de explosivo gelatinoso necesario para fragmentar la roca, normalmente varía entre 0.3 y 0.5 kg/m^3 .

S = Constante de volabilidad. Es un factor que tiene en cuenta la heterogeneidad y discontinuidades del macizo rocoso.

Roca muy fisurada y diaclasadas muy próximas s = 0.60

Roca diaclasada	s = 0.55
Roca normal con algunas grietas	s = 0.50
Roca relativamente homogénea.....	s = 0.45
Roca homogénea.....	s = 0.40

5.2.2. FÓRMULA DE LA SVEDEFO (Swedish Detonatic Research Foundation)

La formula original de Larsson no tiene en cuenta el efecto de la altura del banco y la longitud del taco, pero la SVEDEFO ha añadido un término de tal manera que la ecuación final es la siguiente:

$$K_{60} = s \times [1 + 4.67 (T/L)^{2.5}] \times e^{0.29 \ln B^2 (S/1.25)^{1.5} - 1.18 \ln (CE/C)^{-0.82}}$$

Las variables nuevas son:

T = Taco (m).

L = Profundidad del barreno (m).

5.2.3. MODELO KUZ-RAM

Este modelo ha sido desarrollado por Claude Cunningham (1983), de la AECI de Sudáfrica, a partir de la curva de distribución granulométrica de Rosin-Rammler y la fórmula empírica del tamaño medio de los fragmentos procedentes de voladuras dada por V. M. Kuznetsov. El desarrollo del modelo es el siguiente:

a) Fórmula de Kuznetsov

$$T_b = f_r \times (VR_v/Q)^{0.8} \times Q^{1/6}$$

Donde:

T_b = Tamaño medio de los fragmentos de voladuras (cm).

F_r = Factor de roca.

Rocas muy blandas $F_r = 3$ (f = 3 a 5)

Rocas blandas $F_r = 5$ (f = 5 a 8)

Rocas medias $F_r = 7$ (f = 8 a 10)

Rocas duras, fisuradas y duras $F_r = 10$ (10 a 14)

Homogéneas $F_r = 13$ (12 a 16)

(f = Factor de Protodyakonov).

Vr_o = Volumen de roca fragmentada por el taladro (m³).

Q = cantidad de TNT Equivalente a la carga de explosivo dentro del taladro (kg)

Q_b = Carga de explosivo dentro del taladro (kg).

PRP = Potencia relativa en peso del explosivo. (ANFO = 100, TNT = 115)

$$Q_b \times PRP = Q \times 115$$

$$Q = Q_b \times PRP / 115$$

b) Ecuación de Rosin–Ramm-ler

$$PC = e^{-(T_b/T_{bc})^u}$$

Donde :

PC = Proporción de material retenido para abertura de malla T_b

Tb = Abertura de malla.

Tbc = Tamaño característico.

u = Índice de Uniformidad

Como la formula de Kuznetsov da el valor medio de Tb, entonces PC = 0.5, por lo que :

$$Tbc = Tb / 0.693^{1/u}$$

c) Influencia del diseño de la voladura sobre “u”

El valor de “u” determina la forma de la curva granulométrica, y varía comúnmente entre 0.8 y 2.2. Un valor alto indica una fragmentación uniforme, mientras que los valores pequeños reflejan cantidades importantes tanto de finos como de tamaños gruesos.

La influencia que tienen las diferentes variables de diseño de las voladuras sobre el valor de “u” se recoge en la Tabla N° 01.

VARIABLE DE DISEÑO	“u” AUMENTA SI LA VARIABLE
B/D	Disminuye
I/H	Aumenta
S/B	Aumenta
Esquema al Tresbolillo	Aumenta
Precisión de la perforación	Aumenta

Tabla N° 01

El algoritmo de cálculo de “u”, según Cunningham es el siguiente:

$$u = (2.2 - 14B/D) \times ((1+S/B)/2)^{0.5} \times (1 - Ep/B) \times (|lf - lc|/l + 0.1)^{0.1} \times I/H$$

Donde :

D = Diámetro del taladro (mm)

B = Burden (m)

S = Espaciamiento (m)

l = Longitud total de carga (m)

lf = longitud de la carga de fondo (m)

lc = longitud de la carga de columna (m)

H = Altura de banco (m)

Ep = Desviación típica del error de perforación

d) Limitaciones del modelo Kuz- Ram

Las precauciones que deben tomarse con el modelo Expuesto son:

* La relación S/B está aplicada al esquema de perforación y no a la secuencia de encendido. No debe Exceder de 2.

* La fracturación y homogeneidad del macizo requiere un estudio cuidadoso, especialmente, cuando el Espaciamiento entre discontinuidades es más pequeño que la distancia entre taladros.

5.2.4. FORMULA DE DINIS DA GAMA

Considera que la voladura es un proceso de conminución en el que el material fragmentado sigue la ley de distribución siguiente:

$$PC = a \times W^b \times (T_b/B)^c$$

Done:

PC = Porcentaje acumulado de material menor que la fracción de tamaño T_b

W = Energía necesaria para la fragmentación de la roca (kwh/t)

$$W = 10 \times W_i / (k_{80})^{1/2}$$

W_i = Índice de Bond de la roca

k_{80} = Tamaño para el cual pasa el 80% d el material

B = Burden

a, b y c = constantes que dependen de las características de la roca y explosivos

Los valores de las constantes se obtienen resolviendo un sistema de tres ecuaciones con tres incógnitas planteando a partir de los datos de la curva granulométrica de una muestra representativa del material volado.

5.3 CALIBRANDO WIPFRAG CON KUZ-RAM

El más grande escepticismo que circunda los resultados Wipfrag han sido los índices de uniformidad (u) extraordinariamente alta. Como se había mencionado anteriormente "u" varía entre 0.8 y 2.2 y con el Wipfrag oscila entre 2.5 y 3.5. el Wipfrag ha acomodado este intervalo como un multiplicador para el software; por lo que el Kuz-Ram es una herramienta efectiva para la calibración del WipFrag.

La siguiente ecuación que muestra Cunningham da un acercamiento para el índice de uniformidad (u) a partir de la distribución de Rosim-Rammler.

$$u = (2.2 - 14B/D) \times ((1+S/B)/2)^{0.5} \times (1 - Ep/B) \times (|lf - lc|/l + 0.1)^{0.1} \times I/H$$

La ecuación anterior implica que conociendo el modelo del disparo se puede determinar el coeficiente de uniformidad. Considerando la aceptación del método de Kuz-Ram para la estimación del coeficiente de uniformidad, se sugiere que el modelo de uniformidad usado para la calibración del WipFrag es el siguiente:

$$F_c = u_{KR} / u_{WF}$$

Donde :

F_c = Factor de calibración para el índice de uniformidad del WipFrag.

u_{KR} = Índice de uniformidad predeterminado por Kuz-Ram.

u_{WF} = Índice de uniformidad calibrado desde el WipFrag.

WipFrag convierte las mediciones de áreas del segmento de la red 2-D en pesos y volúmenes 3-D de fragmento usando la función matemática "unfolding". Los factores de corrección rotan y se trasladan a la línea recta Rosin Rammler provista con los datos wipfrag en coordenadas log-log.

5.4. MEDICION DE FRAGMENTACION METODO WIPFRAG

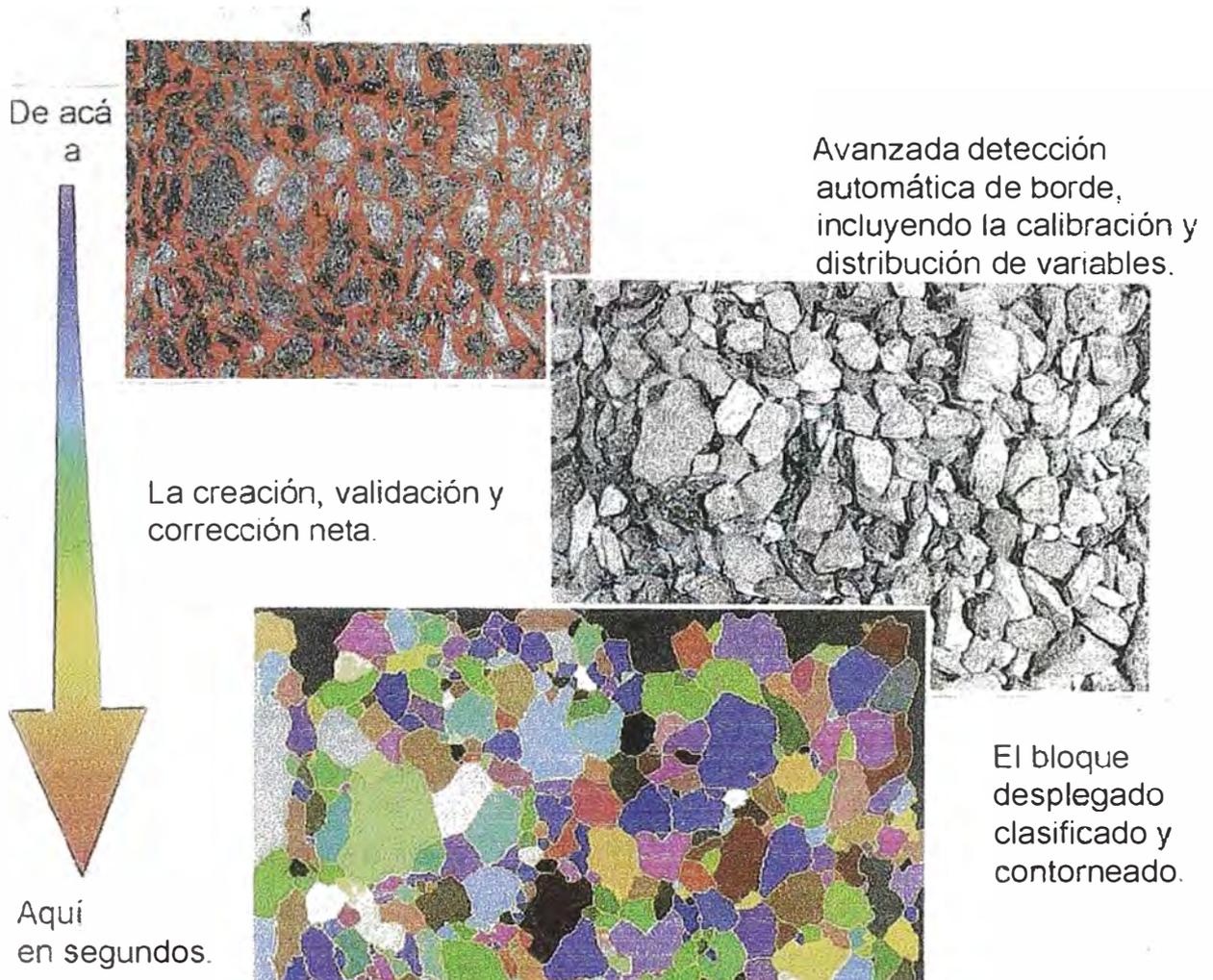
El software de análisis de imagen **Wipfrag** es el producto final de más de diez años de investigación, y ha sido desarrollado y probado en una amplia gama de aplicaciones.

WipFrag comienza con una imagen en vídeo de la roca quebrada y lo convierte en una "red" de fragmentos. Luego mide la red, muestra y

determina una selección estadística de fragmentos y gráficos. **WipFrag** le permite comparar la red resultante con la imagen de la roca y corregir inexactitudes por medio de edición manual con mouse.

Para nuestro caso Wip Frag, considerado como el valor real, toma como fuente de filamacion fija del disparo por un tiempo minimo de 15 segundos y la fotografia digital. Los disparos fueron en su mayoria fotografiados, siendo los dos primero filmados. En promedio por cada disparo se tiene 4 filamciones o fotografias. Las fotografias o filmaciones son tomadas al 10%, 50% y 90% del avance del frente de minado.

El aporte puede ser desde a fonografía, 35mm de diapositiva, cámara digital o reproducción de video cinta.



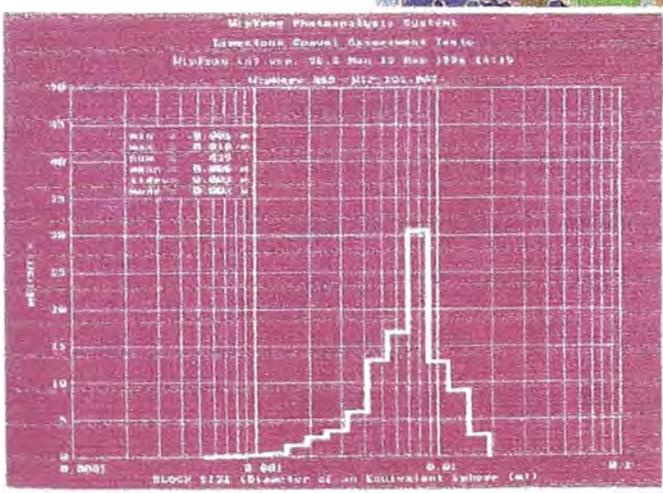
De acá a

Avanzada detección automática de borde, incluyendo la calibración y distribución de variables.

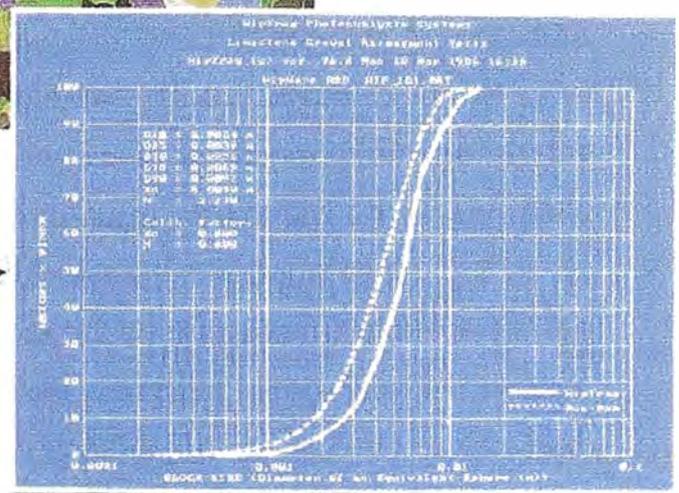
La creación, validación y corrección neta.

El bloque desplegado clasificado y contorneado.

Aquí en segundos.



Histogramas.



Distribución de la curva del tamaño acumulativo.

Gráfico N° 08

La zona donde se realizaron los disparos corresponden a los niveles del lado norte de la mina, los tipos de roca: Toba Cristal (TC), Latita Porfírica (LP), Andesita Intrusiva (IA) y Andesita Basáltica (BA). Estas tres ultimas rocas son alteradas y son las que estan inmediatamente debajo de las rocas volcánicas (Toba Cristal).

Wip Frag analizará 5 disparos (disparos 14, 18, 20, 21 y 22 realizados en febrero y marzo de 1999) y de estos agruparemos en dos para realizar algunas comparaciones.

- a) Los disparos 18, 20; realizados en Toba Cristal (TC). La diferencia del factor de carga no es significativa, la mayor diferencia es el diametro del taladro, burden y espaciamiento; en el disparo 18, la columna de stemming es 8.5 metros y el disparo 20 es 8 metros; estas columnas corresponden a un factor de carga igual si se cargara con ANFO solamente. La diferencia en la granulometria de ambos disparos es significativo: con diamtreo de 12 ¼ pulgadas de broca se obtiene mejor fragmentacion.
- b) Los disparos 14, 21 y 22, fueron realizados en la zona mineralizada (LP, IA, BA) el menor tamaño de los fragmentos está dado principalmente por el grado de alteración de la roca, sin tener mucha influencia, los parámetros de perforación y voladura utilizados. El tamaño de fragmentos de los disparos en el nivel 3415 son bastante similares, a pesar de tener cambios en los parámetros de perforación y voladura; el disparo 14 es de malla 9m x 10m, con broca 13 ¾ pulgadas y los disparos 21, 22 es de malla 9.5m x 11m con broca de 12 ¼ pulgadas. La diferencia en factor de carga es por que se utiizaron diferentes explosivos: ANFO en disparo 14 y HEAVYANFO en disparo 21 y 22; esto significa que si en ambos disparos se hubiese utilizado el mismo explosivo ANFO o HANFO el factor de carga seria el mismo.

5.5. APLICANDO EL SOFTWARE WIPFRAG

CARACTERISTICAS DEL DISPARO N° 14

NIVEL : 3415
TIPO DE ROCA : LP
LONGITUD DE CARGA : 8.5 m(ANFO)
PROFUNDIDAD DE TALADRO : 17.5 m
MALLA : 9 m x 10 m

CARACTERISTICAS DEL DISPARO N° 18

NIVEL : 3460
TIPO DE ROCA : TC
LONGITUD DE CARGA : 8.0 m(ANFO)
PROFUNDIDAD DE TALADRO : 16.5 m
MALLA : 8 m x 9 m

CARACTERISTICAS DEL DISPARO N° 20

NIVEL : 3460
TIPO DE ROCA : TC
LONGITUD DE CARGA : 8.5 m(ANFO)
PROFUNDIDAD DE TALADRO : 16.5 m
MALLA : 8 m x 9 m

CARACTERISTICAS DEL DISPARO N° 21

NIVEL : 3415
TIPO DE ROCA : LP/BA
LONGITUD DE CARGA : 5.5 m(ANFO)
PROFUNDIDAD DE TALADRO : 16.5 m
MALLA : 9.5 m x 11 m

CARACTERISTICAS DEL DISPARO N° 22

NIVEL : 3415
TIPO DE ROCA : LP/BA/IA
LONGITUD DE CARGA : 5.5 m(ANFO)
PROFUNDIDAD DE TALADRO : 16.5 m
MALLA : 9.5 m x 10.5 m

5.6. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

5.6.1. EVALUACION POR DISTRIBUCION DE TAMAÑO

DISPARO N° 14

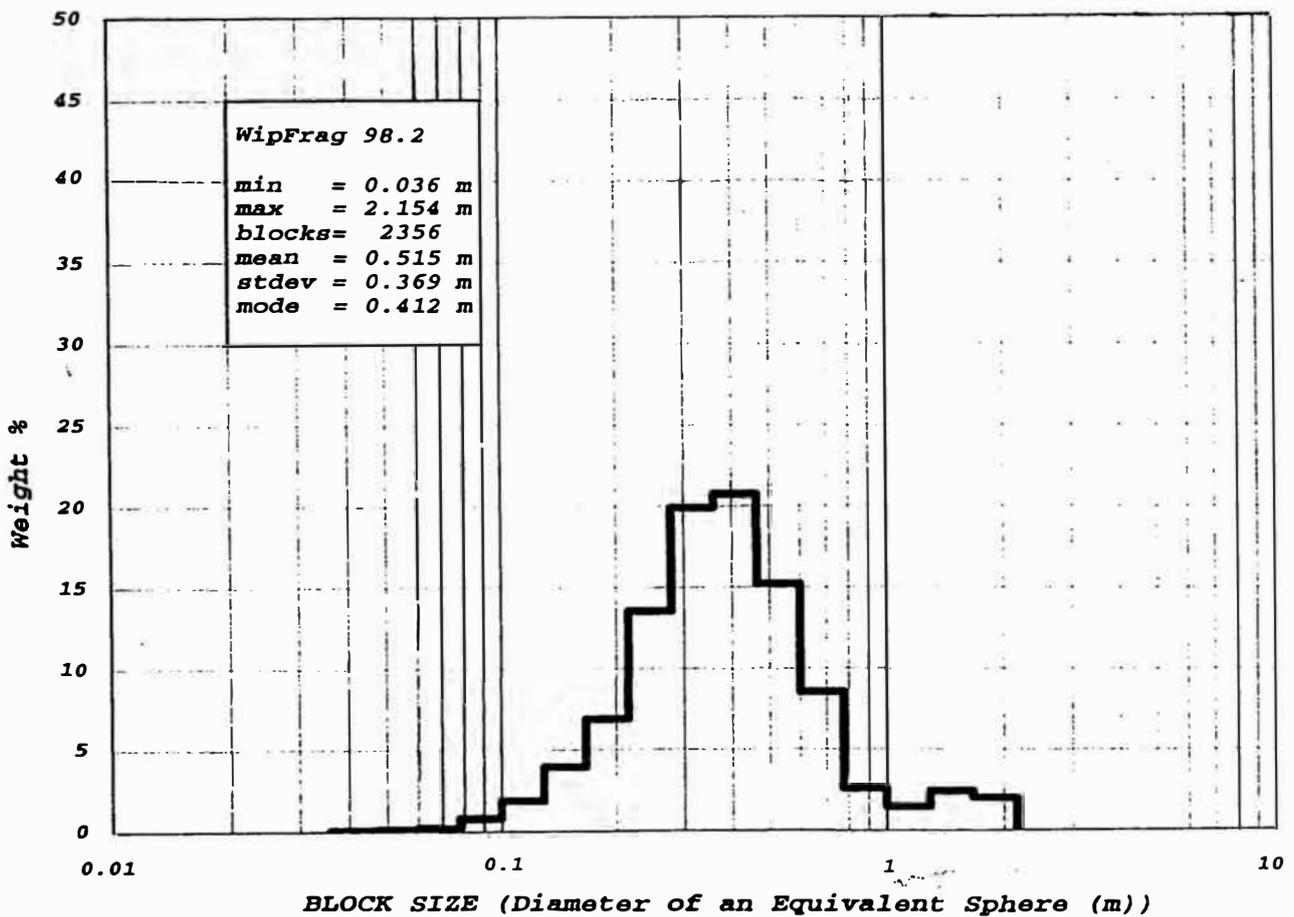
Número de tomas : 03

MINA CUAJONE

DISPARO 14 / 3415 ACUMULADO IMAGENES 1, 2 Y 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 16:17

Enaex Explosivos Industriales ID = Mergod Analysis



DISPARO N° 18

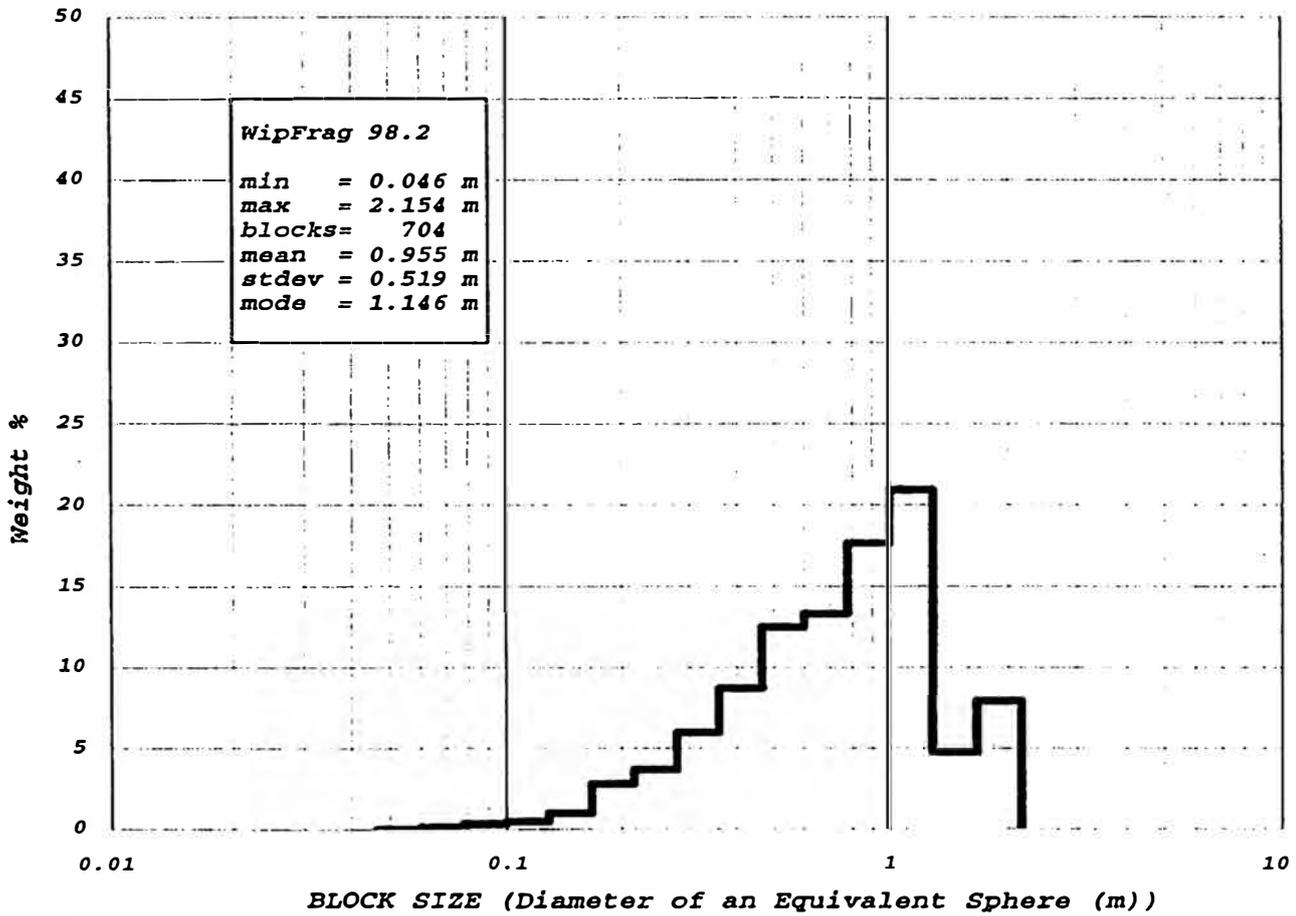
Número de tomas : 05

MINA CUAJONE

DISPARO 18 / 3460 ACUMULADO IMAGENES 1, 2, 3, 4, 5

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 04 Mar 1999 15:12

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



DISPARO N° 21

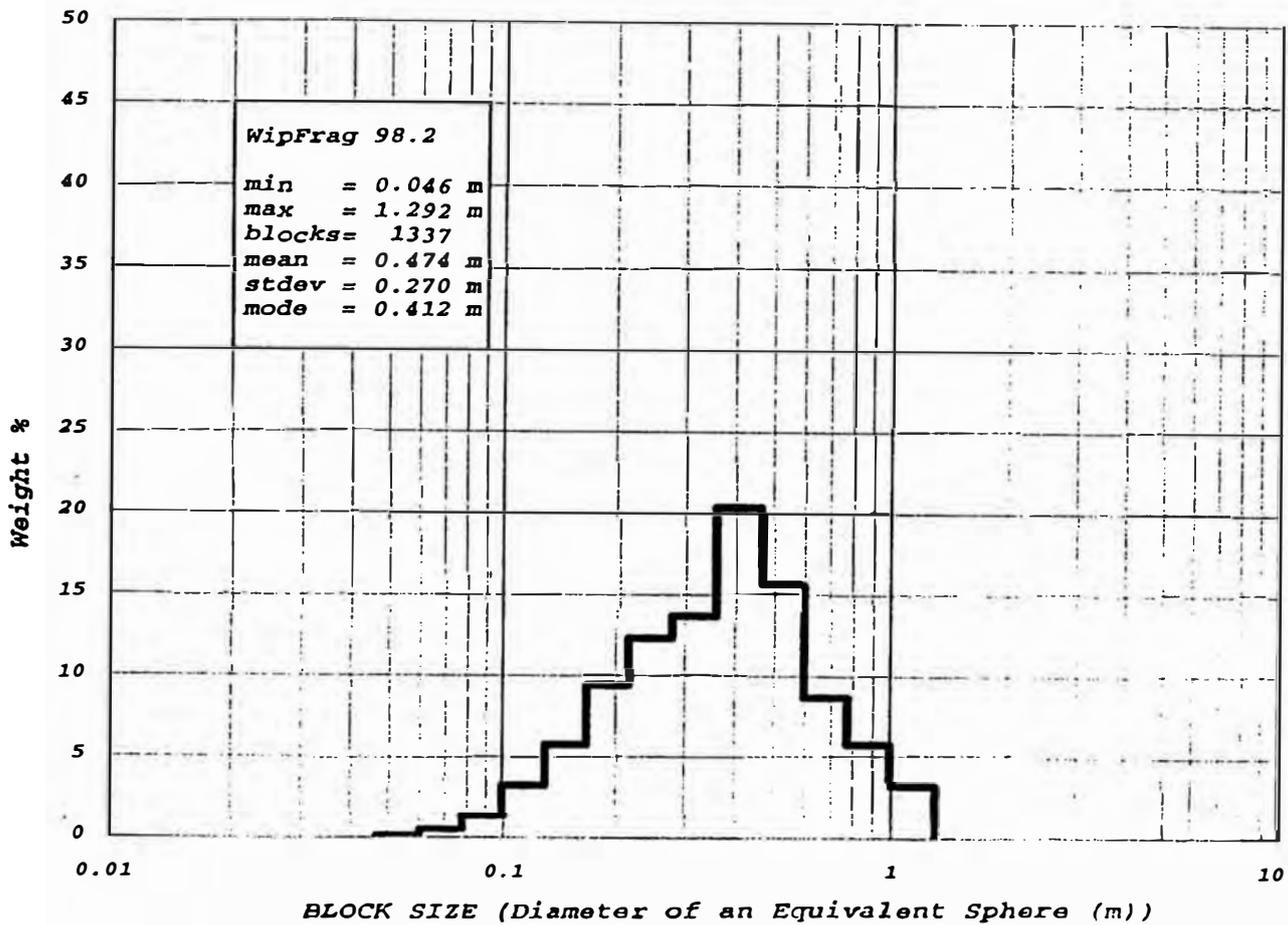
Número de tomas : 04

MINA CUAJONE

DISPARO 21 / 3415 ACUMULADO IMAGENES 1, 2, 3, 4

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 18 Mar 1999 15:36

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



DISPARO N° 22

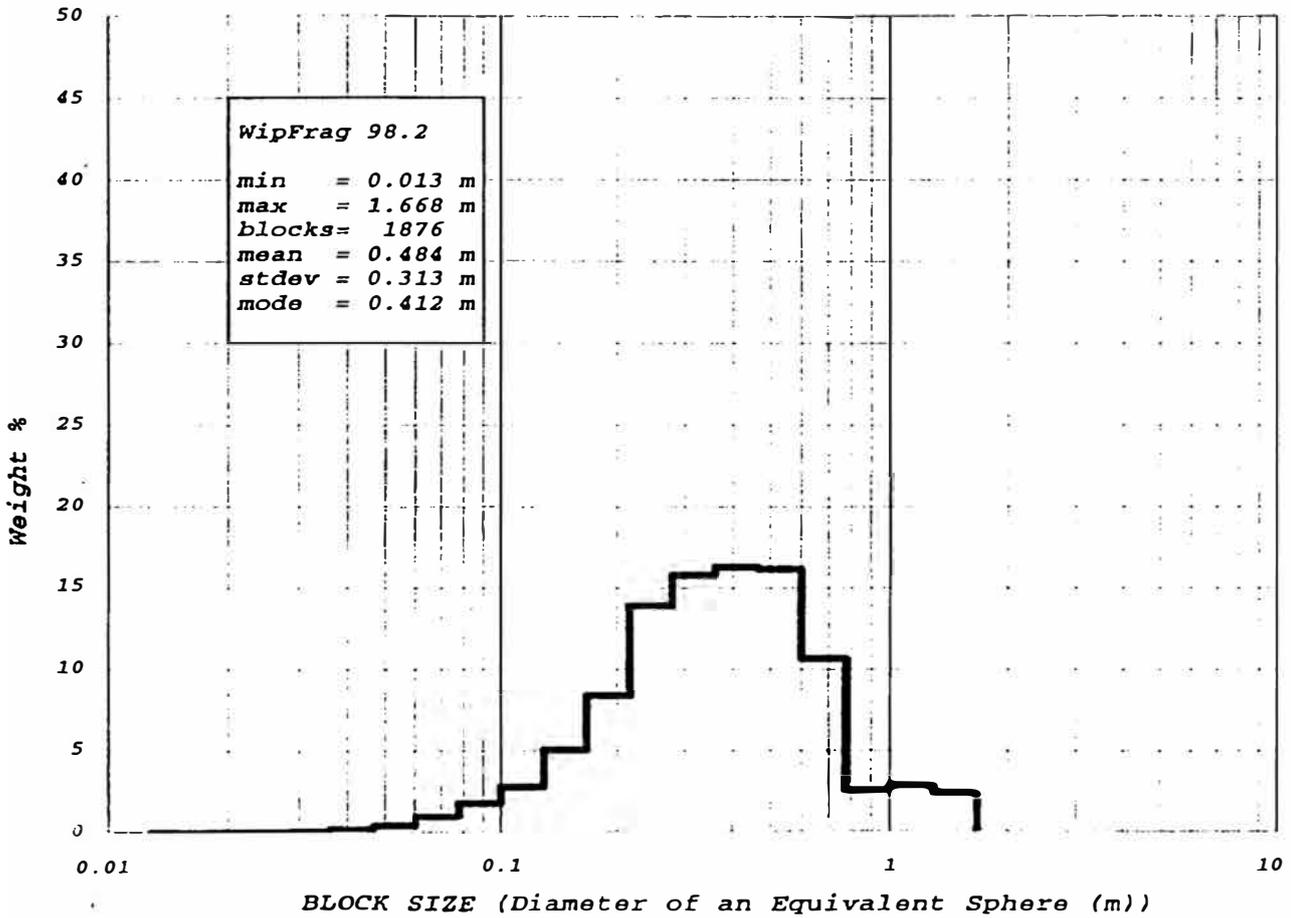
Número de tomas : 04

MINA CUAJONE

DISPARO 22 / 3415 ACUMULADO IMAGENES 1, 2, 3, 4

WipFrag (c) ver. 98.2 Fri. 19 Mar 1999 07:56

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



5.6.2. HISTOGRAMAS LOGARITMICAS

DISPARO N° 14

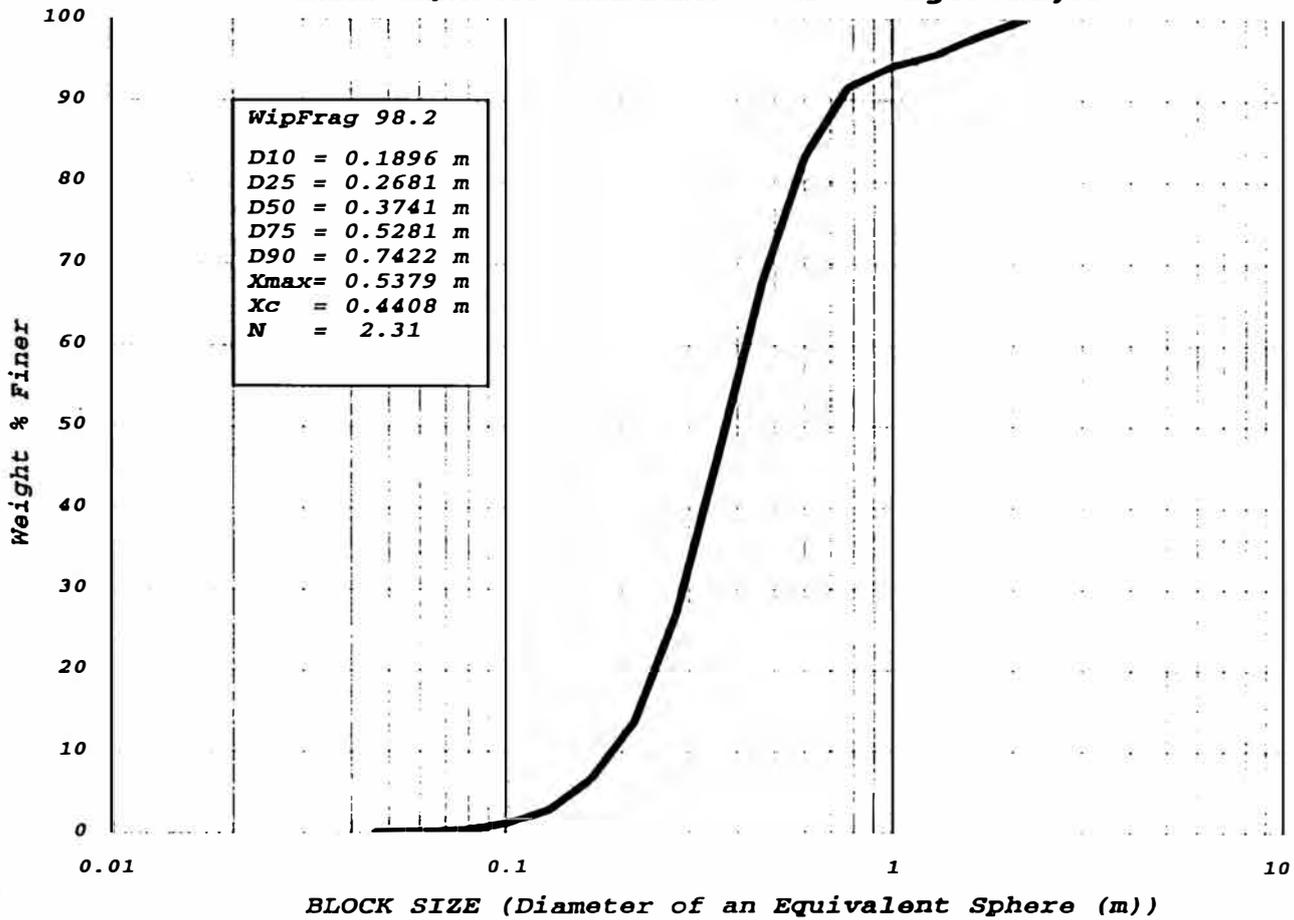
Número de tomas : 03

MINA CUAJONE

DISPARO 14 / 3415 ACUMULADO IMAGENES 1, 2 Y 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 16:17

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



DISPARO N° 18

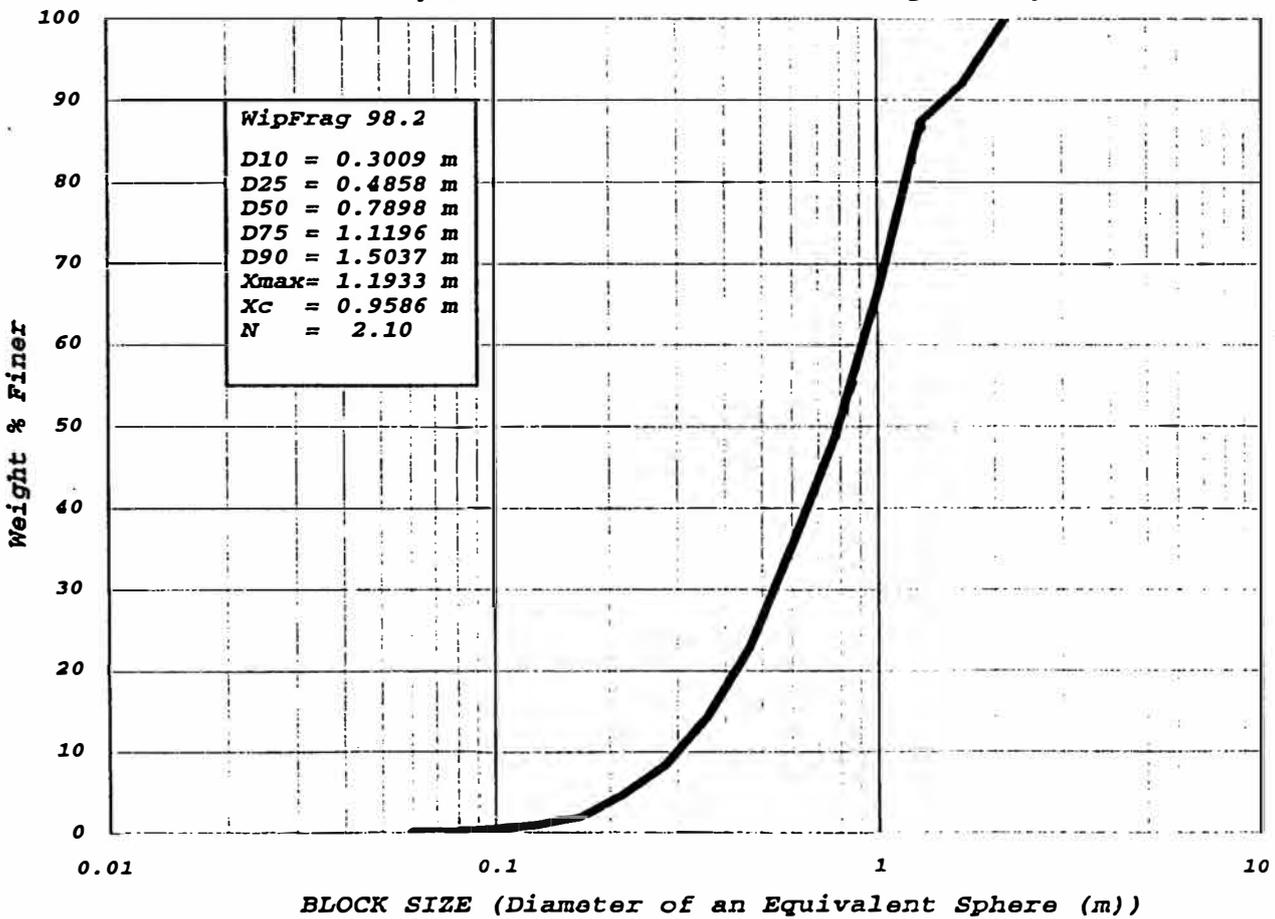
Número de tomas : 05

MINA CUAJONE

DISPARO 18 / 3460 ACUMULADO IMAGENES 1, 2, 3, 4, 5

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 04 Mar 1999 15:12

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



DISPARO N° 20

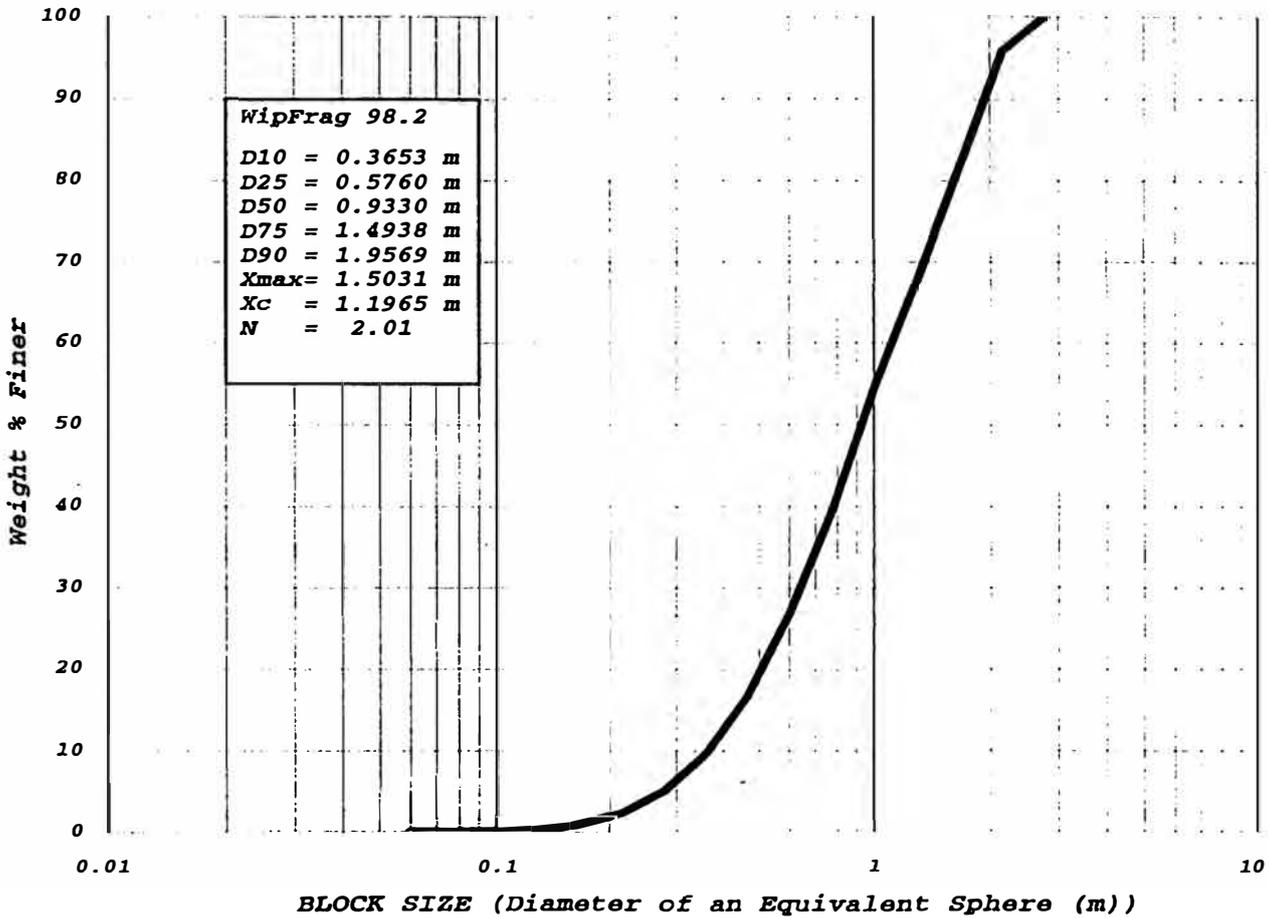
Número de tomas : 06

MINA CUAJONE

DISPARO 20 / 3460 ACUMULADO IMAGENES 1, 2, 3, 4, 5, 6

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 10:32

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



DISPARO N° 21

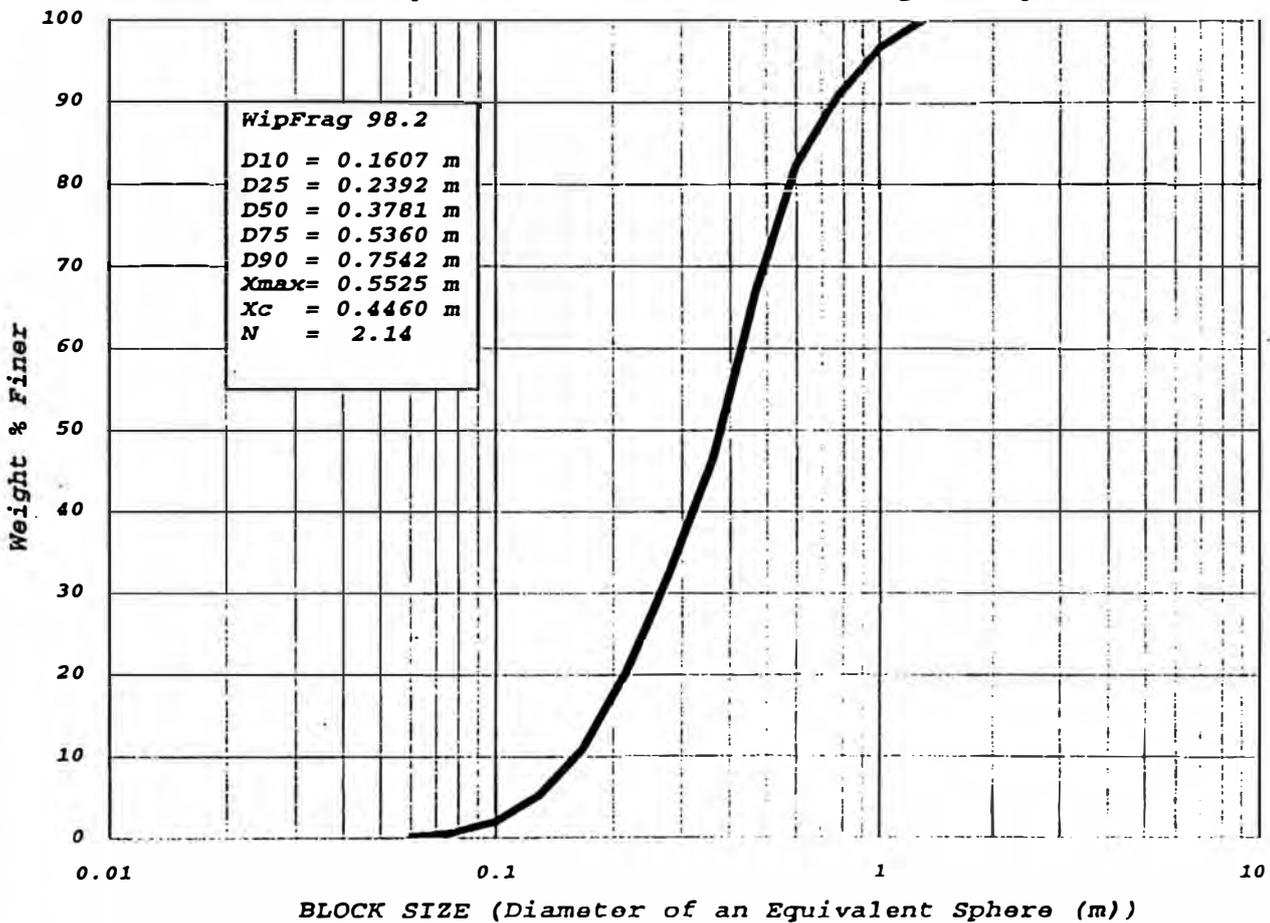
Número de tomas : 04

MINA CUAJONE

DISPARO 21 / 3415 ACUMULADO IMAGENES 1, 2, 3, 4

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 18 Mar 1999 15:36

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



DISPARO N° 22

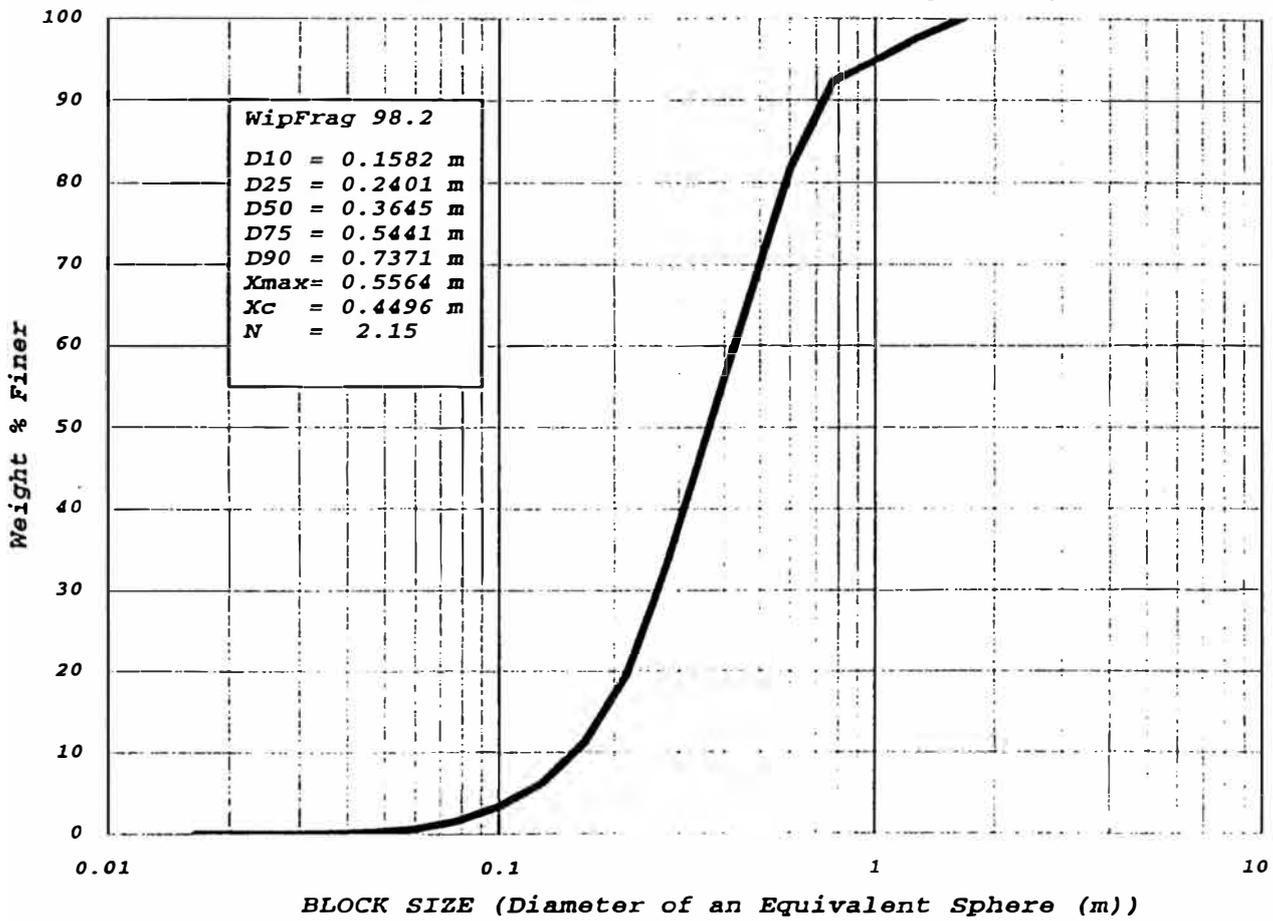
Número de tomas : 04

MINA CUAJONE

DISPARO 22 / 3415 ACUMULADO IMAGENES 1, 2, 3, 4

WipFrag (c) ver. 98.2 Fri. 19 Mar 1999 07:56

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



Como se habia mencionado anteriormente por disparo se tomaron 4 filamciones o fotografias lo mostrado anteriormente son los promedios de las cantidades de tomas en el apendice se muestra los gráficos de cada toma.

5.6.3. CALCULOS ESTADISTICOS PARA LA EVALUACION FINAL

Los cálculos estadísticos se obtienen de los dos gráficos anteriores, y estos permiten la evaluacion final del disparo.

D_n = Diámetro nominal, es decir, el diámetro de una esfera, que tiene el mismo volumen calculado para el fragmento.

D_{50} = La media o 50 percentil, valor de D_n para el cual la mitad del peso de la muestra es mas fino y la otra mitad es mas grueso. En términos de tamizado, es el tamaño de la apertura de la malla a travez del cual 50% pasaría por peso de la muestra.

Bloques = Cantidad de elementos de la red detectada en la imagen.

Max = tamaño máximo del fragmento en imagen D_n (m).

Mean = Es el promedio del tamaño del fragmento, igual a la suma de todos los diametros esfericos equivalentes divididos por el numero total de particulas.

Min = Tamaño mínimo del fragmento en imagen D_n (m).

Mode = Partícula mas comunmente medida, el significado geométrico D_n intervalo de clase tamaño para la clase que contiene la mayor cantidad de elementos de la red.

N = Coeficiente de uniformidad Rosim-Rammler, igual a la pendiente de linea recta Rosin Rammler que lleva la información en coordenadas log-log.

Stdev = Desviación estándar del tamaño del fragmento Dav.

Xc = Tamaño característico, la intercepción de la línea recta Rosin-Rammler que lleva la información Dn WIP FRAG en coordenadas log-log. Esto equivale al D_{63.2}.

Entonces, de los reportes del wip frag, se obtiene el siguiente resumen :

Disparo	Wip Frag			Nivel	Malla	Tipo	Factor Carga
Nº	D50	D90	Prom.		m x m	Roca	Kg/Ton
14 (16feb)	0.374	0.742	0.515	3430	9 x 10	LP	0.85
18(20feb)	0.790	1.503	0.955	3460	8 x 9	TC	1.74
20(24feb)	0.933	1.957	1.197	3460	8 x 9	TC	1.36
21(26feb)	0.378	0.754	0.474	3415	9.5 x 11	LP/BA	1.36
22(28feb)	0.365	0.737	0.484	3415	9.5 x 11	LP/BA/IA	0.94

CAPITULO VI

MONITOREO DE VIBRACIONES

6.1. INTRODUCCION

La vibración de cualquier material es la oscilación de las partículas en torno a su posición de equilibrio. En roca, la velocidad, periodo y amplitud de la oscilación pueden determinar para un tipo de roca dada si esta sufrirá deteriorización o colapsara.

Con la medición de las vibraciones producidas por voladuras en puntos cercanos a ella, se puede estimar la probabilidad de daño que este punto puede sufrir. Adicionalmente es posible relacionar esta vibración con las variables que intervienen en la voladura, pudiéndose usar para predecir las vibraciones producidas por las voladuras subsiguientes.

Desde una perspectiva diferente, el monitoreo de las vibraciones causadas por voladuras, pueden ser utilizadas como herramientas de diagnostico de esta en efecto, la adecuada interpretación del registro de vibraciones permite determinar el grado de interacción entre las variables de una voladura.

De un análisis de registro de vibraciones, es posible determinar entre otro, lo siguiente: cargas detonando en una secuencia de encendido dada; dispersión en los tiempos de encendido de los retardos; detonación deficiente de cargas; detonación instantáneas; detonación de cargas adyacentes por simpatía; y cuantificación de los niveles de velocidad, aceleración y desplazamiento de las partículas de roca.

6.2. INSTRUMENTACIÓN PARA MONITOREO DE VIBRACIONES

La instrumentación es vital y su propósito es localizar transductores en puntos estratégicos a objeto de obtener una base de información consistente y representativa.

Esta pasa por manejar algunos conocimientos de las ondas sísmicas generadas por las voladura a su alrededor, por ejemplo que su transmisión es esférica y su descomposición se traduce en ondas del tipo P, S y R. Estas son las que transportan la energía vibracional, por lo tanto, tener presente sus relevancias que dependen de la geometría, posición de la voladura y sistema estructural, por ejemplo, la onda superficial es de menor amplitud y viaja a más distancias, por lo tanto son importantes su medición en un campo lejano, al contrario de las ondas P y S que son más significativas cerca de la voladura.

La instrumentación que se utiliza para medir las vibraciones de la roca inducidas por voladura, consiste de los siguientes componentes:

TRANSDUCTORES: Geófonos o acelerómetro que se instalan en forma solidaria a la roca.

UN SISTEMA DE CABLES: Encargados de llevar la señal captada por los transductores al equipo de monitoreo.

UN EQUIPO DE ADQUISICIÓN: El cual recibe la señal y la guarda en la memoria

UN COMPUTADOR: El cual tiene incorporado el software requerido para el traspaso de la información desde el equipo Monitor, y su posterior análisis.

6.3. TÉCNICAS DE MEDICIÓN

6.3.1. INSTALACION DE LOS TRANSDUCTORES

La cantidad de información utilizable de cada registro de vibraciones depende de la ubicación y orientación de los transductores. Un transductor instalado próximo (50 m) a una columna de explosivo ve la detonación como una fuente en movimiento debido a la descomposición de la columna en múltiples elementos que detonan en un tiempo finito. La forma de la onda recibida es función de lo siguiente:

Propiedades y cantidad de explosivo

Configuración geométrica de la fuente y detector

Orientación del detector

Propiedades del transductor

Propiedades de la roca (Ejemplo Velocidad de la onda - P)

6.3.2. NÚMERO DE TRANSDUCTORES

El número de transductores usados depende de la información requerida. Si el interés principal es confirmar la detonación de cada una de las cargas en cada retardo), o la medición de la dispersión de los retardos , un transductor y su localización no será muy crítica

Si se desea examinar la contribución de cada carga de la voladura, o si el interés es conocer la forma de la onda por cada componente, la fuente generadora de cada vibración debe ser conocida. Esto requiere una cuidadosa ubicación y número de transductores a utilizar. Para un adecuado análisis de la detonación de diferentes en coordenadas x,y,z , junto a la velocidad de propagación, se necesita un mínimo de 5 transductores.

En la practica, el número de transductores se incrementa según la complejidad del diseño y cantidad de información necesaria. Cuando se utiliza un gran número de deck por cada tiro, en el registro de vibraciones a cada uno de estos deck se le debe asociar una determinada señal de vibraciones, para lo cual se deben instalar geófonos en diferentes profundidades.

El uso de arreglos triaxiales a diferentes profundidades inmediatamente atrás de la voladuras, se utiliza particularmente en voladuras de minas subterráneas. La dirección de movimiento de la bobina móvil al paso de cada vibración determina si el primer arribo de la señal es positivo o negativo, de acuerdo a esto, la dirección de viaje de las ondas y la localización relativa de la fuente emisora puede ser determinada. Un arreglo triaxial permite además calcular el vector suma resultante de la vibración, representando el efecto de la vibración en las tres direcciones.

6.4. CONSIDERACIONES PARA INSTALAR LOS GEOFONOS

Gran parte de las capacidades y ventajas de la técnica de monitoreo de vibraciones descansa en la habilidad para recolectar datos de vibración de buena calidad. La característica de estos datos tiene directa relación con la técnica empleada para instalar y orientar los transductores.

La relación ortogonal entre las 3 componentes de un arreglo triaxial, se logra ubicando cada una de las tres componentes sobre las caras opuestas de un pequeño trozo de barra en ángulo rígido no conductor. Es necesario mantener una disposición de las tres componentes coherentes que asegure al momento de la instalación, que los primeros arribos de las señales sean de signo positivo o negativo, y esto se mantenga constante.

Una vez armado sobre la barra en ángulo (con los bordes conectados), el conjunto es localizado dentro de un trozo de tubo de PVC de

50mm. y sumergido en una mezcla de resina de tipo araldit. Esta resina sirve de aislante eléctrico entre los transductores, y previene además que la relación ortogonal entre las componentes no se vea alterada. De esta forma se logra un elemento integral que puede ser ahora instalado dentro del macizo rocoso, teniendo para ello en consideración los siguientes puntos:

Orientación

Para realizar una adecuada interpretación de los datos de vibración que permitan analizar la secuencia real de iniciación de un determinado número de cargas, en asociación con la posición relativa entre ésta y el transductor, es necesario tener absoluta certeza de la orientación real del transductor a través de tubos de PVC de 50 mm, los que se acoplan en conjunto y que dada la rigidez y longitud permite fijar la orientación definitiva.

Acoplamiento

Una vez que el transductor está ubicado en la perforación de monitoreo y correctamente orientado, su posición debe ser asegurada por medio de cemento con características de hormigón, el cual proporciona mejor acoplamiento. Idealmente el hoyo empleado para ubicar el transductor con su arreglo de tubos debiera ser de igual diámetro, lo que obviamente es impráctico. Se debe en lo posible entonces realizar esta operación dentro de una perforación que tenga la mínima diferencia entre los diámetros, pero que facilite la operación. La idea en definitiva es disminuir la zona de interface entre los dos medios esto es, la roca y el instrumento detector.

Una de las ventajas de los transductores del tipo "bobina móvil", es que después de la instalación ellos pueden ser evaluados en su funcionamiento mediante la simple medición de la resistencia de la bobina.

6.5. MONITOREO CON EQUIPO INSTANTELL MINI MATE PLUS

Para realizar el monitoreo se utilizó dos sismógrafos Instantel Mini Mate Plus con geófonos triaxiales los cuales se colocaron superficialmente en el macizo rocoso (previamente limpiado) luego del cual se puso un peso encima de los geófonos para que con la vibración de los disparos, los instrumentos no alteren los resultados finales.

Los puntos de monitoreo fueron determinados indistintamente a las zonas a cuidar debido a que solo se evaluaría la propagación de las zonas a travez de determinado medio (macizo rocoso).

Con el Mini Mate, se calcula la velocidad Pico Particula (PPV), frecuencia en el cruce cero (ZC Freq), aceleración del Pico, el desplazamiento del Pico en los ejes transversal, vertical y longitudinal y el Pico del Vector Suma.



Gráfico N° 09

El Software. Blast Ware III incluye numerosos estándares nacionales de frecuencia con la que mejor se adecua es el United State Bureau of Mines (UBBM) de los EEUU, ya que definen una velocidad crítica de 50mm/s por frecuencias mayores a 50 Hz.

CARACTERISTICAS DEL DISPARO MONITOREADO :

Fecha	: 20-Mar.-99
Nivel	: 3445
Malla B x S	: 9 m x 10 m
Altura de Banco	:15 m
Tipo de Roca	:LP
Densidad del material (tm/m ³)	:2.9
Nº de taladros disparados	:73
Diametro de taladro	:12 ¼"
Profundidad del taladro	:17
Taco	: 2 m
Cantidad de carga por taladro	:Anfo 478 Kg y Heavy
Anfo (64) 826 kg	
Tiempos entre fila y fila	: 100 mm/s
Tiempos entre taladro y taladro	:17 y 42 mm/s
Distancia del disparo al primer sismografo	:711.41 m
Distancia del disparo al segundo sismografo	:644.99 m

6.6. RESULTADOS Y ANALISIS DE REPORTES DE VIBRACIONES

De los 24 disparos registrados, se analizará solamente uno cuyos datos estan mostrados lineas arriba; los demas reportes que servirán para el modelamiento por tipo de roca, se muestran en el Capítulo de Apendices.

Entonces de los reportes se tiene:

Para el Sismógrafo N°1 (BE 6307) el pico del vector Suma es 5.08 mm/s a 577 mseg.

Para el Sismógrafo N°2 (BE 6308) el pico del vector Suma es 7.68 .mm/s a 306 mseg.

En este monitoreo se registró bajas vibraciones debido a que el disparo tenia cara libre y material disparado en su contorno, lo cual originó que se disipe las vibraciones, cabe señalar que los sismógrafos estubieron ubicados en: sismg. 01 a 711.41 m y sismg 02 a 644.99 m.

Para el Sismógrafo N°2 (BE 6308) el pico del vector Suma es 7.68 .mm/s a 306 mseg.

El disparo fue en LP. Y los Simografos estuvieron ubicados en LP sismg. 01 y LP/IA sismg.02, pero la onda fue transmitida en rocas diferentes.
LP/IA

Event Report

Time Long at 15:59:02 March 20, 1999
Trigger Source Geo: 2.00 mm/s
Trigger Level Geo: 31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Record Number: 2031

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by Instante! Inc.
File Name H3077F27.2E0
Scaled Distance 21.9 (500.0 m, 521.0 kg)

Station:
Event Name:
General:

Additional Notes

Event Notes

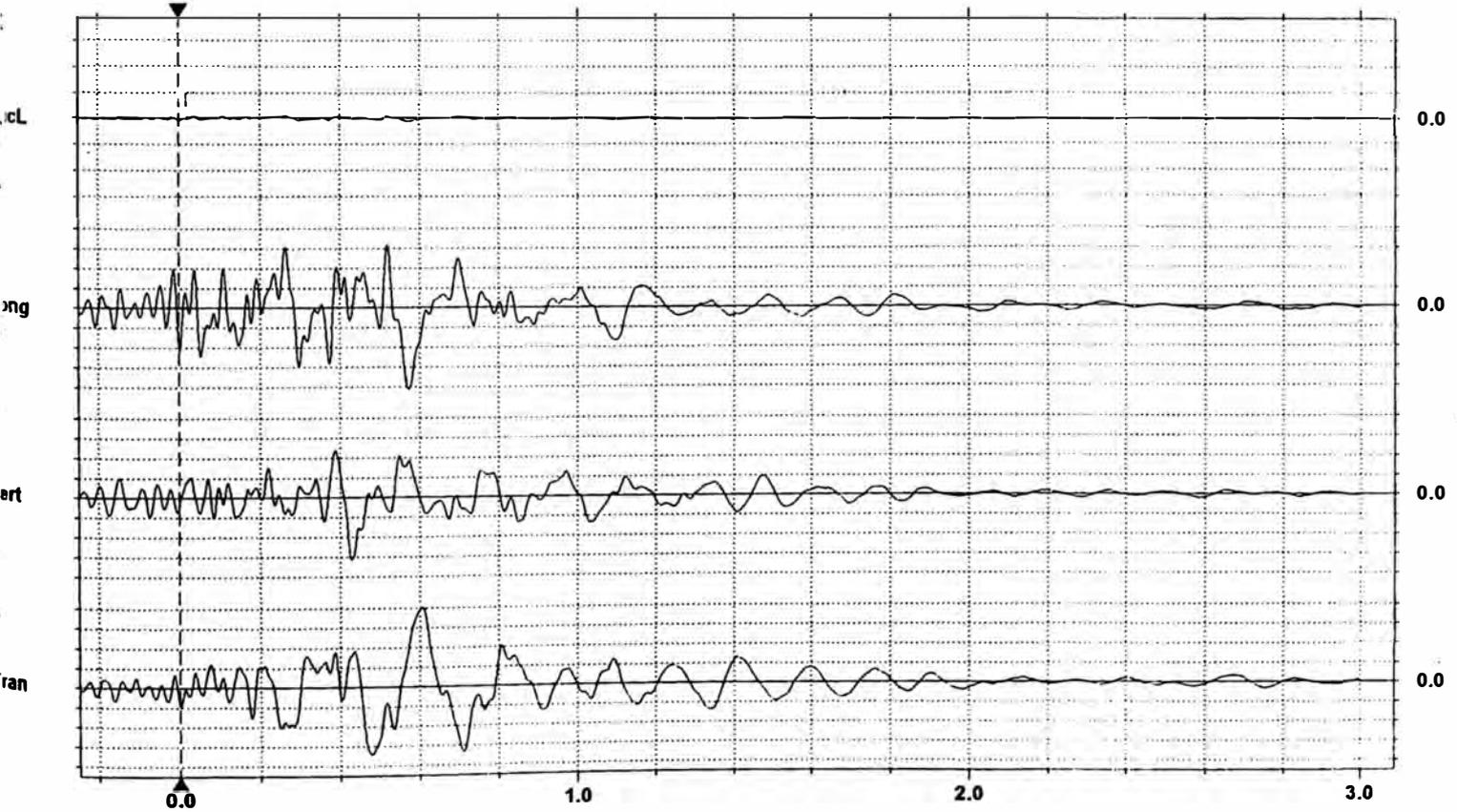
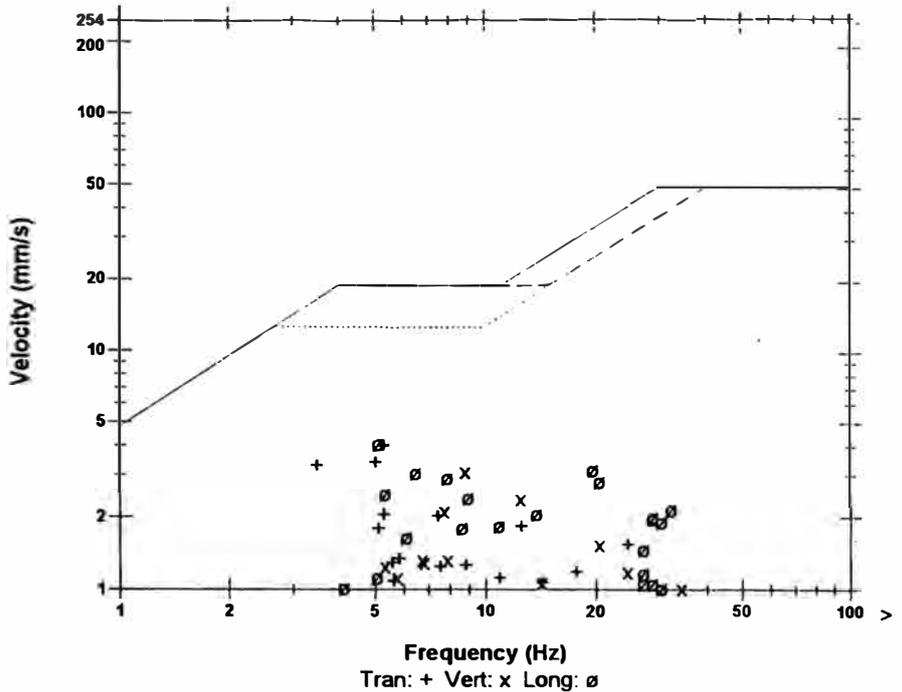
Microphone Linear Weighting
Preamp Gain (PL) 1.25 pa.(L) at 0.568 sec
Frequency 9.8 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long
--	------	------	------

Velocity	4.03	3.13	4.10	mm/s
Frequency	5.3	8.8	5.1	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.605	0.429	0.572	sec
Peak Acceleration	0.0249	0.0282	0.0514	g
Peak Displacement	0.109	0.0495	0.0833	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 5.08 mm/s at 0.577 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 1.000 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Date/Time: Vert at 15:58:35 March 20, 1999
 Trigger Source: Geo: 2.00 mm/s
 Range: Geo: 31.7 mm/s
 Record Time: 3.0 sec at 1024 sps
 Job Number: 2032

Serial Number: BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level: 6.2 Volts
 Calibration: September 18, 1998 by InstanTel Inc.
 File Name: H3087F27.1NO
 Scaled Distance: 21.9 (500.0 m, 520.0 kg)

Location:
 Event:
 Operator Name:
 Operator:

USBM RI8507 And OSMRE

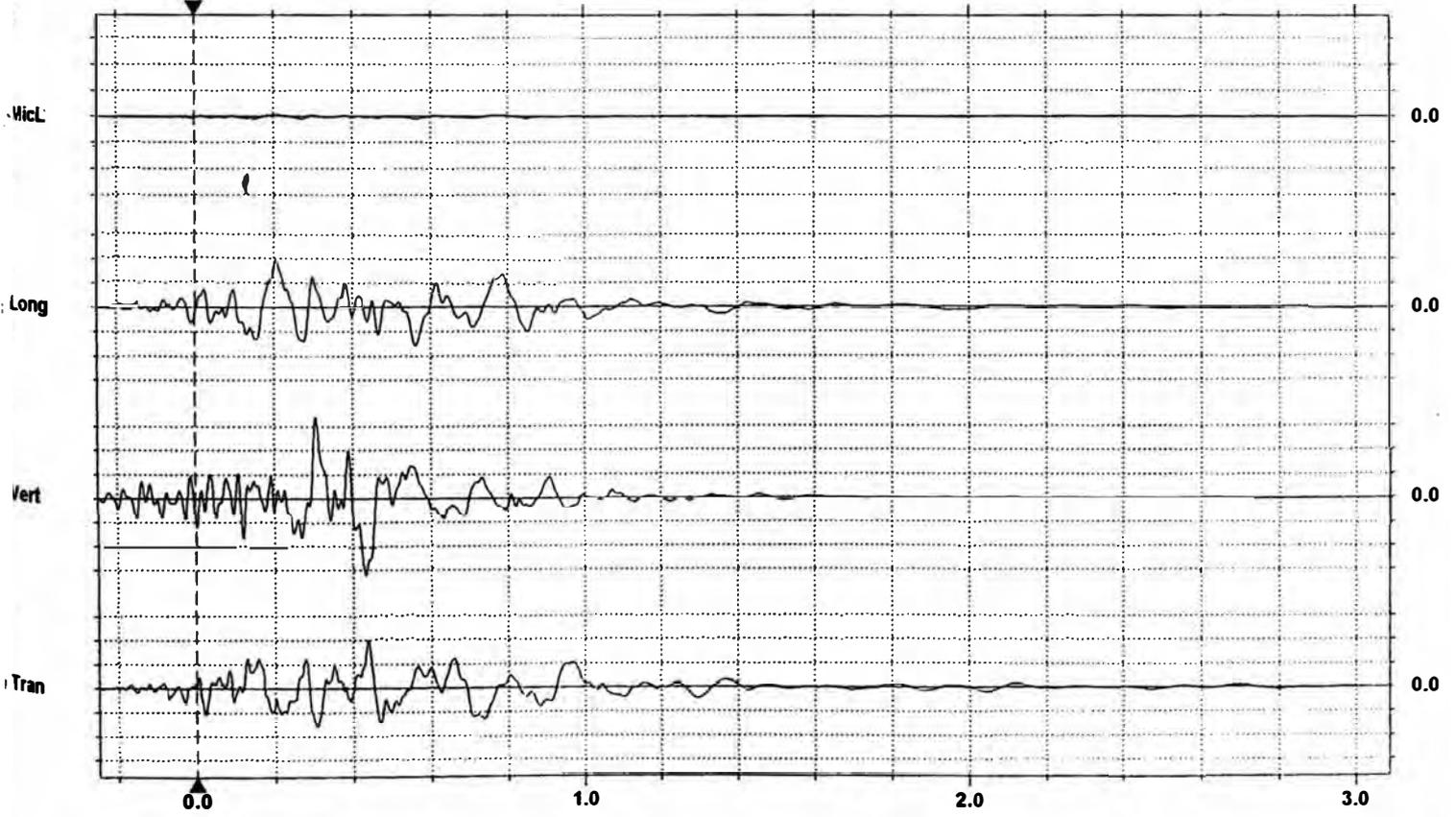
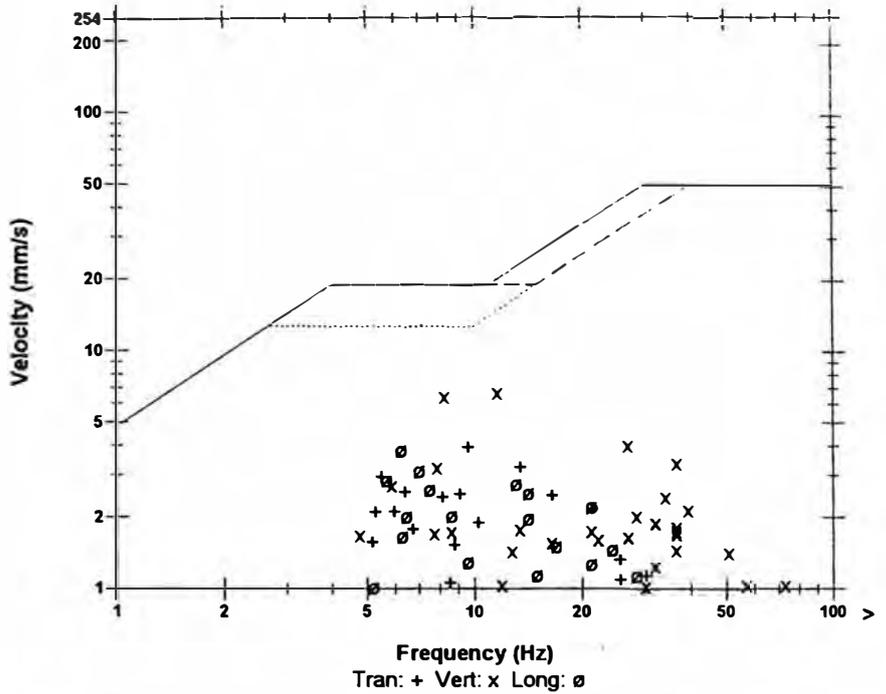
Extended Notes

First Event Notes

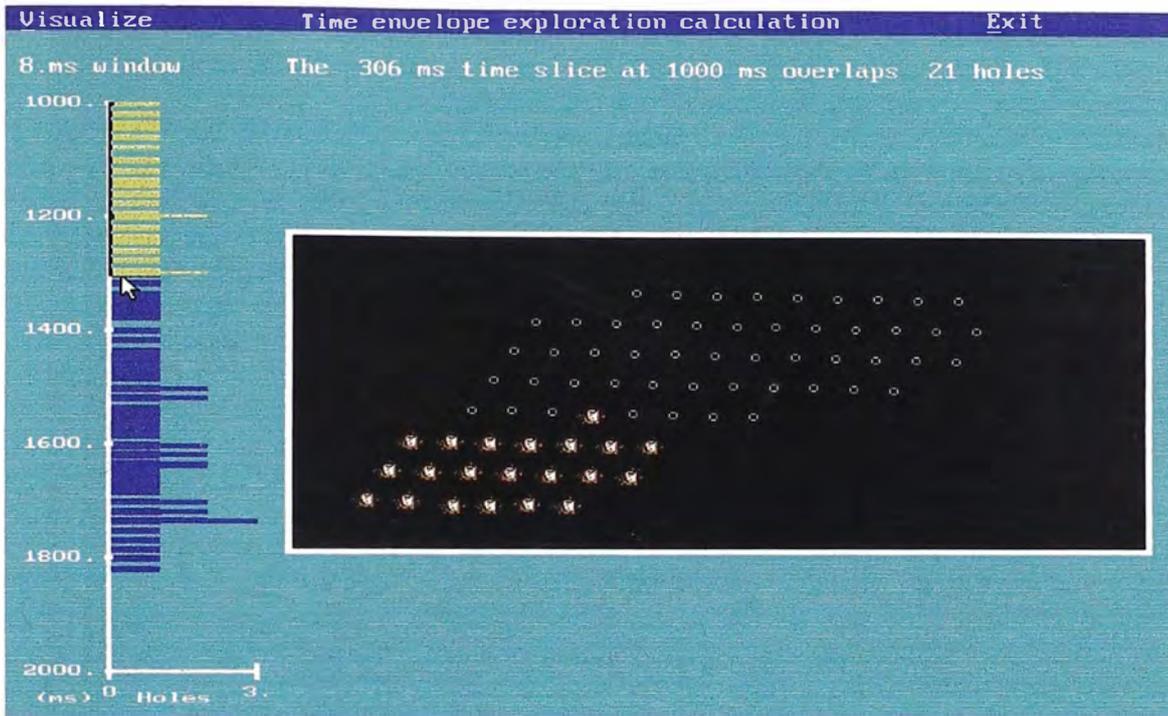
Microphone: Linear Weighting
 SPL: 1.00 pa.(L) at 0.151 sec
 C Freq: 8.8 Hz
 Channel Test: Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PV	4.00	6.76	3.86	mm/s
C Freq	9.7	12	6.2	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.438	0.306	0.207	sec
Peak Acceleration	0.0530	0.0829	0.0431	g
Peak Displacement	0.0683	0.111	0.0785	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum: 7.68 mm/s at 0.306 sec

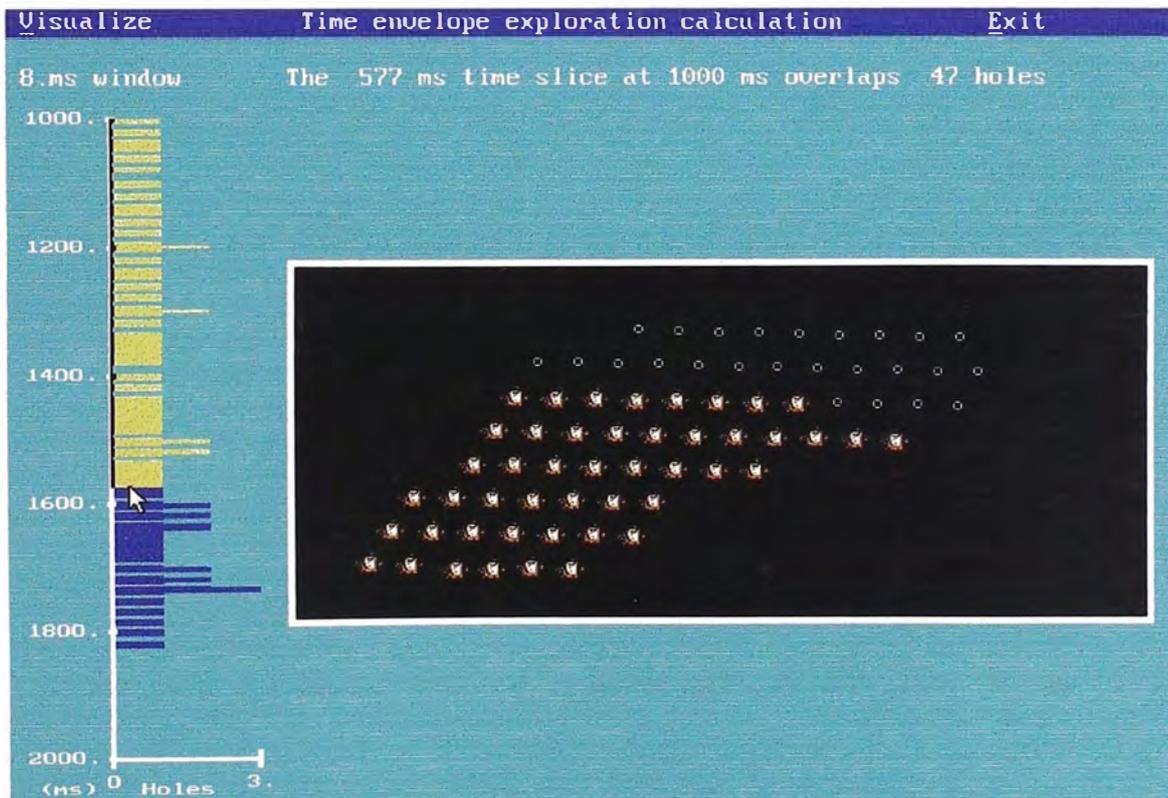


Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger =



Use cursor and Left/INS button to select display range from vertical bar graph

Gráfico N° 10. Muestra a 306.ms; detonan 21 taladros y se obtiene un pico del vector suma 7.68 mm/s



Use cursor and Left/INS button to select display range from vertical bar graph

Gráfico N° 11 Muestra a 577.ms; detonan 47 taladros y se obtiene un pico del vector suma 5.08 mm/s

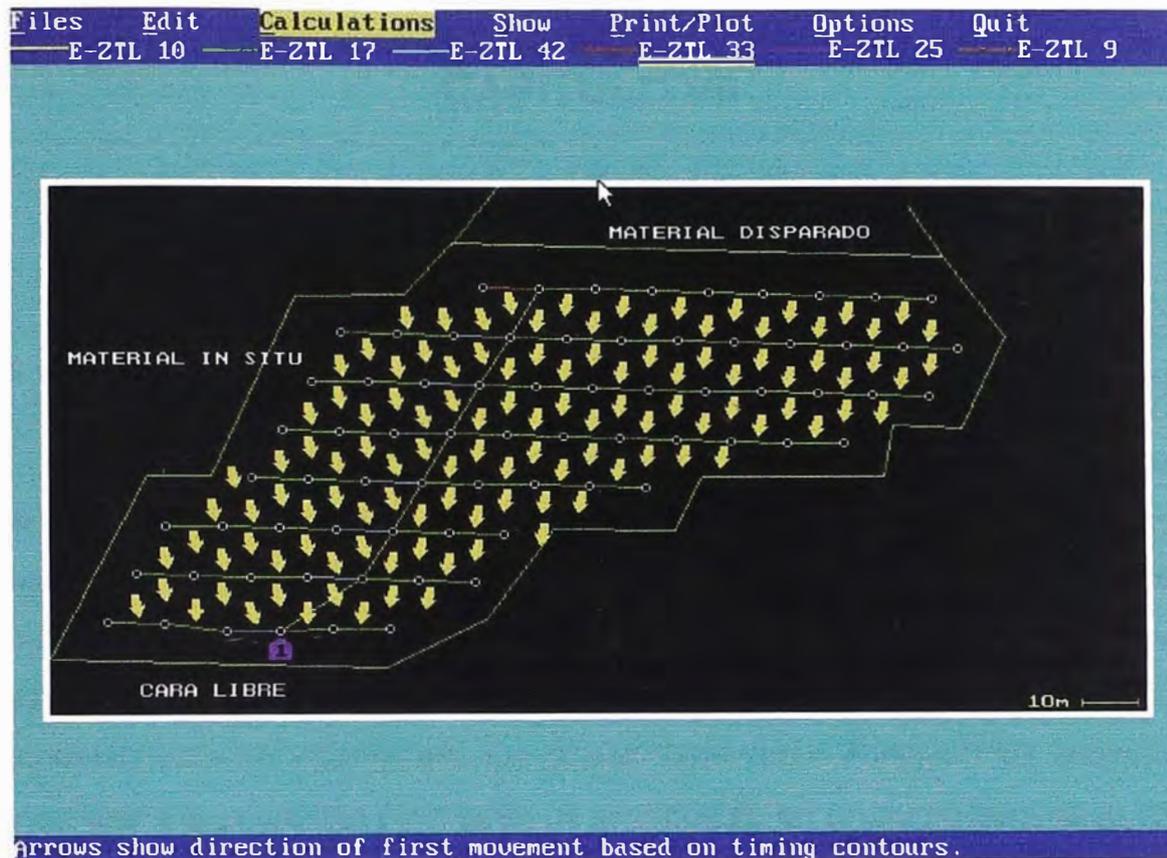


Gráfico 12. Muestra la dirección del disparo de acuerdo al diseño de tiempos.

CAPITULO VII

MODELAMIENTO Y DAÑO POR VIBRACIONES

7.1. INTRODUCCION

Un elemento importante en el proceso de evaluación y optimización de la operación de tronadura, es poder predecir a través de un modelo, las consecuencias y beneficios al introducir distintos cambios en los parámetros más relevantes, sin que ello deba necesariamente tener que realizarse a escala real. Se pueden distinguir diferentes enfoques asociados al modelamiento de vibraciones, los cuales tiene como objetivo final predecir los niveles de vibración (velocidad de partículas), en un punto específico de acuerdo a un diseño de voladura.

7.2 MODELOS EMPIRICOS TRADICIONALES

Experimentalmente se ha llegado a establecer modelos o ecuaciones generales de comportamiento (leyes de vibración), que representa la velocidad de partículas en función del explosivo denotado, y de la distancia de la voladura al lugar de interés. A continuación se enuncian los modelos más utilizados.

MODELO GENERAL

$$V = K \times d^a$$

Donde:

V = Velocidad de partículas

d = Distancia Escalar

FK = Factor de Velocidad

a = Factor de Decaimiento.

El termino “d” o distancia escalar da cuenta a la influencia de la distancia en (m), y la cantidad de explosivos en (Kg).

En relación con esta formulación matemática existen varios criterios de los cuales se pueden señalar los siguientes:

a) Devine y Duval

$$PPV = FK \times (d/w^{1/2})^a$$

b) Hendron

$$PPV = FK \times (d/w^{1/3})^a$$

c) Langeforts

$$PPV = FK \times (d^{3/2}/w)^a$$

En las expresiones anteriores, “W” corresponde a la carga denotada en forma simultánea en kilogramos y “d” la distancia en la cual se cuantifica la velocidad de partícula.

Teóricamente, el criterio que mejor representa el comportamiento de la vibración generadas por el tipo de carga explosivas usadas en tronaduras de tajo abierto, es el DEVINE, puesto que el utilizar cargas en columna de explosivos con geometría cilíndrica, se tiene que por análisis adimensional las distancias deben ser corregidas por la raíz cuadrada de la carga.

REGRESIÓN MÚLTIPLE

Otros autores como: HOLMBERG Y PERSSON (1978), SHOOPY DAEMEN (1983) no consideran una simetría de carga particular y utilizan la siguiente expresión:

$$PPV = FK \times d^a \times w^b$$

Donde "K" "a" y "b" son constante mente empíricas estimada para un "lugar determinado" mediante análisis de regresión múltiple.

REGRESIÓN MÚLTIPLE EXPONENCIAL

Recientemente GHOOSH Y DAEMEN (1983) toman en cuenta la amortiguación inelástica para considerar la caída exponencial de "PPV", haciéndola proporcional a " e * " transformando el modelo i) ya descrito en:

$$V = FK \times (d/w^{1/2})^a \times e^{bxB}$$

Donde:

V = Velocidad de partículas ,(mm/s)

d = Distancia, (m)

w = Cantidad de explosivos (Kg)

a = Factor de decaimiento

B = Coeficiente de atenuación

Si bien la experiencia en la minería nacional habla de ajustes de datos en distintos lugares, obteniéndose resultados relativamente satisfactorios, los datos empleados para los ajustes presentan importantes desviaciones respecto de los ajustes realizados.

La atenuación de la vibración en el campo cercano a la voladura es muy dependiente, de las características de diseño de esta, especialmente,

de la geometría, cualidades de explosivo (explosivos emulsionados generan altas velocidades de partículas pero rápida atenuación), retardos y secuencia de iniciación (la dispersión de los retardos genera acoplamientos de ondas):

En el campo lejano por otra parte, la señal de vibración se verá fuertemente influenciada por las cualidades del macizo rocoso, principalmente por el grado de fracturamiento. Un caso particular, donde se producen rápidas atenuaciones son las zona muy fracturada o alteradas (tipo suelo).

Estos modelos tradicionales de comportamiento tienen importantes limitaciones; a saber.

- Los máximos kilos detonados por intervalo, dan cierta indicación del tamaño de la voladura, pero nada dicen respecto de cómo ese explosivo esta distribuido en el macizo rocoso. La geometría de la carga explosiva afecta la amplitud y forma de la vibración.
- Los modelos empíricos predicen sólo el nivel de vibración. Dependiendo del mecanismo con que ocurra el daño, es posible que sea necesario conocer la forma de la onda de vibración y no solo su peak máxima.

7.3. DAÑO INDUCIDO POR VOLADURAS AL MACIZO ROCOSO

7.3.1. CRITERIOS DE DAÑO EN ESTRUCTURAS

En la actualidad la mayoría de los estudios de daño producto de voladuras están basados en el parámetro velocidad de partícula y sus esfuerzos están dirigidos principalmente al área de la Construcción Civil (Edificios). Un avance importante al respecto, fue la incorporación de una nueva variable, como es, la frecuencia de la vibración.

entonces, que los criterios que se han deducido tengan su origen en trabajos en estructura de superficie, o bien, corresponden a relaciones empíricas.

Langefors, relaciona la deformación inducida con el riesgo de daño a construcciones de superficie y establece los límites de daño mostrados en la tabla 1 que han sido deducidos de la observación de varios registros.

$$\epsilon = PPV / V_p$$

Donde :

ϵ = Deformación inducida (mm/m)

PPV = Velocidad de partículas crítica del terreno (m/seg.).

V_p = Velocidad de propagación de onda longitudinal del terreno (m/seg.)

La misma relación aplicada por langefors, puede ser extendida como criterio de daño en macizos rocosos y otros medios.

En trabajos geofísicos recientes, se ha demostrado que el daño al macizo rocoso (intacto) ocurre para valores de $\epsilon > 0,1$ (mm/m). Por ende, al conocer la velocidad de propagación de la onda se puede definir la velocidad de partícula crítica que se asocia a un cierto nivel potencial de daño.

Tabla N° 02

(mm/seg)	1000- 1500	2000- 3000	4500-6000	Resalado	ϵ
Velocidad De onda (P)	(Arena, grava, arcilla agua) bajo	(morena, pizarra caliza blanda)	(caliza dura , cuarcita, gneis, granito diaclasa)	Normal en Casas	(mm/m)
Vel de partícula (V)	18	35	70	Grietas imperceptibles	0,014
Vel de partícula (V)	30	55	100	Grietas insignificantes	0,02

Vel de partícula (V)	40	80	150	Agrietamiento	0,03
Vel de partícula (V)	60	115	225	Agrietamiento severo	0,046

Normalmente, el primer tipo de daño que surge de vibraciones causadas por voladura, corresponde a la rotura por descostramiento. Esto ocurre cuando la tensión generada por la onda de choque en un medio, representada por el producto entre la impedancia acústica y la velocidad de partículas, supera la resistencia dinámica a la tracción del medio.

$$RT = (\delta * V_p) * PPV_c * 10^{-6}$$

Donde:

RT = Resistencia a la tracción (Mpa)

δ = Densidad (gr/ cc)

PPV_c = Velocidad de partícula crítica (mm/seg.)

V_p = Velocidad de de propagación de la onda longitudinal (m/seg.)

Luego, al conocer la resistencia a la tracción, densidad y velocidad de propagación de la onda longitudinal en el medio, se podría definir un nivel de velocidad de partícula crítica.

Una vez establecido el nivel de velocidad de partícula crítica teórica del medio, esta se puede relacionar con los modelos de predicción de vibraciones y definir a través de ellos la carga operante máxima para evitar potenciales daños.

73.3. UMBRAL DE DAÑO EN TALUDES

Existe poca cuantificación concluyente y además muy diversa respecto de los niveles de vibración y daño sobre los taludes. A continuación

se muestran varios valores publicados con el fin de obtener una idea aproximada de los ordenes de magnitudes involucrados.

◆ **Camet Pit Slope Manual**

Cortes en perforación a velocidades de partícula del orden de los 380 mm/seg., lo que indica movimientos sobre planos de fracturas.

◆ **Hook y Bray.**

FORMA DE DAÑO	VELOCIDAD DE PARTÍCULA (mm/seg.)
Quiebre de roca.	2500
Inicio de quiebre.	650
Caída de rocas en galerías no revestidas.	300
Daño menor, agrietamiento de yeso o estuco	130

Tabla N° 03

◆ **Holmerg y Persson**

Muestra de probetas tomadas de rocas detrás de la voladura indican que el daño es logrado a una velocidad de partícula entre 700 a 1000 mm/seg.

FORMA DE DAÑO	VELOCIDAD DE PARTICULA (mm/seg.)
Caída ocasional de roca suelta.	5-100
Caída de secciones de roca parcialmente suelta	130-380
Daño de rocas poco componentes	>600
Daño significativo a rocas componentes	>2500

Tabla N° 04

Por otra parte ciertos, valores umbrales son probablemente imposibles de alcanzar, especialmente en open pits donde se usa grandes diámetros de perforación. El nivel de vibración para un tiro de 311mm de diámetro será del orden de 1000mm/seg. A una distancia de aproximadamente 15 a 20 mts. Entonces, el control de cada banco será extremadamente difícil de alcanzar excepto en masas rocosas muy competentes.

Se identifican una cantidad de modos de falla en talud, las cuales pueden ser influenciadas por la voladura de la siguiente forma.

* Falla completa de la masa rocosa ($V > 2500$ mm/seg.).

Los bloques son rotados y la masa remanente no será capaz de resistir ángulos mayores que el ángulo de reposo.

* Desarrollo de nuevas grietas, detrás de la zona de movimiento de bloques, en el material intacto, lo cual tenderá a producir un mayor grado de discontinuidad ($V = 600$ a 1000 mm/seg.).

Estas grietas serán pocas en número y tendrán superficies rugosas limpias y no ejercerían un efecto mayor sobre la estabilidad. Estas reducen la resistencia total de material, pero no en demasía. Su principal efecto sería "reducir los puentes de roca" (aumentar la f_f) entre las discontinuidades existentes. Si el patrón de fractura preexistentes es claramente persistente y frecuente, entonces la zona de agrietamiento fresco probablemente no se extenderá detrás de la zona de falla que fue definida por $V > 2500$ mm/seg.

* Extensión y apertura de grietas preexistentes ($V < 600$ mm/seg.).

Mientras los gases provenientes de la detonación de los explosivos están bajo presión, pueden fluir dentro de las grietas preexistentes y abrirlas, moviendo los bloques definidos por las fracturas y generalmente separándolos de la masa rocosa cercana a la voladura. La presión de los gases decae rápidamente dentro de unos pocos milisegundos bajo el valor que no es capaz de abrir grietas, pasando a actuar como un elemento

desplazante del material quebrado. El efecto de la presión de gas es reducir la resistencia al corte de las fracturas preexistentes.

Si las caras mantean hacia fuera de cara, hay un considerable potencial de material que podría moverse por estas superficies hacia la cara libre, lo que hacen extremadamente difícil mantener las crestas de los bancos.

Los efectos de las tres formas de daño anteriores, están relacionados con la estabilidad de cada banco y se limitan a distancias del orden de los 20 a 30 m. De la voladura cuando se utilizan grandes diámetros.

Ashby, desarrolló en la siguiente tabla donde se manifiesta los niveles de daños producidos sobre taludes.

NIVEL DE DAÑO	CONDICIONES OBSERVADAS EN EL TALUD		
	FRACTURAS Y BLOQUES	ANGULO DE TALUD Y CONDICIONES DEL FRENTE	CONDICIONES DE EXCAVACION EN EL FRENTE
1 Ligero	Fracturas cerradas, material de relleno no movilizado	> 75° Se ven las cañas de los barrenos de contorno	Excavación no practicable. Señales visibles de la excavadora en el frente de formaciones blandas
2 Moderado	Pequeñas fracturas rellenas son abiertas, bloques aislados y fractura ligeramente desplazadas	>65° El frente es suave, se ven algunas secciones de los barrenos. Pequeñas grietas	Señales de penetración de los dientes, pero excavación difícil
3 Fuerte	Algunas fracturas abiertas y desplazadas	>65° Pequeños descostramientos desde el frente. Se aprecian grietas radiales	Excavación factible con esfuerzo < 1.5m.
4 Severo	Frente fracturado, fracturas abiertas. Algunos bloques movilizados	>55° Frente irregular, algunos descostramientos y grietas de sobreexcavación.	Excavación factible. < 3m.

5 Extremo	Bloques movilizados y agrietados. La voladura produce material fino.	>37° Frente muy irregular, fuertes descostramientos desde el frente. Gran sobreexcavació	Excavación bastante fácil. >3m.
--------------	--	--	------------------------------------

Tabla N° 05

7.4. COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE PARTICULA

Varios son los modelos experimentales que representan la velocidad de partículas en función del explosivo detonado y la distancia a la que se registra dicha detonación, entre los más conocidos se encuentran el Modelo General.

$$PPV = FK * D^a$$

Donde:

PPV = Velocidad de Partícula (mm/s)

D = Distancia Escalar

FK = Factor de Velocidad

a = Factor de Decaimiento

El término "D" o distancia escalar, da cuenta de la influencia de la distancia en [m], y la cantidad de explosivo en [Kg]. En relación a ésta formulación matemática existe varios criterios derivado de los cuales se emplea comúnmente el de **Devine**.

$$PPV = FK (d/w^{0.5})^a$$

En la expresión de la ecuación, "w" corresponde a la carga detonada en forma instantánea en Kilogramos y "d" la distancia a la cual se cuantifica la velocidad de partícula. Teóricamente, éste criterio es el que mejor representa el comportamiento de la vibración, para el campo

lejano (aproximadamente $d > 3$ largo de la carga), generadas por el tipo de cargas explosivas usadas en tronaduras de rajo abierto, esto es, columnas explosivas cilíndricas, donde se tiene por análisis adimensional que las distancias deben ser corregidas por la raíz cuadrada de la carga.

En la tabla adjunta, se presentan diferentes valores para los parámetros del Modelo Devine (FK y a), obtenidos en diferentes tipos de roca y distintas faenas mineras del país. Esta gran variabilidad para el factor FK desde un mínimo de 99 hasta un máximo de 703 (7 veces mayor) y para el Factor de Atenuación "a" desde -1.54 hasta -2.49, determinan que el uso indiscriminado de estos modelos y la transferencia de estos desde una mina a otra o desde un sector a otro en la misma puede significar estimar un gran margen de error las vibraciones y como consecuencia de ello las restricciones a las tronaduras y los criterios de daño.

Variabilidad en los parámetros del modelo de Vibración para Diferentes Minas y Macizos rocosos.

Tabla N° 06

Factor de Amplitud FK	Factor de Atenuación a	Factor de Amplitud FK	Factor de Atenuación a
597	-2.34	99	-2.33
500	-2.11	227	-1.60
321	-2.39	499	-2.01
495	-2.12	175	-1.63
262	-2.28	112	-1.94
284	-1.72	428	-2.49
481	-1.74	168	-1.54
299	-2.48	703	-2.21

597	-2.32	177	-2.04
FK Máximo =	703	a Máximo=	-2.49
FK Mínimo=	99	a Mínimo=	-1.54
FK Promedio=	357	a promedio=	-2.07

Esta Variabilidad en los parámetros del Modelo Devine, da cuenta de la gran importancia que tiene establecer para cada tipo de macizo rocoso en particular, la ecuación de comportamiento de la vibraciones, la que está directamente relacionada con las propiedades geomecánicas, tipos de explosivos, aspectos geométricos, etc., y por tanto, deben ser estimados como consecuencia de una campaña de monitoreo y modelamiento, en forma independiente no sólo en cada mina si no en cada dominio geomecánico de la misma.

7.5. MODELAMIENTO PARA CADA TIPO DE ROCA

Para el modelamiento se registraron 24 disparos obteniendo 46 datos de campo.

Nº Medición	fecha	explosivo (Kg) prom./tal (W)	Distancia (m) (d)	Vel. Pico Part (PPV)	Tipo explosivo y número taladros
1	10-02-99	798	129.52	11.5	Hanfo: 110
2	10-02-99	798	117.7	41.4	Hanfo: 110
3	11-04-09	790	122.2	33.5	Anfo: 59
4	11-04-09	790	85.17	70.1	Anfo: 59
5	13-02-99	683.8	99	224	Anfo:41; Hanfo:20
6	13-02-99	683.8	280.53	24.5	Anfo:41; Hanfo:20
7	15-02-99	613	192.36	22.7	Anfo:56; Hanfo:30
8	15-02-99	613	143.64	13.9	Anfo:56; Hanfo:30
9	16-02-99	469	80.21	246	Anfo:125
10	16-02-99	469	165.66	46.5	Anfo:125
11	18-02-99	490	123.77	48.7	Anfo:26
12	18-02-99	490	120.39	64	Anfo:26
13	20-02-99	843.1	151.06	18.3	Anfo:27; Hanfo:3

14	20-02-99	843.1	105.51	156	Anfo:27; Hanfo:3
15	24-02-99	1025.41	101.66	64.2	Anfo:49; Hanfo:58
16	24-02-99	1025.41	55.07	213	Anfo:49; Hanfo:58
17	26-02-99	887.55	160.06	56.5	Anfo:13; Hanfo:115
18	26-02-99	887.55	156.7	107	Anfo:13; Hanfo:115
19	02-03-99	945.13	115.21	69.9	Anfo:24; Hanfo:104
20	02-03-99	945.13	130.73	95.8	Anfo:24; Hanfo:104
21	03-03-99	477.31	103.94	40.7	Anfo:63; Hanfo:15
22	03-03-99	477.31	117.08	58.2	Anfo:63; Hanfo:15
23	06-03-99	463.28	453.88	6.98	Anfo:6; Hanfo:66
24	06-03-99	463.28	293.52	10	Anfo:6; Hanfo:66
25	12-03-99	820.5	150.26	42.8	Anfo:60; Hanfo:77
26	12-03-99	820.5	211.51	40.1	Anfo:60; Hanfo:77
27	15-03-99	461	454.21	5.66	Hanfo:79
28	15-03-99	461	454.21	5.8	Hanfo:79
29	16-03-99	731.73	151.63	61.3	Anfo:20; Hanfo:53
30	16-03-99	731.73	151.63	72	Anfo:20; Hanfo:53
31	18-03-99	789.95	814.53	9.11	Anfo:29
32	18-03-99	789.95	716.39	8.47	Anfo:29
33	20-03-99	730.66	711.41	5.08	Anfo:20; Hanfo:53
34	20-03-99	730.66	644.99	7.68	Anfo:20; Hanfo:53
35	20-03-99	609.91	842.56	4.07	Anfo:96; Hanfo:33
36	20-03-99	609.91	669.5	5.17	Anfo:96; Hanfo:33
37	23-03-99	602.39	161.79	46.8	Hanfo:82
38	23-03-99	602.39	121.33	98	Hanfo:82
39	24-03-99	763	497.58	9.09	Hanfo:37
40	24-03-99	763	407.2	8.92	Hanfo:37
41	06-04-99	428	413.54	8.05	Anfo:92; Hanfo:37
42	10-04-99	543	87.75	172	Hanfo:94
43	10-04-99	543	190.48	69.3	Hanfo:94
44	21-04-99	320.8	159.37	26.2	Hanfo:30
45	21-04-99	440	205.41	28	Anfo:56; Hanfo:30
46	21-04-99	440	480.78	4.95	Anfo:56; Hanfo:30

Tabla N° 07

Los disparos son en los niveles 3445 y 3460. La combinación de retardos utilizada es de 17 y 42 ms de hueco a hueco; 100 y 300 de fila a fila. La secuencia de salida es fila a fila; iniciándose por el centro del disparo. Todos los disparos son de producción.

Los siguientes cuadros son datos de campo que permitirán ajustar la curva y realizar el modelamiento por cada tipo de roca: Andesita Intrusiva (IA), Latita Porfírica (LP), Conglomerado Basal (CB), Andesita Basáltica (BA), Brecha (BX) y Toba Cristal (TC):

ANDESITA INTRUSIVA

Nº Medición	fecha	explosivo (Kg) prom./tal (W)	Distancia (m) (d)	Vel. Pico Part (PPV)	Tipo explosivo y número taladros
1	10-02-99	798	129.52	11.5	Hanfo: 110
2	10-02-99	798	117.7	41.4	Hanfo: 110
3	26-02-99	887.55	160.06	56.5	Anfo:13; Hanfo:115
4	26-02-99	887.55	156.7	107	Anfo:13; Hanfo:115
5	06-03-99	463.28	453.88	6.98	Anfo:6; Hanfo:66
6	06-03-99	463.28	293.52	10	Anfo:6; Hanfo:66
7	12-03-99	820.5	150.26	42.8	Anfo:60; Hanfo:77
8	12-03-99	820.5	211.51	40.1	Anfo:60; Hanfo:77
9	15-03-99	461	454.21	5.66	Hanfo:79
10	15-03-99	461	454.21	5.8	Hanfo:79
11	23-03-99	602.39	161.79	46.8	Hanfo:82
12	23-03-99	602.39	121.33	98	Hanfo:82
13	24-03-99	763	497.58	9.09	Hanfo:37
14	24-03-99	763	407.2	8.92	Hanfo:37
15	06-04-99	428	413.54	8.05	Anfo:92; Hanfo:37

LATITA PORFIRITICA

Nº Medición	fecha	explosivo (Kg) prom./tal (W)	Distancia (m) (d)	Vel. Pico Part (PPV)	Tipo explosivo y número taladros
1	16-02-99	469	80.21	246	Anfo:125
2	16-02-99	469	165.66	46.5	Anfo:125
3	18-02-99	490	123.77	48.7	Anfo:26
4	18-02-99	490	120.39	64	Anfo:26
5	26-02-99	887.55	160.06	56.5	Anfo:13; Hanfo:115
6	26-02-99	887.55	156.7	107	Anfo:13; Hanfo:115
7	12-03-99	820.5	150.26	42.8	Anfo:60; Hanfo:77
8	12-03-99	820.5	211.21	40.1	Anfo:60; Hanfo:77
9	15-03-99	461	454.21	5.66	Hanfo:79
10	15-03-99	461	454.21	5.8	Hanfo:79
11	18-03-99	789.95	814.53	9.11	Anfo:6; Hanfo:31
12	18-03-99	789.95	716.39	8.47	Anfo:6; Hanfo:31
13	20-03-99	730.66	711.41	5.08	Anfo:20; Hanfo:53
14	20-03-99	730.66	644.99	7.68	Anfo:20; Hanfo:53

CONGLOMERADO BASAL

Nº Medición	fecha	explosivo (Kg) prom./tal (W)	Distancia (m) (d)	Vel. Pico Part (PPV)	Tipo explosivo y número taladros
1	15-02-99	613	192.36	22.7	Anfo:29
2	15-02-99	613	143.64	13.9	Anfo:29
3	02-03-99	945.13	115.21	69.9	Anfo:24; Hanfo:104
4	02-03-99	945.13	130.73	95.8	Anfo:24; Hanfo:104
5	16-03-99	731.73	151.63	61.3	Anfo:20; Hanfo:53
6	16-03-99	731.73	151.63	72	Anfo:20; Hanfo:53

7	20-03-99	609.91	842.56	4.07	Anfo:96; Hanfo:33
8	20-03-99	609.91	669.5	5.17	Anfo:96; Hanfo:33
9	21-04-99	320.8	159.37	26.2	Hanfo:30
10	21-04-99	440	205.41	28	Anfo:56; Hanfo:30
11	21-04-99	440	480.78	4.95	Anfo:56; Hanfo:30

BRECHA

Nº Medición	fecha	explosivo (Kg) prom./tal (W)	Distancia (m) (d)	Vel. Pico Part (PPV)	Tipo explosivo y número taladros
1	18-03-99	789.95	814.53	9.11	Anfo:29
2	18-03-99	789.95	716.39	8.47	Anfo:29
3	10-04-99	543	87.75	172	Hanfo:94
4	10-04-99	543	190.48	69.3	Hanfo:94
5	11-04-99	790	122.20	33.5	Anfo:59
6	11-04-99	790	85.17	70.1	Anfo:59

TOBA CRISTAL

Nº Medición	fecha	explosivo (Kg) prom./tal (W)	Distancia (m) (d)	Vel. Pico Part (PPV)	Tipo explosivo y número taladros
1	13-02-99	683.8	99	224	Anfo:41; Hanfo:20
2	13-02-99	683.8	280.53	24.5	Anfo:41; Hanfo:20
3	15-02-99	613	192.36	22.7	Anfo:56; Hanfo:30
4	15-02-99	613	143.64	13.9	Anfo:56; Hanfo:30
5	20-02-99	843.1	151.06	18.3	Anfo:27; Hanfo:3
6	20-02-99	843.1	105.51	156	Anfo:27; Hanfo:3
7	24-02-99	1025.41	101.66	64.2	Anfo:49; Hanfo:58
8	24-02-99	1025.41	55.07	213	Anfo:49; Hanfo:58
9	16-03-99	731.73	151.63	61.3	Anfo:20; Hanfo:53
10	16-03-99	731.73	151.63	72	Anfo:20; Hanfo:53
11	21-04-99	440	205.41	28	Anfo:56; Hanfo:30
12	21-04-99	440	480.78	4.95	Anfo:56; Hanfo:30

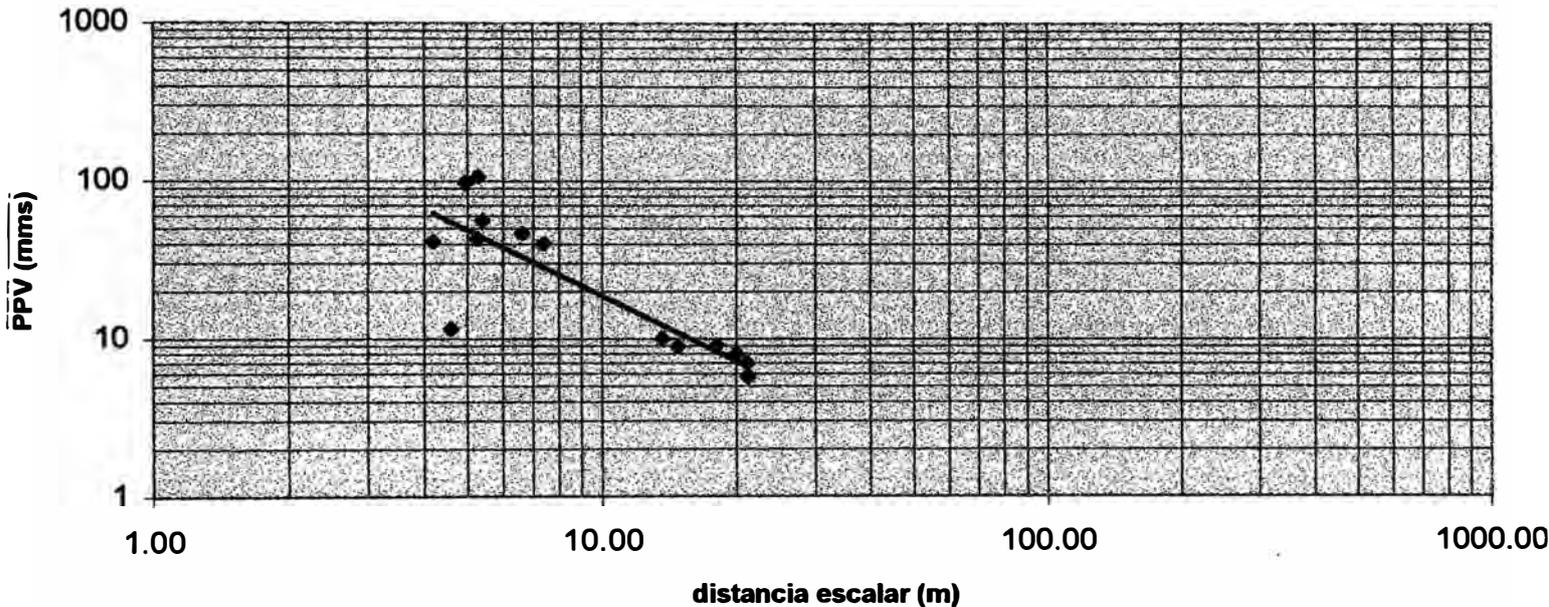
ANDESITA BASALTICA

Nº Medición	fecha	explosivo (Kg) prom./tal (W)	Distancia (m) (d)	Vel. Pico Part (PPV)	Tipo explosivo y número taladros
1	06-03-99	463.28	453.88	6.98	Anfo:6; Hanfo:66
2	06-03-99	463.28	293.52	10	Anfo:6; Hanfo:66
3	18-03-99	789.95	814.53	9.11	Anfo:29
4	18-03-99	789.95	716.39	8.47	Anfo:29
5	20-03-99	730.66	711.41	5.08	Anfo:20; Hanfo:53
6	20-03-99	730.66	644.99	7.68	Anfo:20; Hanfo:53
7	24-03-99	763	497.58	9.09	Hanfo:37
8	24-03-99	763	407.2	8.92	Hanfo:37
9	06-04-99	428	413.54	8.05	Anfo:92; Hanfo:37

Ajuste de Curva

Con esta información y clasificando por tipo de roca registrada y utilizando la fórmula $PPV = FKx(d/w^{0.5})^a$ se ha graficado $d/w^{0.5}$ conocido como distancia escalar versus Velocidad Pico de Partícula.

ANDESITA INTRUSIVA



Calculando FK y a:

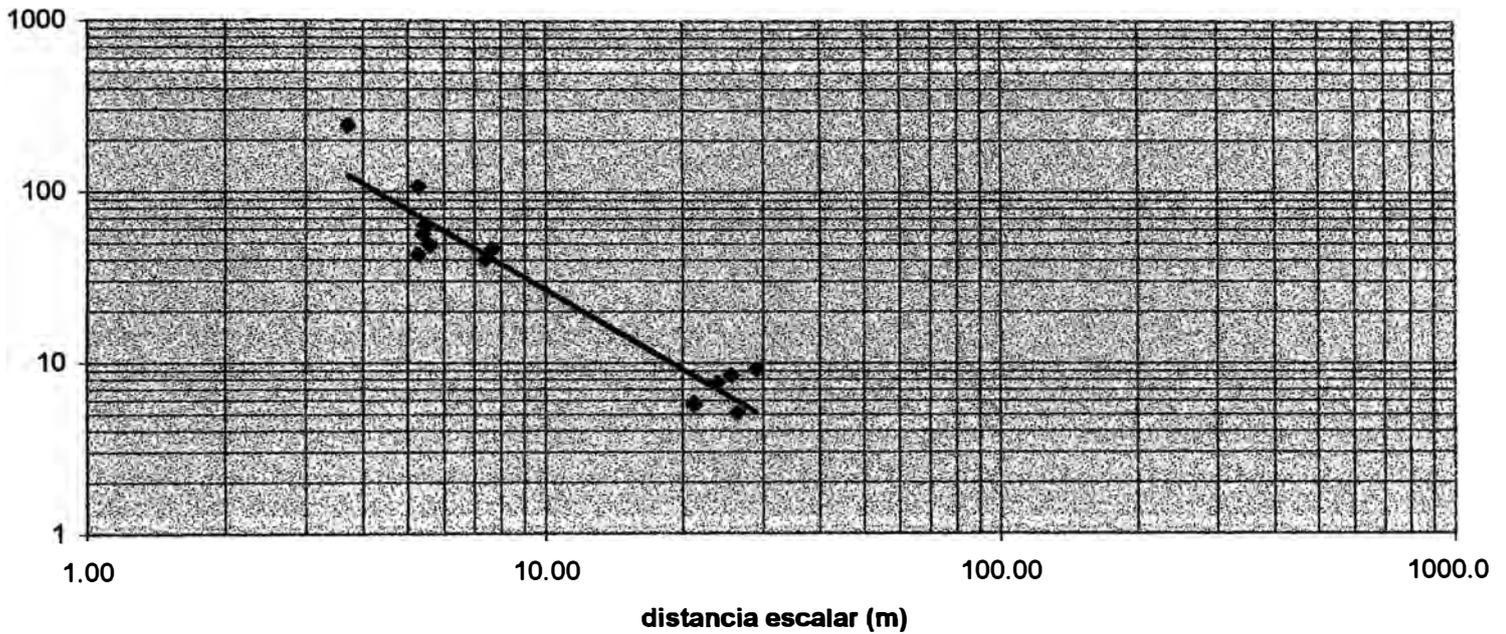
Intercepto (FK) = 450.5

Slope (a) = $-\log \{\arctang(450.5/83.7)\} = -1.929$

Por lo tanto la curva ajustada sería

$$PPV = 450.5 \times (d/w^{1/2})^{-1.929}$$

LATITA PORFIRITICA



Calculando FK y a:

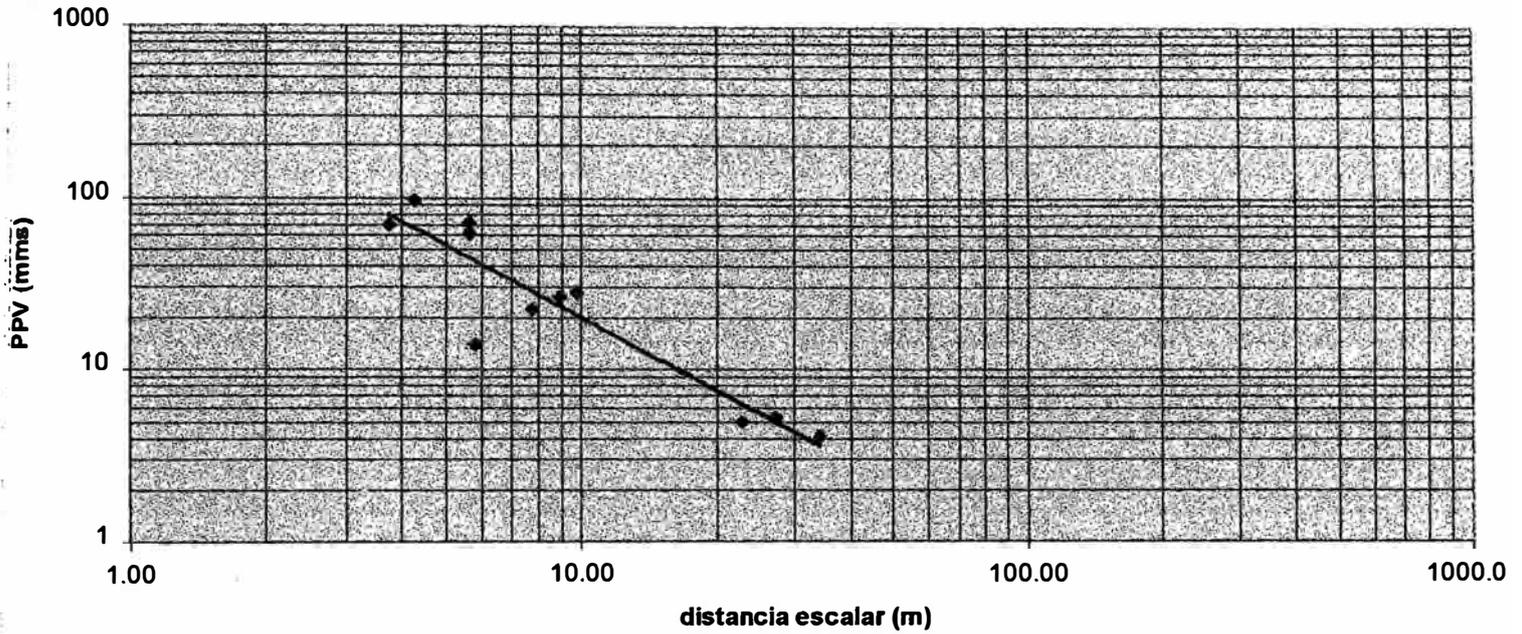
Intercepto (FK) =653.7

Slope (a) = - log {arctang(653.7/65.6)} = -1.926

Por lo tanto la curva ajustada seria

$$\boxed{PPV = 653.7 \times (d/w^{1/2})^{-1.926}}$$

CONGLOMERADO BASAL



Calculando FK y a:

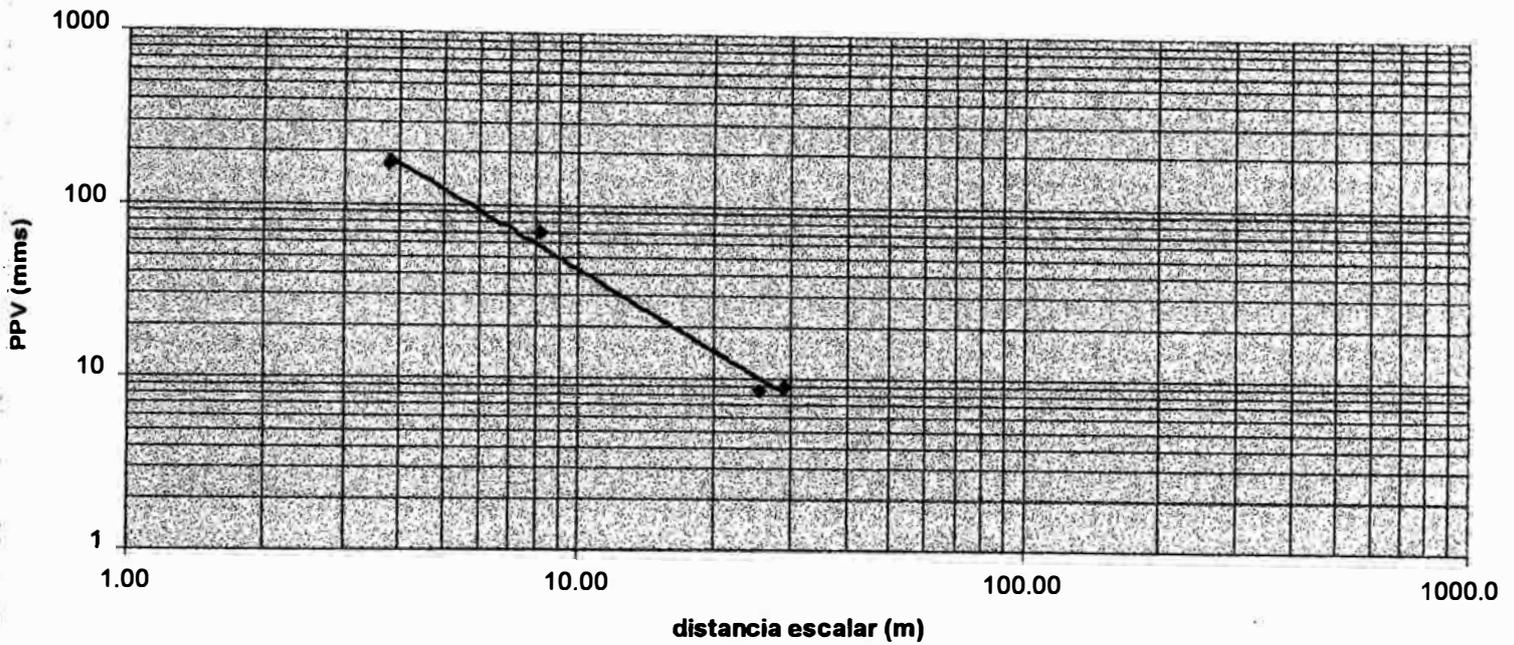
Intercepto (FK) = 501.7

Slope (a) = $-\log \{ \arctang(501.7/85) \} = -1.905$

Por lo tanto la curva ajustada seria

$$\boxed{PPV = 501.7 \times (d/w^{1/2})^{-1.905}}$$

BRECHA



Calculando FK y a:

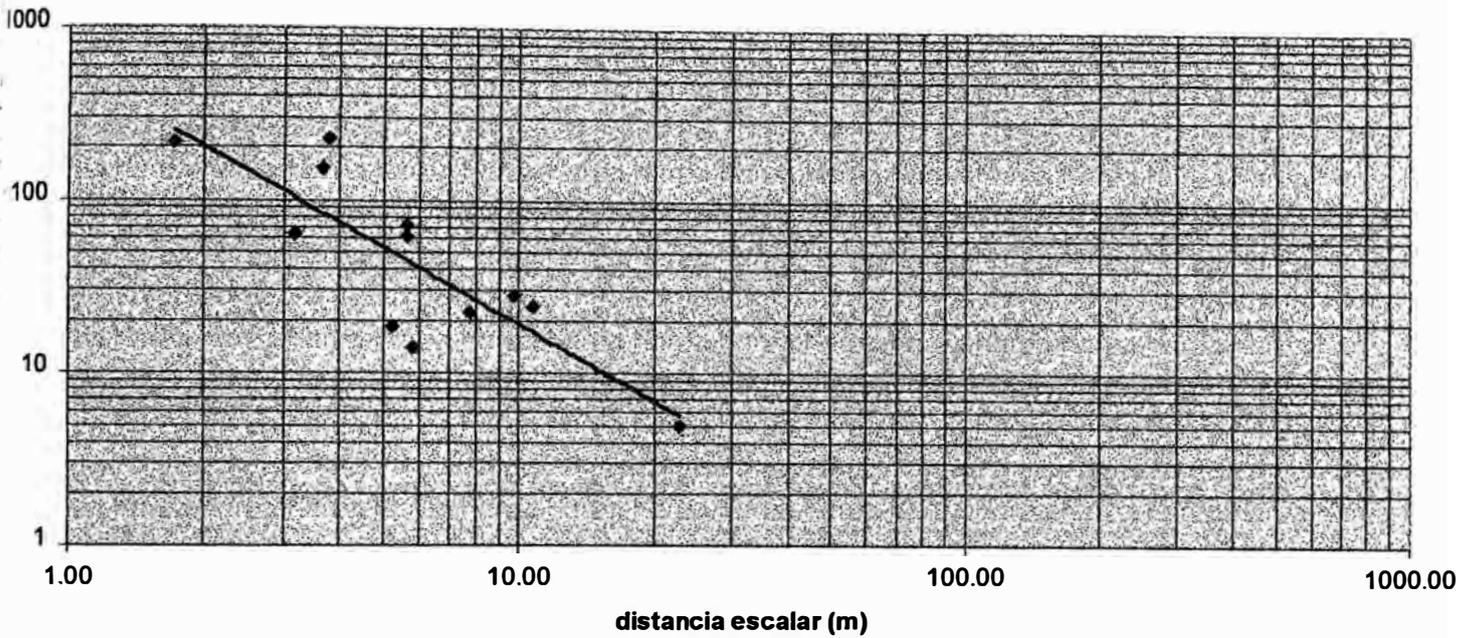
Intercepto (FK) = 700

Slope (a) = $-\log \{\arctang(700/71.2)\} = -1.925$

Por lo tanto la curva ajustada seria

$$PPV = 700 \times (d/w^{1/2})^{-1.925}$$

TOBA CRISTAL



Calculando FK y a:

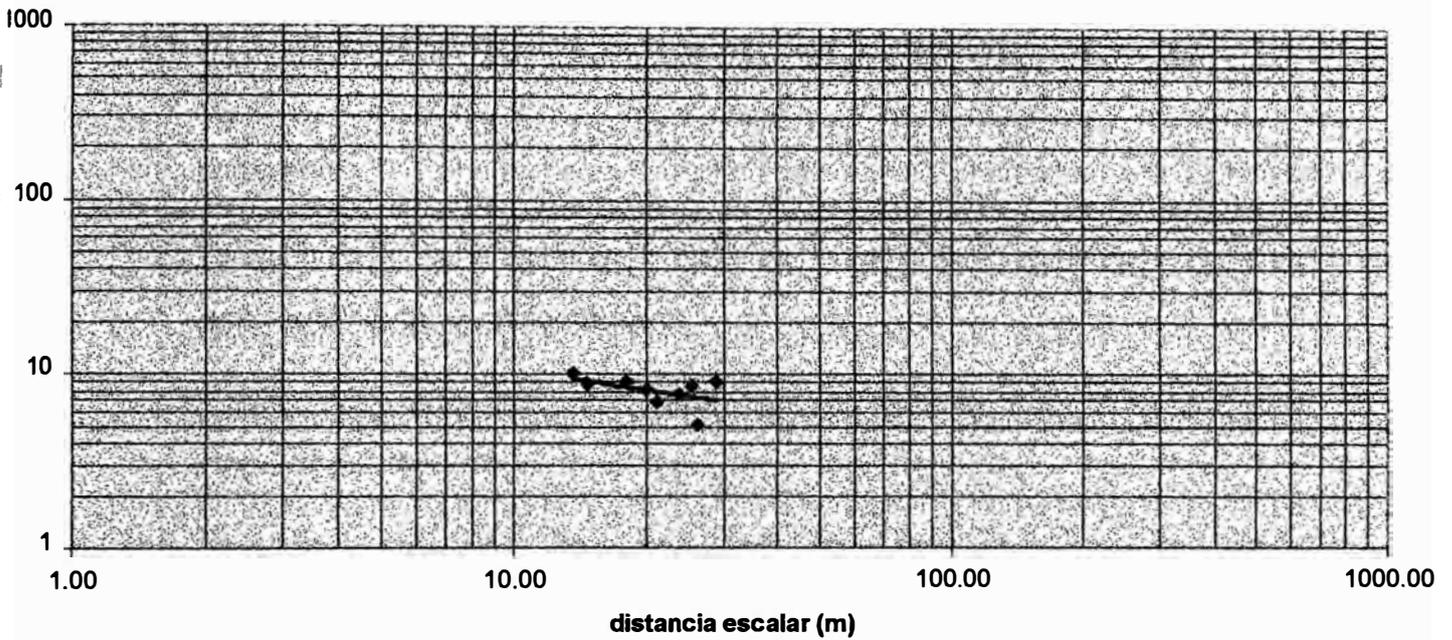
Intercepto (FK) = 562

Slope (a) = $-\log \{\arctang(562/75)\} = -1.916$

Por lo tanto la curva ajustada seria

$$\boxed{PPV = 562 \times (d/w^{1/2})^{-1.916}}$$

ANDESITA BASALTICA



Calculando FK y a:

Intercepto (FK) = 99

Slope (a) = $-\log \{\arctang(99/320)\} = -1.235$

Por lo tanto la curva ajustada seria

$$PPV = 99 \times (d/w^{1/2})^{-1.235}$$

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

1. La Velocidad de Detonación (VOD) del explosivo depende de varios factores, los cuales no da importancia a la contaminación y dilución del explosivo.
2. La evaluación de explosivos, conlleva a la eficiencia en la fragmentación, desplazamiento y costo efectivo.
3. Cuando aumenta LA VOD, también aumenta la fragmentación y la energía de choque.
4. El explosivo debe desarrollar una energía próxima a la potencia relativa en peso calculada.
5. Con la técnica de medición continua de la velocidad de detonación se obtiene mas datos de VODs en toda la columna explosiva,
6. El Wip Frag es una herramienta sencilla y confiable; este software asume al fragmento de roca como una esfera.
7. Para el monitoreo y análisis de vibraciones, se debe tener en cuenta: Tiempos de detonación, Precision de retardos, Desarrollo de la secuencia de iniciación del disparo, La velocidad de Partícula que genera cada carga o grupo de cargas en la voladura.
8. El monitoreo de vibraciones producto de voladuras, es una técnica que permite examinar en detalle el proceso y rendimiento general del diseño de la voladura, pudiendose evaluar cargas detonando en una secuencia de encendido incorrecta, dispersión en los tiempos de encendido de los retardos, detonación de cargas adyacentes por simpatía.

9. Para el modelamiento de vibraciones no se considera el tamaño de la voladura, retardos y secuencia de iniciación y grado de confinamiento.
10. Al obtener valores absolutos de los niveles de velocidad de partículas, es posible construir modelos confiables de predicción de vibración con los cuales se pueden evaluar diferentes modificaciones a los distintos parámetros de la voladura.
11. Los parámetros de ajuste de los modelos son directamente dependientes del comportamiento de las vibraciones en cada tipo de roca, por lo que su aplicación se restringe solo a la mina y sector donde fueron obtenidos (variaciones K y a).
12. En forma particular, cuando se trate de voladuras en minas a tajo abierto como fuentes generadora de energía, los distintos diseños utilizados tiene una gran influencia en como se distribuye la energía vibracional en efecto, se ha demostrado por ejemplo, a través de análisis de espectros de frecuencias que las voladuras iniciadas "por filas" (varias cargas detonadas con un mismo retardo), amplifican las bajas frecuencias, las que asociadas a su vez a ondas de amplitudes de velocidad aun no atenuadas, determinará que se generen importantes desplazamientos de partículas y tensiones lo cual afectará principalmente al macizo rocoso muy fracturado.
13. Cualquier criterio de daño que se establezca deberá considerar velocidad crítica de partícula y un límite en cuanto a frecuencias altas y bajas, particularmente para el caso de construcciones y edificios, teniendo como base el modelo comportamiento de la velocidad de partículas que se cuantifique. Se deberá en este caso incorporar los resultados del análisis de frecuencias, y graficar velocidades de partículas v/s frecuencias para establecer los desplazamientos de partículas máximos y fijar así el límite de frecuencia.
14. A través de un trato teórico del comportamiento y deformación dinámica de la roca bajo la influencia del esfuerzo representado por la vibración, es

posible establecer un criterio de daño basado en parámetros geomecánicos obtenidos de roca intacta en ensayos de laboratorio.

15. Una vez establecidos con mayor exactitud los límites o rango de vibración máxima permisible, a través de trabajos prácticos en cada dominio litológico de la mina, será factible utilizar los modelos de vibraciones para el diseño como guía general para evitar situaciones de riesgo al macizo rocoso. un ejemplo práctico, sería el poder especificar o establecer el límite de distancia, hasta la cual se pueden seguir desarrollando voladuras de producción normal, sin tomar medidas especiales en cuanto a voladuras controladas. Servirá también para estimar el momento apropiado para realizar un precorte, asumiendo que es deseable crear el plano de discontinuidad cuando el macizo rocoso detrás de la línea aún esté sano.
16. Mejorando la perforación y voladura de rocas de cualquier operación minera ; se esta mejorando directamente la rentabilidad de dicha operación minera.
17. Se muestra un conjunto de datos representativos de diferentes tipos de rocas y los valores calculados para la velocidad pico de partícula (VPP), valores que se pueden usar inicialmente como referencia a partir de los cuales la vibración produce daño a nivel del macizo rocoso, tambien dan cuenta de una importante variación en las magnitudes de vibración que es capaz de resistir cada tipo de roca.

CAPITULO IX

RECOMENDACIONES

1. En el carguio de taladros donde la presencia de agua es poca (5 a 6 m) bombear el agua y vaciar el anfo pesado ya sea en mangas o sistema bombeable; si la altura del agua es mayor a 7 m , el carguio se debe hacer en el sistema vaciable del camión mezclador para desplazar el agua con el anfo pesado y dado un tiempo prudente para efecturá el confinamiento, de esta manera evitaremos contaminar el explosivo con el taco (detritus).
2. Para que la información registrada refleje en forma fiel los eventos ocurridos durante los disparos se debe tener especial cuidado su orientación e instalación del geófono al macizo rocoso, recomendable perforar 3 ½ pulgadas de diámetro con 3 metros de profundidad, para ser relleno con concreto, donde sera ubicado el geófono para luego ser cubierto con un saco de arena.
3. La secuencia de encendido y los tiempos de retardo deben ser tales que proporcionen una buena fragmentación, sin producir cortes o fallas.
4. Para el área mas cercana a la voladura, será ademas importante el control de la ultima fila, especificamente en lo que se refiere al tipo, peso y distribución del explosivo.
5. En toba cristal con broca de 12 ¼ pulgadas y malla mas reducida se obtiene mejor granulometría.
6. La distancia a tomar fotografías o filmaciones para el Wip Frag debe ser máxima de 5 metros.

7. A medida que se desciende con el minado la alteración de rocas es menor, por lo que se recomienda trabajar en fragmentación y hacer modificaciones en los parámetros de perforación y voladura.
8. En mediciones de vibraciones futuras debe conseguirse a distancias menores y mayores, para tener un mejor ajuste de curva.
9. Se recomienda llevar el control de cada disparo para conseguir mas datos y realizar modificaciones para simular, predecir daños que pueda causar los disparos.

CAPITULO X

BIBLIOGRAFIA

1. 25th ANUAL CONFERENCE ON EXPLOSIVES & BLASTING TECHNIQUE ISEE 1999
2. BLAST DESIGN CALVIN J. KONYA, Ph.D. 1995
3. BLASTERS TRAINING SEMINAR WASHUILLE, TENNESSEE, USA 1999
4. BLASTING TECHNOLOGY, INSTRUMENTATION, AND EXPLOSIVES APPLICATIONS NASHVILLE, TENNESSEE ,USA 1998
5. COMPROMISING TECHNOLOGY, WITH FIELD EXPEDIENCE IN FRAGMENTATION EVALUATION JASON M. RYAN 1998
6. CONTROL DE VIBRACIONES EN LAS TRONADURAS DE LA MINA DE CHUQUICAMATA.CARLOS R.SCHERPENISSE 1994
7. CURSO DE MODELIZACION MATEMATICA DE LA VOLADURA DE ROCAS. DR. CARLOS AGREDA 1993
8. DISEÑO Y EVALUACION DE VOLADURA INGENIERIA E INSTRUMENTACION EN VOLADURA ASP BLASTRONICS 1997. ING. CAMERON K MCKENZIE, PH.N,.ING. CARLOS R. SCHERPENISSE, ING. BILL R. ADAMSON, PH D
9. EFICIENTE TECNOLOGIA VOLADURA EXSA LIMA – 1998
10. INSTRUMENTATION Y MEDICION DE VOD Y VIBRACION CARLOS R. SCHERPENISSE
11. INTRODUCCION A TECNICAS EFICIENTES DE VOLADURA JOHN L. FLOYD 1999
12. MANUAL DE EXPLOSIVOS IRECO EDICION 1991.

13. MANUAL DE PERFORACION Y VOLADURAS DE ROCAS INSTITUTO
TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA 1990
14. MANUAL DE OPERACIONES WIP FRAG WIP WARE INC ENAEX 1999
15. MANUAL TECNICO DE VOLADURA DENASA 1997
16. MINI MATE PLUS OPERATOR MANUAL INSTANTELL 1998
17. STATE OF THE ART ON BLASTING TECHNIQUES CAMERON
MCKENZIE 1995
18. VIBRATION MONITORING. VIBRA-TECH GEOSONICS 1999

CAPITULO XI

APENDICES

PARAMETROS DE PERFORACION Y VOLADURA POR TIPO DE ROCA

PARAMETROS DE PERFORACION

**Diámetro de Broca = 12 ¼
pulgadas**

**Altura de Banco = 15
metros**

Tipo de Malla = Triangular Equilátera

Tipo de Roca	Código	Burden (B) Metros	Espaciamiento (E) Metros	Sub-Drilling metros
Latita Porfírica (WI = 9.9, 11.7, 12.5)	LP	9	10	1,5
Latita Porfírica estéril	BLP	7	8	1,5
Latita Porfírica silicificada (WI = 16.3)	LP-S	8	9	1,5
Latita Porfírica cuarcificada (WI = 15.2)	LP-QZ	8	9	1,5
Andesita Basáltica	BA	9	10,5	1,5
Andesita Intrusiva	IA	9	10	1,5
Riolita Porfírica	RP	9	10	1,5
Brecha	BX	7	8	1,5
Traquita	TR	7	8	2,0
Toba Cristal	TC	7	8	2,0
Toba Inferior	TI	9	10	1,5
Aglomerado Inferior	AI	7	8	2,0
Aglomerado gris	AG	7	8	2,0
Conglomerado Basal	CB	9	10	1,5

Nota: En el cuerpo central de estéril BLP/BX están mezclados ambos tipos de roca y banco a banco, a posición espacial entre uno y otro tipo de roca va variando, se utilizará malla 7 x 8 m.

PARAMETROS DE PERFORACION

Diámetro de Broca = 13 ¾ pulgadas

Altura de Banco = 15 metros

Tipo de Malla = Triangular Equilátera

Tipo de Roca	Código	Burden (B) metros	Espaciamiento (E) Metros	Sub-Drilling metros
Latita Porfírica (WI = 9.9, 11.7, 12.5)	LP	9	10	1,5
Latita Porfírica estéril	BLP			
Latita Porfírica silicificada (WI = 16.3)	LP-S			
Latita Porfírica cuarificada (WI = 15.2)	LP-QZ			
Andesita Basáltica	BA	9	10	1,5
Andesita Intrusiva	IA	9	10	1,5
Riolita Porfírica	RP			
Brecha	BX			
Traquita	TR			
Toba Cristal	TC	8	9	2,0
Toba Inferior	TI			
Aglomerado Inferior	AI			
Aglomerado gris	AG			
Conglomerado Basal	CB	9	10	1,5

Nota: En el cuerpo central de estéril BLP/BX están mezclados ambos tipos de roca y banco a banco, a posición espacial entre uno y otro tipo de roca va variando, se utilizará malla 7 x 8 m.

ROTURA ATRAS (BACK BREAK), BUFFER Y PRE-CORTE

Tipo de Roca	Código	Rotura Atrás* metros	Buffer (metros)		Pre-corte (metros)	
			Burden (B) metros	Espaciamiento (E) metros	Burden (B) metros	Espaciamiento (E) metros
Latita Porfírica (WI = 9.9, 11.7, 12.5)	LP	8	7	6	6	4
Latita Porfírica estéril	BLP	7	7	6	6	4
Latita Porfírica silicificada (WI = 16.3)	LP-S	7	7	6	6	4
Latita Porfírica cuarcificada (WI = 15.2)	LP-QZ	7	7	6	6	4
Andesita Basáltica	BA	8	7	6	6	4
Andesita Intrusiva	IA	8	7	6	6	4
Riolita Porfírica	RP	7	7	6	6	4
Brecha	BX	7	7	6	6	4
Traquita	TR	5				
Toba Cristal	TC	5				
Toba Inferior	TI	8	7	6	6	4
Aglomerado Inferior	AI	7	7	6	6	4
Aglomerado gris	AG	7	7	6	6	4
Conglomerado Basal	CB	8	7	6	6	4

* Para taladros de producción y buffer.

* Para pre-corte la rotura atrás es 5 metros.

CARGA EXPLOSIVA POR TALADRO

Altura de Banco = 15 metros

Diámetro de Broca = 12 ¼ pulgadas

Explosivo : ANFO - Nitrato Fertica

Tipo de Roca	Código	FP kg/m ³	Profundidad Taladros (metros)	Columna Carga (metros)	Taco (metros)
Latita Porfírica (WI = 9.9, 11.7, 12.5)	LP	0,30	16,5	6,5	10,0
Latita Porfírica estéril	BLP	0,55	16,5	7,5	9,0
Latita Porfírica silicificada (WI = 16.3)	LP-S	0,43	16,5	7,5	9,0
Latita Porfírica cuarcificada (WI = 15.2)	LP-QZ	0,43	16,5	7,5	9,0
Andesita Basáltica*	BA	0,25	16,5	5,5	11,0
Andesita Intrusiva	IA	0,35	16,5	6,5	10,0
Riolita Porfírica	RP	-	16,5	-	-
Brecha	BX	0,66	16,5	9,0	7,5
Traquita	TR	0,70	17,0	9,5	7,5
Toba Cristal	TC	0,63	17,0	8,5	8,5
Toba Inferior	TI	0,49	16,5	6,5	10,0
Aglomerado Inferior	AI	-	17,0	-	-
Aglomerado gris	AG	-	17,0	-	-
Conglomerado Basal	CB	0,35	16,5	7,5	9,0

* En BA fondo de mina (lado sur) FP = 0.21 kg/m³

CARGA EXPLOSIVA POR TALADRO

**Altura de Banco = 15
metros
Explosivo : ANFO - Nitrato**

**Diámetro de Broca = 13 ¾
pulgadas**

Tipo de Roca	Código	FP kg/m ³	Profundidad Taladros (metros)	Columna Carga (metros)	Taco (metros)
Latita Porfírtica (WI = 9.9, 11.7, 12.5)	LP	0,30	16,5		
Latita Porfírtica estéril	BLP	0,86	16,5		
Latita Porfírtica silicificada (WI = 16.3)	LP-S		16,5		
Latita Porfírtica cuarcificada (WI = 15.2)	LP-QZ				
Andesita Basáltica	BA	0,25	16,5		
Andesita Intrusiva	IA				
Riolita Porfírtica	RP				
Brecha	BX	1,1			
Traquita	TR	0,63	17,0		
Toba Cristal	TC	0,63	17,0	8,3	8,7
Toba Inferior	TI		16,5		
Aglomerado Inferior	AI		16,5		
Aglomerado gris	AG		16,5		
Conglomerado Basal	CB		16,5		

CARACTERISTICAS GEO-MECANICAS DE ROCAS

Tipo de Roca	Código	ROCA MATRIZ							ROCA MASIVA						
		Densidad	Resist.	Resist.	Módulo de	Poisson	Angulo	Cohesión	RQD	Densidad	Resist.	Módulo de	Poisson	Angulo	Cohesión
		Tm/m ³	Compresión PSI	Tensión PSI	Young PSI	Ratio	Fricción (grados)	PSI	%	Tm/m ³	Tensión PSI	Young PSI	Ratio	Fricción (grados)	PSI
Latita Porfírica*	LP	2,516	6.889	798	5.147.943	0,2	40,8	1.436	55,3	2,531	226	3.234.760	0,23	29,3	410
Andesita Basáltica*	BA	2,734	9.805	1.165	7.684.495	0,26	43,2	1.421	49,8	2,720	296	3.449.850	0,22	29,6	499
Aglomerado gris**	AG	2,007	967	163			38,6	195	46,7	2,003	62	311.975	0,30	36,7	75
Traquita*	TR	2,325	13.266	1.016			50,2	1.799	46,5	2,323	12	20.611.411	0,2	42,2	284
Brecha	BX	2,509	5.052	515			46,4	790	44,4						
Andesita Intrusiva*	IA	2,731	7.440	1.384	8.932.249	0,41	49,7	1.175	38,9	2,717	278	4.003.021	0,21	29,6	241
Riolita Porfírica	RP	2,444	13.963	1.073	9.830.000	0,17	50,0	1.897	33,8						
Toba Cristal	TC	2,189	7.330	448			52,9	888	10,2						
Toba Inferior	TI	1,270	455	85			36,8	96							
Aglomerado Inferior	AI	2,024	812	137			38,5	163							
Latita Porfir. estéril	BLP	2,469	10.070	1.042			46,2	1.587							
Latita Porfir. silicific.	LP-S	2,734													
Latita Porfir. cuarcif.	LP-QZ	2,734													

A: Tablas de parametros de perforacion.xls Tabla 8

* Datos del estudio CNI 1994. Lo demás corresponde a estudios CNI 1985

RQD y Características Roca Masiva corresponde a estudios CNI 1994

** Datos para Roca Masiva de estudios CNI 1994. Datos de Roca Matriz de CNI 1985

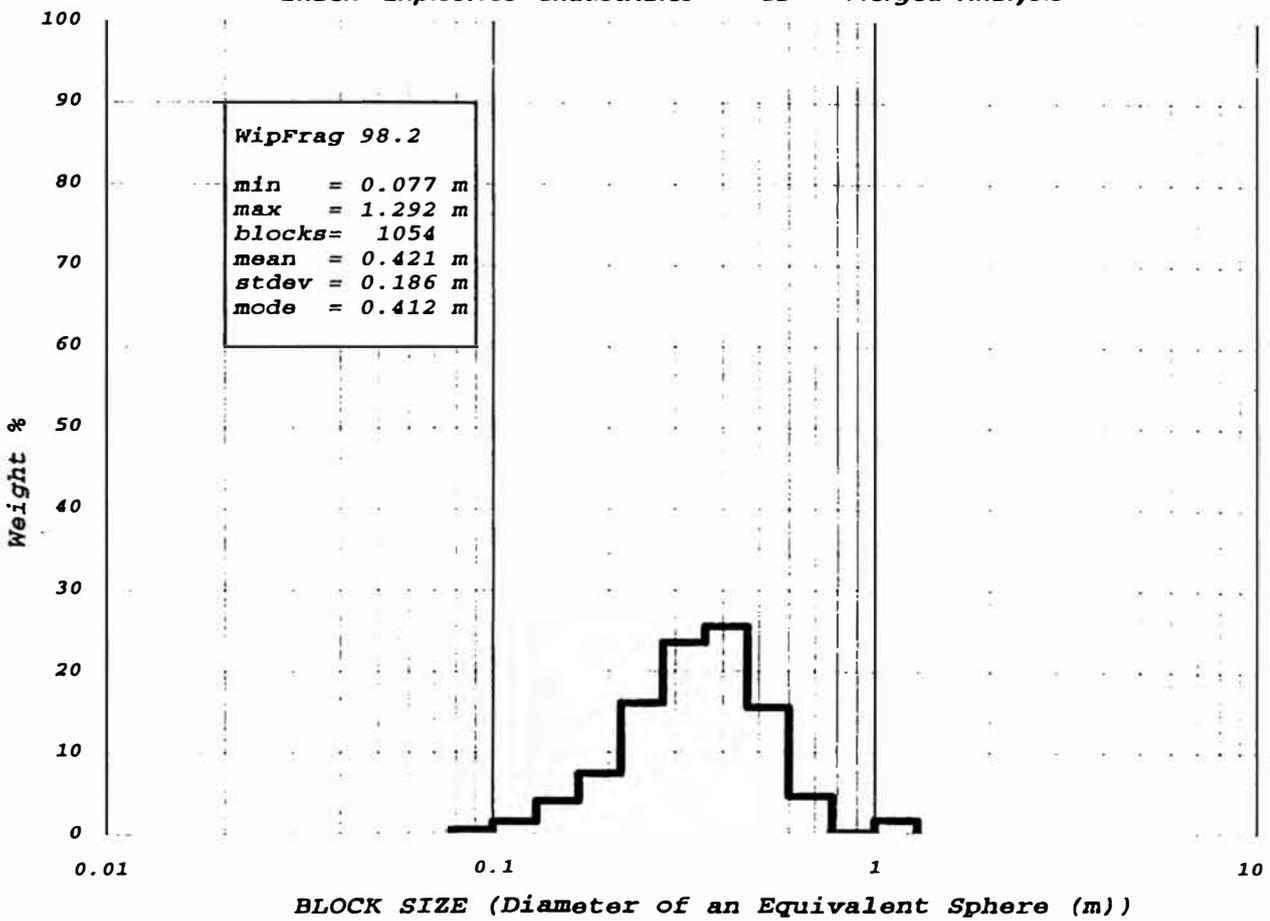
DISPARO N° 14

MINA CUAJONE

DISPARO 14 / 3415 IMAGEN 1

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 16:17

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



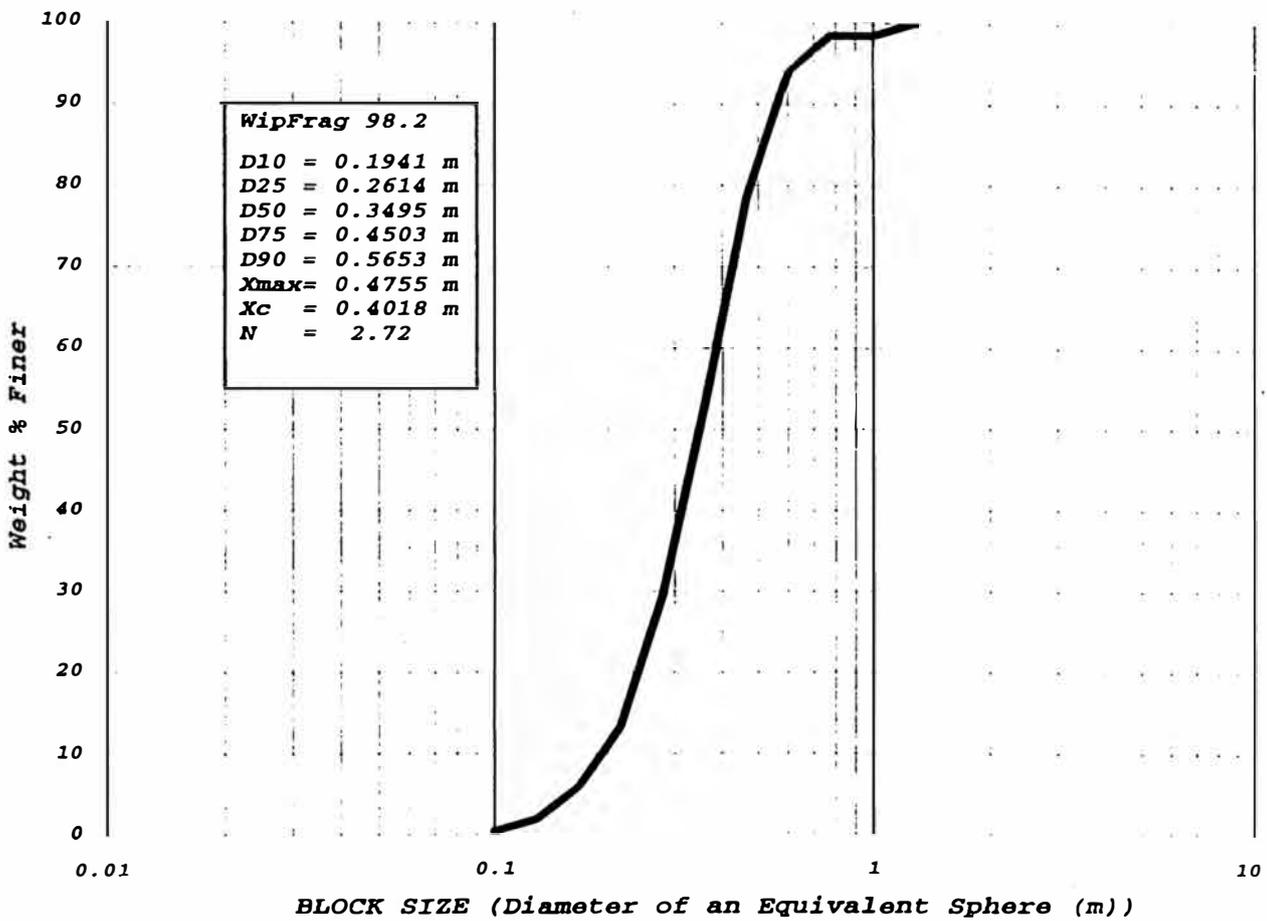
DISPARO Nº 14

MINA CUAJONE

DISPARO 14 / 3415 IMAGEN 1

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 16:17

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



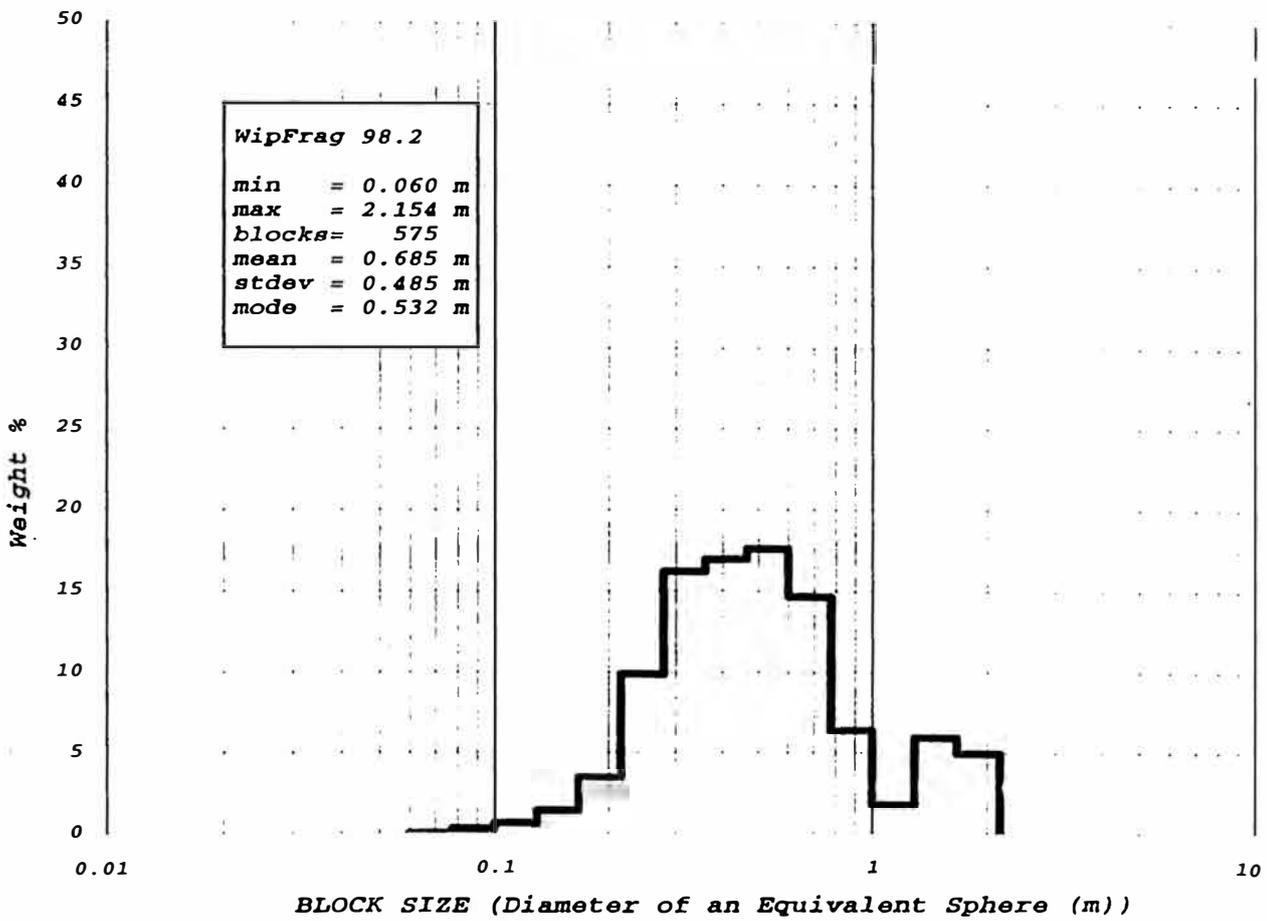
DISPARO N° 14

MINA CUAJONE

DISPARO 14 / 3415 IMAGEN 2

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 16:17

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



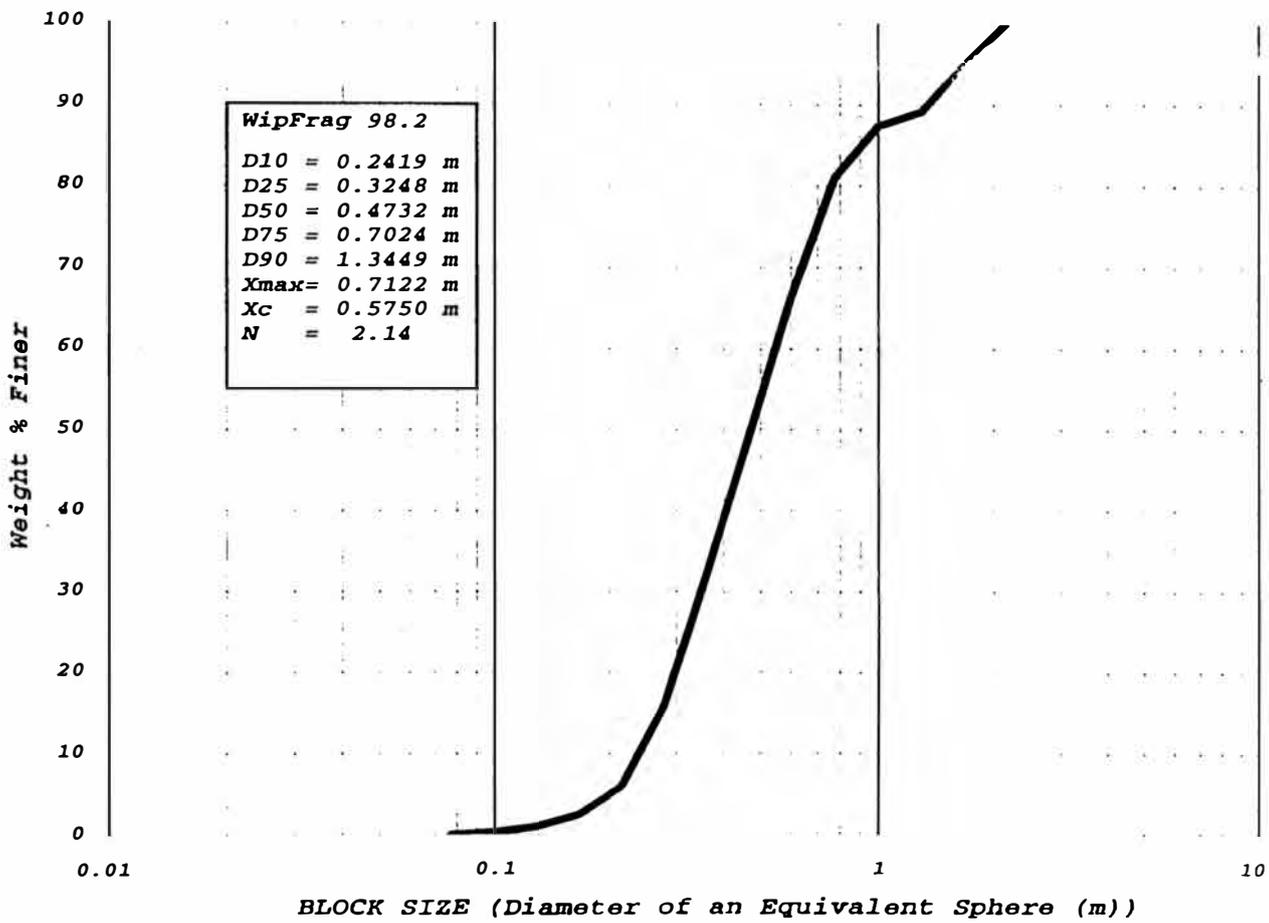
DISPARO N° 14

MINA CUAJONE

DISPARO 14 / 3415 IMAGEN 2

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 16:17

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



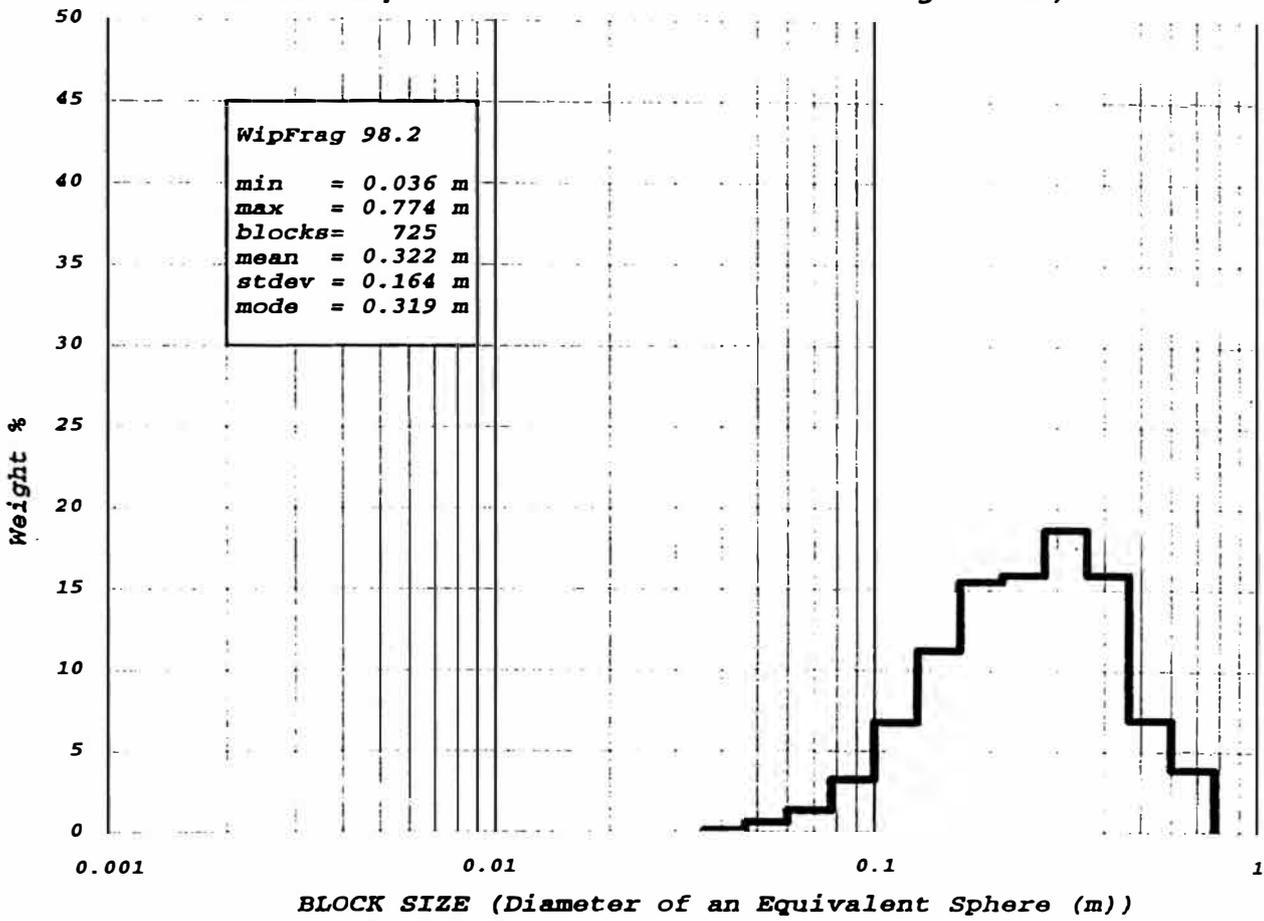
DISPARO N° 14

MINA CUAJONE

DISPARO 14 / 3415 IMAGEN 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 16:17

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis

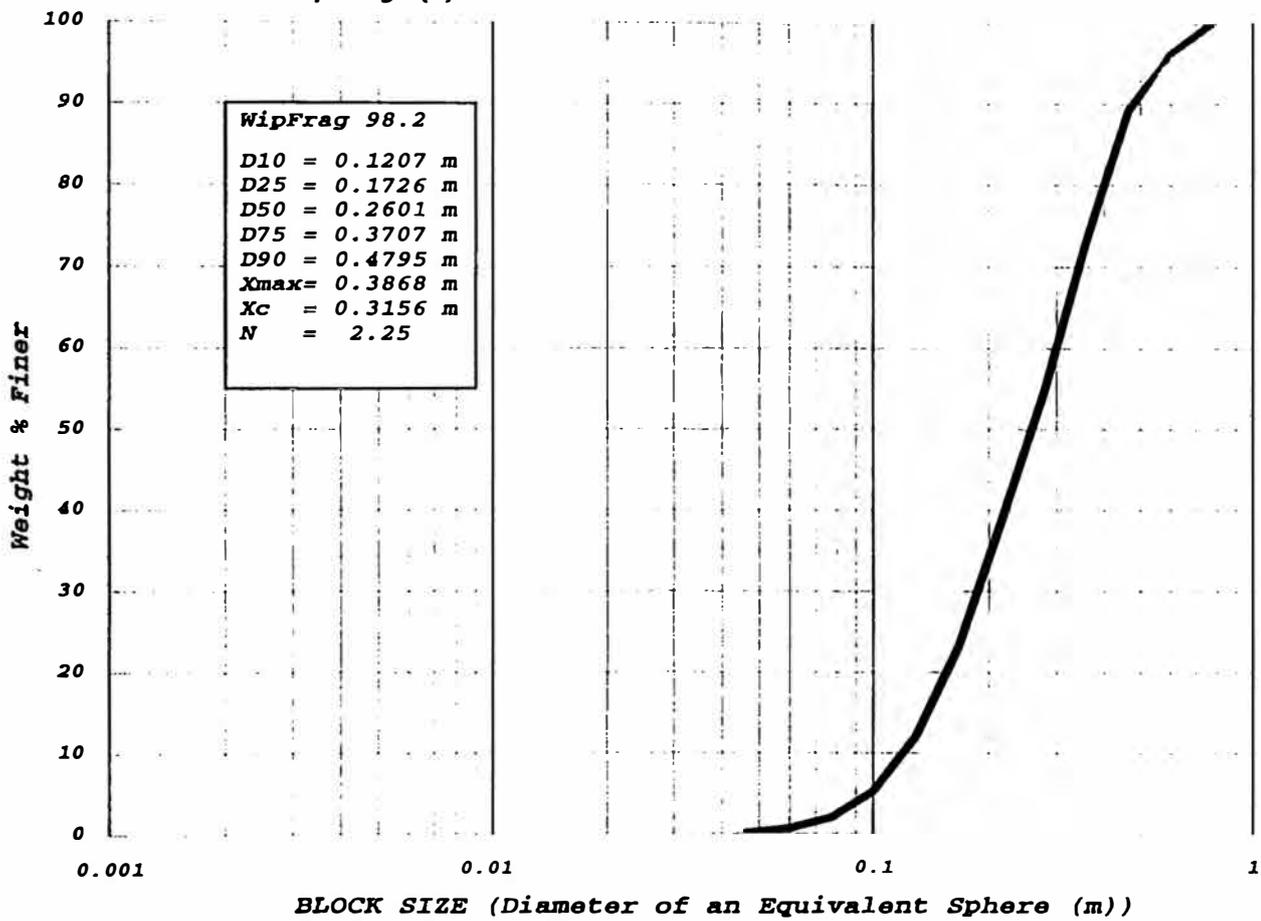


DISPARO N° 14

MINA CUAJONE

DISPARO 14 / 3415 IMAGEN 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 16:17



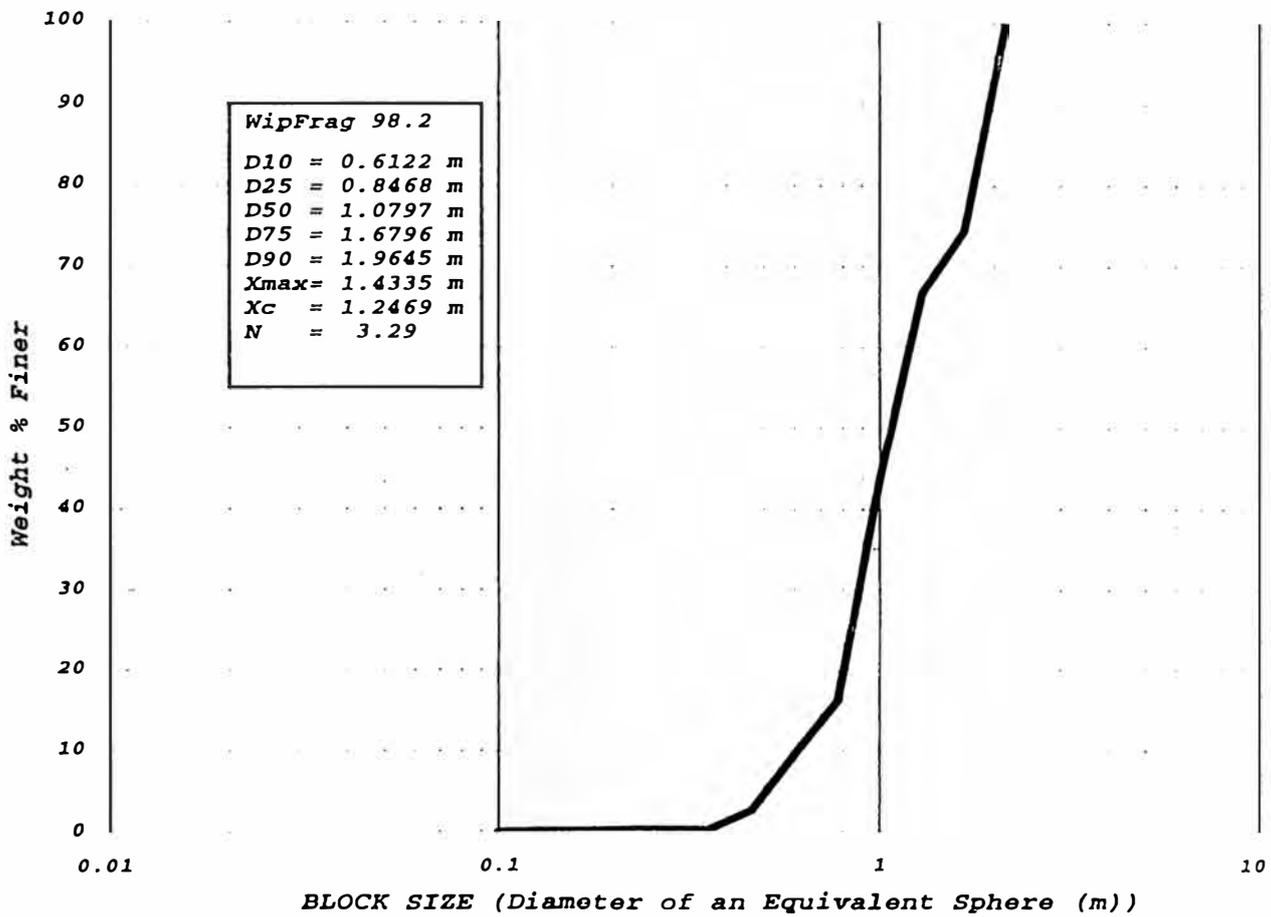
DISPARO Nº 18

MINA CUAJONE

DISPARO 18 / 3460 IMAGEN 1

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 04 Mar 1999 15:12

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis

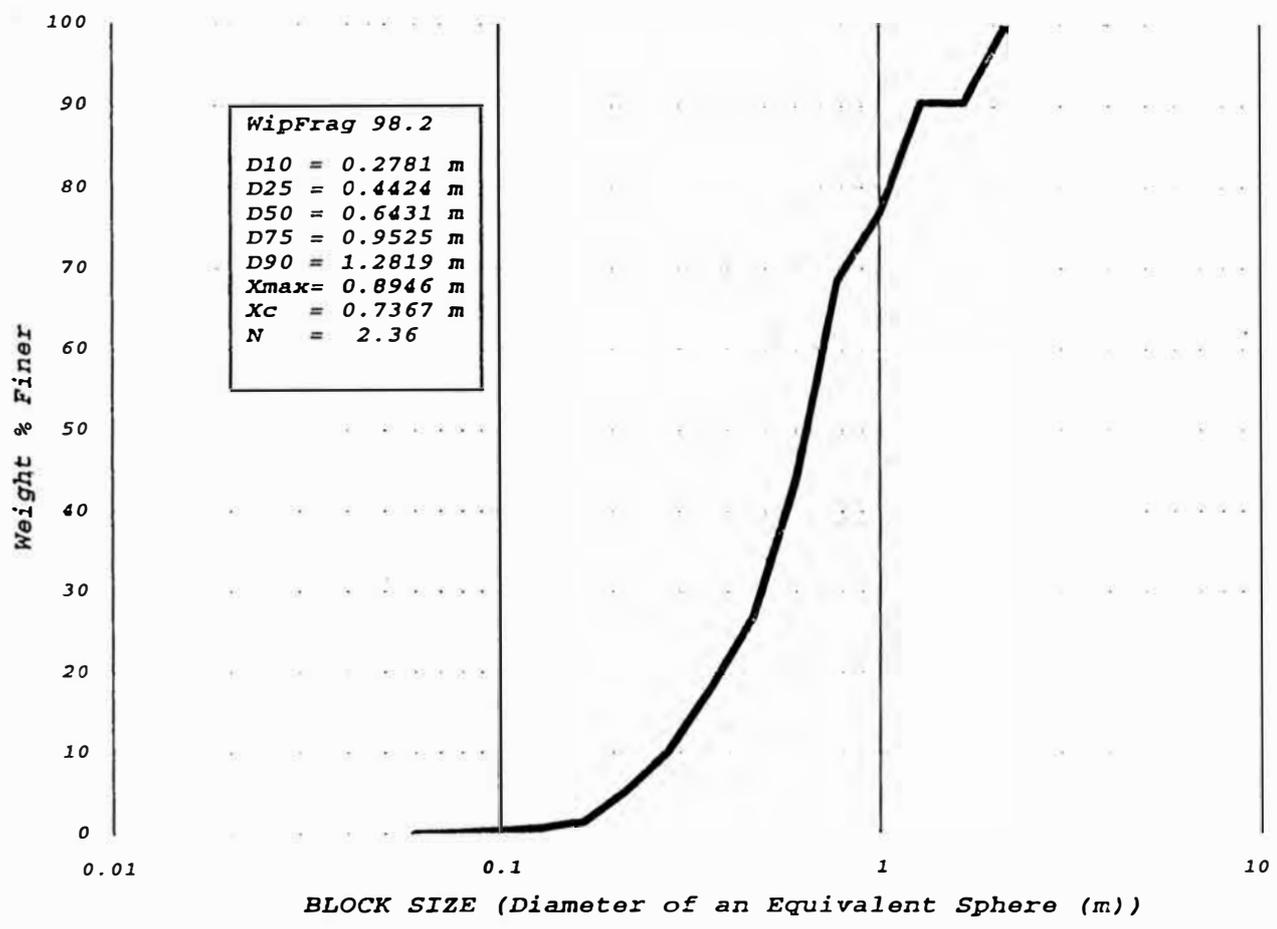


MINA CUAJONE

DISPARO 18 / 3460 IMAGEN 2

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 04 Mar 1999 15:12

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



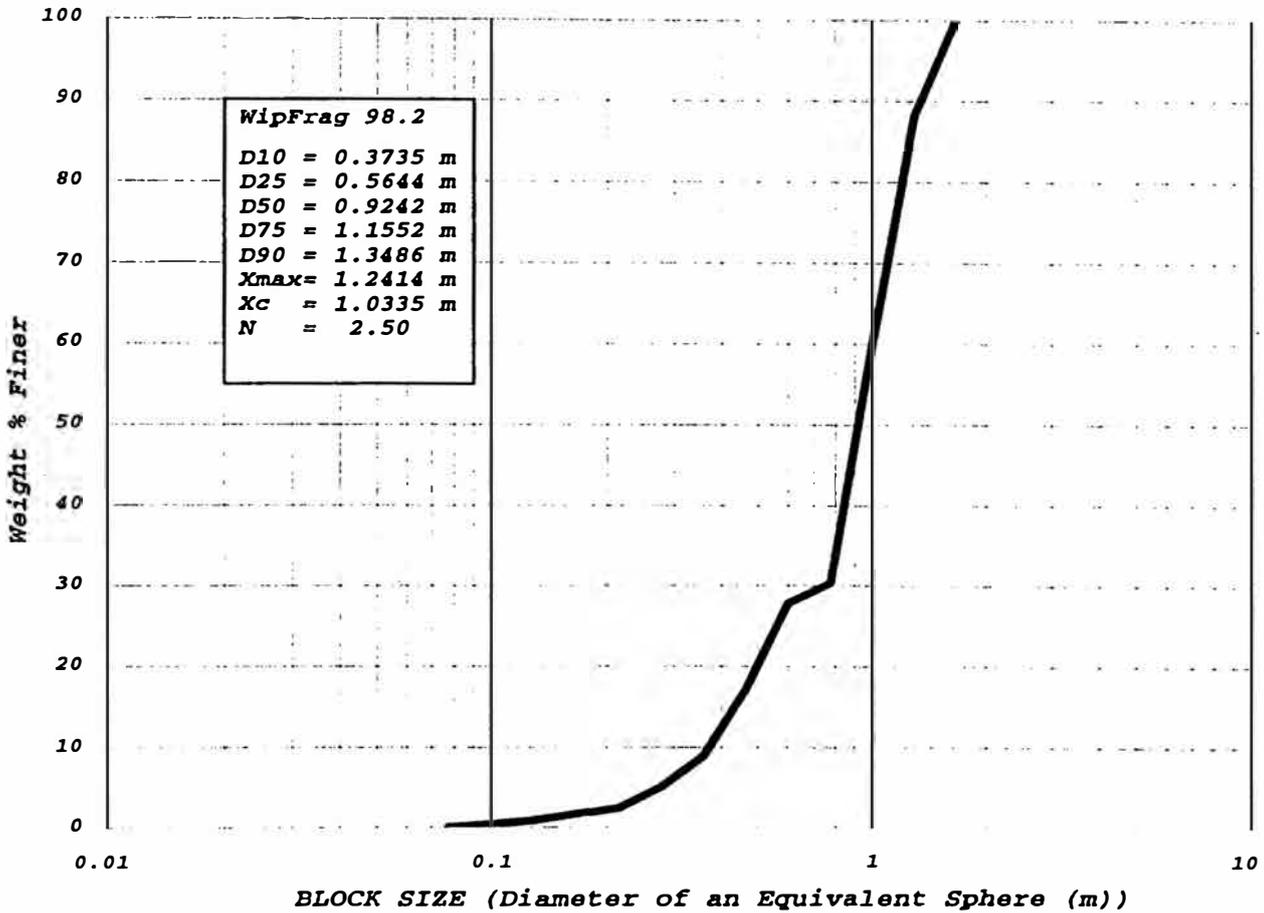
DISPARO Nº 18

MINA CUAJONE

DISPARO 18 / 3460 IMAGEN 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 04 Mar 1999 15:12

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



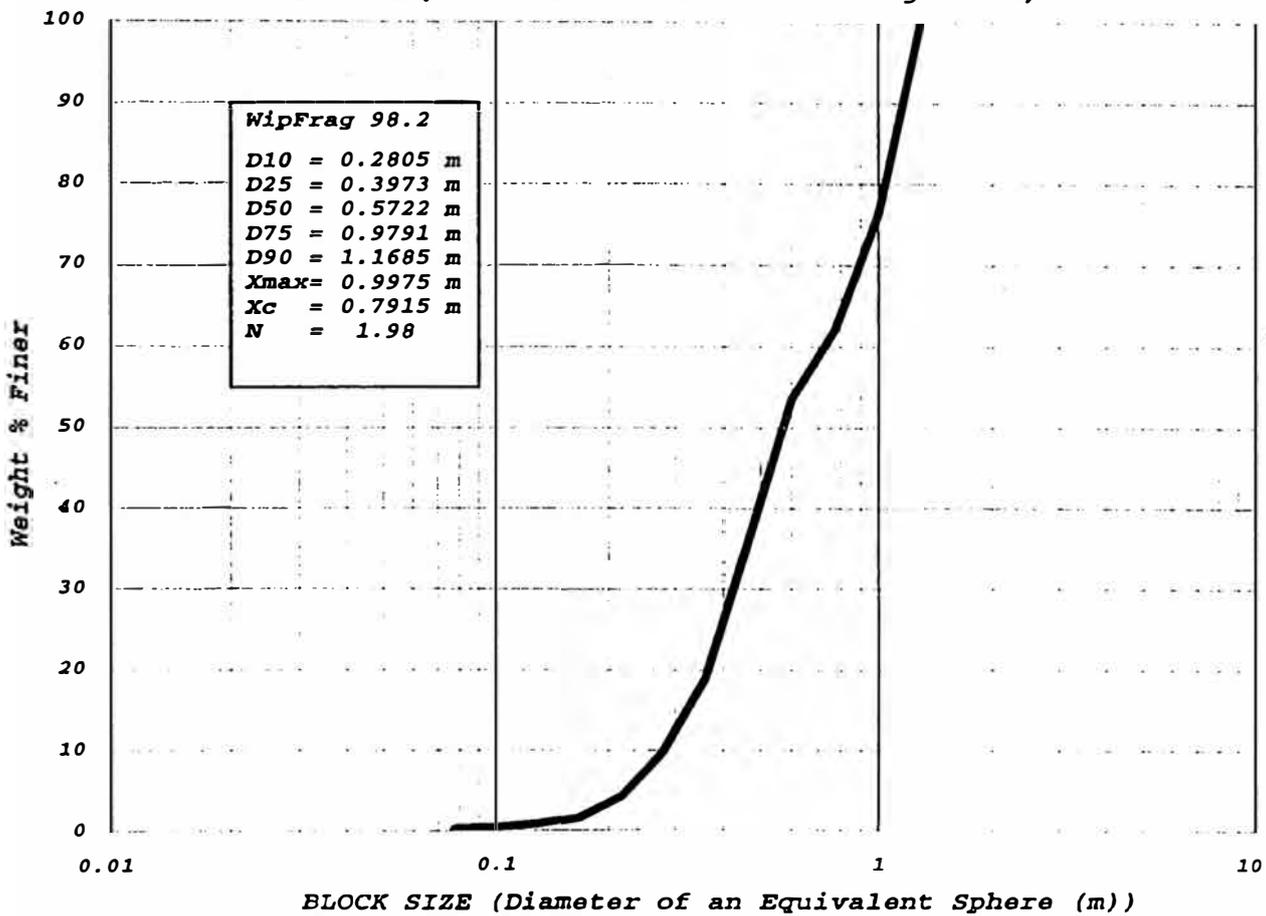
DISPARO N° 18

MINA CUAJONE

DISPARO 18 / 3460 IMAGEN 4

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 04 Mar 1999 15:12

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



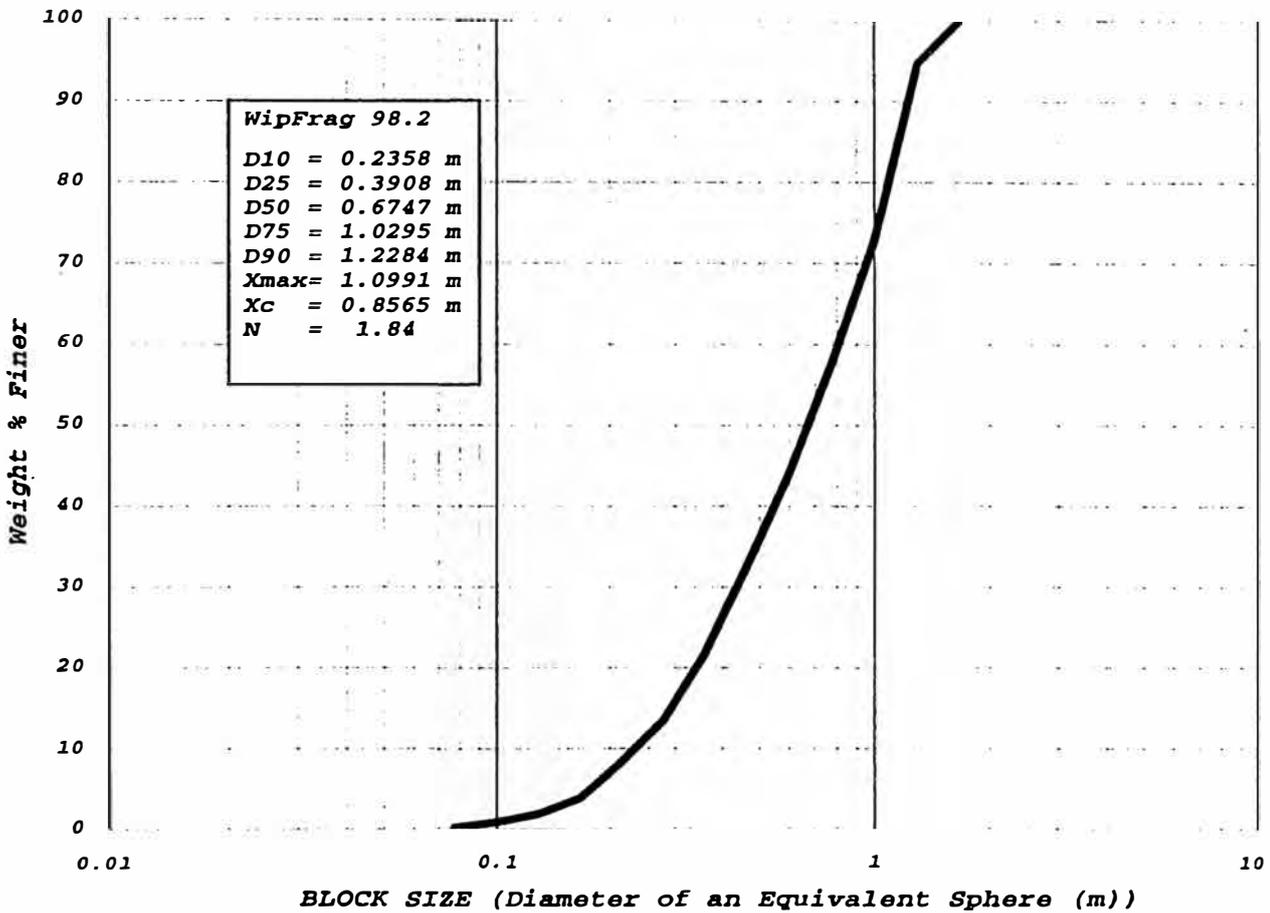
DISPARO N° 18

MINA CUAJONE

DISPARO 18 / 3460 IMAGEN 5

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 04 Mar 1999 15:12

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



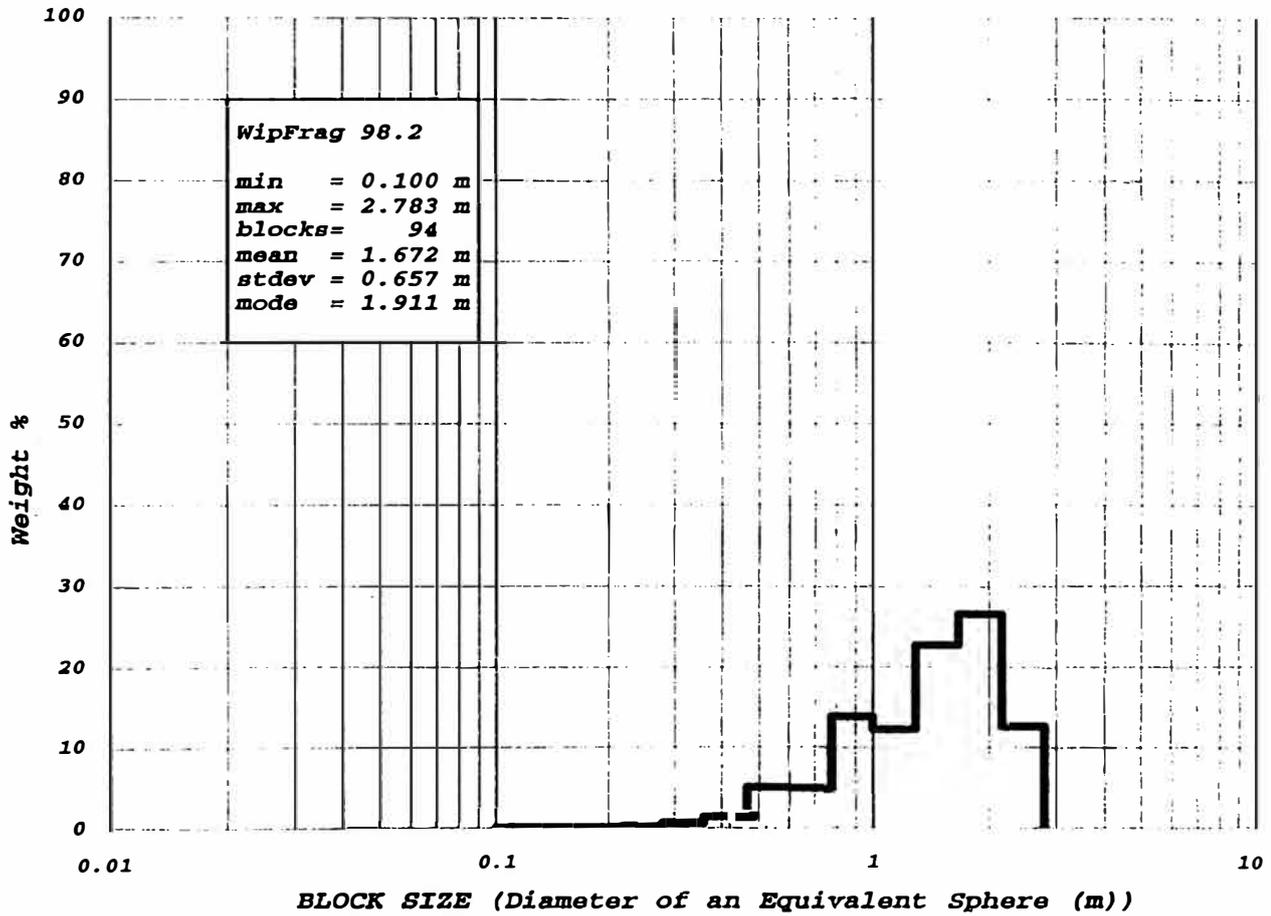
DISPARO N° 20

MINA CUAJONE

DISPARO 20 / 3460 IMAGEN 1

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 10:32

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



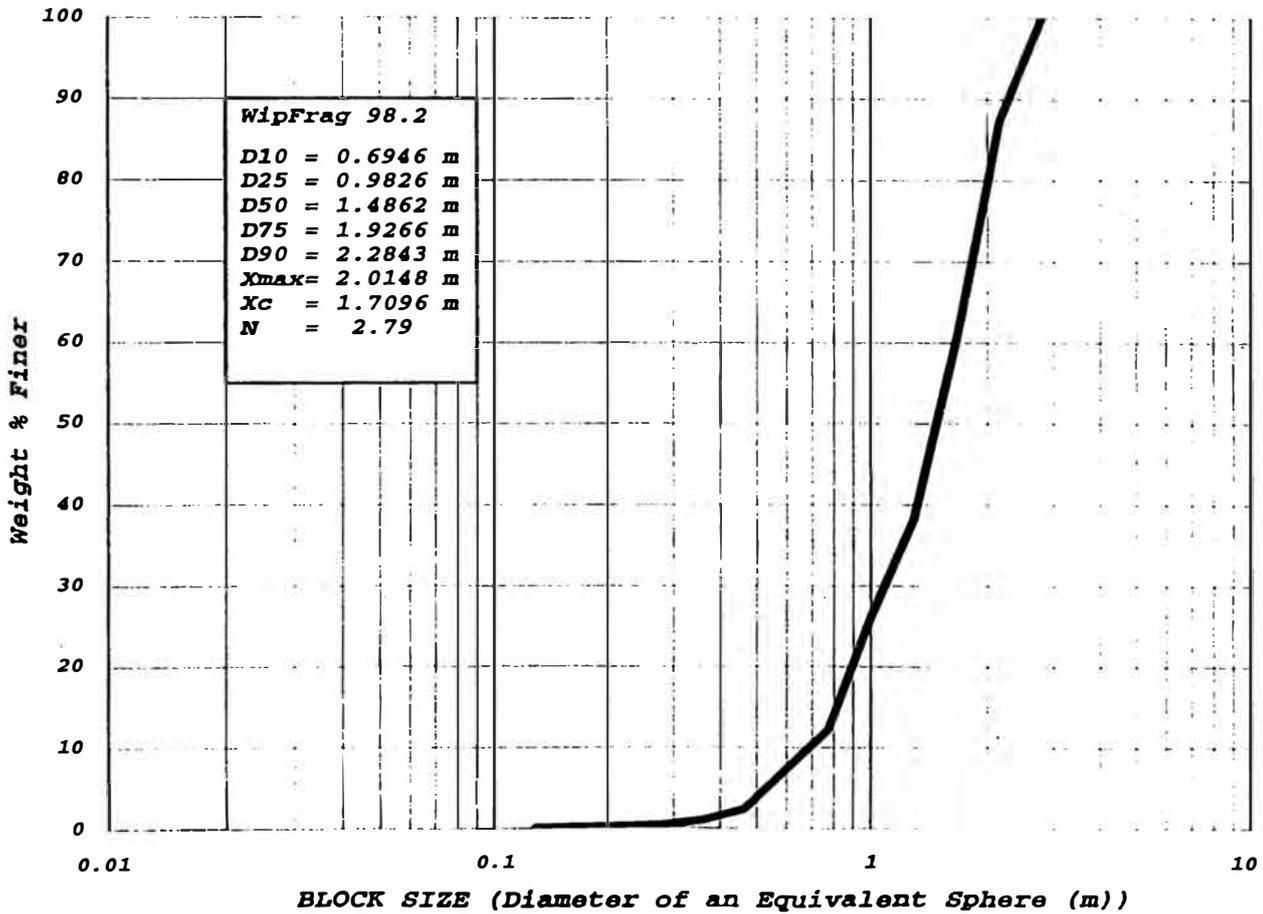
DISPARO N° 20

MINA CUAJONE

DISPARO 20 / 3460 IMAGEN 1

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 10:32

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



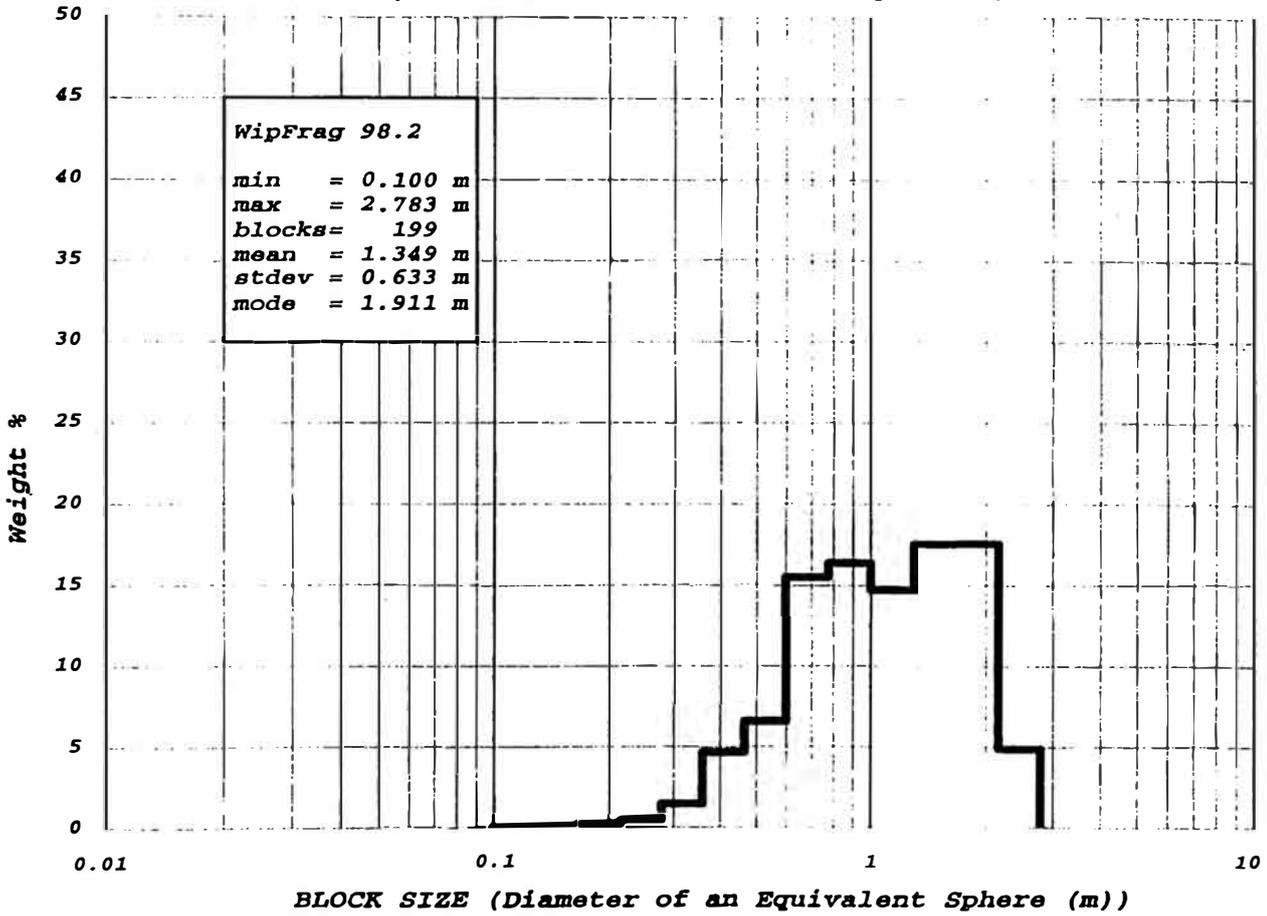
DISPARO N° 20

MINA CUAJONE

DISPARO 20 / 3460 IMAGEN 2

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 10:32

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



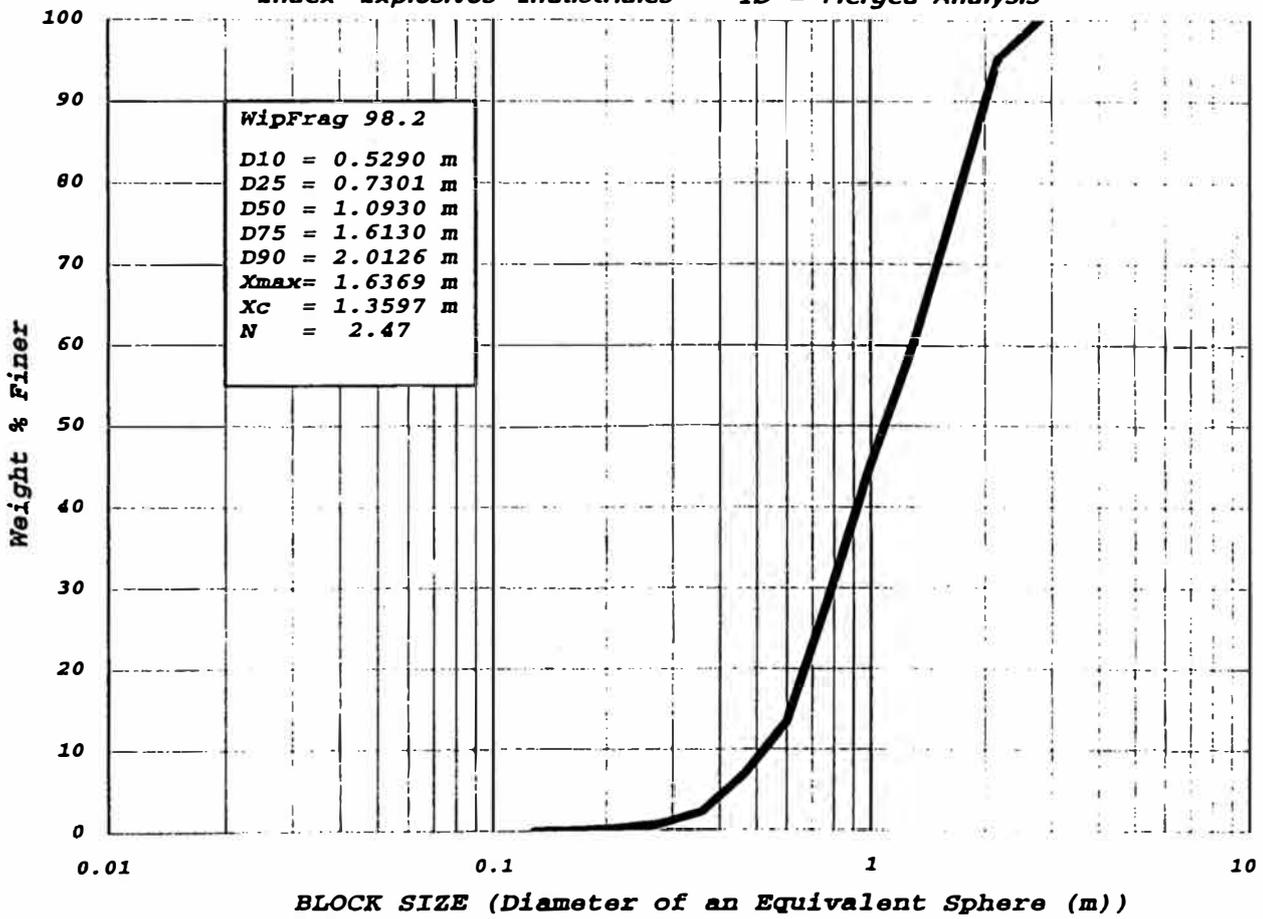
DISPARO N° 20

MINA CUAJONE

DISPARO 20 / 3460 IMAGEN 2

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 10:32

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



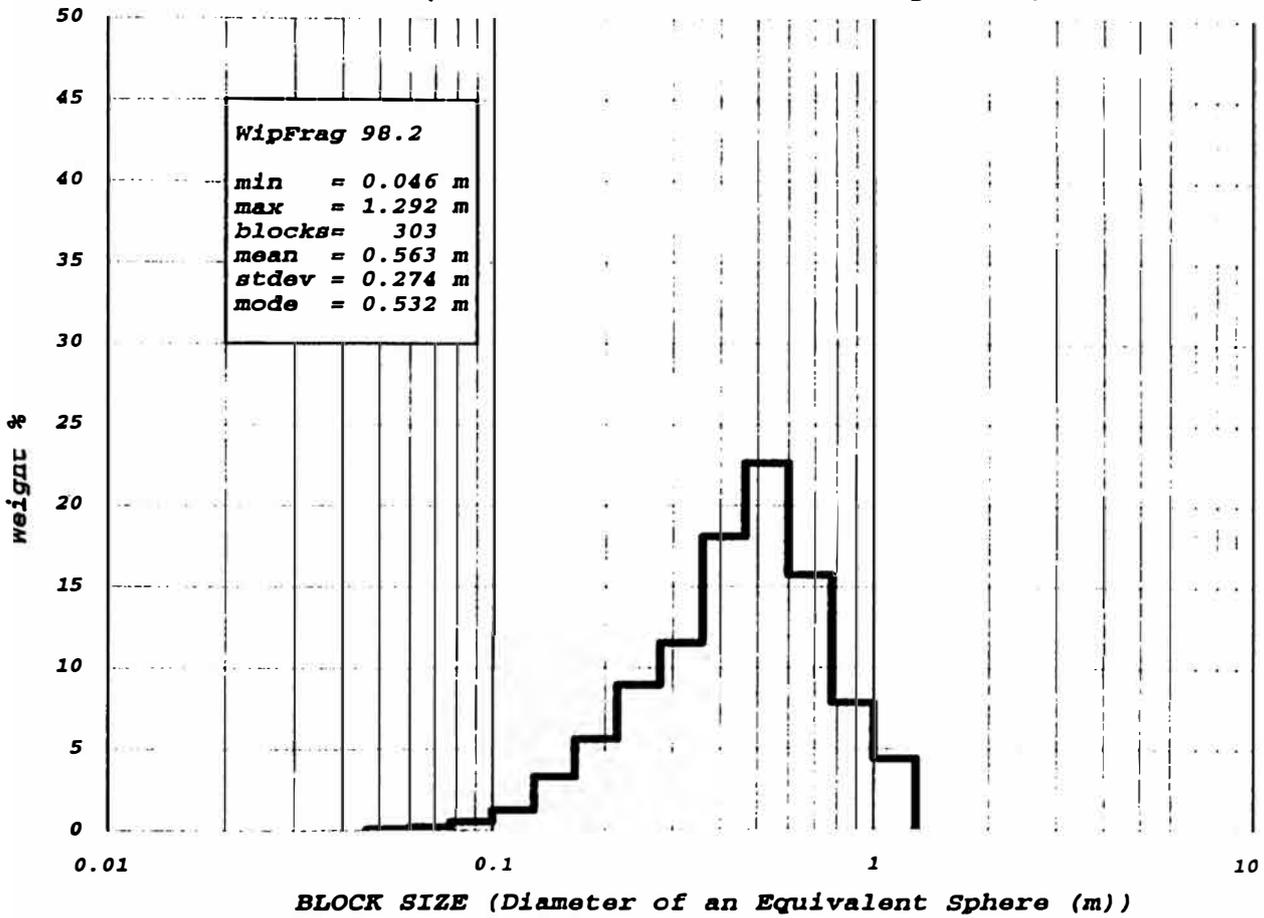
DISPARO N° 20

MINA CUAJONE

DISPARO 20 / 3460 IMAGEN 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 10:32

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



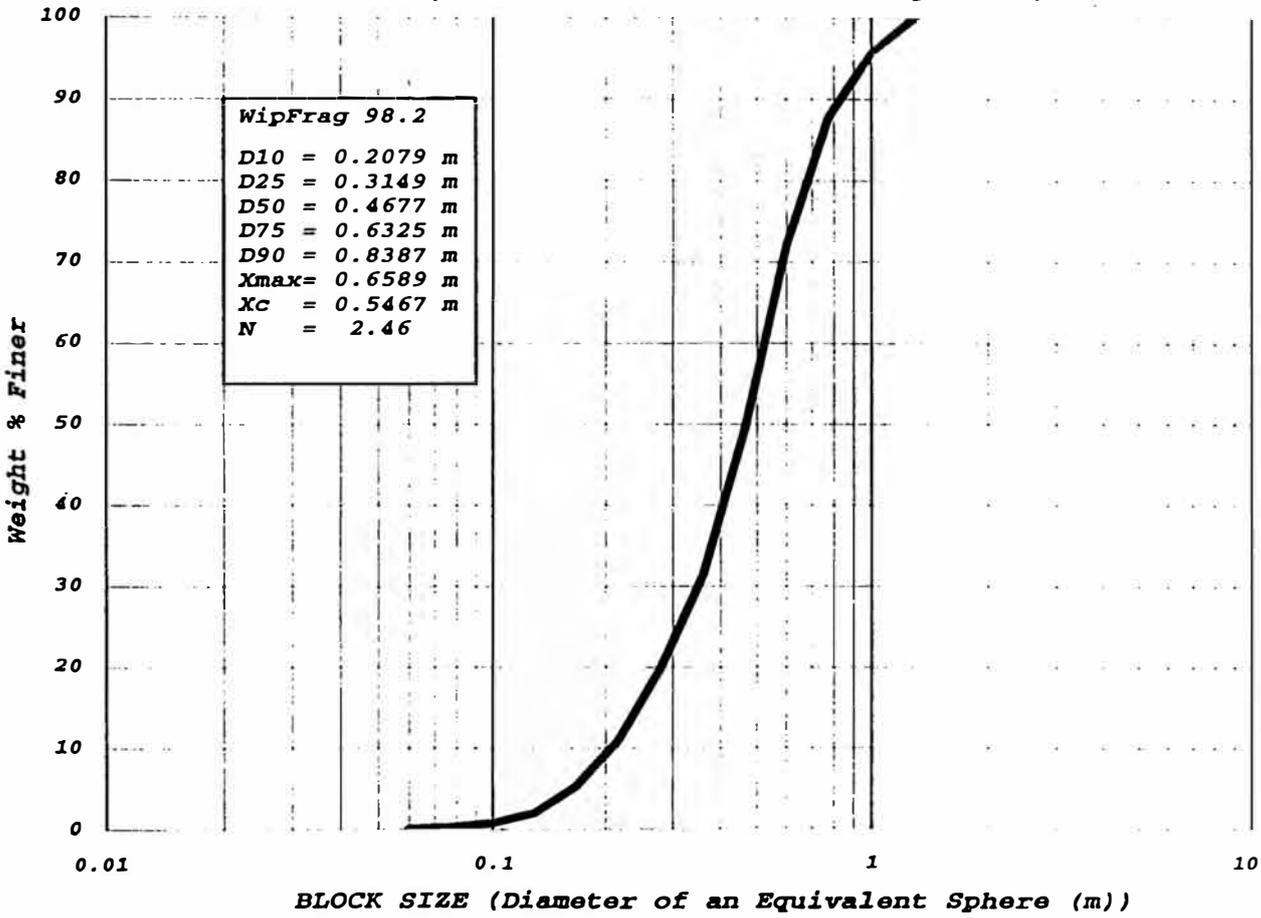
DISPARO Nº 20

MINA CUAJONE

DISPARO 20 / 3460 IMAGEN 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 10:32

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



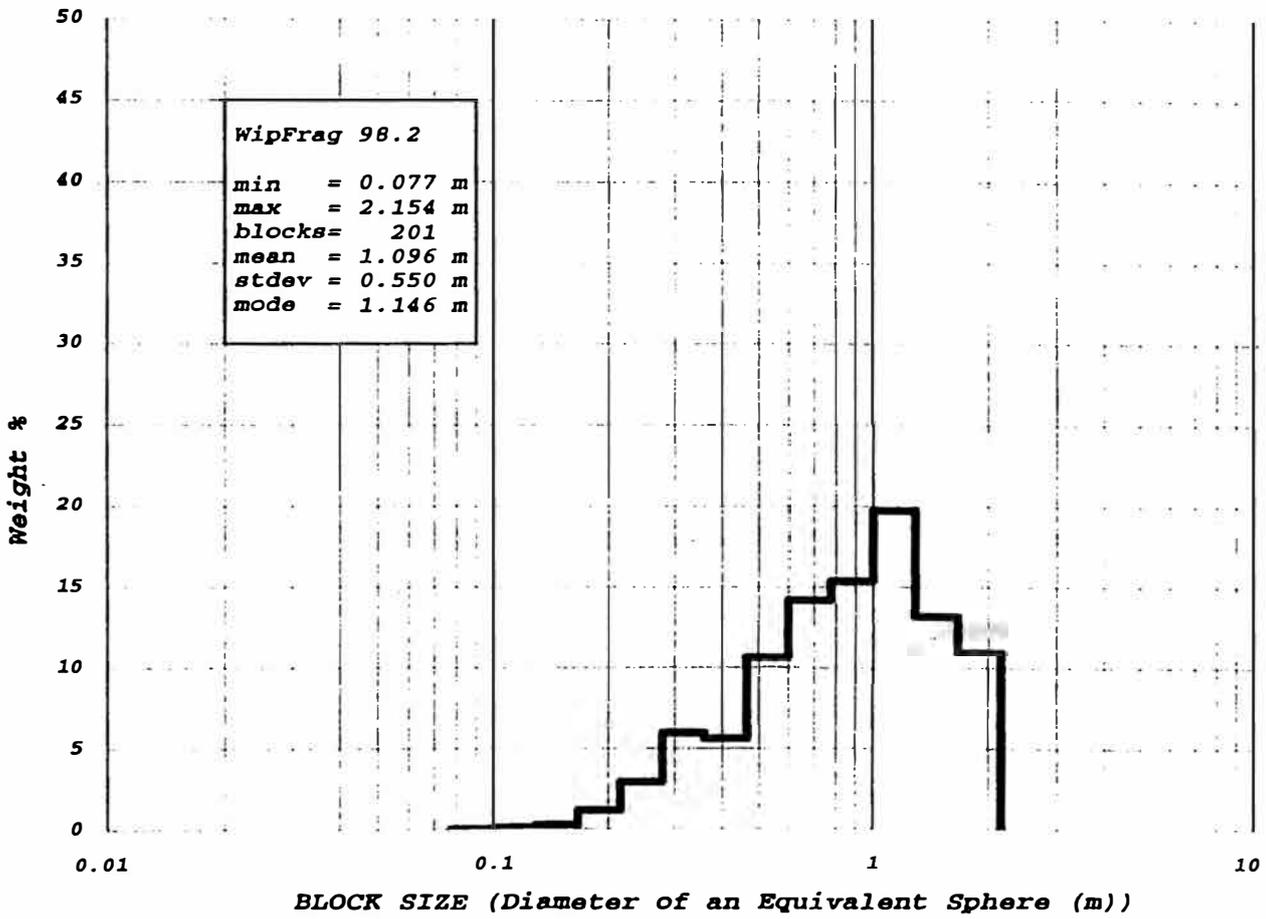
DISPARO Nº 20

MINA CUAJONE

DISPARO 20 / 3460 IMAGEN 4

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 10:32

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



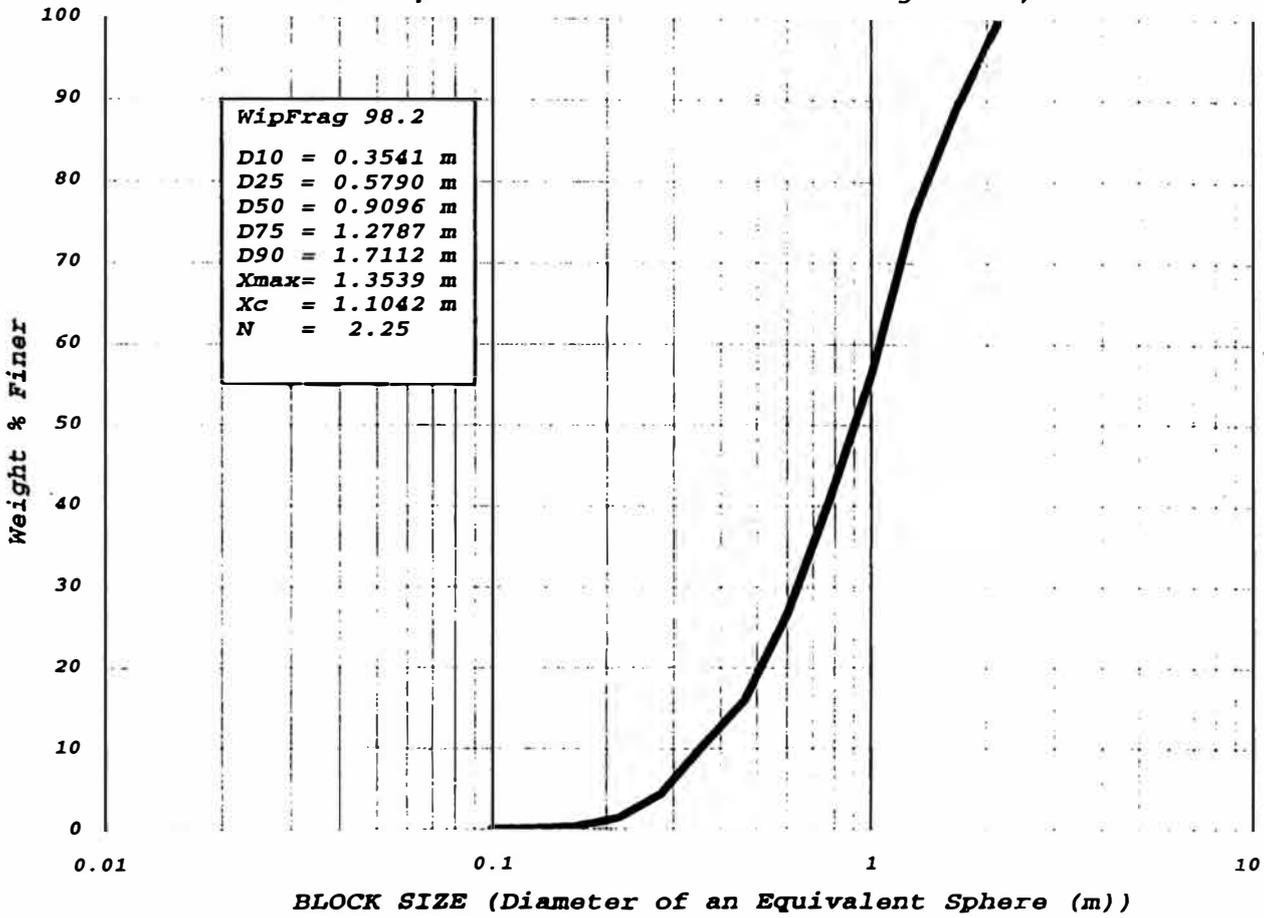
DISPARO N° 20

MINA CUAJONE

DISPARO 20 / 3460 IMAGEN 4

WipFrag (c) ver. 98.2 Wed. 10 Mar 1999 10:32

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



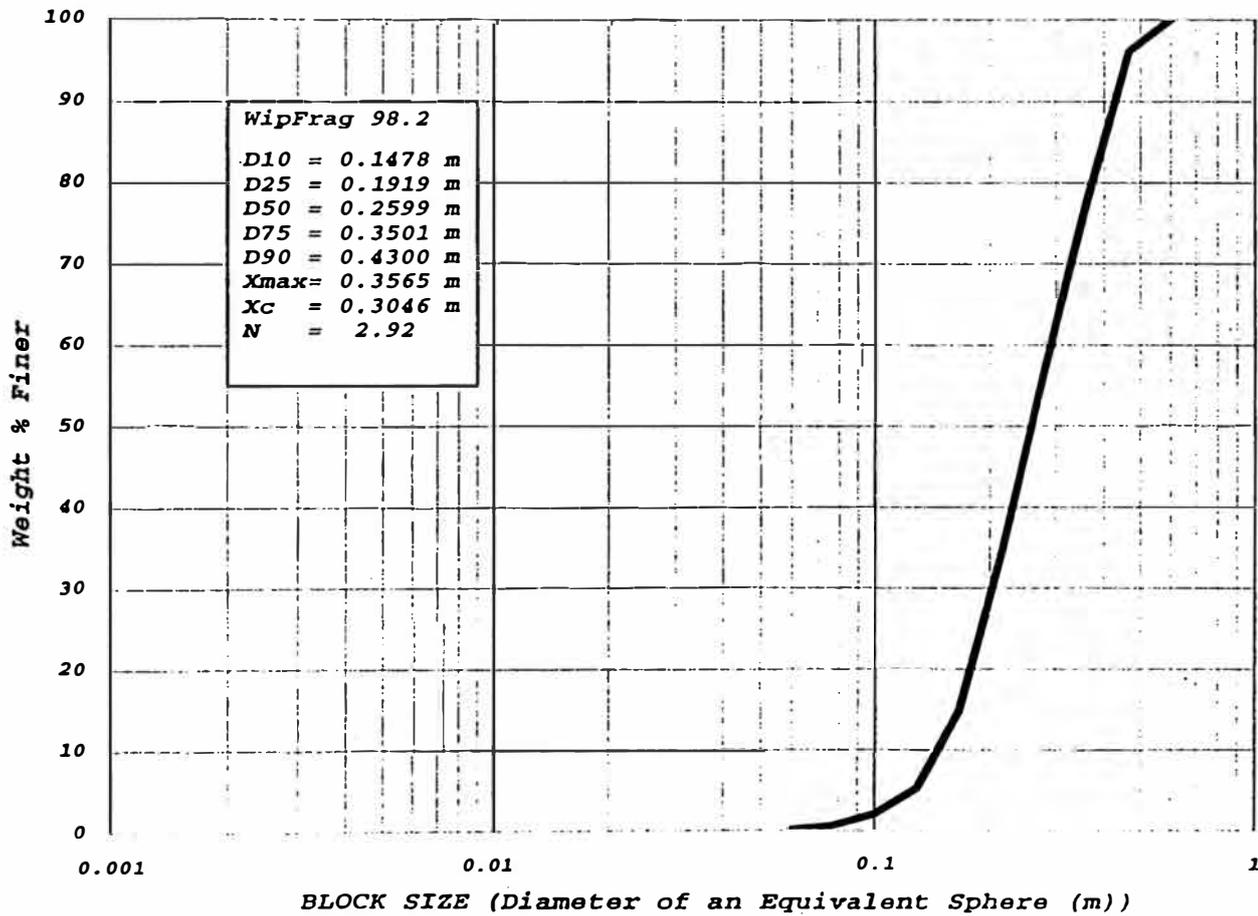
DISPARO Nº 21

MINA CUAJONE

DISPARO 21 / 3415 IMAGEN 1

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 18 Mar 1999 15:36

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



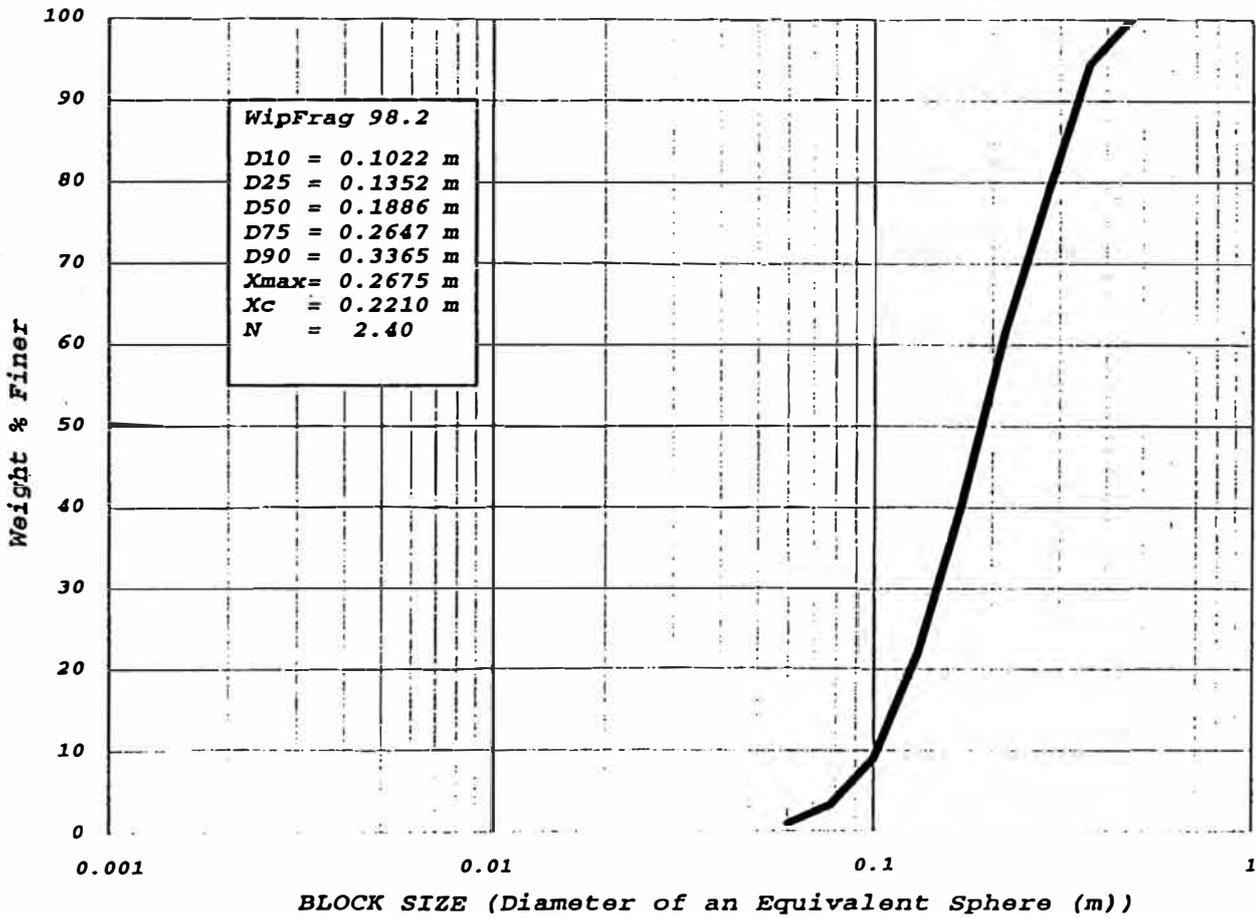
DISPARO Nº 21

MINA CUAJONE

DISPARO 21 / 3415 IMAGEN 2

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 18 Mar 1999 15:36

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



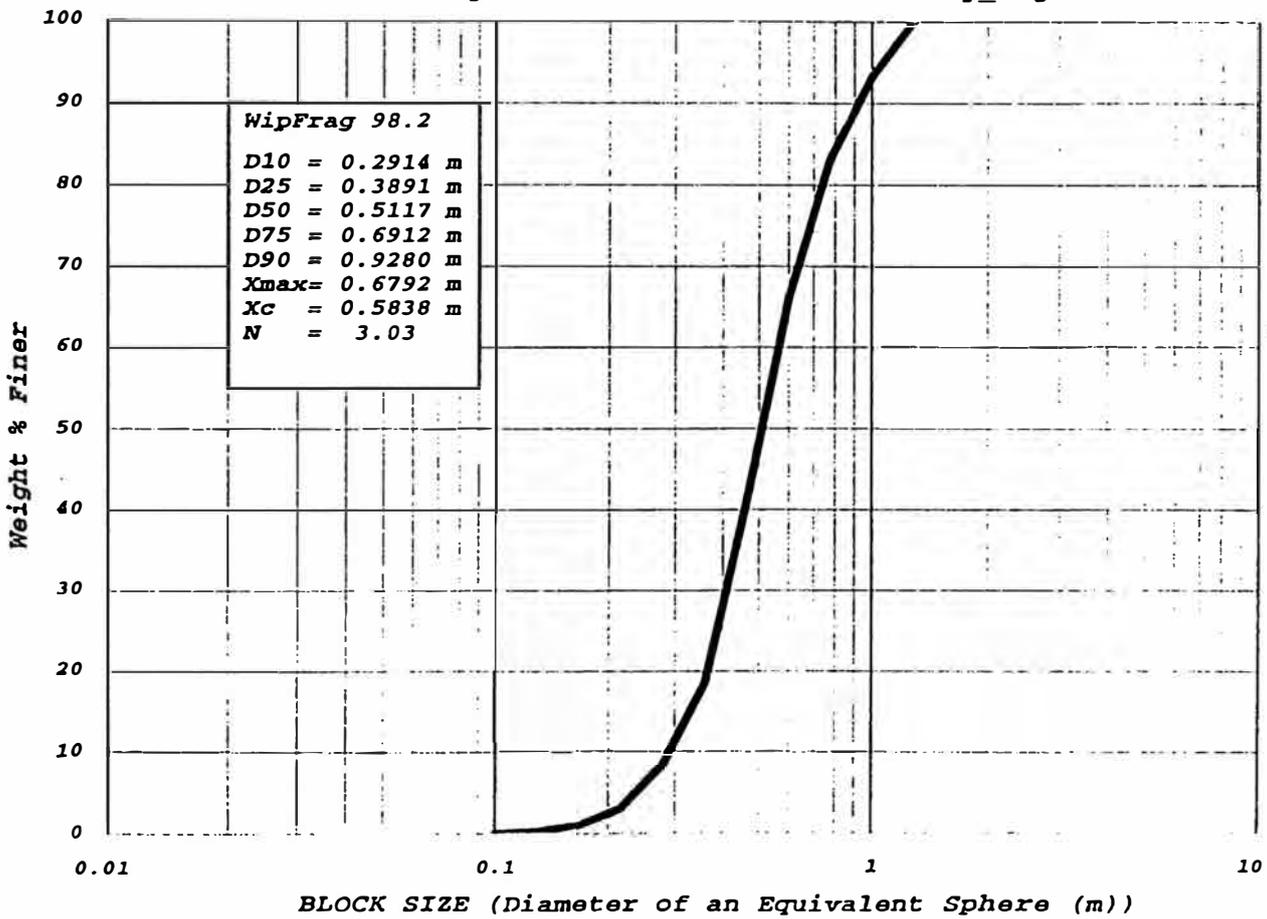
DISPARO N° 21

MINA CUAJONE

DISPARO 21 / 3415 IMAGEN 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 18 Mar 1999 15:36

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged_Analysis



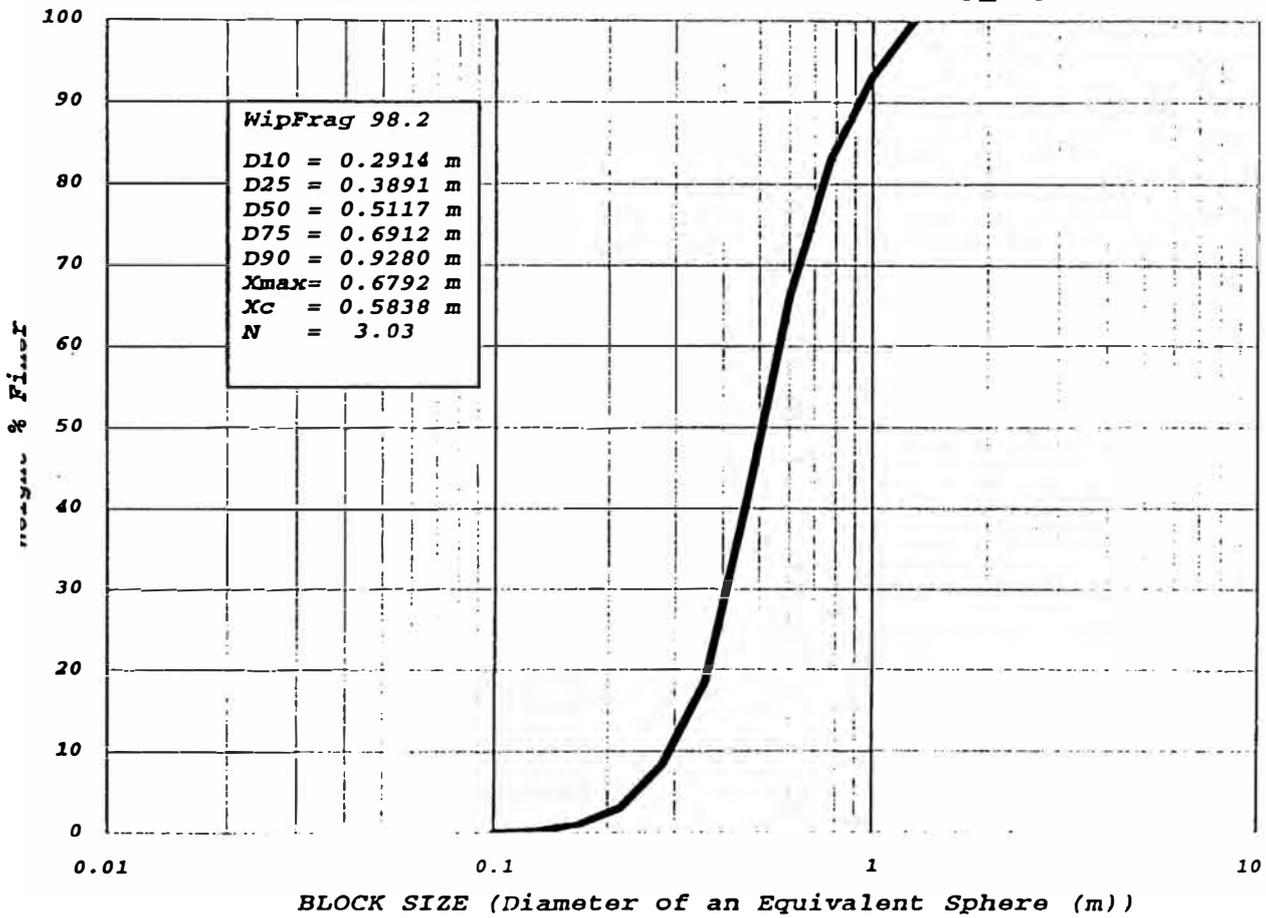
DISPARO N° 21

MINA CUAJONE

DISPARO 21 / 3415 IMAGEN 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 18 Mar 1999 15:36

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged_Analysis



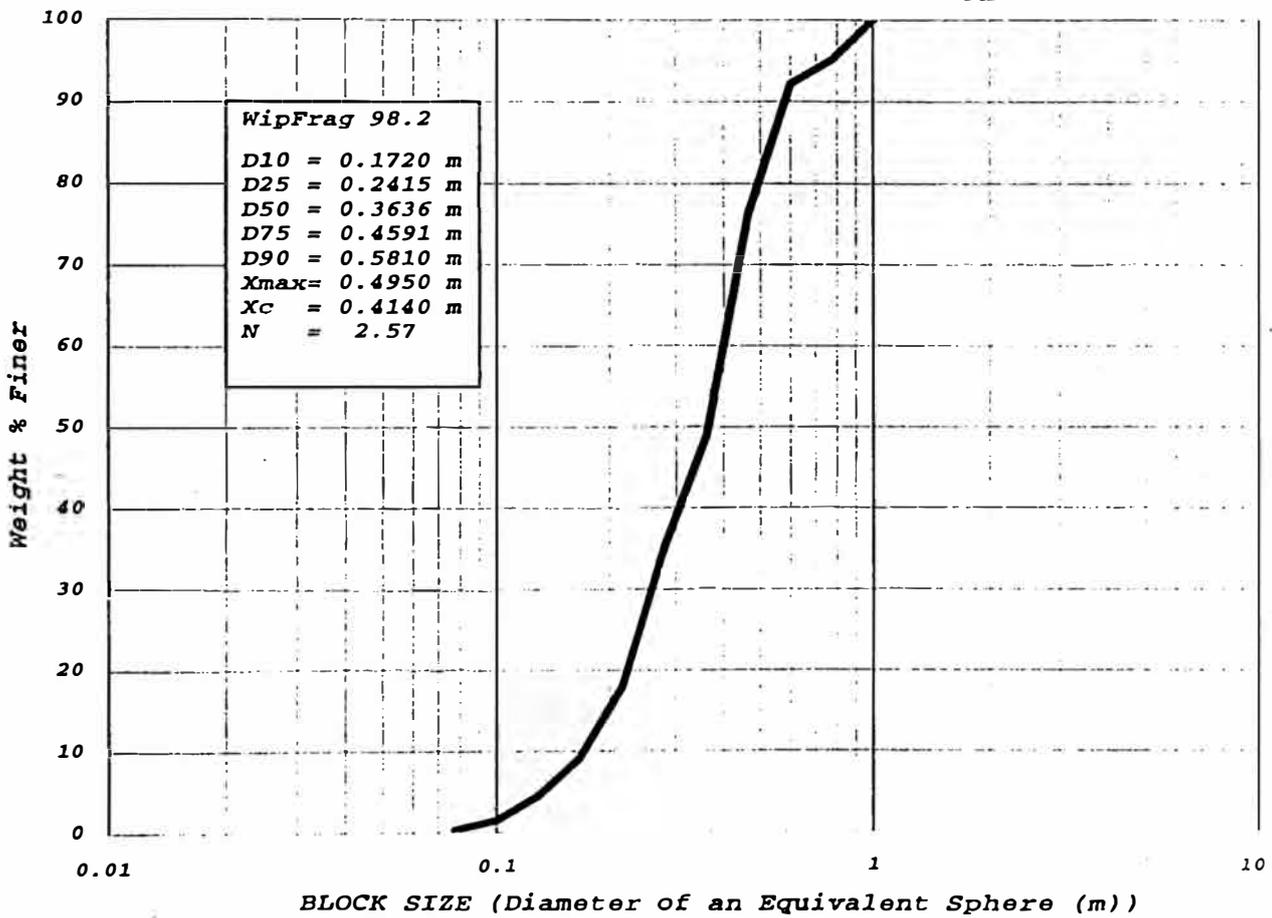
DISPARO Nº 21

MINA CUAJONE

DISPARO 21 / 3415 IMAGEN 4

WipFrag (c) ver. 98.2 Thu. 18 Mar 1999 15:36

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



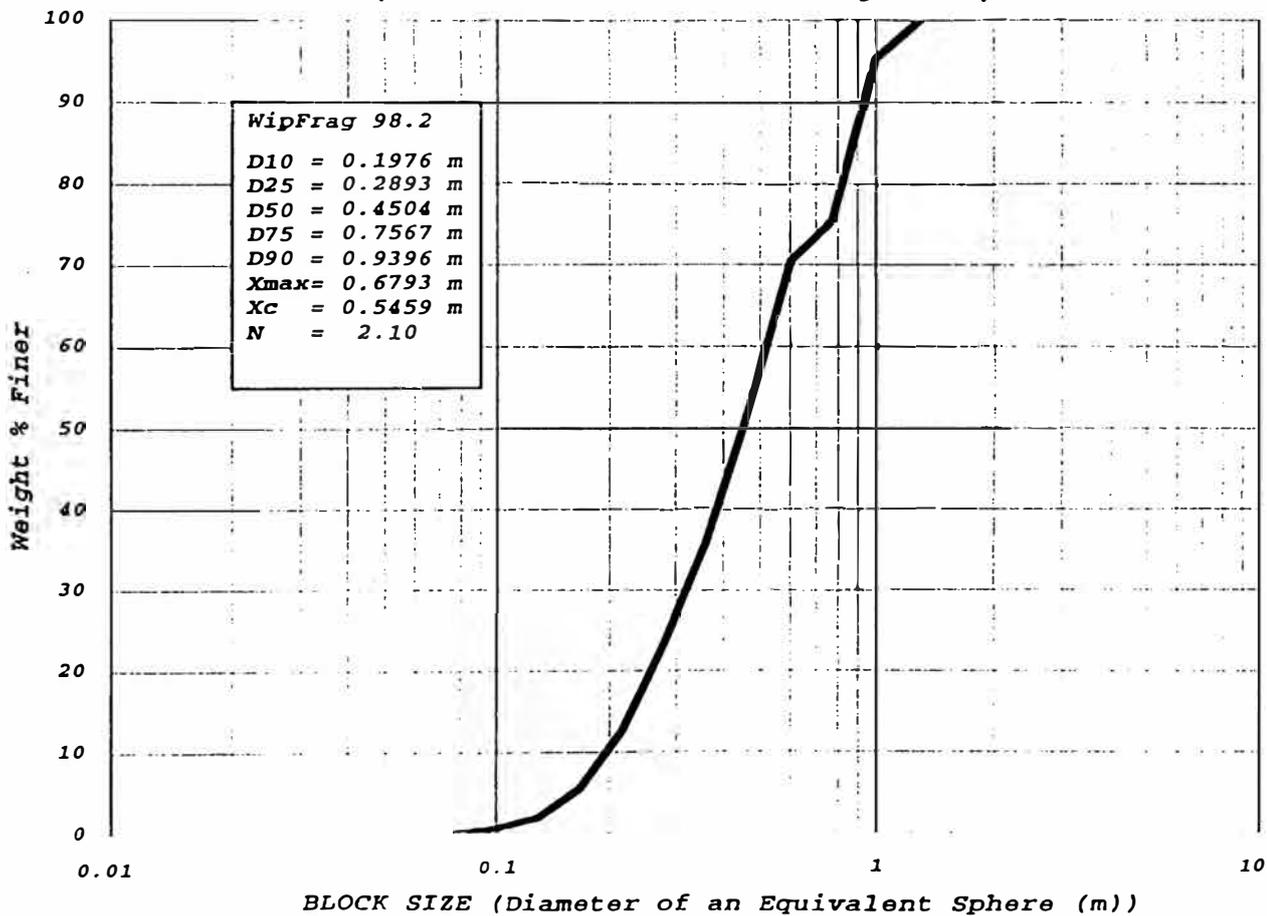
DISPARO N° 22

MINA CUAJONE

DISPARO 22 / 3415 IMAGEN 1

WipFrag (c) ver. 98.2 Fri. 19 Mar 1999 07:56

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



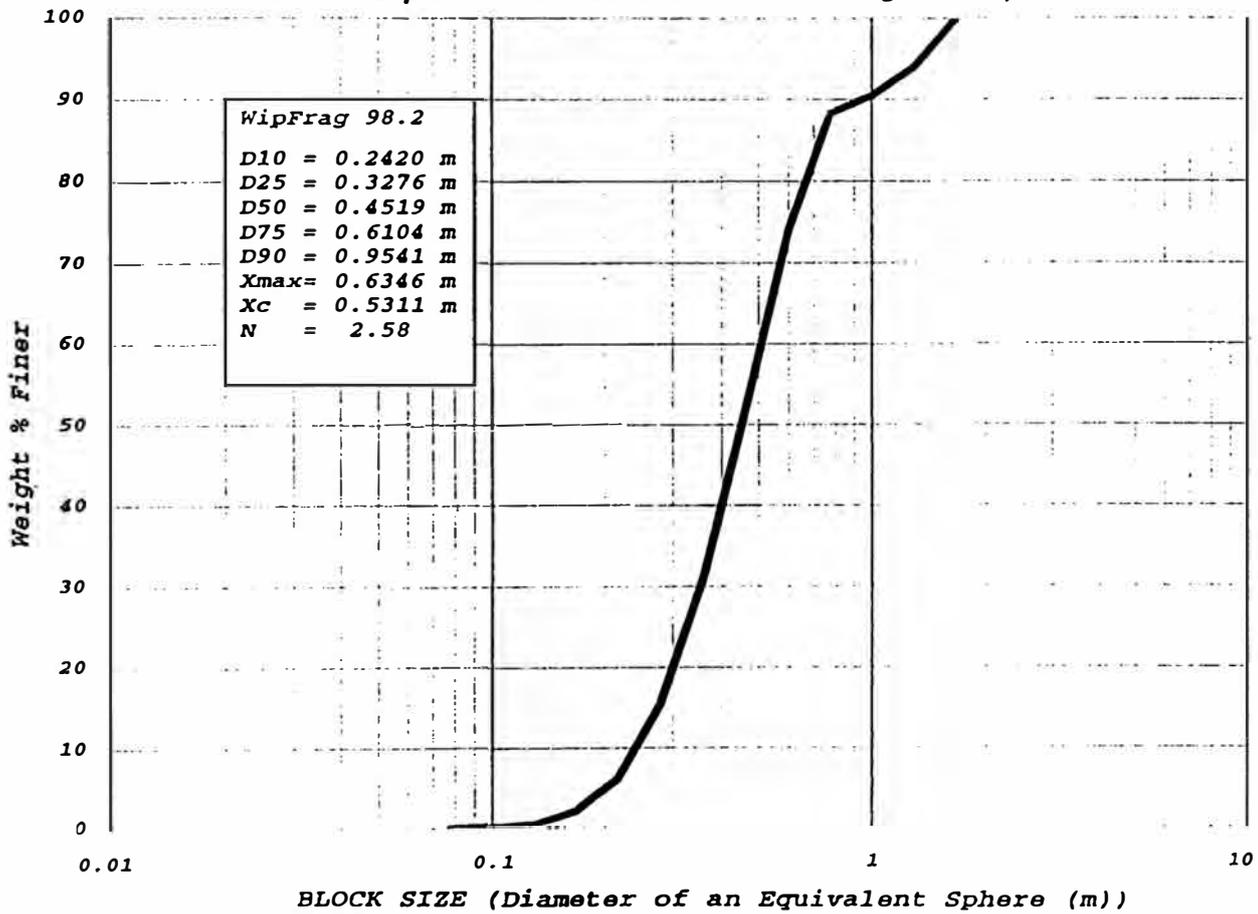
DISPARO Nº 22

MINA CUAJONE

DISPARO 22 / 3415 IMAGEN 2

WipFrag (c) ver. 98.2 Fri. 19 Mar 1999 07:56

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



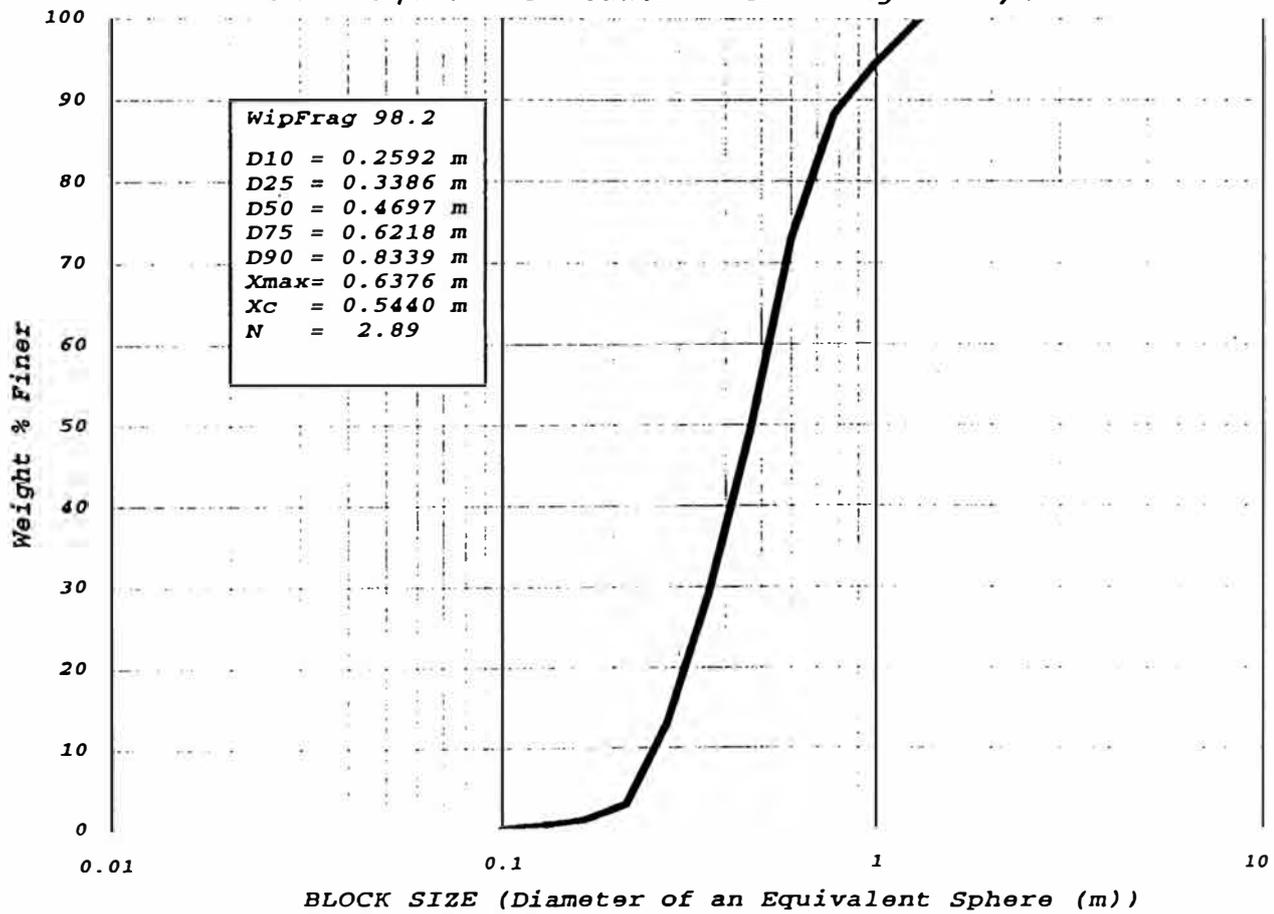
DISPARO Nº 22

MINA CUAJONE

DISPARO 22 / 3415 IMAGEN 3

WipFrag (c) ver. 98.2 Fri. 19 Mar 1999 07:56

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



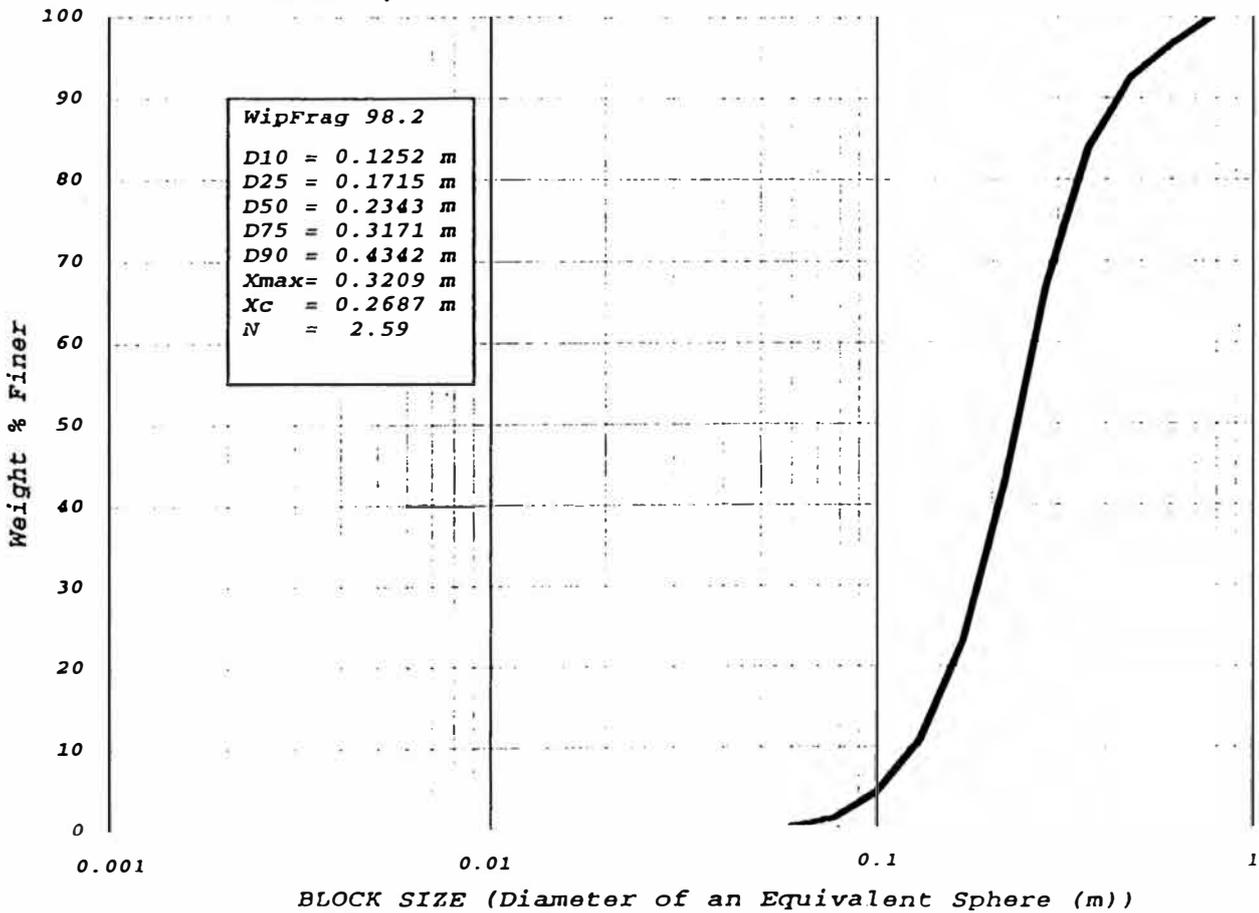
DISPARO N° 22

MINA CUAJONE

DISPARO 22 / 3415 IMAGEN 4

WipFrag (c) ver. 98.2 Fri. 19 Mar 1999 07:56

Enaex Explosivos Industriales ID = Merged Analysis



Event Report

Date/Time Vert at 12:53:22 February 10, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Range Geo :254 mm/s
Record Time 2.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1021

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 5.8 Volts (Battery Low)
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077D3L.4Y0
Scaled Distance 2.1 (50.0 m, 590.0 kg)

Notes

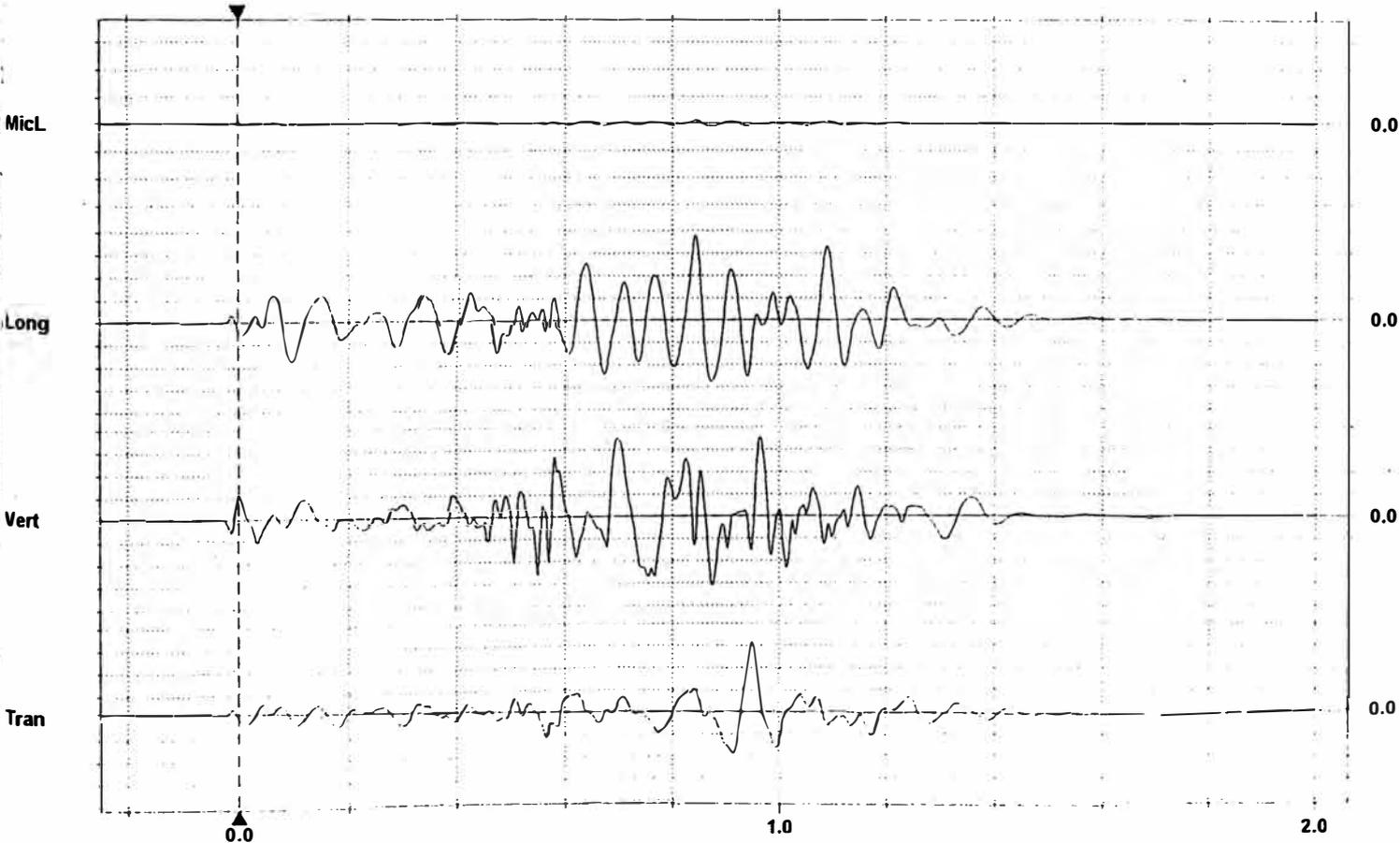
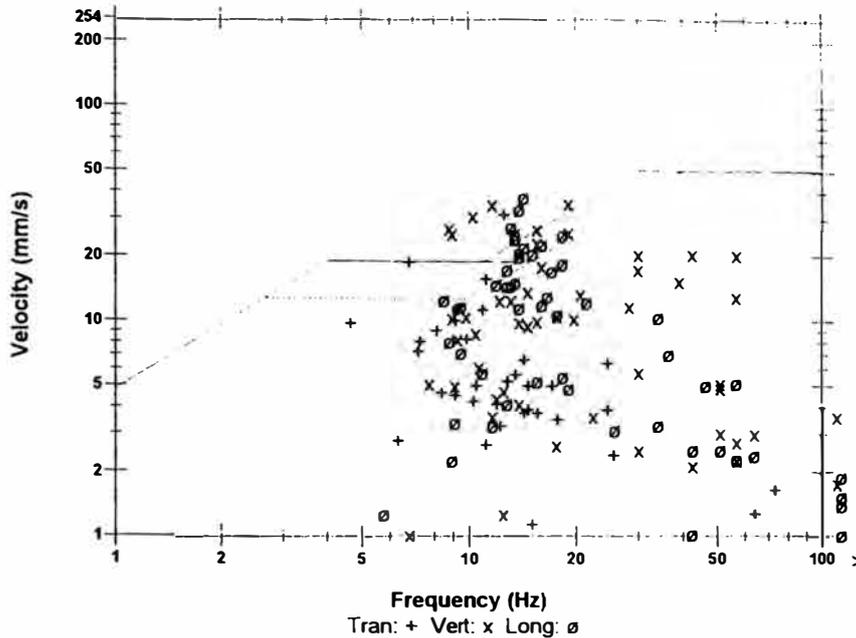
USBM RI8507 And OSMRE

Event Notes
 GRAFO 02

Microphone Linear Weighting
SPL 1.25 pa.(L) at 0.842 sec
C Freq 21 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
RPV	31.5	35.7	37.8	mm/s
C Freq	12	19	14	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.950	0.965	0.844	sec
Peak Acceleration	0.225	0.676	0.411	g
Peak Displacement	0.356	0.528	0.371	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 41.4 mm/s at 0.875 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger = ▶ ◀

Event Report

Date/Time Tran at 12:39:54 February 13, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Range Geo: 254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1322

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087D94.IIO
Scaled Distance 6.6 (164.3 m, 616.0 kg)

Notes

USBM R18507 And OSMRE

Post Event Notes

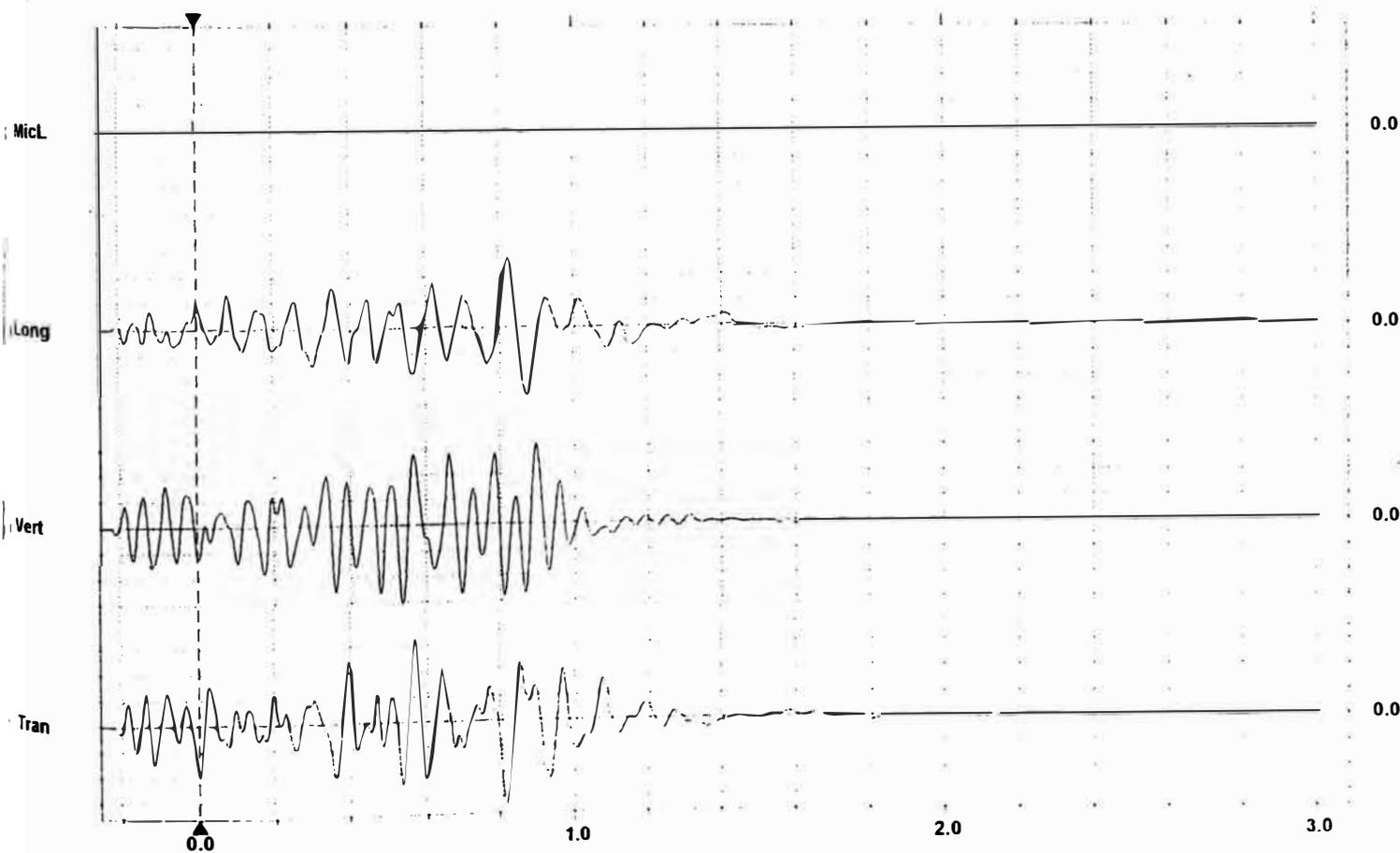
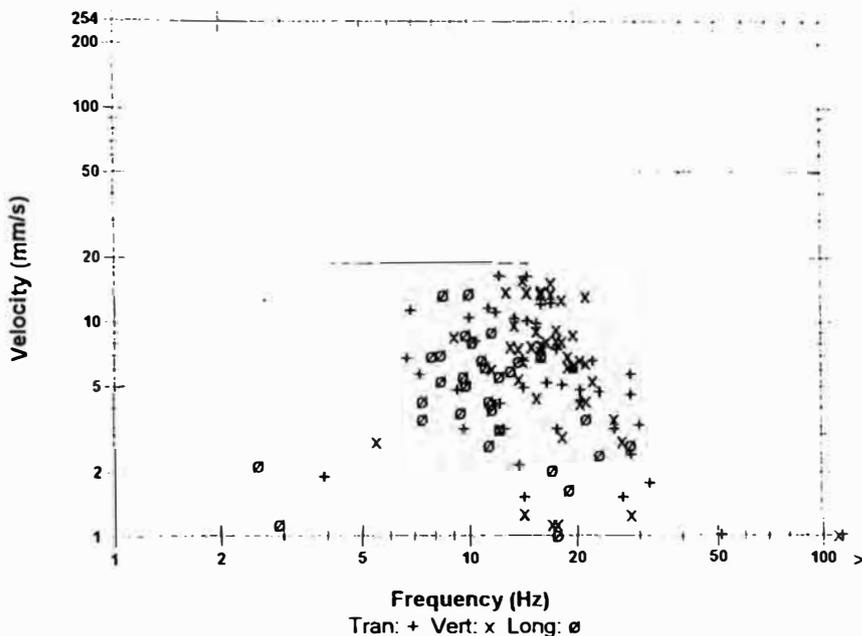
SMOGRAFO UBICADO EN LA PERFORADORA 10

Microphone Linear Weighting
SPL 0.750 pa.(L) at 0.858 sec
C Freq 13 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long
--	------	------	------

IPV	16.5	15.9	13.7	mm/s
OC Freq	12	14	10	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.812	0.897	0.820	sec
Peak Acceleration	0.159	0.186	0.119	g
Peak Displacement	0.222	0.170	0.240	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 24.5 mm/s at 0.812 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 5.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

File/Time Vert at 12:41:20 February 13, 1999
 Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
 Range Geo: 254 mm/s
 Record Time 3.0 sec at 1024 sps
 Job Number: 1321

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level 6.3 Volts
 Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
 File Name H3077D94.KW0
 Scaled Distance 10.3 (250.0 m, 590.0 kg)

Notes

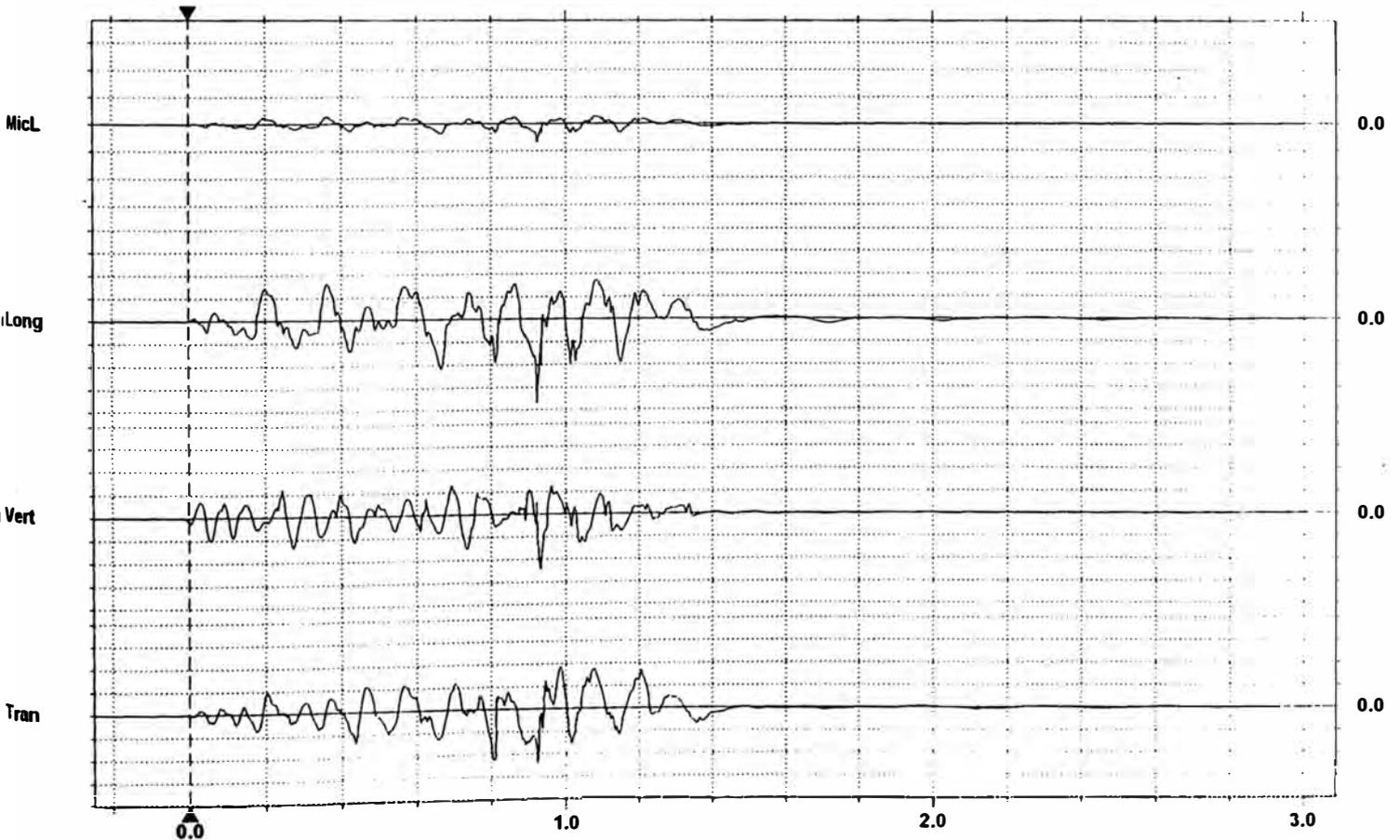
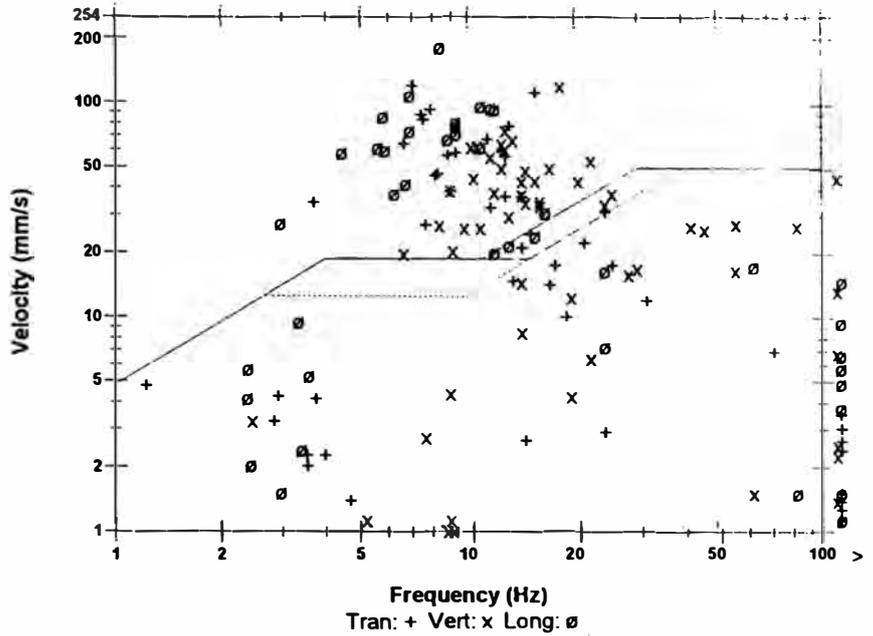
USBM RI8507 And OSMRE

1st Event Notes

Microphone Linear Weighting
 SPL 6.75 pa.(L) at 0.923 sec
 C Freq 8.5 Hz
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
PV	121	122	185	mm/s
C Freq	7.0	18	8.4	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.924	0.933	0.923	sec
Peak Acceleration	6.44	6.35	7.12	g
Peak Displacement	2.08	1.01	2.05	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 224 mm/s at 0.924 sec



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 50.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger = ▸-----▾

Event Report

Date/Time: Vert at 12:43:47 February 15, 1999
 Trigger Source: Geo: 10.00 mm/s
 Range: Geo: 254 mm/s
 Record Time: 2.0 sec at 1024 sps
 Record Number: 1522

Serial Number: BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level: 6.2 Volts
 Calibration: September 18, 1998 by InstanTel Inc.
 File Name: H3087DCU.020
 Scaled Distance: 6.2 (154.3 m, 616.0 kg)

es

USBM RI8507 And OSMRE

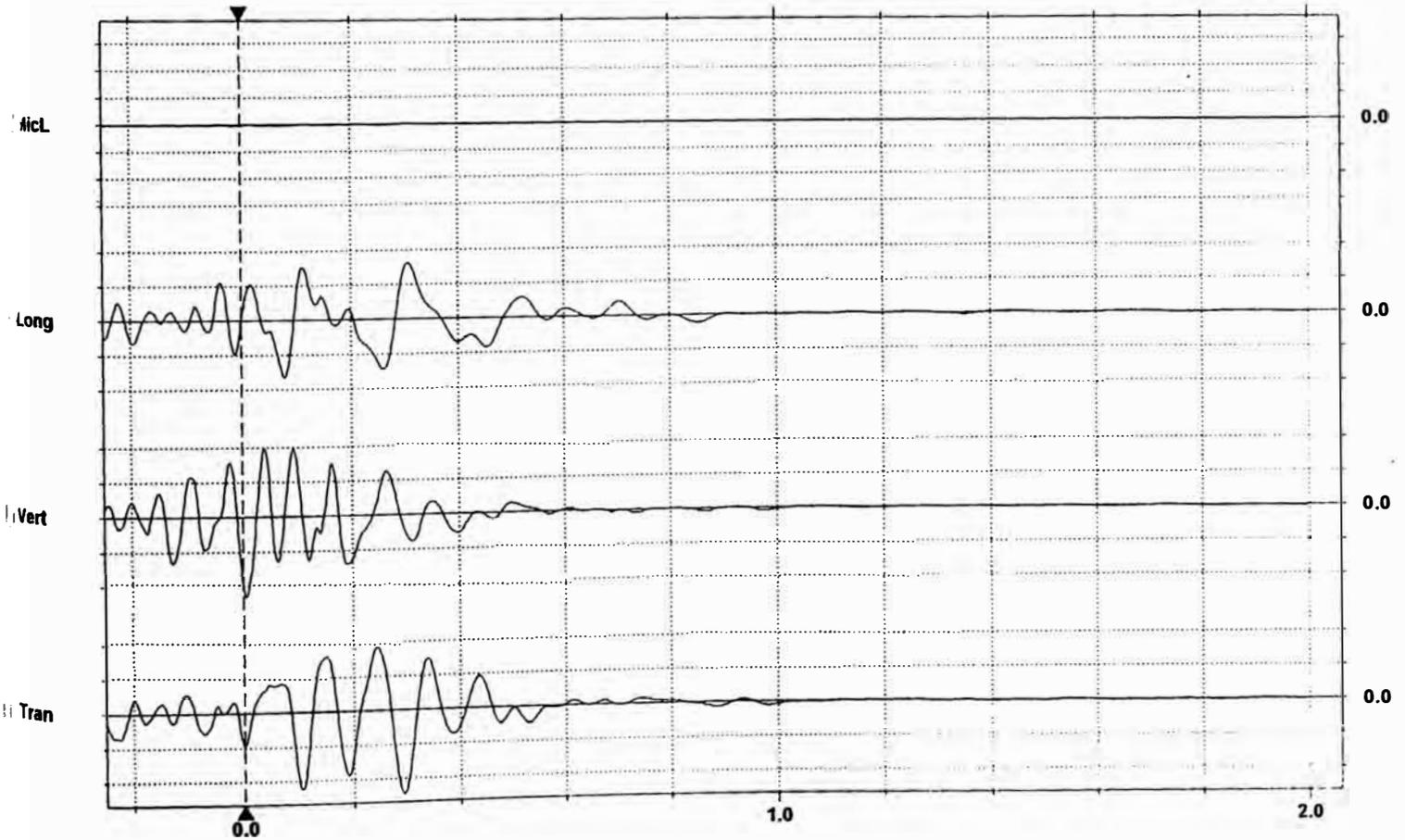
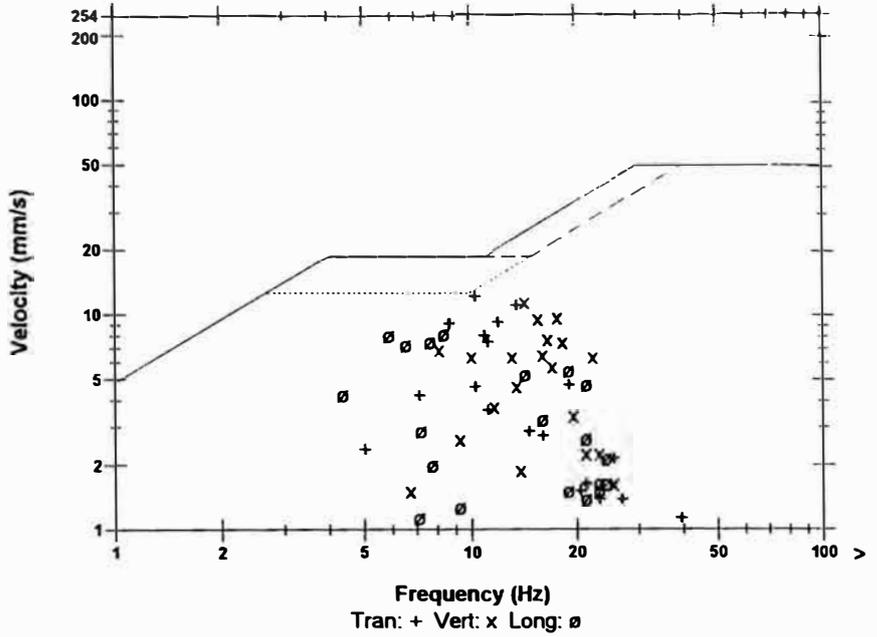
Event Notes

Seismograma ubicado en el nivel 3475

Microphone: Linear Weighting
 SPL: 0.500 pa.(L) at -0.016 sec
 Freq: >100 Hz
 Channel Test: Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak V	12.3	11.7	8.25	mm/s
Peak Freq	10	14	8.4	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.294	0.005	0.077	sec
Peak Acceleration	0.0928	0.133	0.0795	g
Peak Displacement	0.186	0.129	0.171	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum: 13.9 mm/s at 0.297 sec



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 5.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger = \blacktriangleright \blacktriangleleft

Event Report

Date/Time: Vert at 12:45:15 February 15, 1999
 Trigger Source: Geo: 10.00 mm/s
 Trigger Age: Geo: 254 mm/s
 Record Time: 2.0 sec at 1024 sps
 Record Number: 1521

Serial Number: BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level: 6.2 Volts
 Calibration: September 18, 1998 by InstanTel Inc.
 File Name: H3077DCU.3F0
 Scaled Distance: 10.3 (250.0 m, 590.0 kg)

Notes

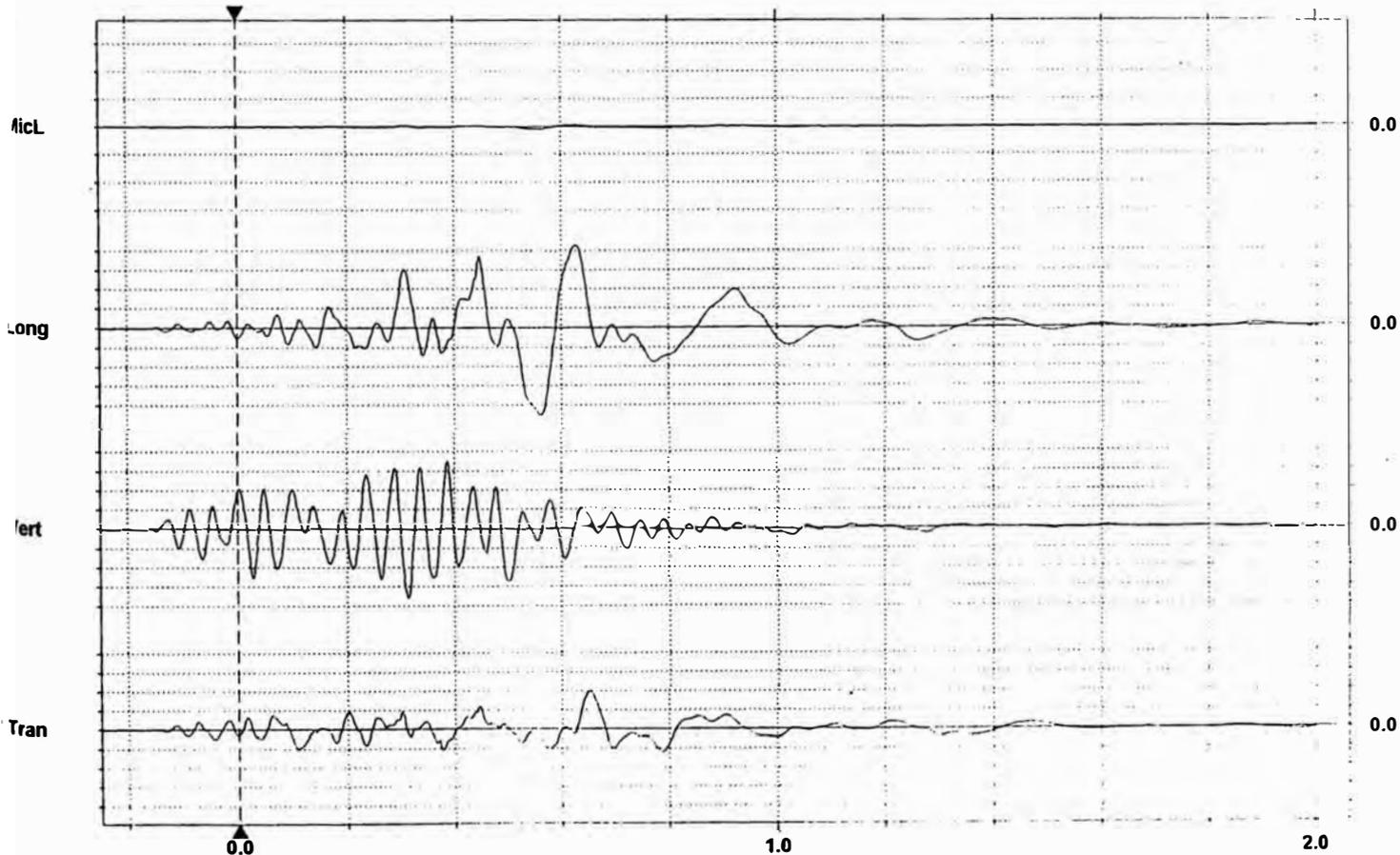
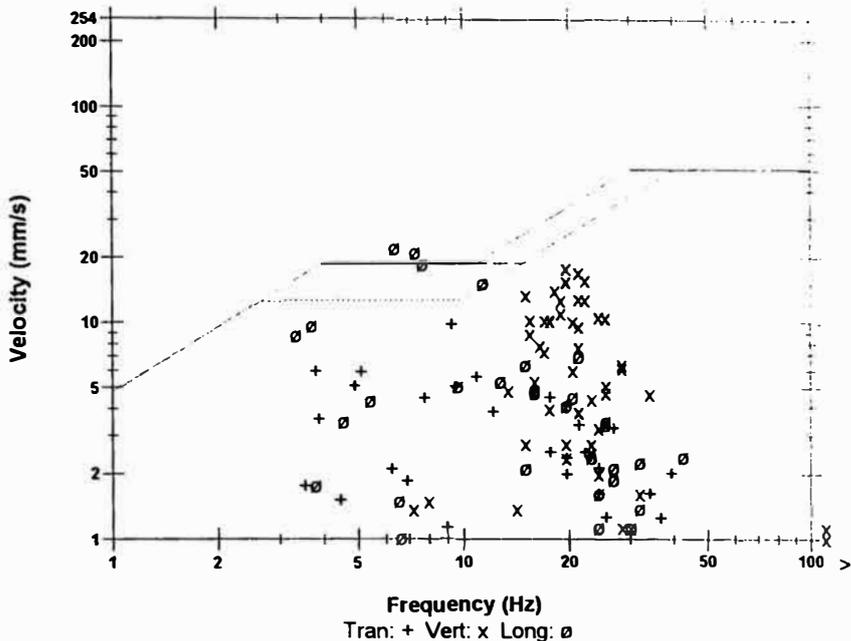
USBM RI8507 And OSMRE

First Event Notes

Microphone: Linear Weighting
 SPL: 1.00 pa.(L) at 0.554 sec
 Peak Freq: 9.1 Hz
 Channel Test: Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak V	10.0	18.2	22.5	mm/s
Peak Freq	9.3	20	6.4	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.650	0.313	0.559	sec
Peak Acceleration	0.0928	0.305	0.159	g
Peak Displacement	0.198	0.146	0.565	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum: 22.7 mm/s at 0.559 sec



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 5.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger = ▶ - - - - ◀

Event Report

Time Long at 12:38:03 February 16, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Trigger Level Geo: 254 mm/s
Trigger Time 2.0 sec at 1024 sps
Trigger Number: 1522

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087DE0.FF0
Scaled Distance 6.2 (154.3 m, 616.0 kg)

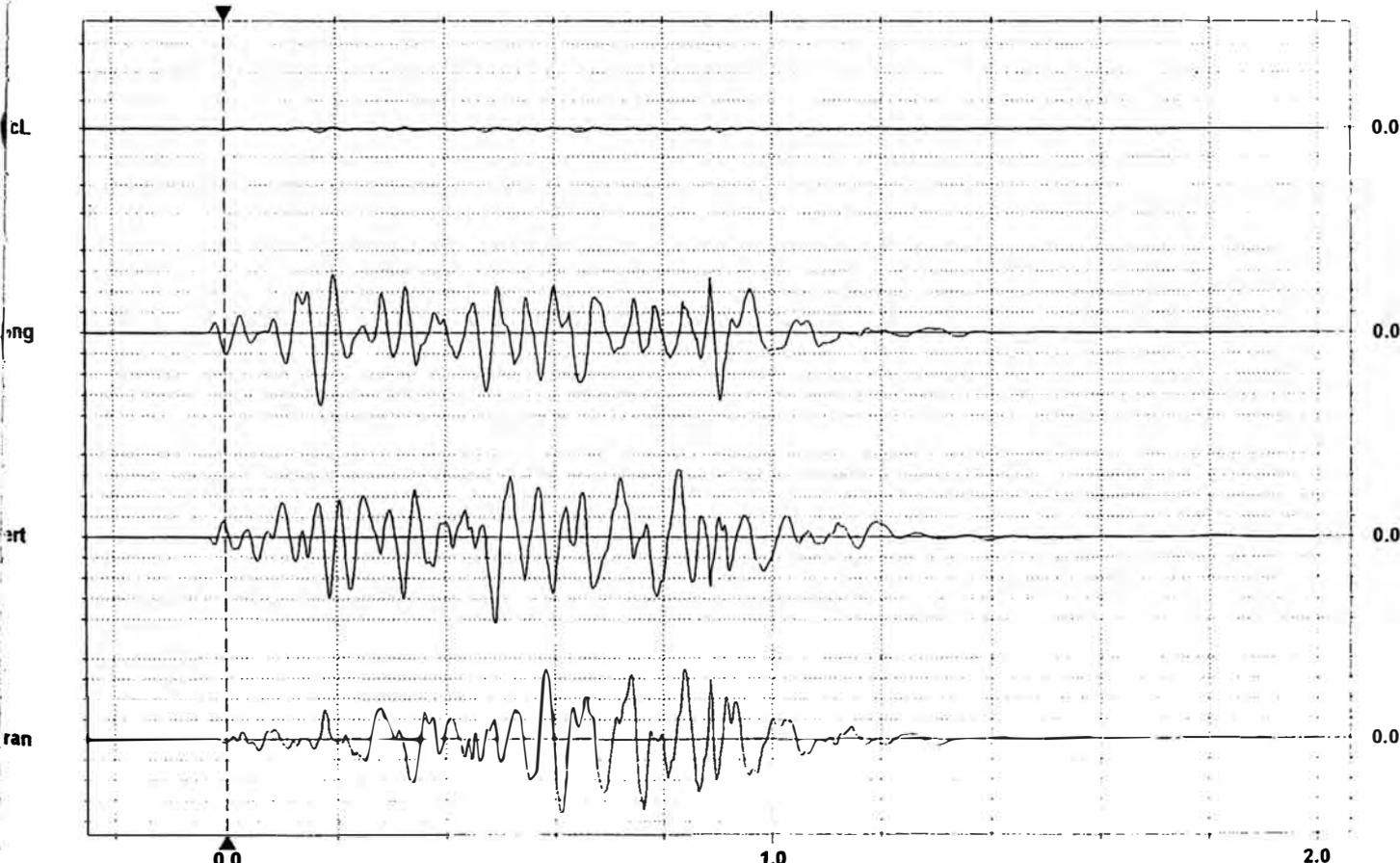
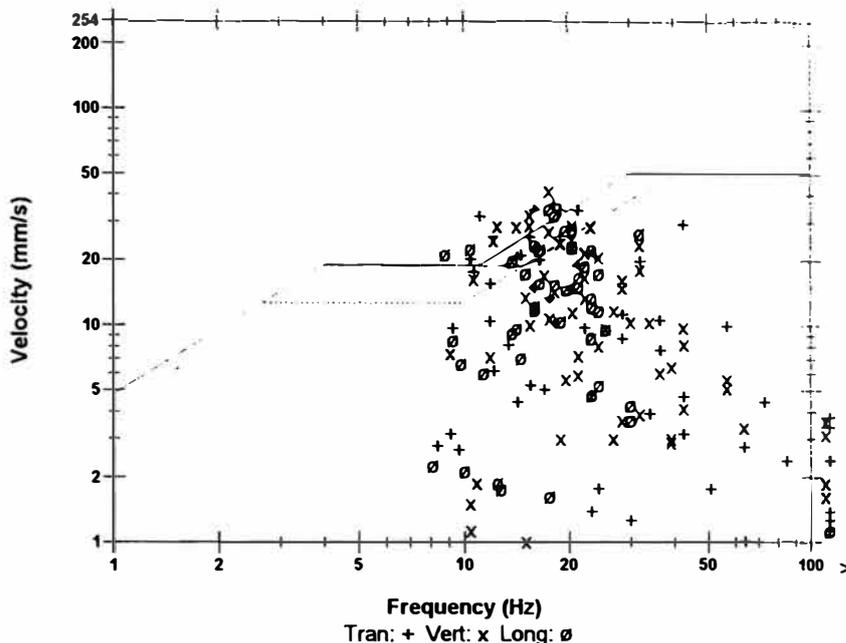
USBM RI8507 And OSMRE

Event Notes

Microphone Linear Weighting
Gain 1.25 pa.(L) at 0.167 sec
Frequency 18 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	36.7	42.5	35.1	mm/s
Peak Freq	18	18	18	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.609	0.490	0.172	sec
Peak Acceleration	0.888	0.703	0.782	g
Peak Displacement	0.370	0.344	0.317	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 46.5 mm/s at 0.888 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Time Vert at 12:39:32 February 16, 1999
 Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
 Trigger Level Geo: 254 mm/s
 Record Time 2.0 sec at 1024 sps
 Record Number: 1521

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level 6.2 Volts
 Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
 File Name H3077DEO.HW0
 Scaled Distance 10.3 (250.0 m, 590.0 kg)

s

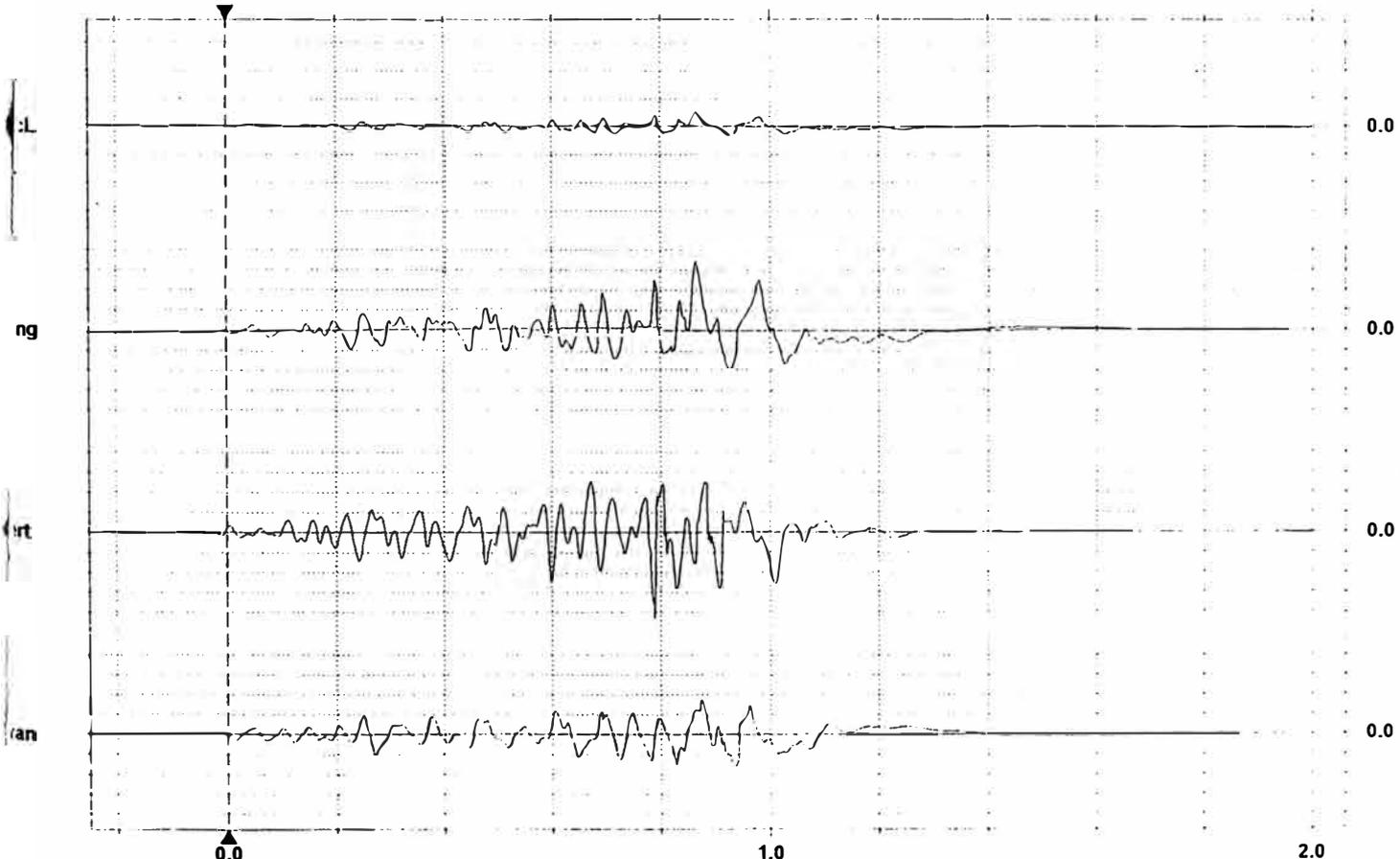
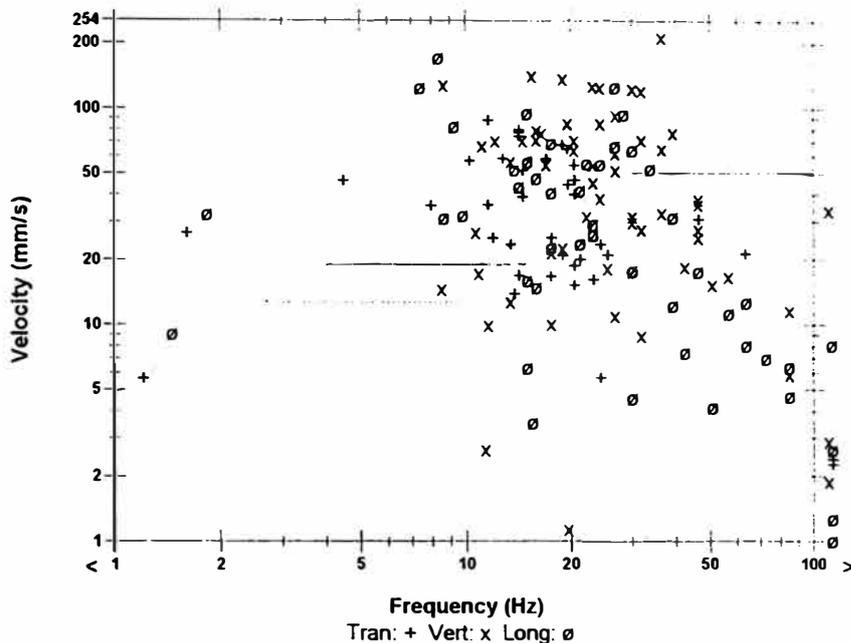
USBM RI8507 And OSMRE

Event Notes

Microphone Linear Weighting
 Gain 5.50 pa.(L) at 0.865 sec
 Frequency 16 Hz
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	88.6	217	172	mm/s
Peak Frequency	12	37	8.4	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.875	0.789	0.865	sec
Peak Acceleration	4.45	12.8	5.25	g
Peak Displacement	1.92	1.56	2.22	mm
Processorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 246 mm/s at 0.789 sec



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 50.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger =

Event Report

Time Tran at 12:42:36 February 18, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Trigger Level Geo: 254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Record Number: 1821

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077DID.Z00
Scaled Distance 10.3 (250.0 m, 590.0 kg)

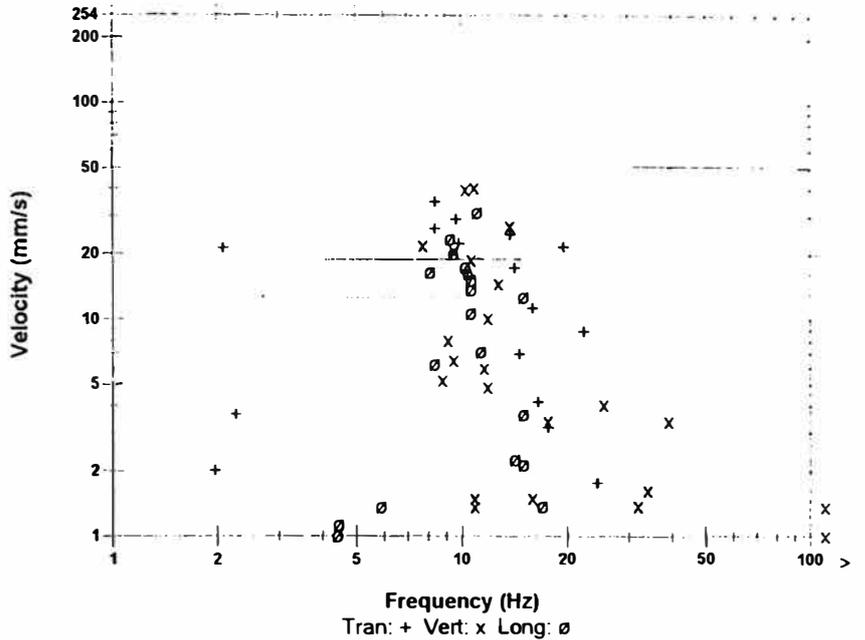
es

USBM RI8507 And OSMRE

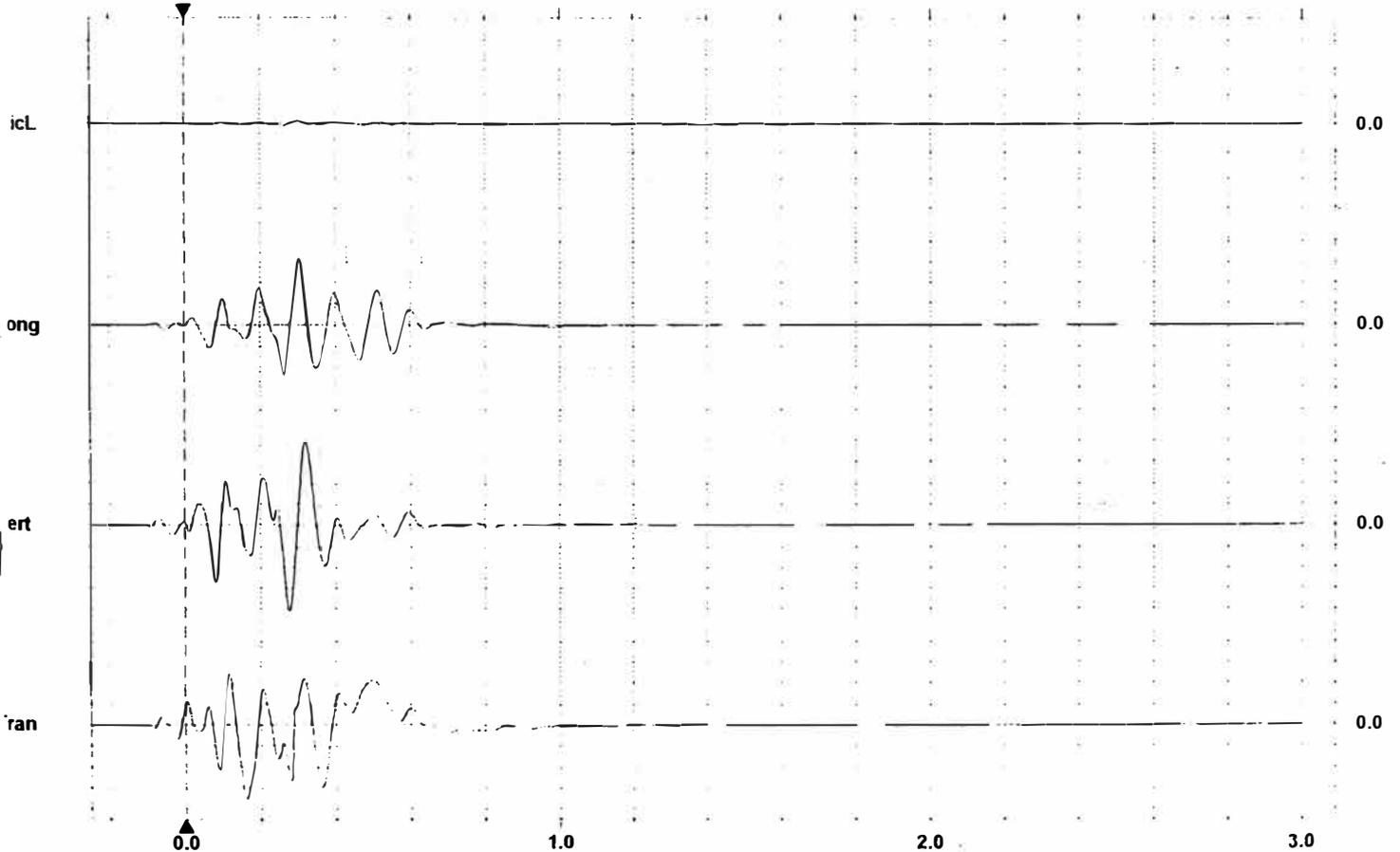
Event Notes

Microphone Linear Weighting
PL 1.00 pa.(L) at 0.261 sec
Filter Freq 19 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
V	35.4	40.8	31.6	mm/s
Filter Freq	8.4	11	11	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.161	0.277	0.305	sec
Peak Acceleration	1.33	0.292	0.212	g
Peak Displacement	1.26	0.596	0.416	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	



Peak Vector Sum 48.7 mm/s at 0.315 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger = ▶ ◀

Event Report

Time Tran at 12:41:04 February 18, 1999
 er Source Geo: 10.00 mm/s
 e Geo: .254 mm/s
 rd Time 3.0 sec at 1024 sps
 umber: 1822

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level 6.3 Volts
 Calibration September 18, 1998 by Instantel Inc
 File Name H3087DID.WG0
 Scaled Distance 6.2 (154.3 m, 616.0 kg)

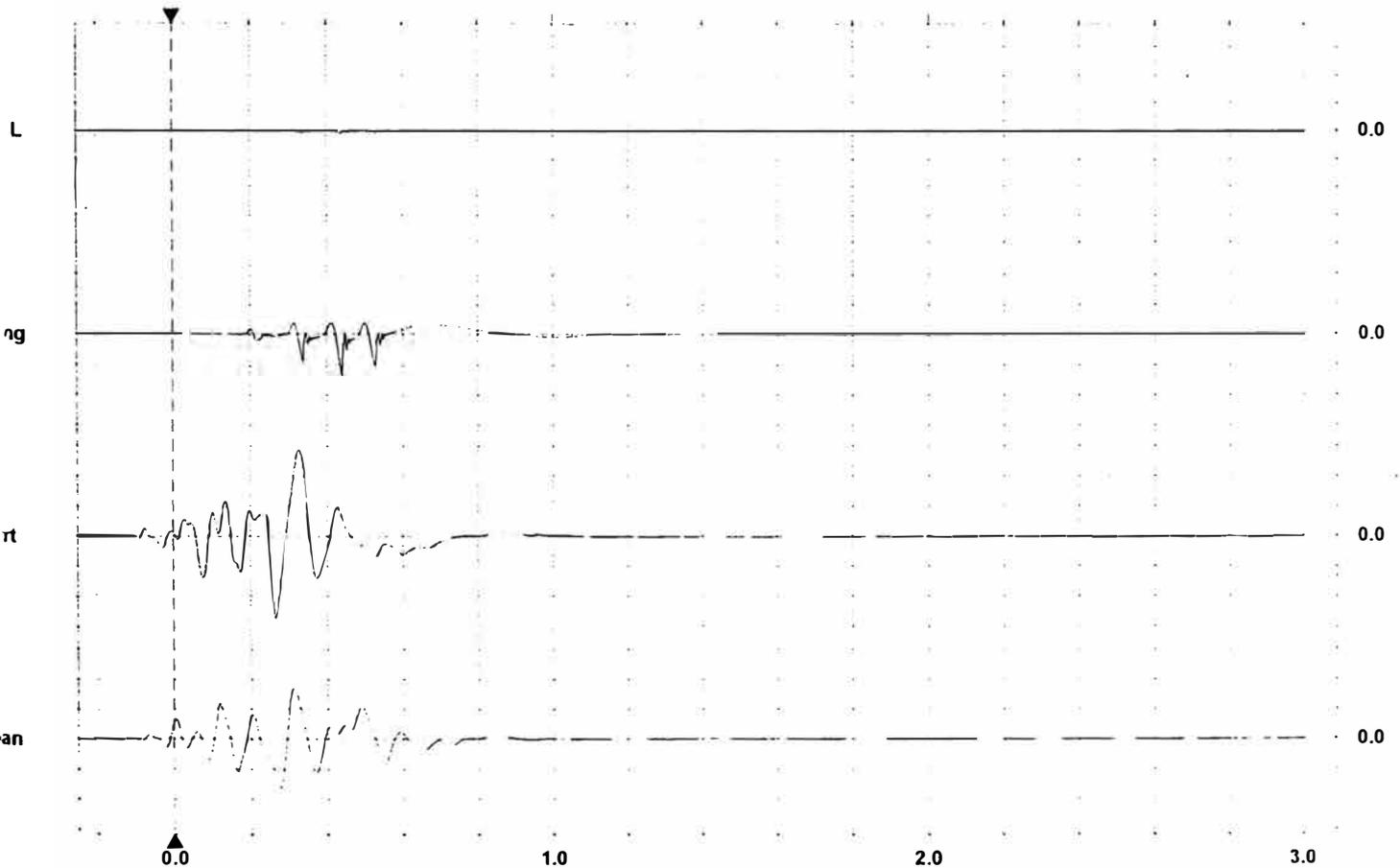
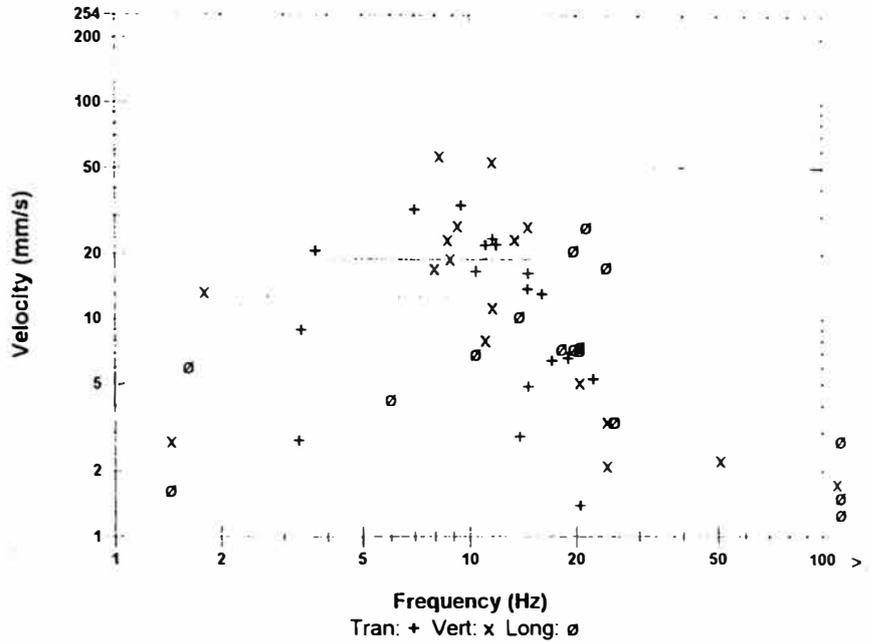
USBM R18507 And OSMRE

Event Notes

ophone Linear Weighting
 L 1.00 pa.(L) at 0.438 sec
 freq 28 Hz
 nnel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak	33.9	57.7	27.2	mm/s
Peak Freq	9.5	8.3	21	Hz
Peak Time (Rel. to Trig)	0.313	0.325	0.441	sec
Peak Acceleration	0.265	1.18	1.42	g
Peak Displacement	0.636	1.06	0.586	mm
Sourcecheck™	Passed	Passed	Check	

Peak Vector Sum 64.0 mm/s at 0.323 sec



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 20.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger = ▶ ◀

Event Report

Time Vert at 12:14:30 February 20, 1999
 er Source Geo: 10.00 mm/s
 e Geo :254 mm/s
 rd Time 2.0 sec at 1024 sps
 umber: 2022

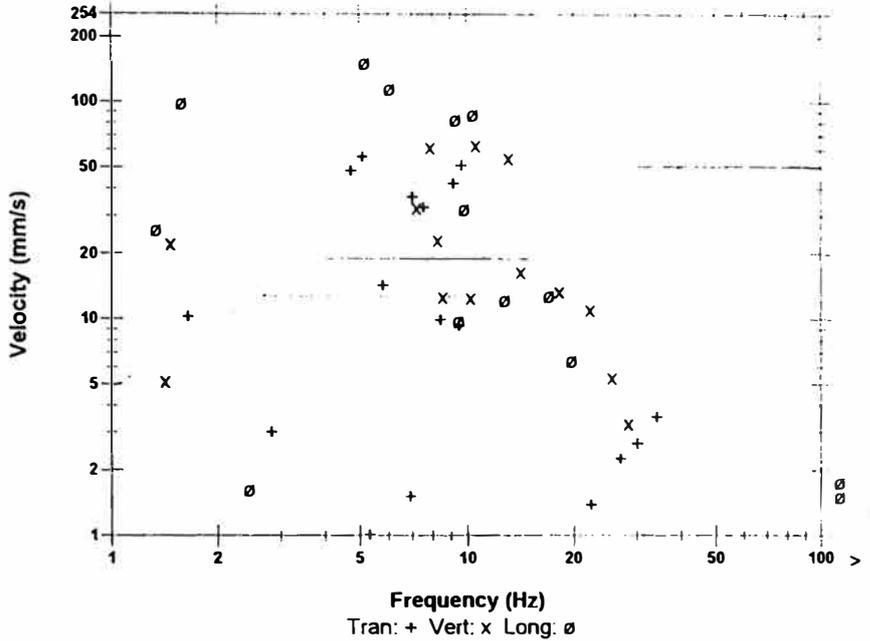
Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level 6.1 Volts
 Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
 File Name H3087DM2.060
 Scaled Distance 6.2 (154.3 m, 616.0 kg)

USBM RI8507 And OSMRE

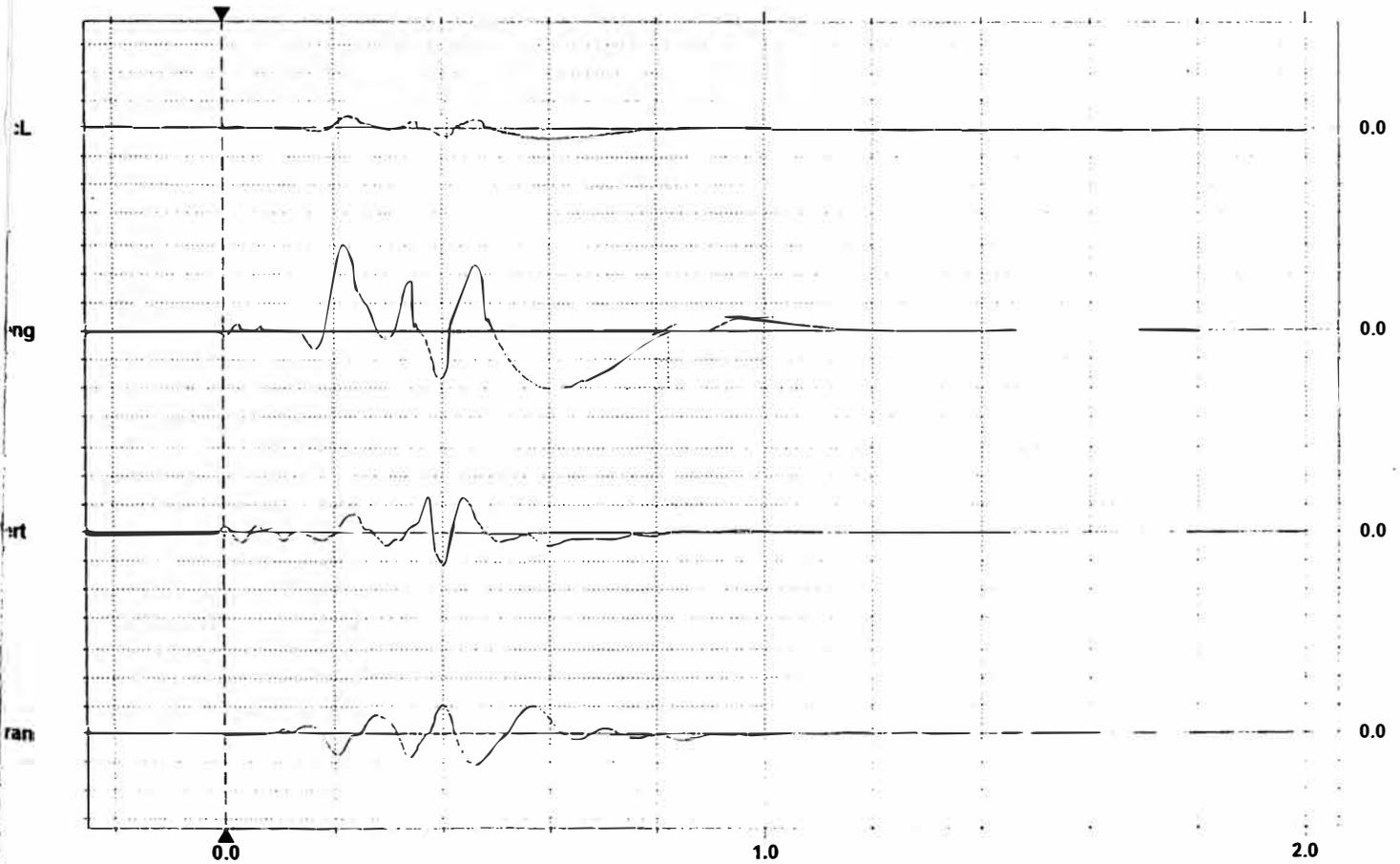
Event Notes

ophone Linear Weighting
 L 4.25 pa.(L) at 0.216 sec
 freq 5.9 Hz
 nnel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
	56.1	64.3	152	mm/s
Freq	5.1	11	5.2	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.457	0.372	0.218	sec
Peak Acceleration	0.517	3.33	3.92	g
Peak Displacement	1.56	1.58	9.11	mm
Processorcheck™	Passed	Passed	Check	



Peak Vector Sum 156 mm/s at 0.218 sec



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 50.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger =

Event Report

Time Long at 12:16:05 February 20, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Gain Geo :254 mm/s
Record Time 2.0 sec at 1024 sps
Record Number: 2021

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077DM2.2T0
Scaled Distance 10.3 (250.0 m, 590.0 kg)

es

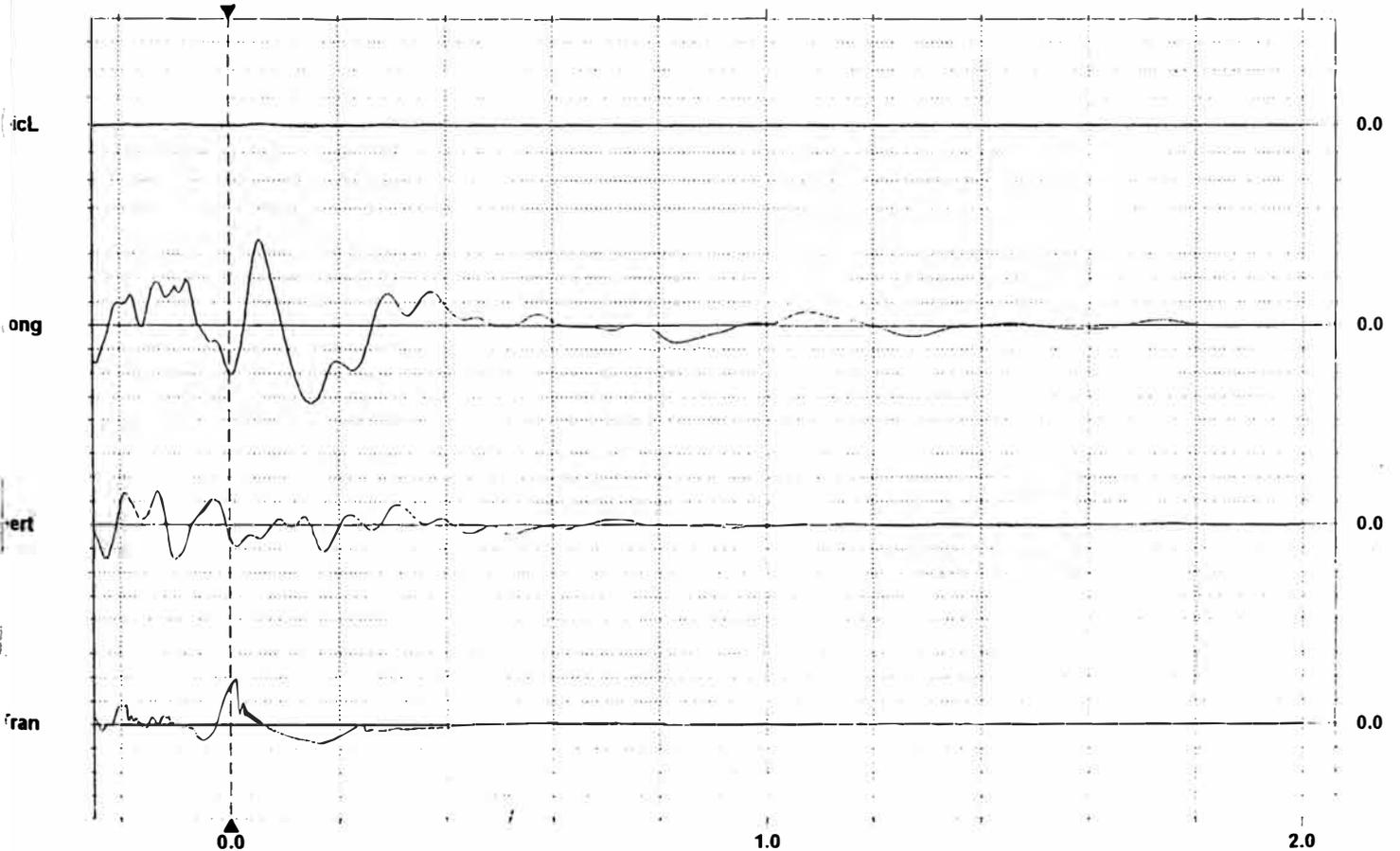
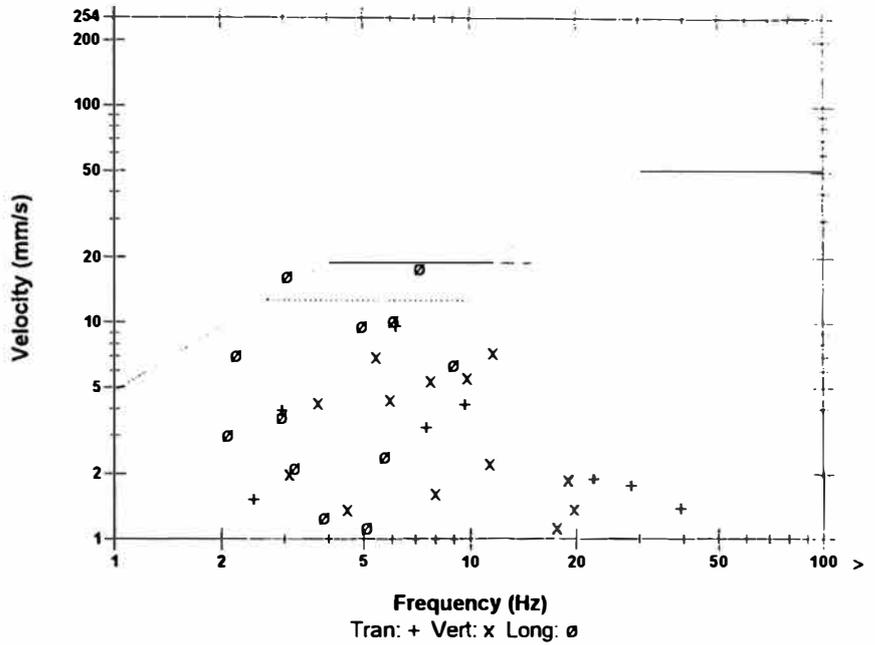
USBM RI8507 And OSMRE

Event Notes

Microphone Linear Weighting
Pressure 0.750 pa.(L) at 0.138 sec
Filter Freq 9.7 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	9.65	7.37	18.0	mm/s
Peak Freq	6.2	12	7.2	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.012	-0.101	0.054	sec
Peak Acceleration	0.371	0.0928	0.106	g
Peak Displacement	0.202	0.185	0.783	mm
Sensorcheck™	Check	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 18.3 mm/s at 0.054 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 5.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Time Vert at 13:09:12 February 24, 1999
er Source Geo: 10.00 mm/s
Geo :254 mm/s
rd Time 3.0 sec at 1024 sps
umber: 2422

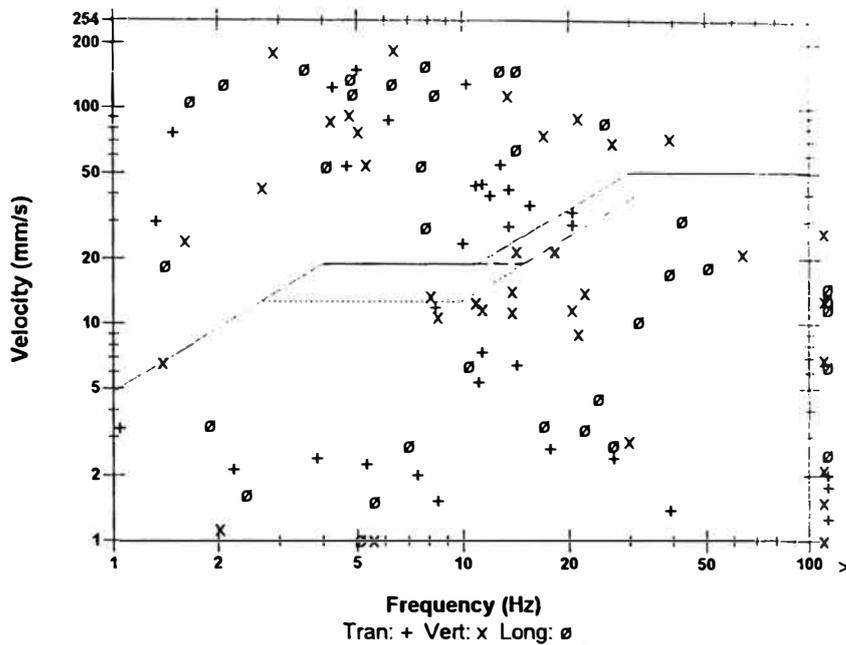
Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087DTJ.7C0
Scaled Distance 6.2 (154.3 m, 616.0 kg)

USBM R18507 And OSMRE

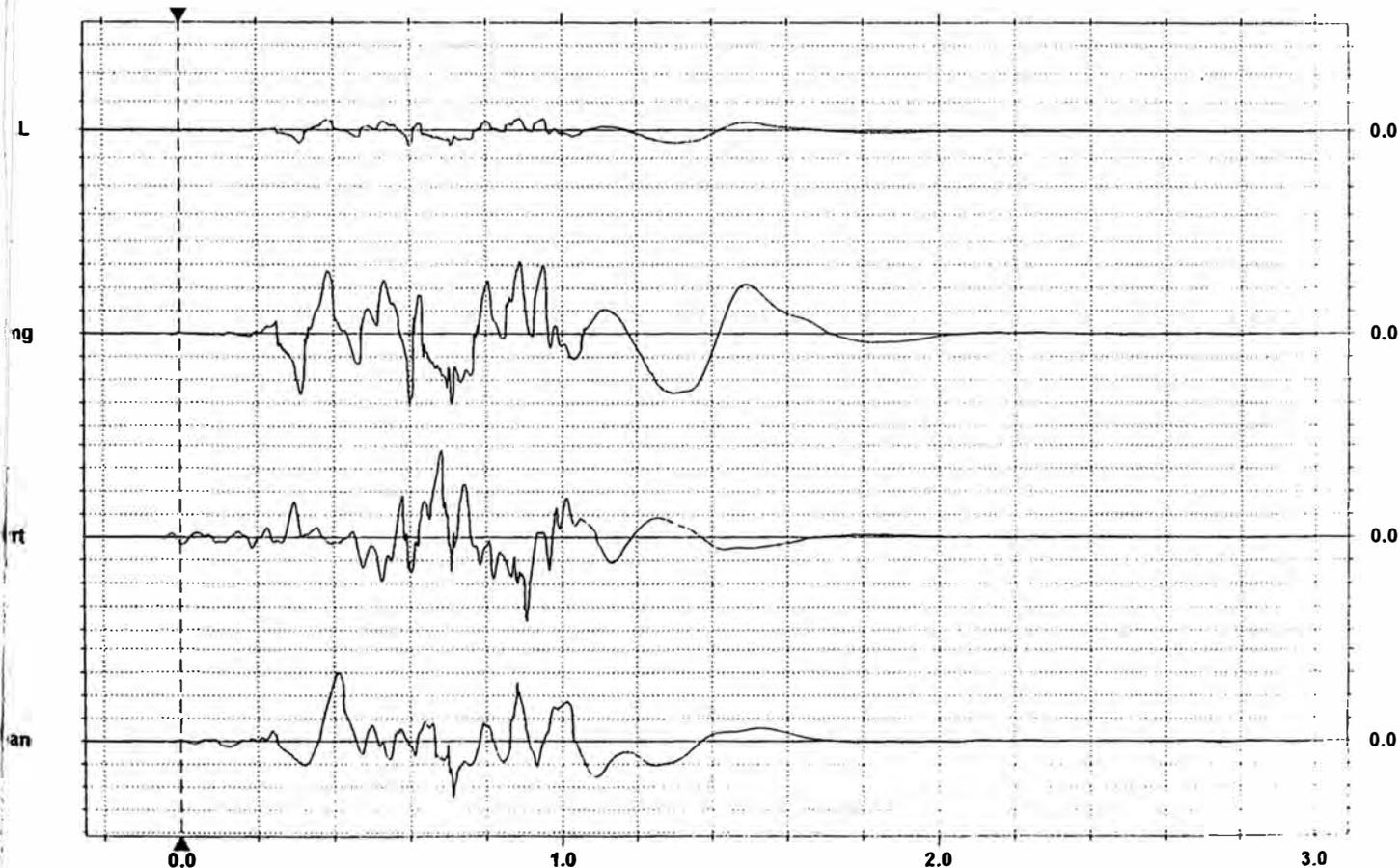
Event Notes

ophone Linear Weighting
req 5.50 pa.(L) at 0.708 sec
req 3.7 Hz
anel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
	150	189	158	mm/s
req	5.0	6.4	7.9	Hz
Rel. to Trig)	0.411	0.684	0.890	sec
Acceleration	3.75	6.71	10.6	g
Displacement	6.68	4.97	10.3	mm
rorcheck™	Passed	Passed	Passed	



Vector Sum 213 mm/s at 0.684 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 50.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Time Long at 13:09:11 February 24, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Rate Geo: 254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Record Number: 2321

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077DTJ.7B0
Scaled Distance 10.3 (250.0 m, 590.0 kg)

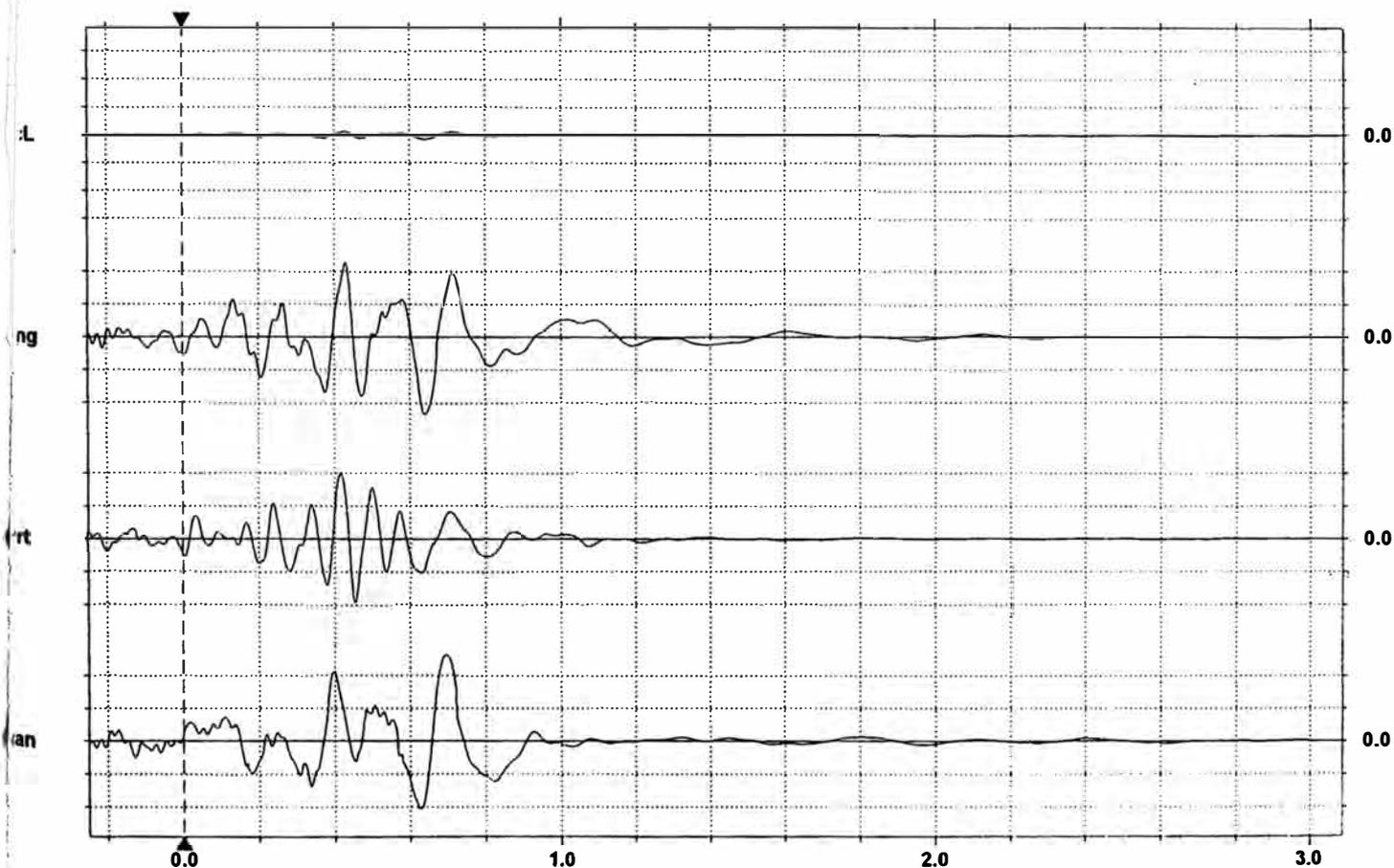
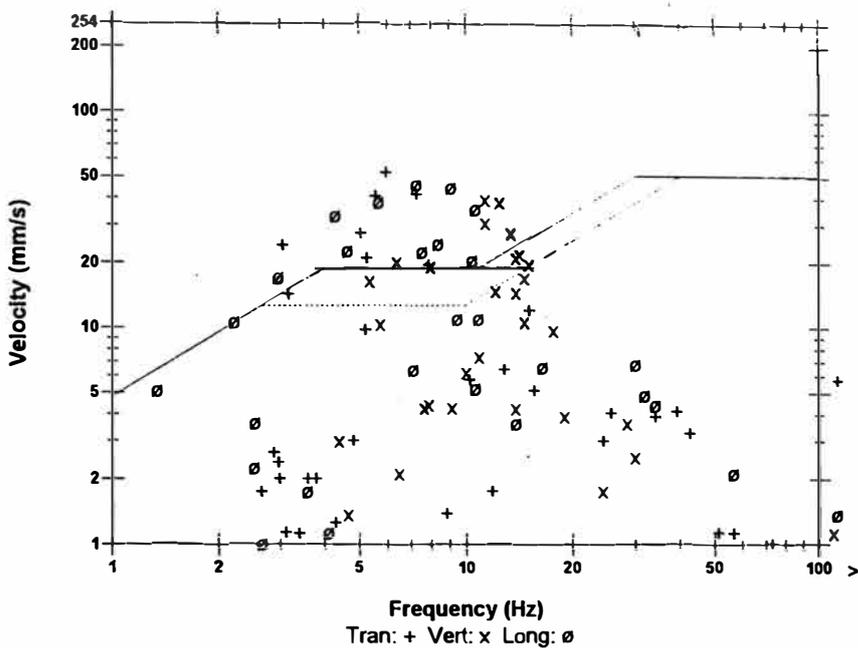
USBM R18507 And OSMRE

Event Notes

Microphone Linear Weighting
Level 1.75 pa.(L) at 0.636 sec
Frequency 8.3 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
	53.0	39.8	46.7	mm/s
Freq	6.0	11	7.3	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.694	0.416	0.639	sec
Peak Acceleration	0.994	0.345	0.663	g
Peak Displacement	1.38	0.571	1.04	mm
Processorcheck™	Check	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 64.2 mm/s at 0.706 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 20.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

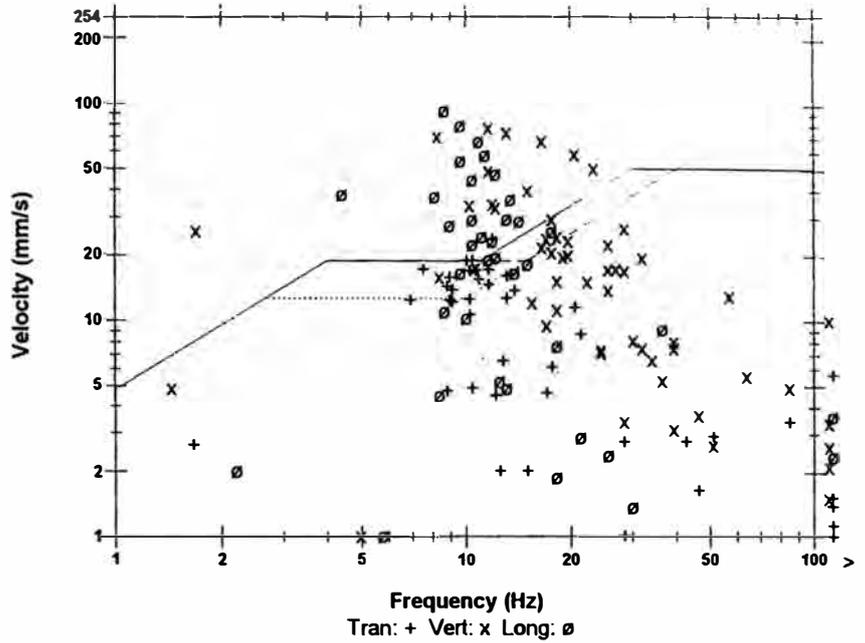
Event Report

Time Long at 13:46:21 February 26, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Trigger Level Geo: 254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Record Number: 2622

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.1 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087DXA.990
Scaled Distance 6.2 (154.3 m, 616.0 kg)

Notes: USBM R18507 And OSMRE

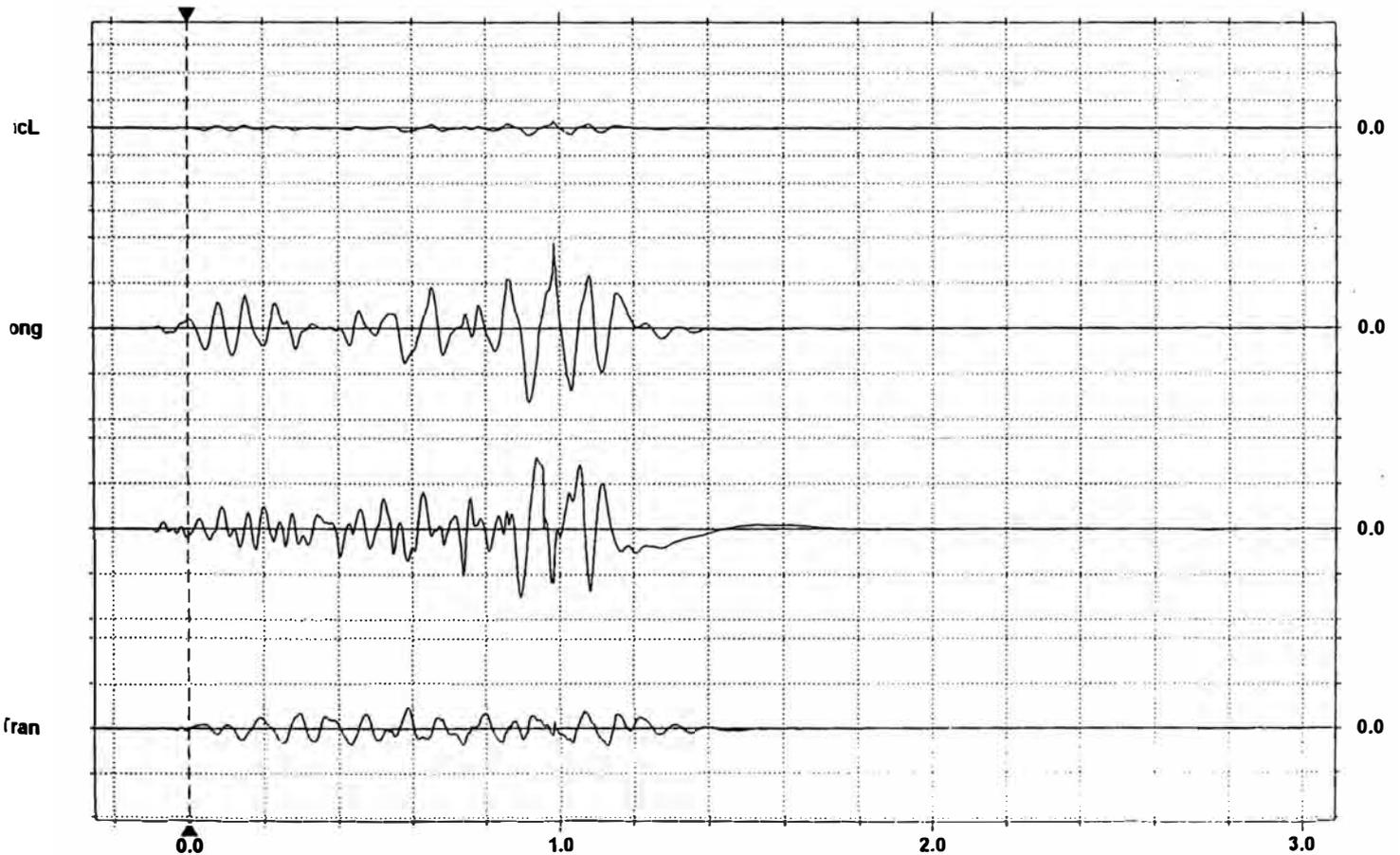
Event Notes



Microphone Linear Weighting
Pressure Level 2.75 pa.(L) at 0.984 sec
Filter Freq 12 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	24.1	79.0	94.6	mm/s
Filter Freq	12	12	8.7	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.587	0.938	0.984	sec
Peak Acceleration	0.915	3.65	1.98	g
Peak Displacement	0.284	2.08	1.24	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 107 mm/s at 0.984 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 50.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Time Long at 13:46:22 February 26, 1999
 Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
 Trigger Level Geo: 254 mm/s
 Trigger Time 3.0 sec at 1024 sps
 Trigger Number: 2621

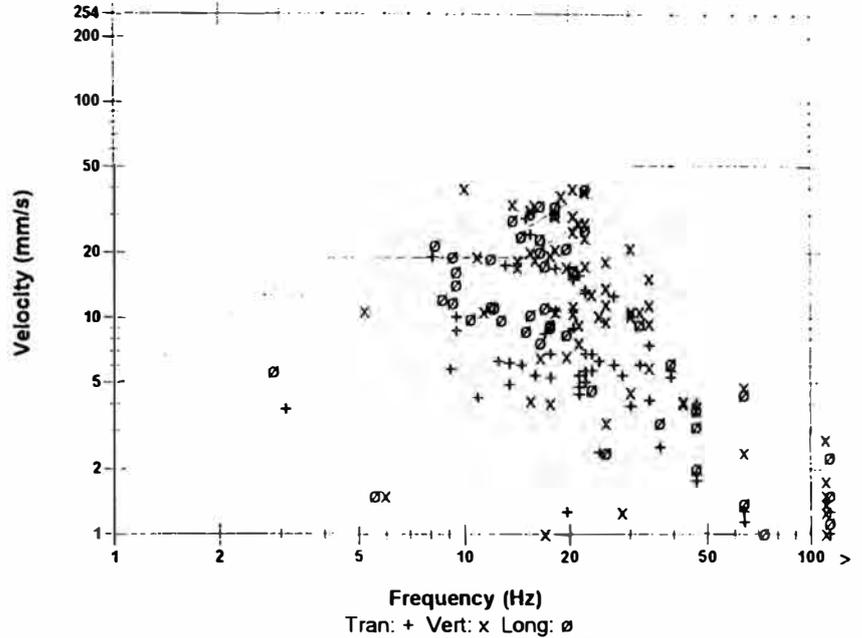
Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level 6.1 Volts
 Calibration September 18, 1998 by Instantel Inc.
 File Name H3077DXA.9A0
 Scaled Distance 10.3 (250.0 m, 590.0 kg)

USBM R18507 And OSMRE

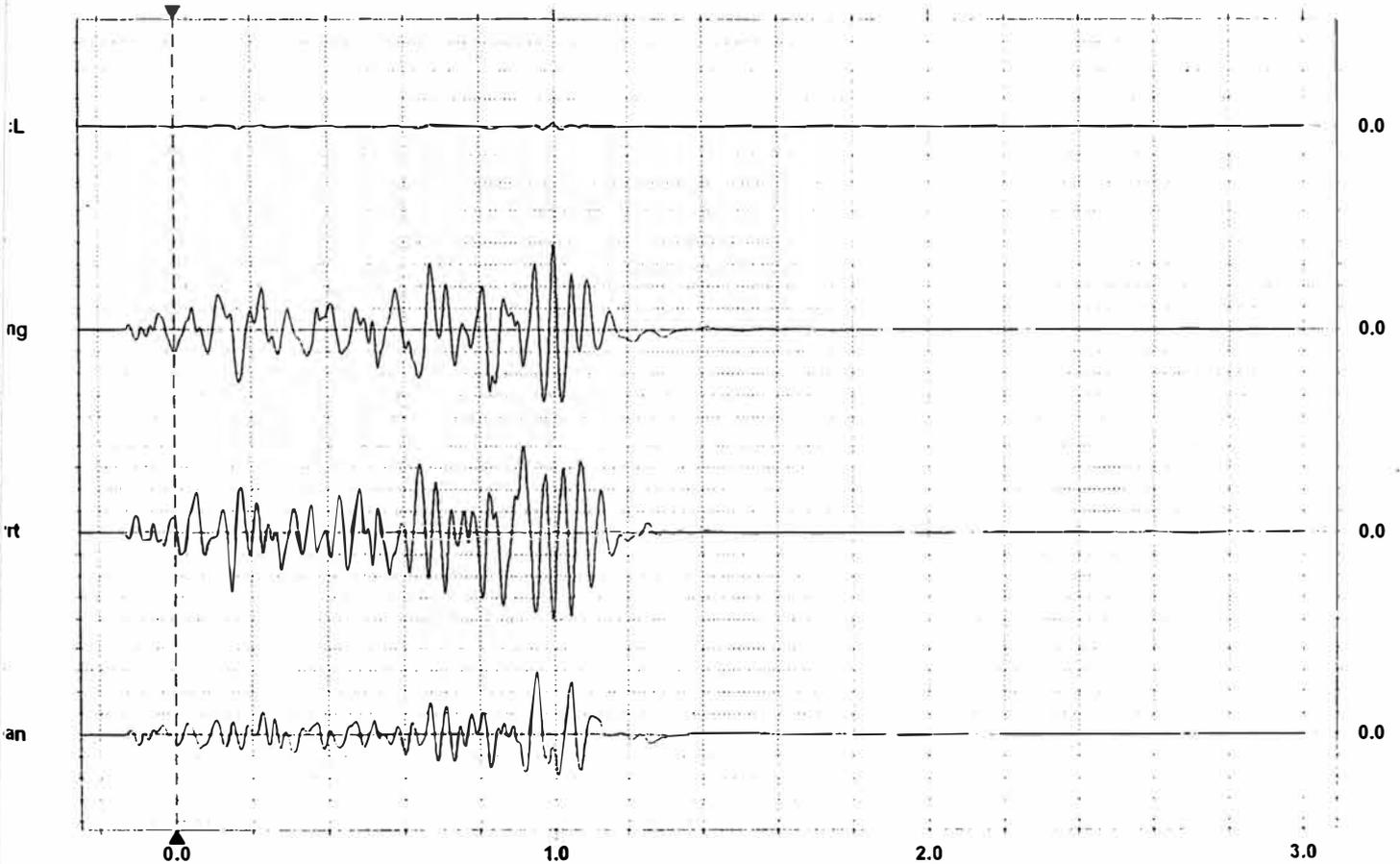
Event Notes

Microphone Linear Weighting
 Trigger Level 1.25 pa.(L) at 0.969 sec
 Trigger Freq 21 Hz
 Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	29.0	40.1	39.6	mm/s
Peak Freq	15	10	22	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.950	0.916	0.998	sec
Peak Acceleration	0.318	0.530	0.530	g
Peak Displacement	0.320	0.529	0.371	mm
Passorcheck™	Passed	Passed	Passed	



Peak Vector Sum 56.5 mm/s at 0.997 sec



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger =

Event Report

Time Vert at 12:15:52 March 2, 1999
 Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
 Threshold Geo: 254 mm/s
 Record Time 3.0 sec at 1024 sps
 Record Number: 232

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level 6.1 Volts
 Calibration September 18, 1998 by Instatel Inc.
 File Name H3087E4K.QG0
 Scaled Distance 6.2 (154.3 m, 616.0 kg)

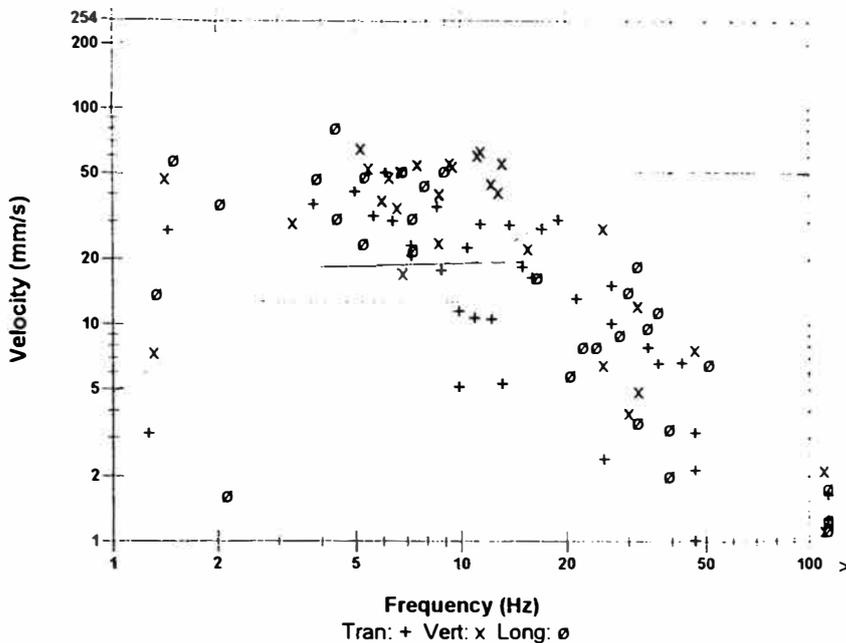
MS

USBM RI8507 And OSMRE

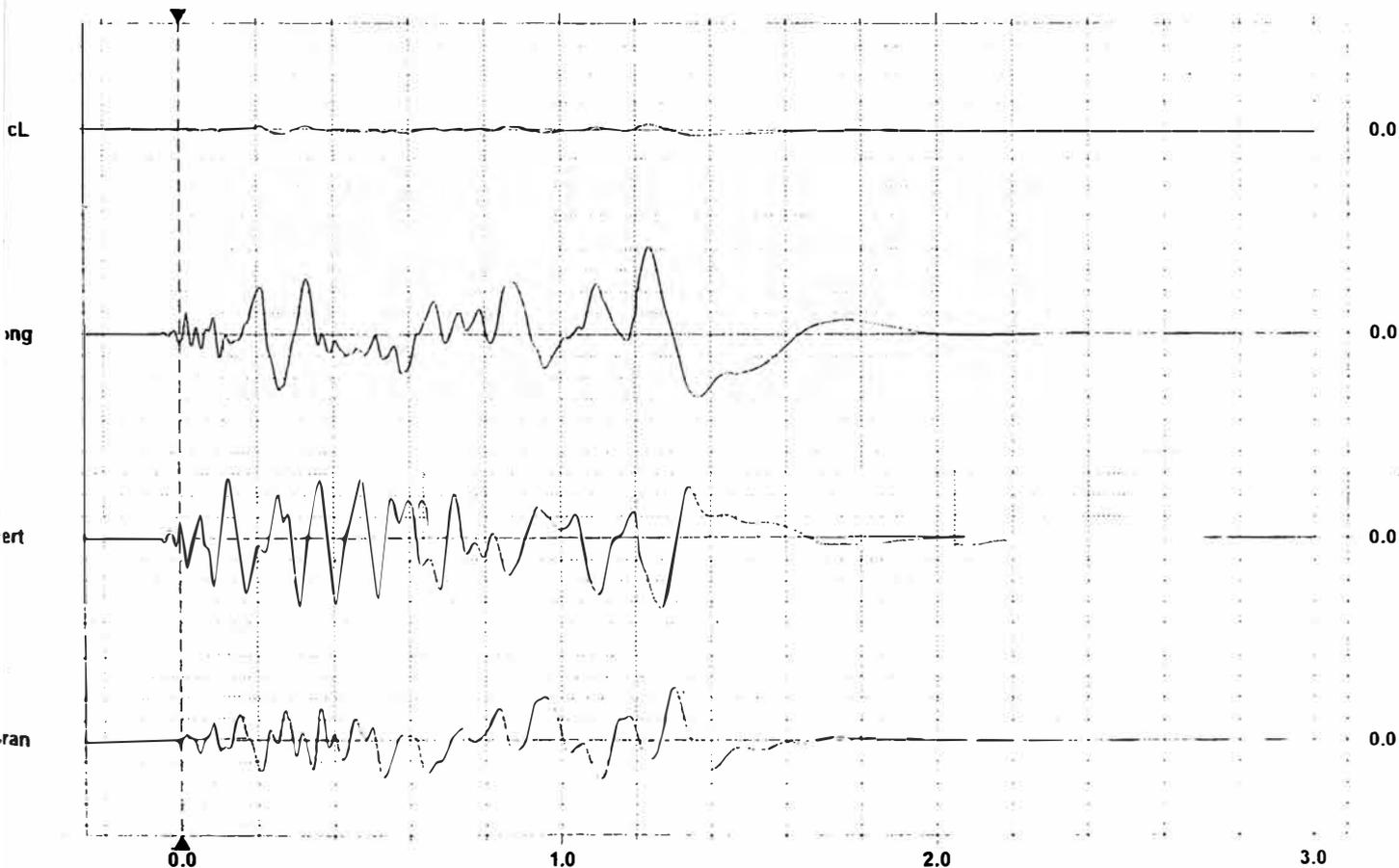
Event Notes

Microphone Linear Weighting
 SPL 2.25 pa.(L) at 1.231 sec
 Freq 5.8 Hz
 Internal Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	50.4	66.0	81.8	mm/s
Peak Freq	6.1	5.2	4.4	Hz
Time (Rel. to Trig)	1.303	1.268	1.236	sec
Peak Acceleration	0.477	1.26	1.25	g
Peak Displacement	1.59	3.19	5.32	mm
Processorcheck™	Passed	Passed	Passed	



Peak Vector Sum 95.8 mm/s at 1.243 sec



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 20.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger = \blacktriangleright \blacktriangleleft

Event Report

Time Vert at 12:15:57 March 2, 1999
er Source Geo: 10.00 mm/s
e Geo: 254 mm/s
rd Time 3.0 sec at 1024 sps
umber: 231

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.1 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077E4K.QL0
Scaled Distance 10.3 (250.0 m, 590.0 kg)

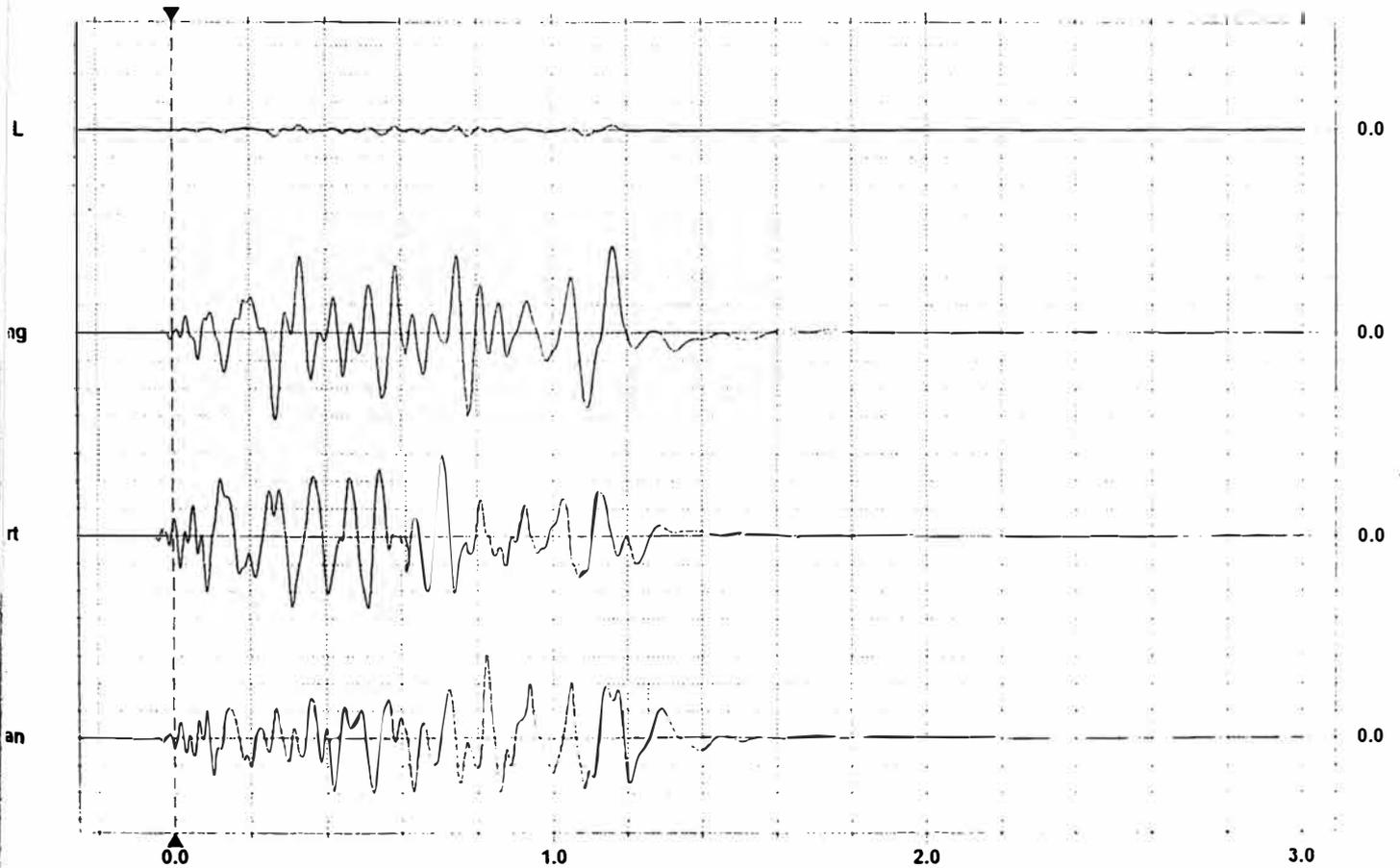
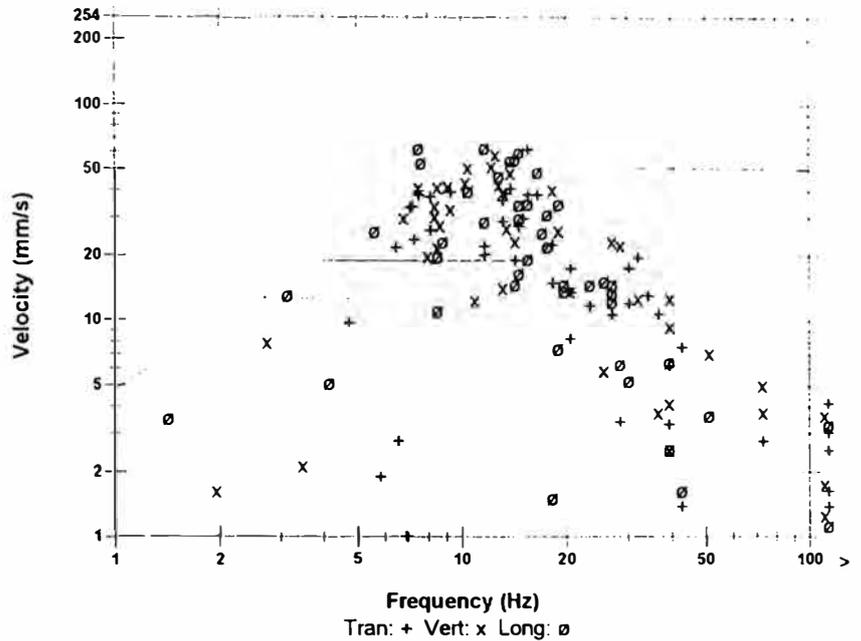
USBM RI8507 And OSMRE

Event Notes

ophone Linear Weighting
L 2.25 pa.(L) at 0.266 sec
req 14 Hz
annel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
	61.7	58.9	63.1	mm/s
Freq	16	12	12	Hz
se (Rel. to Trig)	0.824	0.707	0.268	sec
ck Acceleration	0.676	0.570	0.716	g
ck Displacement	0.935	0.777	1.09	mm
ckorcheck™	Passed	Passed	Passed	

ck Vector Sum 69.9 mm/s at 0.270 sec



Event Report

Time Vert at 12:41:46 March 3, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Trigger Level Geo: 254 mm/s
Record Time 2.0 sec at 1024 sps
Record Number: 331

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.1 Volts
Calibration September 18, 1998 by Instantel Inc.
File Name H3077E6G.LMO
Scaled Distance 10.3 (250.0 m, 590.0 kg)

Notes:

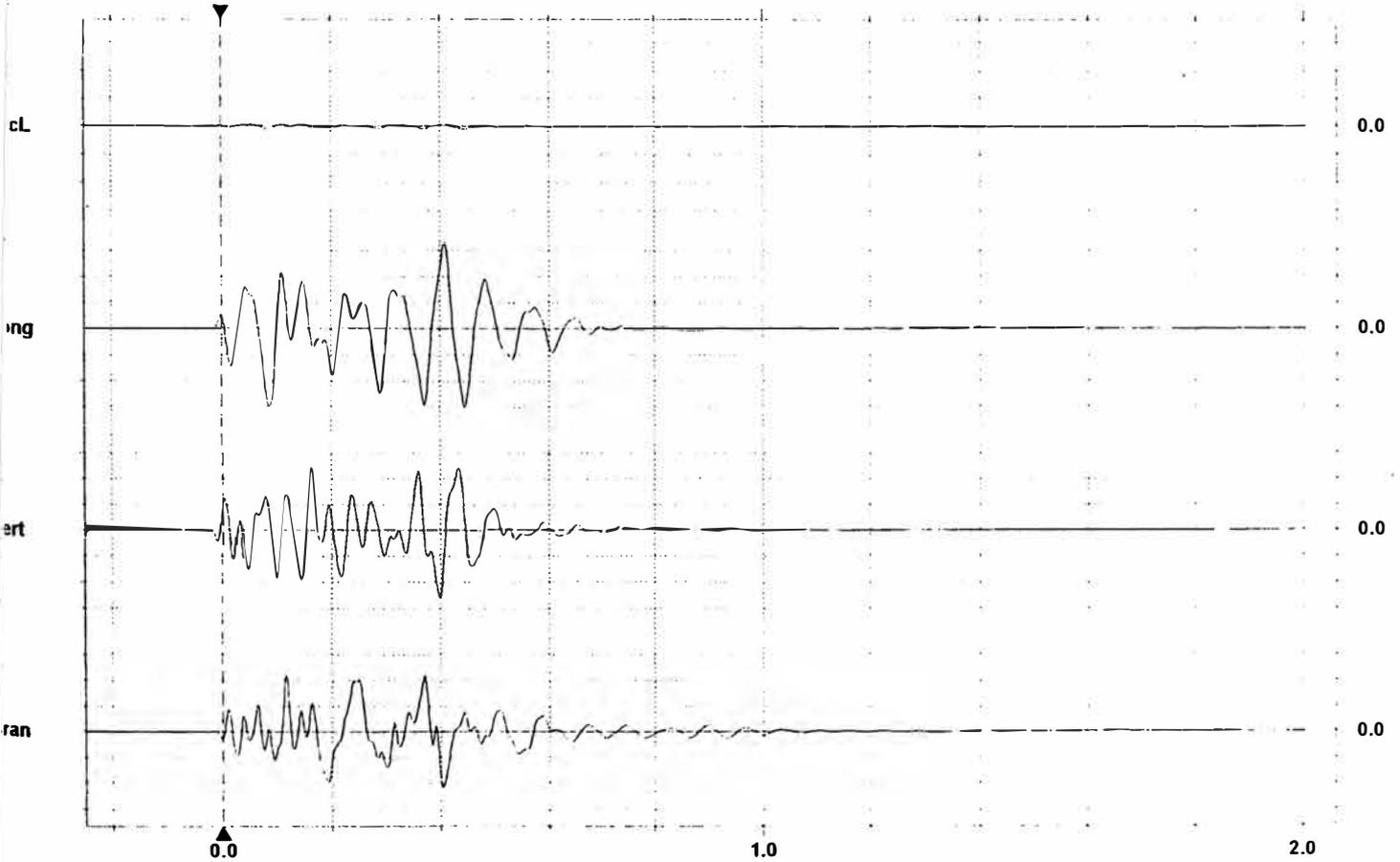
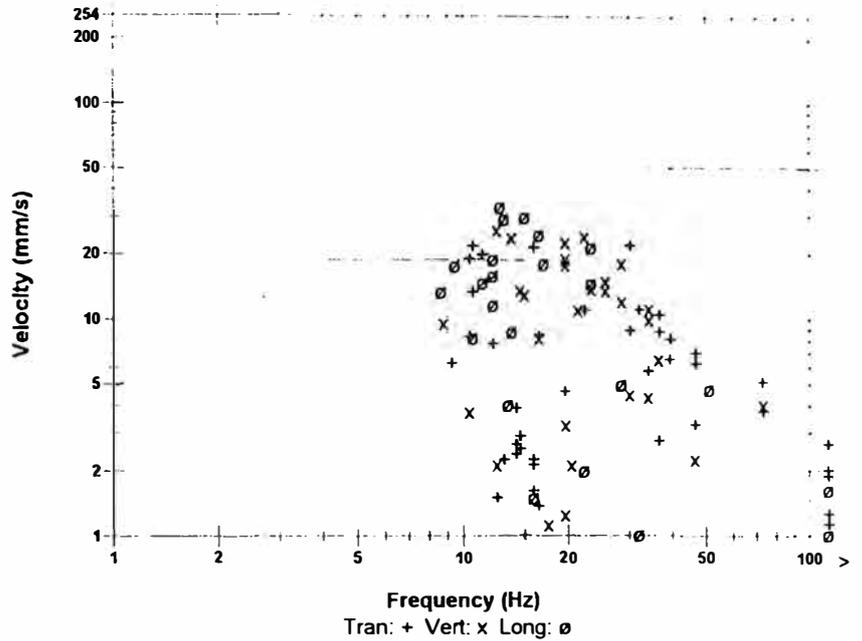
USBM R18507 And OSMRE

Event Notes

Microphone Linear Weighting
Pressure Level 1.25 pa.(L) at 0.086 sec
Frequency 20 Hz
Internal Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	22.2	26.2	33.4	mm/s
Peak Frequency	30	12	13	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.116	0.397	0.408	sec
Peak Acceleration	0.384	0.384	0.411	g
Peak Displacement	0.285	0.283	0.364	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 40.7 mm/s at 0.402 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger = ▶ ◀

Event Report

Date/Time Vert at 12:41:39 March 3, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Range Geo :254 mm/s
Record Time 2.0 sec at 1024 sps
Job Number: 332

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.0 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087E6G.LF0
Scaled Distance 6.2 (154.3 m, 616.0 kg)

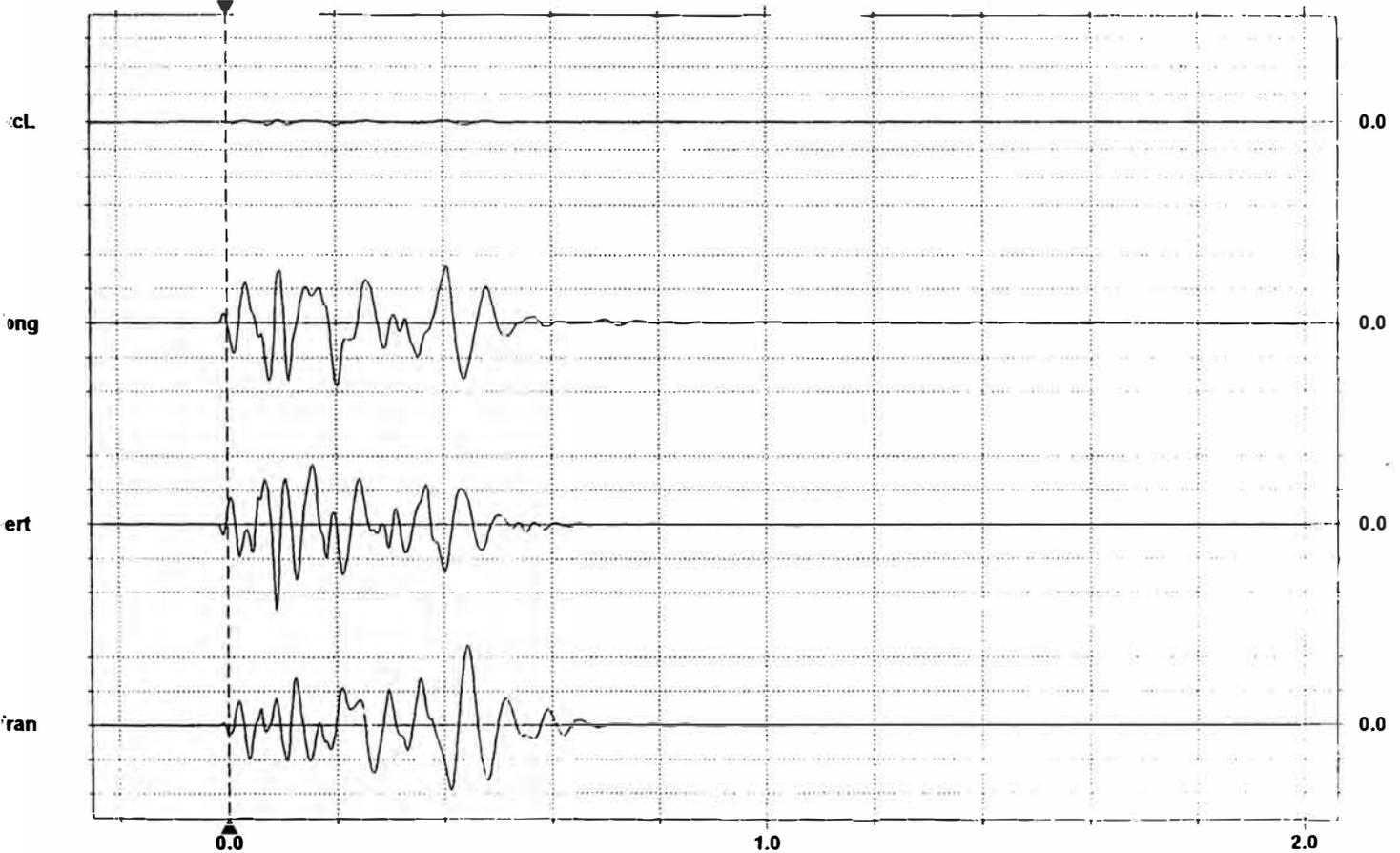
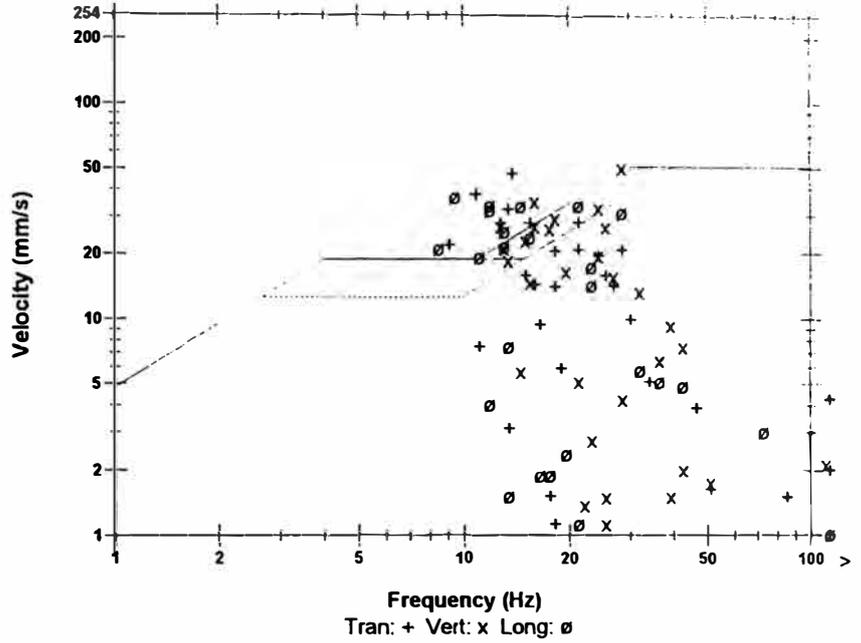
Miss **USBM R18507 And OSMRE**

Plot Event Notes

Microphone Linear Weighting
PSL 1.25 pa.(L) at 0.074 sec
Z Freq 24 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak	47.1	50.4	36.7	mm/s
Z Freq	14	28	9.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.442	0.089	0.201	sec
Peak Acceleration	0.490	0.795	0.822	g
Peak Displacement	0.528	0.337	0.449	mm
Processorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 58.2 mm/s at 0.440 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 20.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =
▶
◀

Event Report

Time Long at 11:59:36 March 6, 1999
Trigger Source Geo: 4.00 mm/s
Trigger Level Geo: 31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Record Number: 631

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077EBY.NC0
Scaled Distance 18.5 (450.0 m, 590.0 kg)

is

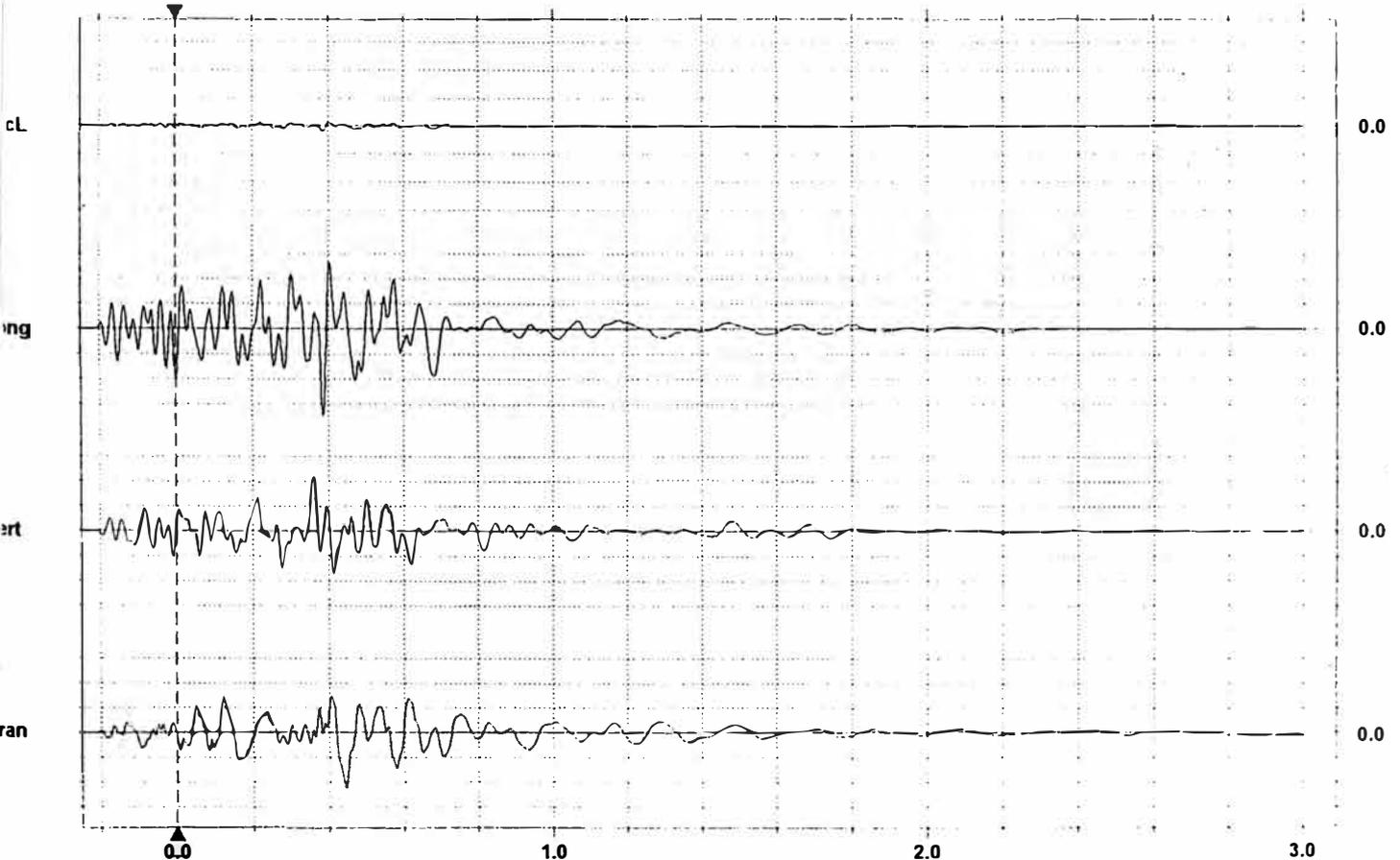
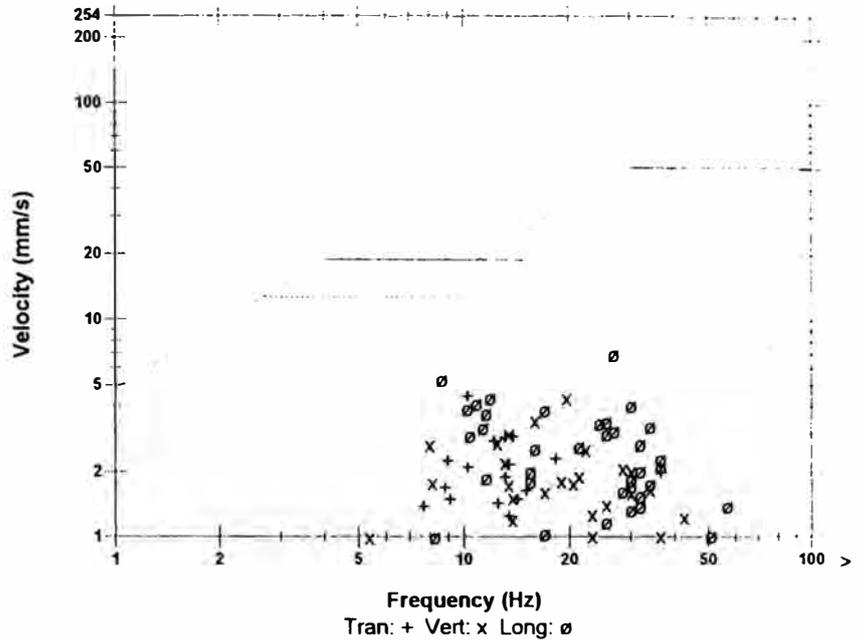
USBM R18507 And OSMRE

Event Notes

Microphone Linear Weighting
Pressure Level 2.00 pa.(L) at 0.384 sec
Frequency 30 Hz
Internal Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	4.48	4.41	6.95	mm/s
Peak Freq	10	20	27	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.444	0.360	0.387	sec
Peak Acceleration	0.0530	0.0597	0.126	g
Peak Displacement	0.0590	0.0380	0.0601	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 6.98 mm/s at 0.387 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =
▶
◀

Event Report

Time Vert at 11:59:25 March 6, 1999
Trigger Source Geo: 3.00 mm/s
Trigger Level Geo :31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Record Number: 632

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration September 18, 1998 by Instantel Inc.
File Name H3087EBY.N10
Scaled Distance 18.1 (450.0 m, 616.0 kg)

Location:
Site:
Site Name:
Operator:

Additional Notes

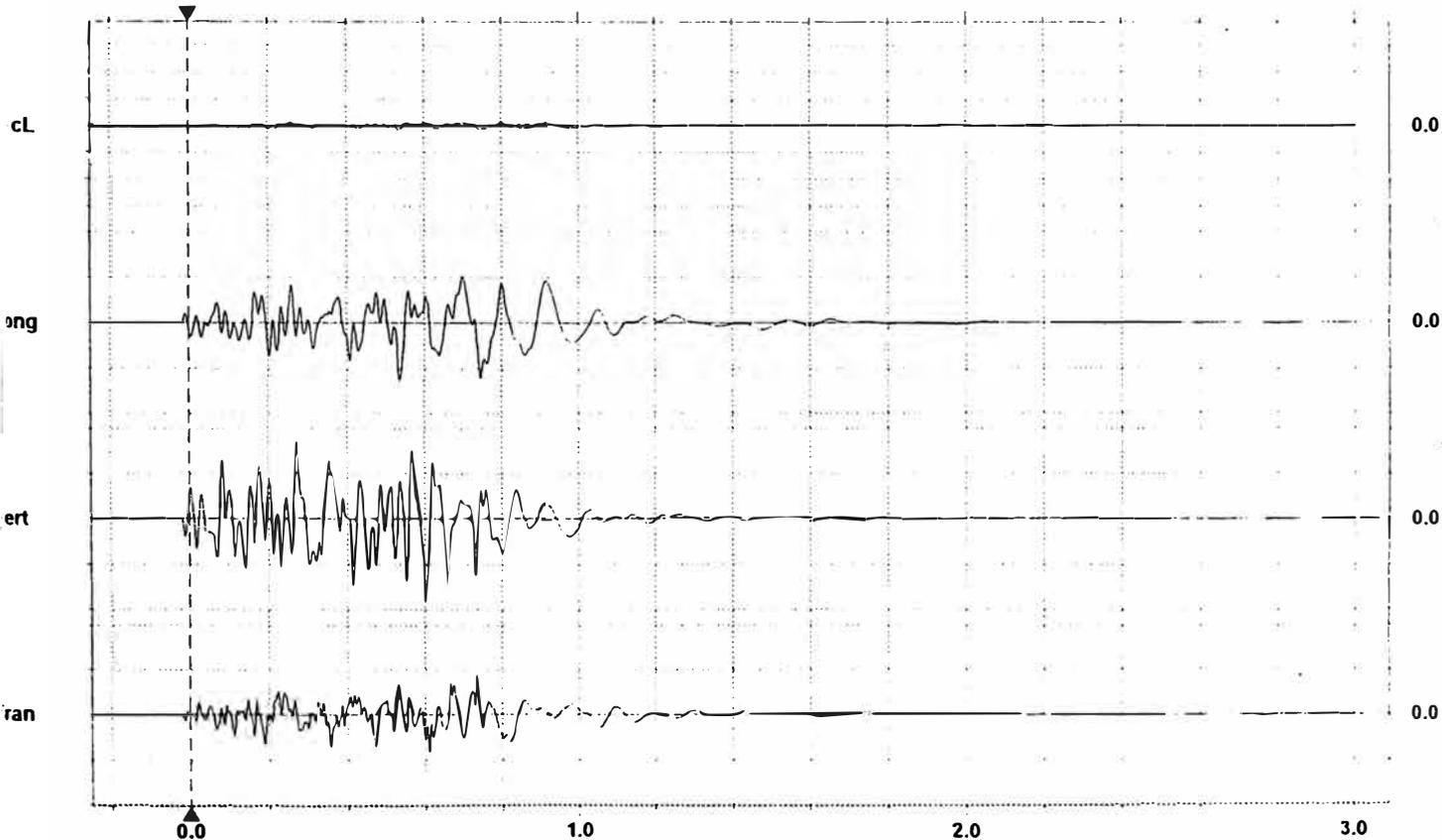
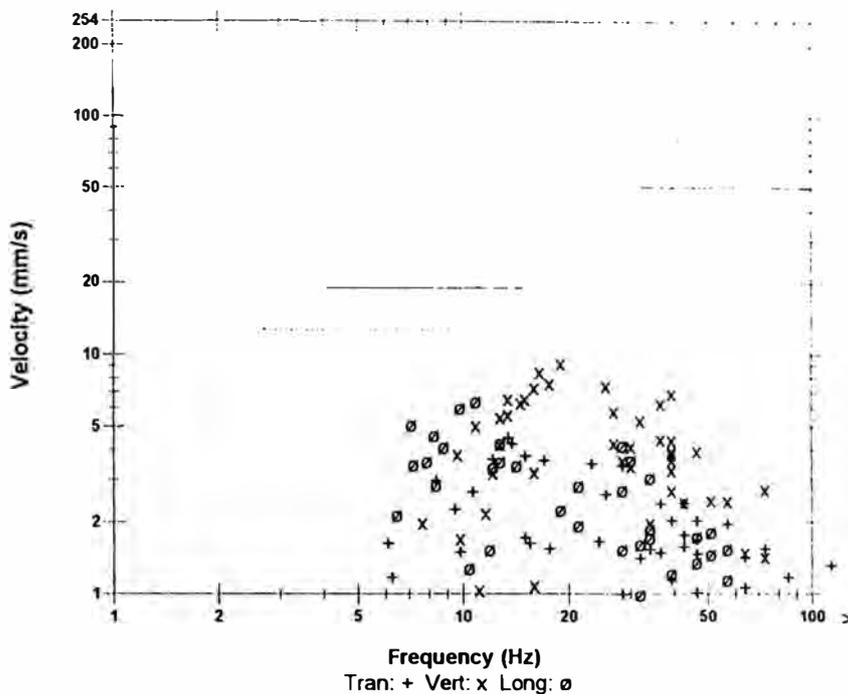
Event Notes

Microphone Linear Weighting
Pressure Level 1.75 pa.(L) at 0.533 sec
Frequency 23 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	4.54	9.29	6.43	mm/s
Peak Freq	13	19	11	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.734	0.603	0.536	sec
Peak Acceleration	0.128	0.171	0.101	g
Peak Displacement	0.0579	0.0810	0.0851	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 10.0 mm/s at 0.603 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 5.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Time Vert at 13:14:20 March 12, 1999
Trigger Source Geo: 7.00 mm/s
Trigger Level Geo: 254 mm/s
Trigger Time 3.0 sec at 1024 sps
Trigger Number: 1232

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087EN6.3W0
Scaled Distance 18.1 (450.0 m, 616.0 kg)

Location:
Event Name:
General:

Extended Notes

Event Notes

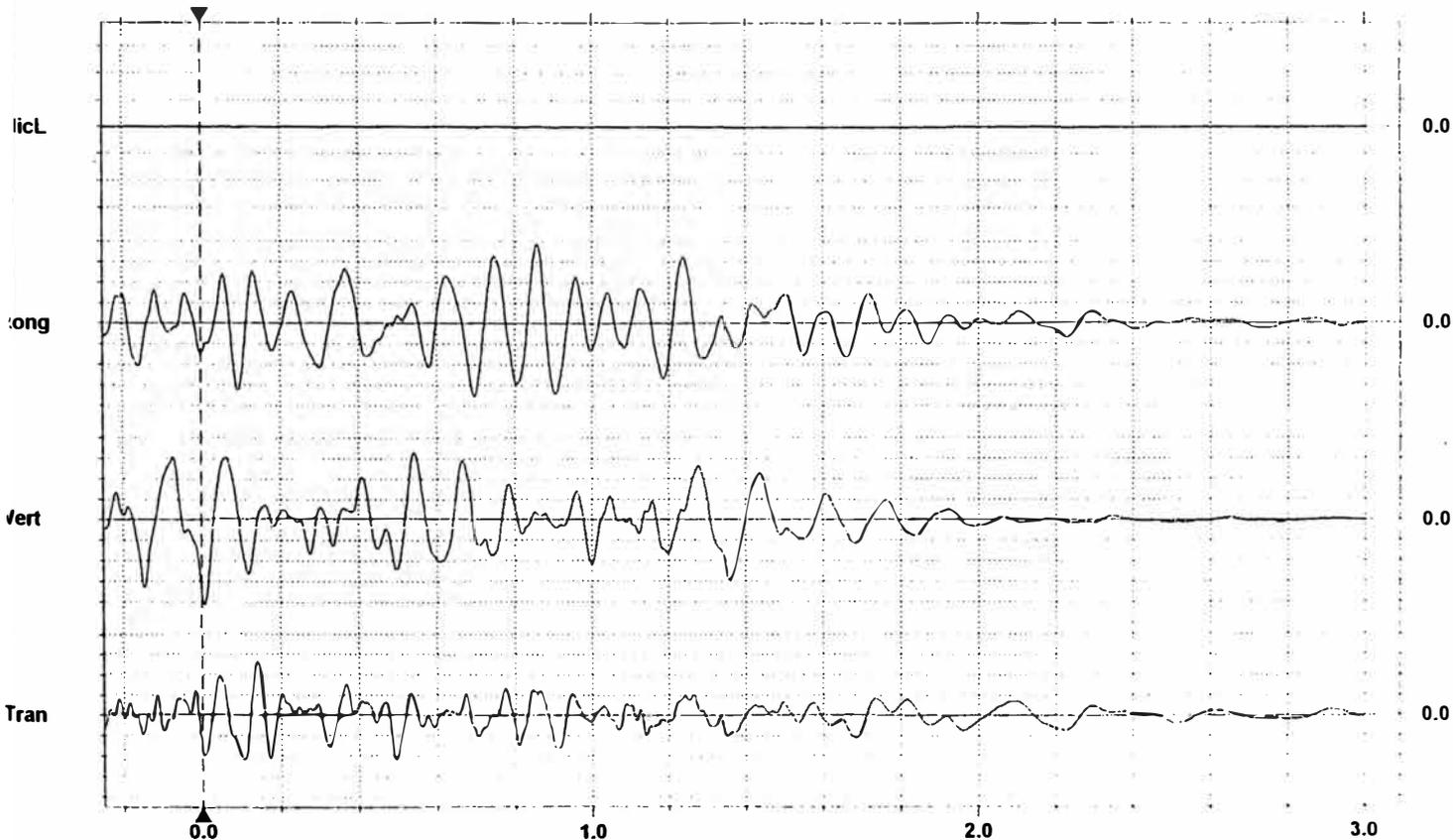
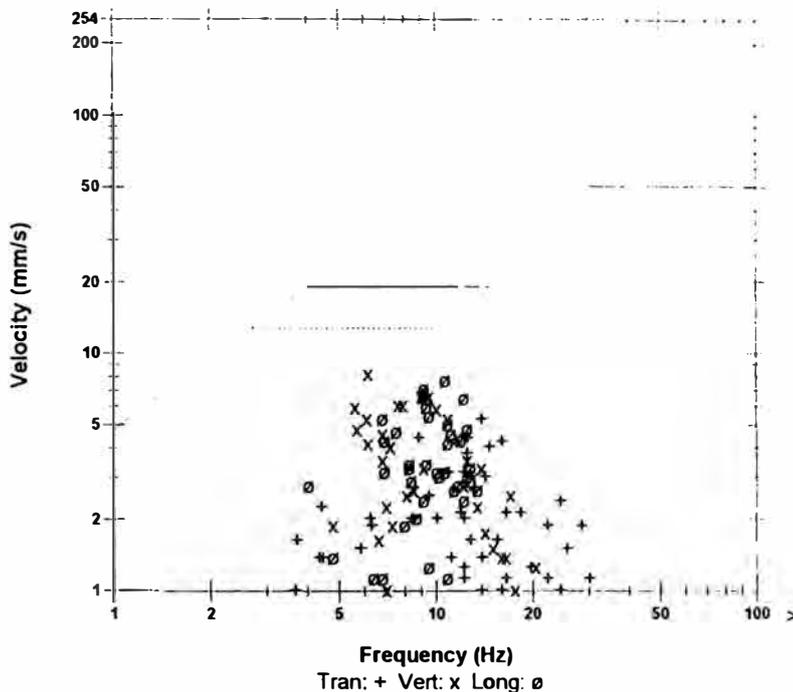
LOGRAFO UBICADO EN EL NIVEL 3515 EN TOBA CRISTAL

Microphone Linear Weighting
PL 0.500 pa.(L) at 0.083 sec
Freq >100 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak V	5.33	8.25	7.75	mm/s
Peak Freq	14	6.2	11	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.141	0.006	0.855	sec
Peak Acceleration	0.0530	0.0530	0.0530	g
Peak Displacement	0.0789	0.148	0.122	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 9.51 mm/s at 0.006 sec

USBM RI8507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Time Vert at 13:15:39 March 12, 1999
Trigger Source Geo: 7.00 mm/s
Gain Geo: 254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1232

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087EN6.630
Scaled Distance 18.1 (450.0 m, 616.0 kg)

Location:
Unit Name:
General:

Extended Notes

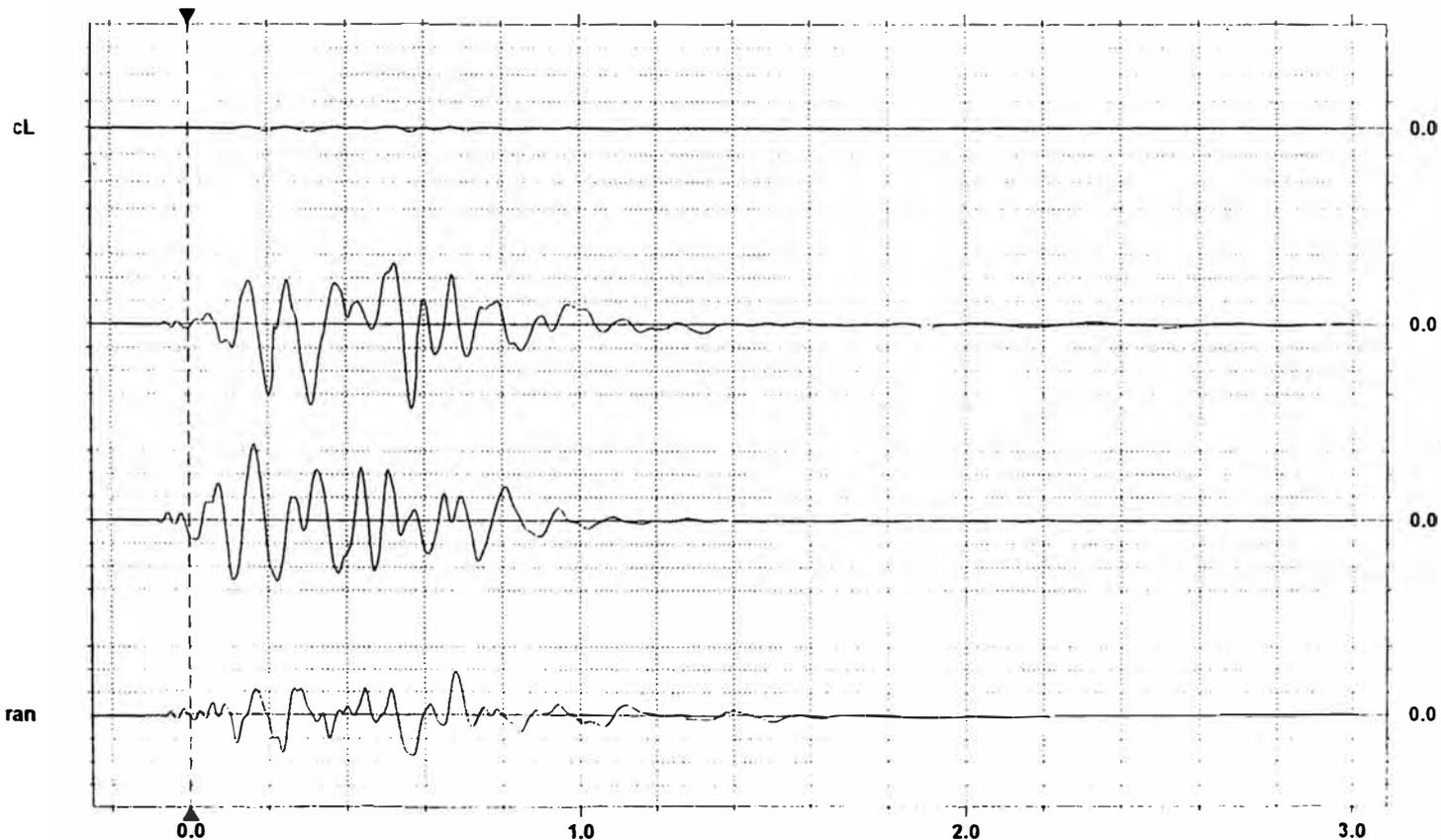
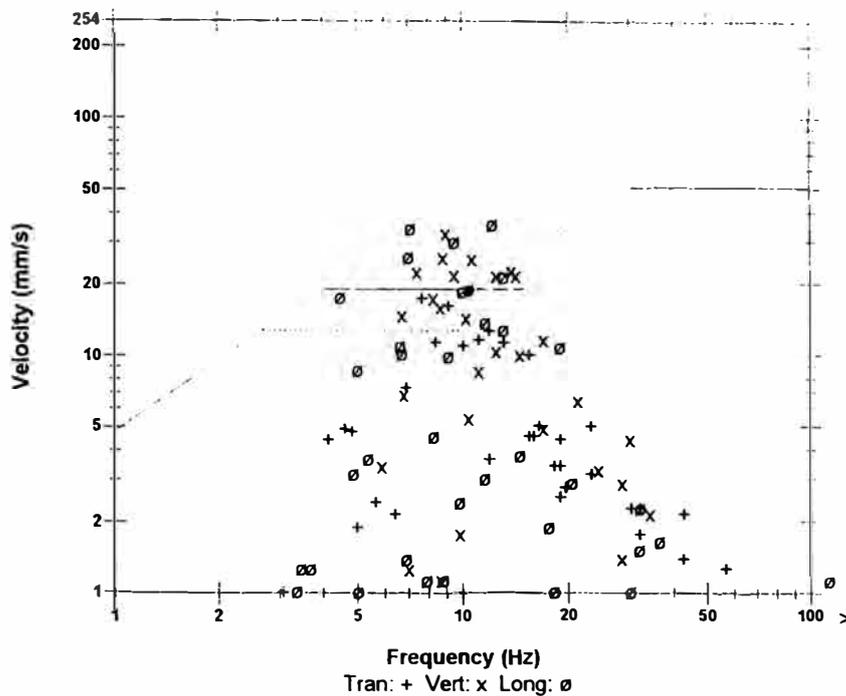
Event Notes

Microphone Linear Weighting
Pressure Level 1.25 pa.(L) at 0.199 sec
Frequency 12 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	18.8	32.8	35.9	mm/s
Peak Frequency	10	9.0	12	Hz
Peak Time (Rel. to Trig)	0.679	0.165	0.568	sec
Peak Acceleration	0.159	0.212	0.915	g
Peak Displacement	0.378	0.564	0.676	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 40.1 mm/s at 0.569 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger = ▶ ◀

Event Report

Date/Time: Vert at 13:15:57 March 12, 1999
 Trigger Source: Geo: 7.00 mm/s
 Weight: Geo: 254 mm/s
 Record Time: 3.0 sec at 1024 sps
 Record Number: 1231

Serial Number: BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
 Battery Level: 6.3 Volts
 Calibration: September 18, 1998 by InstanTel Inc.
 File Name: H3077EN6.6LO
 Scaled Distance: 18.5 (450.0 m, 590.0 kg)

Notes:

Event Notes

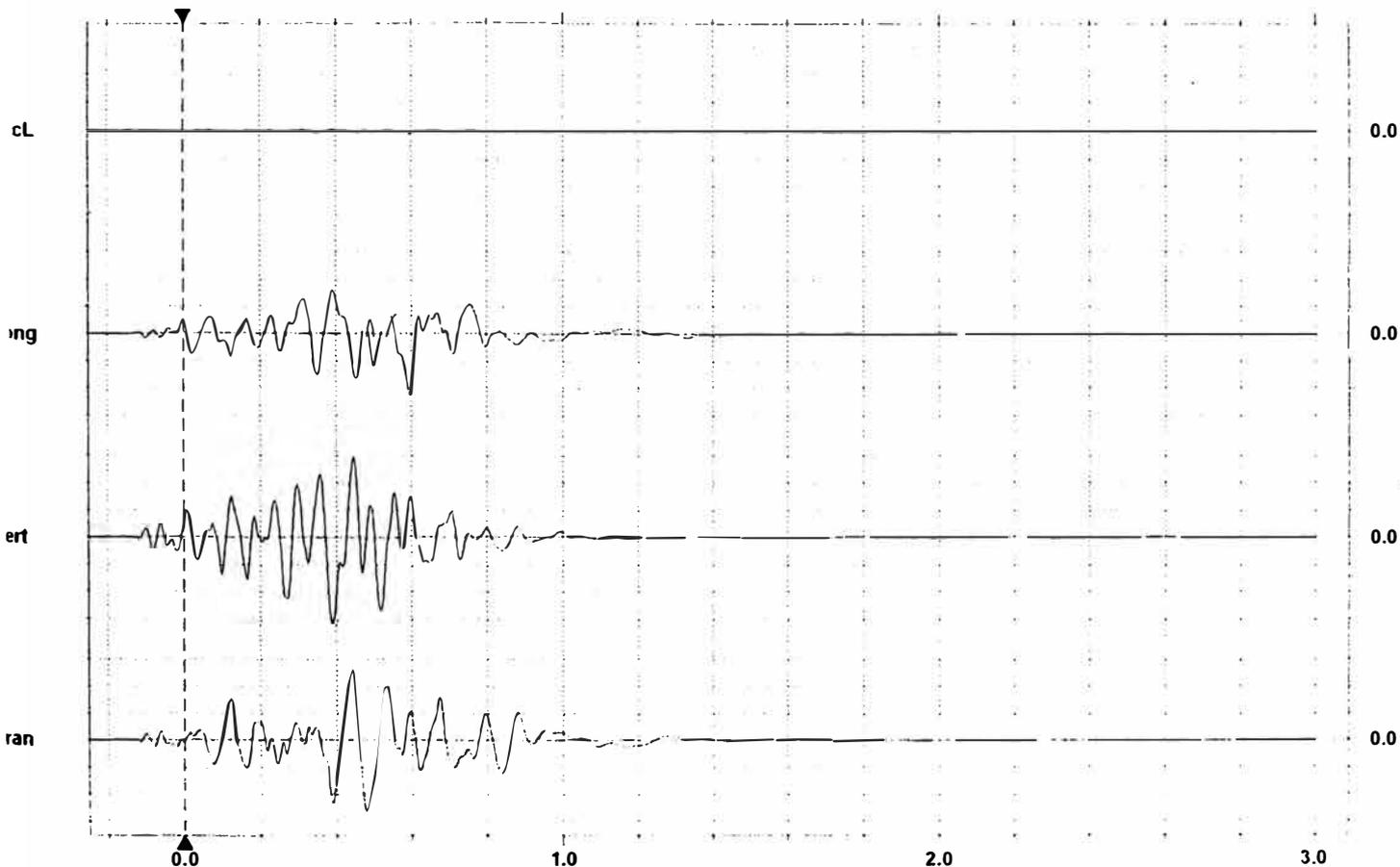
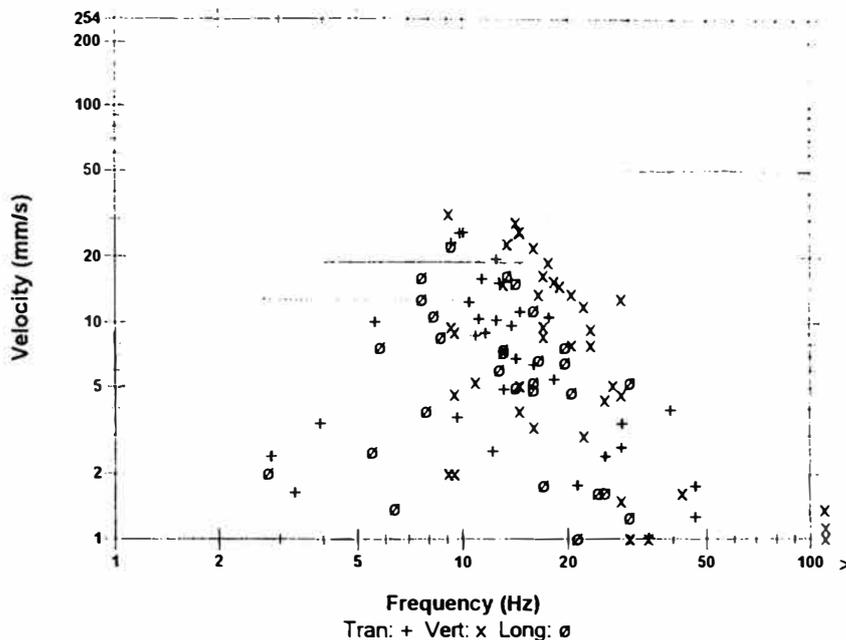
LOGRAFO UBICADO EN EL NIVEL 3475 EN RIOLITA

Microphone: Linear Weighting
 SPL: 1.00 pa.(L) at 0.596 sec
 Freq: 20 Hz
 Channel Test: Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak Velocity	26.4	32.1	22.6	mm/s
Peak Freq	10	9.1	9.3	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.478	0.390	0.596	sec
Peak Acceleration	0.212	0.292	0.225	g
Peak Displacement	0.406	0.459	0.306	mm
Processorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum: 42.8 mm/s at 0.390 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 10.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger = \blacktriangleright --- \blacktriangleleft

Event Report

Date/Time Long at 12:07:01 March 15, 1999
Trigger Source Geo: 3.00 mm/s
Range Geo :31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1532

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.1 Volts
Calibration September 18, 1998 by Instante! Inc.
File Name H3087ESM.ZP0

No.s

USBM RI8507 And OSMRE

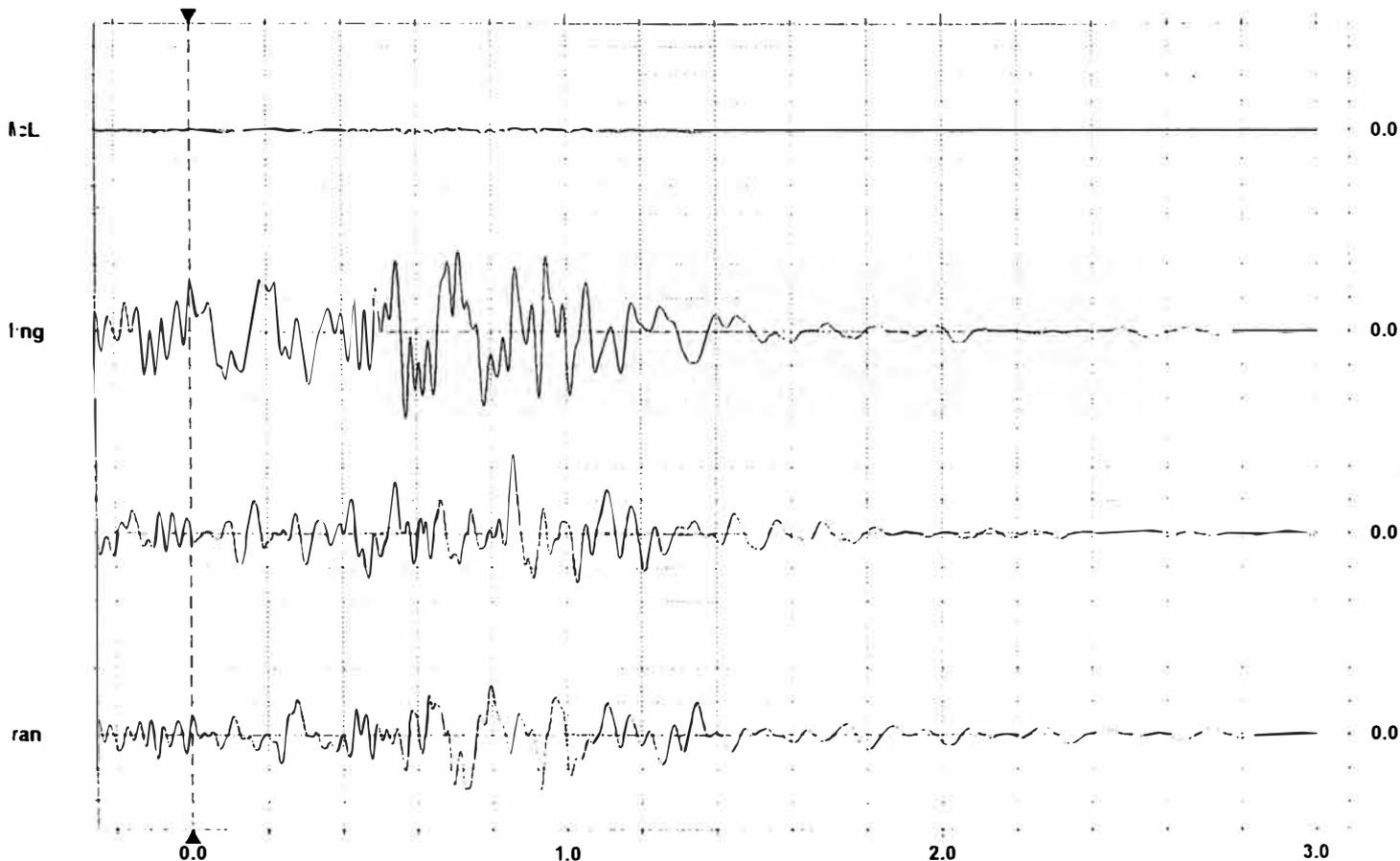
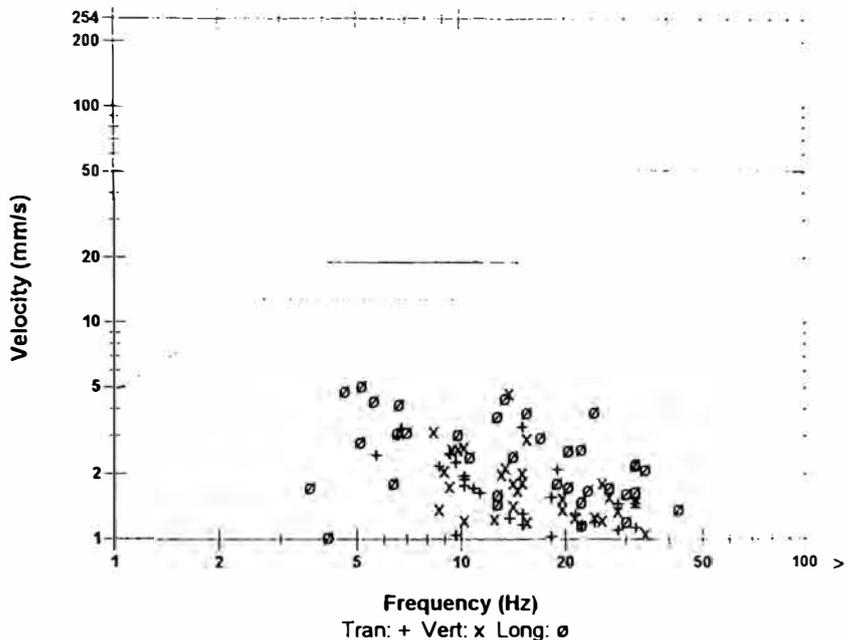
Post-Event Notes

Es geófono se ubicó en la roca directamente (quebrada directa).

Microphone Linear Weighting
Pk(L) 1.50 pa.(L) at 0.568 sec
Zf:Freq 21 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Pk(L)	3.30	4.79	5.18	mm/s
Zf:Freq	15	14	5.2	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.930	0.857	0.571	sec
Pak Acceleration	0.0398	0.0497	0.0762	g
Pak Displacement	0.0767	0.0489	0.120	mm
Sisorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Pak Vector Sum 5.80 mm/s at 0.860 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger = ▶ ◀

Event Report

Date/Time Long at 12:07:22 March 15, 1999
Trigger Source Geo: 3.00 mm/s
Range Geo: 31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1531

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077ESN.0A0
Scaled Distance 18.5 (450.0 m, 590.0 kg)

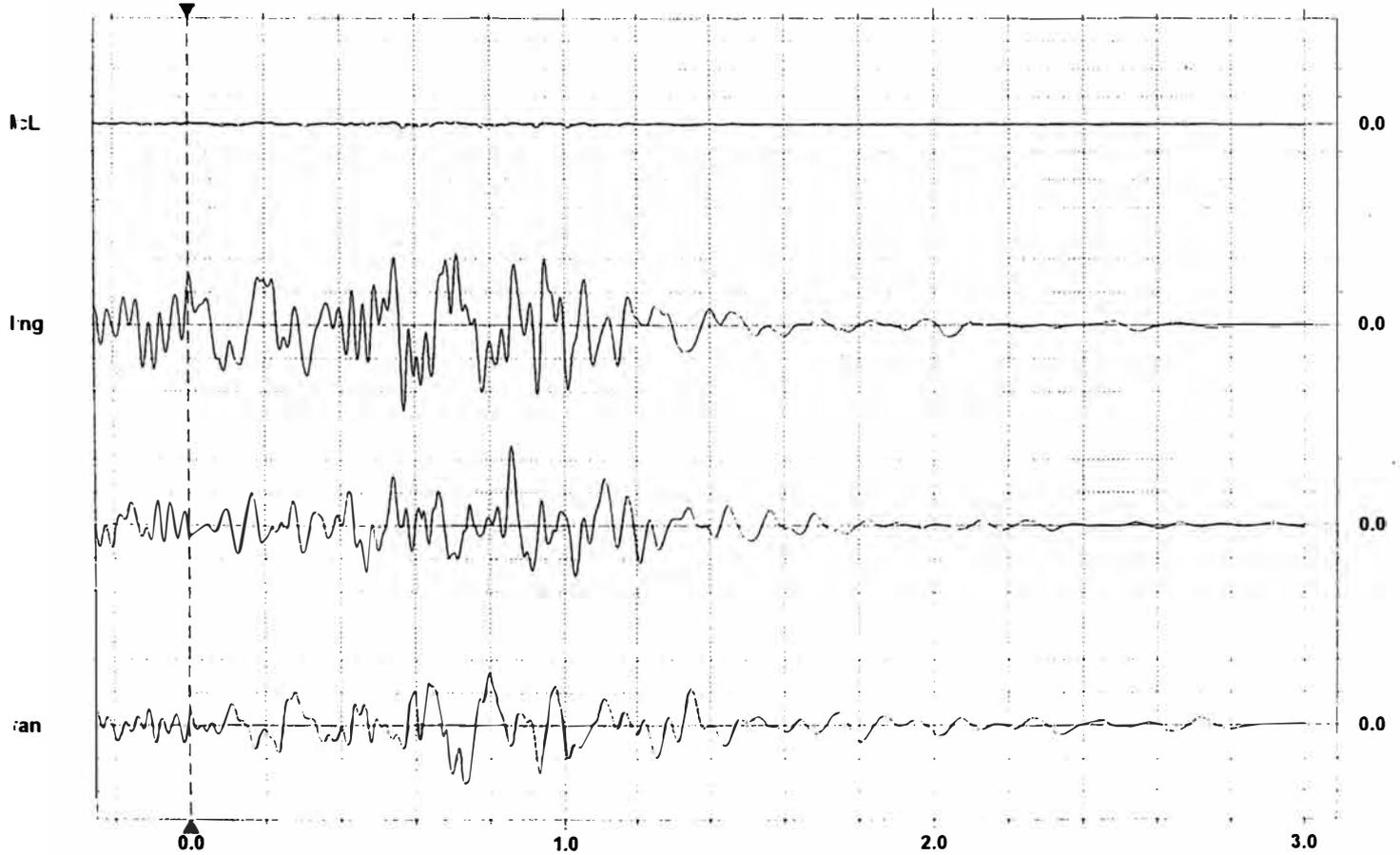
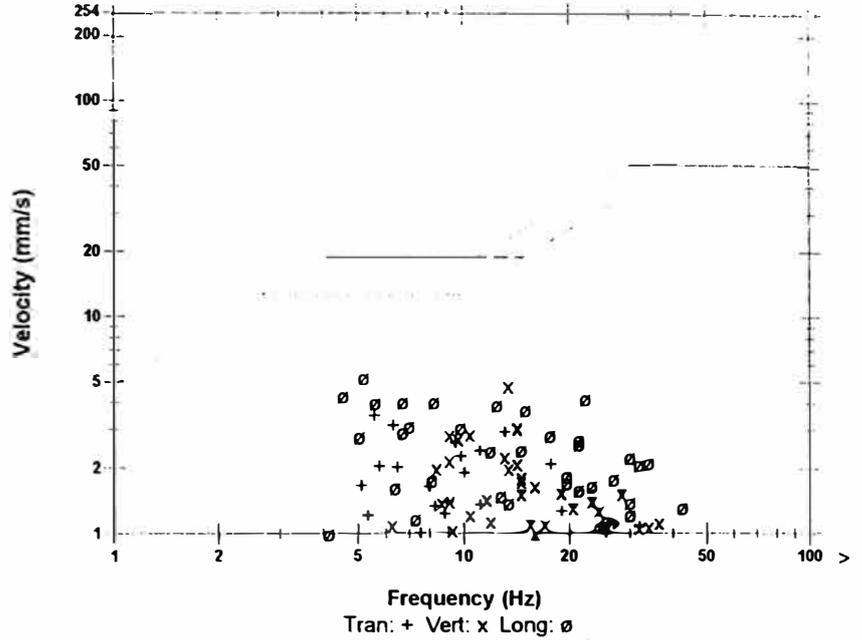
USBM RI8507 And OSMRE

Per Event Notes

Microphone Linear Weighting
Pk/L 1.50 pa.(L) at 0.568 sec
Z/Freq 23 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Pk/	3.56	4.86	5.22	mm/s
Z/Freq	5.6	13	5.2	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.730	0.856	0.571	sec
Pak Acceleration	0.0298	0.0497	0.0746	g
Pak Displacement	0.0910	0.0491	0.112	mm
Sisorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Pak Vector Sum 5.76 mm/s at 0.860 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Time Vert at 12:12:21 March 16, 1999
Trigger Source Geo: 10.00 mm/s
Rate Geo :254 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1631

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.1 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077EUH.WL0
Scaled Distance 2.2 (60.0 m, 743.0 kg)

No.s
Location:
Cliff:
Site Name:
General:

Extended Notes

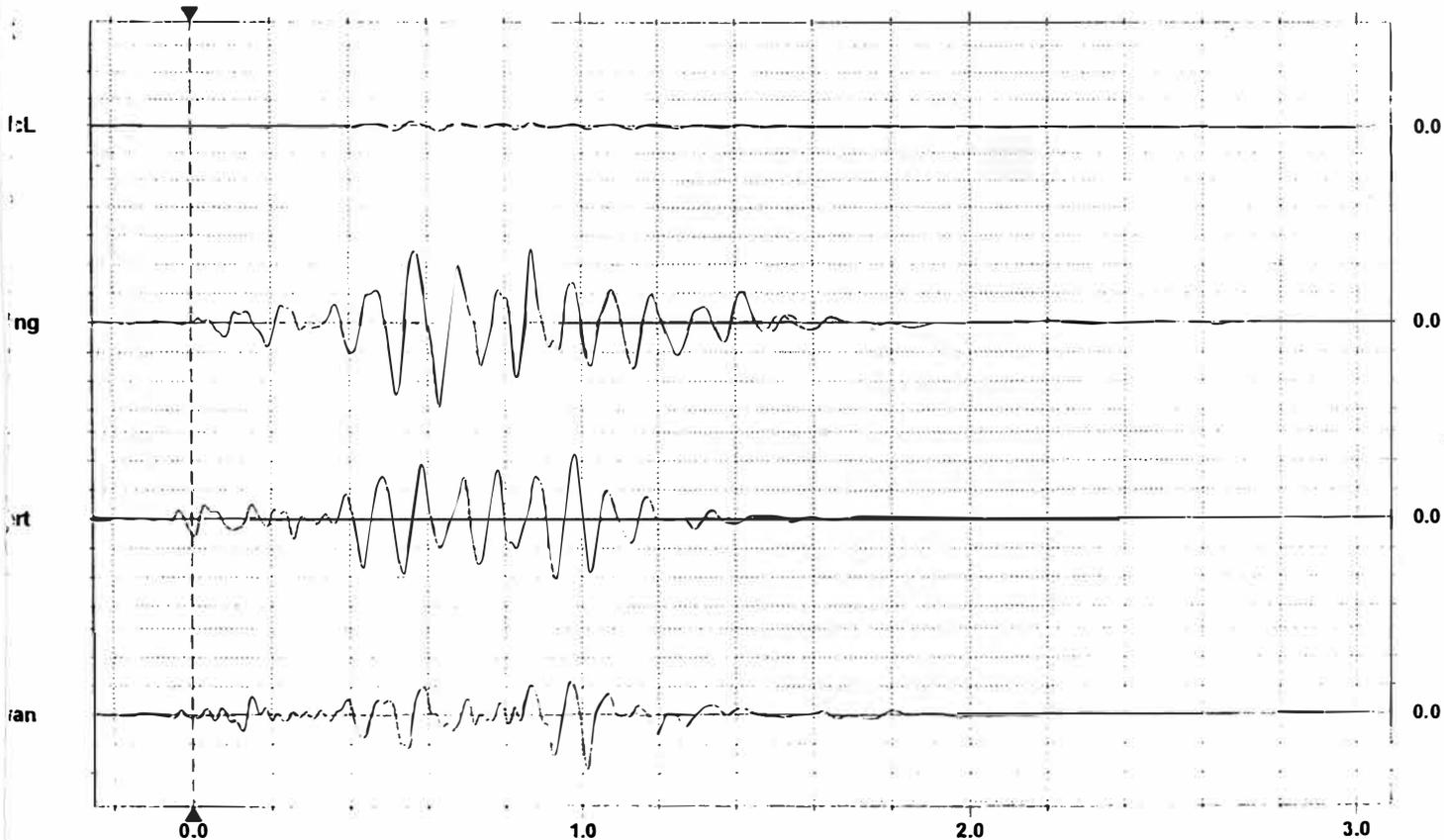
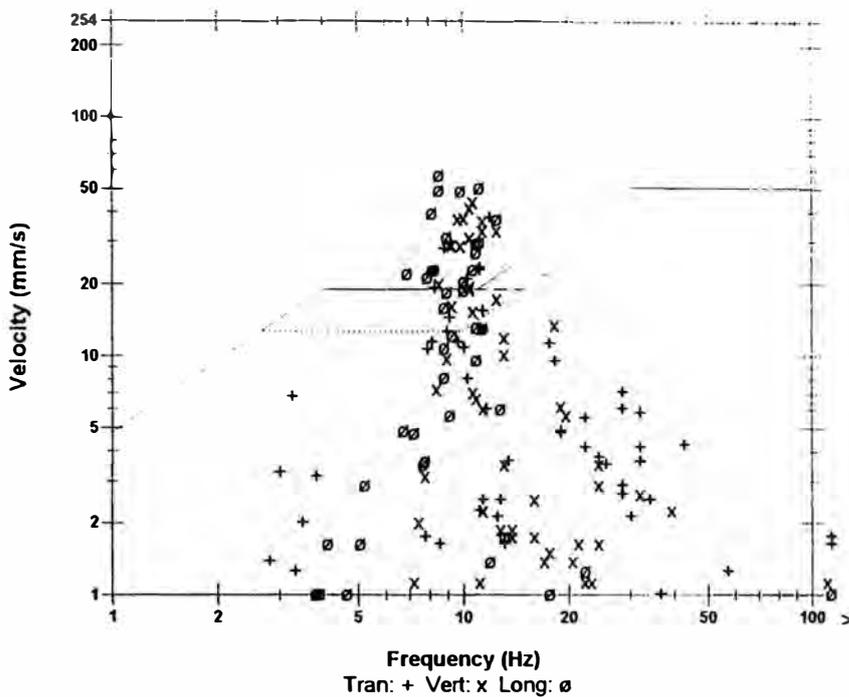
Part Event Notes

Microphone Linear Weighting
PA.L 2.00 pa.(L) at 0.517 sec
Filter Freq 11 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak	38.2	44.6	57.7	mm/s
Peak Freq	12	11	8.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	1.014	0.981	0.632	sec
Peak Acceleration	0.265	0.371	0.411	g
Peak Displacement	0.429	0.660	0.964	mm
Shorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 61.3 mm/s at 0.633 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 20.0 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger = ▶ ◀

Event Report

Time Vert at 12:17:34 March 18, 1999
Over Source Geo: 3.00 mm/s
Rate Geo: 31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Number: 1832

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.1 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087EY7.HA0
Scaled Distance 21.9 (500.0 m, 520.0 kg)

S
ion:
t:
Name:
ral:

ended Notes

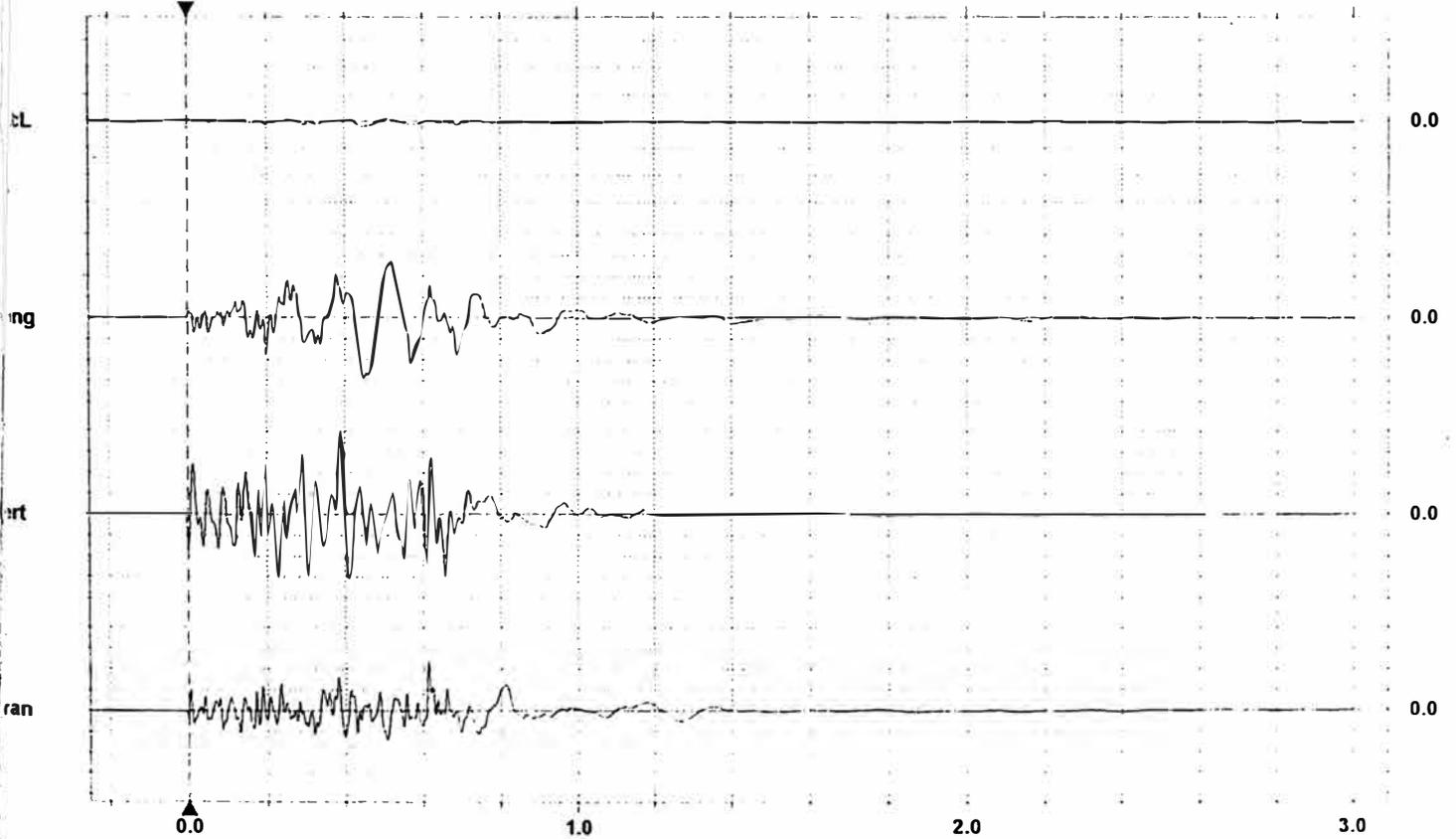
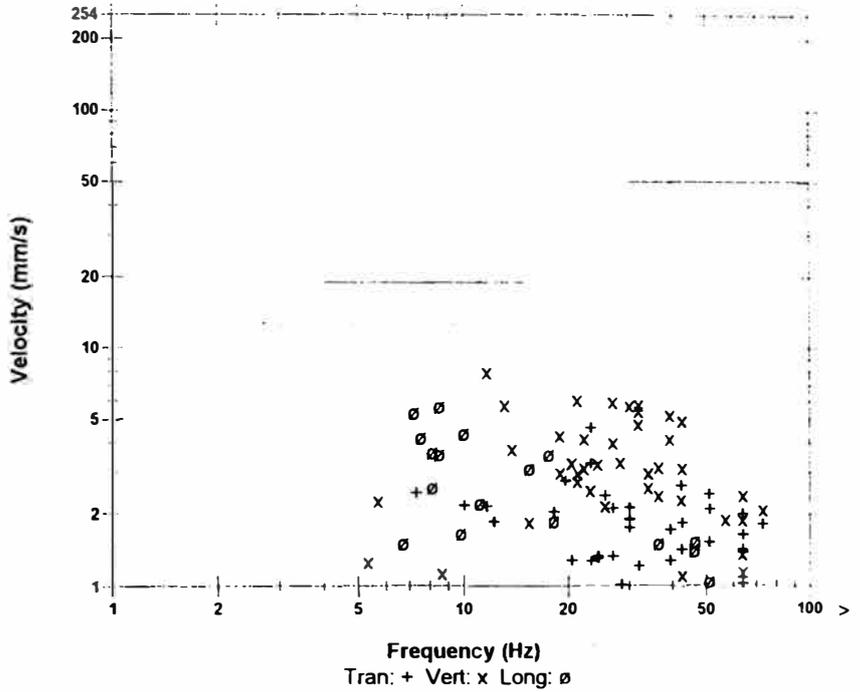
Event Notes

ophone Linear Weighting
L 1.75 pa.(L) at 0.446 sec
Freq 8.8 Hz
annel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak	4.67	8.00	5.76	mm/s
Peak Freq	23	12	8.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.613	0.389	0.448	sec
Peak Acceleration	0.124	0.144	0.0713	g
Peak Displacement	0.0421	0.0714	0.113	mm
Processorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 8.47 mm/s at 0.389 sec

USBM RI8507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Date/Time Long at 12:17:59 March 18, 1999
Trigger Source Geo: 3.00 mm/s
Range Geo :31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Job Number: 1831

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.1 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077EY7.H2O
Scaled Distance 21.9 (500.0 m, 521.0 kg)

Notes
Location:
Client:
User Name:
General:

Expanded Notes

Part Event Notes

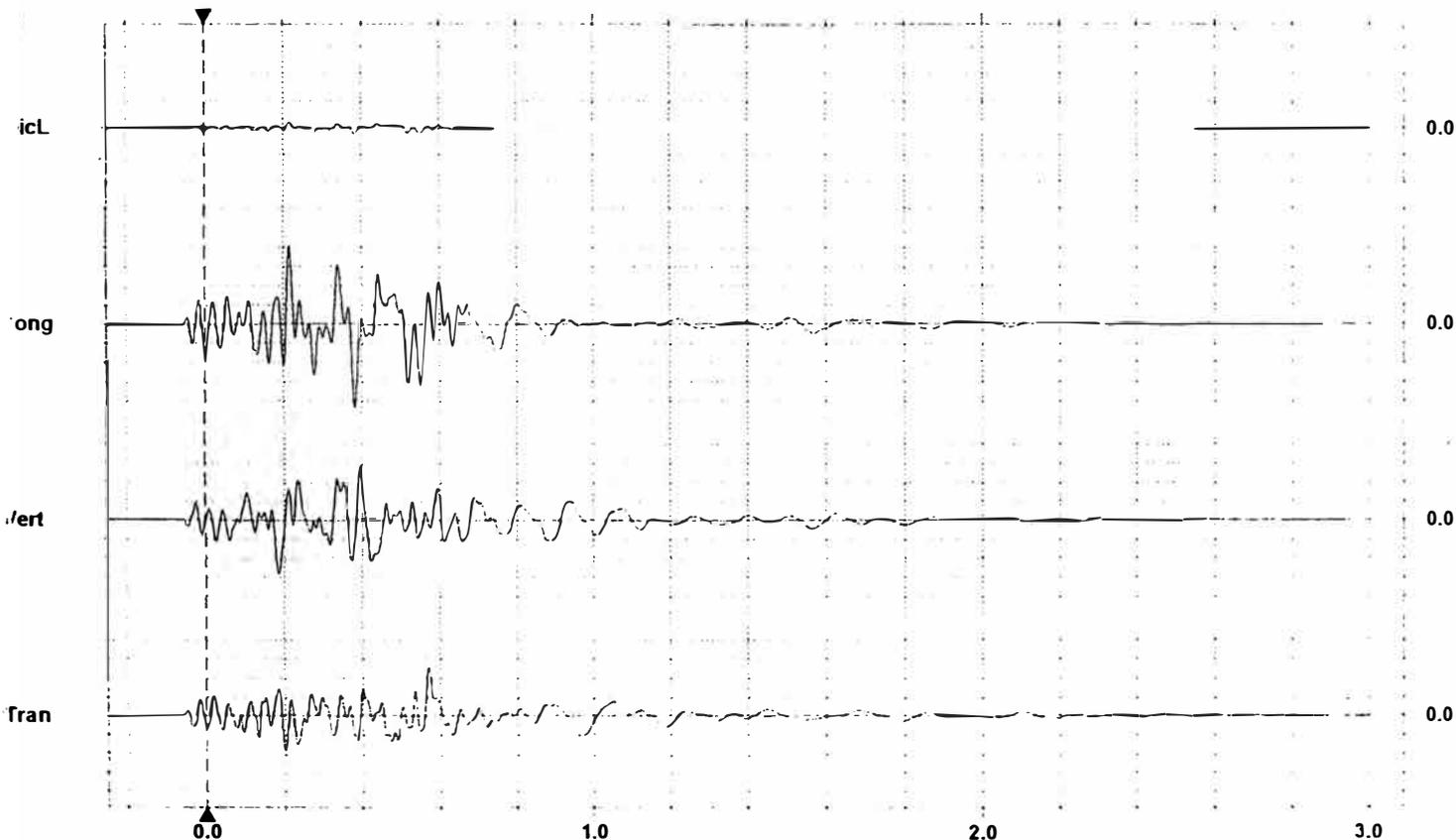
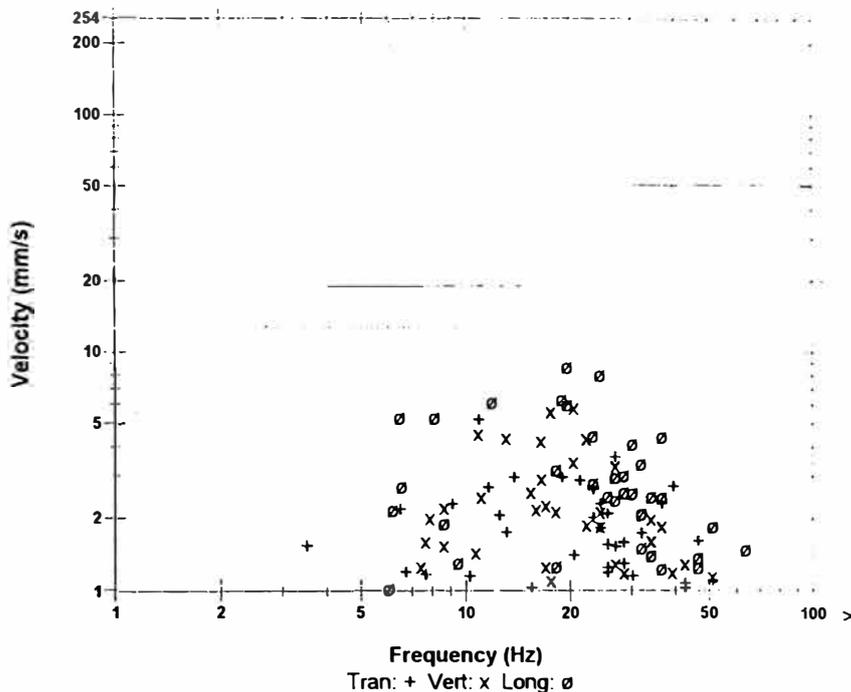
Dosaros de NV. 3415 y 3400 Tipos de Roca BA/LP
 Primer disparo fue del Nv. 3400
 Segundo disparo fue del Nv. 3415.

Microphone Linear Weighting
Pressure 2.50 pa.(L) at 0.383 sec
Filter Freq 22 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
IV	5.25	5.91	8.78	mm/s
Filter Freq	11	20	20	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.569	0.395	0.384	sec
Peak Acceleration	0.0762	0.0812	0.141	g
Peak Displacement	0.0546	0.0663	0.0967	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 9.11 mm/s at 0.383 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger = ▶-----◀

Event Report

Date/Time Long at 15:53:35 March 20, 1999
Trigger Source Geo: 2.00 mm/s
Range Geo: 31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Run Number: 2031

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by Instatel Inc.
File Name H3077F26.TB0
Scaled Distance 21.9 (500.0 m, 521.0 kg)

Notes
 Location:
 Cont:
 User Name:
 Channel:

Extended Notes

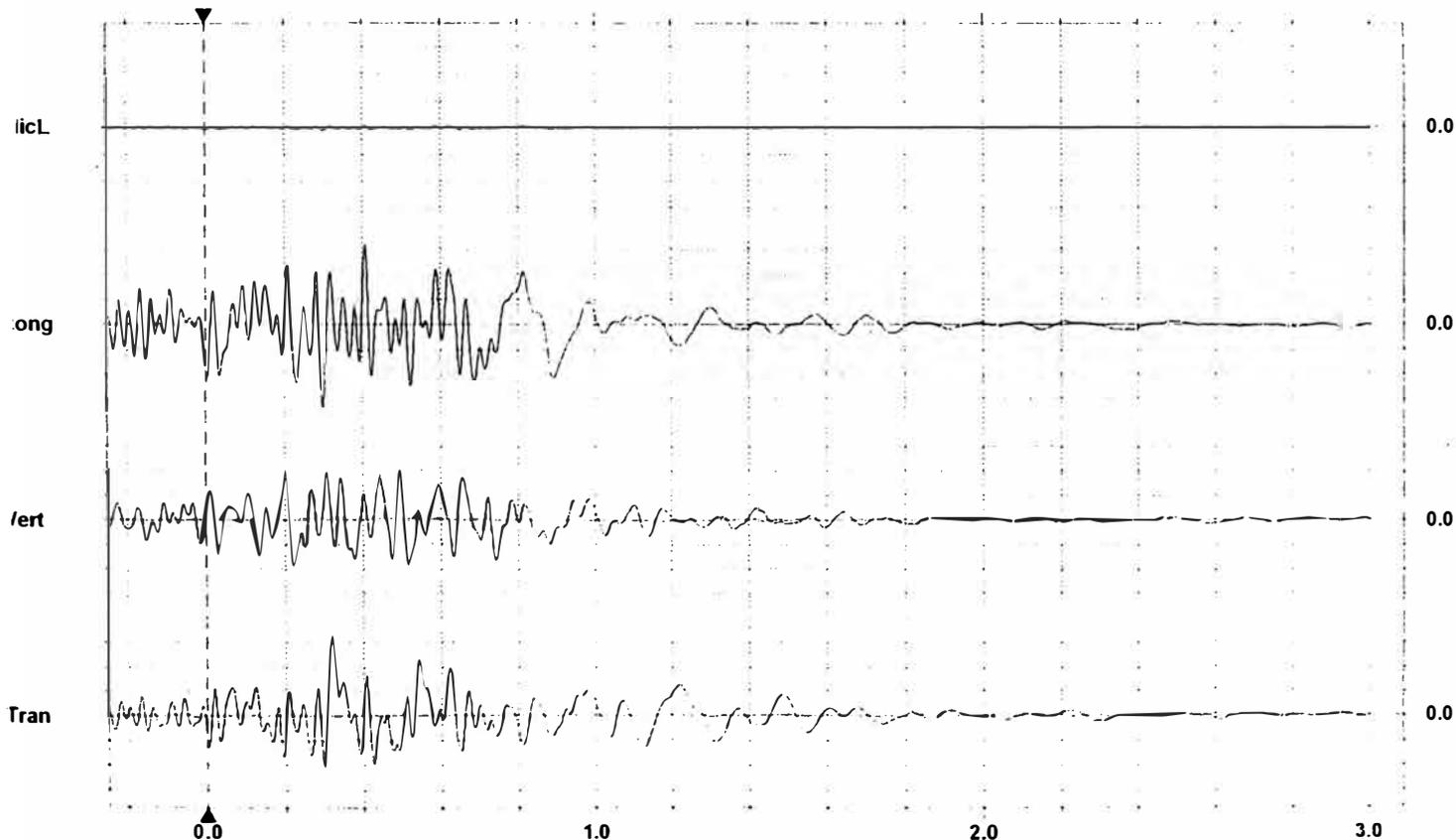
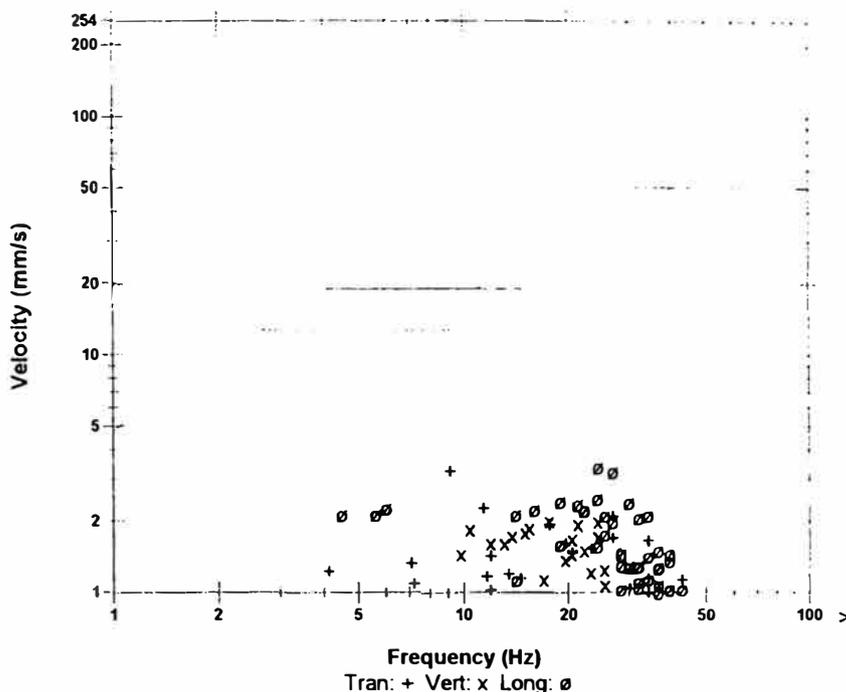
First Event Notes

Microphone Linear Weighting
AMPL 1.00 pa.(L) at 0.295 sec
Filter Freq 34 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak V	3.27	2.02	3.40	mm/s
Peak Freq	9.1	18	24	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.319	0.202	0.298	sec
Peak Acceleration	0.0464	0.0331	0.0547	g
Peak Displacement	0.0417	0.0253	0.0565	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 4.07 mm/s at 0.299 sec

USBM RI8507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div Amplitude Scale: Geo: 1.000 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
 Trigger = ▶ ◀

Event Report

Date/Time Vert at 15:53:08 March 20, 1999
Trigger Source Geo: 2.00 mm/s
Range Geo: 31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Job Number: 2032

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087F26.SK0
Scaled Distance 21.9 (500.0 m, 520.0 kg)

Notes
 Location:
 Chart:
 User Name:
 General:

Extended Notes

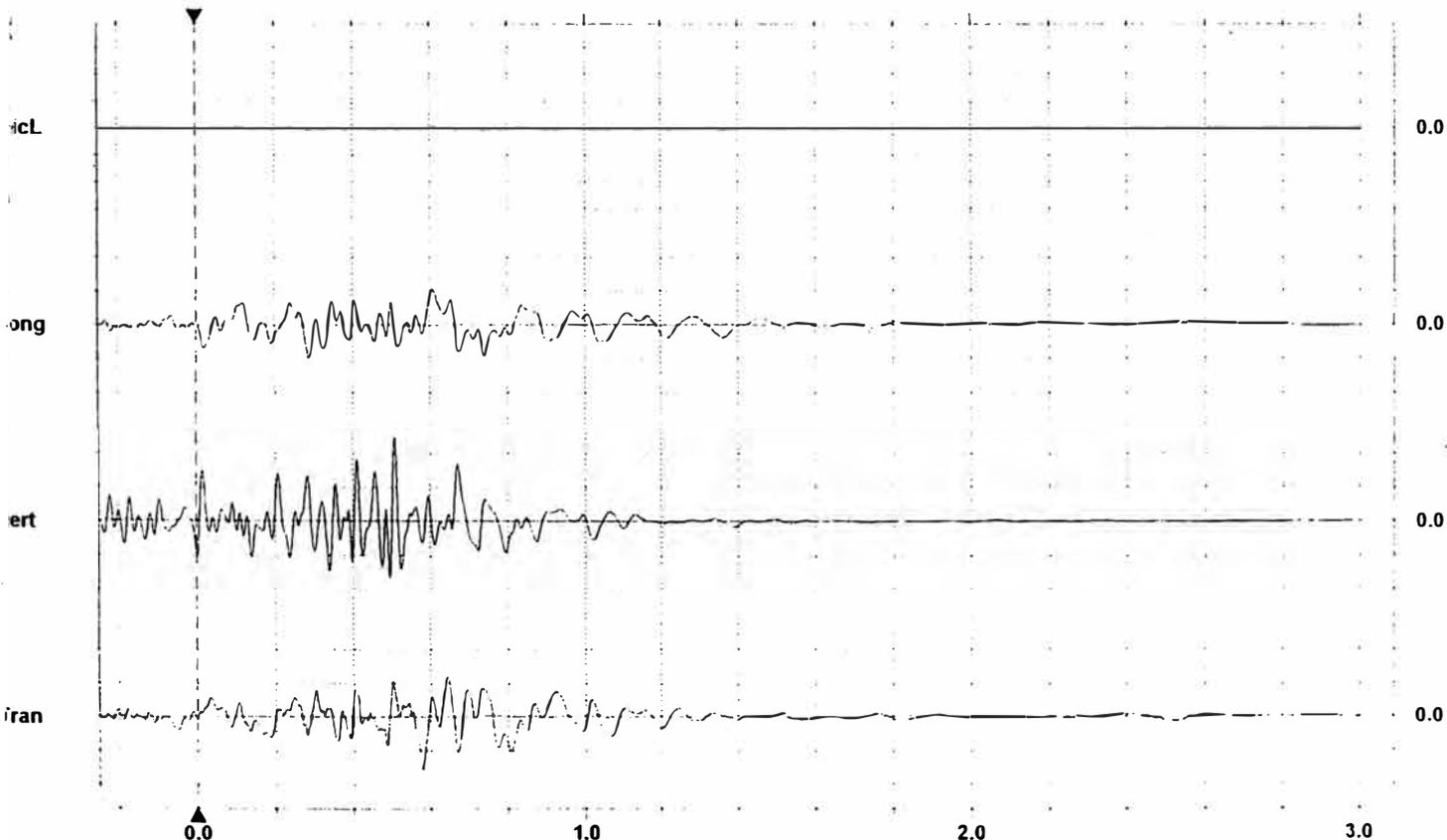
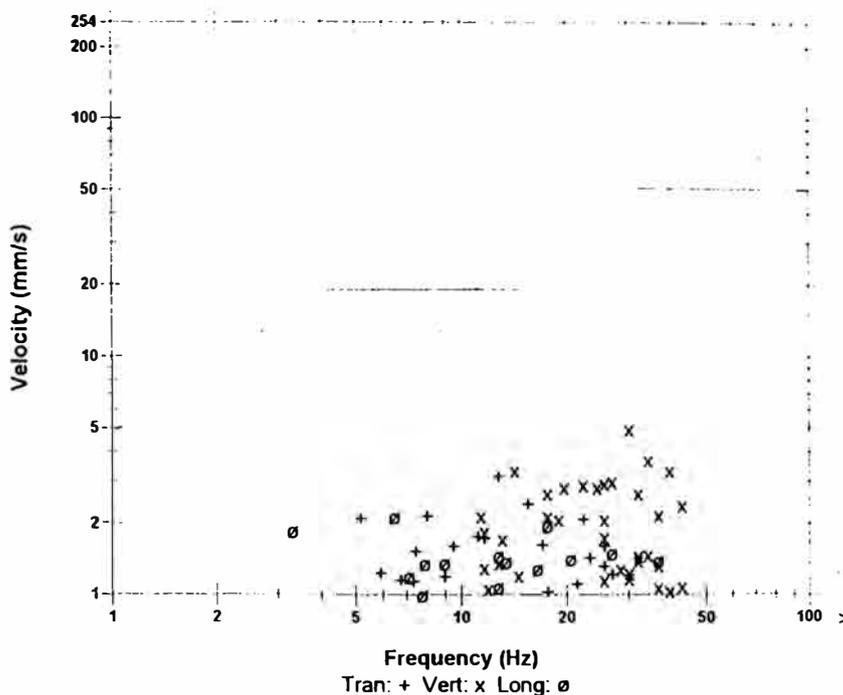
Plot Event Notes

Microphone Linear Weighting
PSL 0.750 pa.(L) at 0.283 sec
Z/Freq 30 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
VM	3.14	4.94	2.13	mm/s
VM Freq	13	30	6.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.580	0.509	0.607	sec
Peak Acceleration	0.0431	0.108	0.0298	g
Peak Displacement	0.0534	0.0301	0.0526	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 5.17 mm/s at 0.509 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger = ▶ ◀

Event Report

Date/Time Long at 15:59:02 March 20, 1999
Trigger Source Geo: 2.00 mm/s
Range Geo: 31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Jet Number: 2031

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077F27.2E0
Scaled Distance 21.9 (500.0 m, 521.0 kg)

Notes
 Location:
 Chart:
 User Name:
 General:

Ended Notes

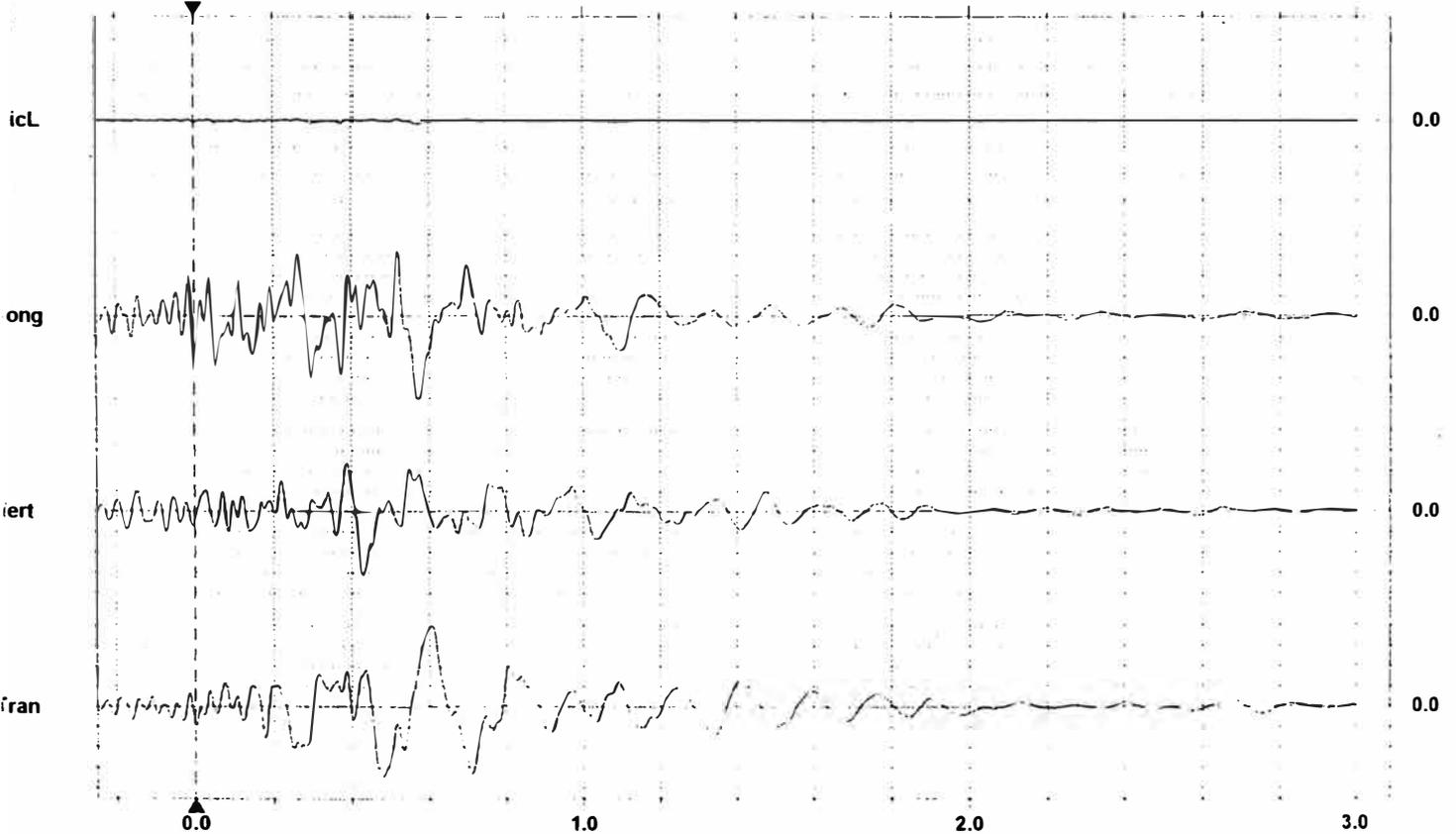
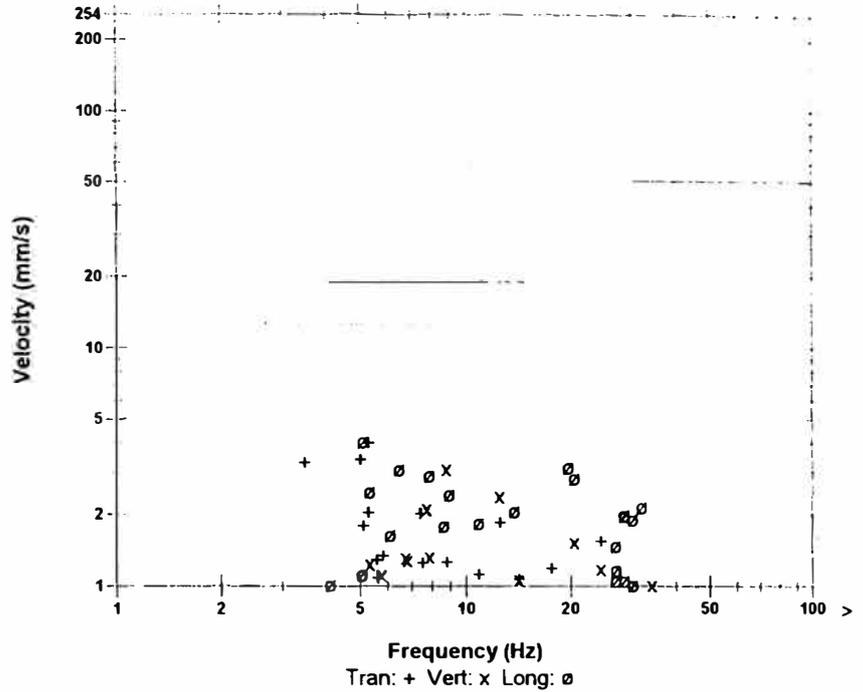
Post Event Notes

Microphone Linear Weighting
RPL 1.25 pa.(L) at 0.568 sec
2 Freq 9.8 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
IV	4.03	3.13	4.10	mm/s
1 Freq	5.3	8.8	5.1	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.605	0.429	0.572	sec
Peak Acceleration	0.0249	0.0282	0.0514	g
Peak Displacement	0.109	0.0495	0.0833	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 5.08 mm/s at 0.577 sec

USBM RI8507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 1.000 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =

Event Report

Date/Time Vert at 15:58:35 March 20, 1999
Trigger Source Geo: 2.00 mm/s
Range Geo :31.7 mm/s
Record Time 3.0 sec at 1024 sps
Job Number: 2032

Serial Number BE6308 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.2 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087F27.1N0
Scaled Distance 21.9 (500.0 m, 520.0 kg)

Notes
 Location:
 Chart:
 User Name:
 General:

Ended Notes

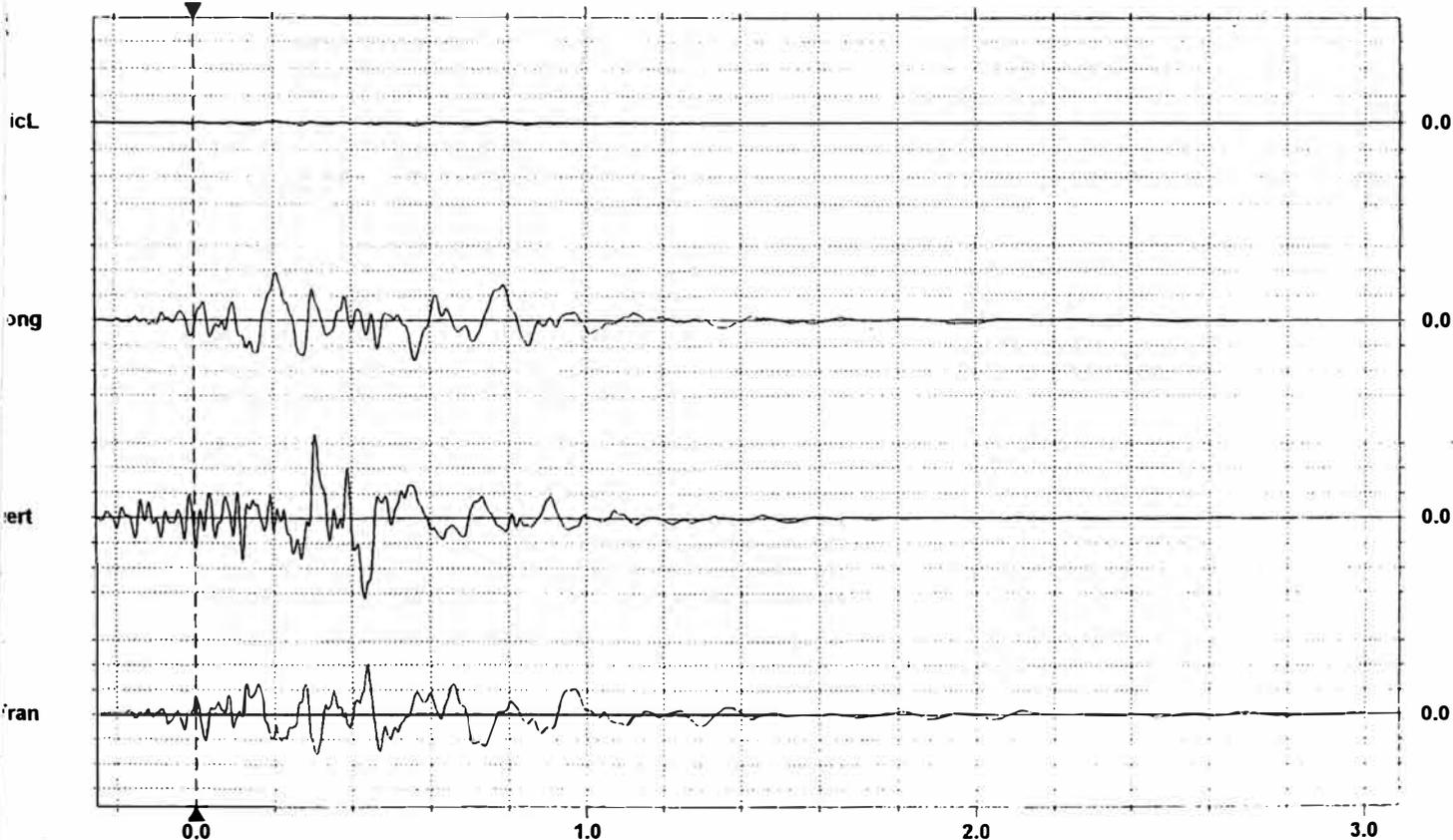
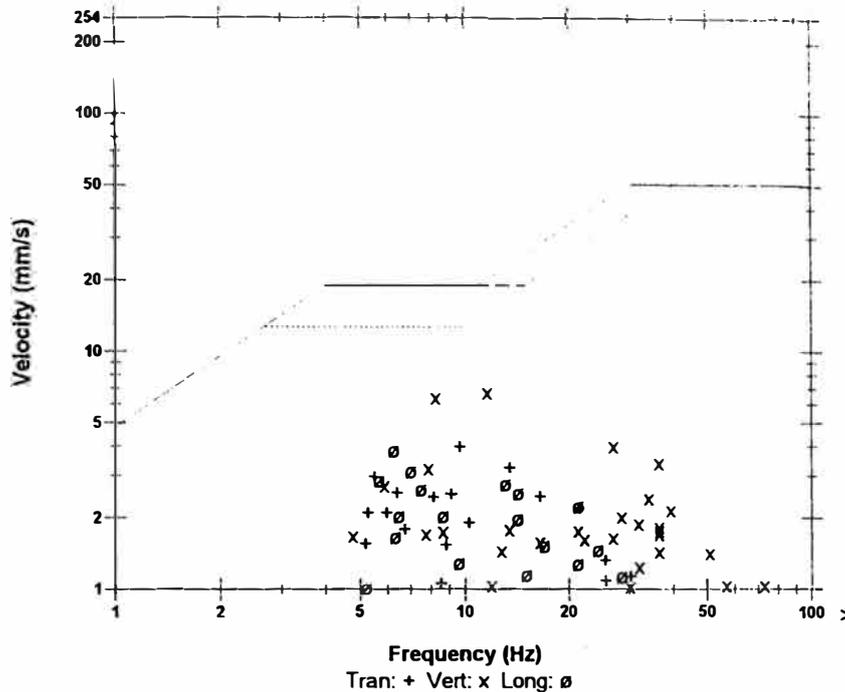
Post Event Notes

Microphone Linear Weighting
AMPL 1.00 pa.(L) at 0.151 sec
Filter Freq 8.8 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak	4.00	6.76	3.86	mm/s
Peak Freq	9.7	12	6.2	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.438	0.306	0.207	sec
Peak Acceleration	0.0530	0.0829	0.0431	g
Peak Displacement	0.0683	0.111	0.0785	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 7.68 mm/s at 0.306 sec

USBM RI8507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =
▶
◀

Event Report

Date/Time Vert at 12:20:36 March 24, 1999
Trigger Source Geo: 2.00 mm/s
Range Geo :31.7 mm/s
Record Time 2.0 sec at 1024 sps
Job Number: 2432

Serial Number BE6308 V3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3087F9B.MC0
Scaled Distance 22.5 (450.0 m, 400.0 kg)

Notes

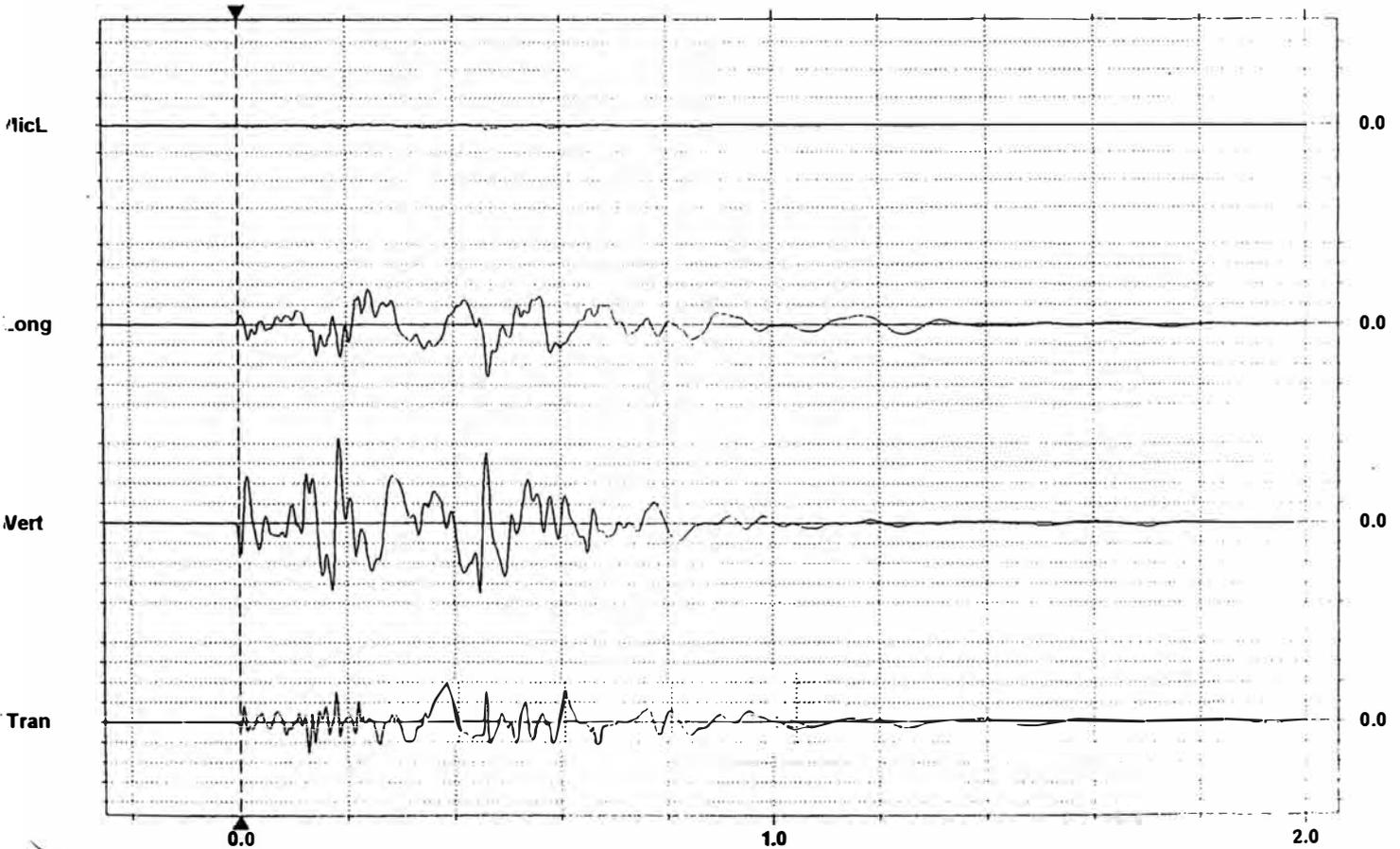
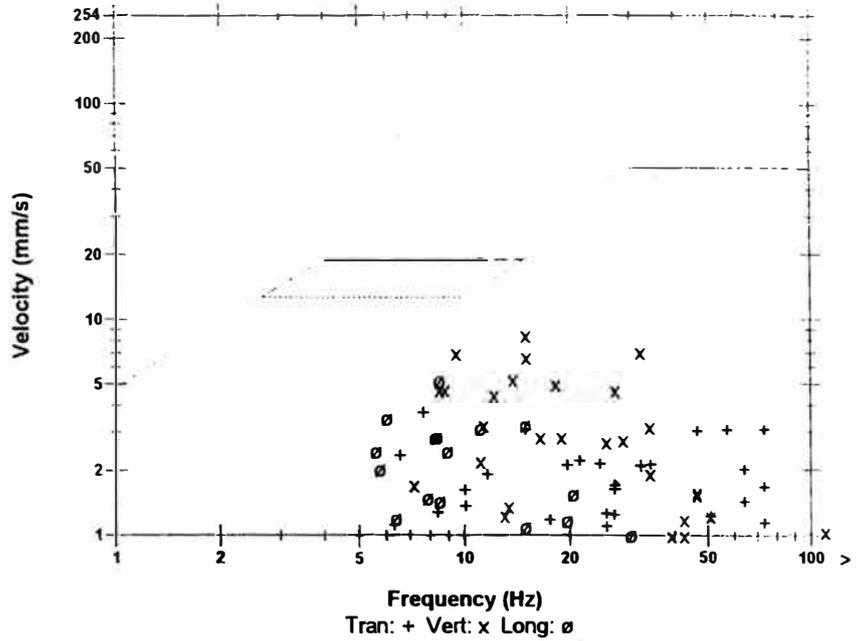
USBM RI8507 And OSMRE

Post Event Notes

Microphone Linear Weighting
AMPL 1.50 pa.(L) at 0.461 sec
1/3 Freq 15 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
Peak V	3.76	8.54	5.22	mm/s
1/3 Freq	7.6	15	8.5	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.376	0.186	0.464	sec
Peak Acceleration	0.119	0.204	0.0845	g
Peak Displacement	0.0676	0.102	0.0815	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 8.92 mm/s at 0.186 sec



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =
▶
◀

Event Report

Date/Time Long at 12:21:08 March 24, 1999
Trigger Source Geo: 2.00 mm/s
Range Geo: 31.7 mm/s
Record Time 2.0 sec at 1024 sps
Job Number: 2431

Serial Number BE6307 V 3.62-3.62 MiniMate Plus
Battery Level 6.3 Volts
Calibration September 18, 1998 by InstanTel Inc.
File Name H3077F9B.N80
Scaled Distance 20.0 (400.0 m, 400.0 kg)

Notes
Location:
Chart:
User Name:
General:

Extended Notes

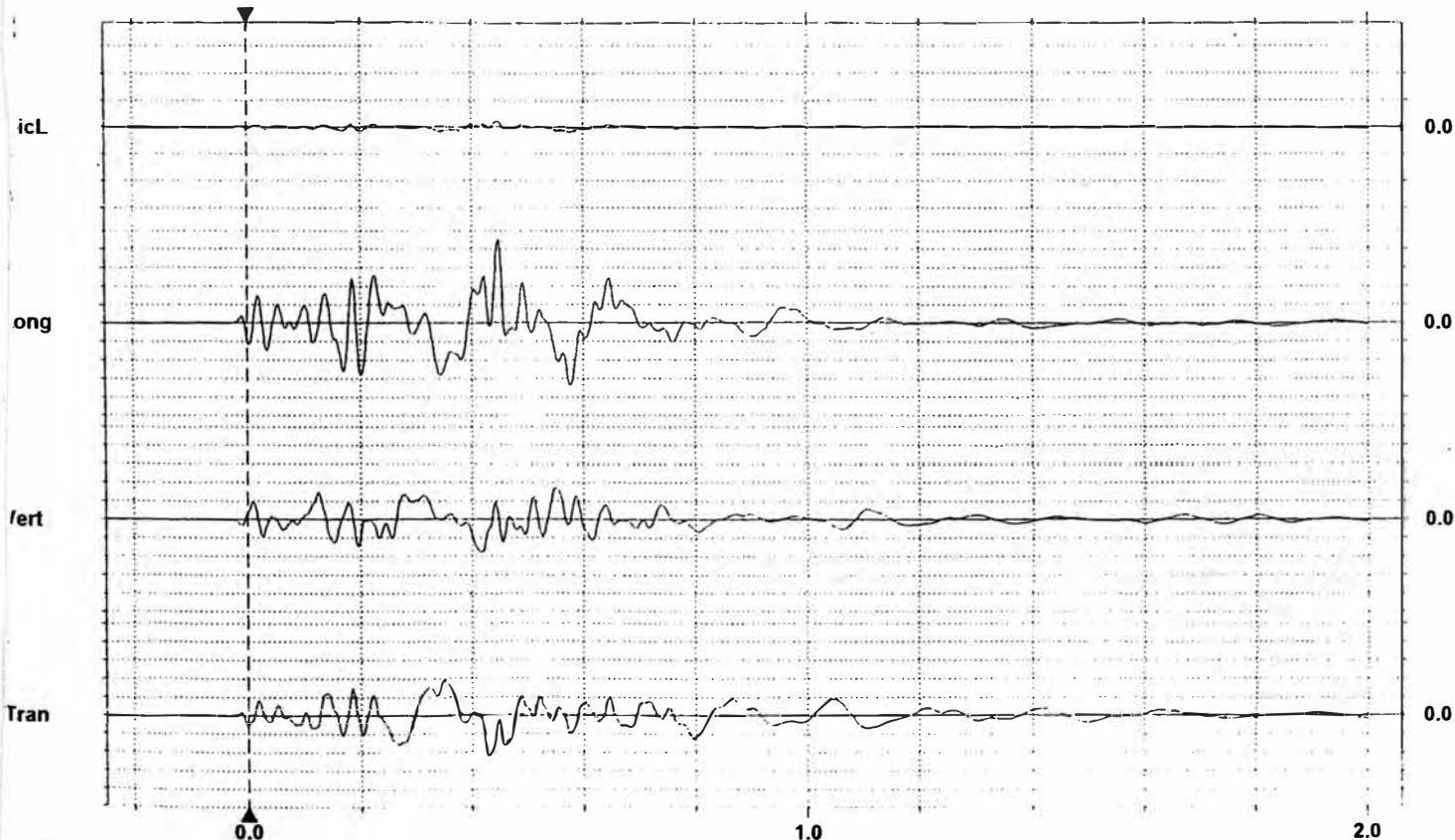
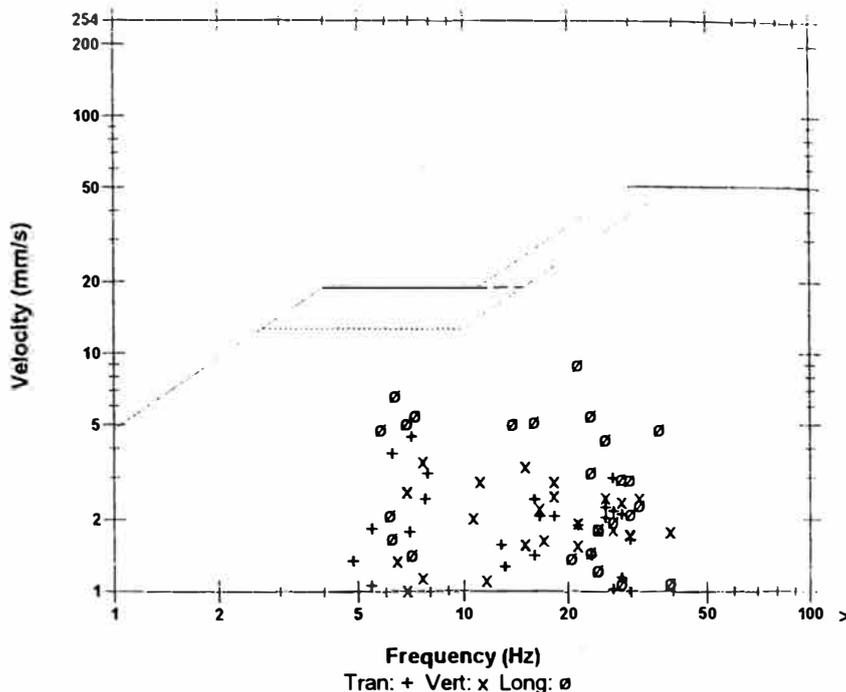
Next Event Notes

Microphone Linear Weighting
AMPL 2.25 pa.(L) at 0.444 sec
2. Freq 26 Hz
Channel Test Check (Freq = 0.0 Hz Amp = 0 mv)

	Tran	Vert	Long	
IV	4.54	3.56	9.06	mm/s
Peak Freq	7.1	7.6	21	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.428	0.417	0.446	sec
Peak Acceleration	0.0563	0.0497	0.131	g
Peak Displacement	0.0966	0.0681	0.119	mm
Sensorcheck™	Passed	Passed	Passed	

Peak Vector Sum 9.09 mm/s at 0.445 sec

USBM R18507 And OSMRE



Time Scale: 0.20 sec/div **Amplitude Scale:** Geo: 2.00 mm/s/div Mic: 10.00 pa.(L)/div
Trigger =