

UNIVERSIDAD NACIONAL “JORGE BASADRE GROHMANN” - TACNA

Facultad de Ingeniería

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

**“EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE VOLADURA CON
ACEITE LUBRICANTE RESIDUAL EN LA MEZCLA DE ANFO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. ELVIS JAIR ESCOBAR SÁNCHEZ

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE MINAS

**TACNA – PERÚ
2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL "JORGE BASADRE GROHMANN"

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

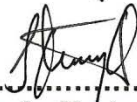
**"EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE VOLADURA CON
ACEITE LUBRICANTE RESIDUAL EN LA MEZCLA DE ANFO"**

Tesis sustentada y aprobada el día 27 de diciembre de 2013, estando integrado el Jurado Calificador por:

PRESIDENTE


Dr. Julio Miguel Fernández Prado

**1er. MIEMBRO
SECRETARIO**


MSc. Salomón Medardo Ortiz Quintanilla

2do. MIEMBRO


Dr. Dante Ulises Morales Cabrera

ASESOR


MSc. Carlos Huisa Ccori

DEDICATORIA

A DIOS padre, por estar siempre presente en mi camino. A mi madre Teresa Sánchez por su eterno apoyo. A mi hija Lenka quien me dio a conocer a mí mismo. A mi padre por la paciencia y ejemplo de cultura.

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la empresa, Orica Mining Services Perú - Unidad ANTAPACCAY, donde laboré y puse en práctica los conocimientos adquiridos durante mi formación académica.

A mi familia: Beatriz, quien tuvo paciencia en comprender mi ausencia durante la realización de mi proyecto; a mis hermanos quienes en su momento me dieron su apoyo.

A mis amigos, quienes a pesar del tiempo están presentes y espero que con la bendición de Dios estemos en estrecha relación siempre.

A los docentes, quienes con su guía pude concretar el presente documento.

A todas las personas que me brindaron su apoyo y por cuestiones de redacción hago corto mi texto hacia ellos, mas no así mi profunda consideración por su apoyo.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	viii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.4. HIPÓTESIS	4
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.6. VARIABLES	5
1.6.1. Variables independientes	5

1.6.2. Variables dependientes	5
1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.8. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS	8
2.2. PROCESO DE DETONACIÓN DEL ANFO	9
2.3. PRINCIPIO DE FRAGMENTACIÓN	10
2.4. VELOCIDAD DE DETONACIÓN	12
2.4.1. Técnicas de medición del VOD en el taladro	15
a) Método del punto de contacto	16
b) Métodos continuos	16
2.4.2. Técnicas de medición del VOD continuos	17
a) Técnica Slifer	17
b) Método Corrtex	19
c) Método de la resistencia del alambre	20
2.4.3. Método de la resistencia del alambre	21

a) Características del equipo de medición	21
b) Equipo y materiales utilizados para las mediciones	21
2.5. MATERIAS PRIMAS	22
2.5.1. Nitrato de Amonio	22
a) Revestimiento anti aglomerante	24
2.5.2. Definición de Petróleo	26
2.5.3. Emulsión	27
2.6. ACEITE LUBRICANTE RESIDUAL	29
2.7. ANFO	33
2.8. BALANCE DE OXÍGENO	34
2.9. ANFO PESADO	36
CAPÍTULO III	
MÉTODOS Y TÉCNICAS	
3.1. INTRODUCCIÓN	38
3.2. BALANCE DE OXÍGENO	38
3.3. PRUEBAS DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	40
3.4. PORCENTAJE DE PETRÓLEO EN ANFO	41
3.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL A.L.R	42

3.6. DENSIDADES DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS	44
3.7. MEDICIÓN DE GASES NITROSOS	46
3.7.1. Escala de gases nitrosos	46
CAPÍTULO IV	
EVALUACION DE VOLADURAS	
4.1. RESULTADOS DE PRUEBAS DE VOD DIESEL COMPARADO CON A.L.R	48
4.2. FRAGMENTACIÓN DE DISPAROS	68
4.3. EMISION DE GASES SEGÚN MEZCLAS	76
4.4. CARGA LINEAL	81
4.5. CONSUMO DE EXPLOSIVO	83
4.6. CÁLCULO DE COSTOS	86
4.7. CÁLCULO DE AHORRO	92
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	94
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	97
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

➤ Tabla N° 2.1: Distribución de tamaño de Prills	24
➤ Tabla N° 2.2: Normas de manejo de aceites usados	32
➤ Tabla N° 3.1: Prueba de porcentaje de absorción.	41
➤ Tabla N° 3.2: Prueba de porcentaje de petróleo.	42
➤ Tabla N° 3.3: Especificaciones técnicas de un A.L.R.	43
➤ Tabla N° 3.4: Densidades de materias primas.	44
➤ Tabla N° 3.5: Densidades de productos.	45
➤ Tabla N° 4.1: Resultados de VOD, de ANFO con diferentes proporciones de A.L.R.	49
➤ Tabla N° 4.2: Valores promedios y eficiencia de VOD.	50
➤ Tabla N° 4.3: Cargas lineales.	82
➤ Tabla N° 4.4: Consumo de explosivos en Antapaccay y ton. Roto	85
➤ Tabla N° 4.5: Consumo y costo por consumo.	88
➤ Tabla N° 4.6: Consumos y costos de D2 y A.L.R.	91
➤ Tabla N° 4.7: Ahorro y ahorro vs inversión.	93

FIGURAS

➤ Figura N° 2.1: Resumen de fragmentación de rocas.	12
➤ Figura N° 2.2: Curva de velocidad de detonación vs diámetro	13
➤ Figura N° 2.3: Prills de nitrato de amonio.	23
➤ Figura N° 2.4: Sacos de Nitrato.	23
➤ Figura N° 2.5: Muestra de Fuel Oil.	26
➤ FiguraN° 2.6: Esquema de emulsión individual	28
➤ FiguraN° 2.7: Esquema y foto de emulsión.	28
➤ Figura N° 2.8: Muestra de aceite reciclado.	31
➤ FiguraN° 2.9: Esquema y foto de ANFO.	33
➤ FiguraN° 2.10: Balance oxígeno para el ANFO.	36
➤ FiguraN° 2.11: Esquema y foto de muestra de Heavy ANFO.	37
➤ Figura N° 3.1: Escala de nivel de gases nitrosos.	47
➤ Figura N° 4.1: Diseño de carga Heavy Anfo 37 con mezcla.	52
➤ Figura N° 4.2: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 37 con mezcla.	53
➤ Figura N° 4.3: Diseño de carga Heavy Anfo 37 con petróleo	54
➤ Figura N° 4.4: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 37	

con petróleo.	55
➤ Figura N° 4.5: Diseño de carga con Heavy Anfo 46 con mezcla.	56
➤ Figura N° 4.6: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 46 con mezcla.	57
➤ Figura N° 4.7: Diseño de carga de Heavy Anfo 46 con petróleo.	58
➤ Figura N° 4.8: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 46 con petróleo.	59
➤ Figura N° 4.9: Diseño de carga de Heavy Anfo 55 con mezcla.	60
➤ Figura N° 4.10: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 55 con mezcla.	61
➤ Figura N° 4.11: Diseño de carga de Heavy Anfo 55 con petróleo.	62
➤ Figura N° 4.12: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 55 con petróleo.	63
➤ Figura N° 4.13: Diseño de carga de Heavy Anfo 64 con mezcla.	64
➤ Figura N° 4.14: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 64 con mezcla.	65
➤ Figura N° 4.15: Diseño de carga de Heavy Anfo 64 con petróleo.	66
➤ Figura N° 4.16: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 64.	67

➤ Figura N° 4.17: Fragmentación en prueba de Heavy Anfo 37 con mezcla.	69
➤ Figura N° 4.18: Curva Granulométrica en prueba de Heavy Anfo 37 con mezcla.	69
➤ Figura N° 4.19: Fragmentación en prueba de Heavy Anfo 46 con mezcla.	71
➤ Figura N° 4.20: Curva Granulométrica en prueba de Heavy Anfo 46 con mezcla.	71
➤ Figura N° 4.21: Fragmentación en prueba de Heavy Anfo 55 con mezcla.	73
➤ Figura N° 4.22: Curva Granulométrica en prueba de Heavy Anfo 55 con mezcla.	73
➤ Figura N° 4.23: Fragmentación en prueba de Heavy Anfo64 con mezcla.	75
➤ Figura N° 4.24: Curva Granulométrica en prueba de Heavy Anfo64 con mezcla.	75
➤ Figura N° 4.25: Fotos de disparo en prueba de Heavy Anfo37 con mezcla.	76
➤ Figura N° 4.26: Fotos de disparo en prueba de Heavy Anfo46	

con mezcla.	78
➤ Figura N° 4.27: Fotos de disparo en prueba de Heavy Anfo55 con mezcla.	79
➤ Figura N° 4.28: Fotos de disparo en prueba de Heavy Anfo64 con mezcla.	80

RESUMEN

En la actualidad se viene implementando el reemplazo del Diesel N° 2 (D2) por Aceite Lubricante residual (A.L.R.) para la fabricación de Heavy Anfo con prácticas que se transmiten de experiencia en experiencia en diferentes minas, pero se omiten varias consideraciones, las cuales no puedan garantizar un aporte económico y, a su vez, no impactar ambientalmente en las diferentes operaciones mineras.

Pero implementar dicha técnica requiere de previos análisis para su implementación y conclusión. El alcance de estos trabajos es a la materia prima, camión fábrica y evaluación según zonas de la mina.

El presente trabajo establece los análisis a seguir a la hora de evaluar económica y ambientalmente el uso del A.L.R. en reemplazo del D2 para la elaboración del Heavy Anfo (HA) para la mina Antapaccay, los cuales pueden ser concluyentes después de evaluar la voladura cargados con A.L.R.

INTRODUCCIÓN

En la elaboración de ANFO se utilizan materias primas como Nitrato y Diesel N° 2 (D2), este último eleva los costos de voladura con proyección a incrementarse año tras año. Asimismo, sustituir el D2 es una buena opción que se aplica en otras minas, incluso en la mina Tintaya, donde la empresa Xstrata implementó esta técnica, pero con problemas de gases nitrosos.

Una realidad diferente se tiene en Antapaccay, dado la proximidad de comunidades y clima social que se vive. Por tal motivo, prudentemente se optó por no implementar dicha técnica por su previo antecedente con respecto a los gases nitrosos.

Mediante la evaluación de los disparos con A.L.R. en el ANFO como parte del HA, se pretende proponer la utilización de la referida técnica, la cual, previos trabajos, serviría como base para esta técnica y mediante la evaluación de los disparos se garantizaría la viabilidad de tal técnica sin afectar el medio ambiente y aportando económicamente.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la mina Antapaccay, actualmente, se utiliza D2 para la fabricación del HEAVY ANFO para la voladura. Los precios actuales y proyectados del D2 generan una necesidad en la reducción de los costos, por lo tanto, es necesario tecnologías que den un beneficio económico.

En la operación de la mina Antapaccay se generan Aceites Lubricantes Residuales (A.L.R.) como en toda operación, los cuales son residuos y pueden ser aprovechados en reemplazo del D2 para la elaboración de ANFO como parte del HEAVY ANFO, pero utilizarlos de una manera no adecuada puede generar un impacto socioambiental.

Por lo cual, se hace necesaria la evaluación de los resultados de voladura utilizando A.L.R. como reemplazo del Diesel N° 2 para garantiza el beneficio económico, sin generar un impacto ambiental.

1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Actualmente se utiliza D2 para la elaboración de Heavy Anfo. La utilización de A.L.R. en el H.A. no siempre es rentable, ésta depende de la cantidad de ANFO que se utilice en una operación, de tal manera que justifique la inversión inicial, razones en considerar con el objetivo de evaluar el aporte económico. En tanto, es de considerar que la mayor variedad de H.A. utilizado en la mina Antapaccay es HA64.

Adicional a esto, la implementación de esta tecnología en las diferentes minas, según experiencias en otras minas, pero no sigue un patrón estable, ha generado muchas veces gases nocivos, los cuales, son monitoreados mas no eliminados, generando un impacto ambiental.

En la mina Antapaccay se tiene comunidades muy próximas, lo cual sumado al problema anterior se coloca frente a un problema socioambiental, por lo que hace necesario la evaluación de los resultados de voladura con A.L.R. para llevar a cabo cualquier tecnología.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es posible utilizar Aceite Lubricante Residual en la mezcla de ANFO como parte del HEAVY ANFO para voladura en la mina Antapaccay, generando beneficios económicos y no generar un impacto ambiental, sin afectar los resultados de la voladura?

1.4. HIPÓTESIS

Sí es posible utilizar, mediante la evaluación de los resultados de voladura, el Aceite Lubricante Residual en la mezcla de ANFO, por lo que se podrá garantizar el beneficio económico y; a su vez, no generar un impacto ambiental sin afectar los resultados de voladura en la mina Antapaccay.

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

La evaluación de los resultados de la voladura para determinar si se puede utilizar A.L.R. en reemplazo del D2 en la fabricación del HEAVY ANFO en la mina Antapaccay.

Dentro de los objetivos específicos tenemos:

- Demostrar el aporte económico.
- Demostrar si utilizar el A.L.R. generará un aporte en el cuidado del medio ambiente y no un impacto.
- Determinar el porcentaje de A.L.R. que no afecte los resultados de voladura.

1.6. VARIABLES

1.6.1. Variables independientes

X: Aceite Lubricante Residual en la mezcla de ANFO voladura en Antapaccay,

Indicadores o subvariables

X₁: % de Absorción.

X₂: % de A.L.R. en la mezcla de ANFO.

1.6.2. Variables dependientes

Y: Evaluación de los resultados de voladura

Indicadores o subvariables

Y₁: Evaluación del grado de pigmentación (Escala)

Y₂: Impacto Económico.

1.7. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

La medición del impacto ambiental y social está basada en la medición de la pigmentación de los gases nitrosos, en base a un nivel que se consensuó en Australia por diferentes entidades. Basado en los colores característicos. Actualmente, es la manera más usada a nivel internacional por dos motivos: Color característico y el impacto de este color en toda persona que puede apreciarlo.

Definir el grado exacto de contaminación en campo y condiciones regulares de un disparo no está al alcance de este proyecto por ser trabajos a campo abierto y tener condiciones de reacción dentro de un taladro, donde sólo se puede estimar la acidez, tipo de roca y variaciones en el carguío. Es así que el Estado peruano no cuenta con un parámetro para medir el grado de contaminación en minería superficial, mas sólo el grado de concentración en minería subterránea (D.S. N° 055).

1.8. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

El tipo de estudio que se realizó es de una estrategia experimental, de Causa - Efecto, donde la causa es la utilización del aceite Lubricante Residual en la mezcla de ANFO como parte del HEAVY ANFO para voladura en Antapaccay, y su efecto fue los resultados que se obtuvieron, después de la aplicación se evidenció que sí es posible utilizar Aceite Lubricante Residual en la mezcla de ANFO como parte del HEAVY ANFO para voladura en Antapaccay, que genere beneficios económicos y, a su vez, no generar un impacto socioambiental, en la mina Antapaccay sin afectar los resultados de la voladura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Los aceites de desechos que se generan en la industria minera corresponden a mezclas de composiciones muy complejas, ya que se utilizan distintos tipos de lubricantes tales como aceites de motor, de tipos hidráulicos, de transmisión, etc. Dichos aceites han sufrido desgastes producto de su combustión. Por lo tanto, el aceite absorbe y producen materiales característicos de un proceso de combustión, su color negro supone una gran cantidad de partículas de carbón. Dentro de composición inicial contienen hidrocarburos, compuestos conteniendo nitrógeno, oxígeno, azufre y trazas de metales. Sus características físicas y químicas son muy amplias dependiendo de la composición del aceite, es común encontrarse con una serie de aditivos incorporados a dichos aceites para brindar al producto propiedades especiales y características propias según su uso, los aditivos comúnmente utilizados son antiespumantes, antioxidantes, anticorrosivos, inhibidores de

formación de gomas, dispersantes, etc.

Debido a lo anterior, para poder recomendar su uso de estos aceites de desecho, es necesario evaluar los efectos de estos aditivos en el material explosivo, especialmente con productos emulsionados, además de verificar las propiedades explosivas, reflejada en la velocidad de detonación.

Para recomendar el uso de estos aceites existen ciertas especificaciones técnicas para su utilización en la fabricación de explosivos, las cuales fueron determinadas de manera tal, que al fabricar el explosivo, éste no sufra degradación o baje su rendimiento como tal.

2.2. PROCESO DE DETONACIÓN DEL ANFO

El proceso de detonación del ANFO y, en general, el de todos los agentes de voladura, debe ser provocado mediante la detonación sucesiva de un “tren” que lo forman un detonador, que se activa por una fuente externa, y un “booster” o multiplicador:

El booster genera una onda de choque que se traduce en una compresión de las partículas de Nitrato de Amonio. La compresión

adiabática del aire incluido en los poros cerrados de los gránulos genera calor. Estos poros actúan como “puntos calientes” (hot spots), por el calor que generan como consecuencia de la compresión violenta. Si este calor es suficiente, se genera la violenta reacción química exotérmica de la mezcla ANFO: NA (AmmoniumNitrate) + FO (Fuel Oil). Esta, a su vez, provoca la expansión de los gases de reacción, amplificando el frente de choque y comprimiendo los siguientes poros, lo que permite la continuidad del proceso a lo largo de la columna de explosivo.

La repetición de este proceso permite la propagación de la detonación en la masa del explosivo (en estricto rigor, del “agente de voladura”. (Escobar, 2011).

2.3. PRINCIPIO DE FRAGMENTACIÓN

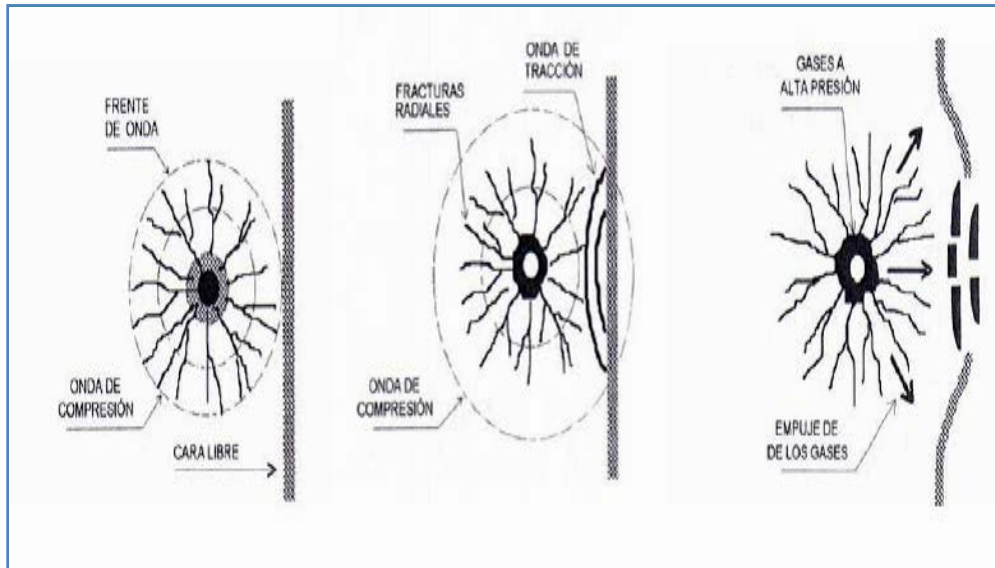
La mayoría de los autores coinciden al menos cualitativamente en algunos conceptos básicos del proceso, y sólo discrepan en la mayor o menor relevancia que le asignan a uno u otro de los mecanismos de ruptura.

En lo esencial, existe consenso en que el impacto de la onda de choque genera diversos tipos de fracturas, entre los cuales se

reconocen los siguientes: trituración en las vecindades de la carga, fracturas entre cruzadas de cizalle, fracturas radiales de tracción en el entorno más alejado, y fracturas de tracción por reflexión de la onda de fatiga en una eventual cara libre cercana a la carga.

Asimismo, se reconoce también la acción de los gases a alta presión almacenados en la cámara de explosión. Estos gases penetran en las fracturas radiales creadas previamente y las expanden, y su fuerza de empuje termina así removiendo todo el volumen de roca comprometido entre la carga explosiva y la cara libre.

Cabe señalar, finalmente, que la mayor o menor presencia de los fenómenos descritos, depende en definitiva de las propiedades de la roca, en lo esencial de su rigidez (Módulo de Poisson) y de las características de sus estructuras pre-existentes. (Ramos, 2009)



*Figura Nº 2.1: Resumen de fragmentación de rocas.
Fuente: Diplomado de Perforación y Voladura INTERCADE.*

2.4. VELOCIDAD DE DETONACIÓN

Se define como la velocidad de propagación estable o constante que alcanza la reacción química en una columna explosiva durante el proceso de detonación. Alcanza valores comprendidos entre los 2 000 y 8 000 m/s.

Se llama Velocidad de Detonación Real o Práctica la que alcanza la reacción química en las condiciones reales de aplicación del explosivo. Depende, por lo tanto, de otros factores tales como: energía de iniciación, diámetro de perforación, granulometría y grado

de confinamiento de la carga explosiva. Se puede medir experimentalmente mediante métodos muy precisos y bastante simples.

Por ejemplo, la mayoría de los explosivos industriales requieren una cantidad mínima de materia reactante inicial relativamente grande (masa crítica) para alcanzar un estado de detonación estable. En términos prácticos, esta cantidad de materia depende del diámetro de la carga explosiva o, lo que es lo mismo, del diámetro de perforación.

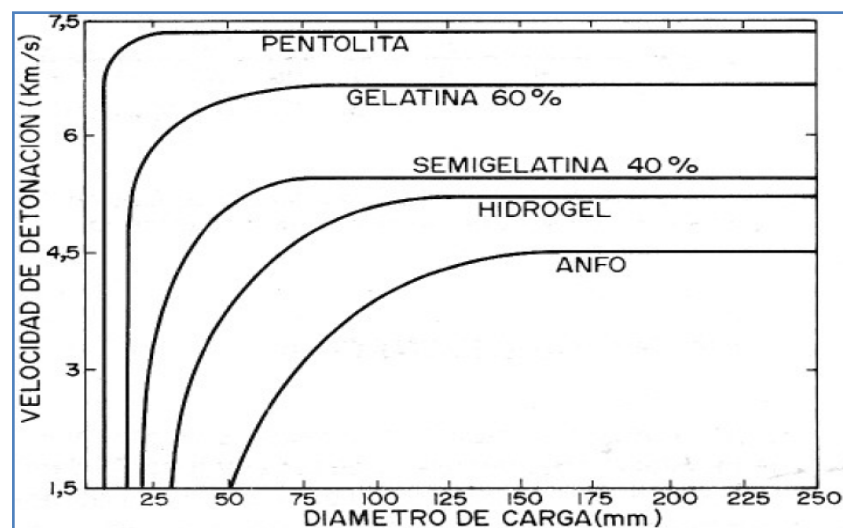


Figura Nº 2.2: Curva de velocidad de detonación vs diámetro
Fuente: Manual de Perforación y Voladura de roca-Instituto Tecnológico Geominero de España

La presión de detonación se considera que es el mejor indicador del potencial de fuerza, esparcimiento o fragmentación de un explosivo en tipos de roca competentes y de alta densidad. Es particularmente importante mantener una alta presión de detonación en la base de los taladros para asegurar una excavación fácil de la pila. Debido a la fuerte dependencia de la presión de detonación en la VOD, este último término se toma como indicador de la fragmentación potencial de un explosivo. La VOD no es la medida de energía de choque de un explosivo ni de su sensibilidad, pero se usa como indicador de la energía de choque, de la estabilidad de la emulsión y de la consistencia de la formulación. Chiappetta (1991) demuestra como las mediciones del VOD en terreno se usan para cuantificar el funcionamiento de un explosivo y como este término se usa para proporcionar estimaciones aceptables de la habilidad del explosivo para crear una red de fracturas en un medio dado.

$$P_d = 250 \rho VDO^2 10^{-6} \quad \text{(Ecuación N° 01)}$$

Dónde:

VOD : Está dado en m/s

ρ : Es la densidad del explosivo en g/cc

P_d : La presión de detonación del explosivo en Mp

El VOD de los explosivos comerciales, depende del diámetro de la carga y el grado de confinamiento, siendo mayores a medida que el diámetro y el confinamiento aumentan.

Como regla general, los explosivos con alta VOD proporcionan mejor fragmentación y esparcimiento en roca dura, masivas o masa rocosa con bloques y hay poco beneficio en usar explosivos con alto VOD en rocas blandas y altamente fracturadas. La justificación para el aumento del VOD para roca de alta resistencia viene del análisis de la transferencia de energía a las paredes del taladro. La transferencia de energía se maximiza cuando la impedancia de los dos medios es igual. La impedancia del explosivo se define como el producto del VOD y la densidad, mientras que la impedancia de la roca es el producto de la velocidad de la onda P y la densidad de la roca (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1992).

2.4.1. Técnicas de medición del VOD en el taladro

Existen dos técnicas principales para medir el VOD en el taladro, aunque se pueden observar muchas variantes en

instrumentación dentro de dos grupos principales:

b) **Método del punto de contacto**

Que mide el tiempo de propagación del frente de choque entre intervalos de distancia conocidos, proporcionando un número relativamente pequeño de lecturas sobre el total del largo del pozo.

c) **Métodos continuos**

Que proporcionan una señal continua que se puede interrogar para determinar el VOD, ya sea sobre el largo total de la columna del explosivo en el taladro o de secciones específicas. En un grado mayor o menor, todos los métodos dependen de la regresión lineal para determinar las velocidades sobre un intervalo y la diferencia principal entre las técnicas es el tamaño mínimo del intervalo sobre el que se pueda hacer una medición exacta. (Exsa S.A.)

2.4.2. Técnicas de medición del VOD continuos

Varios métodos están disponibles para la medición continua del VOD en el taladro; los más conocidos son los métodos: SLIFER, el método CORRTEX y el método de la resistencia del alambre.

a) Técnica slifer

Para la medición del VOD en el taladro es un método de medición continua de VOD, permitiendo la identificación de pequeñas inconsistencias en el comportamiento. Este método es considerablemente más complejo que el método del punto de contacto, y en este caso utiliza el efecto de resonancia de un cable coaxial cortocircuitado para permitir la posición del frente de plasma (que proporciona el cortocircuito del cable) para ser calculado en cualquier instante.

El cable coaxial se baja al taladro en el momento del carguío. La sonda del cable forma parte del circuito oscilador, la frecuencia de la cual varía con el largo del cable. A medida que el cable se consume

progresivamente por el frente de choque detonante, la resonancia del circuito cambia continuamente, y un convertidor de frecuencia a voltaje emite una señal de voltaje que se registra en grabadoras de alta velocidad.

La técnica es capaz de detectar pequeñas anomalías en el VOD en el taladro, y puede proporcionar información valiosa concerniente al efecto del tamaño del iniciador en variaciones de aumento de velocidades, el efecto de un booster adicional y el comportamiento en la interface de dos explosivos en una columna combinada. Cuando se lleva a cabo simultáneamente en taladros múltiples, el método SLIFER es una herramienta poderosa para investigar el funcionamiento de la voladura en detalles minuciosos. Puesto que la técnica SLIFER también depende del plasma en el frente de detonación para efectuar el corte del cable, el éxito de esta técnica depende de la calidad del plasma. Experimentalmente, las características del plasma varían considerablemente dependiendo de la formulación del explosivo, la condición del taladro y su profundidad. El SLIFER tiene la desventaja principal de requerir un análisis muy complejo

para calcular el VOD de la señal registrada, ya que no existe una proporcionalidad simple entre la amplitud de la señal o la gradiente de la señal y el VOD.

b) **Método cortex**

Es el más complejo para medir el VOD, requiriendo una instrumentación muy cara. El método usa reflectometría del dominio de tiempo, para interrogar el tiempo de tránsito en dos direcciones de un pulso eléctrico reflejado al final de un cable coaxial. El método no es disímil al de un radar. A medida que la onda de choque avanza lo largo del cable, este es comprimido o cortocircuitado, causando que el tiempo de tránsito en las dos direcciones se acorte. Aun una compresión del cable, relativamente ligera, es suficiente para producir una reflexión, permitiendo la ubicación del punto de aplicación de la presión a calcularse. El método CORTEX se ha comercializado en la forma de sistema VODR. A pesar de los reclamos de extrema posición, este artefacto hace un muestreo relativamente lento ($10\mu\text{s}$ por punto, tasa de muestreo de 100 khz) y, por lo tanto, efectivamente toma

muestras cada 5 cm reconociendo que se requiere varias muestras antes que se pueda hacer una estimación razonable de velocidad, esta técnica es capaz de proporcionar mediciones de VOD a intervalos aproximados de 0,1 a 0,2 m.

c) **Método de la resistencia del alambre**

Es una relación lineal entre el largo del alambre en el hoyo y la resistencia del alambre. Se aplica una corriente constante a lo largo del alambre de resistencia que se inserta en el taladro a la vez que se carga con explosivo. A medida que el alambre se consume por el frente de detonación que avanza en el taladro al momento de la detonación, la resistencia varía linealmente. La variación de la resistencia se refleja en la caída de voltaje a lo largo del alambre. El método también se basa en la conductividad del plasma, de la misma manera que los métodos SLIFER y del punto de contacto, y está por lo tanto, sujeto a las mismas limitaciones con respecto a la confiabilidad. (Ramos, 2009).

2.4.3. Especificación del método de la resistencia del alambre

a) Características del equipo de medición

El equipo utilizado es el **Micro TrapVod data**, para medición de velocidad de detonación continuos en taladro, el mismo cuenta con un canal con capacidad de medir en uno o varios taladros, ya que trabaja con resistencia entre 50 y 3 000 ohmios. El método continuo permite monitorear la velocidad de detonación en forma continua a lo largo de la columna de explosivo. Ello hará posible evaluar los efectos del iniciador, los efectos de material contaminante dentro del explosivo, la propagación de la detonación, etc. Es decir, el método continuo proporcionará una información más detallada de lo que sucede dentro del taladro.

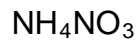
b) Equipo y materiales utilizados para las mediciones

- Monitor Micro Trap.
- Probeta con cable resistivo de 10,5 ohmios/m.
- Multitester.
- Cable coaxial R-58. (Escobar, 2011)

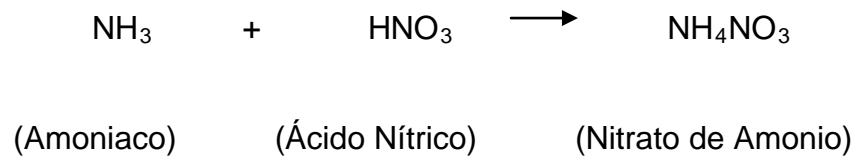
2.5. MATERIAS PRIMAS

2.5.1. Nitrato de Amonio

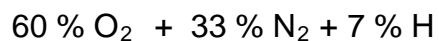
Sal Inorgánica, cuya fórmula es:



Se obtiene por reacción del amoniaco y ácido nítrico.



Su composición por peso es de:



El nitrato de amonio es un ingrediente esencial de casi todos los explosivos comerciales incluyendo la dinamita, las emulsiones y los hidrogeles. Sin embargo, su uso principal se da bajo la forma de pequeñas esferas porosas llamada "prills", mezclada con aceite combustible, conocida como ANFO.

Cuando se habla del prills de nitrato de amonio para voladura, a menudo se emplean otros términos como por

ejemplo nitrato poroso, de grado explosivo, industrial o de baja densidad.

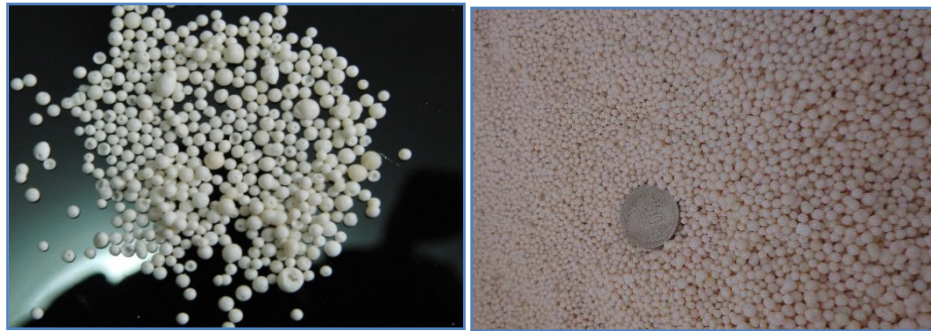


Figura N° 2.3: Prills de nitrato de amonio.

Fuente: Propia.



Figura N° 2.4: Sacos de Nitrato.

Fuente: Propia.

Uno de los principales usos del prills de nitrato de amonio se da en los fertilizantes agrícolas; sin embargo, el prills agrícola difiere de los prills de nitrato de amonio diseñados para su uso como explosivo. Los prills de voladura,

por lo general, son menos densos, consecuentemente más porosos y de distribución de tamaño más uniforme:

Tabla Nº 2.1 Distribución de tamaño de Prills

Porcentaje de Prills (%)	Tamaño (mm)
100 %	< 3
90 %	< 2
1 %	< 1

Fuente: Manual de Tronadura Enaex

Por lo tanto, la mayor cantidad de prills debe estar entre 1 y 2 mm. Los vacíos en el prills de voladura porosa cumple dos funciones:

Permiten al prills absorber y retener el aceite combustible de manera uniforme y cercana.

Mejoran la sensibilidad al actuar como “puntos calientes” de alta temperatura o puntos de iniciación.

a) **Revestimiento anti aglomerante**

Agentes activos líquidos de superficie (agentes de superficie) y caolín o talco fino recubren el prills para dispersar la humedad del ambiente. Esto retarda la

tendencia del prills a acumular humedad en su superficie, minimizando, por tanto, su endurecimiento. En algunos casos, el solo empleo del agente de superficie ha demostrado ser un efectivo revestimiento anti aglomerante. Por otro lado, cantidades excesivas de talco o caolín producirán:

- Disminución de la sensibilidad del ANFO debido a la naturaleza inerte de dichos materiales.
- Interferencia en la distribución del aceite combustible, lo que afectará el desempeño del ANFO.

Cantidades excesivas de ciertos agentes de superficie pueden, asimismo afectar la estabilidad del emulsificante en las emulsiones de voladura. Esto, a su vez, puede afectar el desempeño de las mezclas de ANFO /Emulsión. Usualmente un buen prills de voladura tiene menos de 1,0% de revestimiento antiaglomerante. (Enaex).

2.5.2. Definición de petróleo

El Petróleo, también conocido como: Fuel Oil (FO), Gas Oil o Diesel N° 2, es un líquido derivado de la refinación por destilación del Petróleo Crudo. Este hidrocarburo es de aspecto algo aceitoso, de densidad $0,85 \text{ g/cm}^3$ de fórmula química de CH_2 . Su principal aplicación es como combustible de los motores diesel gracias a su propiedad de inflamarse cuando se le somete a elevadas presiones y temperaturas. Este es parte importante en la elaboración del ANFO.



Figura N° 2.5: Muestra de Fuel Oil.

Fuente: Propia.

2.5.3. Emulsión

La emulsión tiene la siguiente composición por peso:

75 % NH_4NO_3 + 8 % CH_2 + 18 % H_2O + 1 % *Emulsificante*

Este último (Emulsificante) depende del tiempo de almacenaje y lugar de destino.

Es una mezcla estable de, al menos, dos líquidos inmiscibles entre sí, (dos fases líquidas que no se mezclan) en que cada uno de éstos forma una fase independiente. Una fase es discontinua y la otra continúa. Existen básicamente dos tipos: agua en aceite y la situación inversa aceite en agua. Una fase se dispersa en forma de pequeñas gotas o celdas dentro de otra que forma la matriz o fase continua. Para lograr su estabilización se agrega agentes tensoactivos (emulsificantes).

- Fase acuosa o discontinua: la fase acuosa está compuesta por sales inorgánicas oxidantes (nitrato de Amonio) que son disueltas en agua.
- Fase aceitoso o continua: Hidrocarburos: petróleo, parafina u otro aceite.

Las Emulsiones Explosivas son del tipo “agua en aceite”, en que la fase discontinua es una solución de nitratos (“fase oxidante”) y la fase continua es una mezcla de aceites y/o ceras (“fase combustible”). Para que esta solución se junte y tenga una permanencia por un periodo de tiempo limitado se usan emulsificantes.

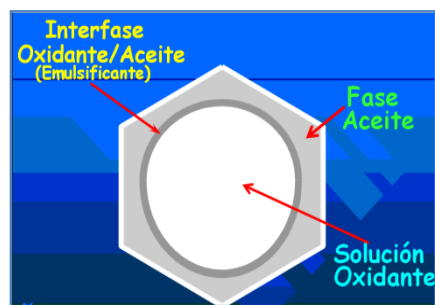


Figura Nº 2.6: Esquema de emulsión individual.

Fuente: Presentación Carlos Orlandini 1998.

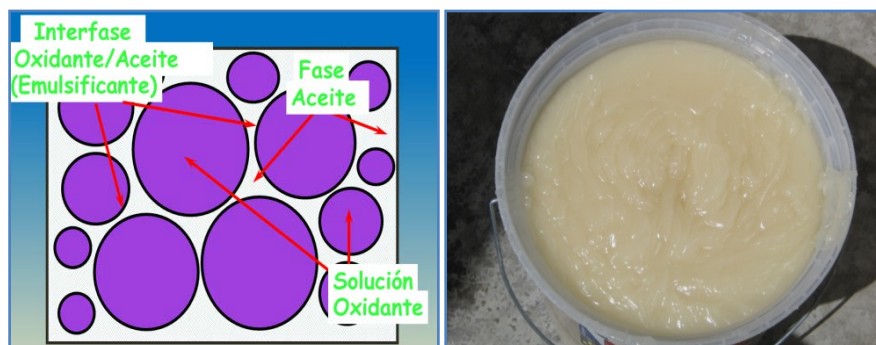


Figura Nº 2.7: Esquema y foto de emulsión.

Fuente: Fuente propia

Las emulsiones se usan por dos razones, la primera es resistente al agua; la segunda, eleva la velocidad de detonación del explosivo (VOD).

2.6. ACEITE LUBRICANTE RESIDUAL

Es conocido como Aceite Quemado o Aceite Usado. Según las Normas Técnicas Peruanas (NTP) en Gestión Ambiental es: Todo Aceite con base mineral o sintética que debido a su uso se encuentra contaminado con impurezas físicas o químicas y no puede ser utilizado para el fin con el que fue producido.

La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA), define al A.L.R. como cualquier aceite que haya sido refinado del petróleo crudo o cualquier aceite sintético y haya sido usado y como resultado esté contaminado con impurezas físicas y químicas.

En tanto, se resume como A.L.R. a cualquier aceite proveniente de petróleo crudo o sintético que haya sido utilizado.

Durante el uso normal del aceite, pueden mezclarse con éste impurezas tales como tierra, partículas de metal, agua y productos

químicos que afecten a la larga, el rendimiento de dicho aceite. Tarde o temprano éste debe ser reemplazado con aceite virgen o vuelto a refinar para que pueda continuar realizando su función.

Las normas sobre manejo de aceite de la EPA incluyen un análisis tripartito con el objetivo de determinar si la sustancia cumple los requisitos para ser considerada como aceite lubricante residual. Para satisfacer la definición de A.L.R. de la EPA, la sustancia debe cumplir los tres criterios siguientes:

- Origen: El primer criterio que define un aceite lubricante residual es su origen. El A.L.R. debe haber sido refinado a partir de petróleo crudo o haber sido fabricado con materiales sintéticos. Los aceites de origen Vegetal o animal están excluidos de la definición de aceites usado de la EPA.
- Uso: El segundo criterio es si el aceite ha sido usado y cómo fue usado. Los aceites utilizados como lubricantes, líquidos hidráulicos, fluidos para la transferencia de calor, medios de flotación y en otros propósitos similares se consideran como aceites usados. El aceite que no ha sido usado, como por ejemplo los depósitos en el fondo de tanques de almacenamientos de combustible virgen o el combustible virgen recuperado en un derrame, no satisfacen la definición de aceite usado de la EPA porque estos nunca han sido utilizados. La definición

también excluye productos como agente limpiadores y los que han sido utilizados sólo por sus propiedades disolventes, así como ciertos derivados del petróleo tales como anticongelantes y Queroseno.

- **Contaminante:** Es el tercer criterio, está basado en si el aceite está o no contaminado con impurezas físicas o químicas. En otras palabras, para satisfacer la definición de la EPA, el aceite lubricante residual debe ser contaminado como resultado de su uso. Este aspecto de la definición de la EPA incluye residuos y contaminantes generados por el manejo, almacenamiento y procesamiento del aceite lubricante residual. Los contaminantes físicos incluyen partículas de metal, aserrín o suciedad. Los contaminantes químicos incluyen solventes, halógenos o agua salada.



*Figura N° 2.8: Muestra de aceite reciclado.
Fuente: Propia.*

En tanto, el subcomité de gestión de residuos perteneciente al Comité Técnico de Normalización de Gestión Ambiental, que ha elaborado las NTP en Gestión Ambiental concernientes a los Aceites Usados, las cuales fueron revisadas y aprobadas por la Comisión de Reglamentos Técnicos Comerciales (CRT) de INDECOPI, cuyo resumen de NTP se muestra en la tabla N° 2.2:

Tabla N° 2.2: Normas de manejo de aceites usados.

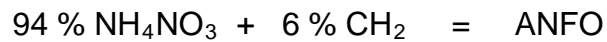
NTP	Nombre / Descripción	Año de aprobación
900.050	Manejo de aceites usados. Generalidades	2001
900.051	Manejo de aceites usados. Recolección y Almacenamiento	2001
900.52	Manejo de aceites usados. Transporte	2002
900.53	Manejo de aceites usados. Re-refinación	2003
900.54	Manejo de aceites usados. Aprovechamiento energético previo tratamiento	2003

Fuente: Catálogo de Normas Técnicas-INDECOPI

2.7. ANFO

El término ANFO (AmmoniumNitrate and Fuel Oil) es una mezcla de Nitrato de Amonio y Petróleo. Mezcla de Nitrato y D2 debido a su relativa baja viscosidad y la facilidad de mezclado con los gránulos de NA. Es posible utilizar otro tipo de sustancias carbonáceas. (Konya, 1995).

Una mezcla de ANFO balanceada en oxígeno es la fuente de energía más barata que se puede obtener hoy en día, cuya composición en peso es:



Y su proceso de detonación es:



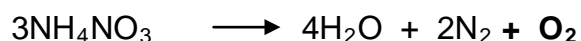
Figura Nº 2.9: Esquema y foto de ANFO.

Fuente: Propia

2.8. BALANCE DE OXÍGENO

Este depende de su signo (+ ó -), el “balance de Oxígeno” identifica si un ingrediente o compuesto es capaz de aportar o bien de consumir oxígeno en una reacción química. En particular, para un compuesto dado después de establecer la ecuación de equilibrio que rige su descomposición, el cálculo del “Balance de Oxígeno” se realiza haciendo del compuesto, el cual se multiplicará a su vez por el cociente de los respectivos pesos moleculares. Su signo (+ ó -), dependerá si en su descomposición aporta (+) o consume oxígeno.

- Nitrato de Amonio

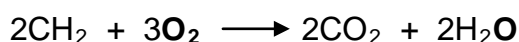


(Oxidante, aporta oxígeno)

$$\text{B.O.} = +(\# \text{ Moles de O}_2 / \# \text{ Moles de NH}_4\text{NO}_3) \times (\text{P.M. O}_2 / \text{P.M. NH}_4\text{NO}_3)$$

$$\text{B.O.} = +(1/2) \times (32/80,052) = +0,20$$

- Diesel N° 2

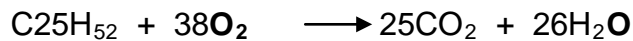


(Reductor, consume oxígeno)

$$\text{B.O.} = +(\# \text{ Moles de O}_2 / \# \text{ Moles de CH}_2) \times (\text{P.M. O}_2 / \text{P.M. CH}_2)$$

$$\text{B.O.} = +(3/2) \times (32/14,026) = -3,422$$

➤ Aceite Lubricante Residual



(Reductor, consume oxígeno)

$$\text{B.O.} = +(\# \text{ Moles de O}_2 / \# \text{ Moles de C}_{25}\text{H}_{52}) \times (\text{P.M. O}_2 / \text{P.M. C}_{25}\text{H}_{52})$$

$$\text{B.O.} = +(38/1) \times (32/352,666) = -3,448$$

Dependiendo de la magnitud de su valor y signo, entonces, la cantidad y el tipo de gases que se generará como producto de su combustión. Así, si su valor fuera negativo (-) se generará monóxido de carbono (CO) y, si es positivo se generarán gases nitrosos (NO_x).

Es decir, el CO se presenta por la combustión incompleta del carbono, desde compuestos que los contengan. Este proceso tiene lugar cuando el oxígeno disponible es inferior a la cantidad necesaria para una combustión completa, de la que se desprende CO₂.

Por otro lado, una de las formas en que se produce NO_x es por el exceso de oxígeno durante la detonación de productos nitrados,

es decir, cuando el oxígeno disponible es superior a la cantidad necesaria para la combustión/detonación completa, de la que se desprendería NO_x , podemos ver esto gráficamente en la Figura N° 2.10.

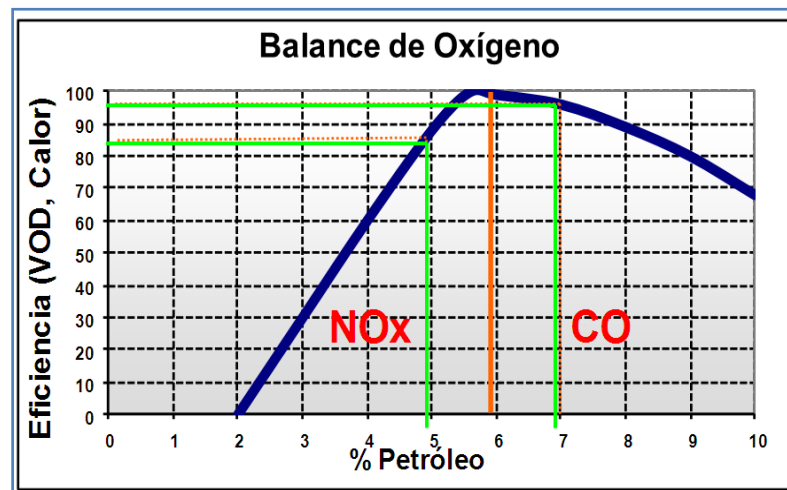


Figura N° 2.10: Balance oxígeno para el ANFO.

Fuente: OricaMiningServices Perú.

2.9. ANFO PESADO

Conocido como HEAVY ANFO, es una mezcla de emulsión base con ANFO. El ANFO presenta huecos intersticiales que pueden ser ocupados por un explosivo líquido como la emulsión que actúa como una matriz energética. Ver fig. N° 2.11:

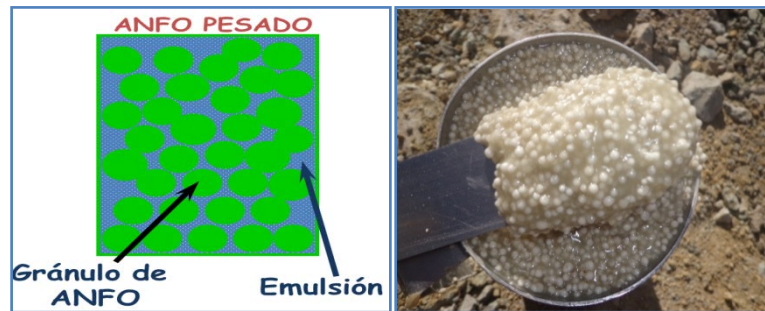


Figura Nº 2.11: Esquema y foto de muestra de Heavy ANFO

Fuente: Propia.

Aunque las propiedades del H.A. dependen de los porcentajes de la mezcla (ANFO y Emulsión), las principales ventajas son:

- Gran resistencia al agua.
- Mayor VOD.
- Posibilidad de efectuar cargas distintas de HA a lo largo del taladro. (Instituto Geominero de España, 1992).

CAPÍTULO III

MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.1. INTRODUCCIÓN

Previo a la evaluación de la voladura con Aceites Lubricantes Residuales (A.L.R.) generados en la mina Antapaccay, se requiere de trabajos previos, que avalen el agente de voladura en su calidad aún sometido a un cambio del D2.

Las pruebas efectuadas abarcan desde cálculos teóricos, control de calidad hasta la calibración de los camiones fábrica.

3.2. BALANCE DE OXÍGENO

Como cálculos teóricos se realiza el balance de Oxígeno considerando un 6 % de HIDROCARBURO de la mezcla del ANFO. De este porcentaje se hicieron las variaciones entre D2 y ALR en proporciones de:

- ANFO FABRICADO CON 100 % DIESEL N° 2 ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CH}_2$)

$$\text{BO} = 94 \% (+0,2) + 6 \% (-3,42) = -1,72$$

- ANFO FABRICADO CON 60 % DIESEL N° 2 Y 40 % ALR
($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CH}_2 + \text{C}_{25}\text{H}_{52}$)

$$\text{BO} = 94 \% (+0,2) + 3,6 \% (-3,42) + 2,4 \% (-3,45) = -1,79$$

- ANFO FABRICADO CON 50 % DIESEL N° 2 Y 50 % ALR
($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CH}_2 + \text{C}_{25}\text{H}_{52}$)

$$\text{BO} = 94 \% (+0,2) + 3 \% (-3,42) + 3 \% (-3,45) = -1,81$$

- ANFO FABRICADO CON 40 % DIESEL N° 2 Y 60 % ALR
($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CH}_2 + \text{C}_{25}\text{H}_{52}$)

$$\text{BO} = 94 \% (+0,2) + 2,4 \% (-3,42) + 3,6 \% (-3,45) = -1,83$$

- ANFO FABRICADO CON 100 % ALR ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{C}_{25}\text{H}_{52}$)

$$\text{BO} = 94 \% (+0,2) + 6 \% (-3,45) = -1,9$$

Se observa que teóricamente el A.L.R. se comporta de una manera similar al D2, con una ligera variación del balance de oxígeno a negativo conforme se aumenta el porcentaje de A.L.R. adicional a

esto es necesario garantizar la calidad de los reactantes y su adecuada participación.

Las pruebas realizadas con 50/50 D2/A.L.R. no dieron buenos resultados los cuales se podrán ver en el ANEXO I.

A pesar del balance de Oxígeno y la calidad de los reactantes es necesario considerar las condiciones de reacción, estas vendría a ser las que se dan dentro del taladro, por lo cual los resultados no son necesariamente los calculados llegando a la evaluación de los resultados de las voladuras.

Es así que con una mezcla de 40/60 D2/A.L.R. los resultados fueron favorables. Considerando esta base para todas las evaluaciones realizadas, como propuesta para la mina Antapaccay.

3.3. PRUEBAS DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)

Cada fabricante de nitrato grado ANFO considera un porcentaje de absorción para su producto. Para lo cual se realizó diferentes pruebas de absorción para el nitrato ACRON, cuyo procedimiento se detalla en el ANEXO II y los resultados son los siguientes:

Tabla N° 3.1: Prueba de Porcentaje de Absorción.

PRUEBAS DE PORCENTAJE (%) DE ABSORCIÓN						
Pesada	100% Diesel N° 2			60 % Diesel N° 2 + 40 % ALR		
P ₀	106,73	106,71	106,72	106,73	106,73	106,72
P ₁	156,75	156,72	156,74	156,74	156,73	156,72
P ₂	162,19	162,4	162,3	162,25	162,51	162,61
P ₃	106,87	107,06	106,8	107,02	107,16	107,2
% Abs.	10,60	10,66	10,96	10,44	10,70	10,82
Promedio % Absorción			10,74			10,65

Fuente: Propia

Si se observa el ANEXO III y el valor promedio de porcentaje de Absorción las pruebas del porcentaje de absorción que se realizó a la mezcla de D2 y A.L.R., garantizan la adecuada absorción de la Mezcla (D2 y A.L.R.) por encontrarse dentro del rango.

3.4. PORCENTAJE DE PETRÓLEO EN ANFO

Con el objeto de garantizar la adecuada inyección de D2 y A.L.R. se realizaron las pruebas cuya tabla resumen se muestra en la siguiente tabla y procedimiento en el ANEXO IV.

Tabla N° 3.2: Prueba de porcentaje de petróleo.

CAMIÓN	PESO ANFO (g)	Volumen de Petróleo (cm ³)	Densidad del Petróleo (g/cm ³)	Petróleo en ANFO (%)
Q-15	41	3	0,85	6,22
Q-22	41	2,9	0,85	6,01
Q-12	43	3,1	0,85	6,13

Fuente: Propia

Las pruebas realizadas demuestran la adecuada dosificación de Petróleo al ANFO, en los Camiones Fábrica, realizadas en el mes de enero 2013.

3.5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL A.L.R.

Para que el aceite reciclado trabaje en una manera adecuada debe cumplir las características técnicas, especificadas en el ANEXO V, tabla que fue establecida por ENAEX (Chile), quien con las experiencias ganadas con los años en esta tecnología, creó la tabla denominada Especificaciones Técnicas que debe presentar un A.L.R.

En tanto, según la superintendencia de mina Antapaccay, el A.L.R. de Antapaccay cumple con las especificaciones técnicas sugeridas por ENAEX, cuya hoja técnica de análisis muestra los siguientes resultados:

Tabla N°3.3: Especificaciones Técnicas de un A.L.R.

DESCRIPCIÓN	PROMEDIO
Contenido de Agua	0,35 %
Densidad	0,888 g/cm ³
Viscosidad	200,8 cp
Sólidos en suspensión	0,003 %
Arenillas	0,0 %
Metales	1 000 ppm Máx.
Surfactantes	0 %

Fuente: mina Antapaccay

Los resultados del análisis de los A.L.R. demuestran la viabilidad para su utilización en las pruebas propuestas más adelante.

3.6. DENSIDADES DE MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS

Se calcularon las densidades de las materias primas así como los productos con 100 % de D2 y Mezcla (60 % D2 y 40 % A.L.R.).

Se determinaron las densidades para las materias primas que se muestran en la siguiente tabla N° 3.4.

Tabla N° 3.4: Densidades de Materias Primas.

MATERIA PRIMA	DENSIDAD (g/cm ³)
Diesel 2	0,845
A.L.R.	0,888
Emulsión	1,328
Nitrato	0,77

Fuente: Reporte de densidades de la mina Antapaccay.

El A.L.R. tiene mayor densidad en comparación con el D2 cuya variación en las mezclas se observará en la siguiente tabla:

Tabla N° 3.5: Densidades de productos.

PRODUCTO	DENSIDADES (g/cm ³)	
	100 % D2	60 % D2 + 40 % A.L.R.
ANFO	0,801	0,812
H.A. 30 / 70	1,109	1,120
H.A. 40 / 60	1,210	1,230
H.A. 50 / 50	1,290	1,305
H.A. 60 / 40	1,302	1,311

Fuente: Reporte de densidades de la mina Antapaccay.

Las densidades calculadas en laboratorio son similares entre los productos que utilizan el 100 % de D2 y Mezcla. Pero se observa un ligero aumento en las densidades de productos con mezcla.

Estas densidades sirven de base para el muestreo en campo de los camiones fábrica, cuyas dosificaciones en las mezcla debe tener valores similares a las tablas establecidas en laboratorio.

3.7. MEDICIÓN DE GASES NITROSOS

Para la determinación de la presencia de gases nitrosos se filmaron los disparos a diferentes distancias. A resoluciones estándares (720 x 480 pixeles). Todas las filmaciones estuvieron a distancias menores a los 500 m.

3.7.1. Escala de gases nitrosos

Se adoptó la escala para la determinación según el grado de color de los gases nitrosos propuesto por el Grupo Australiano de Industria y Seguridad en Explosivos.

Esta escala muestra 5 niveles de intensidad de gases nitroso. Dentro de estos niveles los subdivide en 3 tipos según la cantidad de taladros que emiten gases siendo:

A = Para pocos taladros menos al 50% del total del taladros.

B = Para más del 50% del total de taladros.

C = Para todos los taladros.







Level	Typical Appearance
Level 0 No NOx gas	
Level 1 Slight NOx gas 1A Localised	
1B Medium	
1C Extensive	
Level 2 Minor yellow/orange gas 2A Localised	
2B Medium	
2C Extensive	
Level 3 Orange gas 3A Localised	
3B Medium	
3C Extensive	
Level 4 Orange/red gas 4A Localised	
4B Medium	
4C Extensive	
Level 5 Red/purple gas 5A Localised	
5B Medium	
5C Extensive	

Figura N° 3.1: Escala de nivel de gases nitrosos
Fuente: Grupo Australiano de Industria y Seguridad en Explosivos.

CAPÍTULO IV

EVALUACIÓN DE VOLADURAS

4.1. RESULTADOS DE PRUEBAS DE VOD DIESEL COMPARADO CON A.L.R.

Se realizaron pruebas en taladros puntuales con el objeto de evaluar el ANFO con A.L.R. en diferentes proporciones. Teniendo como resultado los siguientes datos:

Tabla N° 4.1: Resultados de VOD, de ANFO con diferentes proporciones de A.L.R.

Número de Prueba	FECHA	MINA	BANCO	EXPLOSIVO EN PRUEBA	% D2	% ALR	VOD (m/s)	DENSIDAD (g/cm ³)
1	01-nov	Antapacay	4 030	ANFO	100	0	4 241,9	0,792
2	05-nov	Antapaccay	3 865	ANFO	100	0	4 377,5	0,788
3	06-nov	Antapaccay	3 865	ANFO	60	40	4 378,8	0,781
4	06-nov	Antapaccay	3 865	ANFO	60	40	4 123,5	0,785
5	07-nov	Antapaccay	3 865	ANFO	60	41	4 159,3	0,779
6	21-nov	Antapaccay	3 835	ANFO	50	50	4 029,4	0,782
7	22-nov	Antapaccay	3 835	ANFO	50	50	3 941,2	0,781
8	25-nov	Antapaccay	3 850	ANFO	40	60	3 810,6	0,777
9	29-nov	Antapaccay	3 985	ANFO	40	60	3 790,1	0,780

Fuente: Reportes de VOD de Antapaccay

En tanto, evaluando los resultados de las pruebas de VOD se tiene:

Tabla N° 4.2: Valores promedios y eficiencia de VOD.

ANFO	PROMEDIO VOD (m/s)	EFICIENCIA (%)	VARIACIÓN DEFICIENCIA (%)
100% FO	4 309,7	100,00	0,00
60 % FO + 40 % A.L.R.	4 220,53	97,93	-2,07
50 % FO + 50 % A.L.R.	3 985,3	92,47	-7,53
40 % FO + 60 % A.L.R.	3 800,35	88,18	-11,82

Fuente: Reportes de VOD de Antapaccay.

Los resultados muestran una ligera variación en el VOD del ANFO con mezcla de 60 % FO y 40 % A.L.R con una variación por debajo del valor promedio en relación al ANFO con 100 % FO, de -2,07 % en la eficiencia. En el mismo sentido, con respecto al VOD patrón la mezcla 50 % FO y 50 % A.L.R. tuvo una variación de -7,53 %. En tanto, para la mezcla 40 % FO y 60 % A.L.R. la variación en la

eficiencia fue de -11,82 %.

Estos resultados muestran que a medida que se aumenta el % de A.L.R. la eficiencia del VOD disminuye con respecto al VOD de ANFO con D2. Por lo tanto, se observa una eficiencia similar en entre el ANFO fabricado con 60 % y 100 % de D2.

Según la variación de la eficiencia en el ANFO fabricado con 50 % de D2, en -7,53 %, indicaría una menor presión de taladro. Adicional a esto se muestran en el Anexo IV fotografías de los disparos durante el disparo lo cual, sería un factor adicional a la hora de evaluar el % de reemplazo del D2, acompañado de experiencias en otras minas como Cuajone y Toquepala donde se utiliza el 60 % de petróleo.

Los resultados de las pruebas de terreno efectuadas cargando directamente al camión el 40 % de aceite usado y 60 % D2, no presentaron problemas en la operación de carguío. Los resultados de velocidad registrados se compararon con taladros cargados con petróleo y fueron los siguientes:

PRUEBA N° 1 DE VOD DE HEAVY ANFO 37 CON MEZCLA

Realizado	:	Jair Escobar S.
Fecha	:	02-Feb
Tajo	:	Antapaccay
Banco	:	3 790
Proyecto	:	54
ID del taladro	:	1 152
Nitrato de Amonio	:	ACRON
Emulsión Matriz	:	Fortis-Orica
Combustible	:	Mezcla
Diámetro de taladro	:	12,25"
Explosivo	:	HA 37
Densidad	:	1g/cm ³
Espaciamiento	:	9 m
Burden	:	8 m
Corte	:	15,6 m
Profundidad	:	16,7 m
Long. de carga	:	8,4 m
Long. de taco	:	8,3 m
Carga	:	650 Kg
Línea descendente	:	700 ms
Iniciador	:	Booster 1 lb.
VOD	:	4 780,6 m/s
Presión de detonación	:	5 713,53

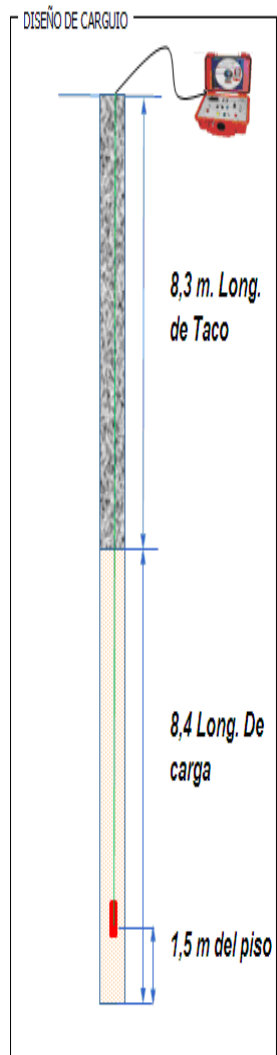


Figura N° 4.1: Diseño de carga Heavy Anfo 37 con mezcla.

Fuente: Propia.

Este registro muestra un buen régimen de detonación para el HA 37 con A.L.R., valor dentro de los márgenes promedios. El registro del Microtrap, se puede observar la siguiente imagen:

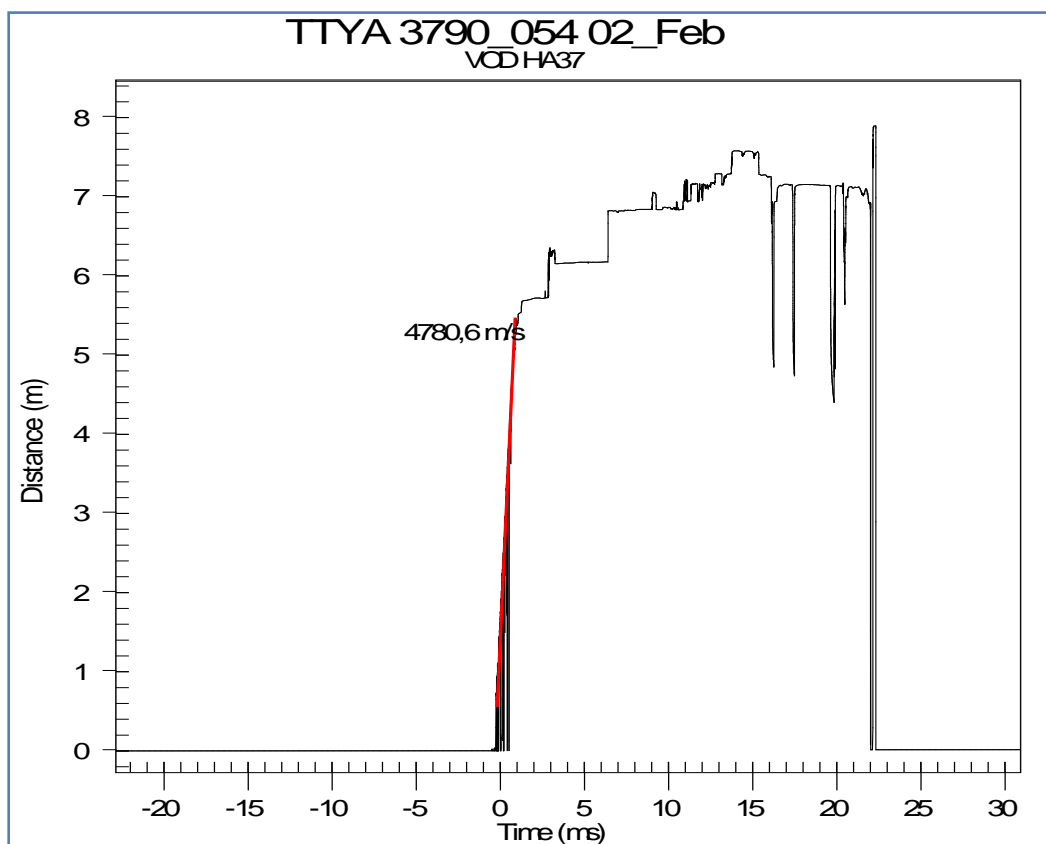


Figura N° 4.2: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 37 con mezcla

Fuente: Reporte VOD Antapaccay

PRUEBA N° 2 DE VOD DE HEAVY ANFO 37 CON PETRÓLEO

Realizado	:	Jair Escobar S.
Fecha	:	02-Feb
Tajo	:	Antapaccay
Banco	:	3 790
Proyecto	:	54
ID del taladro	:	414
Nitrato de Amonio	:	ACRON
Emulsión Matriz	:	Fortis-Orica
Combustible	:	Petróleo
Diámetro de taladro	:	12,25"
Explosivo	:	HA 37
Densidad	:	1,01 g/cm ³
Espaciamiento	:	9 m
Burden	:	7 m
Corte	:	15,06 m
Profundidad	:	17 m
Long. de carga	:	8,1 m
Long. de taco	:	8,9 m
Carga	:	630 Kg
Línea descendente	:	700 ms
Iniciador	:	Booster 1 lb.
VOD	:	5 156 m/s
Presión de detonación	:	6 712,54

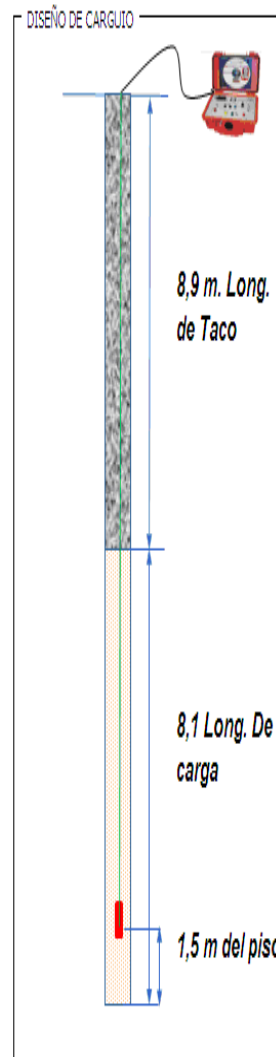


Figura N° 4.3: Diseño de carga Heavy Anfo 37 con petróleo.

Fuente: Propia.

Este registro muestra un buen régimen de detonación para el HA 37 con D2., se observa un VOD superior al de la anterior prueba. El registro del Microtrap se puede observar en la siguiente imagen:

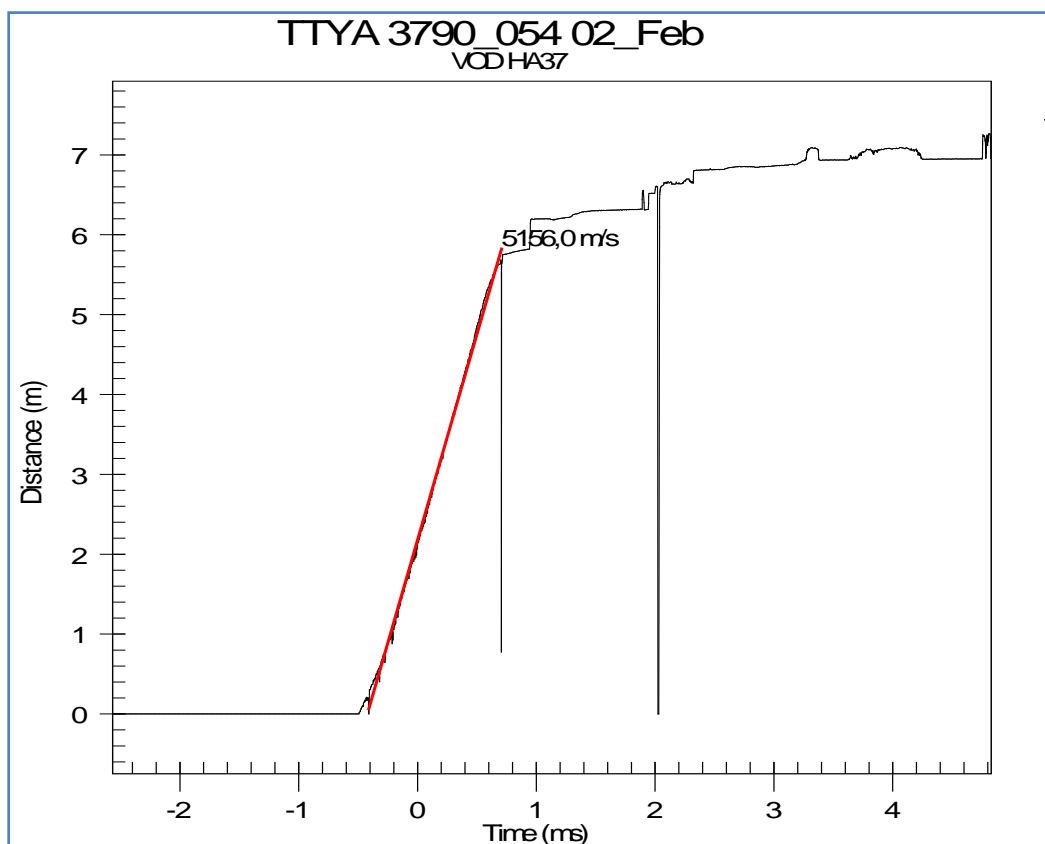


Figura N° 4.4: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 37 con petróleo
Fuente: Reporte de VOD Antapaccay

PRUEBA N° 3 DE VOD DE HEAVY ANFO 46 CON MEZCLA

Realizado	:	Jair Escobar S.
Fecha	:	09-Ene
Tajo	:	Antapaccay
Banco	:	3 955
Proyecto	:	269
ID del taladro	:	1 506
Nitrato de Amonio	:	ACRON
Emulsion Matriz	:	Fortis-Orica
Combustible	:	Mezcla
Diametro de taladro	:	12,25"
Explosivo	:	HA 46
Densidad	:	1,18 g/cm ³
Espaciamiento	:	9 m
Burden	:	7 m
Corte	:	15,15 m
Profundidad	:	16 m
Long. de carga	:	7,3 m
Long. de taco	:	8,7 m
Carga	:	650 Kg
Linea descendente	:	800 ms
Iniciador	:	Booster 1 lb.
VOD	:	5 211,4 m/s
Presión de detonación	:	6 857,57

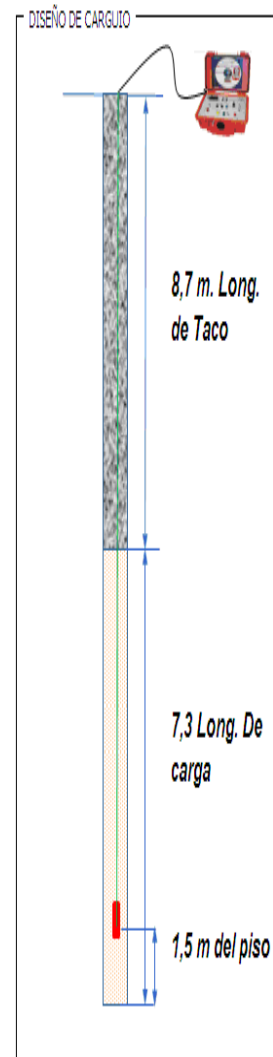


Figura N° 4.5: Diseño de carga con Heavy Anfo 46 con mezcla.

Fuente: Propia.

Este registro muestra un buen régimen de detonación para el HA 46 con A.L.R., valor dentro de los márgenes promedios. El registro del Microtrap se puede observar en la siguiente imagen:

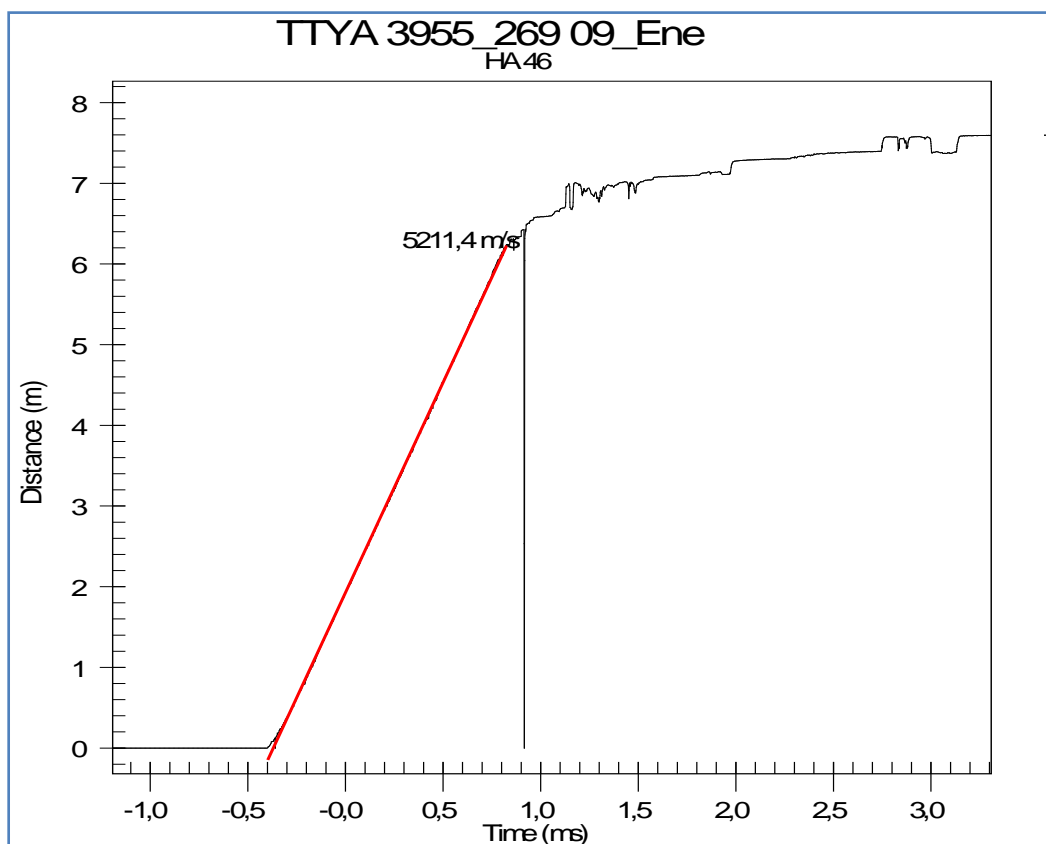


Figura N° 4.6: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 46 con mezcla
Fuente: Reporte de VOD -Antapaccay

PRUEBA N°4 DE VOD DE HEAVY ANFO 46 CON PETROLEO

Realizado	:	Jair Escobar S.
Fecha	:	09-Ene
Tajo	:	Antapaccay
Banco	:	3 955
Proyecto	:	269
ID del taladro	:	1 600
Nitrato de Amonio	:	ACRON
Emulsion Matriz	:	Fortis-Orica
Combustible	:	Petróleo
Diametro de taladro	:	12,25"
Explosivo	:	HA 46
Densidad	:	1,19 g/cm ³
Espaciamiento	:	10 m
Burden	:	8 m
Corte	:	14,52 m
Profundidad	:	15,8 m
Long. de carga	:	6,9 m
Long. de taco	:	8,9 m
Carga	:	620 Kg
Linea descendente	:	500 ms
Iniciador	:	Booster 1 lb.
VOD	:	5 447,3 m/s
Presión de detonación	:	8 827,74

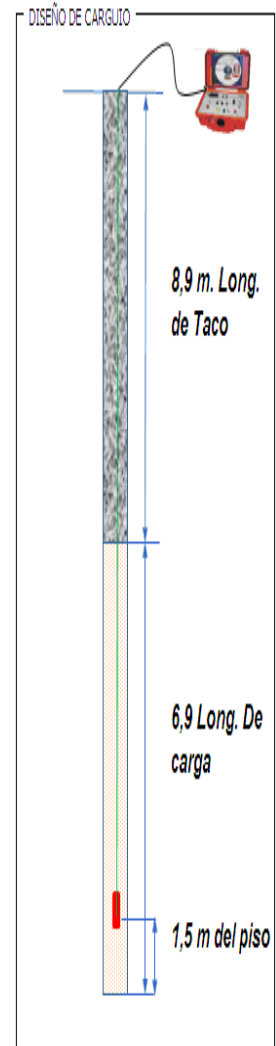


Figura N° 4.7: Diseño de carga de Heavy Anfo 46 con petróleo.

Fuente: Propia.

Este registro muestra un buen régimen de detonación para el HA 46 con D2, se observa un VOD superior al de la anterior prueba. El registro del Microtrap se puede apreciar en la siguiente imagen:

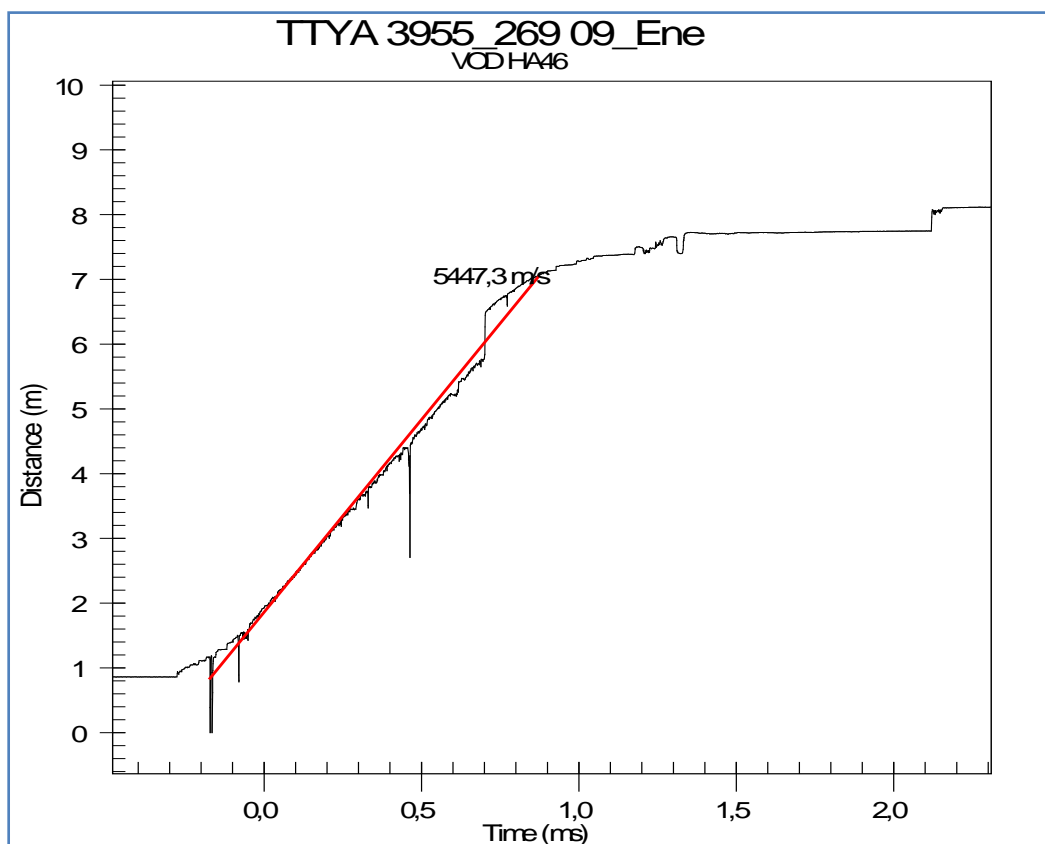


Figura N° 4.8: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 46 con petróleo
Fuente: Reporte de VOD Antapaccay

PRUEBA N° 5 DE VOD DE HEAVY ANFO 55 CON MEZCLA

Realizado	:	Jair Escobar S.
Fecha	:	11-Ene
Tajo	:	Antapaccay
Banco	:	3 955
Proyecto	:	270
ID del taladro	:	1 579
Nitrato de Amonio	:	ACRON
Emulsion Matriz	:	Fortis-Orica
Combustible	:	Mezcla
Diametro de taladro	:	12,25"
Explosivo	:	HA 55
Densidad	:	1,28 g/cm ³
Espaciamiento	:	9,5 m
Burden	:	9,1 m
Corte	:	14,85 m
Profundidad	:	16,5 m
Long. de carga	:	8 m
Long. de taco	:	8,5 m
Carga	:	780 Kg
Linea descendente	:	500 ms
Iniciador	:	Booster 1 lb.
VOD	:	5 597,1 m/s
Presión de detonación	:	10 024,81

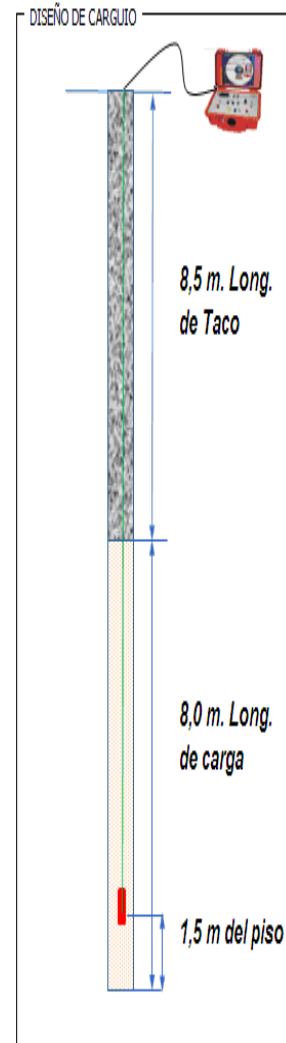


Figura N° 4.9: Diseño de carga de Heavy Anfo 55 con mezcla.

Fuente: Propia.

Este registro muestra un buen régimen de detonación para el HA 55 con A.L.R., valor dentro de los márgenes promedios. El registro del Microtrap se puede observar en la siguiente imagen:

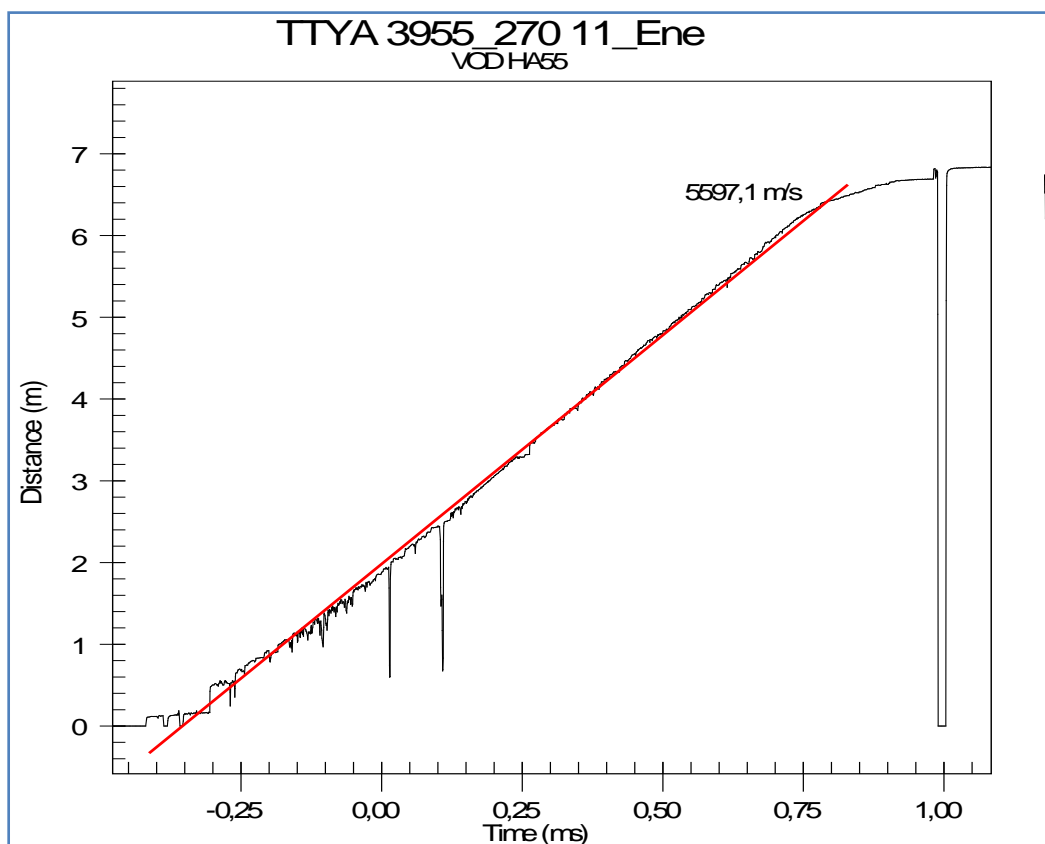


Figura N° 4.10: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 55 con mezcla
Fuente: Reporte de VOD Antapaccay

PRUEBA N° 6 DE VOD DE HEAVY ANFO 55 CON PETRÓLEO

Realizado	:	Jair Escobar S.
Fecha	:	11-Ene
Tajo	:	Antapaccay
Banco	:	3 955
Proyecto	:	270
ID del taladro	:	1 480
Nitrato de Amonio	:	ACRON
Emulsion Matriz	:	Fortis-Orica
Combustible	:	Petróleo
Diametro de taladro	:	12,25"
Explosivo	:	HA 55
Densidad	:	1,28 g/cm ³
Espaciamiento	:	9,8 m
Burden	:	9 m
Corte	:	14,21 m
Profundidad	:	16,5 m
Long. de carga	:	8 m
Long. de taco	:	8,5 m
Carga	:	780 Kg
Linea descendente	:	800 ms
Iniciador	:	Booster 1 lb.
VOD	:	5 877 m/s
Presión de detonación	:	11 052,52

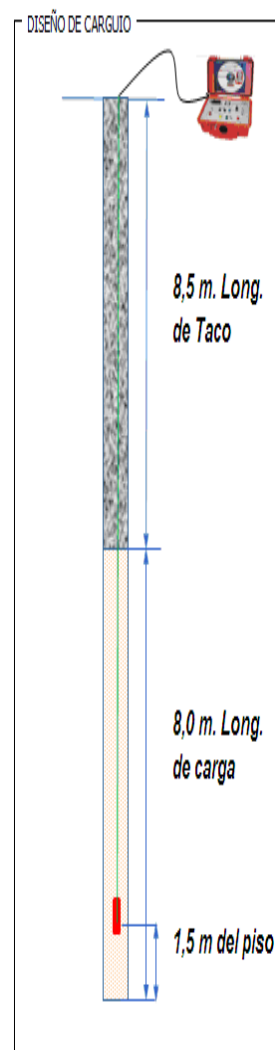


Figura N° 4.11: Diseño de carga de Heavy Anfo 55 con petróleo.

Fuente: Propia.

Este registro muestra un buen régimen de detonación para el HA 55 con D2, se observa un VOD superior al de la anterior prueba. El registro del Microtrap se puede observar en la siguiente imagen:

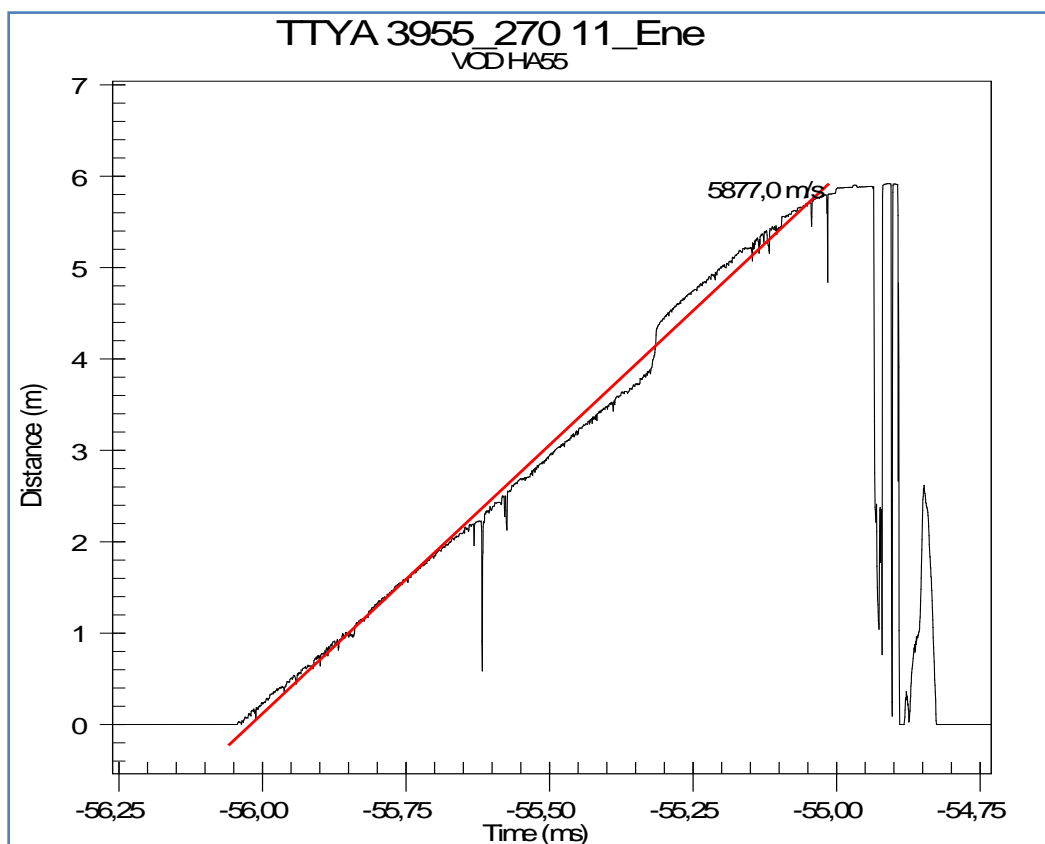


Figura N° 4.12: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 55 con petróleo
Fuente: Reporte de VOD Antapaccay.

PRUEBA N° 7 DE VOD DE HEAVY ANFO 64 CON MEZCLA

Realizado	:	Jair Escobar S.
Fecha	:	08-Feb
Tajo	:	Antapaccay
Banco	:	3 865
Proyecto	:	59
ID del taladro	:	859
Nitrato de Amonio	:	ACRON
Emulsion Matriz	:	Fortis-Orica
Combustible	:	Mezcla
Diametro de taladro	:	12,25"
Explosivo	:	HA 64
Densidad	:	1,3 g/cm ³
Espaciamiento	:	10 m
Burden	:	10 m
Corte	:	15,08 m
Profundidad	:	16 m
Long. de carga	:	8 m
Long. de taco	:	8,0 m
Carga	:	790 Kg
Linea descendente	:	700 ms
Iniciador	:	Booster 1 lb.
VOD	:	4 516,9 m/s
Presión de detonación	:	6 630,78

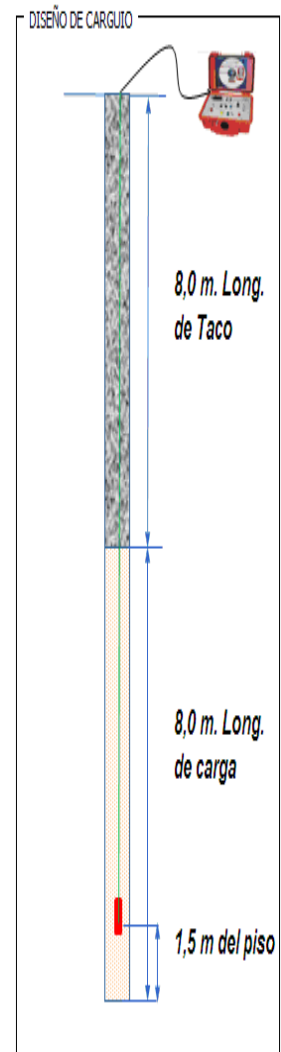


Figura N° 4.13: Diseño de carga de Heavy Anfo 64 con mezcla.

Fuente: Propia.

Este registro muestra un buen régimen de detonación para el HA 64 con A.L.R., valor dentro de los márgenes promedios. El registro del Microtrap se puede observar en la siguiente imagen:

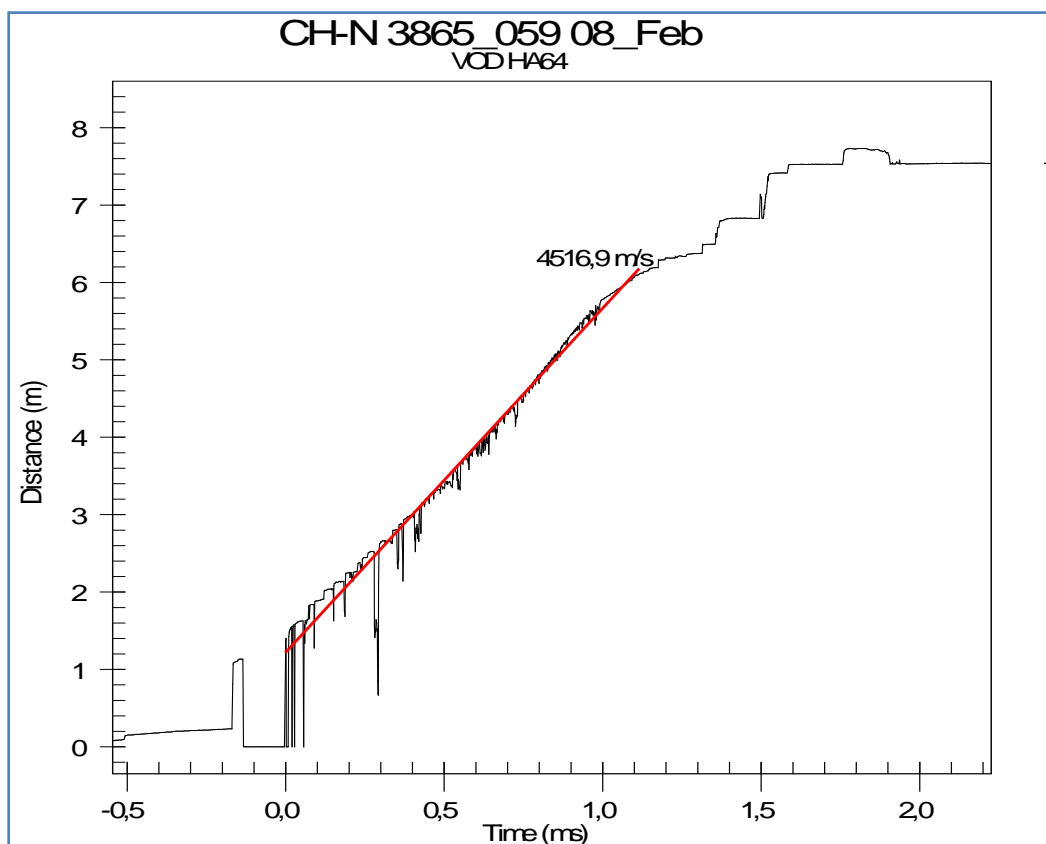


Figura N° 4.14: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 64 con mezcla.
Fuente: Reporte de VOD Antapaccay.

PRUEBA N° 8 DE VOD DE HEAVY ANFO 64 CON PETRÓLEO

Realizado	:	Jair Escobar S.
Fecha	:	08-Feb
Tajo	:	Antapaccay
Banco	:	3 865
Proyecto	:	59
ID del taladro	:	978
Nitrato de Amonio	:	ACRON
Emulsion Matriz	:	Fortis-Orica
Combustible	:	Petróleo
Diámetro de taladro	:	12,25"
Explosivo	:	HA 64
Densidad	:	1,3 g/cm ³
Espaciamiento	:	10 m
Burden	:	10 m
Corte	:	14,97 m
Profundidad	:	16,7 m
Long. de carga	:	8 m
Long. de taco	:	8,7 m
Carga	:	790 Kg
Linea descendente	:	600 ms
Iniciador	:	Booster 1 lb.
VOD	:	4 784 m/s
Presión de detonación	:	7 438,16

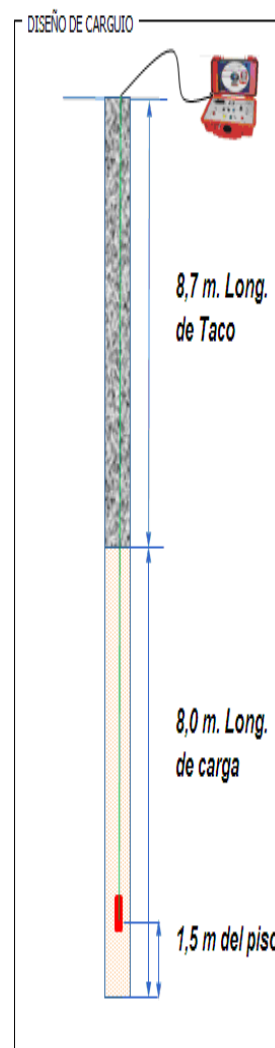


Figura N° 4.15: Diseño de carga de Heavy Anfo 64 con petróleo.

Fuente: Propia.

Este registro muestra un buen régimen de detonación para el HA 64 con D2, se observa un VOD superior al de la anterior prueba. El registro del Microtrap se puede observar en la siguiente imagen:

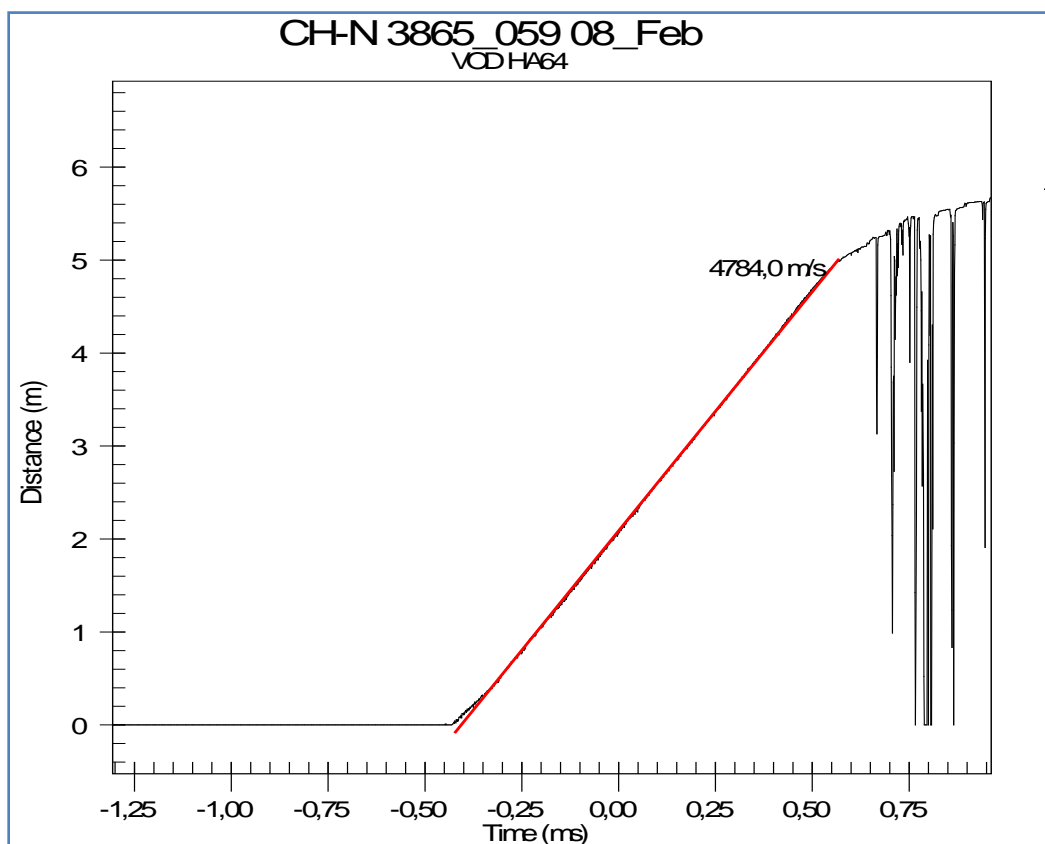


Figura N° 4.16: Registro de Microtrap para Heavy Anfo 64 con petróleo

Fuente: Reporte de VOD Antapaccay.

4.2. FRAGMENTACIÓN DE DISPAROS

➤ Heavy ANFO 37 con mezcla

La figura N° 4.17 muestra un frente de fragmentación regular, sin presencia de bolonería, la curva granulométrica (figura N° 4.18) analizadas con PowerSieve muestra un P80 igual a 5,95 pulgadas igual a 0,151 metros, valor dentro de los solicitado por minera para su adecuado chancado.

Disparo cargado con factor de carga de 0,23 kg/t, en una zona con rocas Monzonitas.

Lo resultados para el HA37, cuyo porcentaje de ANFO contiene mezcla, muestra una fragmentación adecuada para su minado.



Figura N° 4.17: Fragmentación en prueba de Heavy Anfo 37 con mezcla.
Fuente: Reporte de fragmentación Antapaccay.

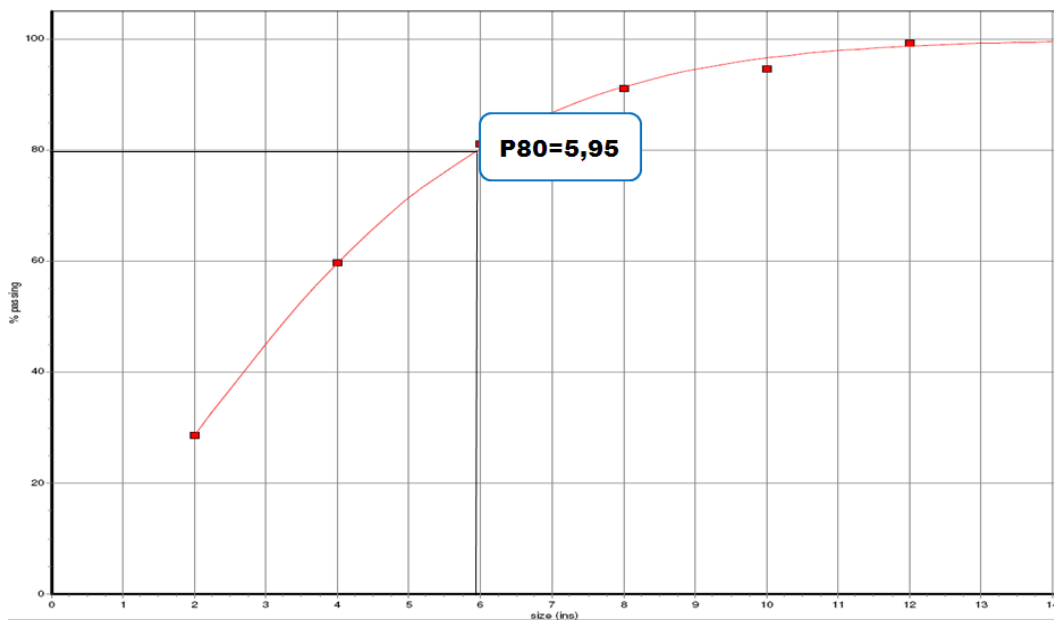


Figura N° 4.18: Curva Granulométrica en prueba de Heavy Anfo 37 con mezcla.
Fuente: Reporte de fragmentación Antapaccay.

➤ **Heavy ANFO 46 con mezcla**

La figura N° 4.19 muestra un frente de fragmentación regular, sin presencia de bolonería, la curva granulométrica (figura N° 4.20) analizadas con PowerSieve, muestra un P80 igual a 2,87 pulgadas igual a 0,073 metros, valor dentro de los solicitado por minera para su adecuado chancado.

Disparo cargado con factor de carga de 0,27 kg/t, en una zona con rocas Monzonitas, Skarn, y Caliza.

Lo resultados para el HA46, cuyo porcentaje de ANFO contiene mezcla, muestra una fragmentación adecuada para su minado.



Figura N° 4.19: Fragmentación en prueba de Heavy Anfo 46 con mezcla.

Fuente: Reporte de fragmentación Antapaccay.

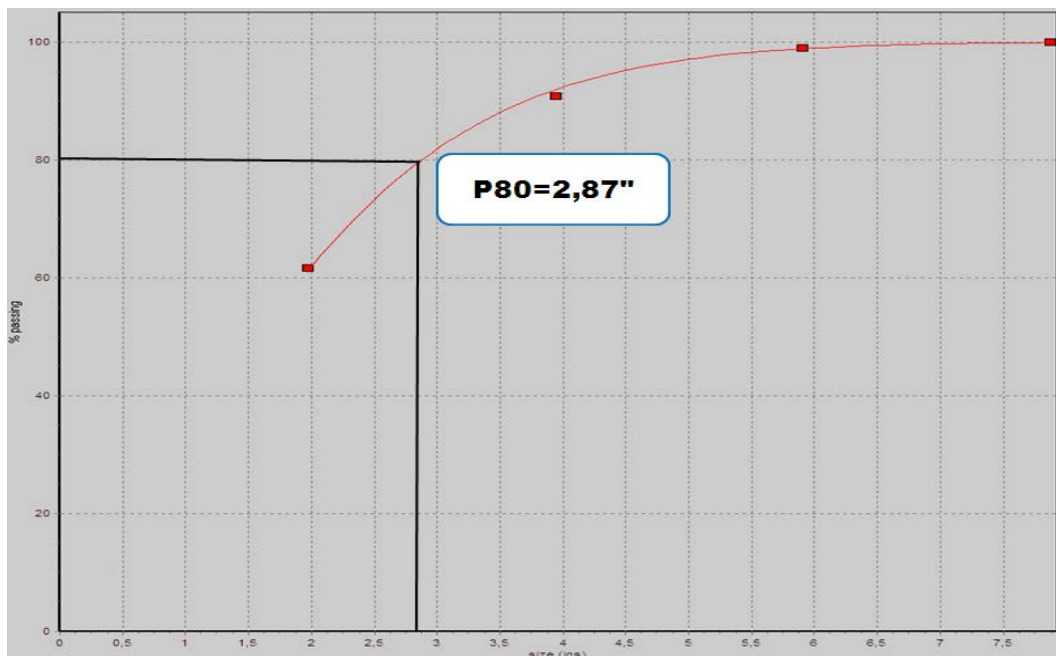


Figura N° 4.20: Curva Granulométrica en prueba de Heavy Anfo 46 con mezcla

Fuente: Reporte de fragmentación Antapaccay.

➤ **Heavy ANFO 55 con mezcla**

La figura N° 4.21 muestra un frente de fragmentación regular, sin presencia de bolonería, la curva granulométrica (figura N° 4.22) analizadas con PowerSieve muestra un P80 igual a 6,05 pulgadas igual a 0,154 metros, valor dentro de los solicitado por minera para su adecuado chancado.

El proyecto fue cargado con un factor de carga de 0,22 kg/t en una zona de Monzonita.

Lo resultados para el HA55, cuyo porcentaje de ANFO contiene mezcla, muestra una fragmentación adecuada para su minado.



Figura N° 4.21: Fragmentación en prueba de Heavy Anfo 55 con mezcla.

Fuente: Reporte de fragmentación Antapaccay.

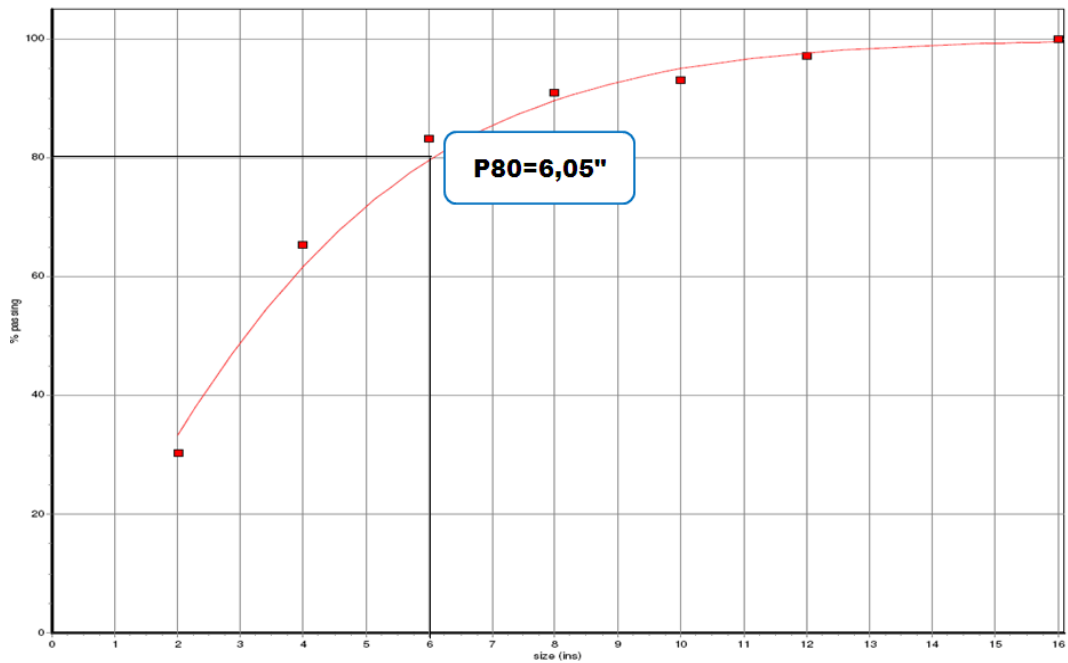


Figura N° 4.22: Curva Granulométrica en prueba de Heavy Anfo 55 con mezcla.

Fuente: Reporte de fragmentación Antapaccay.

➤ **Heavy ANFO 64 con mezcla**

La figura N° 4.23 muestra un frente de fragmentación regular, sin presencia de bolonería, la curva granulométrica (figura N° 4.24), analizadas con PowerSieve, muestra un P80 igual a 7,05 pulgadas igual a 0,179 metros, valor dentro de los solicitado por minera para su adecuado chancado.

Disparo cargado con factor de carga de 0,22 kg/t, en una zona con rocas Monzonitas.

Lo resultados para el HA64, cuyo porcentaje de ANFO contiene mezcla, muestra una fragmentación adecuada para su minado.



Figura N° 4.23: Fragmentación en prueba de Heavy Anfo 64 con mezcla.

Fuente: Reporte de fragmentación Antapaccay.

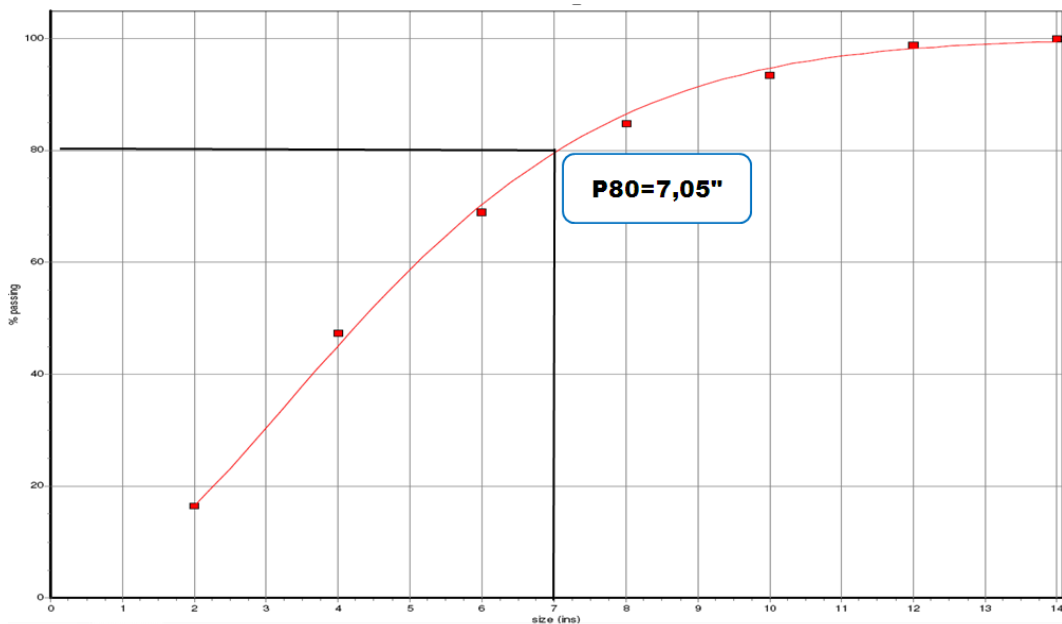


Figura N° 4.24: Curva Granulométrica en prueba de Heavy Anfo 64 con mezcla.

Fuente: Reporte de fragmentación Antapaccay.

4.3. EMISIÓN DE GASES SEGÚN MEZCLAS

➤ **HEAVY ANFO 37 con mezcla**

En la figura N° 4.25 Visualmente no hay presencia de gases Nitrosos, no representa daño para el medio Ambiente.

Banco 3790 disparado el 02 de febrero

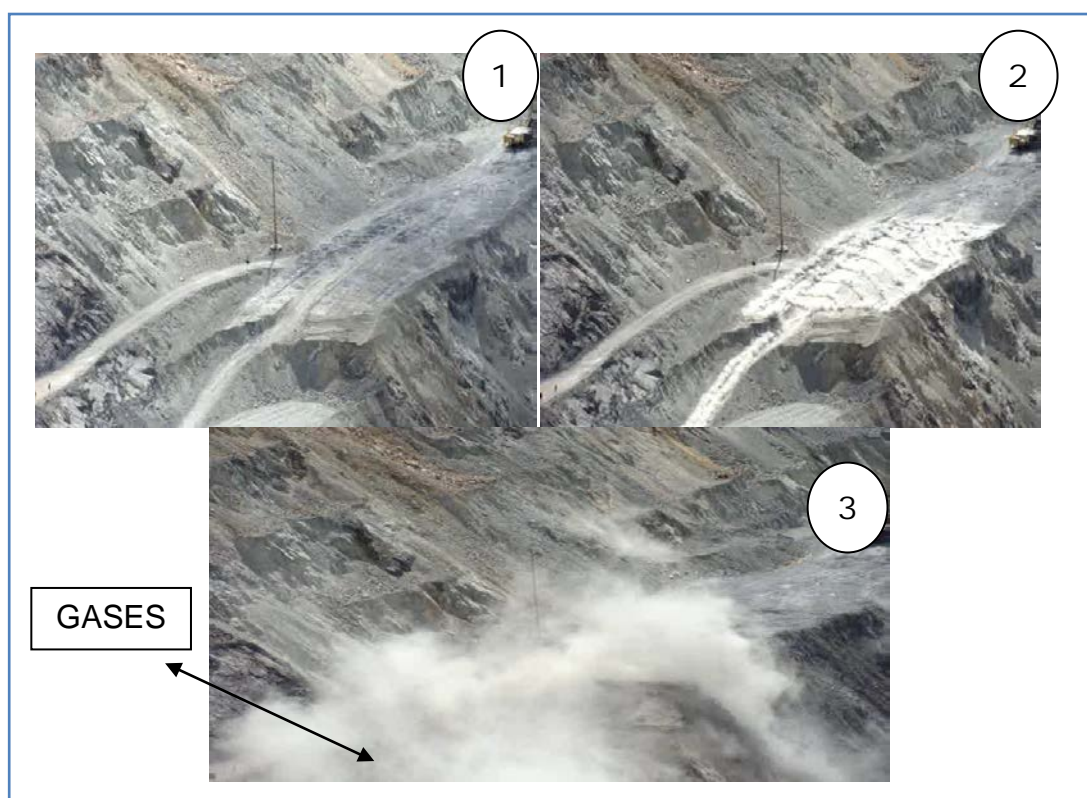


Figura N° 4.25: Fotos de disparo en prueba de Heavy Anfo 37 con mezcla.

Fuente: Filmaciones O.M.S. Antapaccay.

Se muestra el disparo antes de ser iniciado (1), durante el inicio (2), y durante la expansión de gases (3). Según la escala de grado de pigmentación estaría en el nivel I, para un disparo cargado con Heavy Anfo 37 con A.L.R.

➤ **HEAVY ANFO 46 con mezcla**

En la figura N° 4.26 Visualmente no hay presencia de gases Nitrosos, no representa daño para el medio ambiente el utilizar HA 46 con Aceite Lubricante residual. Según la escala de grado de pigmentación estaría en el nivel I.

Se muestra el disparo antes de ser iniciado (1), durante el inicio (2), y durante la expansión de gases (3).

Banco 3955 disparado el 09 de Enero

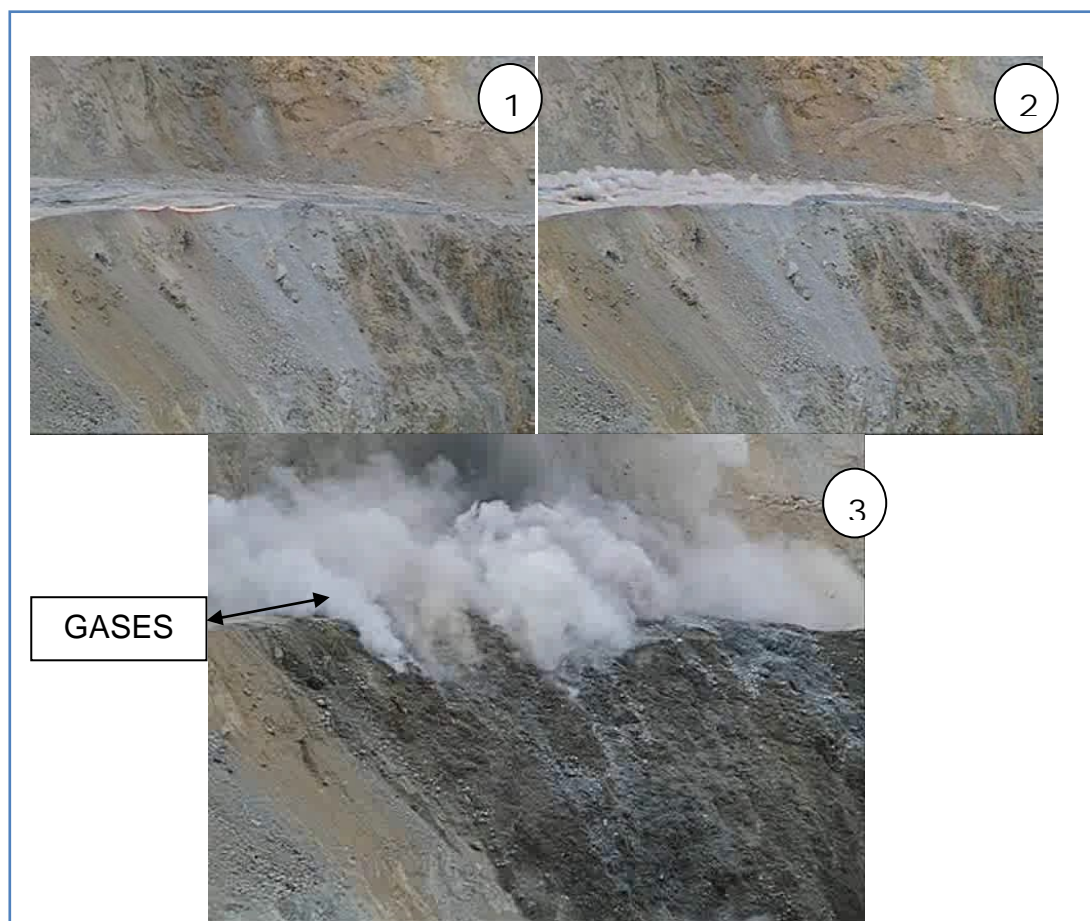


Figura N° 4.26: Fotos de disparo en prueba de Heavy Anfo 46 con mezcla.

Fuente: Filmaciones O.M:S. Atapaccay.

➤ **HEAVY ANFO 55 con mezcla**

En la figura N° 4.27 Visualmente no hay presencia de gases Nitrosos, no representa daño para el medio ambiente.

Banco 3955 disparado el 11 de Enero

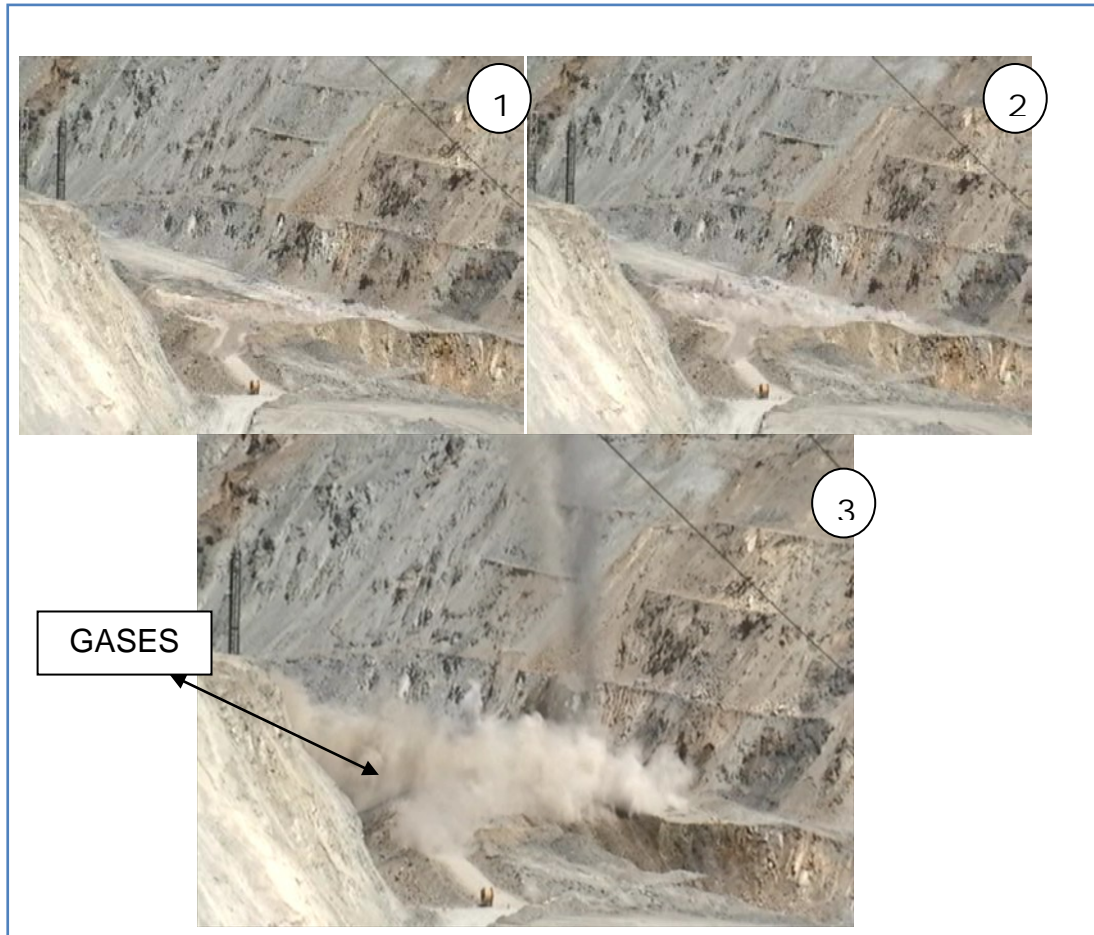


Figura N° 4.27: Fotos de disparo en prueba de Heavy Anfo 55 con mezcla.

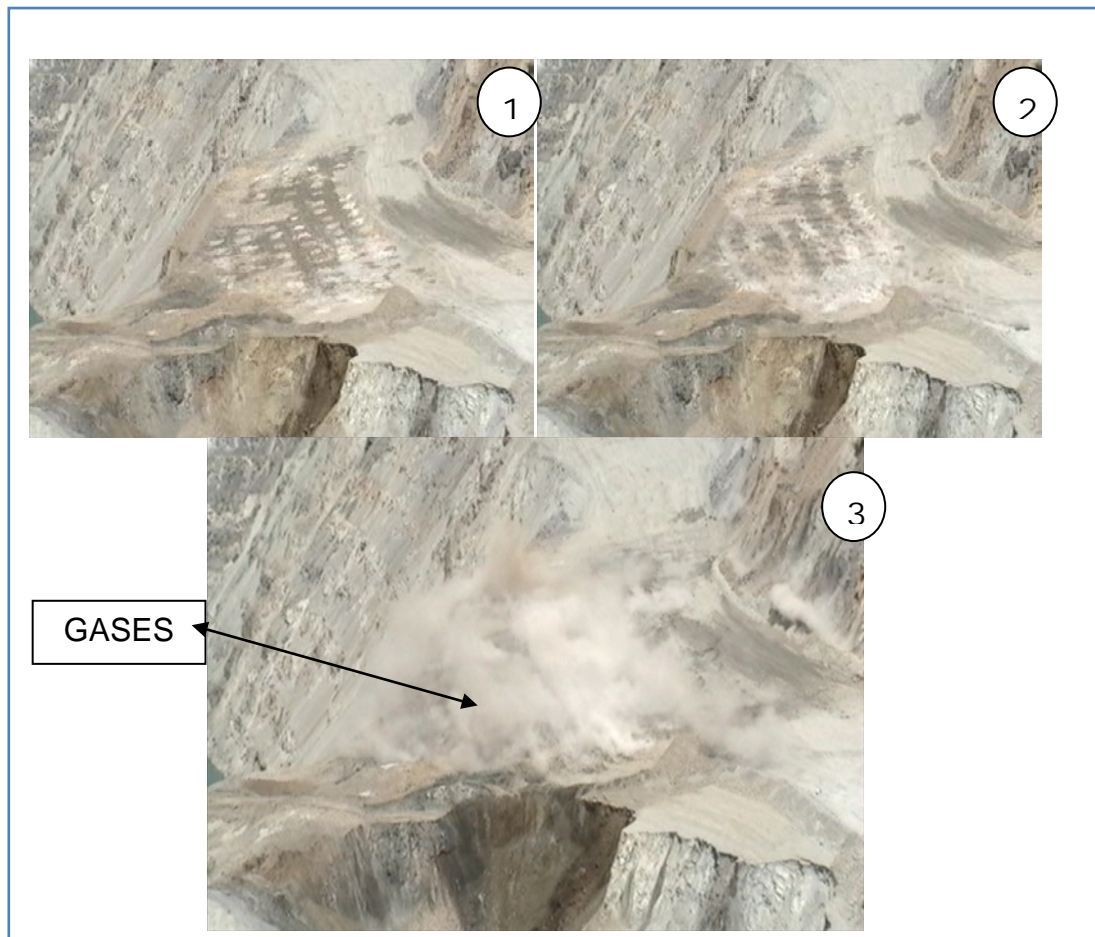
Fuente: Filmaciones O.M.S. Antapaccay.

Según la escala de grado de pigmentación estaría en el nivel I, para un disparo cargado con Heavy Anfo 55 con A.L.R.

➤ **HEAVY ANFO 64 con mezcla**

En La figura N° 4.28 Visualmente no hay presencia de gases Nitrosos, no representa daño para el medio Ambiente.

Banco 3865 disparado el 08 de Febrero



*Figura N° 4.28: Fotos de disparo en prueba de Heavy Anfo 64 con mezcla.
Fuente: Filmaciones O.M:S. Antapaccay.*

Según la escala de grado de pigmentación estaría en el nivel I, para un disparo cargado con Heavy Anfo 64 con A.L.R. esta mezcla se utilizó en taladros con agua.

En todos los disparos no se presentaron gases nitrosos, tanto en taladros secos, taladros con presencia de humedad y con agua.

4.4. CARGA LINEAL

Según las densidades de la tabla N° 3.5, para las mezclas, y considerando el diámetro de perforación se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Carga Lineal} = \varnothing^2 * \rho * 0,507 \quad (\text{Ecuación N}^\circ 02)$$

Dónde:

- \varnothing = Diámetro de taladro (12 ¼ pulg).
- ρ = Densidad del explosivo (g/cm³).
- 0,507 = Factor de conversión a kg/m.

Tabla N° 4.3: Cargas lineales

CARGA LINEAL EN kg/m			
PRODUCTO	100 % Diesel 2	60 % Diesel 2 + 40 % A.L.R.	Variación
ANFO	60,941	61,778	0,837
H.A. 30 / 70	84,375	85,211	0,837
H.A. 40 / 60	92,059	93,580	1,522
H.A. 50 / 50	98,145	99,287	1,141
H.A. 60 / 40	99,058	99,743	0,685

Fuente: Elaboración propia

Las variaciones son menores del rango de 0,69 a 1,52 kg/m. El cálculo de densidades está sujeto a: representatividad de muestra, número de lote y la energía de confinamiento de quien determina las densidades de cada mezcla.

Las condiciones del equipo de carguío influyen también en la densidad, pero precisamente en la densidad en campo, por lo cual es necesario el mantenimiento programado de los camiones fábrica.

4.5. CONSUMO DE EXPLOSIVO

Durante las operaciones se tuvo el siguiente consumo de explosivos el cual se muestra en la siguiente tabla N° 4.4.

Para el cálculo de los kg de materias primas se utilizó los kg por mezclas (HA37, HA46, HA55 y HA64) que figuran en las columnas de TIPO DE EXPLOSIVO (Kg), según corresponda el mes.

$$\mathbf{N} = (\mathbf{HA37}) \times 0,7 \times 0,94 + (\mathbf{HA46}) \times 0,6 \times 0,94 + (\mathbf{HA55}) \times 0,5 \times 0,94 + (\mathbf{HA64}) \times 0,4 \times 0,94$$

$$\mathbf{E} = (\mathbf{HA37}) \times 0,3 + (\mathbf{HA46}) \times 0,4 + (\mathbf{HA55}) \times 0,5 + (\mathbf{HA64}) \times 0,6$$

$$\mathbf{D2} = (\mathbf{HA37}) \times 0,7 \times 0,06 + (\mathbf{HA46}) \times 0,6 \times 0,06 + (\mathbf{HA55}) \times 0,5 \times 0,06 + (\mathbf{HA64}) \times 0,4 \times 0,06$$

Dónde:

N = Nitrato en kg

E = Emulsión en kg

D2 = Diesel N° 2 en kg

HA37 = Heavy Anfo 37 en kg

HA46 = Heavy Anfo 46 en kg

HA55 = Heavy Anfo 55 en kg

HA64 = Heavy Anfo 64 en kg

Tenemos:

Según Tabla N° 4.4“TIPO DE EXPLOSIVO (kg)”, se calcula para el mes de marzo:

$$\mathbf{N = (0) \times 0,7 \times 0,94 + (58\ 785) \times 0,6 \times 0,94 + (20\ 200) \times 0,5 \times 0,94 + (97\ 653) \times 0,4 \times 0,94 = 79\ 366\ kg}$$

$$\mathbf{E = (0) \times 0,3 + (58\ 785) \times 0,4 + (20\ 200) \times 0,5 + (97\ 653) \times 0,6 = 92\ 206\ kg}$$

$$\mathbf{D2 = (0) \times 0,7 \times 0,06 + (58\ 785) \times 0,6 \times 0,06 + (20\ 200) \times 0,5 \times 0,06 + (97\ 653) \times 0,4 \times 0,06 = 5\ 066\ kg}$$

Siguiendo estas fórmulas se calculan los kg de MATERIAS PRIMAS para cada mes.

Tabla N° 4.4: Consumo de explosivos en Antapaccay y tonelaje roto.

MES	TONELAJE ROTO	TIPO DE EXPLOSIVO (Kg)					CARGA TOTAL (Kg)	MATERIAS PRIMAS (Kg)		
		ANFO	HA 37	HA 46	HA 55	HA 64		NITRATO	EMULSION	Diesel N° 2
Marzo	730 836			58 785	20 200	97 653	176 638	79 366	92 206	5 066
Abril	1 855 316			122 350	99 594	243 312	465 256	207 300	244 724	13 232
Mayo	2 542 180		301 046	45 692	14 590	167 700	529 028	293 771	216 506	18 751
Junio	3 867 051		331 055	178 673	141 312	132 021	783 060	434 662	320 654	27 744
Julio	2 346 653		203 268	126 314		205 687	535 269	282 330	234 918	18 021
Agosto	3 978 950			131 430	21 790	697 727	850 947	346 713	482 103	22 131
Septiembre	4 030 648		600	131 430	21 790	697 727	851 547	347 108	482 283	22 156
Octubre	6 031 591			23 886	7 030	1 209 961	1 240 877	471 721	739 046	30 110
Noviembre	5 227 442			10 910	18 000	1 245 340	1 274 250	482 861	760 568	30 821
Diciembre	3 311 842			36 614	10 910	684 059	731 583	282 984	430 536	18 063
Total	33 922 509	0	835 969	866 084	355 216	5 381 187	7 438 455	3 228 816	4 003 544	206 095

Fuente: Xstrata - Antapaccay

Esta tabla muestra el resumen de consumos y tonelaje por mes del año 2012, de donde se extrae el consumo de petróleo, cuyas “materias primas” se calcularon en base a la fórmula mostrada.

4.6. CÁLCULO DE COSTOS

Para la elaboración del ANFO se utilizó D2 en 6 %, y se calculó el costo del petróleo con los siguientes parámetros.

- Costo del D2: 3,24 US\$ /Gal (Valor promedio Febrero 2013).
- Densidad del Petróleo : 0,845 g/cm³
- Diesel N° 2 en Kilos : Tomados de Tabla N° 6.1, según mes.

Para el cálculo de galones de D2 o A.L.R. se utilizó la siguiente fórmula:

$$D2 = \frac{D2' \times 1000g \times 1L}{\rho \times 1kg \times 1000cm^3} \quad (\text{Ecuación N° 03})$$

Dónde:

D2 = Diesel N° 2 o A.L.R. en L.

D2' = Diesel N° 2 o A.L.R. en Kg.

ρ = Densidad del petróleo o A.L.R.

Se tiene:

Según Tabla N° 4.4 "MATERIAS PRIMAS (kg) – Diesel N° 2", se calculó para el mes de marzo:

$$\mathbf{D2} = \frac{\mathbf{5\ 066kg} \times \mathbf{1\ 000g} \times \mathbf{1L}}{\mathbf{0,845g/cm^3} \times \mathbf{1kg} \times \mathbf{1\ 000cm^3}}$$

$$\mathbf{D2} = \mathbf{5\ 995,186\ L}$$

Luego:

Se hace las conversiones de Litros a Galones.

$$\mathbf{D2} = \mathbf{5\ 995,186L} / (\mathbf{3,7854118L/Gal}) = \mathbf{1\ 583,761\ Gal}$$

Se calcula el costo por mes de consumo.

$$\mathbf{D2} = \mathbf{1\ 583,761Gal} \times (\mathbf{3,24\ US\$/Gal}) = \mathbf{5\ 131,384\ US\$}$$

Tabla N° 4.5: Consumo y costo por consumo.

MES	DIESEL N°2		MES (US\$)
	LITROS	GALONES	
Marzo	5 995,186	1 583,761	5 131,384
Abril	15 659,063	4 136,687	13 402,865
Mayo	22 190,940	5 862,226	18 993,612
Junio	32 833,586	8 673,716	28 102,839
Julio	21 326,684	5 633,914	18 253,881
Agosto	26 190,092	6 918,690	22 416,557
Septiembre	26 219,915	6 926,569	22 442,083
Octubre	35 632,970	9 413,235	30 498,881
Noviembre	36 474,462	9 635,533	31 219,128
Diciembre	21 376,118	5 646,973	18 296,193
Total	243 899,016	64 431,303	208 757,423

Fuente: mina Antapaccay

En la primera columna se muestra los meses de consumo. La columna de litros se calculó en base a los kg de explosivo de la tabla N° 4.4, cuyos valores si dividieron entre la densidad del petróleo. Luego haciendo su conversión a Galones por ser de unidades de manejo frecuente en mina. En la última columna se muestra el costo por mes y en la última fila el costo total del año 2012.

Asumiendo en la elaboración del ANFO, se utilizó mezcla en 60 % y en porcentaje de este último 60 % D2 y 40 % A.L.R., se calcularon los costos con los siguientes parámetros.

- Costo del Diesel 2: 3,24 US\$ (Valor promedio febrero 2013).
- Costo del A.L.R. : 0,0 US\$
- Densidad del Petróleo : 0,845 g/cm³
- Densidad del A.L.R. : 0,888 g/cm³
- Diesel N° 2 en Kilos: Tomados de Tabla N° 4.4 “Materias Primas - Diesel N° 2 en kg” en un 60 % según corresponda el mes.
- A.L.R. en Kilos: Tomados de Tabla N° 4.4 “Materias Primas - Diesel N° 2 en kg” en un 40 % según corresponda el mes.

Se tiene:

Según Tabla N° 4.4 para marzo la columna de:

Materias Primas - Diesel N° 2 en kg = 5 066 kg

Entonces: **Diesel N° 2 en kg** = 5 066 x 0,6 = 3 039,6 kg

Para: **A.L.R. en kg** = 5 066 x 0,4 = 2 026,4 kg

Repitiendo el procedimiento para cada mes. De igual manera, para la obtención de los litros, galones y US\$ por mes de: D2 como de A.L.R. se utilizó las fórmulas descritas para la tabla N° 4.6.

Tabla Nº 4.6: Consumos y costos de D2 y A.L.R.

MES	DIESEL	DIESEL Nº2		A.L.R.	A.L.R.		COSTOS	
	Nº2 (kg)	LITROS	GALONES	(kg)	LITROS	GALONES	DIESEL Nº2	A.L.R.
Marzo	3 039,559	3 597,111	950,256	2 026,373	2 281,951	602,828	3 078,830	0,000
Abril	7 939,145	9 395,438	2 482,012	5 292,763	5 960,319	1 574,550	8 041,719	0,000
Mayo	11 250,806	13 314,564	3 517,336	7 500,538	8 446,551	2 231,343	11 396,167	0,000
Junio	16 646,628	19 700,152	5 204,230	11 097,752	12 497,469	3 301,482	16 861,704	0,000
Julio	10 812,629	12 796,010	3 380,348	7 208,419	8 117,589	2 144,440	10 952,329	0,000
Agosto	13 278,377	15 714,055	4 151,214	8 852,251	9 968,751	2 633,465	13 449,934	0,000
Septiembre	13 293,497	15 731,949	4 155,941	8 862,331	9 980,103	2 636,464	13 465,250	0,000
Octubre	18 065,916	21 379,782	5 647,941	12 043,944	13 563,000	3 582,966	18 299,329	0,000
Noviembre	18 492,552	21 884,677	5 781,320	12 328,368	13 883,297	3 667,579	18 731,477	0,000
Diciembre	10 837,692	12 825,671	3 388,184	7 225,128	8 136,405	2 149,411	10 977,716	0,000
Total	123 656,801	146 339,410	38 658,782	82 437,867	92 835,436	24 524,528	125 254,454	0,000

Fuente: Xstrata - Antapaccay

En la primera columna, se muestran los meses de consumo. La columna de Diesel Nº 2 (kg) y A.L.R. (kg) se calcularon en base a los kg de explosivo de la tabla Nº 4.4, en porcentajes de este de 60 % y 40 % respectivamente del 6 % de participación del hidrocarburo. A su vez, los litros de cada uno se calcularon dividiendo entre la densidad del D2 y A.L.R. respectivamente. Luego haciendo sus conversiones a Galones por ser de unidades de manejo frecuente en mina. En las últimas columnas se muestra el costo para del D2 y A.L.R. y en la última fila el costo total para el año 2012.

4.7. CÁLCULO DE AHORRO

Se hace el cálculo comparando el costo que significó el consumir D2 (Tabla Nº 6.2) y el costo que se calculó en el supuesto de utilizar mezcla (Tabla Nº 6.3).

Luego se realiza el cálculo en comparación con el ahorro y con el costo que significaría implementar una planta de aceite reciclado.

$$\text{AHORRO ANUAL} = 208\,757 - 125\,254 = \mathbf{83\,503\ US\$}$$

La INVERSION 1 y OPERACIÓN ANUAL, son costos estimados por minera.

$$\text{AHORRO} / (\text{INV.} + \text{O.A.}) = 83\,503 / 171\,704 = 0,48632 = \mathbf{48,632\%}$$

Estos datos se pueden ver de manera resumida en la siguiente tabla.

Tabla N° 4.7: Ahorro y ahorro vs inversión.

ITEM	COSTO TOTAL (US\$)
DIESEL 2 ANUAL	208 757
D2+A.L.R. ANUAL	125 254
AHORRO ANUAL	83 503
INVERSION 1	159 704
OPERACIÓN ANUAL	12 000
INV. 1 + O. A.	171 704
AHORRRO/(INV.+O.A.)	48,632 %

Fuente: El costo de inversión referencial a Antapaccay

La evaluación económica muestra un ahorro desde marzo hacia abril (Anual), de US\$ 83 503, el cual significa el 48,6 % de la inversión total de implementación de una planta de A.L.R.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. El porcentaje adecuado que se determinó fue de 60 % D2 y 40 % A.L.R., donde se asegura una adecuada reacción. Según las pruebas de 50 % D2 y 50 % A.L.R. considerando el balance de oxígeno estaría dentro de lo correcto, pero las condiciones de los equipos (camiones), harían elegir la opción de 60/40 por ser conservadores.
2. Los resultados muestran un P80, que están por debajo de lo solicitado (11,8 pulg.), por lo cual, se ve un buen resultado como sustituto del D2.
3. Según la escala de evaluación de gases nitrosos no hay generación de gases nocivos, por lo tanto, no hay contaminación.
4. El ahorro que se hubiera obtenido es de US\$ 83 503, lo que significa un ahorro del 48,6 %, en un primer año de evaluación desde marzo a diciembre.

CONCLUSIONES

1. Los residuos productos de la operación minera (A.L.R.) pueden eliminarse generando beneficio, siempre y cuando, cumplan las especificaciones nombradas.
2. Según balance de oxígeno se puede obtener buenos resultados con una mezcla de 50/50 (D2 y A.L.R.), pero por condiciones de reacción se opta por el lado menos crítico que vendría a ser 60/40 (D2 y A.L.R.).
3. Los resultados de fragmentación se encuentran dentro de los valores adecuados para los tipos de rocas disparados.
4. Existe un aporte económico en la utilización de dicha técnica, respetando el cuidado del medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Las técnicas utilizadas son parte del control de calidad implementado en procedimientos para garantizar la materia prima, los cuales deben ser aplicados en la implementación de esta tecnología.
2. El personal debe estar bien capacitado en la presente tecnología, para evitar desbalances de oxígeno y no generar dudas sobre el aporte al cuidado del medio ambiente.
3. Se debe realizar un seguimiento constante al reciclado del A.L.R. y mantenimiento de los Camiones Fábrica, siendo estos últimos vitales para la operación de carguío de taladros.
4. La implementación de esta tecnología no siempre es viable, lo cual depende directamente del costo de inversión y las cantidades de consumo de D2 en la elaboración de ANFO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Enaex. "Manual de Tronadura" Nitrato de Amonio. Pág. (23)
2. Escobar, E.(2011). "VOLADURA Y ASISTENCIA TÉCNICA EN EXSA – TINTAYA". Informe de Prácticas - Aspectos Generales.
3. Eusebio, D. (2009). "Evaluación de V.O.D. de agentes explosivos para optimizar la fragmentación en la voladura de rocas duras en tajo abierto en la Mina Cuajone" - Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna.
4. Exsa S.A. "*Manual Práctico de Voladura*" – *Principio de Fragmentación*. 5ta Edición Pág. (17-18).
5. Exsa S.A. "*Manual Práctico de Voladura*" – Técnicas de Medición en el Taladro. 5ta Edición Pág. (38-40).
6. Farke, I. (2006). "Perforación y voladura a cielo abierto (Informe profesional Capítulo IV: BALANCE DE OXÍGENO).
7. Instituto Tecnológico Geomínero de España (1992). "Manual de perforación y voladura de rocas" - Proceso de detonación del Anfo.

8. Instituto Tecnológico Geomínero de España (1992). "Manual de Perforación y Voladura de Rocas" – Velocidad de Detonación. Pág. (142).
9. Instituto Tecnológico Geomínero de España (1992). "Manual de Perforación y Voladura de Rocas"- Anfo Pesado. Pág. (157).
10. Instituto Tecnológico Geomínero de España (1992). "Manual de Perforación y Voladura de Rocas"- Proceso de Detonación del Anfo. Pág. (133).
11. Instituto Tecnológico Geomínero de España (1992). "Manual de Perforación y Voladura de Rocas" Pág. (155 - 156).
12. Konya (1995) "Diseño de voladura". Pág. (57- 59).

ANEXOS

ANEXO I

1. Resultados de prueba con A.L.R. con 50 % de Diesel Nº 2

Se evaluó para HA46 en dos proyectos, cuyo resumen se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla Nº 1.1: Tabla resumen de prueba con 50 % Diesel Nº 2 según la evaluación de gases nitrosos

Nº Prueba	Fecha	Tajo	Banco	Explosivo	% D2	% ALR	Gases Nitrosos
1	21-nov	Antapaccay	3 835	HA 46	50	50	3A
2	22-nov	Antapaccay	3 835	HA 46	50	50	3A

Fuente: Reporte de gases Antapaccay

Esta evaluación se obtuvo de las filmaciones del disparo donde nos muestra las siguientes fotografías de análisis y comparación con la escala proporcionada en el Anexo IV.

Banco 3835 disparado el 21 de noviembre

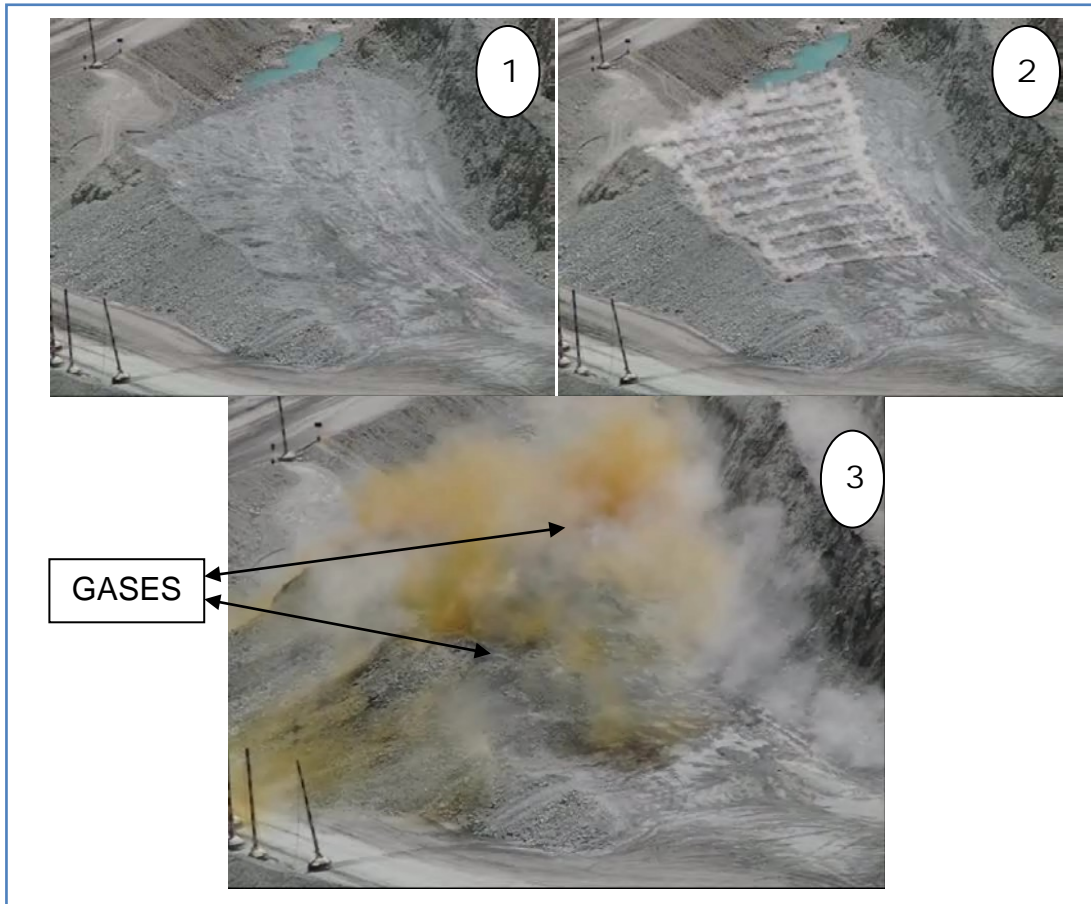


Figura N° 1.1: Fotos de disparo cargado con HA 46 con mezcla de 50 % Diesel N° 2

Fuente: Filmaciones O.M.S. Antapaccay

Según la escala proporcionada en el capítulo III, se clasifica como 3A según la pigmentación de los gases nitrosos.

Banco 3835 disparado el 22 de noviembre

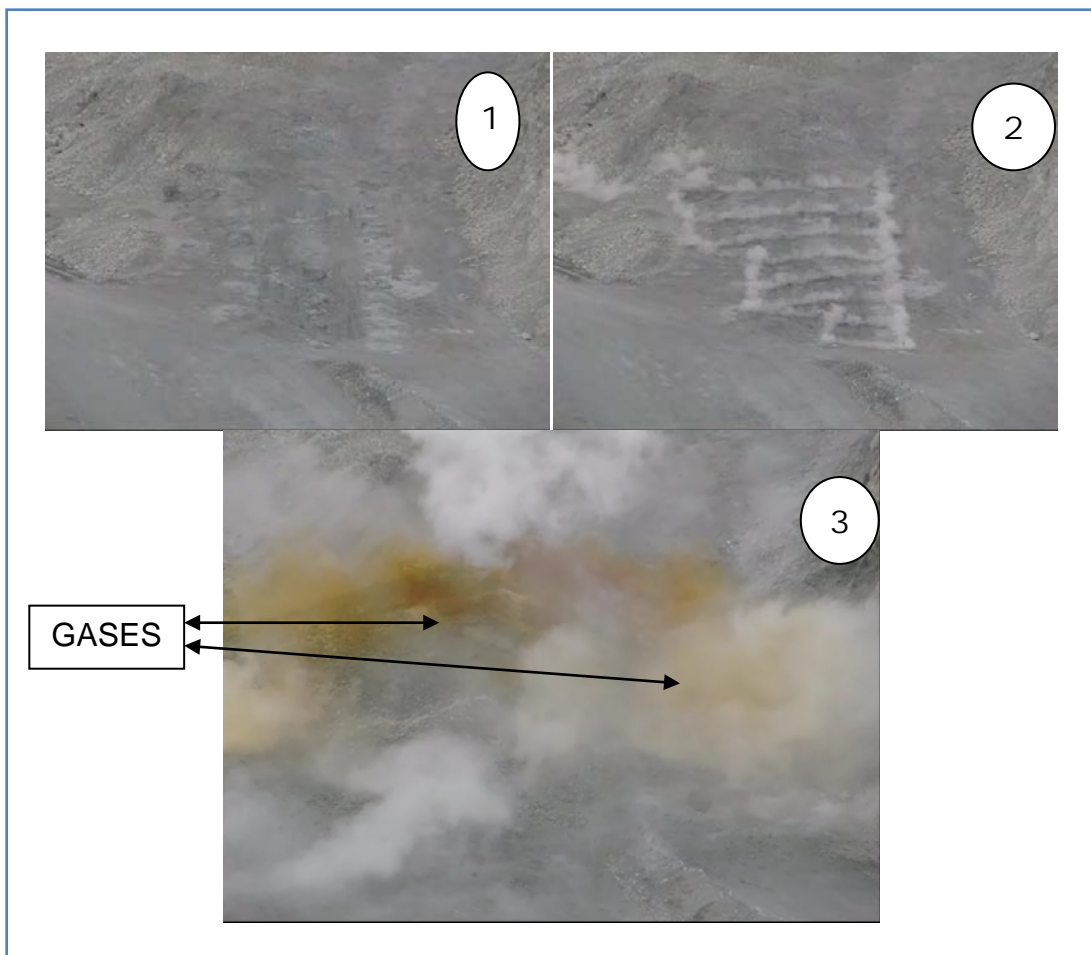


Figura N° 1.2: Fotos de disparo cargado con HA 46 con mezcla de 50 % Diesel N° 2

Fuente: Filmaciones O.M:S. Antapaccay

Según la escala proporcionada, se clasifica como 3A según la pigmentación de los gases nitrosos.

ANEXO II

1) PRUEBA DE PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

El porcentaje de absorción de mezcla y petróleo del Nitrato de Amonio Acron se realizó mediante una bomba de vacío. Determinar el porcentaje de absorción garantiza una de las propiedades del nitrato a la hora de fabricar el ANFO. Por tanto, mediante la prueba se evalúa el grado de absorción de la mezcla para compararlo con el petróleo.

2) EQUIPOS Y MATERIALES

- Bomba de vacío.
- Balanza de $0,01 \pm g$ de precisión.
- Embudo filtrante.
- Matraz kitassato con tapón de caucho.
- Manómetro para flujo de aire.
- Válvula de control.
- Varilla de vidrio.
- Probeta de 100 ml.
- Pincel.

3) PROCEDIMIENTO

- Preparar la muestra, deshaciendo los aglomerados o terrones.



*Figura N° II.1: Fotos de muestra de nitrato para prueba
Fuente: Procedimiento Orica 2012*

- Pesar el embudo filtrante y se tiene el Peso 0 (P_0).



Figura N° II.2: Fotos de prueba

Fuente: Procedimiento Orica 2012

- Agregar aproximadamente 50 g de muestra al embudo anterior y pesar el conjunto y se obtiene el Peso 1 (P_1).



Figura N° II.3: Fotos de prueba
Fuente: Procedimiento Orica 2012

- Tapar el vástago del embudo filtrante y agregar aproximadamente 40 cm³ de petróleo.

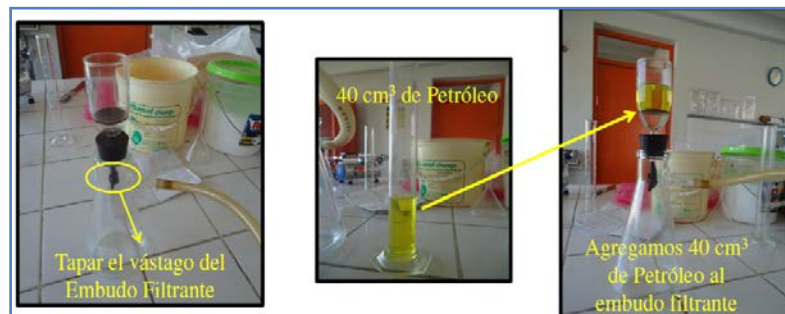


Figura N° II.4: Fotos de prueba
Fuente: Procedimiento Orica 2012

- Mezclar con la varilla de vidrio lentamente.



Figura N° II.5: Fotos de prueba
Fuente: Procedimiento Orica 2012

- Abrir el vástago del embudo filtrante y extraer el petróleo diesel con la bomba de vacío durante 30 minutos a presión de 10 a 15 in Hg.



Figura N° II.6: Fotos de prueba
Fuente: Procedimiento Orica 2012

4. Dejar drenar por gravedad el exceso de petróleo durante 10 minutos. Secar cuidadosamente el petróleo impregnado en las

paredes y vástago del embudo, y pesar el embudo con la muestra (P_2).

- Observar el aspecto de la muestra y descartarla, limpiar el embudo con ayuda de un pincel descartando únicamente la muestra, y pesar nuevamente el embudo con los residuos de petróleo que hubieran quedado el peso 3 (P_3).

4) CÁLCULO DE RESULTADOS

Mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{Absorción} = \frac{(P_2 - P_1) - (P_3 - P_0)}{(P_1 - P_0)} \times 100 \quad (\text{Ecuación N}^\circ 04)$$

Dónde:

P_0 : Peso del embudo filtrante (mg).

P_1 : Peso del filtro con muestra (mg).

P_2 : Peso luego de ser sometido a la bomba de vacío (mg).

P_3 : Peso de filtro sin muestra (mg).

ANEXO III

Tabla Nº III.1: Tabla porcentaje de absorción según clase de nitrato

PORCENTAJES DE ABSORCIÓN					
NITRATO	Acron	Croata	Cachimayo	Enaex	Yara
% de Absorción Petróleo	> 8,5	> 12	11,5 – 13,0	> 12	> 10

Fuente: Informes O.M.S.Perú

ANEXO IV

1) PRUEBA DE PORCENTAJE DE PETRÓLEO EN ANFO

El presente método se basa en la medición del volumen de fase aceite que se separa al disolver ANFO en agua caliente. La separación de fases es favorecida o acelerada al adicionar temperatura al sistema (baño de agua caliente). De esta forma se puede obtener el porcentaje en peso de aceite o petróleo en el ANFO.

2) EQUIPOS Y MATERIALES

- Balanza Digital 3 000 g.
- Probeta de 50 ml.
- Embudo de plástico.
- Matraz de 100 ml. con cuello graduado de 10 ml, (separación cada 0,2 ml).
- Termo de 2 L.
- Recipiente de aluminio de 1 L.

3) PROCEDIMIENTO

- Se tomó muestras de Anfo de los camiones fábrica.



Figura N° IV.1: Foto muestra de nitrato

Fuente: Procedimiento Orica 2012

- Se tomó 1 muestra y se pesó en una probeta (P_{ANFO})



Figura N° IV.2: Foto muestra de nitrato para ser pesada

Fuente: Procedimiento Orica 2012

- Luego se echó agua a la probeta con la muestra hasta cubrir el nitrato.



Figura N° IV.3: Anfo con agua caliente

Fuente: Procedimiento Orica 2012

- Luego esta muestra se mantiene en baño maría durante 5 minutos. Donde se hace más clara la separación del nitrato y el petróleo, dando como resultado el volumen del petróleo: (V_P)



Figura N° IV.4: Separación del petróleo del Nitrato

Fuente: Procedimiento Orica 2012

4) CÁLCULO DE RESULTADOS

Mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Petróleo} = \frac{V_P * D_P * 100}{M_{ANFO}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 05)$$

Dónde:

V_P : Volumen determinado de Petróleo o Mezcla (cm³)

M_{ANFO} : Peso de la muestra de ANFO (g)

D_P : Densidad del petróleo 0,85 g/cm³

ANEXO V

Tabla Nº V.1: Especificaciones técnicas que debe presentar un A.L.R.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Contenido de Agua	2,5% Máx.
Densidad	0,85 - 0,95 g/cc
Viscosidad	500 cp. Máx.
Sólidos en suspensión	0,0 % p > 0,15 mm 1,0 % p < 0,15 mm
Arenillas	0,0 %
Metales	1 000 ppm Máx.
Materiales Surfactantes	0,0% (libre de especies químicas tales como detergentes, tensoactivo, desengrasantes en general)

Fuente: Recomendaciones ENAEX 2004

ANEXO VI

1) Diseño de amarre de malla 3 790 de prueba del 02 de febrero.

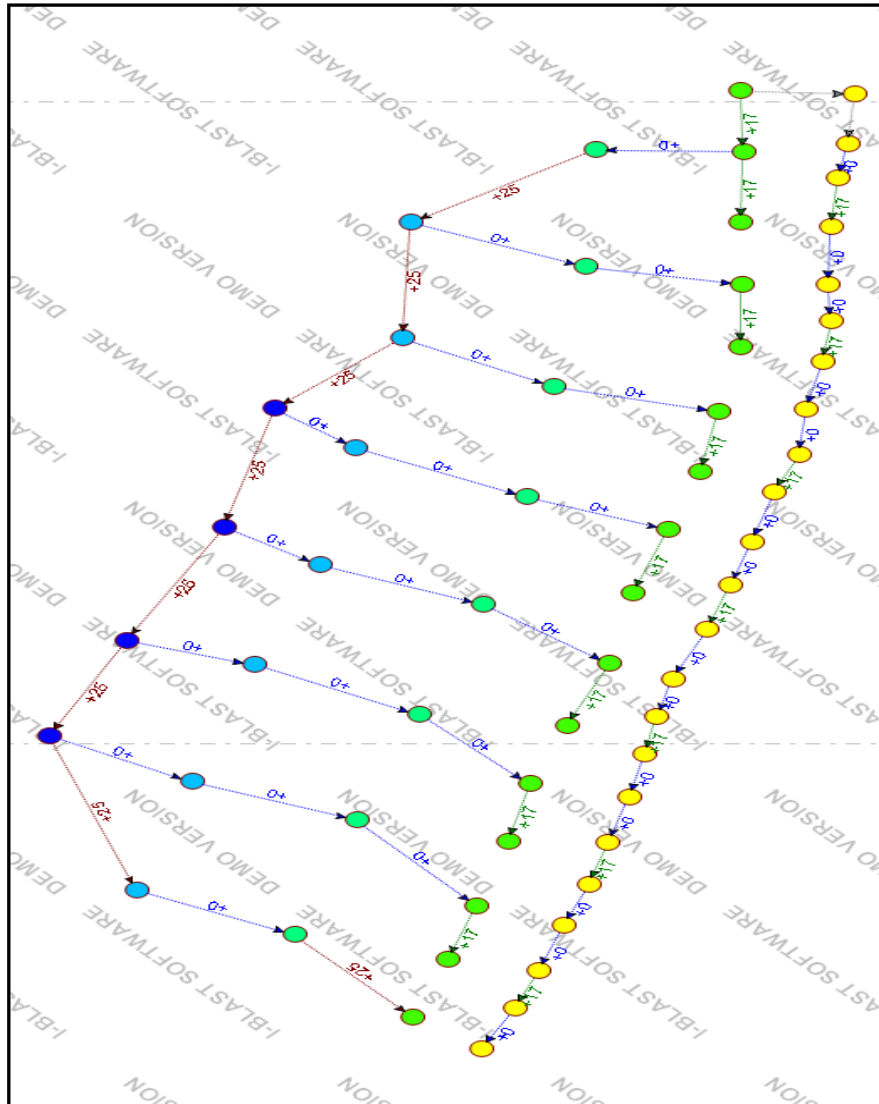


Figura N° VI.1: Diseño de amarre de malla 3 790

Fuente: Propia

2) Diseño de tiempos de salida malla 3 790 de prueba del 02 de febrero.

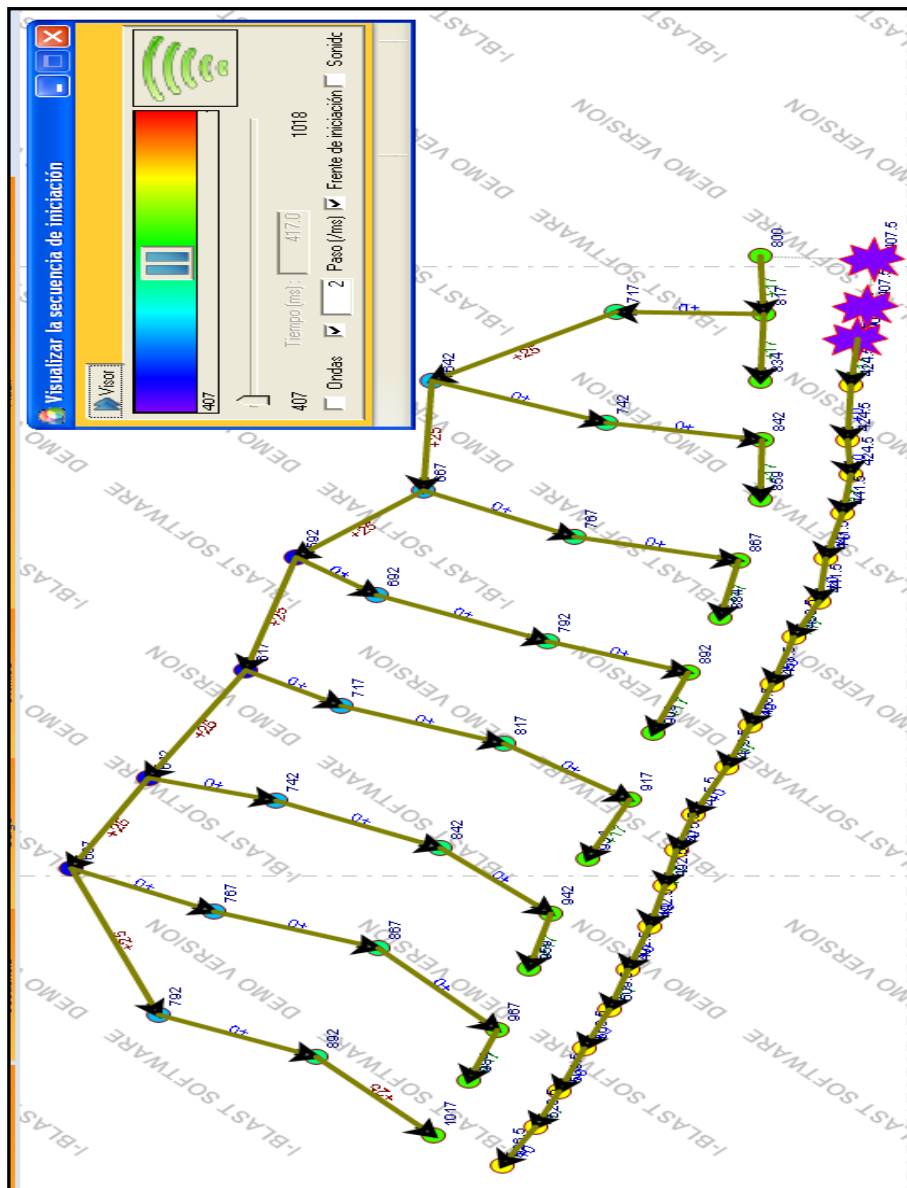
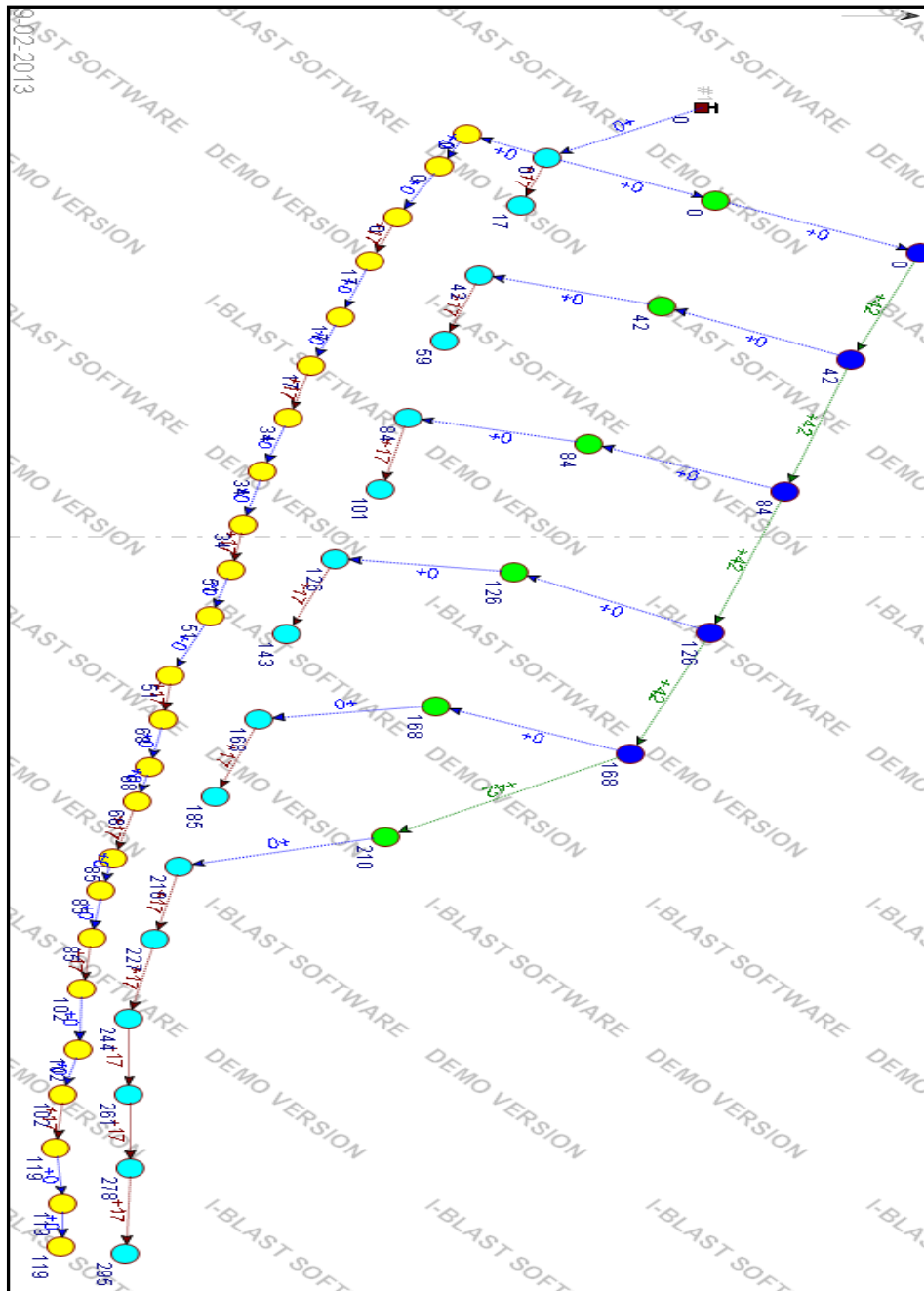


Figura N° VI.2: Diseño de tiempos de salida malla 3 790

Fuente: Propia

3) Diseño de amarre de malla 3 955 de prueba del 09 de enero.



5) Diseño de amarrede malla 3 955 de prueba del 11 de enero.

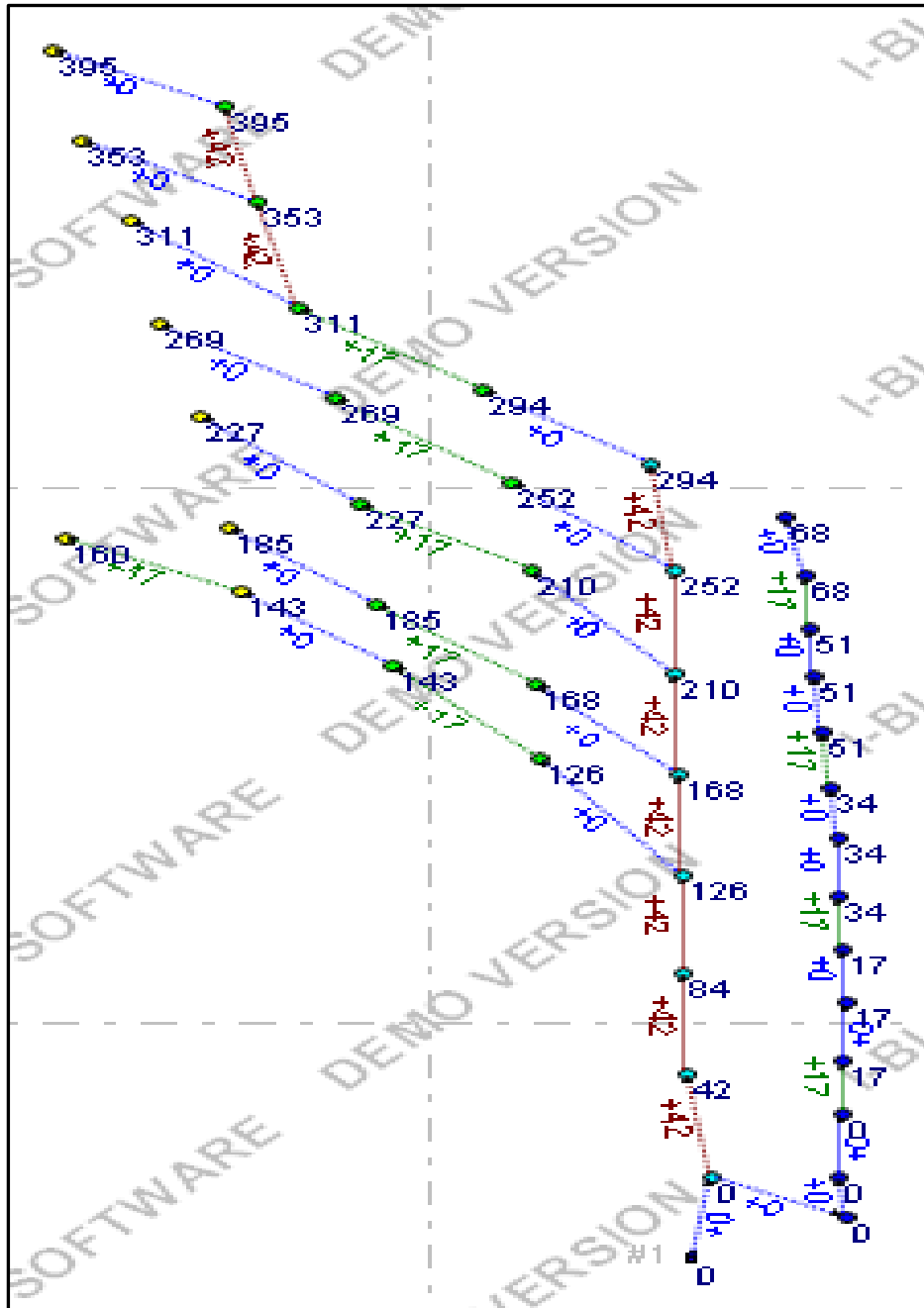


Figura N° VI.5: Diseño de amarre de malla 3 955

Fuente: Propia

7) Diseño de amarre de malla 3 865 de prueba del 08 de febrero.

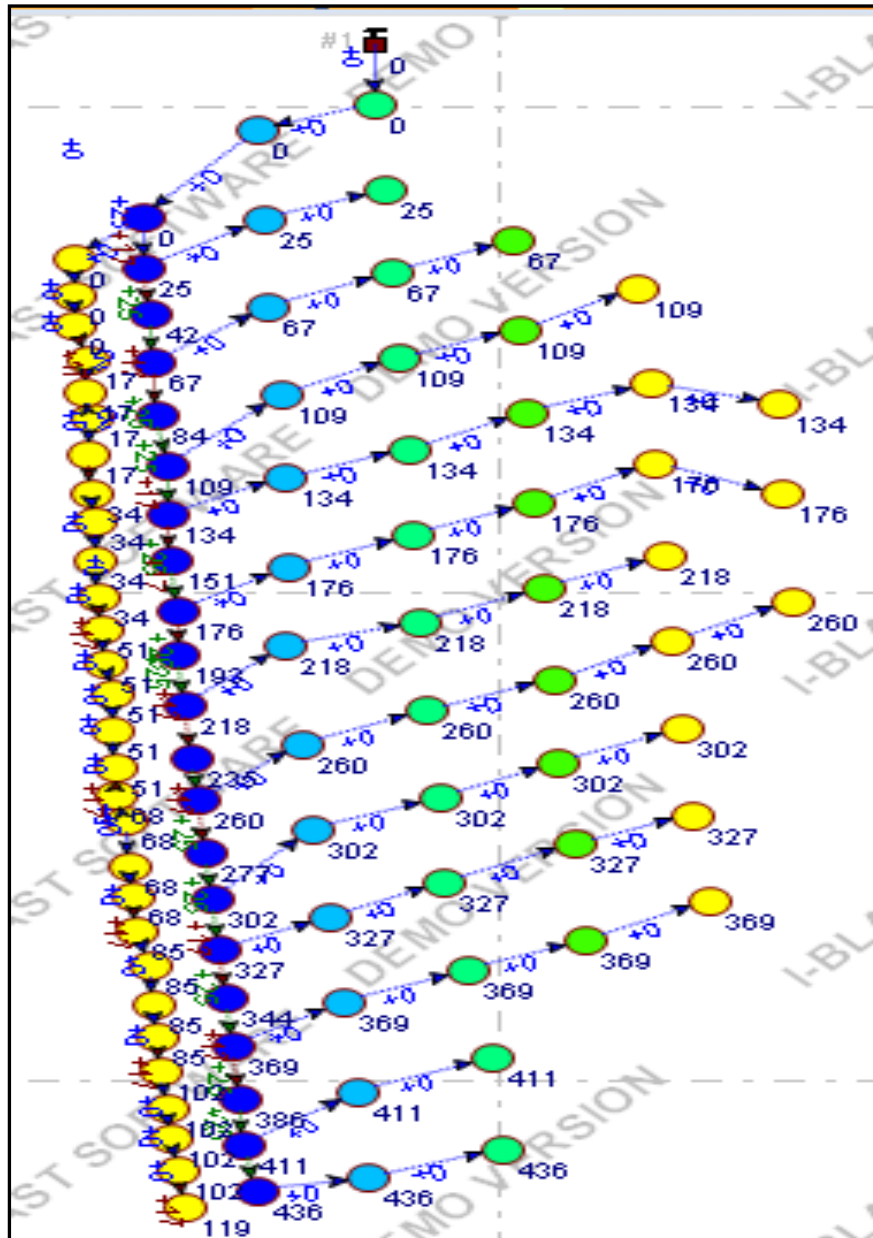


Figura N° VI.7: Diseño de amarre de malla 3 865

Fuente: Propia

8) Diseño de tiempos de salida malla 3 865 de prueba del 08 de Febrero.

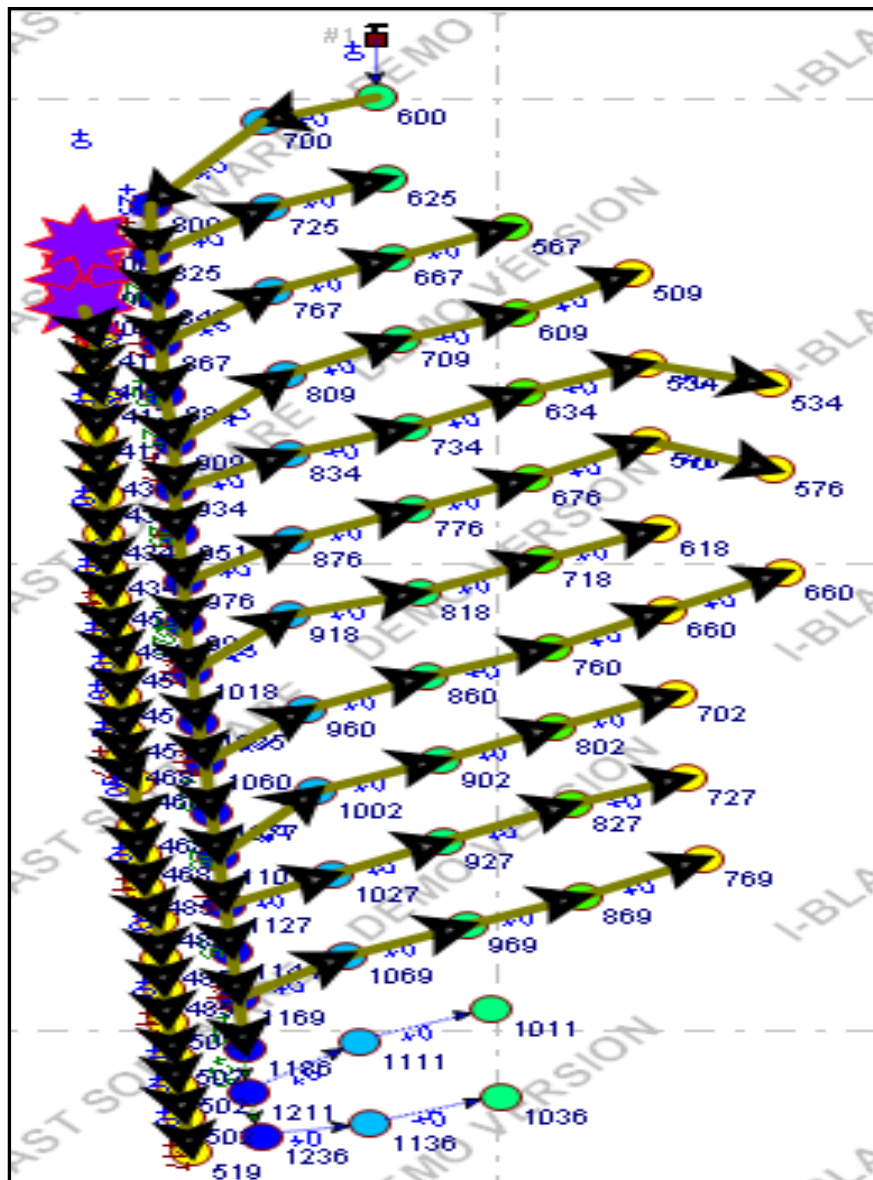


Figura N° VI.8: Diseño de tiempos de salida 3 865

Fuente: Propia

ANEXO VII

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS
<p>¿Es posible utilizar Aceite Lubricante Residual en la mezcla de ANFO como parte del HEAVY ANFO para voladura en la mina Antapaccay, generando beneficios económicos y no generar un impacto ambiental, sin afectar los resultados de la voladura?</p>	<p>Sí es posible utilizar, mediante la evaluación de los resultados de voladura de Aceite Lubricante Residual en la mezcla de ANFO, por lo que se podrá garantizar el beneficio económico y, a su vez, no generar un impacto ambiental, sin afectar los resultados de voladura en la mina Antapaccay.</p>	<p>La evaluación de los resultados de la voladura para determinar si se puede utilizar A.L.R. en reemplazo del D2 en la fabricación del HEAVY ANFO en Antapaccay.</p>

OBJETIVOS	CONCLUSIONES	RECOMENDACIONES
<p>Demostrar el aporte económico.</p>	<p>Existe un aporte económico en la utilización de dicha técnica. El ahorro que se hubiera obtenido es de US\$ 83 503, lo cual significa un ahorro del 48,6 %, en un primer año de evaluación desde marzo a diciembre.</p>	<p>La implementación de esta tecnología, no siempre es viable, lo cual depende directamente del costo de inversión y las cantidades de consumo de D2 en la elaboración de ANFO.</p>
<p>Demostrar si utilizar el A.L.R. generará un aporte en el cuidado del medio ambiente y no un impacto.</p>	<p>Según la escala de evaluación de gases nitrosos no hay generación de gases nocivos, por lo tanto, no hay contaminación. Los residuos productos de la operación minera (A.L.R.), pueden eliminarse, generando beneficio, siempre y cuando cumplan las especificaciones nombradas.</p>	<p>Se recomienda hacer un seguimiento constante al reciclado del A.L.R., mantenimiento de los Camiones Fábrica, así como las técnicas utilizadas, son parte del control de calidad implementado para garantizar la materia prima, de los cuales depende en gran manera la presencia de gases nitrosos.</p>

<p>Determinar el porcentaje de A.L.R. que no afecte los resultados de voladura</p>	<p>Según balance de oxígeno se puede obtener buenos resultados con una mezcla de 50/50 (D2 y A.L.R.), pero por condiciones de reacción se opta por el lado menos crítico que vendría a ser 60/40 (D2 y A.L.R.) siendo los resultados de fragmentación adecuados para los tipos de rocas disparados, según P 80 solicitado</p>	<p>El personal debe estar bien capacitado en la presente tecnología, para evitar desbalances de oxígeno y no generar dudas sobre el aporte al cuidado del medio ambiente.</p>
--	---	---