

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



“USO DEL EXPLOSIVO GASIFICABLE EN LA MEJORA DE CALIDAD DE UNA VOLADURA EN MINERA YANACOCCHA”

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

ELABORADO POR:

YORHINIO NESTOR LEON ROBLES

ASESOR:

ING. JORGE DÍAZ ARTIEDA

Lima - Perú

2013

A Emperatriz, el amor de mi vida,

Mis hermosos nenes **Mariana y Sebastián**

Irma y Néstor, mis padres, sin ellos no hubiera sido posible,

Carmen, mi linda hermana,

Xiomara y Adriano, sobrinos como ningunos,

Mis Franciscas, en el cielo,

Mis maestros de la UNI, alma mater,

Mis colegas de la promoción 2001-II y

Mis amigos de siempre.

RESUMEN

El trabajo refiere sobre la solución a un problema suscitado en Minera Yanacocha durante el año 2010, específicamente en la generación de gases tóxicos como resultado de las voladuras.

Para poder llegar a la solución del problema, se analizaron los procesos de ingeniería y operaciones que intervienen en la tarea de perforación y voladura en Minera Yanacocha, a fin de determinar las posibles causas básicas del problema. Revisando bibliografía existente, acerca de problemas similares en otras minas del Peru y del Mundo, se pudo observar que una de las causas recurrentes podría deberse a la mala práctica operacional al momento de realizar el carguío por parte del operador del camión mezclador de explosivos, así como de la calidad misma del explosivo.

Se trabajó con la intención de mitigar el problema de los gases tóxicos a través de un nuevo explosivo producido y utilizado en Minera Yanacocha, además de poder aprovechar las bondades energéticas de éste, se optó por mejorar los patrones de perforación y voladura, cuidando que el rendimiento de los equipos de carguío y acarreo no bajen el rendimiento mínimo esperado.

Finalmente, se pudo cuantificar y medir los resultados esperados, los cuales mostraron que era posible la eliminación de los gases tóxicos, mejorar la performance del explosivo y mejorar los diseños de perforación y voladura existente en ese momento.

ABSTRACT

This paper reports the solution a problem raised in MineraYanacocha in 2010, specifically in the generation of toxic fumes as a result of blasting.

In order to reach the solution of the problem, we analyzed the engineering processes and operations involved in the task of drilling and blasting in MineraYanacocha, in order to determine the possible causes of the problem. Reviewing existing literature about similar problems in other mines of Peru and the world, it was observed that one of the recurring causes could be the poor operational practice at the time of loading by the operator from the truck of explosives and quality of the explosive.

We worked with the intention of mitigating the problem of toxic fumes through a new explosive produced and used in MineraYanacocha, taking advantage of the benefits of this energy generate, we decided to improve drilling and blasting patterns, making sure that the performance of loading and hauling equipment do could be improved.

Finally, we have quantified and measure the expected results, which showed that it was possible the elimination of toxic fumes, improving the performance of the explosive and improve performance of drilling and blasting and eliminate toxic fumes.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
CAPITULO I – PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO Y MARCO TEÓRICO	
1.1 Fundamentación y formulación del problema	16
1.1.1 Fundamentación del problema	16
1.1.2 Formulación del problema	17
1.2 Objetivos	17
1.2.1 Objetivos generales	17
1.2.2 Objetivos específicos	17
1.3 Justificación	18
1.3.1 Justificación técnica	18
1.3.2 Justificación económica	18
1.3.3 Justificación social	19
1.4 Alcance y limitaciones	19
1.4.1 Alcance	19
1.4.2 Limitaciones	19
1.5 Marco teórico	20
1.5.1 Explosivos	20
1.5.1.1 Anfo	21

1.5.1.2 Emulsión matriz	21
1.5.1.3 Anfo pesado	22
1.5.1.4 Densidad del explosivo	22
1.5.1.5 Accesorios de voladura	23
1.5.2 Generación de gases en una voladura	23
1.5.2.1 Causas de generación de gases	26
1.5.3 Balance de oxígeno	28
1.5.4 Fragmentación del macizo rocoso	33

CAPITULO II – GENERALIDADES, OPERACIONES MINA Y PLANTA

2.1 Generalidades	35
2.2 Ubicación y accesibilidad	36
2.3 Geología general	39
2.4 Geología regional	41
2.4.1 Estratigrafía sedimentaria y volcánica	43
2.5 Geología estructural	45
2.6 Planta Gold Mill	46
2.7 Operaciones mina	51
2.7.1 Procesos operativos primarios	51
2.7.2 Perforación	52
2.7.2.1 Tipos de taladros	53
2.7.2.2 Procedimiento de perforación primaria	55

2.7.3	Voladura	57
2.7.3.1	Instalaciones y equipos	58
2.7.3.2	Agentes y accesorios de voladura	58
2.7.3.3	Procedimientos de voladura	60
2.8	Planta de fabricación de emulsión	63
2.8.1	Diagrama de flujo	64
2.8.2	Emulsión matriz	65
2.8.3	Emulsión ácida	66
2.9	Proceso de la emulsión gasificable	66

CAPITULO III – METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

3.1	Línea base	71
3.2	Prueba del explosivo gasificable en campo	72
3.3	Controles de producción en planta	77
3.3.1	Revisión del proceso	77
3.4	Controles operacionales en campo	79
3.5	Controles post voladura para evaluación de resultados	82

CAPITULO IV – ANALISIS DE RESULTADOS

4.1	Control de gases	84
4.2	Calidad del explosivo	85
4.3	Parámetros de perforación y voladura	89

4.4 Fragmentación	90
4.5 Rangos de excavación en equipos de carguío	91
4.6 Evaluación económica	95
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	104
ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1	Cantidad de perforadoras según tipo	52
TABLA 2.2	Parámetros para la perforación según dureza de material y broca de perforación	57
TABLA 3.1	Tabla de diseño de mallas en los Tajos La Quinua y Yanacocha	72
TABLA 3.2	Capacidades de los MMUs - Orica en Minera Yanacocha	73
TABLA 3.3	Porcentaje de inyección de nitrito de sodio en una mezcla explosiva	76
TABLA 3.4	Controles de calidad F3 (Em. Matriz) y F6 (Em. Ácida)	78
TABLA 4.1	Voladuras evaluadas durante el periodo de prueba	85
TABLA 4.2	Registro de muestreo en campo	87
TABLA 4.3	Cuadro comparativo de muestras, Tajos Yanacocha y La Quinua	91
TABLA 4.4	Costo impactado al reducir la malla de perforación en el Tajo La Quinua	95
TABLA 4.5	Costo impactado al reducir la malla de perforación en el Tajo Yanacocha	96

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1	Cartilla informativa para el control de densidades en campo	23
FIGURA 1.2	Energía involucrada en la detonación VS el porcentaje de F.O.	31
FIGURA 1.3	Escala de gases en OricaMiningServices	32
FIGURA 2.1	Mapa de las cuatro cuencas hidrográficas	38
FIGURA 2.2	Mapa de ubicación de MYSRL en los distritos de Cajamarca	38
FIGURA 2.3	Vistas del stock pile y SAG Mill	47
FIGURA 2.4	Molino SAG Mill	47
FIGURA 2.5	Diagrama de flujo del Proceso Gold Mill	50
FIGURA 2.6	Gestión de Voladura en Minera Yanacocha	51
FIGURA 2.7	Diagrama de flujo del proceso de producción de emulsión	65
FIGURA 2.8	Proceso gasificable	67
FIGURA 2.9	Efecto de la temperatura ambiente en el proceso de gasificación	68
FIGURA 2.10	Subida lineal de la carga explosiva luego de la gasificación	69
FIGURA 3.1	Kit para control de densidades en campo	74
FIGURA 3.2	Proceso de carguío en forma bombeablegasificable	75
FIGURA 3.3	Flujómetro de un MMU	75
FIGURA 3.4	Medición de densidad en intervalos de tiempo	76
FIGURA 3.5	Control de la temperatura de fabricación de la emulsión	78

FIGURA 3.6	Planta de proceso de fabricación de emulsión	79
FIGURA 3.7	Calibración de un MMU	80
FIGURA 3.8	Separador de gravilla	81
FIGURA 3.9	Análisis de fragmentación a través del software Split desktop	82
FIGURA 3.10	Proceso de preparación del cebo ubicado en el taladro a investigar	83
FIGURA 3.11	Rendimiento de equipos de carguío	83
FIGURA 4.1	Imágenes de voladuras evaluadas	85
FIGURA 4.2	Curva de registro del VOD con el Micro Trap	88
FIGURA 4.3	Registro fotográfico de las muestras tomadas en campo	90
FIGURA 4.4	Distribución acumulada de los tamaños de partículas	90
FIGURA 4.5	Malla cambiada en el banco 3552	92
FIGURA 4.6	Resultados de medición del Rango de excavación	92
FIGURA 4.7	Malla cambiada en el banco 3802	93
FIGURA 4.8	Resultados de medición del Rango de excavación	93
FIGURA 4.9	Resumen rendimiento equipos de carguío	94

INTRODUCCION

Desde inicios del año 2010, en MYSRL, Minera Yanacocha S.R.L., se venían presentando inconvenientes con el rendimiento de las voladuras, las cuales son realizadas en gran parte por la empresa contratista OMS, OricaMiningServices Perú, decimos en gran parte, ya que el trabajo de carguío de taladros lo realiza la empresa contratista, pero los trabajos que le siguen a dicha tarea, es decir: confinado, amarre y disparo, es realizada por el personal de MYSRL.

La caída en el rendimiento de las voladuras, se manifiesta principalmente con la presencia de gases de colores pardo rojizo luego de un disparo y que da como consecuencia un mal resultado en cuanto a fragmentación y cuidado de las paredes finales de los tajo. La presencia de estas anomalías se ha venido dando principalmente en uno de los tajos llamado “La Quinoa”, la cual presenta una

realidad distinta a los demás ya que en esta zona la presencia de agua en los taladros de voladura es el pan de cada día.

El tipo de explosivo trabajado para el tajo “La Quinoa” varía desde el Heavy Anfo 37 hasta HA 64, utilizando para ello como componentes principales al Nitrato de Amonio de baja densidad (producto de ENAEX) y fase emulsión no sensibilizada (“Fortis” producido por Orica). Este último agente es producido en la planta de fabricación de emulsión ubicada en el interior de la mina MYSRL.

Conocedores de los buenos estándares que MYSRL posee en cuanto a responsabilidad social y ambiental, la generación de gases tóxicos luego de una voladura, implica principalmente pasar a ser un ente con potencial de contaminación ambiental (aire). La aparición de estos gases, todos ellos de alta toxicidad, presenta en primera instancia un riesgo para las personas y animales, pero además un problema económico, por la necesidad de detener la operación minera por un tiempo prudente hasta esperar la disipación total de los gases luego de un disparo.

Este contexto, no es propio de MYSRL, ya que la generación de gases tóxicos en una voladura es un problema que se presenta en muchas de las operaciones mineras del Perú. En tal sentido, se hace necesario optar por nuevas tecnologías

con el fin de eliminar por completo los gases nitrosos distintos al blanco en una voladura y de igual forma evaluar todos los demás beneficios que podría traer consigo la utilización de dicha tecnología “Emulsión Gasificable”.

Comprobar la eficacia de una emulsión gasificable hace necesario desarrollar alguna metodología para la evaluación sistemática del desempeño del explosivo. El planeamiento del proyecto se nutre de los conceptos de innovación y mejora continua. La investigación, documentada en las siguientes páginas, demuestra la factibilidad de cambiar o utilizar en paralelo este explosivo gasificable, además de poder aprovechar las demás bondades que trae consigo como es el beneficio económico, de ingeniería y sobre todo medio ambiental.

La tesis, a partir del estudio presentado, tiene por objetivo demostrar que es posible eliminar por completo los gases nitrosos de color en una voladura, de la mano con una mejora considerable del performance del explosivo. Este objetivo traerá como consecuencia la mejorara de standares de perforación para lograr disminuir el desplazamiento del material fragmentado de una voladura con una buena fragmentación y que acarreará en el mejor desempeño y productividad de los equipos de minado (palas, camiones, etc.). Todo ello se resume en una disminución del costo de perforación y voladura.

Para finalizar, esta tesis demuestra que es posible incrementar la productividad de las operaciones de minado en general, mejorando las variables de perforación y voladura.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO Y MARCO TEÓRICO

1.1. Fundamentación y formulación del problema

1.1.1. Fundamentación del problema

En las compañías mineras a cielo abierto se identifican problemas de implicancia no menor en cuanto a generación de gases de color distinto al blanco después de una voladura en tajos inundados de agua, esto trae como consecuencia un impacto social negativo para la compañía por efecto de la contaminación generada, y de igual forma impacto económico, por la necesidad de detener la operación y esperar la evacuación total de los gases, además de malos resultados operativos para el inicio del circuito de carguío y acarreo del material volado.

Ante ello se hace necesaria la implementación de tecnología distinta en voladura, capaz de poder eliminar estos gases de colores distintos al blanco y además generar un ahorro significativo en costos de perforación y voladura.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo mejorar la performance de un explosivo Heavy Anfo y de esta forma mejorar la calidad de una voladura, con la intención del incremento de las dimensiones de las mallas de perforación y voladura?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivos Generales

Elaborar un documento técnico, que sirva como referencia a la utilización de explosivo gasificable como alternativa en voladuras de tajo abierto y plantear y cuantificar sus beneficios.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Eliminar por completo la generación de gases de color distinto al blanco.
- Mejorar la performance del explosivo.
- Aumento de las mallas de perforación y voladura.
- Mejorar la fragmentación de rocas.

- Mejorar el rango de excavación de los equipos de carguío y acarreo.
- Disminuir el costo por material volado.

1.3. Justificación

En este informe se muestra como una herramienta para el sector minero interesado en aportar mejoras medioambientales, trayendo como consecuencia de ello, la mejor relación con las comunidades, además de obtener un beneficio técnico-económico en el proceso de perforación y voladura de rocas.

1.3.1. Justificación Técnica

El presente trabajo se justifica técnicamente en la aplicación de la mejora en las características físico químicas del explosivo Heavy Anfo para luego ser utilizado como alternativa en voladuras de tajo abierto. Esta mejora en la performance del explosivo, viene de la mano de los controles de calidad necesarios en campo.

1.3.2. Justificación Económica

Se justifica económicamente hablando, de la reducción de costos al plantear un incremento de mallas de perforación, mejora en la fragmentación de la roca

volada y como consecuencia en las operaciones mineras unitarias de carguío y acarreo.

1.3.3. Justificación Social

La generación de gases tóxicos en una voladura, trae como consecuencia contaminación ambiental al aire, lo cual repercute considerablemente en el compromiso de ser una compañía minera con altos estándares en controles ambientales frente a las comunidades vecinas.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcance

Mejorar la performance del explosivo utilizado en tajo abierto (Heavy Anfo) con la intención de eliminar la generación de gases naranjas como consecuencia de una voladura y llevar a nuevos parámetros de perforación, la cual a su vez traerá beneficios económicos en el proceso de perforación y voladura.

1.4.2. Limitaciones

Las limitaciones del estudio son las siguientes:

- La carencia de equipos de calibración para las unidades que fabrican el explosivo.
- Falta de capacitación al personal involucrado en las pruebas.

1.5. Marco teórico

1.5.1. Explosivos

Los explosivos comerciales actuales son el resultado de una gradual evolución que comenzó hace 600 años. La pólvora negra se usó por primera vez en armas alrededor del siglo 13. Pero no fue hasta el siglo 17 que este explosivo empezó a usarse como método principal de fragmentar la roca. Cuando la pólvora negra fue aceptada en la industria de la minería, la cantidad de accidentes aumentó y así emergió la necesidad por explosivos y sistemas de iniciación más seguros.

Cuando los explosivos comerciales son iniciados en forma apropiada, se convierten rápidamente en gases a altas temperaturas y presión. Cuando detonan en forma no confinada, un litro de explosivo se expande a alrededor de 1000 litros de gases en pocos milisegundos. Cuando están confinados por roca, los gases en expansión producto de la detonación resultan en tensiones extremadamente altas en la roca. La energía durante la detonación actúa igual en todas direcciones pero tiende a escaparse a través de cualquier estrato de menor resistencia. Por lo tanto, los disparos deberían ser cargados y

confinados de tal forma que los gases queden confinados por suficiente tiempo para entregar suficiente energía para la fragmentación, desplazamiento y esponjamiento de la roca volada.

1.5.2.1. Anfo

Mezcla de nitrato de amonio (94%) y combustible diésel D2 (6%). El Anfo no tiene resistencia al agua, tiene baja densidad (0.78-0.81 g/cc), baja energía, baja velocidad de detonación y no puede ser explotado por un solo detonador normal posee un mejor acoplamiento a la roca, completa el llenado del taladro y posee un alto grado de seguridad.

1.5.2.2. Emulsión matriz

Mezcla compuestas básicamente por una solución oxidante de Nitrato de amonio y agua, por un combustible insoluble en el agua, un agente emulsificante y por elementos sensibilizadores y potenciadores.

Para el caso de Minera Yanacocha, Orica Mining Services pone a disposición dos tipos de emulsión: Fortis y Fortis Advantage.

1.5.2.3. Anfo Pesado

Son mezclas de emulsión matriz y Anfo en diferentes proporciones que permiten mejorar la energía y aumentar la energía del explosivo, así como darle una buena resistencia al agua, ya que satura con emulsión los espacios libres entre los prills.

Estos anfos pesados se pueden preparar en diferentes relaciones de acuerdo a los requerimientos de la voladura, para MYSRL los más comunes son:

- HA 37 (30% emulsión y 70% de ANFO)
- HA 46 (40% emulsión y 60% de ANFO)
- HA 55 (50% emulsión y 50% de ANFO)
- HA 65/35 (65% emulsión y 35% de ANFO), para taladros con agua.

1.5.2.4. Densidad del explosivo

Las mezclas explosivas utilizadas en los procesos de carguío de taladros, son requeridas dependiendo del tipo de roca y condiciones climáticas de la zona, para ello se recurre frecuentemente a la tabla de densidades utilizada por la empresa contratista Orica para el control oportuno en campo del tipo de mezcla utilizado (ver figura 1.1).

PRODUCTO	DENSIDAD gr/cm3						DENSIDAD LINEAL Kg/m							
	Fortis			Fortis Advantage			Fortis				Fortis Advantage			
	min	max	prom	min	max	prom	7 7/8	9	9 7/8	10 5/8	7 7/8	9	9 7/8	10 5/8
Emulsión	1.29	1.33	1.31	1.33	1.37	1.35	41.2	53.8	64.8	75.0	42.4	55.4	66.7	77.3
Anfo	0.75	0.79	0.77	-	-	-	24.2	31.6	38.1	44.1	#	-	-	-
HA-37	0.95	0.99	0.97	0.97	1.01	0.99	30.5	39.8	48.0	55.5	31.1	40.7	48.9	56.7
HA-46	1.13	1.17	1.15	1.15	1.19	1.17	36.2	47.2	56.9	65.8	36.8	48.0	57.8	67.0
HA-55	1.20	1.24	1.22	1.25	1.29	1.27	38.4	50.1	60.3	69.8	39.9	52.2	62.8	72.7
HA-64	1.27	1.31	1.29	1.30	1.34	1.32	40.6	53.0	63.8	73.8	41.5	54.2	65.3	75.6
HA-65/35	1.28	1.32	1.30	1.31	1.35	1.33	40.9	53.4	64.3	74.4	41.8	54.6	65.8	76.1

Densidad gr/cm3			
Agentes	min	max	prom
Nitrato	0.71	0.75	0.73
Petróleo	0.82	0.88	0.85



www.oricaminingservices.com

Figura 1.1: Cartilla informativa para el control de densidades en campo.

1.5.2.5. Accesorios de voladura

Entre los accesorios de voladura que se utilizan son: Fulminante balístico, Booster, Retardo de fondo, Retardo de superficie, Línea de inicio, Cordón detonante, Detonadores electrónicos, etc.

1.5.2. Generación de gases en una voladura

Una detonación explosiva produce una gama de productos gaseosos. Los principales gases son el nitrógeno, vapor de agua y dióxido de carbono junto con trazas de otros gases como monóxidos de carbono y óxidos de nitrógeno.

Los óxidos de nitrógeno-dióxido de nitrógeno, tiene una coloración característica que va desde el amarillo-naranja, hasta el rojo, los cuales pueden ser visibles luego de una voladura a cielo abierto. El color exacto que aparece, depende de la concentración de la mezcla y la longitud del área a través del cual será observado.

Por ejemplo una nube de gas que se extiende 10 metros en la dirección de la visual y que contiene 5 ppm (partes por millón) de dióxido de nitrógeno tendrá una coloración amarilla pálida, mientras que en una nube de similar dimensión, con una concentración de 500 ppm de dióxido de nitrógeno, aparecerá de color rojo oscuro.

La presencia de dióxido de nitrógeno, incluso a niveles bajos, es de interés debido a su toxicidad. Este reduce la capacidad de transportar oxígeno en la sangre, lo cual causa un daño bronquial y pulmonar. Aunque la probabilidad de exposición en corto o largo periodo en una operación a tajo abierto es insignificante, es recomendable esperar un periodo sensato de tiempo luego de un disparo para ingresar a la zona. Un vehículo puede ofrecer una protección adecuada por un periodo corto de tiempo cuando se tenga que atravesar una nube de baja concentración (amarilla), siempre que este tránsito sea inevitable. El límite máximo permisible indicado para el dióxido de nitrógeno es de 5 ppm.

La presencia de gases luego de un disparo (dióxido de nitrógeno) se debe principalmente a una detonación de mala calidad con componentes explosivos o parte de ellos que reaccionan generando un balance positivo de oxígeno, formando óxido nítrico el cual reacciona fácilmente con el oxígeno atmosférico para formar el dióxido de nitrógeno.

Los gases nitrosos son de acción lenta cuando la concentración es baja, notándose la reacción a veces recién después de 24 horas, si la concentración es alta los daños son serios e irreversibles. Los gases nitrosos se fijan en los alvéolos pulmonares reaccionando con el agua existente en ellos para formar ácido nítrico débil pero corrosivo, que destruye los pulmones causando daño permanente o fatal. Los gases en conjunto, inmediatamente después de ocurrida la detonación son sobrecalentados incrementándose la presión, y entran en estado de tensión, dando lugar a cambios de constitución por lo que paulatinamente se disipan y revierten a estados menos tóxicos como CO _ CO_2 y NO _ NO_2 , dependiendo esto de la disponibilidad de oxígeno libre en el ambiente. Esto significa que los gases tóxicos a los que nos referimos no son permanentes en la nube de gases formada, sino que se generan inicialmente en determinado volumen y se mantienen como tóxicos durante un determinado tiempo, para después disiparse haciéndose inocuos.

1.5.2.1. Causas de generación de gases tóxicos

Existen una serie de razones para una voladura de mala calidad. En la mayoría de los casos la generación de gases tóxicos son un resultado de la combinación de varias razones.

La principal se basa en el hecho de que las partículas de nitrato de amonio reaccionan más lentamente que la fase emulsión. La lenta reacción conduce a un mejor rendimiento de la mezcla explosiva HeavyAnfo sobre las emulsiones. La reacción de las dos fases (reacción rápida emulsión-oxígeno negativo, reacción lenta prill nitrato de amonio-oxígeno positivo), da como resultado un exceso de oxígeno, el cual bajo límites de confinamiento, entrega gases de óxido de nitrógeno.

Existen otros mecanismos que contribuyen a agravar el problema de los gases:

- **Tipo de Roca:** La presencia de roca fracturada alrededor del taladro, ayuda a la generación de gases, debido a que a través de las pequeñas fisuras, la mezcla explosiva tiende a filtrarse y por lo tanto se generan pequeñas columnas explosivas en dichas fisuras, las cuales no poseen un diámetro crítico para un buen disparo.

- **Desensibilización de la mezcla explosiva por taladros adyacentes:**

La interacción de taladros puede producir una reacción poco eficiente debido a la desensibilización de la presión. La presión puede transmitirse desde el taladro detonado más cercanos y alejados a través de las ondas de choque a lo largo de las grietas del macizo rocoso. Una baja velocidad de detonación (VOD) es una medida de la desensibilización, lo cual causa una menos que buena reacción y podría conducir a la generación de gases tóxicos.

- **Efectos del agua:** Una detonación ineficiente puede ser provocada por el daño de la mezcla explosiva con agua, mediante la interrupción de la columna explosiva o por impedir un adecuado contacto del primer con la mezcla. En el fondo de la columna explosiva, se encuentra una mezcla de agua y tierra (lodo), el cual sumado a un mal primer dentro del taladro (cercanía del cebo con el lodo), provoca un mal inicio y por ende generación de gases. La presencia de “agua dinámica” entre taladros, es también otro generador de dichos gases.

- **Confinamiento:** Un pobre confinamiento resulta en una menor presión en el taladro, lo cual provoca un mal comportamiento de la

mezcla explosiva para alcanzar su VOD máxima, aumentando la probabilidad de generación de gases.

- **Formulación del explosivo:** El Heavy Anfo es un producto muy sensible para la generación de gases. Por lo tanto se debe tener el cuidado pertinente para la correcta dosificación de diesel en el ANFO. Otro factor importante es la temperatura de la emulsión al momento de la mezcla con el ANFO, se sabe que a temperaturas mayores a 50 °C, el nitrato contenido en el Anfo, se degrada. Además se debe tener en cuenta si el explosivo que se viene utilizando no se adecua a las estructuras geológicas de la operación minera.
- **Dimensionamiento de la voladura:** La geometría del disparo y el diseño son factores importantes para la generación de gases. Por ejemplo se ha observado que el no poseer cara libre, da a lugar a niveles significativos de gases tóxicos.

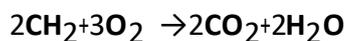
1.5.3. Balance de oxígeno

Este concepto representa la relación entre la cantidad de oxígeno efectivamente disponible para la reacción de la detonación y la necesaria para que ésta sea completa, expresada en tanto por ciento del peso del explosivo. Se determina calculando el oxígeno requerido para que el resultado de la

conversión del material explosivo a productos finales estables, como N_2 , CO_2 , H_2O , SO_2 , Al_2O_3 ,... (Según la respectiva composición), sea completa.

En la práctica, el balance de oxígeno representa el exceso o defecto de oxígeno para lograr la detonación completa de un compuesto o una mezcla, expresado como porcentaje en peso.

Si hay oxígeno insuficiente para la reacción completa de la oxidación se dice que el compuesto tiene un balance de oxígeno negativo; en este caso hay un exceso de combustible con relación al equilibrio estequiométrico. Por el contrario, se tiene un balance de oxígeno positivo si hay presencia de un exceso de oxígeno (o deficiencia de combustible).



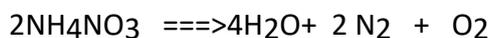
Corresponde a la proporción que representa el peso de oxígeno contenido o requerido respecto al peso total del compuesto.

Algebraicamente:

$$BO_{\text{compuesto}} = \beta PM_{O_2} / \alpha PM_{\text{compuesto}}$$

$$BO_{\text{mezcla}} = \sum BO_j \cdot x_j$$

Ejemplo: Nitrato de Amonio (NA) = NH_4NO_3



Como $\text{PM}_{\text{NA}} = 14 + 4 \times 1 + 14 + 3 \times 16 = 80$

y $\text{PM}_{\text{O}_2} = 2 \times 16 = 32$

$$\implies \text{BO} = 1 \times 32 / 2 \times 80 = +0.2 = +\underline{20\%}$$

El balance de oxígeno de un explosivo debe ser ligeramente positivo para evitar la formación de gases tóxicos. El margen de seguridad será de +2 a +5 como tope, buscando un promedio de 2 a +3 como ideal. Si es menor a +2 se formará CO, si es mayor a +5 el nitrógeno se oxidará formando NO y NO₂, más peligrosos que el CO.

Los gases contienen determinada proporción de vapor de agua inocuo, aparte del porcentaje presente en el ambiente como humedad y que parcialmente se incorpora en la forma de gases. También contienen polvos producidos al triturarse la roca. Los más finos o impalpables son los más perjudiciales para el organismo por su tendencia a fijarse permanentemente en los alvéolos pulmonares.

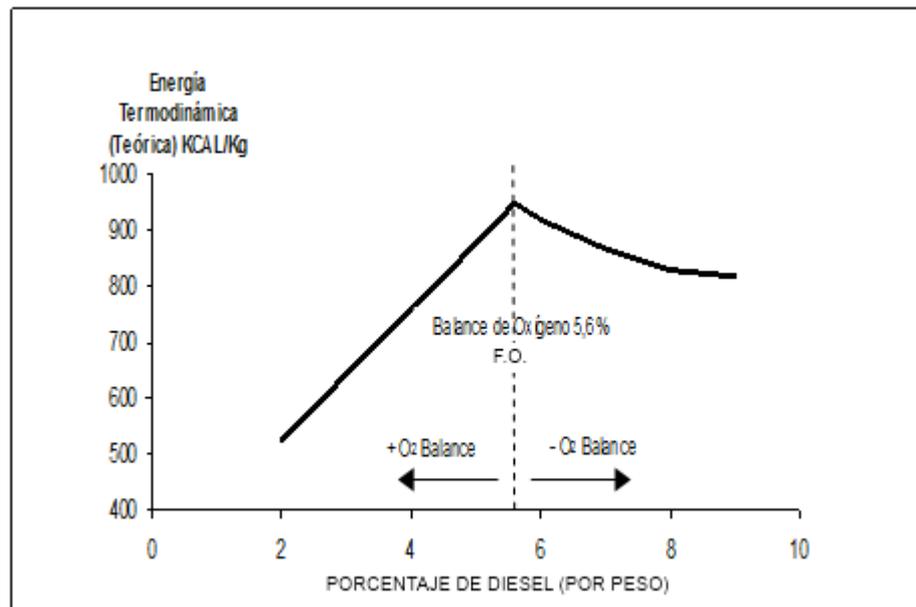


Figura 1.2: Energía involucrada en la detonación VS el porcentaje de F.O.

Fuente: Termoquímica de los explosivos –Dyno Nobel Samex

Nivel	Apariencia típica
Nivel 0 No existencia de gases	
Nivel 1 Gases	
Nivel 2 Poca cantidad de gases amarillos/naranjas	
Nivel 3 Moderada cantidad de gases naranjas	
Nivel 4 Significativa cantidad de gases naranjas	
Nivel 5 Exagerada cantidad de gases rojos	

Figura 1.3: Escala de gases en OrcaMiningServices.

Fuente: Oricapictorial fume scale - 2010

1.5.4. Fragmentación del macizo rocoso

Cuando la frecuencia de fracturas en el macizo rocoso es alta, es más fácil de obtener fragmentación fina y los factores de energía asociados con la voladura tienden a ser bajos. Rocas duras altamente diaclasadas o fracturadas se comportan muy similar a rocas más blandas y más débiles.

La combinación de roca y discontinuidades se puede considerar y modelar como una ruma de bloques mantenidos juntos por una combinación de la cohesión de la superficie de las diaclasas, el coeficiente de fricción de las superficies de las diaclasas y los esfuerzos actuando en los bloques (ya sea esfuerzos hidrostáticos en aplicaciones de superficie o una combinación de esfuerzos hidrostáticos o tectónicos en aplicaciones subterráneas profundas).

Autores como McKenzie (1984) y la ISEE (1998) han sugerido que para lograr la máxima utilización de la energía del explosivo en el proceso de fragmentación es necesario equiparar la impedancia del explosivo lo más cercana posible a la impedancia de la roca. La impedancia se define como el producto de la velocidad y la densidad. Para el explosivo, la impedancia se refiere al producto de la densidad dentro del taladro y a la velocidad de detonación del explosivo, mientras que en la roca la impedancia se define al producto de la velocidad de las ondas P y la densidad del macizo rocoso. Luego, se tiene:

$$\rho_{\text{exp}} * VOD = \rho_{\text{roca}} * V_p$$

DONDE:

ρ es la densidad,

VOD es la velocidad de detonación del explosivo

V_p es la velocidad de la onda P de la roca.

Tratando de igualar las impedancias, rocas masivas y de alta resistencia (con velocidades P en el rango de 4,500 a 6,000 m/s) se fragmentan mejor con un explosivo con alta densidad y alta velocidad de detonación. La impedancia de los explosivos nunca alcanzará la impedancia de la roca, debido a las bajas densidades de los explosivos comerciales.

Muchas rocas, sin embargo, más que fragmentación requieren desplazamiento y para este tipo de rocas la utilización de la energía de choque es de importancia secundaria comparada con la generación y utilización de la energía de levantamiento (heave). Estas rocas se benefician del uso de explosivo de baja velocidad de detonación y es en esta aplicación que el uso de explosivos aluminizados se adecua mejor.

CAPITULO II

GENERALIDADES, OPERACIONES MINA Y PLANTA

2.1. Generalidades

Minera Yanacocha es la productora de oro más grande de América del Sur, situada a gran altura sobre la Cordillera de los Andes Peruanos, a 48 kilómetros (30 millas) al norte de la ciudad de Cajamarca. La misma está compuesta por cinco tajos a cielo abierto, cuatro plataformas de lixiviación y tres plantas de recuperación de oro.

El accionariado de Minera Yanacocha está compuesto de la siguiente forma:

- NewmontMiningCorporation, con sede en Denver, Estados Unidos (51.35% de las acciones).

- Compañía de Minas Buenaventura, empresa peruana (43,65%)
Compuesta por más de 2800 socios que comparten acciones de esta compañía.
- Corporación Financiera Internacional (IFC), brazo financiero del Banco Mundial (5%), la presencia del Banco Mundial garantiza la exigencia de los estándares más altos en seguridad, no depredación del medio ambiente y responsabilidad social.

Newmont comenzó a explorar en Perú en 1982 y a producir a fines de 1992. La mina vendió 1,6 millones de onzas de oro en el 2004 e informó una reserva de 12,1 millones de onzas de oro para finales de ese año. Las reservas son estimaciones de depósitos de oro que pueden ser extraídos de manera lucrativa.

Minera Yanacocha posee un plantel que incluye 2.303 empleados permanentes de la mina y hasta 6.745 contratistas, que viven junto a sus familias en la ciudad de Cajamarca. Cerca de 104 empresas locales de bienes y servicios son proveedoras directas de Minera Yanacocha. Las operaciones están en una zona que cuenta con 65 comunidades cercanas con 20 000 habitantes, beneficiados por los proyectos de salud, educación, saneamiento e infraestructura impulsados por la empresa minera.

2.2. Ubicación y accesibilidad

El depósito de oro y plata “Cerro Yanacocha”, es uno de los varios depósitos de sulfuros en el distrito de Yanacocha. Este distrito está localizado en una zona volcánica Cenozoico en el norte de los Andes del Perú, aproximadamente a 600km. al norte de Lima (capital del Perú).

El acceso al distrito Yanacocha se hace por la carretera Cajamarca-Bambamarca. Son aproximadamente 39 km de carretera desde la ciudad de Cajamarca hasta las instalaciones de la mina.

El acceso a Cajamarca: Vía aérea Lima-Cajamarca (vuelo directo), el tiempo de vuelo es de 1 hora. Vía Terrestre: Lima-Cajamarca, el tiempo de viaje es de 14 horas (la carretera está asfaltada en un 95%, el 5% restante se encuentra en trabajos de asfaltado).

Está ubicada en la línea divisoria continental, separando arroyos que drenan hacia el este a la Cuenca del Amazona y posteriormente al Océano Atlántico (en las cuencas de Porcón, Chonta y Honda) de aquellas que drenan hacia el oeste al Océano Pacífico (en la cuenca del río Rejo), según se muestra en las Figura 2.1 y 2.2.

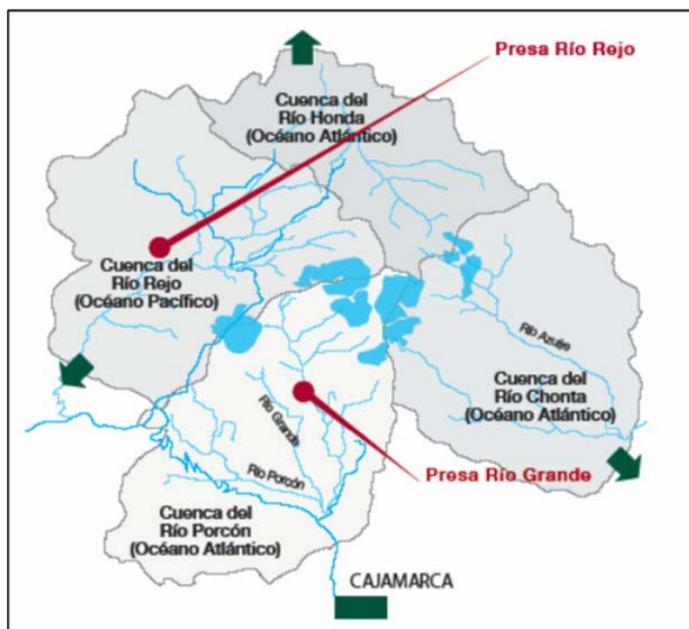


Figura 2.1: Mapa de las cuatro cuencas hidrográficas
Fuente: Yanacocha Responsabilidad Social y Ambiental 2005

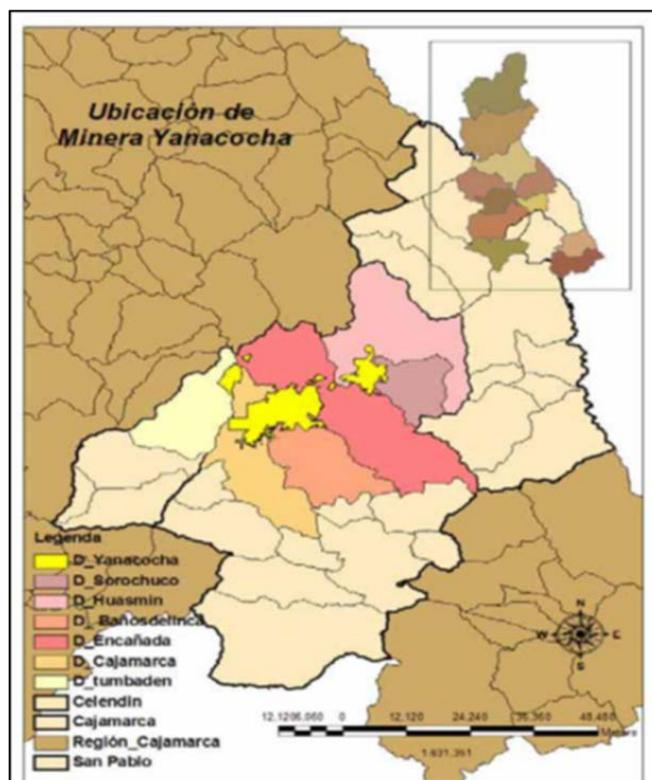


Figura 2.2: Mapa de ubicación de MYSRL en los distritos de Cajamarca
Fuente: Yanacocha Responsabilidad Social y Ambiental 2005

Minera Yanacocha (MYSRL), es una mina de extracción de oro a Tajo abierto por lixiviación de cianuro y a partir del año 2008 cuenta con la Planta de tratamiento para minerales de alta ley, denominada Gold Mill. Actualmente está compuesta por cuatro tajos a cielo abierto en operación: Chaquicocha, Yanacocha, El Tapado y Carachugo. Así como Maqui Maqui que se encuentra en proceso de cierre y el Tajo San Jose que se convirtió en un activo ambiental transformando el tajo en un reservorio de agua.

2.3. Geología General

El Distrito de Yanacocha está centrado en unidades volcánicas intermedias a ácidas del Eoceno al Mioceno conocidas como Complejo del Domo de Flujo Yanacocha. La geología refleja los procesos activos tectónicos y volcánicos de los Andes. En el distrito minero, hubo erupciones de magma con sílice o ácido a lo largo de fallas estructurales, produciendo estructuras de domo en el flujo. Estas composiciones de sílice fueron mineralizadas por soluciones hidrotérmicas ricas en oro y, dado que estas composiciones contienen oro, son el objetivo principal de la extracción.

Las rocas contienen predominantemente cuarzo, alunita $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$, además de arcillas. La mineralización aurífera estuvo acompañada de pirita, enargita $Cu_3(As,Sb)_4S_4$, y otros minerales sulfúricos de cobre (covelita, digenita y chalcocita). El mineral contiene niveles elevados de arsénico, 130 mg/kg, y plomo, 630 mg/kg, además de bajos niveles de cobre, 41 mg/kg, mercurio, 8.6 mg/kg, zinc,

25 mg/kg, y molibdeno, 25 mg/kg. (Turner, 1997).

En el Distrito Minero de Yanacocha, las formas de sílice están casi totalmente oxidadas. Alrededor de estas formas hay zonas argílicas avanzadas, y alteración argílica, que no contienen oro, sino que contienen minerales de sulfuro sin oxidar, teniendo potencial de generar ácido.

La profundidad de oxidación (la profundidad donde predominan los minerales de sulfuro) varía en todo el distrito, fluctuando entre más de 200 m en Yanacocha Sur, hasta 150 m en el centro de Maqui Maqui, hasta la exposición superficial de minerales de sulfuro en márgenes de Yanacocha Norte. No se han encontrado zonas de sulfuro bajo los yacimientos de Carachugo o San José en perforaciones de 300 m de profundidad. En esta profundidad, la roca empieza a ceder y se mezclan los óxidos con sulfuros, conformando la zona transicional de 50 a 60 m de espesor. Debajo de la zona transicional, las formas minerales de oro continúan contenidas en sulfuros primarios.

En esta zona, los niveles poco profundos son porosos y contienen bajas concentraciones de la mayoría de los metales, con la excepción del mercurio (por ello aparece como subproducto del proceso minero). Por ejemplo se encuentra el cobre que ha lixiviado, hay oro en óxidos de hierro, plata en jarosita (hidróxido de sulfato de hierro potásico), y arsénico en escorodita (arsenato de hierro hidratado) o con plomo en beudanita (un sulfato de arsénico-plomo). En la zona de sulfuro, hay oro en enargita, que a su vez contiene plata, y piritita que contiene arsénico.

A diferencia de los otros yacimientos minerales, La Quinoa es un yacimiento fluvioglacial cuaternario. Un glaciar cortó la parte superior y una porción del lado oeste del yacimiento Yanacocha y lo transportó 2 km al oeste al área de La Quinoa. Los arroyos y posiblemente un aluvión (huaico) re movilizaron el material glacial, extendiéndolo en un área de 9 km², dejando la mineralización aurífera en gravas originalmente derivadas del yacimiento Yanacocha.

2.4. Geología Regional

La mineralización de oro en el distrito de Yanacocha forma parte del conjunto de depósitos polimetálicos que están ubicados a lo largo de la Cordillera de los Andes, y el cual está asociado al volcanismo Cenozoico y las rocas intrusivas (Turner, 1997).

Los Andes Peruanos son el resultado de la subducción de la litósfera oceánica (placa de Nazca) debajo de la litósfera continental (placa Sudamericana). La primera actividad magmática ocurre en el Terciario inferior y es representado por un volcanismo efusivo de tipo lávico andesítico, correspondiente al volcánico Llama. Contemporáneamente se inicia la primera pulsación intrusiva en la región, correspondiente a intrusivos dioríticos (stocks Michiquillay y Picota) data del Eoceno medio.

La segunda manifestación magmática ocurre durante el Mioceno inferior (fase

Quechua I) y corresponde al emplazamiento de numerosos stocks, entre ellos los pórfidos de: Chailhuagón, Perol, Mishacocha, Corona, Jesús y Yanacocha, todos ellos datados (K/Ar) entre 11 y 20 Ma. La composición evoluciona desde una microdiorita con hornblenda hasta microgranodioritas y pórfidos cuarzo feldespático. Paralelamente a esta fase intrusiva se desarrolla la depresión volcánica tectónica de Yanacocha (20 x 20 km), compuesta de derrames lávicos y flujos piroclásticos de composición dacítica-andesítica y asociado a domos porfiríticosandesíticos, cuyas edades varían desde el Mioceno inferior a medio entre 10 y 19 Ma (Longo, 2002; Turner, 1997). Este volcanismo es el principal albergante de la mineralización epitermal de Au-Ag y está asociado a stocks porfiríticos del tipo pórfidos, diatremas y brechas pipes.

Posterior a la gran actividad volcánico-plutónica Miocénica se produce el levantamiento Andino y erosión, seguidamente se deposita el volcanismo de la Formación Huambos, constituido por coladas piroclásticas de composición andesítica-dacítica que recubren valles y depresiones del distrito de Yanacocha.

Finalmente en el Pleistoceno, ocurre una fuerte etapa de glaciación que erosiona el depósito de Yanacocha dando lugar a la depositación de morrenas y gravas del depósito La Quinua.

2.4.1. Estratigrafía sedimentaria y volcánica.

La geología de la región de Cajamarca – Yanacocha está constituida por un basamento sedimentario de edad Cretácea que ha sido plegado, fallado e intruído por stocks terciarios y recubiertos por efusiones volcánicas de edad Terciaria.

Regionalmente el grupo Calipuy se subdivide en dos unidades: Volcánicos Llama y Volcánicos Porculla. Sobre ellas yacen con discordancia erosional las ignimbritas de la Formación Huambos. Turner, considera a la Formación Huambos como parte del Grupo Calipuy.

Basamento Cretáceo

La serie Cretáceo inferior, está constituida principalmente por una secuencia arenácea cuarcítica con intercalaciones de limolita, correspondientes al Grupo Goyllarisquizga; estas secuencias están coronadas por una secuencia limo-calcárea correspondientes a las grandes transgresiones albiánas. Las rocas del Cretáceo superior están mejor desarrolladas y conforman una potente secuencia calcárea, correspondientes a las formaciones: Inca, Chulec, Pariatambo, Yumagual, Mujarrún, Quilquiñan y Celendín. Las rocas del Cretáceo superior y Paleoceno (Terciario inferior) consisten de Capas Rojas y conglomerados de la Formación Chota. Las capas rojas están relacionadas con la

fase orogénica Andina del Cretáceo superior (Reyes, 1980; Megard, 1987; Ingemmet, 1995).

Volcánicos Llama

Es la secuencia basal y está dominada por flujos de lava, conglomerados volcánicos (flujo de debris) y rocas volcanoclásticas. Esta secuencia se localiza al sur del distrito de Yanacocha y presenta una débil alteración argílica y propilítica.

Volcánicos Porculla

Consiste de rocas piroclásticas intercaladas con niveles lávicos y cortadas por multi-fases de eventos intrusivos. Según Turner, los volcánicos Porculla se subdividen en el Complejo Volcánico Yanacocha y los Volcánicos Regalado.

Complejo Volcánico Yanacocha: Esta secuencia volcanoclástica se extiende regionalmente y es en donde se alberga la mineralización del distrito de Yanacocha. Este Complejo Volcánico de edad Miocénica está constituido por rocas piroclásticas y flujos de lava de composición andesítica.

Volcánicos Regalado: Una secuencia delgada de lavas andesíticas muy viscosas, cubren principalmente las zonas de depresiones y sobreyacen a las rocas del Complejo Volcánico Yanacocha. Estos flujos de probable origen

fisurales correlacionados con los Volcánicos Regalado (Reyes, 1980).

Volcánicos Huambos

Posterior a la gran actividad volcano-plutónica Miocénica se produce el levantamiento Andino y erosión, seguidamente se deposita el volcanismo de la Formación Huambos constituido por coladas piroclásticas andesítica-dacítica que recubren valles y depresiones del distrito de Yanacocha. Dos secuencias de distinta composición de flujos de brechas piroclásticas son reconocidas al norte y sur del distrito. La primera de composición dacítica, corresponde al miembro Fraylones y la segunda de composición andesítica corresponde al miembro Otuzco, ambos de la Formación Huambos, asociados a distintos centros eruptivos.

2.5. Geología estructural.

La más importante característica estructural en la región es el lineamiento trans- andino que forma el corredor estructural Chicama – Yanacocha (Quiroz, 1997). Este corredor alberga una serie de fallas de dirección NE, emplazamiento de intrusivos, y controla la localización de varios pórfidos y yacimientos de alta sulfuración.

Un conjunto de fallas de rumbo general NW-SE se disponen con ligeras variaciones de rumbo, definiendo el corredor estructural Yanacocha –

Hualgayoc, de 5 a 6 Km de ancho (Quiroz, 2002). A lo largo de este corredor se disponen coincidentemente una serie de ocurrencias de mineralización tanto dentro como fuera del distrito de Yanacocha.

Dentro del distrito de Yanacocha se observa un alineamiento de dirección NE definido por la sucesión de depósitos que constituyen parte del Complejo Volcánico Yanacocha. Entre ellos tenemos al Cerro Yanacocha, Carachugo, Maqui Maqui, Chaquicocha, Cerro Negro, Cerro Quillish, el Tapado y La Quinua.

2.6. Planta Gold Mill.

Como consecuencia de la profundización de los tajos en Minera Yanacocha, comenzaron a aparecer minerales transicionales con contenidos de oro, plata y cobre; estos minerales tienen leyes de oro mayores a 1 g/ton, por otro lado, la recuperación de oro en el proceso convencional de lixiviación en pilas está en promedio de 70% y el tiempo de lixiviación es de 70 días. Debido a estos parámetros se planteó la idea de lixiviar mineral de alta ley de oro con contenidos de plata y cobre, luego de realizarse las pruebas de laboratorio se determinó que dichos minerales podrían ser lixiviados según lo planeado con un ciclo de procesamiento de 24 horas y se podría obtener recuperaciones entre 10% y 20% mayor a la recuperación que se obtiene en la lixiviación en pilas, dependiendo si se trata de minerales transicionales u oxidados.

Como consecuencia de la evaluación económica y de la cantidad de mineral

que cumple estas condiciones se determinó construir una planta de lixiviación en tanques que incluye una planta de chancado y un molino SAG en circuito cerrado.

Se diseñó una planta con una capacidad para procesar 620 ton/h equivalentes a 5.0 Mtpa. El 25 de marzo del año 2008, la planta Gold Mill inició sus operaciones. La planta Gold Mill alcanzó el nivel de producción industrial a los 5 días del arranque, rápidamente excedió la capacidad nominal de diseño pasando de 5.0 Mtpa a 5.5 Mtpa en los siguientes 12 meses, sin embargo el producto de molienda era más grueso que los 75 μm de diseño pero esto no afectaba la recuperación del oro.



Figura 2.3: Vistas del stock pile y SAG Mill



Figura 2.4: Molino SAG Mill

La planta Gold Mill consiste de una etapa de chancado primario que es alimentada con el mineral de mina con tamaños de hasta 80 cm, el producto de la chancadora de quijadas esta entre 5" a 6" y se almacena en un stock pile con capacidad para 35 mil toneladas (ver Figura 2.3) las cuales alimentan al molino SAG 32' x 32' (ver Figura 2.4) mediante tres alimentadores de placas, el molino es accionado mediante un motor "wraparound" sin engranaje de 16.5 MW de velocidad variable y opera en una etapa simple con una serie de hidrociclones de los cuales el underflow retorna junto con los pebbles al molino en circuito cerrado y el overflow fluye hacia un espesador de pre-lixiviación donde a la pulpa se le dosifica cianuro de sodio para iniciar el proceso de lixiviación de oro y adicionalmente es espesada a 60% de sólidos para poder obtener un tiempo de residencia de 24 horas en un circuito de 6 tanques de lixiviación, una vez terminado el ciclo de lixiviación en tanques la pulpa fluye por gravedad hacia un circuito de cinco espesadores para lavado en contracorriente (CCDs); este circuito CCD tiene dos productos: una pulpa pobre en oro al 60% sólidos que es bombeada a un depósito de relaves localizado dentro de la pila de lixiviación de La Quinoa y otro producto es la solución enriquecida con metales principalmente oro, plata y cobre.

Cuando la solución proviene de lixiviar mineral oxidado, la solución rica solo contiene oro la cual se bombea a la planta de columnas de carbón para la adsorción del oro, por otra parte cuando la solución rica proviene de lixiviar mineral transicional, esta solución primero se envía al circuito SART (sulfidización,

acidificación, recirculación y espesamiento). El objetivo del proceso SART es recuperar el cobre y la plata de la solución rica proveniente del circuito CCD.

El diagrama de flujo del Proceso Gold Mill se muestra en la Figura 2.5.

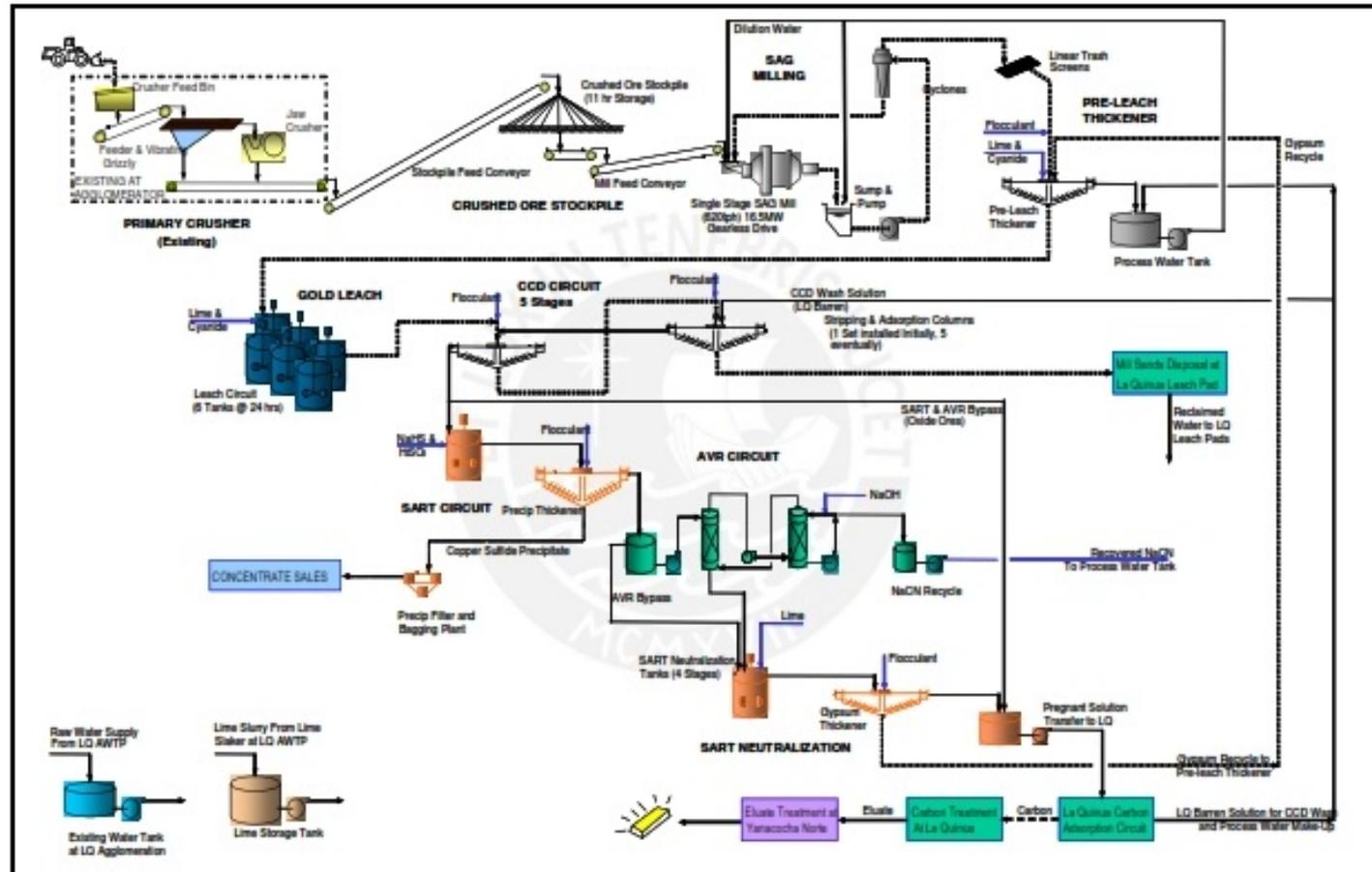


Figura 2.5: Diagrama de flujo del Proceso Gold Mill

2.7. Operaciones Mina

2.7.1. Procesos Operativos Primarios

Los procesos operativos primarios refieren a los trabajos de perforación y voladura, los cuales son soportados por las diferentes áreas como Geotecnia, Geología y Planeamiento, quienes a través de una serie de coordinaciones y evaluaciones, se definen la zona a perforar, muestrear y disparar, tal como se muestra en la figura 2.6.

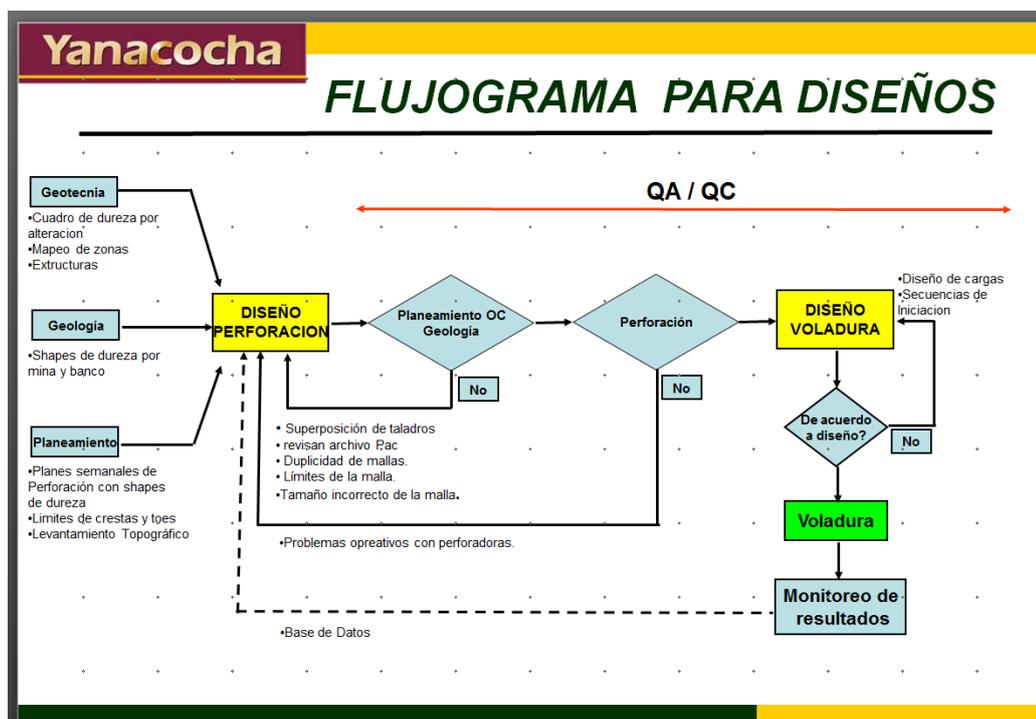


Figura 2.6: Gestión de Voladura en Minera Yanacocha.

Fuente: Ingeniería P&V en Minera Yanacocha

2.7.2.Perforación

Es la primera actividad del ciclo de producción en donde el alto nivel de detalle que se tenga, permitirá obtener resultados favorables que se reflejara en el resto de actividades unitarias.

En Minera Yanacocha, las perforadoras hacen taladros de 5", 7 7/8", 9 7/8" y 10 5/8" de diámetro, con profundidades de 10 a 24 metros, uniformemente espaciados según corresponda el tipo de malla de perforación.

Los modelos y cantidades que se tienen son los que se muestran en la tabla2.1.

Tabla2.1: Cantidad de perforadoras según tipo

EQUIPOS	MODELO	NOMBRE	CANTIDAD
PERFORADORAS	AC PV271	TD020 - TD028	9
	IR DML	TD010 - TD014	5
	IR ROCK DRILL L8	TD031	1

Las perforadoras PV271 poseen alta precisión HPGPS y pueden perforar 15 m. con una sola barra, pero con adición de barras de perforación pueden llegar hasta una profundidad de 28m.

Para iniciar la perforación con las IR DML, los puntos de perforación tienen que ser marcados por topografía ya que estos equipos no cuentan con el HPGPS.

Estos equipos perforan en una sola pasada hasta 10 m. pero con adición de barrenos, pueden llegar a 13 m.

Las perforadoras IR Roc L8 realizan perforaciones inclinadas para precorte. Estos equipos no realizan otra función específica.

2.7.2.1. Tipos de taladros

Los tipos de taladros que se perforan en los tajos van orientados al tipo de resultado que se quiere obtener, es así que se perforan tres tipos de taladros, como son: Precorte, Procedimiento (llamados así en MYSRL a los del tipo buffer) y Producción.

Precorte

Este paquete de taladros tiene la finalidad de proteger las paredes del tajo, minimizando las vibraciones de la voladura.

En MYSRL los taladros se perforan con diámetros de 5", un espaciamiento de 1.8m. Con un powder factor de 1.0-1.3 kg/m². La perforación se realiza con las perforadoras ROC L8 en terrenos duros, en una posición inclinada de 65° a 75° pudiendo llegar a una profundidad aproximada de 30m.

La voladura de los taladros de Precorte no genera volumen de material fragmentado, solo crean un plano en el macizo rocoso generando la cara del talud. Esta solo se realiza cuando el material es duro y medio, cuando se tiene material de dureza suave (<25Mpa), no se realiza voladura de taladros de precorte

Procedimiento (Taladros Buffer)

Este segundo paquete de taladros, cercanos a la pared son perforados con diámetros de 9 7/8", con parámetros de perforación específicos (burden, espaciamiento y subdrilling) según la dureza del material y son realizados por las perforadoras IR DML.

El diseño de los taladros de procedimiento contempla tres filas denominadas Fila Adyacente, 1ra Producción y 2da Producción. El objetivo de estas filas es dosificar el Powder Factor cercano a la pared, cada fila tiene un diseño diferente.

Producción

Son los taladros que generan la producción del material volado en una operación minera.

La perforación de los taladros de producción se realiza con la perforadora PV 271 (con diámetros de 10 5/8"), en casos en los cuales la

estabilidad del terreno no sea favorable a la perforadora PV 271, se realiza con la perforadora IR DML y se hacen taladros de 9 7/8”.

2.7.2.2. Procedimiento de perforación primaria

Inspección del área a perforar

Los accesos al área de perforación, deben tener un ancho de 2 metros adicionales al ancho del equipo, deben contar con su berma de seguridad de 0.5m de altura y letreros que indiquen: “Prohibido el ingreso sin autorización, área en perforación” y “Prohibido mover puntos de perforación”. Al perforar cerca de cualquier talud, se debe verificar y evaluar que se encuentren estables.

Pisos

Las áreas entregadas por Operaciones (Carguío y acarreo) para perforación, deberán estar bien niveladas. El piso como área de perforación debe ser uniforme, sin obstáculos, ondulaciones, ni formas irregulares, toes; asimismo, se debe estar libre de material suelto y contar con un fácil acceso. Del mismo modo debe contar con drenajes que eviten su inundación por lluvias.

Marcado de puntos a perforar

Esto se realiza si el equipo no cuenta con el sistema HPGPS. Los taladros a perforar deben estar bien identificados, alineados y señalizados para realizar una correcta secuencia de perforación sin dejar taladros por perforar (de acuerdo a lo diseñado)

Inicio de la perforación

Antes de iniciar la perforación se debe revisar el plano de diseño de mallas con su respectiva leyenda, donde se indica: dureza del material, inclinación, profundidad requerida para la perforación de los taladros (Precorte, Procedimiento (buffer) o Producción) también revisar el diámetro y tipo de broca requerida de acuerdo al diseño y dureza.

Las perforación de taladros se realizará con una secuencia ordenada, asimismo la perforadora se tiene que ubicar de manera perpendicular a la cresta. Así mismo, se tendrá en cuenta los parámetros de perforación que se muestran en la tabla 2.2, según el diámetro de broca a utilizar.

Tabla 2.2: Parámetros para la perforación según dureza de material y broca de perforación.

Fuente: Memo IM-I-M-156 Cookbook de Perforación y Voladura MYSRL

Diametro de broca 9 7/8"			
Peso maximo sobre la broca		Velocidad de rotación	Presion de aire en cabina
Material Duro	65,000 libras	80 - 90 RPM	Min. 45 psi, Max 58 psi
Material Medio	50,000 libras	90 - 100 RPM	Min. 45 psi, Max 58 psi
Material Suave	28,000 libras	100 - 110 RPM	Min. 45 psi, Max 58 psi
Diametro de broca 10 5/8"			
Peso maximo sobre la broca		Velocidad de rotación	Presion de aire en cabina
Material Duro	73,000 libras	80 - 90 RPM	Min. 45 psi, Max 58 psi
Material Medio	55,000 libras	90 - 100 RPM	Min. 45 psi, Max 58 psi
Material Suave	30,000 libras	100 - 110 RPM	Min. 45 psi, Max 58 psi

Marcado de puntos perforados

Al finalizar la perforación del taladro se realiza el marcado o identificación de taladro, en donde se consignan los siguientes datos: Numero de malla, numero de taladro, profundidad requerida según diseño, profundidad perforada. Dejando la estaca al costado del taladro para la verificación por el personal de voladura.

2.7.3.Voladura

La voladura es un proceso tridimensional, en el cual las presiones generadas por los explosivos confinados dentro de los taladros, originan una zona de alta concentración de energía que produce dos efectos dinámicos, como son: fragmentación y desplazamiento.

2.7.3.1. Instalaciones y equipos

Las instalaciones y equipos específicamente orientados a temas de voladura son los que se mencionan a continuación:

- Almacén de nitrato y emulsión con una capacidad de almacenaje de 2,400 toneladas de nitrato y 350 toneladas de emulsión.
- Polvorín de explosivos el cual se utiliza para el almacenaje de los accesorios de voladura.
- Camiones fábrica. Se trabaja con camiones Auger y Quadra.
- Planta de fabricación de emulsión. De propiedad de la empresa contratista Orica.

2.7.3.2. Agentes y accesorios de voladura

Anfo

Mezcla de nitrato de amonio (94%) y combustible diésel D2 (6%). El Anfo no tiene resistencia al agua, tiene baja densidad (0.78-0.81 g/cc), baja potencia, baja velocidad de detonación y no puede ser explotado por un solo detonador normal posee un mejor acoplamiento a la roca, completa el llenado del taladro y posee un alto grado de seguridad.

Emulsión matriz

Mezcla compuestas básicamente por una solución oxidante de Nitrato de amonio y agua, por un combustible insoluble en el agua, un agente emulsificante y por elementos sensibilizadores y potenciadores.

Anfo pesado

Son mezclas de emulsión matriz y Anfo en diferentes proporciones que permiten mejorar la energía del explosivo, así como darle resistencia al Anfo, ya que satura con emulsión los intersticios vacíos entre los prills.

Estos anfos pesados se pueden preparar en diferentes relaciones de acuerdo a los requerimientos de la voladura, para MYSRL los más comunes son:

- HA 37 (30% emulsión y 70% de ANFO)
- HA 46 (40% emulsión y 60% de ANFO)
- HA 55 (50% emulsión y 50% de ANFO)
- HA 65/35 (65% emulsión y 35% de ANFO), para taladros con agua.

Accesorios de voladura

Entre los accesorios de voladura que se utilizan son: Fulminante balístico, Booster, Retardo de fondo, Retardo de superficie, Línea de inicio, Cordón detonante, Detonadores electrónicos, etc.

2.7.3.3. Procedimientos de Voladura

Al iniciar el manejo de explosivos, es muy importante tener en cuenta los aspectos de seguridad, debido a eso se debe cumplir estrictamente todos los procedimientos correspondientes a la operación de carguío de taladros y la ejecución de la voladura.

Procedimiento de coordinación de la operación

Una vez finalizada la perforación se debe de entregar el área perforada para proceder con el carguío de los taladros, la zona debe de estar señalizada con la inscripción “NO FUMAR” y otro con la inscripción “AREA CARGADA CON EXPLOSIVOS”.

Identificación de taladros y distribución de accesorios

Cada taladro va estar con su número de identificación, profundidad de diseño y lo realizado en el cual se procede a distribuir los

detonadores electrónicos, nonel y el iniciador (Booster) en forma ordenada y separada en cada taladro, verificando que el electrónico y el iniciador se encuentren distribuidos en direcciones opuestas con respecto al diámetro del taladro.

Procedimiento para carguío de taladros

Se iniciara instalando la conexión del iniciador (booster) con el detonador pirotécnico y/o electrónico en los espacios del iniciador provistas para ello, y desplazando en forma axial sobre la columna del taladro. Se colocará el iniciador como guía al camión mezclador para abastecer la mezcla explosiva al taladro, siempre en constante medición con la huincha para obtener la altura de taco solicitado, e indicar al operador para que deje de abastecer.

Colocación de taco

Luego de concluir con el abastecimiento de explosivo al taladro, se guiara al camión de detritus para la descarga del taco, siempre verificando que el material tamizado usado en la colocación del taco sea de buena calidad y con el diámetro promedio requerido (1" a 1.5"). Un operador siempre debe estar guiando la ubicación del camión de

detritus para la colocación de taco, así como sus movimientos para ubicación en otros taladros y evitar que se pisen estos.

Conexión

Se procederá con la distribución de retardos de superficie en la parte superior del taladro confinado siempre en una parte visible. Se revisará la orientación de cada uno de los taladros en todas las filas a dispararse. Se conectará inicialmente los retardos entre filas, para después proceder a conectar los retardos entre taladro y taladro, asegurándose que estén conectados y sujetos a su block de forma segura y teniendo en cuenta que la capacidad máxima, es de 6 conectores por block (según recomendación del fabricante).

Finalizando el amarre se verificará que las conexiones estén seguras y que la calidad del material este en perfectas condiciones. Así el disparo quedará listo para ser iniciado.

Cierre de accesos e inicio de voladura

De acuerdo a la zona de influencia de la voladura se coordinará con los vigías para realizar los bloqueos, el cual debe contar con una paleta que diga "ALTO DISPARO", asimismo se comunicara por radio, se realizará la alarma mediante una sirena por las vías de acceso a la zona de voladura. Luego que el supervisor encargado verifique que la zona

cercana a la voladura en un radio de 500m. Esté liberada, se procederá a realizar el conteo regresivo para realizar la voladura.

Fin de voladura

Luego de transcurridos 20 minutos después de la voladura y que no hayan gases (visibles) se ingresará al área volada para verificar la conformidad de la voladura; asimismo los asistentes de campo (voladura) realizarán una inspección rápida en el área volada, donde verificarán la detonación de todos los retardos de superficie y reportarán por radio al supervisor de voladura la detonación de todos los taladros.

Para dar por concluido el proceso, el supervisor de voladura comunicará radialmente la conformidad del disparo para proceder a despejar el acceso bloqueado y termino del proceso de voladura.

2.8. Planta de fabricación de emulsión.

Ante la necesidad de mejorar el abastecimiento de emulsión para el proceso de voladura, Minera Yanacocha optó por solicitar a la empresa contratista que administre una planta de fabricación de emulsión no sensibilizada que se ubique dentro de la operación misma (Minera Yanacocha). Para ello la empresa contratista OricaMiningServices, adquiere la planta de fabricación de emulsión que fue construida por la anterior empresa Dyno Nobel en el año 2005.

La planta de fabricación de emulsión, tiene una capacidad máxima de producción de 100 ton/día, lo cual puede variar dependiendo del stock de los insumos para la fabricación así como de las condiciones climáticas en la zona (presencia de tormentas eléctricas).

La planta cuenta con 4 silos de almacenamiento de 50 ton.de capacidad cada uno y el consumo promedio de emulsión diario es de 80 ton/día.

2.8.1.Diagrama de flujo

El proceso de fabricación de emulsión dependerá del tipo de emulsión a fabricar, ya que ante la necesidad de contar con una mezcla explosiva diferente que sea capaz de tener mayor estabilidad y resistencia a las condiciones del macizo rocoso y la operación, la planta de fabricación de emulsión implemento el proceso de producción de la emulsión Fortis Advantage (OricaMiningServices) o comúnmente llamada emulsión acida, debido a los insumos que esta lleva.

A diferencia de la emulsión matriz, la emulsión acida, presenta en su composición agentes químicos como la thiourea y el ácido acético además de los componentes que comúnmente lleva la emulsión matriz tal como se muestra en la figura 2.7.

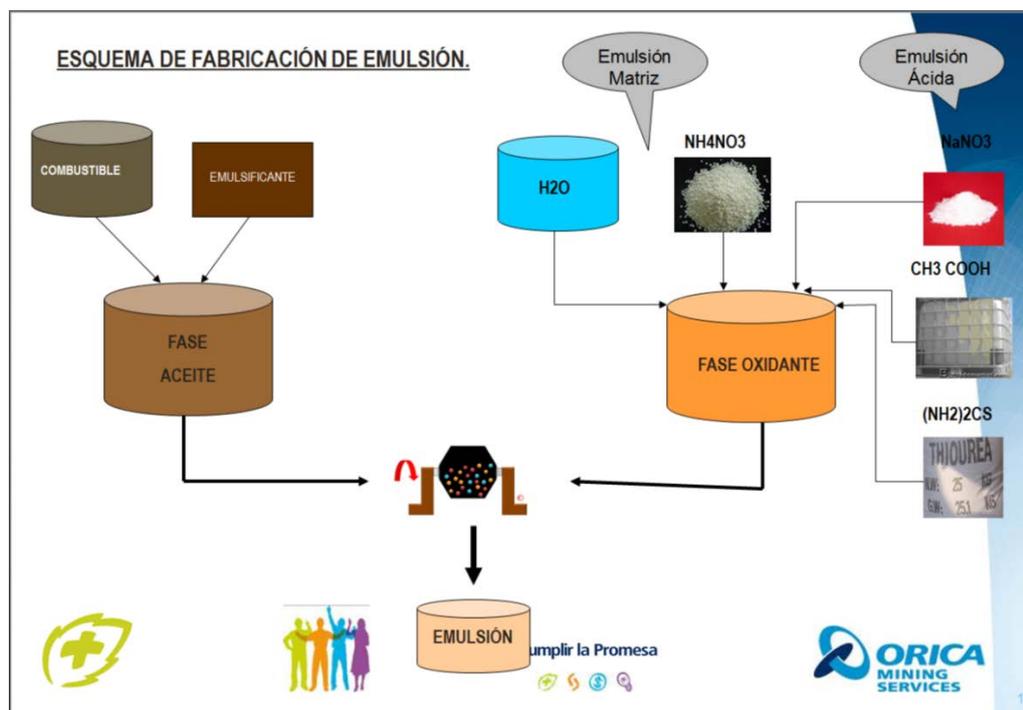


Figura 2.7: Diagrama de flujo del proceso de producción de emulsión.

2.8.2. Emulsión Matriz

La emulsión matriz o FortisTMMex (Marca registrada OricaMiningServices) es un componente usado por la industria minera para mezclar con nitrato de amonio, diésel y producir un producto explosivo en el taladro de voladura. Esta es una emulsión no explosiva fabricada a partir de una solución oxidante y otra combustible.

FortisTMMex tiene un balance de oxígeno negativo y parece un fluido viscoso de color amarillo opaco, similar a una grasa liviana o un aceite pesado.

Como la emulsión matriz no es un producto explosivo, las propiedades relativas a las características explosivas no son aplicables.

Densidad de Fortis: 1.29 – 1.33 g/cm³

2.8.3. Emulsión Ácida

La emulsión ácida o FortisTM Advantage (Marca registrada OricaMiningServices) es un componente usado en la industria minera para mezclar con nitrato de amonio, diésel y producir un producto explosivo en el taladro de voladura. Esta es una emulsión no explosiva fabricada a partir de una solución oxidante, otra combustible, además de agentes químicos como Thiourea y ácido acético.

La emulsión ácida tiene que ser mezclada con nitrato de amonio y el diésel para producir el explosivo, pero además de ello, puede ser mezclada con el agente químico Nitrito de Sodio (estado líquido) para poder lograr que la densidad del explosivo logre disminuir según la dosis de Nitrito de sodio suministrada.

Densidad de Fortis Advantage: 1.33 – 1.37 g/cm³

2.9. Proceso de la emulsión gasificable

El proceso gasificable de un explosivo se resume en la liberación del gas nitrógeno N₂ luego de la mezcla con el componente químico nitrito de sodio NaNO₂, el cual reacciona con el explosivo luego de la adición al mismo en el proceso bombeable, con la consecuente disminución de la densidad del explosivo.

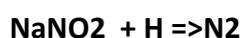




Figura 2.8: Proceso gasificable

Fuente: Reunión Anual de Gerencia 2003-Orica

Para ello la solución de nitrito de sodio debe contar con las siguientes características:

- La solución de nitrito de sodio debe contener un 20 % en peso de nitrito y el resto es agua
- Proporción con respecto al explosivo 1 a 2 % (bajas temperaturas).
- Densidad = 1.14 gr/cc.
- pH = 8 – 9.

La emulsión ácida (Fortis Advantage) debe presentar las siguientes características:

- Viscosidad entre 65,000 a 100,000 cps.
- Densidad: 1,37 gr/cc a temperaturas de 20 °C.

- pH = 1 - 3
- Propiedades de rebombeo; 6 veces.
- Estabilidad: 2 meses mínimo.
- Color: variable f(petróleo y aceites)
- Gasificación a bajas temperaturas, -10 °C.

La temperatura del ambiente juega un papel importante en el proceso de gasificación, ya que a menor temperatura ambiente, el proceso será más lento y la disminución de la densidad será menor como se muestra en la figura 2.9.

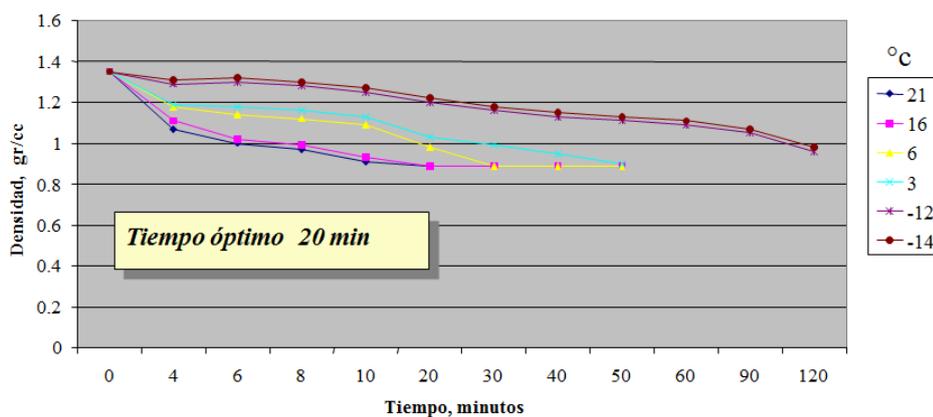


Figura 2.9: Efecto de la temperatura ambiente en el proceso de gasificación.

Fuente: Reunión Anual de Gerencia 2003-Orica

Para el caso de la temperatura de la emulsión, se debe tener en cuenta:

- Temperatura de emulsión entre -5 y 5°C, agregar un 2% de sol.
- Temperatura de emulsión entre 6 y 15°C, agregar un 1% de sol.

- Temperatura de emulsión entre 16 y 25°C, agregar entre un 0.6 a 0.8 % de sol.
- Temperatura de emulsión entre 26 y 40°C, agregar entre un 0.5 a 0.6 % de sol.
- El producto debe demorar unos 20 minutos en llegar a densidades de copa de 1.1 gr/cc.

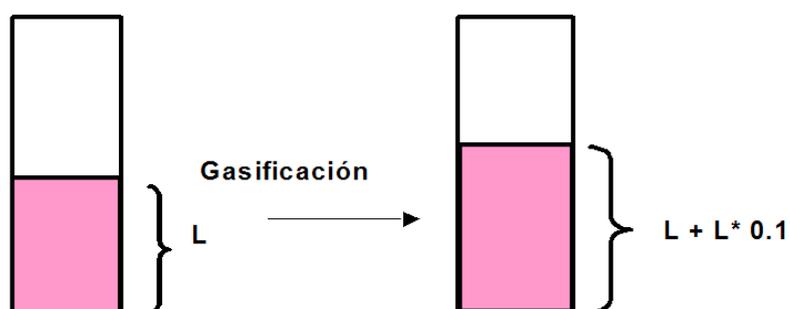


Figura 2.10: Subida lineal de la carga explosiva luego de la gasificación.

Fuente: Reunión Anual de Gerencia 2003-Orica

Los eventos posibles deberían indicarnos una mala práctica al momento de la tarea de gasificación.

- Densidades de copa menores que 1 gr/cc.
- Tiempos de gasificación muy rápidos (5 min)
- Dificultad para medir taco de la columna.
- Subidas lineales excesivas.
- Emanación de gases nitrosos desde los taladros.

- Restos de explosivo en el macizo rocoso, amarillos y con desprendimiento de gases.
- Voladuras deficientes.

Para ello se debe reforzar en los siguientes puntos:

- Control de temperaturas de la emulsión.
- Controles de gasificación pre- voladura.
- Controles en el macizo rocoso.
- Correcto uso de elementos; tachos para medir densidades.
- Correctas calibraciones de bombas de inyección de solución de nitrito.
- Inyecciones de solución de nitrito apropiadas.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTO

3.1. Línea Base

En los tajos La Quinua y Yanacocha, desde finales de año 2009, se empezaron a agudizar lo problemas de presencia de gases nitrosos en las voladura y tras la constante preocupación por los problemas de producción, ambientales y de seguridad que esto podría haber acarreado, se decidió iniciar una alternativa a los controles operacionales que se tenían hasta ese momento.

Inicialmente, Minera Yanacocha solicitó a la empresa contratista OricaMiningServices sugerir algún plan de mejora para estos problemas, por lo que Orica propuso la puesta en marcha del proyecto “Gasificable”, el cual tenía como objetivo principal la eliminación de los gases tóxicos y mejorar la performance del explosivo actual.

La tabla 3.1 muestra el diseño de perforación y voladura que se tenía antes del inicio de las pruebas (verificar anexo 02).

Tabla 3.1:Tabla de diseño de mallas en los Tajos La Quinua y Yanacocha.

Fuente: Memo IM-I-M-156 Cookbook de Perforación y Voladura MYSRL

(CUADRO 01)

LA QUINUA												
PUSHBACK SUR												
ROCK	DECEMBER 2009					MARCH 2010					AMPLIACION AREA (%)	REDUCCION P.F. (%)
	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.		
HARD	5.50	6.50	HA-37	NO ELECTRIC DELAYS	0.357	7.0	8.0	HA-46	NO ELECTRIC DELAYS	0.264	56.6	26.1
MEDIEUM	6.50	7.50	HA-46	NO ELECTRIC DELAYS	0.273	7.0	8.0	HA-37	NO ELECTRIC DELAYS	0.238	14.9	12.8

YANACOCHA												
PINOS - KATHIA - NELLY												
ROCK	DECEMBER 2009					MARCH 2010					AMPLIACION AREA (%)	REDUCCION P.F. (%)
	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.		
VERY HARD HARD	6.50	7.50	HA-46	ELECTRONIC DELAYS	0.297	7.0	8.0	HA-46	NO ELECTRIC DELAYS	0.259	14.9	12.8

Los parámetros para medición de resultados en temas de material volado para Minera Yanacocha se rigen por dos aspectos: Rango de excavación de los equipos de carguío y fragmentación del material volado. Los resultados esperados para el diseño propuesto eran: un Rango de excavación de 4,650tn/hr y una fragmentación de material volado con P80= 12.5 cm.

El Rango de excavación es un parámetro de productividad para los equipos de carguío (palas y cargadores frontales), que es importante en Minera Yanacocha para poder cumplir con las cuotas diarias de producción necesarias en la mina.

3.2. Prueba del explosivo gasificable en campo

En Minera Yanacocha, se contó con un total de 12 camiones fábrica (MMUs-Orica) disponibles para poder realizar la prueba como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Capacidades de los MMUs - Orica en Minera Yanacocha

CAMION	FECHA DE FABRICACION	CAPACIDADES		
		NITRATO (Kg)	EMULSION (Kg)	D2 (Gal)
A-14	2001	10,000	4,500	300
Q-09	1999	8,000	7,000	180
Q-10	1997	8,000	6,000	280
Q-14	2005	8,000	4,500	350
Q-15	2006	9,500	5,000	380
Q-16	2006	5,000	13,000	380
Q-17	2006	9,500	5,000	380
Q-18	2006	8,000	9,000	310
Q-19	2006	6,000	11,000	310
Q-22	2007	7,000	8,000	3,000
Q-25	2011	9,000	8,000	260
Q-26	2011	9,000	8,000	260

La operación distribuye estos MMU (Mixer machine unit) de la siguiente forma en los dos turnos de trabajo:

- Turno Día 06:00 hrs. – 18:00 hrs. 4 MMUs
- Turno Noche 18:00 hrs. – 06:00 hrs. 4 MMUs

Se debe considerar que en ambos turnos, día y noche, se realizan actividades de carguío de taladros, pero solo en el turno de día se desarrollan las tareas de disparo.

Cada MMU contó con un kit de medición de densidades en campo (ver figura 3.1), así como operadores entrenados en los procedimientos de carguío de taladros con explosivo bombeable gasificable (ver anexo 03 y 04).



Figura 3.1: Kit para control de densidades en campo

El proceso de gasificación del explosivo, se desarrolló de forma similar a la tarea de carguío de taladros bombeables, con la diferencia en la adición del nitrito de sodio, el cual debe ser controlado a través del flujómetro que posee el MMU para este fin (ver figura 3.2)



Figura 3.2: Proceso de carguío en forma bombeablegasificable.



Figura 3.3: Flujómetro de un MMU.

Para las pruebas de campo, se preparó la solución de nitrito de sodio diluido al 20% y fue mezclada con el explosivo a un caudal del 0.5 % como máximo del total de flujo de kg/min de mezcla explosiva que entregue el MMU de acuerdo a lo mostrado en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Porcentaje de inyección de nitrito de sodio en una mezcla explosiva.

Fuente: Informe Visita Yanacocha_Luis Torres-Orica

Explosivo	Porcentaje de Inyección Nitrito
HA 55	0,3%
HA 64	0,4%
HA 65/35	0,5%

Para el muestreo de densidades en campo, se siguieron los siguientes pasos:

- Medición de la densidad inicial del explosivo.
- Se midió nuevamente la densidad de la muestra cada 5 minutos, pero enrazando la taza de medición en cada momento.
- Luego de 20 min de haberse producido la reacción gasificable, se tomó una muestra final, la cual dará la densidad final o densidad de copa.

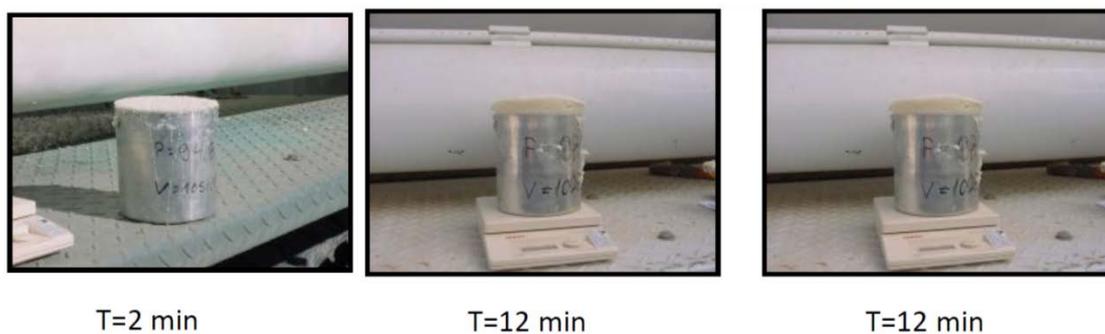


Figura 3.4: Medición de densidad en intervalos de tiempo.

Los datos obtenidos fueron registrados en los reportes de carguío de cada MMU.

3.3. Controles de producción en planta

Para asegurar que el producto que llega hacia los MMUs tenga la composición y calidad deseada, se llevaron a cabo una serie de pruebas para el control de la producción además de los que habitualmente se tienen.

3.3.1. Revisión del proceso

Cooler y torre de enfriamiento.

Se revisa el proceso de fabricación con el funcionamiento de ambos cooler y torre enfriamiento operativos.

En los primeros momentos de funcionamiento los cooler entregan emulsión a una temperatura de salida menor a 50°C, incluso al realizar pruebas con menor caudal, 120 kg/min, se obtienen temperaturas de 37°C.

Al ir transcurriendo el tiempo la temperatura comienza nuevamente a subir sin embargo se mantiene menor a 50°C, manteniendo el caudal de 120 kg/min, cuando se realizan pruebas con mayor caudal la temperatura se eleva por sobre los 50°C.



Figura 3.5: Control de la temperatura de fabricación de la emulsión.

Disolución de la fase oxidante

Se verificó que el proceso de disolución de la fase oxidante no sea muy lento, ya que si esto ocurre durante la fabricación de emulsión se aumenta el caudal de producción obteniéndose temperaturas por sobre 50°C.

Control de calidad en la fase oxidante

Se reviraron los parámetros de densidad, ph y punto de cristalización de la fase oxidante.

Tabla 3.4: Controles de calidad F3 (Em. Matriz) y F6 (Em. Ácida).

Fuente: cc-efe-001-controles calidad para la fabricación de emulsión f3 y f6

Producto	Rango Densidad (gr/cc)	Rango Pto. Cristalización
F3	1,355 – 1,365	55 – 57 °C
F6	1,415 – 1,425	59 – 61 °C

Adicionalmente a estas verificaciones, se tienen los controles habituales de producción, los cuales se muestran en la figura 3.6.

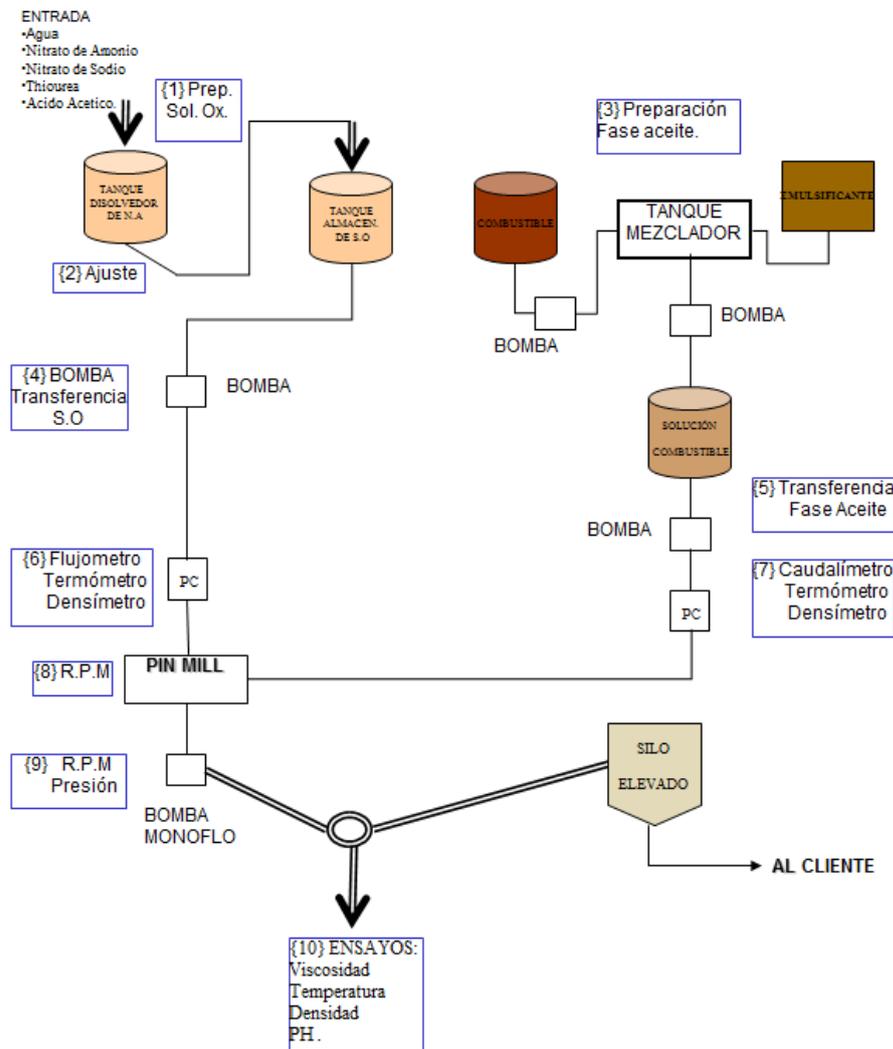


Figura 3.6: Planta de proceso de fabricación de emulsión

3.4. Controles operacionales en campo.

Para asegurar la correcta aplicación de la prueba del explosivo gasificable, se siguieron los siguientes controles en campo adicionales:

Calibración de los MMUs y balanzas de medición

Fue muy importante asegurar que todos los equipos de medición del MMU, s encuentren calibrados, con la intención de que la información obtenida en campo sea la más real posible.



Figura 3.7: Calibración de un MMU.

Capacitación al personal

Tanto el personal de piso (de carguío) como el operador del MMU, fueron capacitados en el tema de carguío con explosivo gasificable, para ello se contó con una semana de instrucción por parte de representante de Orica Chile. Además de ello todo el personal contó con una cartilla informativa del correcto proceso gasificable.

Utilización del separador de gravilla

Para estas pruebas se utilizaron los separadores de gravilla, los cuales aseguraban que el material gravilloso (taco) no se mezcle y contamine el explosivo, sobre todo en la zona de contacto de ambos.



Figura 3.8: Separador de gravilla.

Tiempo adecuado de gasificación

Luego de la descarga de la mezcla explosiva gasificable, se esperó un tiempo prudente (20 min.) para luego proceder al tapado del taladro, ya que hacerlo antes podría implicar que el explosivo no se expanda como se requiere.

Utilización de mascarilla contra gasestóxicos

Debido a que el proceso de gasificación produce el gas N_2 , es necesario utilizar mascarillas con filtros contra estos gases, para evitar un incidente por asfixia.

3.5. Controles post voladura para a evaluación de resultados

Para poder evaluar los resultados de las voladuras se tuvieron los siguientes controles:

Registro fotográfico para resultados de fragmentación

Para este ítem, se contó el con el software Split desktop, el cual recopila información desde imágenes tomadas en una ruma de materia volado, teniendo como referencia en la imagen algún objeto del cual se conoce las dimensiones. Para el este caso se utilizaron balones.

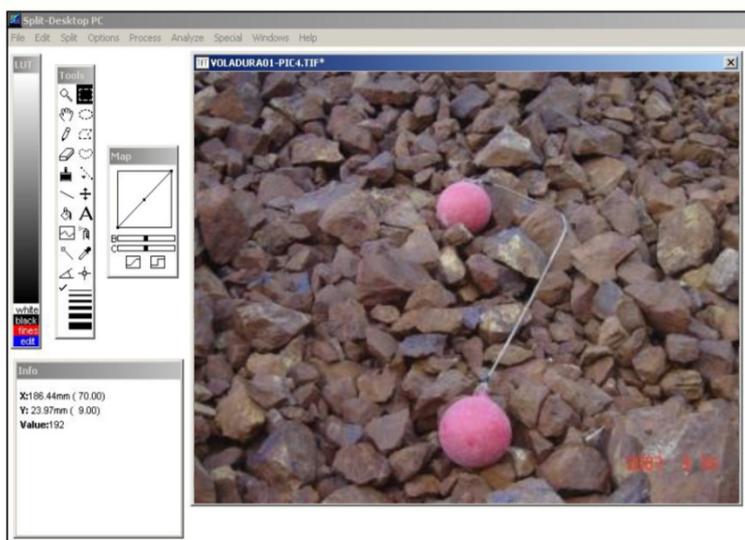


Figura 3.9: Análisis de fragmentación a través del software Split desktop

Medición de la velocidad de detonación del explosivo

Se contó con un equipo de monitoreo de velocidad de detonación para el explosivo en evaluación.



Figura 3.10:Proceso de preparación del cebo ubicado en el taladro a investigar.

Información del rango de excavación de los equipos de carguío.

Minera Yanacocha cuenta con el sistema de despacho integrado, el cual permite obtener información del rendimiento de los equipos de carguío en tiempo real, lo cual dará una idea de si el resultado final de la voladura, satisface y mejora las tareas de carguío y acarreo.

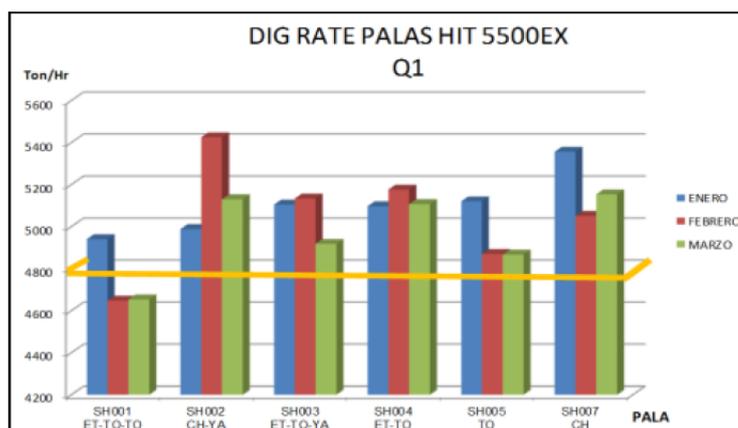


Figura 3.11: Rendimiento de equipos de carguío.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Control de gases

Uno de los objetivos específicos del estudio fue eliminar por completo la generación de gases de color distinto al blanco y para ello durante todo el periodo de prueba, podemos decir que los gases se eliminaron en un 90%, considerando que la evaluación se realizó principalmente en los tajos Yanacocha y La Quinoa, ya que estos presentaban mayor número de taladros con agua. Del universo de voladuras efectuadas durante el periodo de prueba, se han evaluado puntualmente 10 de ello, tal como se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Voladuras evaluadas durante el periodo de prueba.

Num.	Fecha	Tajo	Banco	Num. De taladros	Presencia de agua	Presencia de humos
1	10/05/2010	Yanacocha	3792	91	80%	Nivel 0
2	18/05/2010	Yanacocha	3782	181	100%	Nivel 0
3	24/05/2010	Yanacocha	3792	309	50%	Nivel 0
4	04/06/2010	La Quinoa	3540	160	100%	Nivel 1
5	07/06/2010	La Quinoa	3540	190	100%	Nivel 0
6	03/07/2010	La Quinoa	3516	150	90%	Nivel 1
7	04/07/2010	La Quinoa	3528	200	100%	Nivel 0
8	15/07/2010	La Quinoa	3528	250	100%	Nivel 0
9	27/07/2010	La Quinoa	3540-3516	130	80%	Nivel 1
10	24/08/2010	La Quinoa	3504-3516	280	100%	Nivel 0

**Figura 4.1:** Imágenes de voladuras evaluadas

4.2. Calidad del explosivo

Para evaluar la calidad del explosivo utilizado en campo, se realizaron muestreos de densidad en campo, considerando temperatura, tiempos de gasificación y densidad de copa final.

Como resultado final, podemos concluir que a temperaturas menores de 50°C, la calidad del explosivo se encontró dentro de los parámetros esperados, considerando que existieron algunos problemas de calibración de MMUs en campo, pero que fueron solucionados en su momento y permitieron corregir a las densidades esperadas (ver tabla 4.2).

Tabla 4.2: Registro de muestreo en campo.



	10/05/2010					18/05/2010					24/05/2010					04/06/2010					07/06/2010					03/07/2010					04/07/2010					15/07/2010					27/07/2010					24/08/2010									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
I. Numero de taladro	14	27	33	56	82	12	35	85	98	135	45	58	48	150	249	4	12	14	21	24	21	34	54	68	105	21	28	38	45	48	24	35	87	154	187	5	9	12	18	27	12	21	39	54	67	12	45	68	94	141					
II. Altura de diseño	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5										
III. Altura Real	11.2	11.4	11.2	11.5	11.2	11.4	11.5	11.4	11.4	11.5	11.1	11.4	11.5	11.4	11.4	13.2	13.4	13.4	13.5	13.4	13.3	13.3	13.6	13.3	13.7	13.2	13.3	13.5	13.3	13.4	13.4	13.5	13.9	13.5	13.4	13.2	13.5	13.3	13.5	13.5	13.6	13.5	13.2	13.5	13.3	13.4	13.4	13.5	13.4	13.5					
IV. Taco Inicial	6.1	6.2	6.2	5.8	6.4	6.1	6.3	6.5	6	6.2	6.1	6.5	6.1	6.2	6.5	6.3	6.5	6.4	6.7	6.6	6.3	6.5	6.5	6.9	6.7	6.4	6.6	6.7	6.7	6.8	6.3	6.4	6.9	6.8	6.5	6.5	6.5	6.6	6.7	6.7	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.3	6.4	6.5	6.5	6.5					
V. Taco Final	5	5.6	5.2	4.6	5.1	5.4	5.8	5.1	5.3	5.2	5.3	5.1	5.3	5.4	5.5	5.1	5.3	5.2	5.1	5	5.8	5.4	5.4	5.5	5.5	5.6	5.7	5.4	5.6	5.4	5.2	5.3	5.4	5.2	5.4	5.6	5.4	5.6	5.8	5.9	5.4	5.6	5.3	5.7	5.6	5.4	5.8	5.4	5.6	5.1					
VI. Densidad de copa	1.05	1.13	1.11	1.13	1.14	1.12	1.15	1.12	1.15	1.11	1.08	1.07	1.11	1.11	1.12	1.15	1.13	1.13	1.15	1.18	1.07	1.03	1.08	1.1	1.11	1.15	1.12	1.08	1.09	1.1	1.07	1.06	1.1	1.12	1.15	1.09	1.05	1.1	1.12	1.13	1.11	1.12	1.14	1.5	1.14	1.06	1.12	1.1	1.15	1.16					
VII. Temperatura C°	48°	48°	48°	48°	48°	34°	34°	34°	34°	34°	38°	38°	38°	38°	38°	41°	41°	41°	41°	41°	42°	42°	42°	42°	42°	35°	35°	35°	35°	35°	39°	39°	39°	39°	39°	46°	46°	46°	46°	46°	48°	48°	48°	48°	48°	37°	37°	37°	37°	37°					
VIII. VOD Medido	0	0	4070	0	0	0	0	0	4458	0	0	0	4215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4325	0	0	4256	0	0	0	0	3994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4212
IX. Diámetro real del pozo (en cm)	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27					
IX. altura de columna de explosivo después de gasificar (al mismo tiempo que se mida la densidad de copa), o sea cuando llegue a la densidad de copa se mide la columna.	6.2	5.8	6	6.9	6.1	6	5.7	6.3	6.1	6.3	5.8	6.3	6.2	6	5.9	8.1	8.1	8.2	8.4	8.4	7.5	7.9	8.2	7.8	8.2	7.6	7.6	8.1	7.7	8	8.2	8.2	8.5	8.3	8	7.6	8.1	7.7	7.7	7.6	8.2	7.9	7.9	7.8	7.7	8	7.6	8.1	7.8	8.4					

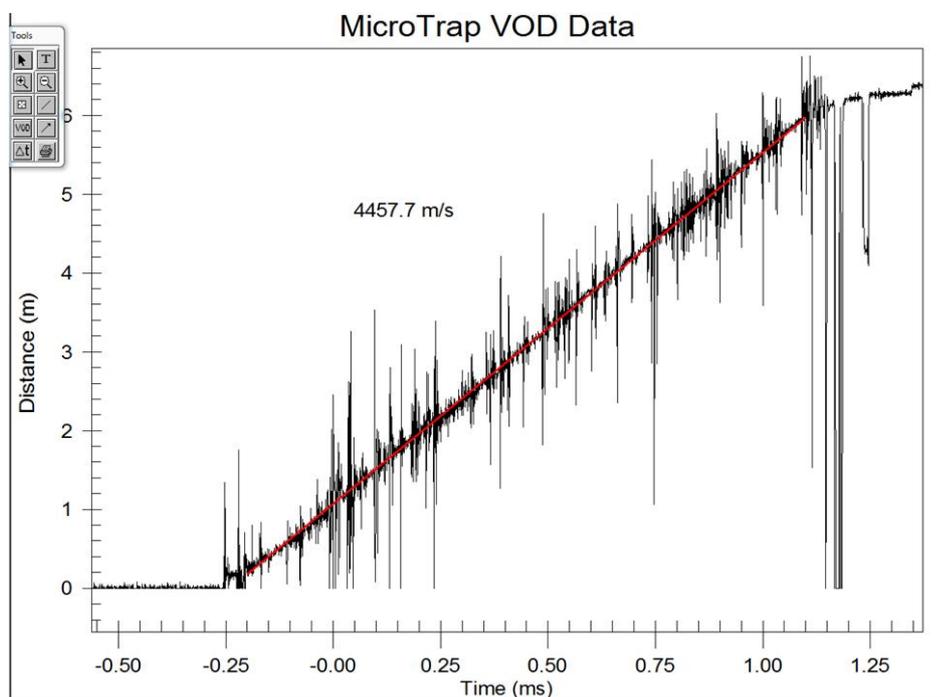
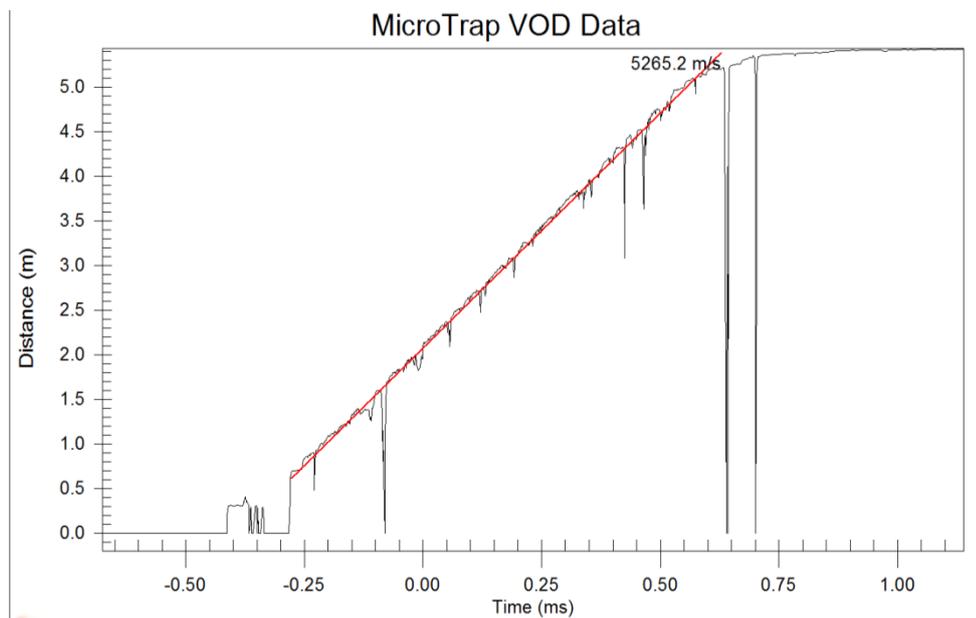


Figura 4.2: Curva de registro del VOD con el Micro Trap.

4.3. Parámetros de perforación y voladura

Como parte de la prueba con el explosivo gasificable, se amplió la malla de perforación en las zonas de prueba para observar el comportamiento del material luego del disparo, dicho cambio se efectuó de la siguiente manera:

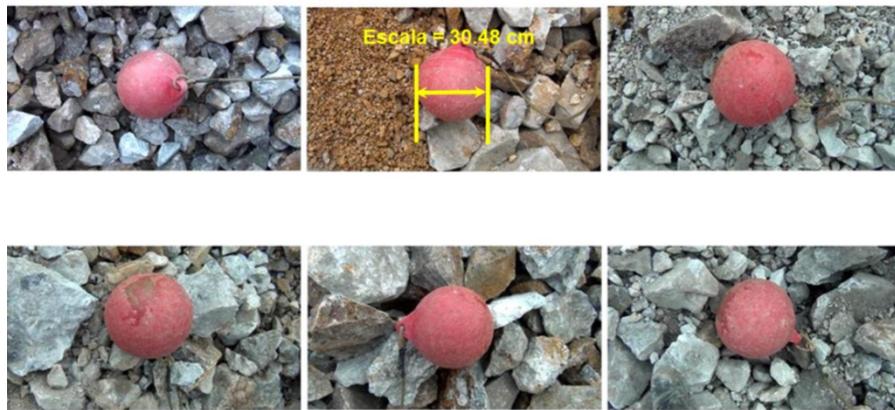
- Incrementado la malla de 6.5m. x 7.5m. a 7m. x 8m. en el tajo La Quinoa.
- Se aumentó el tamaño de la malla de perforación de 6.5m x 7.5m. hasta 7m.x8m en el tajo Yanacocha.
- El factor de carga para el caso de La quinoa, se redujo de 0.326Kg/tn a 0.284Kg/tn y en el caso del tajo Yanacocha paso de un factor de carga de 0.354Kg/tn hacia uno de 0.268Kg/tn.

Al aumentar la malla de perforación tendríamos un menor aprovechamiento de la energía explosiva entre taladros, ya que los halos de energía tendrían una menor área de interacción, pero para poder contrarrestar este inconveniente se utilizaron mezclas explosivas más energéticas (de HA 55 a HA 65/35) aumentando así el radio de acción de los halos de mayor energía, por consiguiente, se tendría una mayor energía entregada por taladro.

Estos cambios trajeron como consecuencia un costo menor en tiempo y materiales en los trabajos de perforación, además del ahorro de tiempo en el proceso de carguío de taladros.

4.4. Fragmentación

Se obtuvieron registros fotográficos para el análisis del material volado, para ello, se tomó como referencia una pelota de 12" de diámetro, para luego ser analizada en el computador.



La escala empleada para el análisis de fragmentación fue una pelota de 12 pulgadas. Equivalente a 30.48 cm.

Figura 4.3: Registro fotográfico de las muestras tomadas en campo.

Ya en gabinete, se pudo analizar detenidamente las imágenes obtenidas, de las cuales se pudo obtener los resultados mostrados en la tabla 4.3

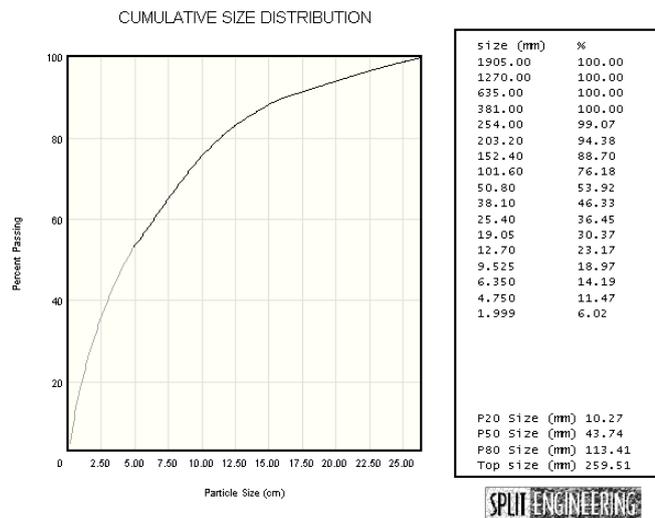


Figura 4.4: Distribución acumulada de los tamaños de partículas.

Tabla 4.3: Cuadro comparativo de muestras, Tajos Yanacocha y La Quinua

		Voladuras analizadas									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tajo		YA	YA	YA	LQ						
banco		3792	3782	3792	3540	3552	3516	3528	3528	3540	3504
Diametro	pulg.	10 5/8"	10 5/8"	10 5/8"	10 5/8"	10 5/8"	10 5/8"	10 5/8"	10 5/8"	10 5/8"	10 5/8"
H banco	m.	10	10	10	12	12	12	12	12	12	12
Burden	m.	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Espaciamiento	m.	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Subdrill	m.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Taco	m.	6	6	6	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Iniciacion		Pirot.	Pirot.	Pirot.	Pirot.	Pirot.	Pirot.	Pirot.	Pirot.	Pirot.	Pirot.
Explosivo		HA 65/35	HA 65/35	HA 65/35	HA 65/35	HA 65/35	HA 65/35	HA 65/35	HA 65/35	HA 65/35	HA 65/35
P.F.	kg/tn	0.268	0.268	0.268	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284	0.284
P80	cm.	11.2	15.6	12.4	4.5	8.4	12.4	11.2	8.4	12.4	12.1

El pasante 80 requerido para estas pruebas fue de 12.5, y podemos apreciar que en las pruebas 4,5 y 8, los resultados no fueron los esperados, los cual podría indicarnos que podríamos seguir probando aumentado gradualmente la malla de perforación a manera de conseguir la adecuada.

4.5. Rango de excavación en equipos de carguío

Se evaluó el rango de excavación del equipo de carguío de la voladura en el tajo La Quinua banco 3552 lugar en donde se usaban mallas de 6.5x7.5 con un factor de carga de 0.326Kg/tn y se realizó el cambio de malla a 7.0x8.0 con un factor de carga de 0.284Kg/tn.



Figura 4.5: Malla cambiada en el banco 3552.

Obteniendo los datos del sistema de despacho con el que cuenta el área de operaciones de Minera Yanacocha, se obtuvieron resultados con un Rango de excavación mayor al target (4855 ton/h).

CREW	All CREW
OPERATOR GROUP	All OPERATOR GROUP
OPERATOR	All OPERATOR

DigRate			Fleet	Equipment Name		
			Hit 5500EX			
Year	Material Name	Grade Name	SH001	SH004	SH005	
2010	Argilico	LQ3552C441/A		5455		4806
		LQ3552C444/A	4752	4715		4674
		LQ3552C470/A	4833	4410		4917
		LQ3552C485/A	5428	4782		4860
	Argilico Total		5084	4685		4797
2010 Total			5084	4685		4797
Grand Total			5084	4685		4797

Figura 4.6: Resultados de medición del Rango de excavación.

También se evaluó el Rango de excavación de producción en una de las voladuras del tajo Yanacocha, específicamente en el banco 3802.

De igual forma se modificó la malla de un 6.5mx7.5m a un 7mx8m.

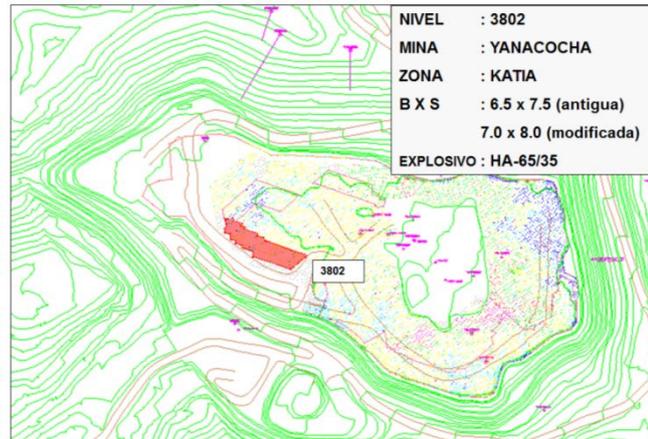


Figura 4.7: Malla cambiada en el banco 3802.

De igual forma, se obtuvieron los datos de rendimiento de los equipos de carguío en este banco, luego de la voladura y obtuvieron resultados mayores al target esperado 4650 ton/h tal como se muestra en la figura 4.8.

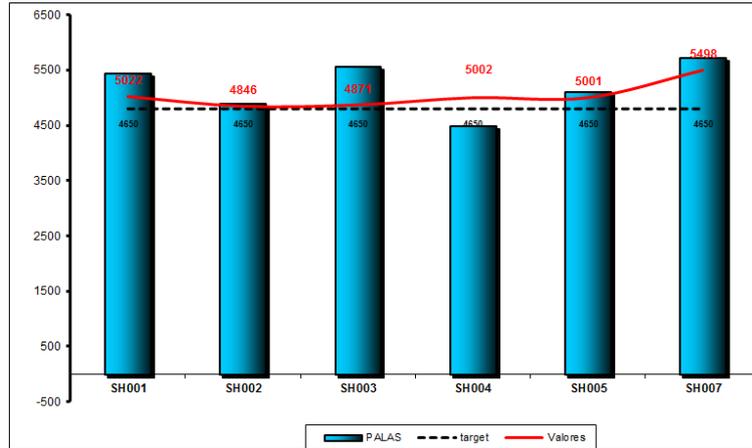
				YANACocha			Total Total Movement	Total EffProd	Total DigRate	
Equipment Name	Material Name	Grade Name	Year	Total Movemen	EffProd	DigRate				
SH007	Material para Goldmill	YA3802C464/M	2010	1165.98	4296.34	6109.93876	1165.98	4296.34	6109.93876	
		YA3802C464/M Total		1165.98	4296.34	6109.93876				
	Material para Goldmill Total				1165.98	4296.34	6109.93876	1165.98	4296.34	6109.93876
	Material para Leach Pa	YA3802C463/L	2010	58761.79	4518.40	5810.125741	58761.79	4518.40	5610.125741	
			YA3802C463/L Total		58761.79	4518.40				5810.125741
		YA3802C466/L	2010	40815.31	4386.78	5578.941763	40815.31	4386.78	5578.941763	
			YA3802C466/L Total		40815.31	4386.78				5578.941763
		YA3802C469/L	2010	18271.03	4616.16	5927.413496	18271.03	4616.16	5927.413496	
			YA3802C469/L Total		18271.03	4616.16				5927.413496
		YA3802C470/L	2010	40701.12	4807.22	6020.056715	40701.12	4807.22	6020.056715	
			YA3802C470/L Total		40701.12	4807.22				6020.056715
	YA3802C471/L	2010	13270.53	3900.55	4999.222997	13270.53	3900.55	4999.222997		
		YA3802C471/L Total		13270.53	3900.55				4999.222997	
	Material para Leach Pad Total				171819.79	4505.44	5669.460921	171819.79	4505.44	5669.460921
SH007 Total				172985.77	4503.96	5672.748462	172985.77	4503.96	5672.748462	

Figura 4.8: Resultados de medición del Rango de excavación.

En resumen los equipos de carguío durante el periodo de prueba mostraron un rendimiento mayor al target, lo cual comprueba la información obtenida en estas dos voladuras.

MAYO 2010

Average of digrate		flota_camion					
flota_cargador	cargador	Cat 785C	Cat 793B	Cat 793C	Cat 793D	Cat 793DT	Grand Total
Hit 5500EX	SH001	4949.814664	5010.403	5046.217	5059.766	4990.299143	5021.931738
	SH004	4911.306194	4822.137	5081.072	4996.014	5003.101418	5004.000034
	SH002	4900.740668	4885.939	4846.003	4793.545	4796.534505	4846.4651
	SH003	4818.34535	4856.406	4882.915	4925.504	4840.396597	4870.793738
	SH007	5480.139982	5449.187	5488.54	5567.156	5483.405431	5497.808182
	SH005	4932.916565	4995.204	5018.113	5038.392	4975.675883	5000.54848
Grand Total		4973.297679	5025.463	5078.464	5088.868	5044.391402	5054.225465



JUNIO 2010

Average of digrate		flota_camion					
flota_cargador	cargador	Cat 785C	Cat 793B	Cat 793C	Cat 793D	Cat 793DT	Grand Total
Hit 5500EX	SH001	4724.325	4991.4431	4919.898271	4914.231	4872.532	4885.518
	SH004	4886.932706	5064.1451	5073.068044	5073.699	4997.547	5034.527
	SH002	4352.839995	4498.7863	4409.422602	4401.709	4494.282	4420.929
	SH003	4571.106392	4571.8621	4634.821731	4692.488	4672.593	4631.283
	SH007	5236.060684	5255.7758	5292.281329	5253.229	5242.217	5267.009
	SH005	4898.95364	4906.4838	4846.607269	4827.087	4805.529	4848.383
Grand Total		4786.424915	4881.9853	4876.563917	4887.547	4872.261	4865.834

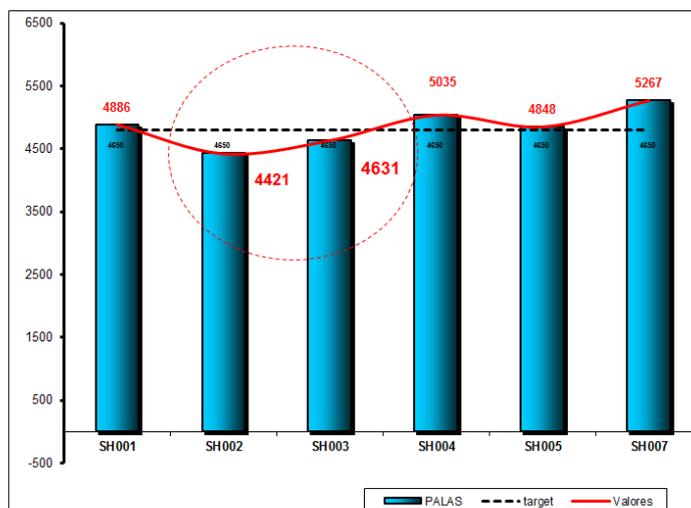


Figura 4.9: Resumen rendimiento equipos de carguío

4.6. Evaluación económica

Tabla 4.4: Costo impactado al reducir la malla de perforación en el Tajo La Quinua

COSTOS PRINCIPALES VOLADURA- Aumentado la malla		
Tajo La Quinua banco 3552		
TIPO DE VOLADURA	PIROTECNICA	PIROTECNICA
DISEÑO DE PERFORACION		
<i>Diámetro (pulg.)</i>	10 5/8	10 5/8
<i>Area de banco</i>	7,000	7,000
<i>Densidad (gr/cc)</i>	2.35	2.35
<i>Toneladas</i>	197,400.0	197,400.0
<i>Banco (m.)</i>	12.0	12.0
<i>Burden (m.)</i>	6.50	7.00
<i>Espacimientto (m.)</i>	7.50	8.00
<i>Sobre perforación (m.)</i>	1.50	1.50
<i>Tonelada / Taladros</i>	1,375	1,579
<i>Taladros Necesarios</i>	144	125
Diferencia Taladros		-12.95%
<i>Metros a Perforar</i>	1,938	1,688
<i>Costo Brocas (US\$)</i>	3,600	3,600
<i>Metros Promedio x Broca</i>	3,000	3,000
<i>Velocidad de Penetración</i>	40	40
<i>Costo metro perforado (US\$/m)</i>	5.77	5.77
Costo total perforacion(US\$)	11,185	9,737
Costo perforacion(US\$/tn)	0.0567	0.0493
Diferencia costo de Perforación(US\$/tn)		-12.95%
DISEÑO DE CARGUIO		
TACO (Steaming)		
<i>Longitud de Carga (m.)</i>	7.0	7.0
<i>Taco (m.)</i>	6.5	6.5
EXPLOSIVOS		
<i>Tipo de Explosivo</i>	HA-64	HA-35/35
<i>Densidad Explosivo (gr/cc)</i>	1.290	1.120
<i>Total Kg. Explosivo / Taladro</i>	516.84	448.73
<i>Total Toneladas Explosivo</i>	74	56
<i>Nitrato de Amonio (NA) Ton</i>	24	18
<i>Petróleo (Ton)</i>	2	1
<i>Emulsión (Ton)</i>	48	36
<i>Costo NA (US\$)</i>	11,502	8,694
<i>Costo Petróleo (US\$)</i>	1,092	825
<i>Costo Emulsión (US\$)</i>	23,863	18,036
<i>Factor de carga</i>	0.376	0.284
Costo Total Explosivos (US\$/Ton)	0.185	0.140
Diferencia Costo Explosivo		-24.42%
ACCESORIOS		
<i>Total Booster (US\$)</i>	560	488
<i>Total Nonel (US\$)</i>	289	251
<i>Total excel (US\$)</i>	380	331
<i>Total Detonador Electrónico (US\$)</i>	-	-
<i>Línea Silenciosa (US\$)</i>	44	44
Costo Total Accesorios (US\$/Ton)	0.00645	0.00564
Diferencia Costo Accesorios		-12.50%
Costo Total Voladura (US\$/Ton)	0.1911	0.1452
Diferencia Costo Voladura		-24.02%

Tabla 4.5: Costo impactado al reducir la malla de perforación en el Tajo Yanacocha

COSTOS PRINCIPALES VOLADURA		
Tajo Yanacocha Banco 3802		
TIPO DE VOLADURA	ELECTRONICA	PIROTECNICA
DISEÑO DE PERFORACION		
Diámetro (pulg.)	10 5/8	10 5/8
Area de banco	6,000	6,000
Densidad (gr/cc)	2.35	2.35
Toneladas	141,000.0	141,000.0
Banco (m.)	10.0	10.0
Burden (m.)	6.50	7.00
Espacimiento (m.)	7.50	8.00
Sobre perforación (m.)	1.50	1.50
Tonelada / Taladros	1,146	1,316
Taladros Necesarios	123	107
Diferencia Taladros		-12.95%
Metros a Perforar	1,415	1,232
Costo Brocas (US\$)	3,600	3,600
Metros Promedio x Broca	3,000	3,000
Velocidad de Penetración	40	40
Costo metro perforado (US\$/m)	5.77	5.77
Costo total perforacion(US\$)	8,167	7,109
Costo perforacion(US\$/tn)	0.0579	0.0504
Diferencia costo de Perforación(US\$/tn)		-12.95%
DISEÑO DE CARGUIO		
TACO (Steaming)		
Longitud de Carga (m.)	5.5	5.5
Taco (m.)	6.0	6.0
EXPLOSIVOS		
Tipo de Explosivo	HA-64	HA-65/35
Densidad Explosivo (gr/cc)	1.290	1.120
Total Kg. Explosivo / Taladro	406.09	352.57
Total Toneladas Explosivo	50	38
Nitrato de Amonio (NA) Ton	16	12
Petróleo (Ton)	2	1
Emulsión (Ton)	32	25
Costo NA (US\$)	7,746	5,855
Costo Petróleo (US\$)	1,261	953
Costo Emulsión (US\$)	16,071	12,147
Factor de carga	0.354	0.268
Costo Total Explosivos (US\$/Ton)	0.178	0.134
Diferencia Costo Explosivo		-24.42%
ACCESORIOS		
Total Booster (US\$)	480	418
Total Nonel (US\$)	247	215
Total EXCEL (US\$)	326	283
Total Detonador Electrónico (US\$)	-	-
Linea Silenciosa (US\$)	44	44
Costo Total Accesorios (US\$/Ton)	0.00747	0.00681
Diferencia Costo Accesorios		-8.74%
Costo Total P&V(US\$/Ton)	0.2433	0.1917
Diferencia Costo Voladura		-21.21%

En el caso del tajo La Quinoa se pudo evaluar que para esta malla del banco 3552, con el diseño tradicional, el costo de perforación hubiese sido de 0.0567 \$/ton y 0.1911\$/ton en concepto de voladura. Logrando modificar (aumentar) el patrón de perforación, es decir burden y espaciamiento, los costos disminuyeron a 0.493 \$/ton en perforación y 0.1452 \$/ton en voladura, logrando una disminución en el orden del 13% en perforación y 24% en voladura.

En el caso del tajo Yanacocha, el costo de perforación con el diseño de malla tradicional fue de 0.0579 \$/ton y 0.2433 \$/ton por voladura. Logrando modificar el diseño de malla, el costo de perforación se redujo a 0.0504 \$/ton y 0.1917 \$/ton en voladura, logrando una disminución en el orden del 13% en perforación y 21% en voladura.

CONCLUSIONES

1. La generación de gases nitrosos (gases anaranjados) es un fenómeno cuyas causas pueden ser operacionales o asociadas a las condiciones del terreno. Es básico disponer un procedimiento de calibración periódica de los camiones de explosivos, pero es tanto o más importante conocer oportunamente los parámetros geoquímicos del macizo: composición química de los minerales presentes, presencia de pirita u otros minerales sulfurados, acidez del agua, temperatura del agua.
2. Del punto de vista operacional, el productogasificable no tiene mayores diferencias, solamente se tiene en forma adicional la inyección de nitrito de sodio en la mezcla.
3. El uso del explosivo gasificable, es decir adicionar el nitrito de Sodio diluido al 20% en la mezcla explosiva bombeable, utilizando la emulsión ácida (Fortis Advantage), reduce significativamente el generación de

gases nitrosos en las voladuras ejecutadas en los Tajos La Quinua y Yanacocha (ver anexo 05), sobre todo en las zona con presencia de agua.

4. El explosivo trabaja muy bien cuando la temperatura de la emulsión se encuentra por debajo de los 50°C, ya que si estuviera más caliente, esta emulsión disuelve los prills de Nitrato de amonio, produciendo desestabilidad en la mezcla explosiva.
5. La densidad promedio en el taladro, fue de 1,31 gr./cc., desde una densidad en superficie de copa de 1.11 gr./cc., esta densidad podría ser disminuida pero para efectos de taladros con gran cantidad de agua se recomendaría mantener ese nivel que ha dado buenos resultados con respecto a los gases.
6. Las medidas de VOD obtenidos en campo (4000-4500 mt/seg) nos indica que el comportamiento del explosivo gasificado en campo es bueno, considerando las condiciones del terreno.
7. El pasante 80 obtenido en el análisis de fragmentación de las muestras en campo, nos indica que en la mayoría de los casos, el tamaño de las partículas del material volado cumple con lo requerido para el proceso de molienda en la planta Gold Mill, sin embargo, en algunos casos el material resultante contiene muchos finos, lo cual nos podría animar en seguir realizando muestras con una mayor ampliación de la malla de perforación. Por lo tanto podemos concluir como aceptable el

rendimiento obtenido en cuanto al tipo de material entregado post voladura.

- 8.** El rendimiento de los equipos de carguío es directamente proporcional al rendimiento obtenido en cuanto a fragmentación y material desplazado en una voladura, para el caso de estudio según los resultados obtenidos , se puede concluir que el Rango de excavación de los equipos de carguío se encontraron por encima del objetivo de minado, lo cual nos indica que el uso de explosivo gasificable así como el aumento del patrón de perforación contribuyo positivamente a mejorar los tiempos de carguío en la operación.

RECOMENDACIONES

1. Una mayor disminución de la densidad del explosivo gasificable por debajo de 1.0 gr/cc, implicaría que este último podría mezclarse literalmente con el agua presente en el taladro, lo cual degradaría al explosivo.
2. Debido al elevado consumo de emulsión en Minera Yanacocha, la planta de emulsión se vio en la necesidad de utilizar silos de almacenamiento, los cuales no se encuentran conectados directamente con la planta, por lo cual implica, trasvasar (bombear) la emulsión desde un silo conectado a la planta hacia los silos alejados, además del bombeo hacia la cisterna de almacenamiento temporal, luego el bombeo hacia los MMUs y por último el bombeo hacia los taladros. Esta desmedida necesidad de bombear la emulsión por distintas etapas de la operación generan una degradación de la emulsión, la cual debería

evitarse en lo posible para no provocar anomalías de rendimiento en los resultados finales.

- 3.** Durante las pruebas de utilización del explosivo gasificable en campo, se observó que la liberación del gas N₂, provocaba olores indeseables, por lo que se recomienda la utilización de mascarillas contra gases tóxicos para el personal de piso encargado del carguío. Además de ello, de acuerdo a la Alerta de seguridad N37 (ver anexo 5)se debe instruir perfectamente al personal operador del MMU en la manipulación de sustancias de Nitrato de amonio y nitrito de sodio, ya que la mezcla inadvertida de ambas en esta sólido, genera una reacción exotérmica, la cual podría causar algún accidente con daño personal.
- 4.** Se recomienda que las mediciones de VOD no se realicen en la primera fila de la malla, ya que en dicha zona existe un fuerte agrietamiento producido por las voladuras anteriores, así la VOD disminuye cada vez que el explosivo avanza por zonas más agrietadas.
- 5.** Se pudo observar la presencia de taladros con grietas en el fondo, lo cual provocaba que ingresara mayor kilaje de explosivo en ellos. Durante las pruebas, se pudieron observar mediante las filmaciones, generación de gases naranjas en estos taladros, lo cual nos indica que si se identifica estas condiciones de terreno en campo, solo cargar con el promedio de kilos del resto de taladros, ya que al tener presencia de grietas, el explosivo se introduce en ellas y trata de comportarse como en un taladros más, lo cual traería

consecuencias de falta de rendimiento, debido a que no tiene el diámetro crítico necesario para poder desarrollar el total de la energía.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALER & DU MOUZA, Measuring fragmentation efficiency of mine blasts, 1996, Montreal-Canada
2. CAMERON K. MCKENZIE, Las Limitaciones para Alcanzar la Excelencia en la Tronadura, 2007, Santiago de Chile.
3. CARLOS P. ORLANDI, Control de Generación de Gases Tóxicos en Voladuras en Minas a cielo abierto, noviembre 2007, Santiago de Chile.
4. DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES AND MINES, Alerta de Seguridad Nro. 37, Reacción de residuos de nitrato de amonio, febrero 2010, Brisbane-Australia.
5. DYNO NOBEL SAMEX, Termoquímica de los explosivos-Unidad Yanacocha, Cajamarca-Peru.
6. EXSA, Manual Práctico de Voladura, Edición Especial.

7. G. SEN -M. HAYWARD, Blasting operations: training strategies, Vienna Conference Proceedings 2007, Australia.
8. G. KAMBUROVA, The influence of the oxygen balance on the chemical reaction of explosives, Vienna Conference Proceedings 2007, Bulgaria.
9. GUILLERMO SILVA, M.- CARLOS SCHERPENISSE, Explosivo de Ultra Baja Densidad para Control del Daño, mayo 2005.
10. MENDOZA & ZÚÑIGA, Memo IM-I-M-156 Cookbook de Perforación y Voladura – primer trimestre 2010, Doc. Interno Minera Yanacocha SRL, 2010, Cajamarca-Perú
11. ORICA MINING SERVICES -CHARLES CHROMICKY, Post Blast Fume, Marzo 2010, Santiago de Chile.
12. ORICA MINING SERVICES, Propuesta técnica para la aplicación de Fortis Advantage en Minera Yanacocha, mayo 2010, Cajamarca-Perú.
13. ORICA MINING SERVICES, cc-efe-001-controles calidad para la fabricación de emulsión F3 y F6, mayo 2010, Santiago de Chile.
14. ORICA MINING SERVICES, Manual práctico de voladura, Edición Especial.
15. R. CISTERNAS, C. CONTADOR, C. GONZÁLEZ, O. BLANCO, C. PIÑA, Generación de Gases Nitrosos, Acciones para Eliminarlos, septiembre 2009, Santiago de Chile.

16. SPLIT ENGINEERING, Manual de instrucciones Split-Net, 2001, Santiago de Chile.
17. WILLIAM HISTRULID, Blasting Principles for Open Pit Mining Volume I. 1999, Colorado School of Mines.

ANEXOS

ANEXO N°01: PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS EXPLOSIVAS.

PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS EXPLOSIVOS										
PRODUCTO	DENSIDAD (gr/cc) +- 3%	VELOCIDAD DE DETONACION (mil/seg)	POTENCIA ABSOLUTA EN PESO "ENERGIA"			POTENCIA RELATIVA EN PESO RWS (%)	POTENCIA ABSOLUTA EN VOLUMEN ABS (cal/cc)	POTENCIA RELATIVA EN VOLUMEN RBS (%)	RESISTENCIA AL AGUA	DIAMETRO CRITICO (pulg)
			cal/gr	Joule/gr	MJoule/Kgr					
ANFO	0.780	3600 - 4450	910	3810.0	3.81	100	710	100	NULA	> 1.3
HA - 28	0.910	4500 - 4700	865	3631.6	3.63	95.05	787	111	MALA	> 4
HA - 37	1.000	4500 - 5100	844	3533.2	3.53	92.74	844	118	MALA	> 4
HA - 46	1.200	4500 - 5500	829	3454.1	3.45	90.66	960	129	MALA	> 4.5
HA - 45.95	1.250	5500 - 5600	816	3416.4	3.42	89.67	1020	144	REGULAR	> 4.5
HA - 55	1.305	5000 - 5400	804	3364.5	3.36	88.31	1049	148	REGULAR	> 4.5
HA - 64	1.315	4400 - 4800	770	3221.7	3.22	84.96	1012	143	BUENA	> 5
HA - 73	1.320	4000 - 4400	735	3077.3	3.08	80.77	970	137	BUENA	> 5

Energía : Son datos proporcionados por Austin International, INC.

Velocidad de detonación : Dependiera de los Diametros de Perforación y Condiciones locales.

Densidad de carga lineal : Varía según la densidad del producto explosivo

HA - XY : X=Porcentaje de Emulsión, Y=Porcentaje de Anfo

ANEXO N°02:

CAMBIOS EN EL DISEÑO DE MALLA PRODUCCION Y MEZCLA DE EXPLOSIVO
ENTRE ENERO Y MARZO 2010

LA QUINUA

PUSHBACK SUR

ROCK	DECEMBER 2009					MARCH 2010				
	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.
HARD	5.50	6.50	HA-37	NO ELECTRIC DELAYS	0.357	7.0	8.0	HA-46	NO ELECTRIC DELAYS	0.264
MEDIEUM	6.50	7.50	HA-46	NO ELECTRIC DELAYS	0.273	7.0	8.0	HA-37	NO ELECTRIC DELAYS	0.238

YANACOCHA

PINOS - KATHIA - NELLY

ROCK	DECEMBER 2009					MARCH 2010				
	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.
VERY HARD HARD	6.50	7.50	HA-46	ELECTRONIC DELAYS	0.297	7.0	8.0	HA-46	NO ELECTRIC DELAYS	0.259

CHAQUICOCHA

CRISTINA

ROCK	DECEMBER 2009					MARCH 2010				
	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.
SOFT	7.00	8.00	HA-46	ELECTRONIC DELAYS	0.254	7.5	8.5	HA-46	ELECTRONIC DELAYS	0.223
MEDIUM	6.00	7.00	HA-37	ELECTRONIC DELAYS	0.381	6.5	7.5	HA-37	NO ELECTRIC DELAYS	0.278
HARD	5.50	6.50	HA-46	ELECTRONIC DELAYS	0.422	6.5	7.5	HA-46	NO ELECTRIC DELAYS	0.309
VERY HARD HARD	5.00	6.00	HA-46	ELECTRONIC DELAYS	0.483	5.5	6.5	HA-46	NO ELECTRIC DELAYS	0.422
VERY HARD HARD	5.00	6.00	HA-46	ELECTRONIC DELAYS	0.297	6.5	7.5	HA-46	ELECTRONIC DELAYS	0.309

(1) La malla 5.5x6.5 solo se uso en el mes de enero y se cargó con doble deck

(2) La malla 6.5x7.5 es la actual para zona muy dura y se carga con doble deck.

SAN JOSE

ESTE - OESTE

ROCK	DECEMBER 2009					MARCH 2010				
	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.	BURDEN	SPACING	EXPLOSIVE	INITIATION	P.F.
VERY HARD HARD	5.50	6.50	ANFO	ELECTRONIC DELAYS	0.14	5.5	6.5	HA-37	NO ELECTRIC DELAYS	0.178

**ANEXO N°03 PROCEDIMIENTO DE CARGUÍO DE EXPLOSIVOS EN CAMPO EN
MINERA YANACOCHA.**

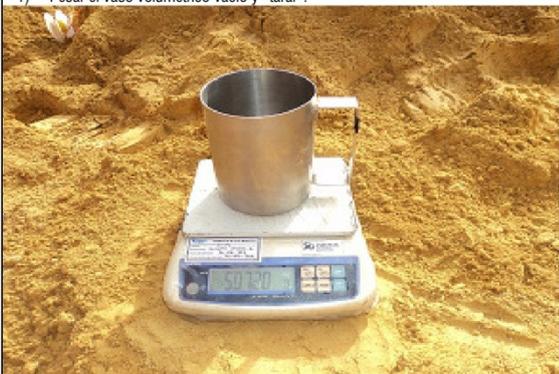
 Prevención de Pérdidas	Manual Prevención de Pérdidas	15 de Enero 2010 Página 3 de 4 Revisión: 6 Documento PP-F-08.01-01
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TAREA		

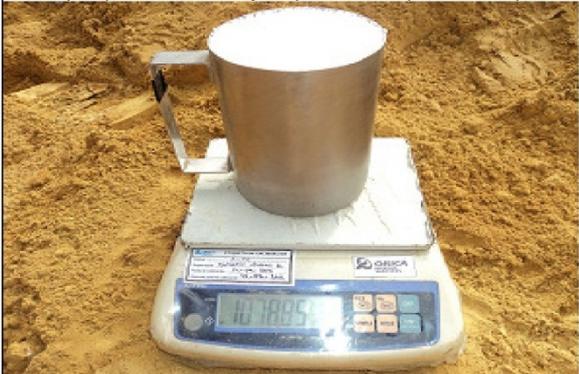
	MINERA YANACOCHA S.R.L. PROCEDIMIENTO STANDARD DE TAREA	PST BCC Pg. 1 de 3	
TAREA : CARGUÍO DE EXPLOSIVOS EN CAMPO	Fecha de Revisión		
Cargo : Operador de Camión mezclador de explosivos	Fecha de Publicación		
Gerencia : Mina	Sub-Area		
Área : Perforación y Voladura	Voladura		
Prerequisitos de competencia: <ul style="list-style-type: none"> Haber llevado el curso de Inducción Especifica y/o Repaso Anual. Estar autorizado por el área de entrenamiento MYSRL. Licencia de manipulador de explosivos otorgado por DICSCAMEC. 	Referencias relacionadas: <ul style="list-style-type: none"> Libro General de Operaciones Mina. Manual de Prevención de Pérdidas. Manual de Medio Ambiente. Reglamento Interno de Trabajo. 		
OBJETIVO <ul style="list-style-type: none"> El objetivo de este procedimiento es indicar los pasos a seguir para cargar taladros en los diferentes frentes de trabajo de la Mina, considerando las actividades críticas de la tarea. 	EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL <ul style="list-style-type: none"> EPP Básico. EPP Especifico Según la Condición: (Respirador, Protección Auditiva, Guantes, Casco, Lentes, Zapatos punta de acero). 		
HERRAMIENTAS <ul style="list-style-type: none"> No Aplica. 	EQUIPOS Y MATERIALES <ul style="list-style-type: none"> Camión mezclador de explosivos. Radio de comunicaciones. 		
No.	PASO (QUÉ)	EXPLICACIÓN (CÓMO)	Pasos ejecutados (✓) completado (x) No completado
1.	Preparación para ejecutar la tarea	<ol style="list-style-type: none"> Estacione el camión mezclador en el área indicada por el personal de piso, asegurarse que la zona sea segura y que la distancia a los taludes sea de un mínimo de 1.5 veces la altura del banco y en áreas estrechas tan lejos como sea posible. Delimitar la zona de estacionamiento con 4 conos y dispóngalos a lo menos 5 metros del Camión fábrica. En sectores estrechos, lo que la distancia lo permita, pero nunca juntos a otros vehículos u equipos. Mantenga la distancia de 50 metros con respecto a otros equipos. No proceda al carguío de los taladros, si el área a cargar, no ha sido señalizada y bloqueada para el ingreso de personas u vehículos extraños a la operación. Asegúrese que existiendo dos áreas independientes dentro de un mismo proyecto, cercado con bermas, y equipos de perforación trabajando dentro de él, estas áreas de carguío estén debidamente señalizadas con cintas de peligro o conos. Una vez iniciado el carguío de los taladros NO PERMITA el ingreso a personal y vehículos ajenos al área de voladura. No se debe cargar un taladro si no está estaqueado. Antes de realizar el carguío de taladros, apague el radio musical de su equipo. Active el PTO para comenzar el carguío. Revise sus formatos de reporte y registre los datos requeridos. Asegúrese que su área de trabajo se encuentre totalmente despejada para evitar impactos, mueva el brazo de abastecimiento de carga explosiva hacia la boca del taladro a cargar. Asegúrese que la manga conectada al brazo de abastecimiento, se encuentre en buenas condiciones, cuente con su gancho y asa para evitar derrames durante el desplazamiento a otro taladro. Si el carguío de explosivos es bombeable, proceda a verificar sus mandos de desplazamiento de la manguera y asegúrese de contar con el recipiente de derrame durante el desplazamiento de taladro a taladro. Solicitar el diseño de carga de la zona al supervisor de voladura. Revise la dosificación de la carga explosiva especificada para el proyecto. 	

		<p>14) Revise el sector a cargar y verificar que los taladros estén identificados para evitar errores en los reportes de carguío.</p> <p>15) No cargue los taladros del perímetro, colindantes a caminos transitables de vehículos, equipos, mientras su Supervisor no se lo indique.</p> <p>16) Asegúrese de mantener una distancia mínima de 2 filas hacia una perforadora u otro equipo.</p> <p>17) En caso que un taladro presente agua en cantidad menor o igual a 1 metro de profundidad, podrá secarse dicho taladro introduciendo explodeck y luego cargando el taladro de manera vacuable. De identificar agua dinámica en la zona, los taladros deberán ser cargados de manera bombeable; previa coordinación con el Supervisor de turno.</p>		
2.	Durante el carguío de taladros vaciables	<p>1) Trabajar el motor en 1300 rpm en el TRADESTAR y 1100 en el TREADCORP.</p> <p>2) Verifique que el taladro se encuentre primado y proceda con el carguío del taladro con el tipo de mezcla indicada, asegúrese que la manga este bien colocada directo al taladro y evite derrames.</p> <p>3) Verifique el porcentaje de D2 en el primer taladro cargado.</p> <p>4) Verifique la calidad del explosivo (densidad) en el tercer taladro cargado.</p> <p>5) Proceda a registrar los datos indicados en la estaca del taladro.</p> <p>6) Cumpla con la señal de winchero cuando le indique paralizar el carguío del taladro de acuerdo a lo requerido.</p> <p>7) Pida información al winchero y registre la altura de taco final, no promediar o redondear en su información la medida que indica la altura de taco.</p> <p>8) Verifique que el winchero asegure la manga, colocando el asa en su gancho para evitar derrames, proceda a desplazarse al siguiente taladro indicado, solamente cuando el winchero así lo indique.</p> <p>9) Cuando requiera cargar los taladros de la cresta, proceda a realizarlos con la máxima extensión del brazo, de modo de mantener lo más alejado el equipo del borde; previa inspección de la cresta realizada por el Supervisor de campo y/o Prevencionista. En esta situación o en las cercanías de taludes el winchero u cualquier persona en la zona de Voladura nunca debe dar la espalda al borde del banco o talud.</p> <p>10) En el caso que el camión u otro vehículo deba pasar por un taladro cargado, el winchero deberá enrollar la línea descendente y/o alambres del detonador electrónico y enterrarlos con detritus a modo de evitar cualquier contacto con el chasis u otro elemento del camión u vehículo. Igualmente lo guiará, para evitar que el producto explosivo sea pisado.</p> <p>11) No permita que los camiones fábrica con descarga lateral transiten con el brazo extendido.</p> <p>12) El operador debe chequear en forma aleatoria los kilos de explosivos que está cargando por metro de perforación en los taladros. En caso de no concordar, informar al supervisor.</p> <p>13) Cuando termine con el carguío de taladros, proceda a limpiar el brazo de descarga de producto activando el sistema de limpieza del equipo (soplado).</p> <p>14) Proceda a guardar el brazo y retirese de la zona de voladura siempre con la dirección y guiado del winchero.</p> <p>15) Informar vía radial al supervisor de voladura, la cantidad de taladros cargados y dobles.</p> <p>16) Comunicar al almacenero de cancha de nitratos vía radial que se está dirigiendo a recargar.</p> <p>17) Registrar en el formato de carguío, el saldo de productos con el cual termino el carguío.</p>		
3.	Durante el carguío de taladros bombeables	<p>1) Trabajar el motor en 1300 rpm en el TRADESTAR y 1100 en el TREADCORP.</p> <p>2) Antes de ingresar la manguera al taladro, verificar que el mismo no tenga obstáculos que permitan atrapar la manguera y de ser así, eliminar dicha obstrucción.</p> <p>3) Verifique que el taladro se encuentre primado, lubrique con agua y aire la manguera de abastecimiento de la mezcla explosiva e introdúzcalo en el taladro con agua, luego asegurándose que la punta no choque con las paredes y que la distancia entre el fondo del taladro y la punta de la manguera sea siempre 0.50 metros.</p> <p>4) De realizar carguío en pendientes negativas y positivas, el winchero deberá colocar los tacos de seguridad en cada movimiento del camión. En pendiente negativa, una vez que haya retrocedido el camión fábrica, previa comunicación del operador al winchero, se procederá al retiro de los tacos.</p> <p>5) Verifique el porcentaje de D2 en el primer taladro cargado.</p> <p>6) Proceda con el bombeo de mezcla, en la carga del tercer taladro revise siempre la calidad del producto (densidad) que el camión está fabricando, corrija la mezcla si fuese necesario.</p> <p>7) Asegúrese que el bombeo del producto sea constante y evite dejar espacios vacíos, asegúrese también que durante el abastecimiento la manguera suba paralelamente con el nivel de la carga. (Active el dispositivo de izaje automático de la manguera).</p> <p>8) Cumpla con la señal de winchero cuando le indique paralizar el abastecimiento de acuerdo a lo requerido.</p> <p>9) Cuando termine el carguío de taladros, limpiar la manguera y brazo de descarga de producto activando el sistema de limpieza del equipo (soplado), inyectar agua en cantidad suficiente al depósito del bombeable. Esta actividad se realizará en el</p>		
		<p>último taladro cargado, respetando el taco del diseño.</p> <p>10) Proceda a guardar la manguera en su dispositivo, asegurando y evitando en todo el proceso provocar derrames, retirese de la zona de voladura siempre con la dirección y guiado del winchero.</p> <p>11) Informar vía radial al supervisor de voladura, la cantidad de taladros cargados y dobles.</p> <p>12) Comunicar al almacenero de cancha de nitratos vía radial que se está dirigiendo a recargar.</p> <p>13) Registrar en el formato de carguío, el saldo de productos con el cual termino el carguío.</p>		

ANEXO N°04: PROCEDIMIENTO DE CONTROL Y TOMA DE DENSIDADES EN CAMPO.

 Prevención de Pérdidas	Manual Prevención de Pérdidas	15 de Enero 2010 Página 3 de 4 Revisión: 6 Documento PP-F-08.01-01
PROCEDIMIENTO ESTANDAR DE TAREA		

 MINERA YANACOCHA S.R.L.		PROCEDIMIENTO STANDARD DE TAREA		PST BCD Pg. 1 de 2
TAREA	: CONTROL Y TOMA DE DENSIDADES EN CAMPO	Fecha de Revisión		
Cargo	: Control de calidad de la mezcla explosiva	Fecha de Publicación		
Gerencia	: Mina	Sub-Area		
Área	: Perforación y Voladura		Voladura	
Prerequisitos de competencia: <ul style="list-style-type: none"> Haber llevado el curso de Inducción Especifica y/o Repaso Anual. Estar autorizado por el área de entrenamiento MYSRL. Licencia de manipulador de explosivos otorgado por DICSCAMEC 		Referencias relacionadas: <ul style="list-style-type: none"> Libro General de Operaciones Mina. Manual de Prevención de Pérdidas. Manual de Medio Ambiente. Reglamento Interno de Trabajo. 		
OBJETIVO <ul style="list-style-type: none"> Los pasos a seguir para la ejecución de esta tarea permite la forma segura de toma y registro de muestras de mezclas explosivas que está ingresando al interior de los taladros, consiguiendo con ello asegurar el rendimiento óptimo de las mismas, al momento de su detonación. 		EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL <ul style="list-style-type: none"> EPP Básico EPP Especifico Según la Condición: (Respirador, Protección Auditiva, Guantes, Casco, Lentes, Zapatos punta de acero) 		
HERRAMIENTAS <ul style="list-style-type: none"> No Aplica. 		EQUIPOS Y MATERIALES <ul style="list-style-type: none"> Balanza electrónica calibrada y certificada. Espátula, Vaso volumétrico de 1000 ml. calibrado y certificado. Radio de comunicaciones. 		
No.	PASO (QUÉ)	EXPLICACIÓN (CÓMO)	Pasos ejecutados (✓) completado (✗) No completado	
1.	Preparación de herramientas y materiales	<ol style="list-style-type: none"> Planilla de control de densidades Frecuencia de las mediciones en cada viaje y/o cambio de mezcla. Asegúrese de haber cargado mínimo tres taladros antes de realizar la toma de muestra, coordine con el winchero para comunicarle que se procederá con la medición de densidades de la mezcla. Ubique la balanza en una zona segura y libre de contactos, proceda a nivelar la balanza y tare el vaso volumétrico, asegúrese que solo marque el peso neto del producto o mezcla. 		
2.	Obtención de muestras para el carguío de taladros vaciables	<ol style="list-style-type: none"> Pesar el vaso volumétrico vacío y "tarar". 		

		<ol style="list-style-type: none"> 2) La medición nos da directamente la densidad (si el volumen del tacho es de 1000 ml). 3) Espere a que el camión mezclador haya vaciado producto por un lapso de 5 segundos, luego proceda a llenar el vaso volumétrico con la mezcla explosiva durante el carguío del taladro y asegúrese que la mezcla se encuentre confinada. Para ello proceda a llenarlo en tres (3) partes, es decir, un golpe en el fondo del vaso cada 1/3 de su capacidad. 4) Terminado de cargar el vaso, proceda a enrasar la muestra con la espátula, limpie la parte externa del vaso y coloque en la balanza para verificar su peso.  <ol style="list-style-type: none"> 5) Registre los datos en la planilla de control. Tome una segunda muestra, si el valor se encuentra dentro del rango de densidades conforme, registre tal valor. De lo contrario informe al operador de camión para que regule la mezcla hasta llegar a la densidad óptima. 6) Valide la información de este muestreo con personal asignado de MYSRL. 		
3	Obtención de muestras para el carguío de taladros bombeables.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pesar el vaso volumétrico vacío y "tarar". 2) La medición nos da directamente la densidad (si el volumen del tacho es de 1000 ml). 3) Coloque la manguera del producto en la "boca" del taladro, espere a que el camión mezclador haya bombeado producto por un lapso de 5 segundos, luego proceda a llenar el vaso volumétrico con la mezcla explosiva durante el carguío del taladro y asegúrese que la mezcla se encuentre confinada. Para ello proceda a llenarlo en tres (3) partes, es decir, un golpe en el fondo del vaso cada 1/3 de su capacidad. 4) Terminado de cargar el vaso, proceda a enrasar la muestra con la espátula, limpie la parte externa del vaso y coloque en la balanza para verificar su peso. 5) Registre los datos en la planilla de control. Tome una segunda muestra, si el valor se encuentra dentro del rango de densidades conforme, registre tal valor. De lo contrario informe al operador de camión para que regule la mezcla hasta llegar a la densidad óptima. 6) Valide la información de este muestreo con personal asignado de MYSRL. 		
4	Control de densidades	<ol style="list-style-type: none"> 1) Asegúrese de colocar en la planilla de control de densidades los siguientes datos: Tipo de mezcla, densidad, nombre de la mina, nivel de banco y número de taladro. 		
5	Transporte de balanzas	<ol style="list-style-type: none"> 1) Para el traslado de la balanza, cada módulo del kit debe ser empacado en forma individual. 2) Una vez empacado los módulos, estos deben ser colocados en una sola caja, totalmente sellada. 3) Los módulos deben quedar completamente fijos dentro de la caja, para evitar que se golpeen entre si cuando sean trasladados. 4) La caja con los módulos debe ser señalizada con "FRAGIL". 5) El conductor del vehículo debe ser instruido antes de comenzar el traslado de la balanza por el supervisor. 		
6	Revisión visual	<ol style="list-style-type: none"> 1) Luego de verificar las mezclas óptimas, verifique en forma aleatoria y visual la textura de la mezcla. 		

ANEXO N°05: RESULTADOS DE MUESTREO DE GASES EN CAMPO –JULIO 2010.



MONITOREO DE GASES

INFORME MENSUAL

A : **Ing. Medio Ambiente MYSRL**

De : **Ing. Giovanna Lazaro. ORICA MINING SERVICES PERU S.A.**

Asunto : **Monitoreo de Gases mes de Julio 2010**

Fecha : **05 / 08 / 10**

INTRODUCCION

En coordinación con la Superintendencia de Mina de MYSRL y el Área de Medio Ambiente se da cumplimiento al Programa mensual de monitoreo de gases producto de los disparos, los mismos que fueron realizados este mes en los Tajos: La Quinua , Chaquicocha, Carachugo Alto, China Linda, San Jose.

OBJETIVO

- *Obtener la dosificación correcta de los agentes de voladura.*
- *Monitoreo de gases y análisis, comparado con los límites máximos permisibles estipulados en el Reglamento de Seguridad e Higiene Minera Decreto Supremo 046-2001-EM.*

RECOPIACION DE DATOS

La recopilación de datos, a través del monitoreo de gases se realizaron en las siguientes fechas:

Item	Fecha	Mina	Lugar	Hora Programada	Hora disparo
1	02 Jul. 10	La Quinua	Nv. 3564	1:00 PM	1:14 PM
2	03 Jul. 10	La Quinua	Nv. 3460	1:00 PM	1:22 PM
3	03 Jul. 10	Chaquicocha	Nv. 3940	4:00 PM	5:37 PM
4	04 Jul. 10	Carachugo Alto	Nv. 4050	8:00 AM	9:55 AM
5	11 Jul. 10	Carachugo Alto	Nv. 4060	10:00 AM	10:15 AM
6	12 Jul. 10	La Quinua	Nv. 3456	11::00 AM	12:13 PM
7	15 Jul. 10	China Linda	Nv. 4004	4:00 PM	5:36 PM
8	16 Jul. 10	Chaquicocha	Nv. 3940	12:00 PM	1:28 PM
9	18 Jul. 10	Chaquicocha	Nv. 3930	12:00 PM	12:40 PM
10	18 Jul. 10	San Jose	Nv. 4008	4:00 PM	5:15 PM



MONITOREO DE GASES

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES

Según el Reglamento del Ministerio de Energía y Minas del Perú (Título segundo, capítulo II, sub. capítulo Nueve), los límites máximos permisibles de los agentes químicos medidos en el punto de emisión, es el siguiente:

GAS	Viraje de la coloración	LMP* (ppm)
CO ₂	blanco a violeta	5000
CO	blanco a pardo	25
NO _x	verde a gris	5

EQUIPOS USADOS PARA LA MEDICION

Instrumento de medición:

Bomba de Dräger Modelo 21/31 Marca Accuro

Tubos colorimétricos utilizados:

Tubos de Control marca MSA

1.- Para Dióxido de Carbono (CO₂):

CH 23501 - 0,1 %/a

2.- Para Monóxido de Carbono (CO):

CH 20601 - 10/b

3.- Para Gases Nitrosos (NO_x):

CH 31001 - 2/a

CONCLUSIONES

- El tiempo promedio empleado en la medición de gases luego de la voladura fue de 12.20 min.
- El tiempo promedio de inicio de toma de muestra fue de 9.2 min.
- Con el monitoreo realizado a la fecha, los valores obtenidos en las concentración para el monóxido, dióxido de carbono y gases nitrosos en todos los casos estuvieron por debajo del LMP.
- Cabe destacar que las mediciones se realizan en el mismo Proyecto de disparo.

Atentamente,

Giovanna Lazaro

Jefe PdP Orica Mining Services Peru-UMY