

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MINERA
GEOLOGIA Y METALURGICA**

**"CARGUIO MECANIZADO DE DIFERENTES
FORMULACIONES EXPLOSIVAS A GRANEL,
FABRICADO EN LAS LABORES MINERAS Y
PUESTOS DIRECTAMENTE EN EL TALADRO"**

INFORME DE INGENIERIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO DE MINAS

**EDGAR LLERENA CONCHA
PROMOCION: 1,984 - I**

LIMA - PERU

1,994

A la memoria de mi Padre José.
A la perseverancia de mi Madre Agueda,
por hacer de mi un profesional.
Al apoyo moral de mis hermanos: Lucho,
Silda, Elizabeth, Imelda, Jesús y
Fernando.
Y por el gran amor de mi esposa Melita
y de mis hijos Franco y Renzo.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I: DESCRIPCION Y ANALISIS DE ALGUNAS CONFIGURACIONES DE EQUIPOS MECANIZADOS PARA MINAS A CIELO ABIERTO Y SUBTERRANEO

- I.0 Comentarios Generales
- I.1 Transporte, Distribución y Carguío de Agentes de Voladura a Granel usados en Minas a Cielo Abierto
 - I.1.1 Transporte y Distribución
 - I.1.2 Carguío a Granel
 - 1. Configuración del Contenedor
 - a. Sistema de Descarga Convencional Sobre-Cabeza
 - b. Sistema de Descarga Inverso Sobre-Cabeza
 - c. Sistema de Descarga con Brazo Lateral
 - 2. Capacidad del Contenedor vs. Chasis vs. en Carretera
 - I.1.3 Opciones para un Camión Moderno a Granel
 - 1. Sistema de Control
 - 2. Pesos y Medidas
 - 3. Sistema DFO
 - 4. Tanques de Emulsión/Hidrogel
 - 5. Bomba para Emulsión/Hidrogel

6. Controles para la Mezcla
 7. Sistema de bombeo
 8. Control de Densidad
 9. Lubricación por Agua o Solución
 10. Carrete para Manguera
 11. Trituradoras a Martillo
 12. Alimentadores de Aditivos
- I.1.4) Calibración de Camiones para Carga a Granel
- I.1.5) Resumen de Especificación de un Tanque de Carga DOT
MC 306 de TREAD Corporation
1. Diseño Estructural
 2. Aperturas: Llenado, Descarga y Ventilación
 3. Certificación
 4. Pruebas
- I.1.6) Analisis de Equipo Opcional
- I.1.7) Analisis de Capacidad del Camión para Carguio a Granel
- I.2) Equipos Cargadores de Emulsión para Minas Subterranas
- I.2.1) Comentarios Generales
- I.2.2) Características Técnicas de Equipos Cargadores de
Emulsión
- 1) Vehículo Transportador
 - 2) Equipo de Bombeo
 - 3) Plataforma de Trabajo

- 4) Elementos o Dispositivos de Seguridad

**CAPITULO II: PRODUCTOS EXPLOSIVOS FACTIBLES DE
MECANIZAR EN MINERIA A CIELO ABIERTO Y
MINERIA SUBTERRANEA**

II.0) Criterios que se Deben Tener en Cuenta Antes de
Seleccionar un Explosivo a Granel Factible de Mecanizar

II.1) Explosivos a Granel Factibles de Mecanizar Usados en
Minería a Cielo Abierto

II.1.1) Concepto de Anfo Pesado

II.1.2) Propiedades del Anfo Pesado

- 1) Potencia
- 2) Densidad
- 3) Velocidad de Detonación
- 4) Resistencia al Agua

II.1.3) Sistema de Carguío

II.1.4) Características de los Agentes de Voladura Emulsión

- 1) APEXSA MAT (Agente Oxidante)
- 2) APEXSA 1220
- 3) Agente de Voladura - Heavy Anfo

- APEXSA - HA 82

- APEXSA - HA 73

- APEXSA - HA 64

- II.2) Explosivos a Granel Factibles de Mecanizar para Minas Subterranas
- Fabricación y Transporte de Emulsión Rebombeable para Diámetro pequeño y mediano.
 - Características Técnicas de Emulsión Rebombeable
 - Ventajas de las Emulsiones Rebombeables en Minas Subterranas con agua
 - Sensibilización de Emulsión Rebombeable para Diámetros Pequeños y Medianos
 - Cargo de Emulsiones Rebombeables en Taladros Ascendentes.
- II.3) Infraestructura de Apoyo para los Sistemas de Carguío Mecanizado en Minas a Cielo Abierto

**CAPITULO III: PRUEBAS REALIZADAS DE CARGUIO
MECANIZADO EN MINAS A CIELO ABIERTO DE
NUESTRO PAIS**

- III.1) Cía Minera Shougang Hierro Perú S.A.
- III.1.1) Geología Local
- III.1.2) Procedencia del Mineral
- III.1.3) Sobre las pruebas de Carguío Mecanizado de Explosivos Puesto en Taladro, Realizado en la Mina
- 1) Comentarios Generales

- VIII -

- 2) Sobre la Prueba del Carguío Mecanizado y la Voladura
- III.1.4) Datos Técnicos Obtenidos de la Prueba
- III.1.5) Evaluación Técnica-Económica de la Prueba
- III.2) Cía Minera Cerro Verde S.A.
- III.2.1) Geología Local
- III.2.2) Sobre la Operación de Minado
- III.2.3) Sobre las Pruebas de Carguío Mecanizado de Explosivos
puesto en Taladro realizado en la Mina
 - 1) Comentarios Generales
 - 2) Sobre la Prueba del Carguío Mecanizado y la Voladura
- III.2.4) Datos Técnicos Obtenidos de las Pruebas
- III.2.5) Evaluación Técnica - Económica de las Pruebas
- III.3) Conclusiones y Recomendaciones Finales

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- Anexo 1: Datos Fotográficos de las Pruebas del Equipo de Carguío Mecanizado de Explosivos Puestos en el Taladro
- Anexo 2: Guía de Problemas de Equipos de Carguío
- Anexo 3: Guía de Mantenimiento Diario de Equipos de Carguío

INTRODUCCION

- X -

En razón a que la aplicación de Emulsiones en tajo abierto tiende por razones técnicas y económicas al abastecimiento a granel del producto explosivo en el taladro, que es aún en su mayor parte manual, requiriendo de tiempo y de un número variable de operadores según las condiciones y la envergadura del trabajo a realizar; se esta notando una tendencia general en nuestro país hacía una mayor mecanización del carguío de explosivos.

Si bien es cierto que por el momento el mayor esfuerzo de este trabajo está dirigido a las explotaciones mayores de tajo abierto por sus propias condiciones de facilidad, la implementación de este sistema en labores subterranas también esta demostrando resultados positivos en otras minas del mundo y que con la única intención de que se conozca los adelantos de este servicio en dichas minas subterranas, se pretendió desarrollarlo muy superficialmente.

En particular, la tendencia en la mecanización para minas a cielo abierto se ha centrado en unidades que permiten el carguío mecanizado tanto de Nitrocarbonitratos como de Emulsiones y mezclas Emulsión/Anfo (Heavy Anfo), con el objeto de adecuarse a los diferentes grados de dureza de la roca y/o presencia de agua que se ocurren con frecuencia en muchas de las minas de nuestro país.

La orientación de este trabajo, pretende ir más allá de una simple presentación y descripción de los equipos que existen hoy para este fin, razón por la cual se entrega, formando parte de su contenido, una serie de consideraciones para que se identifique en primer término la real conveniencia de mecanizar, para luego, si la decisión es favorable, pasar a establecer las características del producto(s), equipo(s) y vehículo transportador, que más se ajusten a las necesidades de cada mina en particular.

Asimismo doy a conocer las experiencias que se lograron en las principales minas a tajo abierto de nuestro país, en donde se realizaron las primeras pruebas del Servicio Mecanizado de Explosivos. Y si bien es cierto que esta primera etapa sobre pruebas, que inicio la Fábrica de Explosivos EXSA S.A., esta llegando a su fin, también lo es el hecho que se va iniciar la segunda etapa de brindar el "Servicio de Abastecimiento de Explosivos Directo en Taladro" a todas las Cías Mineras a cielo abierto que así lo requieran, ya que los resultados obtenidos en las pruebas son positivos y por la evaluación técnica-económica señaladas en el capítulo III, se demuestra que este tipo de servicio propuesto redundará para el beneficio de la Minería de nuestro país.

Por último, quisiera señalar que disparar un solo taladro de perforación, demandará del mismo cuidado que hacerlo con cientos de taladros, luego

- XII -

si sabemos realizar con precaución cada una de las tareas que en el futuro cercano demandará esta operación, entonces se cumplirá la idea central de este trabajo, SER EFICIENTES

CAPITULO I
DESCRIPCION Y ANALISIS DE ALGUNAS
CONFIGURACIONES DE EQUIPOS MECANIZADOS A
CIELO ABIERTO Y SUBTERRANEO

I.0) COMENTARIOS GENERALES

Antes de iniciar una descripción y análisis más detallado de los diferentes tipos y configuraciones de equipos que existen para el carguío mecanizado de productos explosivos a granel, es necesario primero dejar en claro que tanto la configuración como el tamaño del equipo y vehículo transportador dependerá fundamentalmente de las siguientes consideraciones:

- a) Tipo y características específicas de la labor minera y,
- b) Tipo y cantidades relativas de los productos a cargar en las perforaciones.

El gráfico N°1 muestra un esquema general de las configuraciones de equipos que están disponibles para minas a cielo abierto y subterráneas. Cabe señalar que este trabajo está dirigido especialmente, al análisis del carguío mecanizado de productos explosivos a granel (anfo/emulsión) realizadas en minas a Cielo Abierto de nuestro país. Y solamente con el propósito de dar a conocer los adelantos tecnológicos sobre estos equipos mecanizados, utilizados en minas subterráneas en otros países, indicaré algunos detalles básicos sobre su diseño.

I.1) **TRANSPORTE, DISTRIBUCION Y CARGUIO DE AGENTES DE VOLADURA A GRANEL USADOS EN MINAS A CIELO ABIERTO**

A mediados de los años 80 se produjo un cambio importante en los agentes de voladura a granel, compuestos por varios ingredientes que son utilizados en una amplia gama de fórmulas. Estos nuevos productos dan al usuario la posibilidad de preparar mezclas explosivas en el terreno, según necesidad de los taladros, con diferentes velocidades de detonación, densidad y resistencia al agua. Esta nueva ola ocasionó un cambio importante en toda la industria de explosivos, desde el ANFO y altos explosivos encartuchados hasta los ágentes de voladura a granel.

I.1.1) **TRANSPORTE Y DISTRIBUCION**

El transporte y almacenaje de los ingredientes para los agentes de voladura a granel es facilitado en diferentes maneras. En nuestro país y sobretodo en el resto del mundo existen varias plantas importantes de nitrato de amonio poroso en prills (NA). Estas plantas varían ampliamente en su capacidad y alternativas de producción. Tales

fábricas han sido construídas normalmente cerca de vías férreas y carreteras, para permitir una distribución rápida y efectiva a bajo costo del NA hasta los lugares de redistribución. En otros países cuando el material llega al lugar de redistribución, normalmente es descargado mediante una faja o gusano sinfín a un elevador de cangilones y a un silo de almacenaje elevado o directamente a un camión de entrega, ver gráfico N° 2, 3 y 4. Desde este punto el NA es llevado a una mina u otra operación de voladura.

En el caso del Perú, las emulsiones y los hidrógeles son fabricados en la fábrica de explosivos EXSA S.A., en su planta industrial de Lurín, y a partir de ella es transportado por camiones hasta la mina. En otros países las emulsiones y los hidrogel (water gels) son fabricados en plantas satélites pequeñas, que atienden áreas regionales a un costo razonable y, por esta razón, las plantas de emulsión/hidrogel son más numerosas que las plantas para NA y están ubicadas en áreas de gran consumo. Normalmente son transportados por camión o ferrocarril hasta el lugar del redistribuidor o la mina.

Otros ingredientes comunes de los agentes de voladura son DFO (aceite combustible Diesel), aluminio y agentes reguladores para control de la densidad. El DFO es un material específico y es distribuído con mucha eficiencia en todo el mundo. El DFO se adiona al NA en una

GRAFICO N° 1
ESQUEMA GENERAL DE CONFIGURACIONES POSIBLES
DE EQUIPOS PARA EL CARGUIO MECANIZADO DE
EXPLOSIVOS A GRANEL

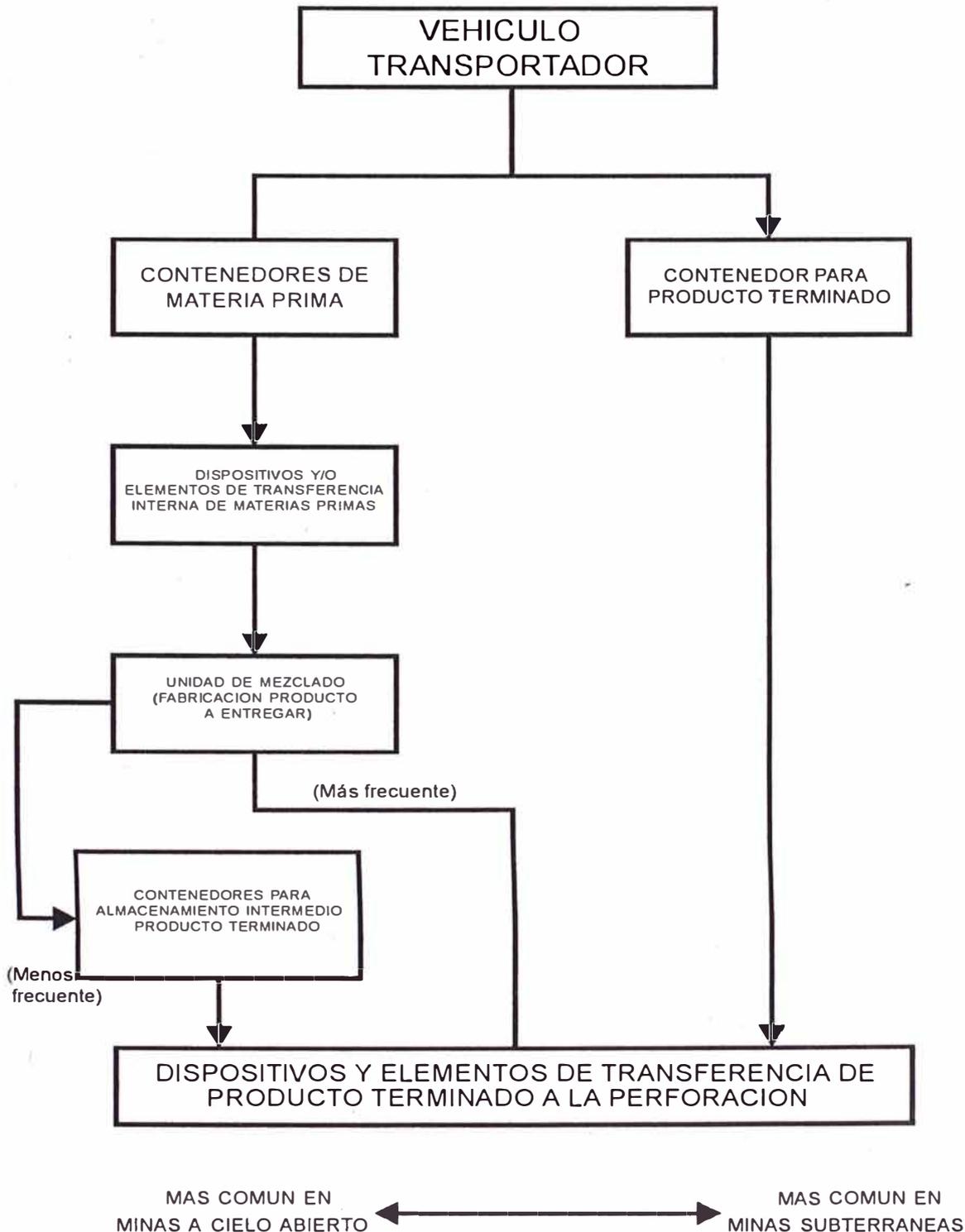


GRAFICO N°2

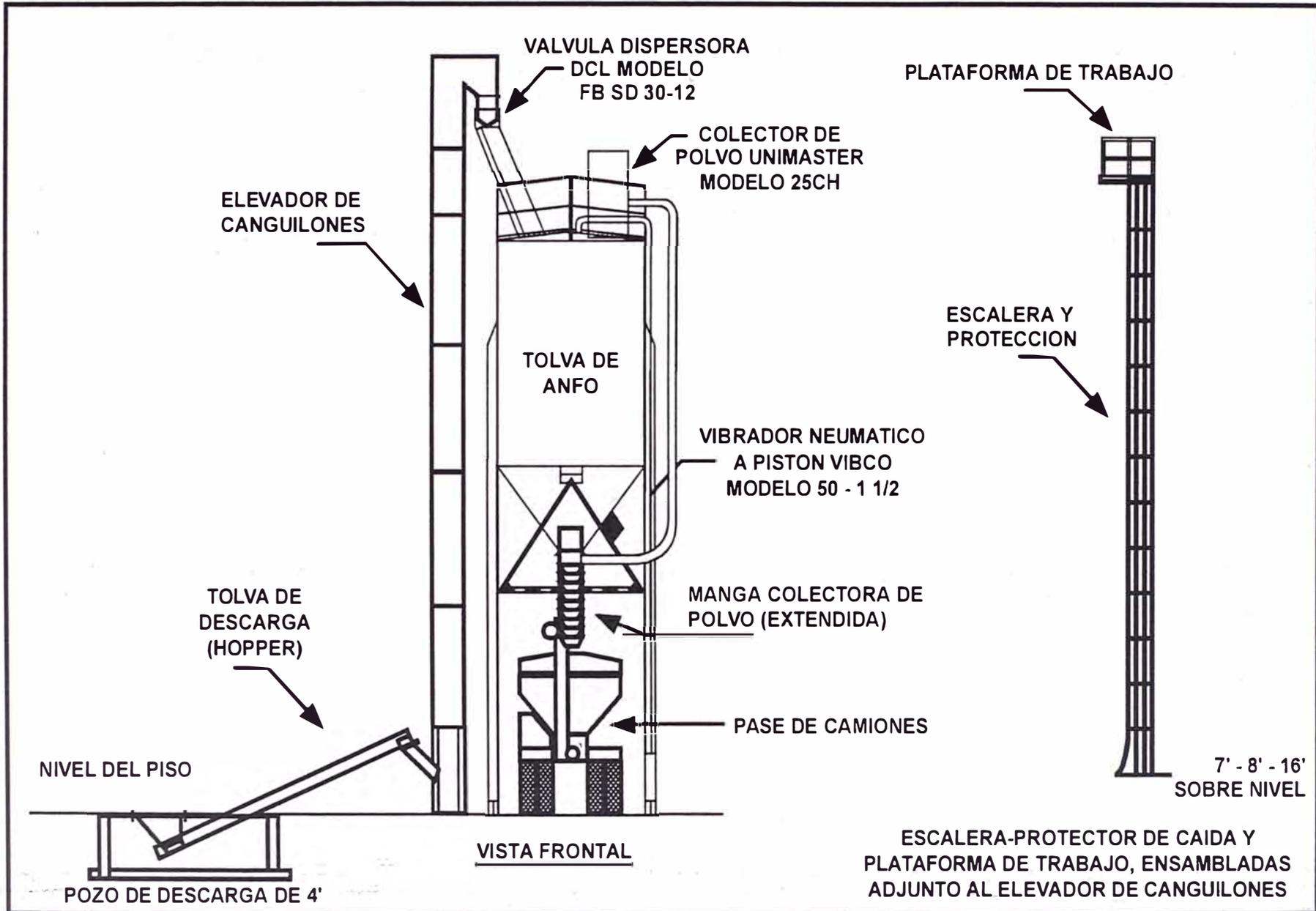


GRAFICO N° 3

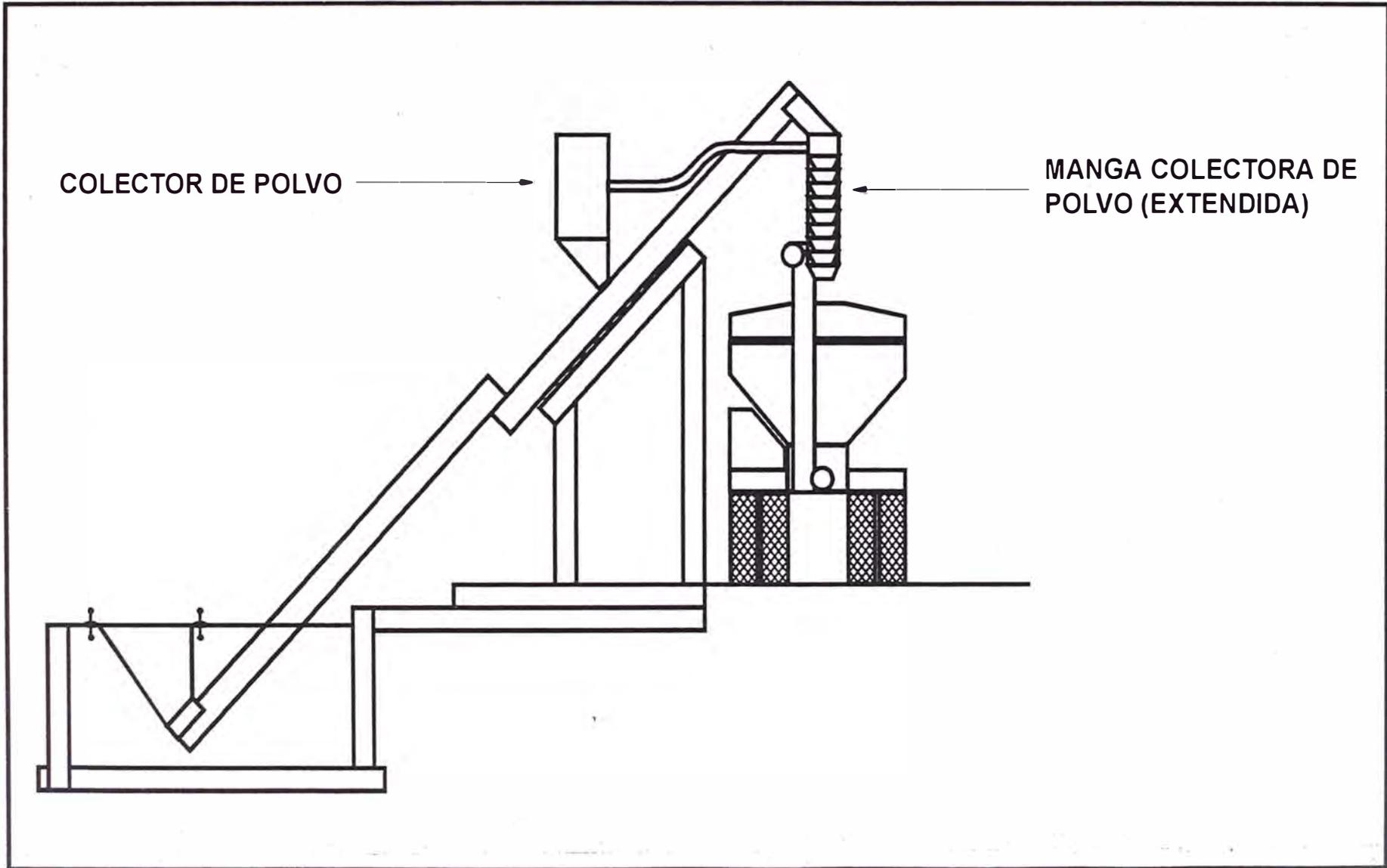
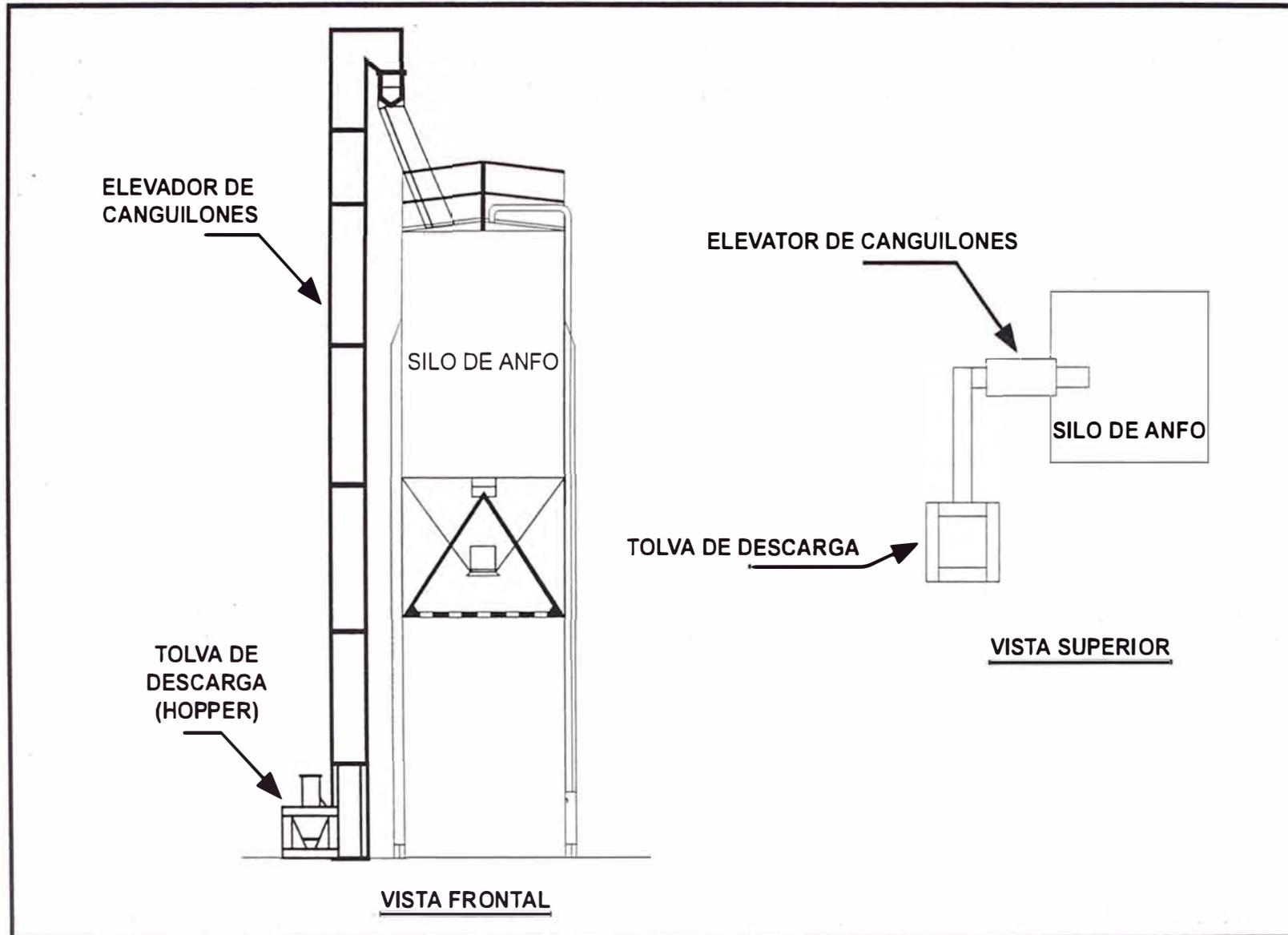


GRAFICO N°4



relación de aprox. 6%. El aluminio se mezcla en las fórmulas en el rango de 4 a 10% y normalmente es transportado en bolsas de 50 lbs.. Los agentes para control de densidad se usan normalmente en cantidades muy pequeñas, de 0.5 a 3% de los volúmenes de emulsión/hidrogel. Estos agentes vienen en forma sólida y líquida y son transportados normalmente en bolsas, cajas y contenedores de 5 a 10 galones.

I.1.2) **CARGUIO A GRANEL**

Los nuevos y funcionales Agentes de Voladura a granel generaron demanda de nuevos equipos necesarios para su aplicación. Estos nuevos equipos son requeridos para complementar a los nuevos productos con la tecnología de voladura disponible, dándole al operador la posibilidad de mezclar o combinar componentes y verter mecánicamente o bombear el producto final en los taladros de voladura con diámetros entre 4 y 22 pulgadas.

Como los productos mencionados se requerían para el mayor rango de aplicaciones, se hizo necesario tener alternativas de múltiples proporciones de mezcla para poder satisfacer los más difíciles

requerimientos de voladura. Los ingredientes más empleados incluyen al Nitrato de Amonio, Combustible Diesel, Emulsión, Hidrogel, Aluminio y Agentes Controladores de Densidad. Las múltiples proporciones factibles de obtener en el flujo de estas líneas de productos, crean una matriz de requerimientos que es mayor que la suma total de los productos individuales, la nueva generación de camiones para carguío a granel dispone de opciones para poder cumplir estos objetivos; estas opciones deben ser seleccionadas aproximadamente para poder satisfacer los requerimientos complejos del trabajo en cuanto a capacidad y volúmenes de entrega.

Una consideración primordial en cualquier trabajo de voladura es el tamaño y distribución de malla de los taladros que se requieren para cumplir con los objetivos propuestos. Ambos determinan la configuración básica de la tolva mezcladora a granel y los dispositivos cargadores, con brazo lateral o sobre cabeza.

1) **CONFIGURACION DEL CONTENEDOR**

- A. Los sistemas convencionales "**sobre-cabeza**" trabajan mejor en mallas estrechas. Estas unidades están equipadas con un brazo cargador

sinfín de 16 a 20 pies de longitud, que giran hasta 345 grados por detrás de la tolva. El brazo cargador descarga a una altura de aproximadamente 8 a 10 pies por encima del piso mediante una manguera flexible que puede ser movida en un radio de cinco pies, a partir del extremo del brazo. El operador del camión puede llenar varios taladros sin cambiar de ubicación. Estas unidades trabajan adecuadamente en disparos con mallas de 10' x 10' a 18' x 18', o tan amplias como de 24' x 24'. El flujo de descarga en las unidades de "sobre-cabeza" está entre 400 a 1,200 libras por minuto (ver gráfico N° 5).

- B.** El montaje inverso del brazo sinfín sobre-cabeza (descarga por frente y encima de la cabina) tiene todas las ventajas de las unidades estándar para descarga montada sobre-cabeza. Pueden adicionarse controles montados en la cabina para estas unidades, permitiendo al operador posicionar el camión, el brazo y descargar el producto sin salir de la cabina. Esta combinación produce un ahorro considerable de tiempo al posicionar el camión y el brazo, gracias a la visibilidad mejorada. La característica de control desde la cabina es también muy favorable en condiciones de mal clima. La velocidad de descarga del producto es la misma del punto anterior (ver gráfico N° 6).

- C. Las unidades de descarga lateral están equipadas con brazo de 12 a 16 pies. El brazo gira aproximadamente 180 grados desde el lado del operador. El rendimiento de estas unidades es de 1000 a 1500 libras por minuto.

Este brazo descarga desde una altura aproximada de 2 a 4 pies por encima del piso y debe ser posicionado directamente encima del taladro. Estas unidades son más convenientes para mallas amplias donde se utiliza taladros de gran diámetro. La mayor velocidad de descarga es una gran ventaja, en vista de que la unidad tiene que moverse de un taladro a otro (ver gráfico N°7).

2) CAPACIDAD DEL CONTENEDOR VS. CHASIS VS. VIAJE EN CARRETERA

- A. Los contenedores son construídos en dos perfiles básicos, uno estándar que lleva aproximadamente 3/4 de tonelada de producto por pie de la longitud de carrocería y las de perfil alto que llevan aproximadamente una t. de producto por pie de longitud de carrocería. Si la unidad tiene que circular en carretera, entonces es preferible el perfil estándar, pues

GRAFICO N° 5

CAMION CON MONTAJE DE BRAZO ESTANDAR (POSTERIOR SOBRE-CABEZA)

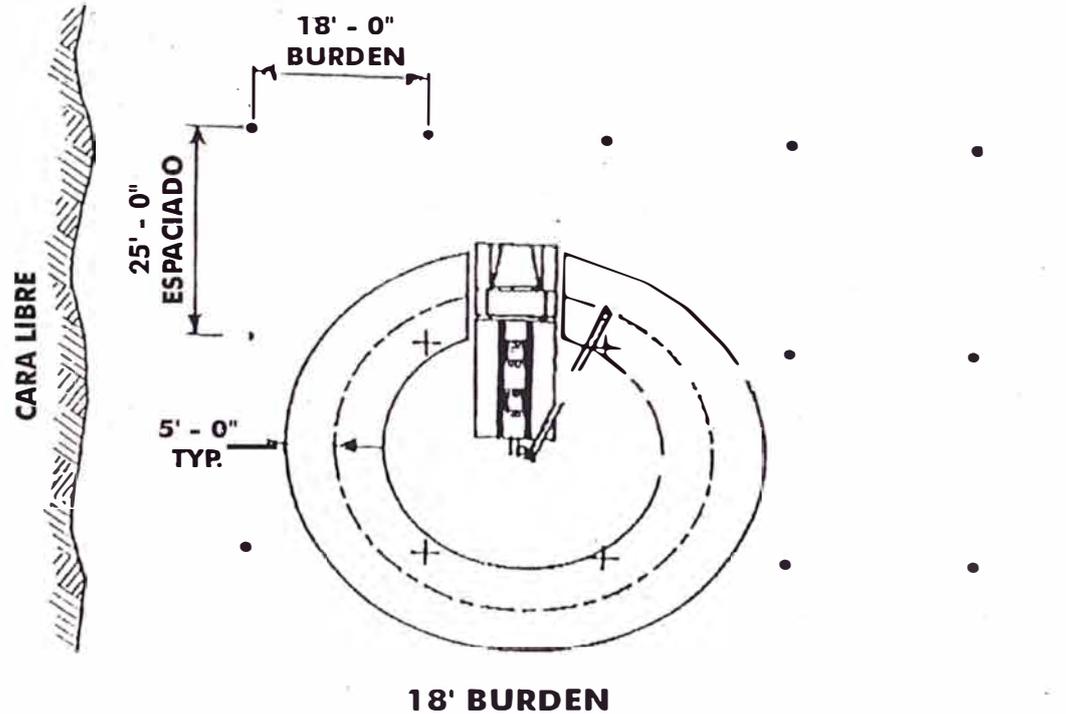
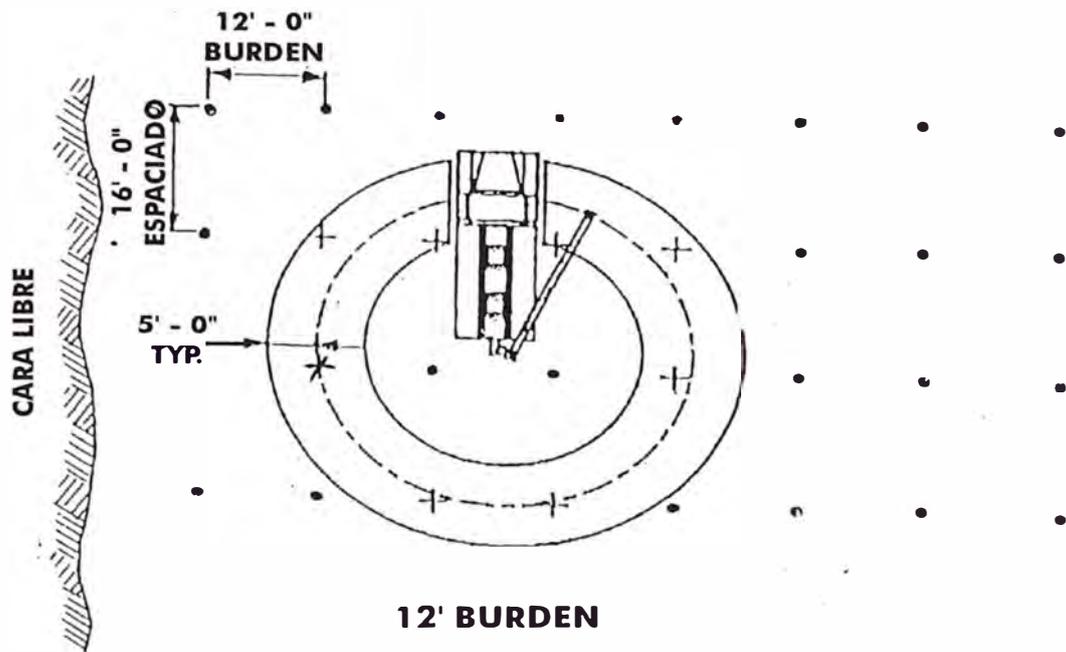


GRAFICO N° 6

CAMION CON MONTAJE DE BRAZO INVERSO (FRONTAL SOBRE-CABEZA)

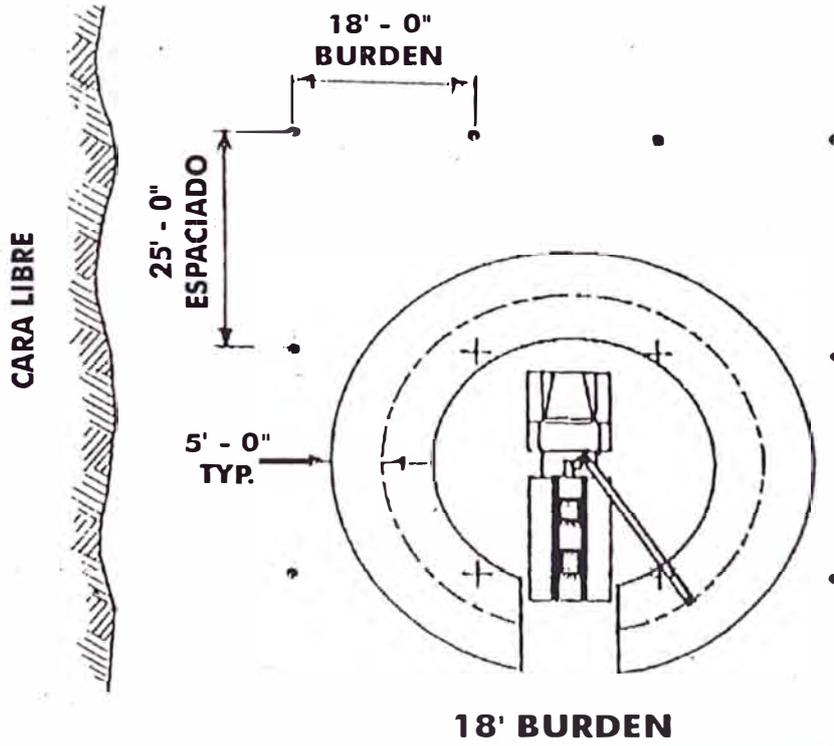
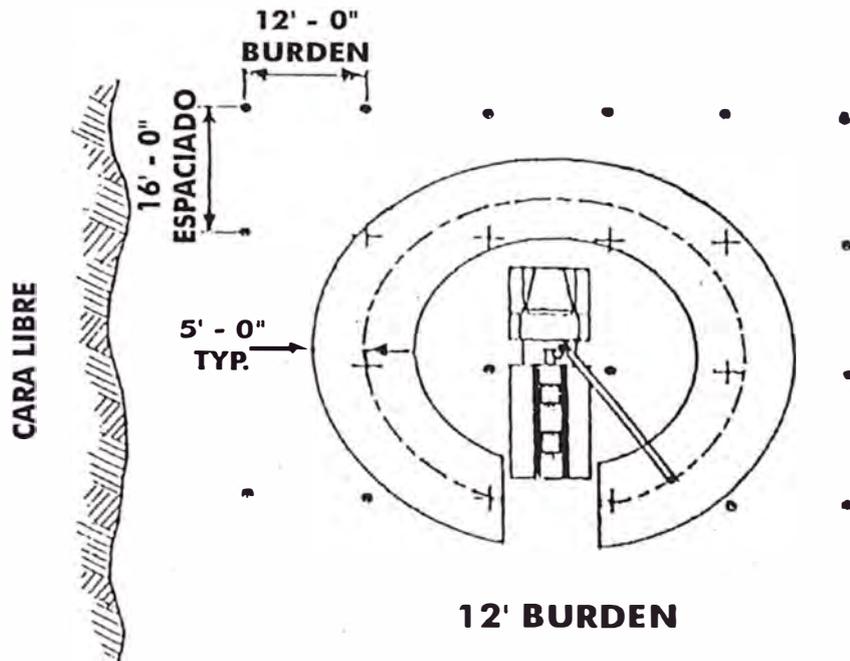
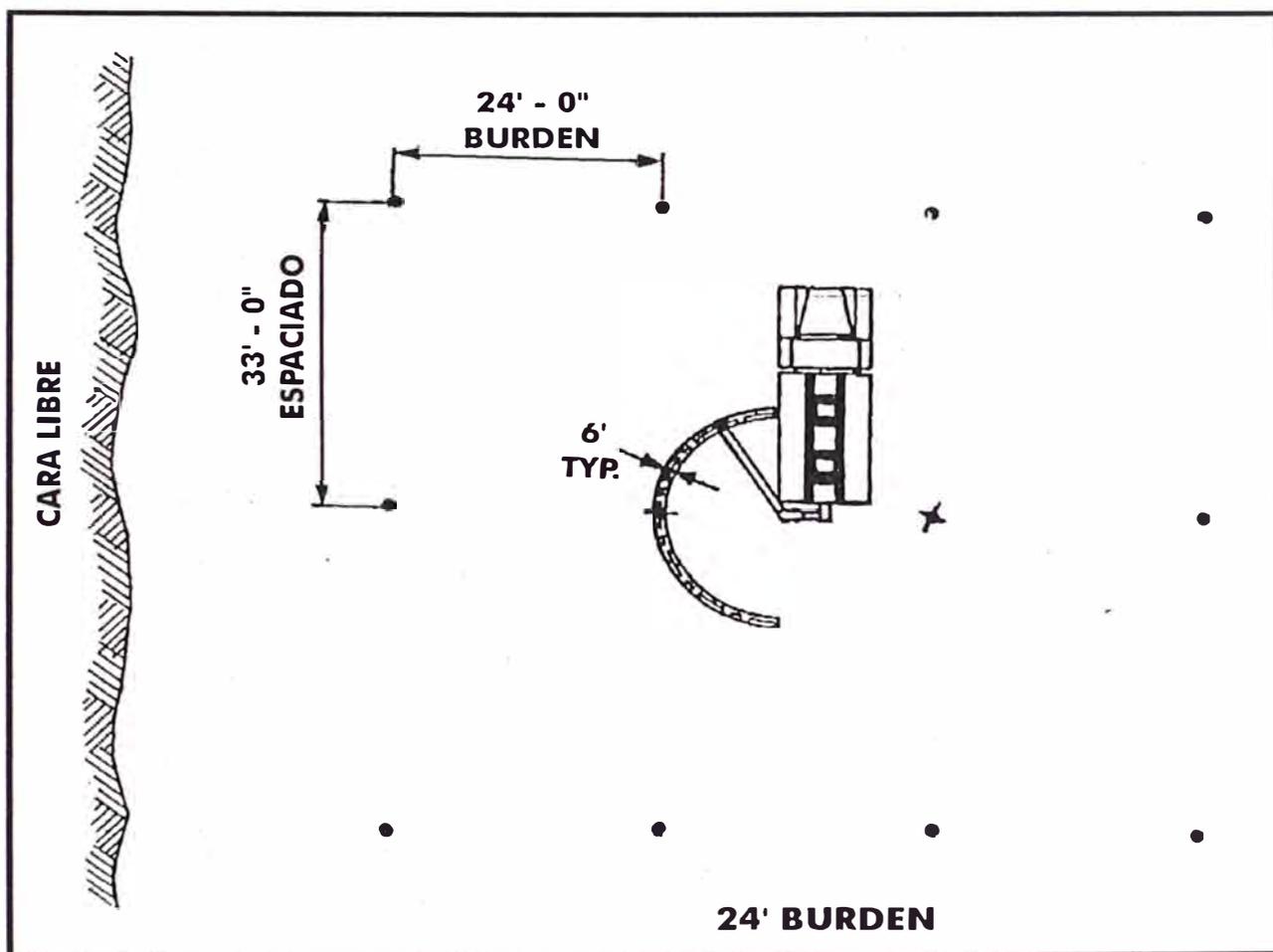


GRAFICO N° 7

CAMION CON MONTAJE DE BRAZO LATERAL



la unidad debe ser lo suficientemente larga para distribuir la carga sobre la distancia requerida, de acuerdo a las Leyes para Puentes (ver cuadro N° 1). Si la unidad va a ser empleada para aplicación fuera de carretera, puede ser deseable una carrocería de perfil alto, debido a la mayor capacidad de carga. Cuando se va a escoger un perfil de carrocería, debe tenerse en consideración el terreno de la voladura, la malla de perforación y la disponibilidad de vías de acceso, en vista que la carrocería más alta tiene un centro de gravedad a mayor altura.

- B.** También es importante la selección del chasis. El modelo preferido debería tener una capacidad del eje frontal de 20,000 lbs. y una capacidad de eje posterior de 44,000 lbs. (gráfico N° 8,9 y 10). También es deseable la opción de un freno de motor para reducir el desgaste del freno y aumentar la seguridad. La relación media efectiva del engranaje de baja debería ser de un mínimo de 60 a 1 ó más. Esta baja relación de engranaje permite un movimiento fácil de la unidad entre los lugares de carga, con daño mínimo de la línea de transmisión y desgaste del embrague. Los motores Diesel son la fuente preferida de fuerza motriz, debido a su elevado momento de torsión y alto punto de inflamación del combustible.

CUADRO N° 1

CUADRO EXTRAIDO DE LA LEY FEDERAL DE LOS EE.UU.PARA PUENTES

PESO MAXIMO EN LBS. ENTRE LOS EXTREMOS
DE DOS O MAS EJES CONSECUTIVOS
CULESQUIERA

DISTANCIA EN PIES ENTRE
LOS EXTREMOS DEE DOS O
MAS EJES CUALESQUIERA
CONSECUTIVOS

| | 2 EJE | 3 EJE | 4 EJE | 5 EJE | 6 EJE |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 4 | 34,000 | | | | |
| 5 | 34,000 | | | | |
| 6 | 34,000 | | | | |
| 7 | 34,000 | | | | |
| 8 | 34,000 | 34,000 | | | |
| 9 | 39,000 | 42,500 | | | |
| 10 | 40,000 | 43,500 | | | |
| 11 | | 44,000 | | | |
| 12 | | 45,000 | 50,000 | | |
| 13 | | 45,500 | 50,500 | | |
| 14 | | 46,500 | 51,500 | | |
| 15 | | 47,000 | 52,000 | | |
| 16 | | 48,000 | 52,500 | 58,000 | |
| 17 | | 48,500 | 53,500 | 58,500 | |
| 18 | | 49,500 | 54,000 | 59,000 | |
| 19 | | 50,000 | 54,500 | 60,000 | |
| 20 | | 51,000 | 55,500 | 60,500 | 66,000 |
| 21 | | 51,500 | 56,000 | 61,000 | 66,500 |
| 22 | | 52,500 | 56,500 | 61,500 | 67,000 |
| 23 | | 53,000 | 57,500 | 62,500 | 68,000 |
| 24 | | 54,000 | 58,000 | 63,000 | 68,500 |
| 25 | | 54,500 | 58,500 | 63,500 | 69,000 |
| 26 | | 55,500 | 59,500 | 64,000 | 69,500 |
| 27 | | 56,000 | 60,000 | 65,000 | 70,000 |
| 28 | | 57,000 | 60,500 | 65,500 | 71,000 |
| 29 | | 57,500 | 61,500 | 66,000 | 71,500 |
| 30 | | 53,500 | 62,000 | 66,500 | 72,000 |
| 31 | | 59,000 | 62,500 | 67,500 | 72,500 |
| 32 | | 60,000 | 63,500 | 68,000 | 73,000 |
| 33 | | | 64,000 | 68,500 | 74,000 |
| 34 | | | 64,500 | 69,000 | 74,500 |
| 35 | | | 65,500 | 70,000 | 75,000 |
| 36 | | | 66,000 | 70,500 | 75,500 |
| 37 | | | 66,500 | 71,000 | 76,000 |
| 38 | | | 67,500 | 72,000 | 77,000 |
| 39 | | | 68,000 | 72,500 | 77,500 |
| 40 | | | 68,500 | 73,000 | 78,000 |
| 41 | | | 69,500 | 73,500 | 78,500 |
| 42 | | | 70,000 | 74,000 | 79,000 |
| 43 | | | 70,500 | 75,000 | 80,000 |
| 44 | | | 71,500 | 75,500 | |
| 45 | | | 72,000 | 76,000 | |
| 46 | | | 72,500 | 76,500 | |
| 47 | | | 73,500 | 77,500 | |
| 48 | | | 74,000 | 78,000 | |
| 49 | | | 74,500 | 78,500 | |
| 50 | | | 75,500 | 79,000 | |
| 51 | | | 76,000 | 80,000 | |

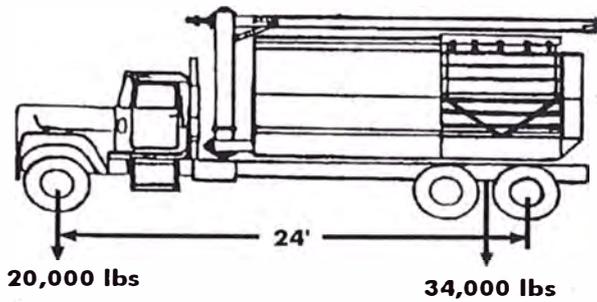


GRAFICO N° 8

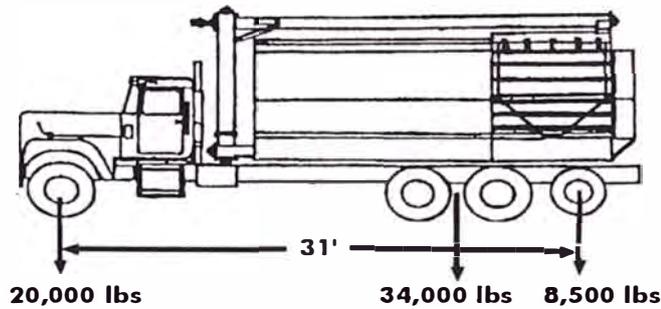


GRAFICO N° 9

| | | | |
|------------------------------|--------------------|------------|--------------------|
| Peso sobre eje delantero | 17,000 lbs. | Chasis | 18,000 lbs. |
| Peso sobre eje posteriores | 34,000 lbs. | Contenedor | 10,000 lbs. |
| Peso sobre ejes del remolque | <u>29,000 lbs.</u> | Remolque | 8,000 lbs. |
| Peso total del vehículo | 80,000 lbs. | Productos | <u>44,000 lbs.</u> |
| | | | 80,000 lbs. |

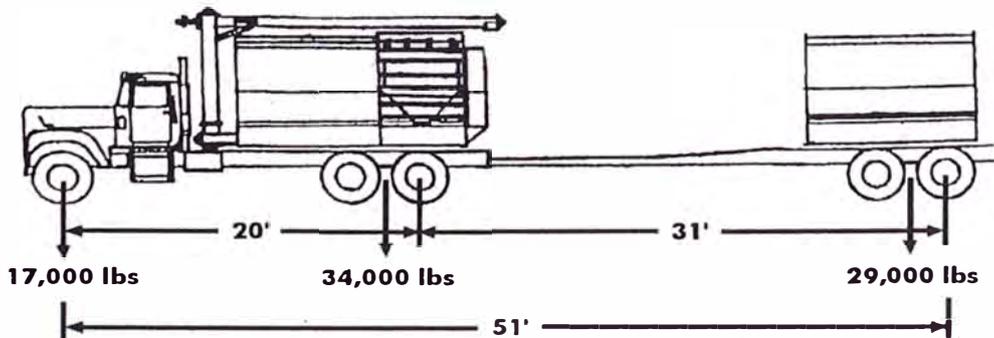
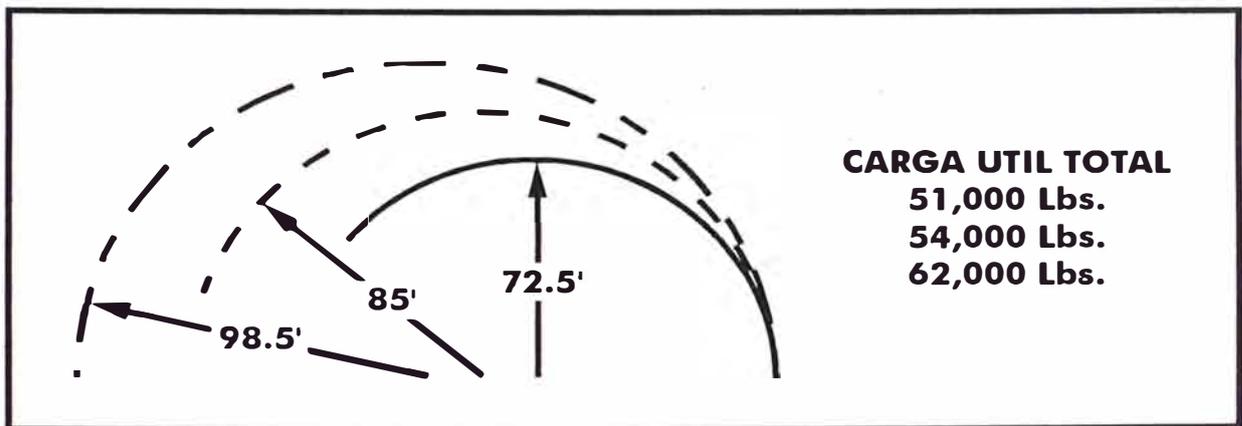


GRAFICO N° 10

C. La otra característica importante del chasis es el radio de giro. Para uso en autopista, cuando más larga la distancia entre ejes, mayor la capacidad de carga. Se puede acoplar un remolque para aumentar la capacidad de carga del producto, pero resultaría difícil de manejar en caso de una malla cerrada. Siempre es buena práctica consultar al Representante Local del camión respecto a la selección del chasis (ver gráfico N° 11).

GRAFICO N° 11



I.1.3) OPCIONES PARA UN CAMION MODERNO A GRANEL

1) SISTEMA DE CONTROL

Los camiones estandar con descarga sobre-cabeza (en la parte alta) tienen un sistema de control manual montado en el guardafango, para

regular el flujo del producto y las funciones del brazo sinfín.

Los camiones con brazo lateral pueden ser equipados, adicionalmente a la estación de control en el guardafango, con control remoto eléctrico o neumático. Estos controles pueden instalarse al final del brazo para permitir la operación en el taladro por un solo hombre.

Un sistema de control instalado en la cabina permite controlar las funciones operacionales desde la cabina. Este sistema le permite utilizar un juego de controles manuales en el guardafango, si la unidad cuenta con este equipo. Esto es de especial importancia como un sistema de refuerzo en caso en que se presente alguna falla en el circuito de control eléctrico o en la parte controlada por aire.

Pueden agregarse otros controles opcionales al sistema en la cabina. Incluyen un contador que automáticamente hace parar la alimentación después de cargar una cantidad prefija del producto en un taladro. Las unidades más avanzadas para carga a granel cuentan ahora con computadoras a bordo. (Ejm. en Cía Minera Yanacocha S.A.).

Estos controladores programables permiten al operador teclear en una fórmula, la cantidad y velocidad de entrega, y entonces la unidad carga el taladro sin otra intervención del operador. También puede

programarse este sistema para indicar si el producto se encuentra fuera de un rango aceptable de especificación.

El controlador programable proporciona al usuario una disponibilidad infinita de fórmulas, rangos, velocidades, información sobre stocks y la posibilidad de tener directamente un registro impreso.

2) **PESOS Y MEDIDAS**

Existen dos (2) métodos confiables de monitorear el suministro y la velocidad del producto por gusano sinfín y bomba. El primero utiliza el desplazamiento del gusano sinfín para permitir que el producto sea suministrado por número de revoluciones. Esto se logra mediante un tacómetro de lectura digital de baja velocidad, que también emplea un totalizador para obtener los conteos totales. Estos conteos pueden pasarse entonces por un dispositivo de escalas para lograr una lectura en varias unidades, libras, Kilogramos, etc. Este sistema se conecta al eje del sinfín inferior para indicar el caudal del NA y al eje de la bomba de emulsión para indicar el caudal de emulsión. Se trata de un método de costo razonable para monitorear velocidad y suministro.

Un juego de totalizadores accionados por batería o mecánicamente puede monitorear el N.A. suministrado y la emulsión suministrada. Este juego no es costoso y si se usa durante un período de tiempo determinado proporciona la misma información como los tacómetros y también puede usarse a la vez como un sistema de refuerzo para todo el trabajo o totales por período.

Existen también sistemas a base de control de tiempo que utilizan relojes. Tal sistema permite al operador hacer funcionar los dispositivos a una velocidad fija por un tiempo dado para producir una cantidad del producto suministrado. La popularidad de este sistema ha disminuido en los años recientes, debido a los nuevos dispositivos electrónicos de medición.

El segundo sistema emplea un sistema de pesada a bordo. Indica el peso total del producto en el contenedor, y conforme el producto es suministrado, se puede llenar muy exactamente cada taladro con la cantidad deseada del producto. Este sistema está disponible para pesar todo el contenedor, o puede ser instalado de tal manera que pese separadamente el tanque de emulsión y el depósito de ANFO, o vice-versa. Estas balanzas pueden equiparse también con un impresor en la cabina para el registro escrito. El sistema de célula de carga a bordo

es muy costoso y requiere un mayor mantenimiento que los otros sistemas.

3) **SISTEMAS DFO**

Esta opción se agrega para fabricar ANFO con nitrato de amonio y combustible Diesel al lado del taladro, mientras se carga el producto. Consiste de un tanque para DFO de tamaño adecuado, 6% del nitrato de amonio por peso más 20% de reserva, una bomba para DFO (petróleo Diesel 2) un totalizador para medir el flujo y toberas de inyección para dispersar el diesel en el nitrato de amonio. La bomba puede ser accionada por cadena o estar mecánicamente acoplada al gusano sinfín inferior, o puede ser accionada con mayor precisión mediante un sistema hidráulico de control.

4) **TANQUES DE EMULSION/HIDROGEL**

Se ofrecen tanques en una variedad de tamaños y configuraciones tanto para uso fuera de carretera como en la carretera. Es importante que el área del sumidero sea lo más pequeña posible para reducir la

posibilidad de que se apelmase el producto. Puede cubrirse con aislamiento o incluir espirales de calentamiento, lo que dependerá del clima y de las características de los productos a transportarse. Muy conveniente es contar en la parte superior con una escotilla con tapa para la carga, que sea fácil de operar. Las válvulas en el fondo del tanque deben tener un diámetro mínimo de 3" para realzar el flujo del producto y reducir los requerimientos de succión de la bomba. Los tanques deben estar contruídos de acuerdo a ciertos requisitos cuya interpretación general se muestran en el gráfico N° 12.

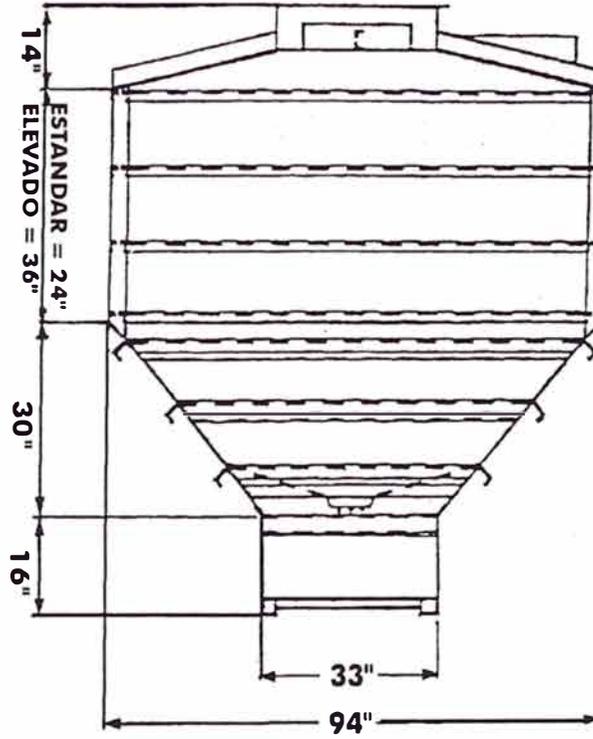
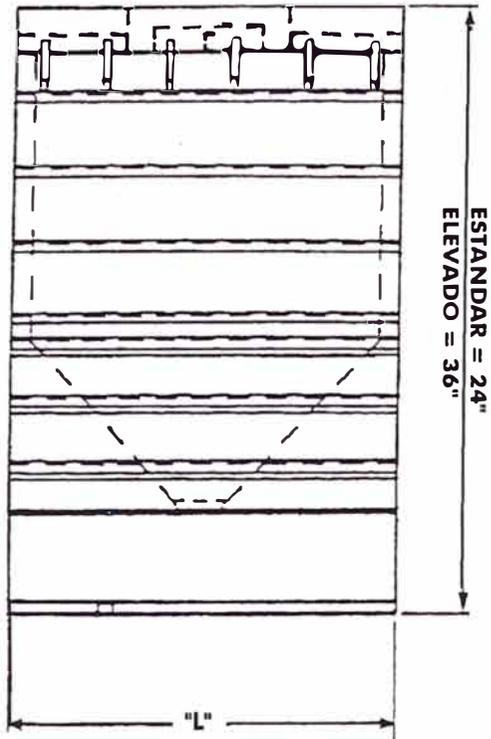
5) **BOMBA PARA EMULSION/HIDROGEL**

Bombas Tipo Rotativo de Engranajes.- Estas unidades están equipadas con dos engranajes cubiertos con jebe, uno accionado por un motor hidráulico y el otro accionado mediante el primer engranaje. Estas bombas son poco costosas e ideales en la dosificación para la fabricación de mezclas de Emulsión/Hidrogel y ANFO; han sido diseñadas para producir aproximadamente 100 PSI de presión en el producto, suficiente para inyectar la mayoría de los productos en la cámara de mezclado. Las ventajas principales de estas bombas son bajo precio, peso liviano y tamaño físico pequeño.

posibilidad de que se apelmase el producto. Puede cubrirse con aislamiento o incluir espirales de calentamiento, lo que dependerá del clima y de las características de los productos a transportarse. Muy conveniente es contar en la parte superior con una escotilla con tapa para la carga, que sea fácil de operar. Las válvulas en el fondo del tanque deben tener un diámetro mínimo de 3" para realzar el flujo del producto y reducir los requerimientos de succión de la bomba. Los tanques deben estar contruídos de acuerdo a ciertos requisitos cuya interpretación general se muestran en el gráfico N° 12.

5) **BOMBA PARA EMULSION/HIDROGEL**

Bombas Tipo Rotativo de Engranajes.- Estas unidades están equipadas con dos engranajes cubiertos con jebe, uno accionado por un motor hidráulico y el otro accionado mediante el primer engranaje. Estas bombas son poco costosas e ideales en la dosificación para la fabricación de mezclas de Emulsión/Hidrogel y ANFO; han sido diseñadas para producir aproximadamente 100 PSI de presión en el producto, suficiente para inyectar la mayoría de los productos en la cámara de mezclado. Las ventajas principales de estas bombas son bajo precio, peso liviano y tamaño físico pequeño.



| "L" LONGITUD | CAPACIDAD EN GALONES | |
|-----------------|----------------------|----------|
| | * STD * | * ALTA * |
| 3 PIES | 475 | 600 |
| 4 PIES | 660 | 845 |
| 5 PIES | 845 | 1085 |
| 6 PIES | 1030 | 1325 |
| 7 PIES | 1250 | 1600 |
| 8 PIES | 1470 | 1870 |

GRAFICO N° 12

Bombas de Cavidad Progresiva.- Estas unidades incorporan un rotor tipo gusano, que gira dentro de un estator de jebe para producir una cavidad móvil. Este diseño es más costoso, pero rinde una capacidad excelente de dosificación. Una bomba de cavidad progresiva producirá un vacío de aprox. una atmósfera. En dependencia de la longitud del rotor y estator, estas unidades pueden producir hasta 300 psi de presión en el producto.

Las ventajas principales de estas bombas son sus excelentes características de succión y capacidad de alta presión. Con este tipo de bomba se está trabajando en el camión mezclador-bombeador que ha adquirido la Fabrica de Explosivos EXSA.

NOTA: Debido al problema potencial de daño material u otros riesgos, es conveniente consultar con el suministrador de explosivos para que le recomiende la bomba para su aplicación y la forma de protección contra sobre-presión. En la línea de presión del producto puede instalarse un disco de ruptura como protección contra sobre-presión.

Para el caso del camión mezclador de EXSA, esta sobre-presión no debe ser mayor de 200 PSI.

6) **CONTROLES PARA LA MEZCLA**

La nueva era de flujos múltiples de productos originó los requerimientos de sistemas de control más complejos. Actualmente existen en la industria básicamente tres tipos de sistemas de control.

Primero tenemos el concepto de la proporcionalidad. En este sistema cada caudal de producto es puesto en proporción con otro flujo de producto o con el producto terminado (DFO 6% de N.A., Emulsión 30% del total de los productos). La velocidad de salida del producto total es entonces ajustada por la velocidad del motor (Motor de 1000 RPM, velocidad de salida de 1000 lbs/min.; motor de 1500 RPM, velocidad de salida de 1500 lbs/min.).

Uno de los beneficios principales de este sistema es que permite que los gusanos sinfín mantengan una velocidad constante al porcentaje proporcional completo de llenado para asegurar una mezcla apropiada. También mantiene el atascamiento del gusano sinfín a un mínimo. Este sistema permite al jefe de voladura establecer las proporciones del producto a producir y al operador a variar la velocidad de carga para adaptar las condiciones de carguío de los taladros. Este sistema puede

regularse con dos o tres proporcionalidades prefijas que son seleccionadas en dependencia del producto a suministrar.

El segundo sistema utiliza un dispositivo independiente para controlar la velocidad de cada función, es decir DFO, Aluminio, N.A., Emulsión, Gusano Sinfín Inferior, Gusano Sinfín Vertical y Gusano Sinfín superior. En este sistema es necesario cambiar la proporción de los caudales, porcentajes de llenado del gusano sinfín y la velocidad de salida en caso que sean requeridos cambios según cualquier criterio de operación. Este sistema es muy preciso y puede ser calibrado con exactitud para permitir un grado de control excelente, pero también es de operación más engorrosa, si los productos y las velocidades tienen que ser cambiados a menudo. Estos sistemas requieren una bomba hidráulica tipo pistón, que es muy eficiente pero no es tolerante con respecto a la contaminación del sistema. Ambos sistemas de control tienen ventajas y desventajas que deben tomarse en consideración para toda aplicación particular.

El tercer sistema es un híbrido que utiliza partes de los sistemas de control antes mencionados. En este sistema cada dispositivo es controlado por separado y tiene su propio control del flujo hidráulico. Los dispositivos accionados hidráulicamente, a través de un sistema sensor, alimentan sus velocidades a un controlador computarizado

programable, que a su vez envía una señal de regreso al sistema hidráulico, permitiéndole hacer los cambios necesarios en la velocidad del componente accionado. Este sistema puede también monitoriar el caudal necesario del producto y enviar una señal al controlador para ajustar las velocidades del flujo hidráulico al dispositivo que acciona la bomba o el gusano sinfín. Este ajuste de selección de caudal y de velocidad tiene lugar varias veces por segundo. La mayor ventaja de este sistema es que permite al operador producir casi cualquier producto sin que importe el número de ingredientes, y permite a la máquina monitorearse por sí misma para producir un excelente control de calidad. El controlador puede accionar también un impresor, para que se obtenga un registro escrito de la actividad diaria. La mayor desventaja es el costo del sistema.

7) **SISTEMA DE BOMBEO**

El bombeo de los agentes de voladura se hizo muy difundido, gracias a la reducción total en requerimientos de stocks inventariados y los ahorros de costo en comparación con los productos embalados.

Este proceso requiere el uso de una bomba que puede pasar sólidos, prills, microbalones, etc., sin molerlos, a alta presión y que tenga excelentes características de vacío. Se usa casi exclusivamente bombas de cavidad progresiva, en vista de que cumplen con estos requisitos. El sistema de bombeo debe estar de acuerdo con la viscosidad del producto, la velocidad de salida, el tamaño de la manguera y con la distancia hasta la cual el producto tiene que ser bombeado. Todos estos factores se relacionan con el desplazamiento de la bomba, la velocidad de la bomba y presión de la bomba.

El bombeo requiere usualmente presiones entre 100 y 200 psi. Si esta presión no está disponible o puede dañar el producto, puede agregarse un sistema de lubricación por agua.

El producto puede llegar al sistema de bombeo de una u otra manera. Los productos pueden estar pre-mezclados o mezclados continuamente por una fuente externa, cargándolos luego a un camión-bombeador, cuya única función consiste en bombear este producto hasta dentro del taladro. Este proceso ha sido usado ampliamente hasta mediados de los años 1980.

El segundo sistema utiliza una tolva de camión que por sí combina los productos, los descarga a una tolva montada encima de la bomba o en

vecindad cercana a la bomba, para luego bombear el producto en el taladro. Estas unidades son de fácil operación y proporciona máxima flexibilidad para carga de los taladros, ya que sólo queda mezclada una cantidad pequeña, permitiendo en cualquier momento cambios de la fórmula, que tendrán que efectuarse con prontitud.

8) **CONTROL DE DENSIDAD**

El control de densidad es una posibilidad de aumentar la sensibilidad del producto mediante la adición al producto de un agente gasificador, microbalones u otras sustancias livianas. Los agentes gasificadores han sido usados con éxito y requieren uno o dos caudales adicionales de líquido para dosificarlos e inyectarlos al producto principal. Los sólidos como microbalones han sido usados en aplicaciones limitadas; no han sido usados ampliamente debido a la dificultad de dosificación y acondicionamiento.

9) **LUBRICACION POR AGUA O SOLUCION**

Este sistema se ha difundido ampliamente para reducir la presión de bombeo del producto. Este sistema utiliza un aro con un pequeño

espacio anular a fin de inyectar agua entre la manguera y el producto a bombearse. El agua forma una barrera que coincide en velocidad con el producto a bombear produciendo una película de fácil separación y permitiendo que el producto se deslice por la manguera con su cubierta de agua. Este sistema puede reducir la presión del bombeo del producto en tanto como 80%. El agua requerida es de aprox. 1% a 3% del peso del producto a bombear.

10) **CARRETE PARA MANGUERA**

El carrete de manguera actualmente más usado utiliza un brazo que se extiende unos tres pies más allá del lado o de la parte posterior de la unidad. Esta unidad de servicio pesado tiene una entrada de 3" y una salida de 2 1/2".

Las capacidades son como sigue:

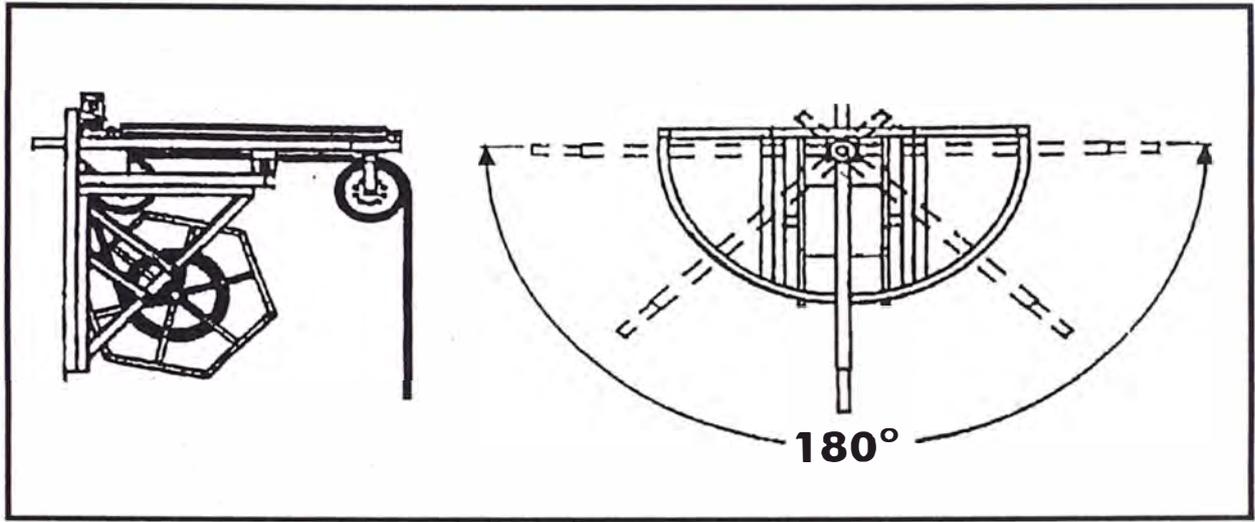
100 % lleno: 260 pies de manguera de 1 1/2"

150 pies de manguera de 3"

60 % lleno: 175 pies de manguera de 1 1/2"

90 pies de manguera de 3"

GRAFICO N° 13



También está disponible un carrete de manguera con las mismas especificaciones básicas, excepto que el brazo se extiende hasta 10 pies desde la línea central del camión. Este brazo con carrete de manguera gira en 180 grados completos alrededor de la parte posterior del camión, permitiendo al operador llenar muchos taladros sin mover la unidad. Puede incorporarse en esta unidad un medidor de profundidad, lo que permite al operador usar la manguera para medir la profundidad del taladro, ofreciendo buena información respecto a la ubicación del extremo de la manguera versus el producto en el taladro durante el proceso del llenado (ver gráfico N° 13).

11)TRITURADORAS A MARTILLOS

Una trituradora a martillos es un dispositivo triturador giratorio utilizado para triturar prills de N.A. y aumentar su densidad a granel. Estas unidades son usadas para producir ANFO especializado y combinaciones de ANFO y emulsión/hidrogel. También pueden ser usadas junto con combustibles de mayor energía como el nitro-propano.

12)ALIMENTADORES DE ADITIVOS

Estos alimentadores son usados para adicionar cantidades de materiales sólidos al caudal de N.A. para mejorar la energía o densidad. El aditivo de uso más común es aluminio.

I.1.4) CALIBRACION DE CAMIONES PARA CARGA A GRANEL

Primero se llena el compartimiento de N.A. y el tanque de DFO. Después necesitamos balanzas de algún tipo y un recipiente adecuado para el N.A. y DFO. Luego posicionamos el brazo de N.A. encima

del recipiente y hacemos funcionar los gusanos sinfín hasta que aparezca el N.A.. Entonces paramos el sistema de gusanos sinfín.

Desconectamos las mangueras de DFO donde inyectan el combustible en el tubo del gusano sinfín. Asegúrese de remover las toberas de DFO y reinstalarlas en los extremos de la manguera para un equilibrio apropiado de la presión. Ponga en marcha el sistema de gusano sinfín, dispensando N.A. en un contenedor y DFO en otro. Recuerde, cuanto más grande es la muestra, más exacta resulta la prueba. Digamos que hemos pasado 500 lbs. de N.A. antes de interrumpir la prueba; durante este tiempo hemos pasado 31 lbs. DFO a su recipiente. Esto significaría que el peso total del producto sería de $500 \text{ N.A.} + 31 \text{ DFO} = 531 \text{ lbs.}$ Para chequear nuestro porcentaje de petróleo, dividiríamos nuestro DFO entre el peso total del producto $31/531 = 5.8\% \text{ DFO.}$ La vieja regla empírica es un galón de DFO por 100 lbs. de N.A., lo que daría aprox. 6.5%. La mayoría de los fabricantes de explosivos recomiendan aproximadamente 6% DFO (ver gráfico N° 14).

En un paso siguiente en esta prueba podemos dar una muestra de nuestro producto a un distribuidor de explosivo para análisis de laboratorio. El laboratorio conducirá una prueba de separación, donde efectivamente se extrae el DFO del ANFO para chequear la relación o proporción.

La mayoría de los camiones para carga a granel llevan hoy en día medidores de combustible, con lectura en galones, y si tenemos en cuenta que el DFO pesa aprox. 7 lbs. por galón y carga 10,000 lbs. de ANFO, entonces debería haber usado entre 90 y 100 galones de DFO.

Recuérdese en todo momento que cuanto más grande la prueba, tanto más exacto será el resultado. Una falla de 100 lbs. en 10000 = 1% es mucho menor que 10 lbs. en 100 = 10%.

Para comenzar con la calibración de las mezclas, este procedimiento requiere un mayor esfuerzo, porque tendremos que establecer diferentes marcas de nivel para otras proporciones. Ya no necesitaremos un contenedor de DFO, pero si un contenedor de emulsión. Durante esta fase de calibración conviene tener un contador en el gusano sinfín inferior y un contador en la bomba de emulsión, porque estas unidades son los componentes dosificadores de nuestro sistema. Ponemos en marcha el lado de ANFO del camión y el lado de la emulsión del camión hasta que el producto salga del gusano sinfín a su contenedor y desde la bomba de emulsión del camión hasta que el producto salga del gusano sinfín a su contenedor y desde la bomba de emulsión a su contenedor. Para el camión tan pronto aparezcan ambos flujos de productos. Supongamos que el camión esté regulado en cualquier

relación para su prueba inicial. Ponemos nuestros medidores a cero y dejamos marchar entonces el camión durante algún tiempo (ver gráfico N° 15). Vamos a registrar cuatro cosas:

** Peso de ANFO 700 lbs.
----- = 4.32 lbs. por rev.
** Conteo de ANFO 162 rev.

** Peso de emulsión 300 lbs.
----- = 3.48 lbs. por rev.
** Conteo de emulsión 86 rev.

Producto realmente producido:

| | |
|----------|------|
| ANFO | 700 |
| Emulsión | 300 |
| | ---- |
| Mezcla | 1000 |

Relación: Emulsión 300
----- = 30% Emulsión/70% ANFO
Mezcla 1000

Usando ahora nuestro contador, vamos a cambiar de una combinación 30/70 a una combinación 50/50, usando nuestros 1000 lbs. de mezcla que hemos mencionado anteriormente:

- 37 -

$$\begin{array}{l} \text{Conteo ANFO :} \quad \frac{1000 \text{ lbs producto total} \times 50\%}{4.30} = 116 \text{ rev.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Conteo Emulsión:} \quad \frac{1000 \text{ lbs producto total} \times 50\%}{3.48} = 143 \text{ rev.} \end{array}$$

Para cambiar nuestra calibración a 50/50 podemos hacer funcionar nuestro camión sin producto adentro hasta que el gusano sinfín inferior indica 116 rev. En este punto, el contador de emulsión debería indicar 143 rev.

$$\text{ANFO} \quad : 116 \text{ rev.} \times 4.3 \text{ lbs/conteo} = 499 \text{ lbs.}$$

$$\text{Emulsión} \quad : 143 \text{ rev.} \times 3.48 \text{ lbs/conteo} = 498 \text{ lbs.}$$

Si en nuestro primer intento hemos leído 116 en ANFO y 120 en emulsión, sabríamos que tenemos que aumentar nuestra emulsión y rehacer nuestra prueba, hasta obtener el resultado deseado.

Si una unidad está equipada con celdas de carga, su calibración será bastante igual como con el tacómetro, salvo que leerá las libras

GRAFICO N° 14

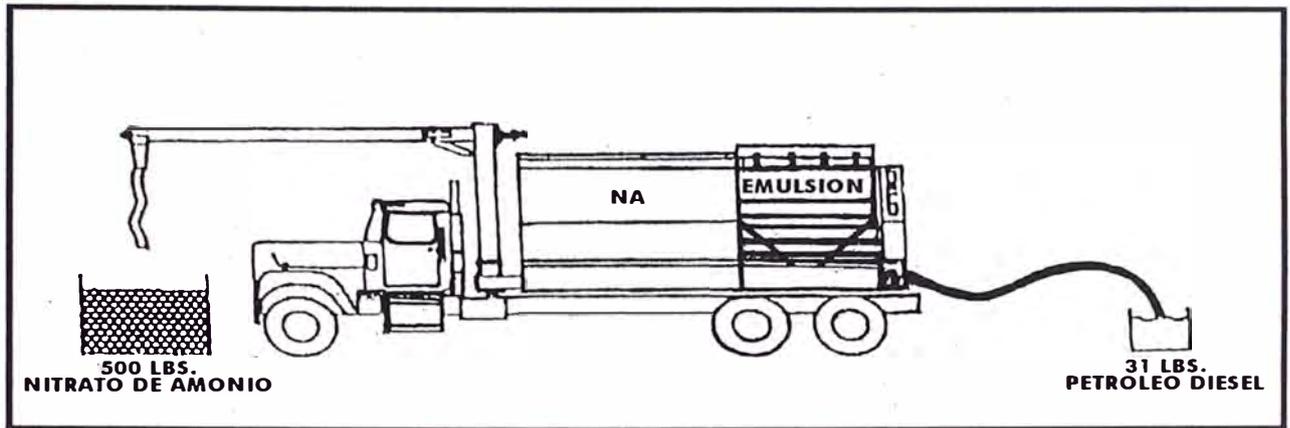
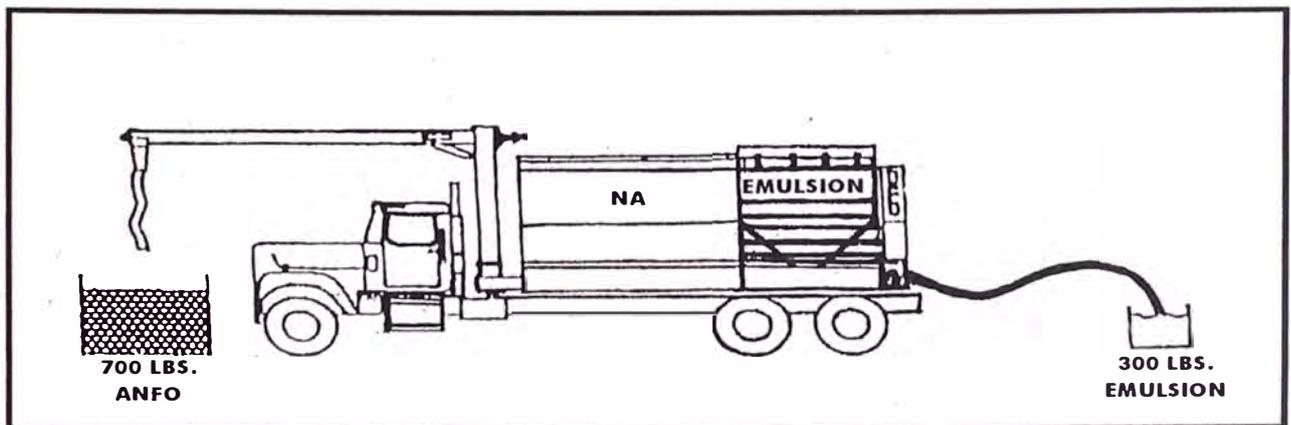


GRAFICO N° 15



realmente introducidas en el taladro, en forma opuesta que cuando va por la conversión de revoluciones a libras.

Existe otro método de calibración ampliamente usado, utilizando un vaso de densidad para chequear realmente la gravedad específica del producto a cargar y ajustar los componentes para obtener el resultado deseado.

Supongamos que vamos a usar un vaso de acero inoxidable que pesa 174 gramos para medir la densidad. Este vaso de densidad estandar contendrá 510 gramos de agua - gravedad específica 1.00.

Nuestro distribuidor de explosivos nos dice que nuestra mezcla 25/75 debe tener una gravedad específica de 1.12:

| | |
|----------|---|
| 510.00 | gramos de agua (G.E. 1.00) |
| x 001.12 | G.E. de mezcla 25/75 |
| 571.20 | gramos de mezcla en vaso de densidad |
| + 174.00 | gramos - peso de vaso de densidad lleno con |
| 745.2 | gramos - peso de vaso de densidad lleno con mezcla 25/75 |

Para una mezcla 50/50 tendríamos una densidad de 1.28:

| | |
|----------|--|
| 510.00 | gramos de agua (G.E. 1.00) |
| x 001.28 | G.E. de mezcla 50/50 |
| ----- | |
| + 174.00 | gramos - peso de vaso |
| ----- | |
| 826.80 | peso de vaso de densidad lleno con mezcla 50/50. |

(G.E = gravedad específica)

Por ejemplo, si su vaso de densidad estaría lleno de ANFO G.E. 0.85 entonces pesaría:

| | |
|----------|--|
| 510.00 | gramos de agua (G.E. 1.00) |
| x 000.85 | G.E. de ANFO |
| ----- | |
| 433.50 | gramos de ANFO |
| + 174.00 | gramos - peso de vaso de densidad |
| ----- | |
| 607.50 | peso total de vaso de densidad lleno de ANFO |

| | |
|--------------|----------------|
| ANFO | : 607.5 gramos |
| MEZCLA 25/75 | : 745.2 gramos |
| MEZCLA 50/50 | : 826.8 gramos |

En los ejemplos dados, los números indicados son promedios industriales que no se refieren a ningún producto de los fabricantes de explosivos. Si se comprende el procedimiento, uno puede adecuar este proceso de calibración a su productos y equipo.

Existen muchas maneras de calibrar los camiones para carga a granel y otros tipos de equipo mezclador. Estas son únicamente las posibilidades más comunes y básicas que trato en la presente trabajo. Es conveniente consultar al proveedor de explosivos respecto a especificaciones y procedimientos adecuados para su equipo y aplicación.

I.1.5) TRANSPORTE, DISTRIBUCION Y CARGUIO DE AGENTES DE TANQUE DE CARGA DOT MC 306

RESUMEN DE ESPECIFICACION DE TREAD CORP.

1) DISEÑO ESTRUCTURAL

A. Acero Inoxidable Austenítico

1. Rendimiento (resistencia) 25,000 psi
2. Máximo (límite) 70,000 psi
3. Elongación 30%

B. Tensión Máxima de Diseño

1. Resistencia: 20% resistencia maxima

C. Juntas Soldadas

1. Resistencia 85% del metal
2. Electrodo Inoxidable para unir acero dulce con acero inoxidable

D. Refuerzo

1. Refuerzos anulares para cascos 3/8" de espesor

E. Protección Contra Daños

1. Accesorios para evitarlos
2. Parachoques posterior que resiste 2g de deceleración
3. Protección contra volteo excesivo para aperturas mediante inclusión de cúpula o protección
4. Seguridad de descarga de tubería por lo menos en 8,000 lbs. fuerza

F. Presion de Diseño

1. Por lo menos igual que presión estática del tanque lleno

G. Espesor Mínimo

1. Cabezal y deflectores (Rompeolas) de acero inoxidable, 12 ga
2. Placas de casco de acero inoxidable, 12 ga

**2) APERTURAS: LLENADO, DESCARGA Y
VENTILACION**

A. Entrada de Hombre y/o Aberturas de Llenado

1. Resiste a 9 psi de presión interna
2. Dispositivos de seguridad para prevenir la abertura bajo presión interna

B. Ventilación Normal

1. Orificios de ventilación para presión y vacío por lo menos de 44 pulgs. cuadradas
2. Presión 1 psig, vacío a 6 oz.
3. Diseñado para prevenir la pérdida de líquido

C. Ventilación Para Carga y Descarga

1. Orificios normales de ventilación o desfogues adicionales limitan la presión durante la carga y descarga
2. Presión < 3 psig, vacío = 1 psig a velocidad máxima de transferencia del producto como está certificado en la placa de identificación
3. Presión de ventilación operada o trabada con dispositivo de carga
4. Diseñada para prevenir la pérdida del líquido

D. Ventilación de Emergencia en Caso de Exposición a Fuego

1. Ventilación accionada por presión
2. Presión abierta a 3 psig, cerrar abajo
3. A 180 pies cuadrados, ventilar con aire 142,300 SCFH a una presión del tanque de 5 psig
4. Diseñada para prevenir fugas, pero ventilar incluso cuando esté rodando
5. Los orificios de ventilación deben ser marcados respecto a su capacidad

E. Control de Emergencia del Flujo

1. Apertura de descarga equipada con válvula de cierre automático
2. Cerrar a un calor de 250 grados F
3. Cerrar por medios remotos de aberturas de llenado o descarga

3) **CERTIFICACION**

A. Requerida Para el Diseño, la Construcción y las Pruebas

B. Placa de Certificación de Metal adherida al Tanque

C. Requerido por Transportador: el Certificado Firmado por un "Funcionario Responsable"

4) **PRUEBAS**

A. Prueba de Fugas

1. Presión de aire igual a presión de diseño o mínimo 3 psig
2. Mantener por lo menos por 5 minutos y cubrir todas las juntas con solución
3. Fugas significan falla y tienen que ser reparadas, luego volver a probar

B. Pruebas Sobre Distorsión o Falla

1. Probar con la misma presión como arriba
2. Debe resistir la presión sin distorsion o falla **indebidas**

I.1.6) ANALISIS DE EQUIPO OPCIONAL

| TIPO DE EQUIPO | OPERABILIDAD | DISPONIBILIDAD | PESO LBS. | BENEFICIOS PRINCIPALES |
|--------------------------------------|--------------|----------------|-----------|------------------------------------|
| Sistema de control: | | | | |
| -Guardafango | Buena | Excelente | N/D | Sencillez |
| -Cabina | Excelente | Buena | 50/500 | Ahorro de trabajo |
| Sistema DFO | Excelente | Excelente | 300/800 | Capacidad adic.de producción |
| Tanques de Emulsión e Hidrogel | Buena | Excelente | 1000/6000 | Capacidad adic.de producción |
| Bombas de Emulsión y Water Gel: | | | | |
| -Rotativa | Buena | Buena | 200/400 | Menor Costo |
| -Cavidad progresiva | Excelente | Excelente | 400/1200 | Mejor dosificación y succión |
| Controles de Mezcla: | | | | |
| -Proporcional | Excelente | Excelente | 100/200 | Facilid. de operación |
| -Ajuste de componente | Buena | Buena | 200/400 | Ajuste preciso |
| -Controlador programable | Excelente | Buena | 200/400 | Exactitud, flexibilidad |
| Peso y Medida: | | | | |
| -Tacómetro y totalizador | Buena | Buena | 10/15 | Simplicidad y fácil de leerse |
| -Célulasde carga | Buena | Deficiente | 200/400 | Exactitud |
| Sistema de Bombeo: | | | | |
| -Por batch | Excelente | Mediana | 1500/2000 | Sencillez |
| -Contínuo | Excelente | Mediana | 1000/1500 | Velocidad y flexibilidad |
| Control de densidad | Buena | Buena | 300/800 | Capacidad adic.de producción |
| Lubricación por solución | Buena | Buena | 300/800 | Presión de bombeo reducida |
| Carrete de manguera: | | | | |
| -Estándar | Buena | Buena | 750/1500 | Flexibid. p'carguío en fondo |
| -180 grados | Excelente | Buena | 800/1600 | |
| Trituradora Martillo | Buena | Mediana | 300/1200 | Ahorro en trabajo para el operador |
| Alimentador aditivo | Buena | Buena | 150/400 | Capacidad adic.de producción |
| Materiales: | | | | |
| -Acero al Carbono para construcción- | Buena | Buena | N/D | Capacidad adic.de producción |
| AceroInox | Excelente | Excelente | N/D | Costo |
| Aluminio | Buena | Deficiente | -30% | Vida, resist. a corrosión Peso |

I.1.7)

ANALISIS DE CAPACIDAD DEL CAMION PARA CARGUIO A GRANEL

| TIPO | OPCION DISPONIBLE | CAPACIDAD DE ENTREGA DE PRODUCTOS CON OPCIONES | GUSANO SINFIN Radio de giro del brazo pies/grados | CARRETE Radio de Giro del Brazo pies/grados | VELOCIDAD DE CARGUIO GusanoSinfín /Bomba lbs/min | PESO VACIO (lbs) lbs/pie Longit. de Contenedor | PESO CON CARGA (lbs.) 3 Ejes/4 Ejes |
|--------------------------------|-------------------------|--|--|--|---|--|-------------------------------------|
| Estándar ANFO Descarga Post. | 1,2,3 11,12,13 | A.B.C.D | 20/345 | N/D | 600 a 900 | 550 | 54,000/62,000 |
| ANFO Descarga Front. | 1,2,3 11,12,13 | A.B.C.D | 20/345 | N/D | 600 a 900 | 550 | 54,000/62,000 |
| ANFO Brazo Lateral | 1,2,3 11,12,13 | A.B.C.D | 12/190 | N/D | 1000 a 1200 | 550 | 54,000/62,000 |
| Estándar Mezcla Descarga Post. | 1,2,3,4,5 6,11,12,13 | A.B.C.D.EF. | 20/345 | N/D | 700 a 1000 | 600 | 54,000/62,000 |
| Mezcla Descarga Front. | 1,2,3,4,5 6,11,12,13 | A.B.C.D.EF. | 20/345 | N/D | 700 a 1000 | 600 | 54,000/62,000 |
| Mezcla Brazo Lateral | 1,2,3,4,5 | A.B.C.D.EF. | 12/190 | N/D | 1000 a 1400 | 600 | 54,000/62,000 |
| Camión Sólo Bombeo | 1,2,7,8 9,10,13 | F.G. | M/D | 11/180 3/22 | 500 | 700 | 54,000/62,000 |
| Camión Mezclado y Bombeo | Todas | Todas | 20/345 | 11/180 3/22 | 700 a 1000 /500 | 750 | 54,000/62,000 |

OPCIONES:

1. Sistema de control
2. Pesos y medidas
3. Sistema DFO
4. Tanques emulsión/hidrogel
5. Bomba emulsión/hidrogel
6. Controles para mezcla
7. Sistema de bombeo
8. Control de densidad
9. Lubricación por agua o solución
10. Carrete de manguera
11. Triturador a martillos
12. Alimentadores de aditivo
13. Materiales de construcción

CAPACIDAD DE ENTREGA DE PRODUCTOS:

- A. Nitrato de amonio
- B. ANFO
- C. ANFO alta densidad
- D. Aluminio
- E. Emulsión/hidrogel
- F. Control de densidad
- G. Productos premezclados bombeables a taladro húmedo

OPCIONES:

Nota: Los productos transportados por gusano sinfín son generalmente de 50% o más de ANFO
Los productos bombeados son generalmente 50% o más de Emulsión/Hidrogel

Nota: Se supone que el chasis sea Mack, Ford o un modelo competitivo con un peso seco de 18,000 lbs.

Nota: Todos los datos indicados en los cuadros reflejan las unidades tipo estándar vendidas en los EE.UU.

I.2) EQUIPOS CARGADORES DE EMULSION PARA MINAS SUBTERRANEAS

I.2.1) COMENTARIOS GENERALES

También el punto de partida en este caso lo marcan los equipos cargadores de Anfo a granel, como los tipo PT desarrollados por ATLAS COPCO MCT AB Y NITRONOBEL AB de Suecia. Con respecto a éstos diremos que tanto su diseño, operación y rendimiento son ya ampliamente conocidos en el ámbito de la minería subterránea, especialmente de países extranjeros. En el caso de minas peruanas estos equipos están recién siendo introducidos por lo que se tiene muy poca experiencia.

Por otro lado la aparición de equipos cargadores de emulsión en minas subterráneas es mucho más reciente, debiéndose esta demora a las siguientes razones:

Falta de un producto adecuado para uso en taladros de pequeño diámetro. (Normalmente Emulsión pura sensible, no Heavy Anfo).

Falta de equipos de bombeo robustos y sencillos de operar.

La dificultad de justificar una inversión en vehículo/equipo para cargar cantidades relativamente pequeñas de explosivos.

Por ahora el empleo está más dirigido a taladros largos (abanicos, VCR) con diámetro sobre 50 mm (2").

Límites geométricos en la posibilidad de expansión de malla (lo que es una ventaja económica para las minas de superficie).

Factores de higiene y control en la operación de carguío (la textura fluida del producto permite pérdidas y dispersión, que de no controlarse ensucian las labores).

I.2.2) CARACTERISTICAS TECNICAS DE EQUIPOS CARGADORES DE EMULSION

Para el caso de los equipos destinados a operar en labores subterráneas, si bien la configuración del equipo es mucho más sencilla, debido a la uniformidad del producto a cargar, se presentan

otras exigencias y/o necesidades que afectan el diseño del vehículo transportador, e implican la incorporación de otros dispositivos y/o elementos para hacer más expedito el carguío del explosivo en los puntos de trabajo.

Por lo general, un equipo cargador de emulsiones para su uso con amplia versatilidad en minería subterránea debe reunir las características técnicas siguientes:

Camión con chasis de bajo perfil, para su fácil desplazamiento al interior de la mina.

De contar con un brazo pivotante, telescópico y canastilla en su extremo, para facilitar la operación de carguío en toda el frente o lugar de trabajo.

Con gatos hidráulicos de piso para dar buen apoyo y nivelación al equipo, principalmente si se trata de labores cuyos pisos son muy irregulares.

Con chasis articulado centralmente, lo cual significa una restricción menor respecto del radio de curvatura mínimo exigido para cambiar de dirección.

Con un tanque de emulsión de capacidad suficiente, que permite una operación al interior mina con la mayor continuidad posible.

Con purificador de gases, focos mineros orientables y elementos diversos de seguridad tales como: cadena a tierra, tubo de escape protegido, baliza, asta para banderolas y extinguidores.

Elementos de control para medir cantidad cargada y densidad (control gasificación), y válvulas de seguridad.

El prototipo de camión para cargas emulsiones rebombeables de pequeño diámetro (ver gráfico N° 16 y N° 17), se compone de las siguientes partes:

1) **VEHICULO TRANSPORTADOR**

Como ejemplo puede ser un camión 3/4 petrolero marca Ford modelo F-350 (gráfico n° 16).

2) **EQUIPO DE BOMBEO**

Que consta de un tanque cuya capacidad es de 1,500 litros de emulsión; una bomba de cavidad progresiva ALLWEILER; un carrete para el enrollamiento de la manguera; un sistema hidráulico (depósito aceite hidráulico, bomba, motores, válvulas, mangueras y fittings); depósito de aire comprimido para la limpieza de manguera cargadora de emulsión y panel de comandos.

3) **PLATAFORMA DE TRABAJO**

Que corresponde a una sencilla estructura metálica con escalera y barandas incorporadas, para permitir un carguío cómodo y seguro de las perforaciones superiores.

Una versión más moderna de estos equipos es la que contiene a la plataforma de trabajo mediante un brazo hidráulico (grafico N° 17).

4) **ELEMENTOS O DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD**

Tales como cadena a tierra, tubo de escape protegido, astas para banderolas, baliza y extintores.

Se hace notar además, que estos equipos son totalmente autónomos respecto a la energía para su accionamiento, ya que el sistema hidráulico se hace funcionar con el mismo motor del camión Ford a través de un "tomafuerza" (P.T.O. = Power Take off), razón por la cual el equipo lleva incorporado un purificador de gases del tipo oxycatalítico.

GRAFICO N° 16

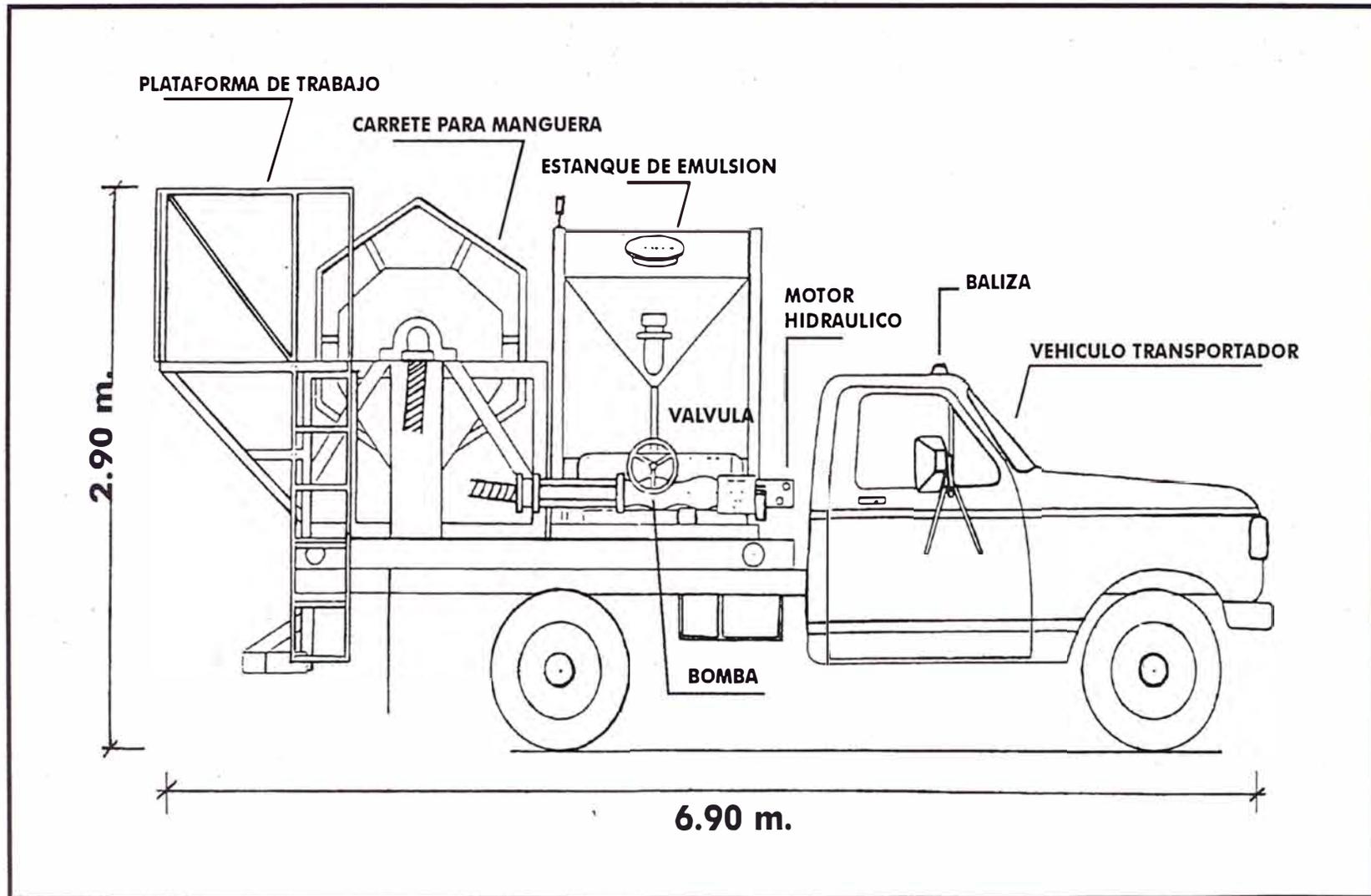
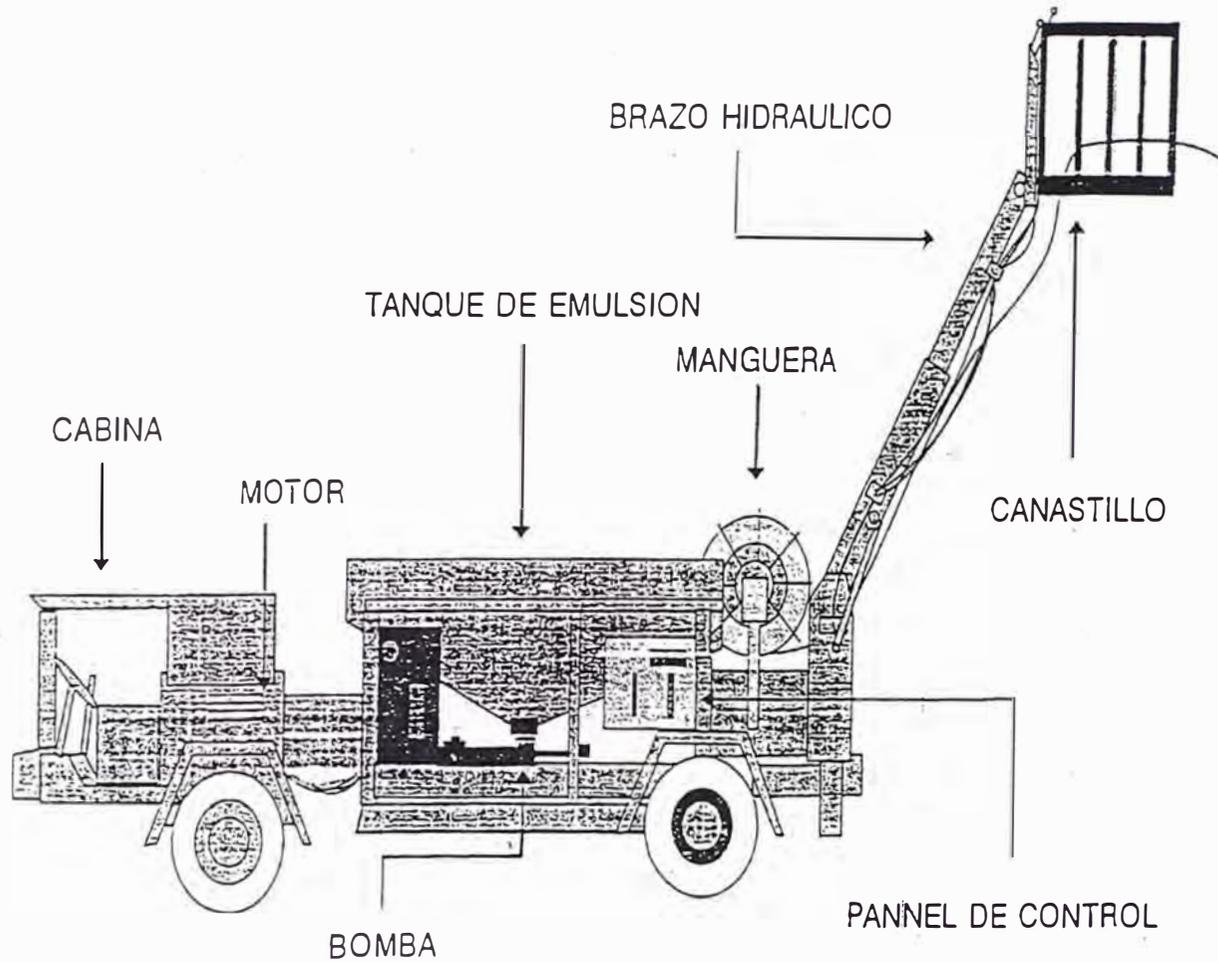


GRAFICO N° 17

VEHICULO ARTICULADO REBOMBEADOR DE EMULSIONES



CAPITULO II
PRODUCTOS EXPLOSIVOS FACTIBLES DE MECANIZAR
EN MINERIA A CIELO ABIERTO Y MINERIA
SUBTERRANEA DE EQUIPOS MECANIZADOS A CIELO
ABIERTO Y SUBTERRANEO

II.0) COMENTARIOS GENERALES

En primer lugar, como referencia vale mencionar brevemente a los cuatro grupos de explosivos rompedores empleados actualmente en la actividad minera, valiéndonos del siguiente cuadro y teniendo en cuenta que, si bien todos tienen aplicación específica de acuerdo al tipo, condiciones, dimensión y motivo de una voladura, no son discriminatorios uno respecto a otro, es más pueden complementarse tipos distintos en un mismo trabajo, cuando es necesario.

De acuerdo a la sensibilidad a iniciación, estos explosivos se clasifican en dos categorías:

- a) Altos explosivos sensibles a iniciación con fulminante N°8, como son:
Las dinamitas convencionales, los explosivos permisibles para carbón, los hidrogeles y emulsiones sensibles y otros explosivos para uso especial, como en la prospección sismográfica.
- b) Agentes de voladura no sensibles a iniciación con fulminante N° 8, que requieren de un cebo o reforzador para detonar, como son los siguientes:

EXPLOSIVOS COMERCIALES EN USO ACTUAL EN MINAS
GRUPOS FUNDAMENTALES

| EXPLOSIVO | COMPONENTES PRINCIPALES | | |
|--|---|---|---|
| TIPO | OXIDANTES | COMBUSTIBLE | SENSIBILIZADOR |
| DINAMITAS | <u>Sólidos</u> Nitrato de Amonio y otras sales | <u>Sólidos</u> Materias absorbentes, pulpa de madera, celulosa | <u>Líquido</u> Nitroglicerina y otros. Gasificantes |
| ANFO Y OTROS NITROCARBO-NITRATOS GRANULARES | <u>Sólidos</u> Nitrato de Amonio y otras sales | <u>Sólido/Líquido</u> Petróleo Diesel, carbón aceites | <u>Aire</u> Poros vacíos de aire en los prills de amonio |
| HIDROGELES SLURRY (dispersión de aceite en agua) | <u>Sólido/Líquido</u> Nitrato de Amonio y otras sales (Soluciones Salinas) | <u>Sólido/Líquido</u> Petróleo, aluminio, sensibilizante orgánicos | <u>Sólido/Líquido</u> Nitrato de Mono-Metil Amina Mononitrato de Etileno Glicol Aluminio en Polvo-Gasificantes |
| EMULSIONES (dispersión de agua en aceite) | <u>Líquido</u> Soluciones Salinas de Nitratos y otras sales | <u>Líquido</u> Petróleo, aceites, parafinas | <u>Gasificantes</u> Aire contenido en microesferas de vidrio. Perlita-otros gasificantes. Nitruros |

Agentes de voladura NCN granulares secos: ANFO, EXAMON y afines.

Agentes de voladura acuosos: Hidrogeles, Slurry, emulsiones.

Agentes mixtos Emulsión/Anfo; ó Anfo Pesado (Heavy Anfo).

Sin tener en cuenta sus cualidades de tiro (potencia, velocidad, etc.) que pueden incluso ser equivalentes en cada tipo, señalamos algunas limitaciones propias:

| | |
|------------|--|
| Dinamitas | Alta sensibilidad |
| Anfo | Nula resistencia al agua |
| Hidrogeles | Densidad de cartucho, no mayor de 1,20-1,25 factible de insensibilizarse por efecto de presión (Dead Presing) |
| Emulsiones | Corta vida útil en almacenaje (Shelf Life) |

La presentación usual de los explosivos sensibles es en cartuchos de diámetros pequeños, los que como se citó anteriormente se cargan manualmente. Existen equipos neumáticos para cargarlos mecanizadamente, pero no se han difundido por diversas razones prácticas, por otra parte la menor sensibilidad y la capacidad de fluir libremente que caracterizan a algunos agentes de voladura, permiten su carguío mecanizado a granel, tanto así que hoy en día es posible apreciar una tendencia general tanto en minas a tajo abierto como subterráneas, hacia una mayor mecanización del carguío de explosivos.

En las unidades de explotación a cielo abierto con taladros de gran diámetro esta tendencia se ha centrado hacia el empleo de equipos móviles cada vez más sofisticados que permiten el carguío mecanizado de Anfo, de emulsión y de mezclas/Anfo (Heavy Anfo) a granel, con el objeto de adecuar las cargas a los diferentes grados de dureza de roca, que cuando es muy competente requiere explosivo de alta energía y alta densidad lineal de carga por metro de perforación, al contrario de los sectores menos exigentes, lográndose distribuciones de carga eficientes para una buena fragmentación y mínima dilución del mineral, esto a parte de poder cargar explosivo en taladros con presencia de agua.

Por otro lado, en minería subterránea la tendencia es de alcanzar similares beneficios que en los tajos mediante el carguio mecanizado de emulsión y ANFO Pesado a granel para reemplazar al Anfo Convencional, tanto en labores de desarrollo como en tajeos de producción, por las limitaciones de baja densidad y nula resistencia al agua de este agente granular.

Las ventajas de la mecanización son evidentes desde que permiten **mayor rapidez y seguridad en el carguío, menor necesidad de personal involucrado y menor tiempo de trabajo con la factibilidad** en muchos casos de poder preparar en el sitio diferentes formulaciones explosivas.

Esto último lleva también a la posibilidad de brindar a las minas "**Servicio de Abastecimiento de Explosivo Directo al Taladro**", de acuerdo a necesidades específicas liberándose la administración de la mina del manejo de esta operación, de los mecanismos de abastecimiento y del control de stocks en polvorines, que quedan a cargo del proveedor pudiéndose llegar a establecer contratos de voladura con facturación por el explosivo consumido por tonelada o metro cúbico de roca volada u otro parámetro controlable.

II.1) **CRITERIOS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA
ANTES DE SELECCIONAR UN EXPLOSIVO A
GRANEL FACTIBLE DE MECANIZAR**

Antes de especificar los tipos y características técnicas de los productos explosivos factibles de mecanizar, es obvio que los mismos ya satisfacen las exigencias propias de cada labor minera en cuestión tales como:

Diámetro de perforación

Tipo de Roca predominante

Tipo y escala de la operación de minado u obra civil

Problema o limitaciones específicas, como vibraciones

Presencia de agua

II.2) **EXPLOSIVOS A GRANEL FACTIBLES DE
MECANIZAR USADOS EN MINERIA A CIELO
ABIERTO**

El cuadro N° 1 indica claramente las diferentes posibilidades que en la actualidad son de común aplicación, tanto en minas peruanas como extranjeras (excepto sanfo para estas últimas). Es necesario

CUADRO N° 1

AGENTES DE VOLADURA A GRANEL

1. ANFO



2. ANFO PESADO

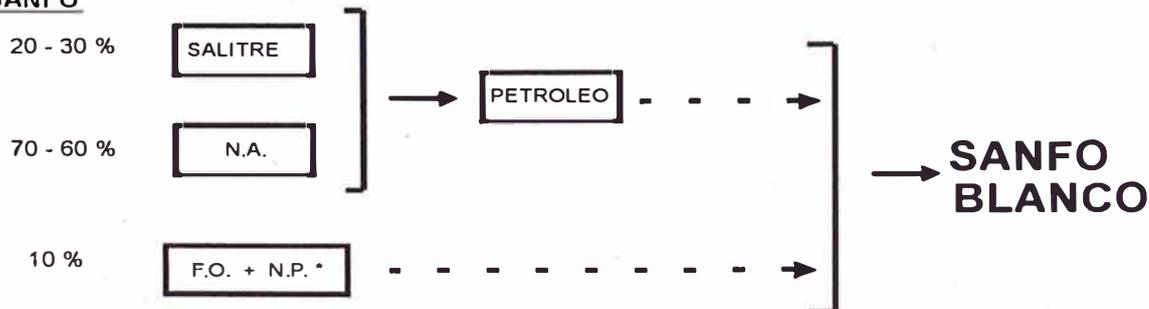
2.1 BOMBEABLE



2.2 VACIABLE



3. SANFO



(*) Nitropropano

hacer notar además, que todas estas alternativas pueden considerar también la adición de aluminio u otros aditivos con la finalidad de hacerlas aún más energéticas.

Otra interesante observación respecto a las mezclas Anfo/Emulsión, tiene relación con el hecho que, en la mayoría de los casos, la sensibilización de la matriz (Emulsión) se logra satisfactoriamente con los huecos proporcionados por los poros del Anfo, permitiendo así productos de un costo menor, al evitarse el uso de microesferas, pero en este caso su aplicación en el taladro debe ser a corto plazo (24-40 hs).

Con respecto a las Propiedades Generales de las mezclas Anfo/Emulsión, se puede decir que las más relevantes son:

Seguridad

Fácil de almacenar

Clasificación de agente de voladura

Buena resistencia al agua (hasta 50/50, Emulsión/Anfo, para arriba se incrementa)

Alta velocidad de detonación

Fácil de ser cargadas en la perforación, ya sea como bombeable o vaciable

Las mezclas Anfo/Emulsión pueden ser "Bombeables" o "Vaciales" (ver gráfico N° 1) y su uso dependerá, al margen de otros aspectos que deben por cierto ser considerados, de la mayor o menor presencia de agua en los taladros como así mismo de la velocidad de recuperación o reingreso de ésta a los mismos, después que han sido desaguados.

En relación a lo anterior, es de la mayor importancia no usar los "Vaciales" en taladros con agua, debido por un lado a su menor resistencia al agua, y por otro, a la disgregación que se produce cuando entra el producto en contacto con el agua, traduciéndose en un llenado irregular del fondo de la perforación (vea gráfico N°2), lugar donde es bien sabido se requiere una efectiva acción de los explosivos para no dejar "patas", "sobrepisos" o "toes".

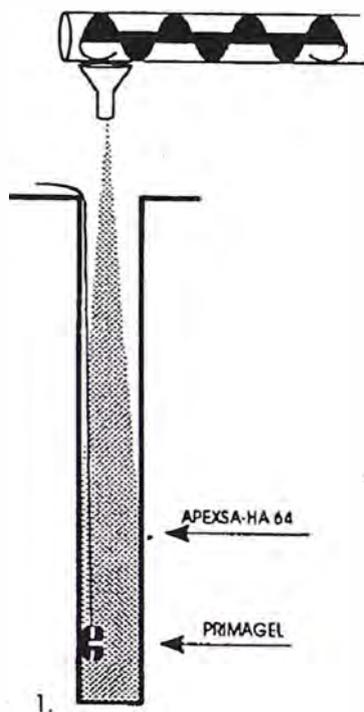
Como regla general y en condiciones normales de voladura, la recomendación será usar como carga de fondo un producto de la mayor densidad y velocidad de detonación posibles; en tanto que como carga de columna usar un producto con el mayor volumen de gases posibles.

GRAFICO N° 1

CARGA DE HEAVY ANFO APEXSA EN TALADROS DE BANCO EN TAJO ABIERTO

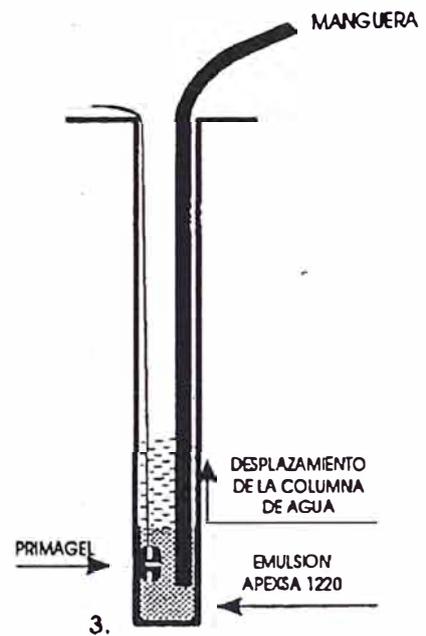
EJEMPLOS DE CARGA CON PRODUCTOS A GRANEL:

SISTEMA VACIABLE



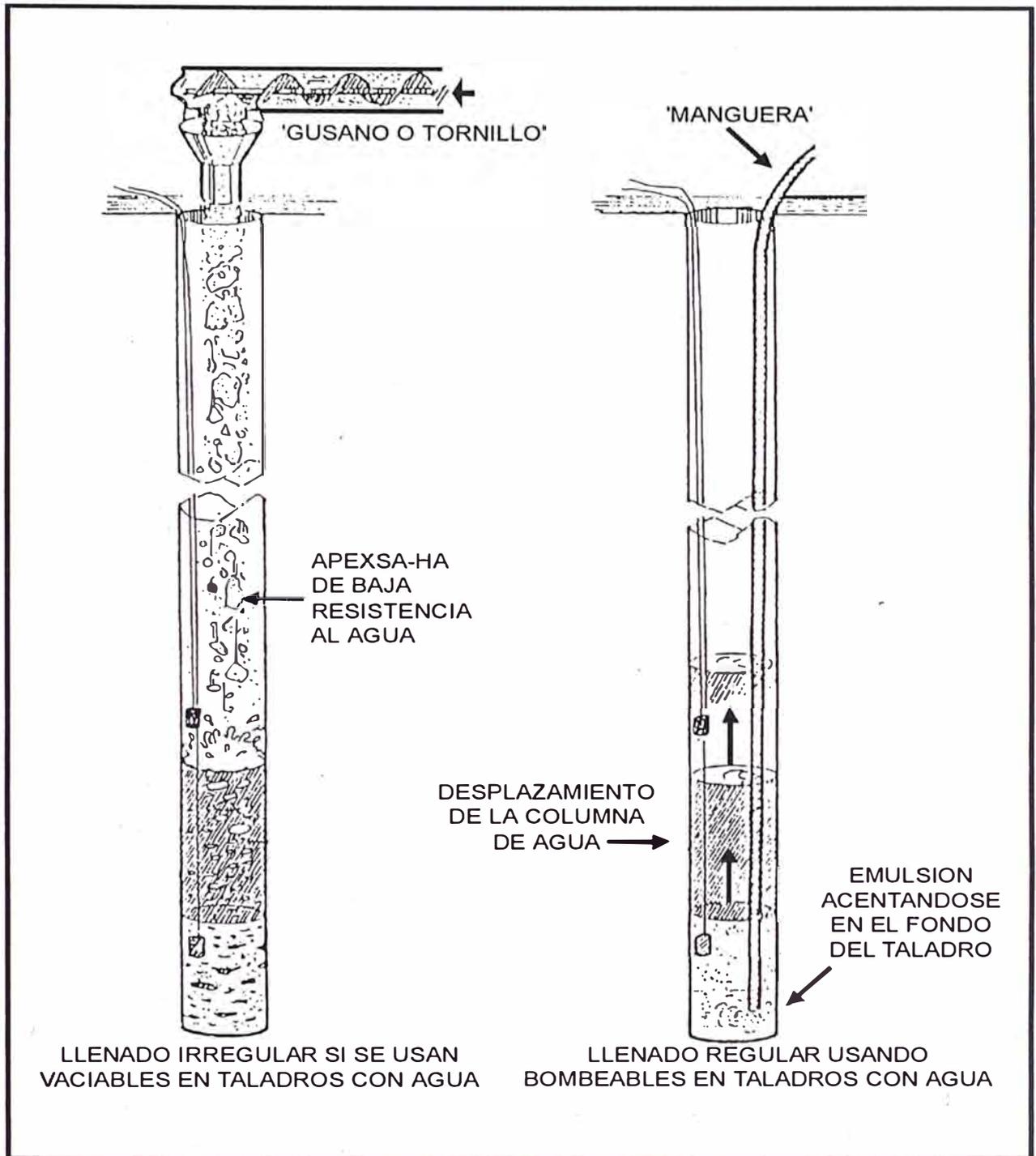
1. Carga con sistema sin-fin en taladro seco.

SISTEMA BOMBEABLE



3. Carga por bombeo al fondo, en taladro con agua.

GRAFICO N° 2



El concepto general sobre el Anfo Pesado (Heavy Anfo o mezcla Anfo/Emulsión) y sus características técnicas más importantes se detallarán a continuación.

II.2.1) CONCEPTO DE ANFO PESADO

Se denomina Anfo Pesado o Heavy Anfo, a la mezcla física de una emulsión base con el anfo, en la cual la emulsión actúa como elemento energizante-reforzador, ocupando los espacios intersticiales que existen entre los prills del anfo (ver gráfico N° 3).

Su versatilidad de aplicación se manifiesta en las diferentes proporciones de mezcla factibles de realizar con el anfo, obteniendo el llamado Anfo Pesado bajo dos criterios fundamentales: **Primero**, disminuir el costo de la emulsión base, sin reducir notoriamente su resistencia al agua, ni su potencia y **Segundo**, incrementar la densidad, la velocidad de detonación y la resistencia al agua del anfo, mejorando su performance. El Anfo Pesado compite con el anfo convencional y con el anfo aluminizado, porque su mayor energía potencial permite realizar nuevos diseños de malla de

perforación, ampliando burden y espaciamento, con la consiguiente reducción del costo total de perforación y voladura.

La fabricación de estos productos en planta es relativamente sencilla y todas las proporciones de mezcla son factibles para productos que puedan satisfacer requerimientos de energía y resistencia al agua con mayor economía. En principio, se ha acordado que siempre debe indicarse la proporción de sus componentes, entendiéndose que un Anfo Pesado 60/40 es aquel que contiene 60% de emulsión y 40% de anfo, correspondiendo el primer valor a la proporción de emulsión. Luego cada fabricante adoptará el nombre comercial que considere mas conveniente para cada tipo.

II.2.2) **PROPIEDADES DEL ANFO PESADO**

Las propiedades físicas y explosivas del Anfo Pesado, varían en función directa a la proporción de sus componentes, así cuando el mayor porcentaje de la mezcla corresponde a emulsión, sus propiedades se ajustarán a ésta, o a las del anfo cuando este prevalezca en porcentaje.

Sin embargo, el parámetro de mayor influencia en las propiedades del Anfo Pesado es el rango de la emulsión base, ya que tiene efecto decisivo sobre la densidad, sensibilidad, resistencia al agua y viscosidad para su empleo a granel (ver gráfico N° 4).

Las propiedades más resaltantes de estos agentes de voladura emulsión son:

1) **POTENCIA**

Tienen mayor potencia que el anfo convencional. Este se determina mediante la comparación de potencia relativa por volumen, tomándose como patrón al anfo = 100.

Es interesante mencionar que el Anfo Pesado 30/70 desarrolla mayor potencia relativa por volumen que los anfos aluminizados al 5% y 10% respectivamente (ver gráfico N° 5).

2) **DENSIDAD**

La densidad del producto final aumenta con el incremento del porcentaje de emulsión, hasta alcanzar el máximo con la saturación

de los vacíos intersticiales entre los prills, lo que ocurre cuando la relación bordea el rango 50/50, para luego disminuir progresivamente, en razón a que todo nuevo aporte de emulsión se mantiene fuera de este nivel, conservando su propia densidad, lo que causa mas bien una cierta dispersión. Los valores usuales varían entre 1.1 g/cm³ y 1.3 g/cm³, observándose en el gráfico N° 6 que cualquier Anfo Pesado es más denso que todos los anfos aluminizados comúnmente utilizados.

Normalmente la sensibilidad del explosivo disminuye al aumentar la densidad, siendo por ello recomendable iniciarlo con un cebo potente, para asegurar su máximo rendimiento.

3) VELOCIDAD DE DETONACION

La velocidad de detonación también varía en función de la mayor o menor cantidad de emulsión base en la mezcla, alcanzando los rangos entre 4,000 y 6,000 m/s, teniendo siempre en cuenta la influencia del grado de confinamiento y del diámetro de la columna explosiva, así en pruebas realizadas con el Anfo Pesado 60/40 se ha determinado las siguientes velocidades:

| <u>DIAMETRO DEL CARTUCHO</u> | <u>VELOCIDAD DE</u> |
|------------------------------|---------------------|
| <u>DETONACION</u> | |

| | |
|-------------------|-----------|
| 1.- 75 mm (3") | 4,300 m/s |
| 2.- 228 mm (9") | 5,300 m/s |

Además del porcentaje del componente emulsión en la mezcla, tiene también influencia la calidad y tipo del sensibilizador utilizado en la fabricación de la emulsión base. El Anfo Pesado fabricado en nuestro medio tiene como sensibilizador a las microesferas de vidrio, cuyo porcentaje en la mezcla explosiva regula su densidad y sensibilidad.

4) RESISTENCIA AL AGUA

Al igual que las otras propiedades, ésta variará fundamentalmente en relación a la proporción de sus componentes, así los Anfos Pesados ricos en emulsión muestran proporcionalmente mayor capacidad para resistir o rechazar al agua.

En la práctica, el Anfo Pesado posee muy buena resistencia al agua a partir del 60% de emulsión contenida.

II.2.3) SISTEMA DE CARGUIO

El carguío del Anfo Pesado a los taladros se realiza de acuerdo a las necesidades y condiciones de la mina, así como a la disponibilidad de equipo mecanizado como camiones mezcladores - cargadores - bombecedores, analizados en el capítulo anterior (ver gráfico N° 7).

El carguío convencional se efectúa utilizando bolsas de polietileno con forro de polipropileno de 25 Kg, que se dejan caer manualmente al taladro, enteras o cortadas según convenga.

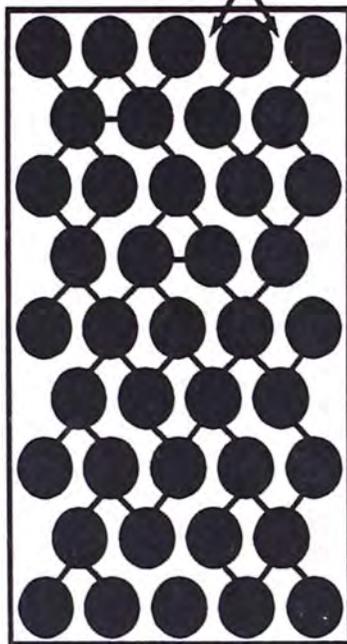
II.2.4) CARACTERISTICAS DE LOS AGENTES DE VOLADURA EMULSION

Los agentes de voladura más usados en minas a Cielo Abierto de nuestro país, se va ha detallar a continuación, mostrando en el

GRAFICO N° 3

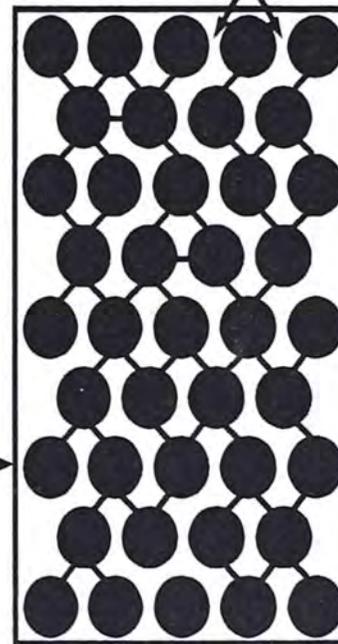
CONCEPTO DE ANFO PESADO

HUECOS
INTERSTICIALES



ANFO

EMULSION



ANFO PESADO

Prills de
NITRATO DE AMONIO



GRAFICO N°4

PROPIEDADES DE LOS APEXSA-HA

| RELACION | DENSIDAD g/cm ³ | POTENCIA RELATIVA X VOLUMEN (1) % | VELOCIDAD DE DETONACION (2) m/s | RESISTEN- CIA AL AGUA |
|----------|-------------------------------|--|--|-----------------------------|
| 25/75 | 1.17 | 138 | 5200 | Mala |
| 30/70 | 1.21 | 140 | 5100 | Mala |
| 40/60 | 1.25 | 140 | 5500 | Mala |
| 50/50 | 1.3 | 141 | 5700 | Buena |
| 60/40 | 1.28 | 13 | 5300 | |
| 75/25 | 1.26 | 125 | 5500 | Excelente |

(1) Anfo = 100
(2) Diámetro = 228.6 mm.

GRAFICO N° 5

VARIACION DE LA POTENCIA SEGUN TIPO DE APEXSA-HA

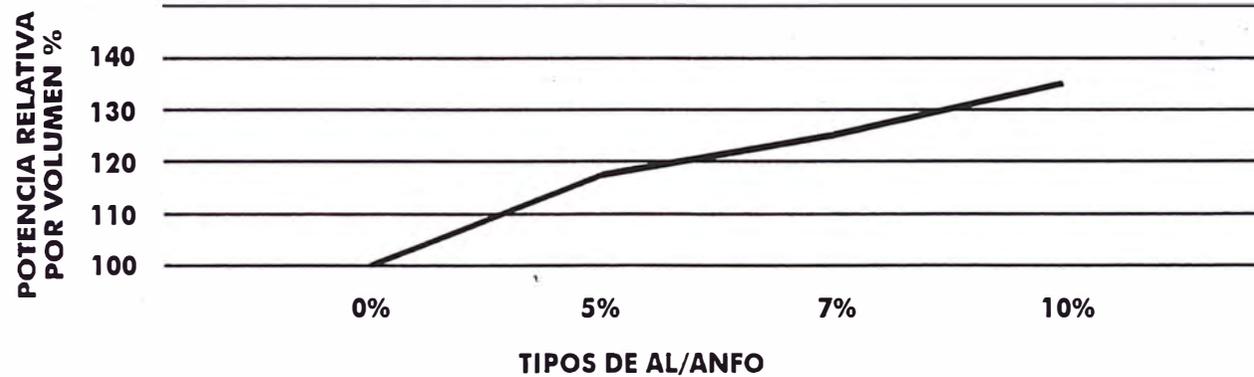
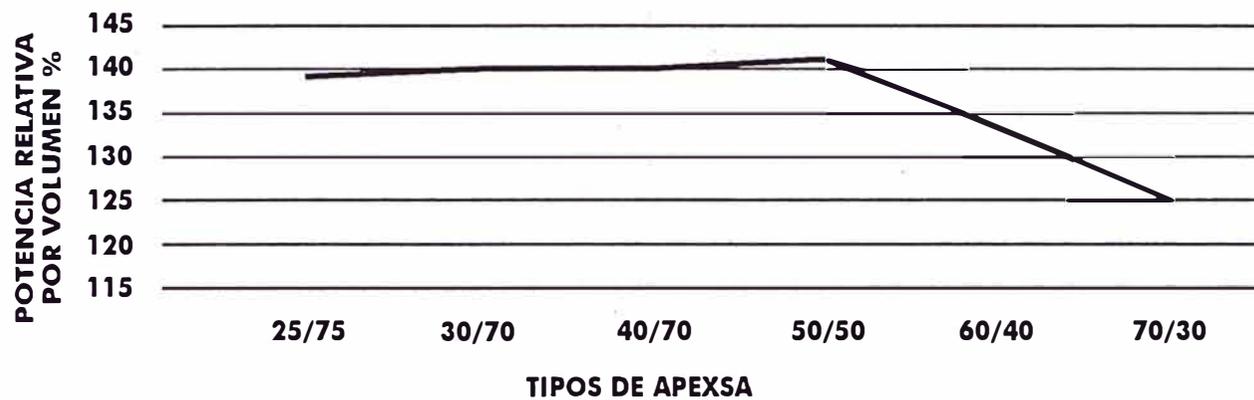


GRAFICO N° 6

VARIACION DE LA DENSIDAD SEGUN TIPO

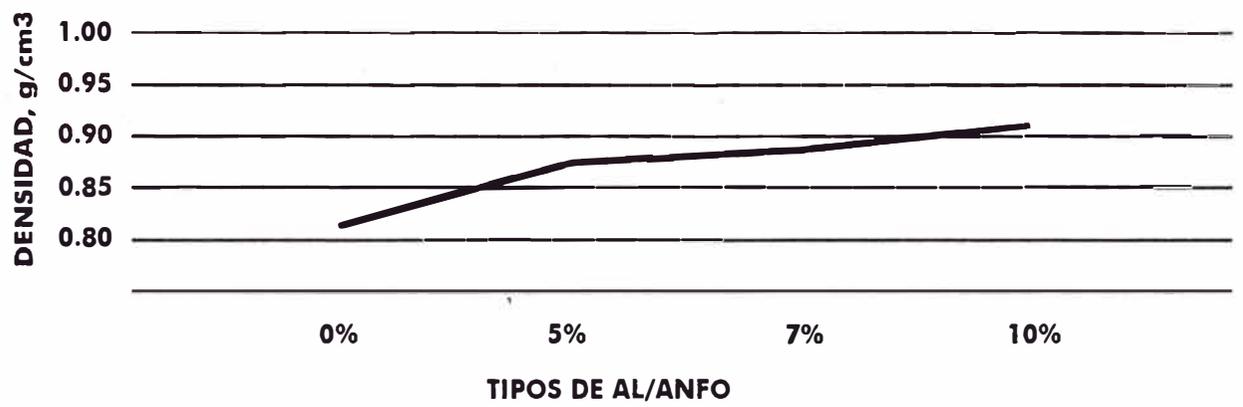
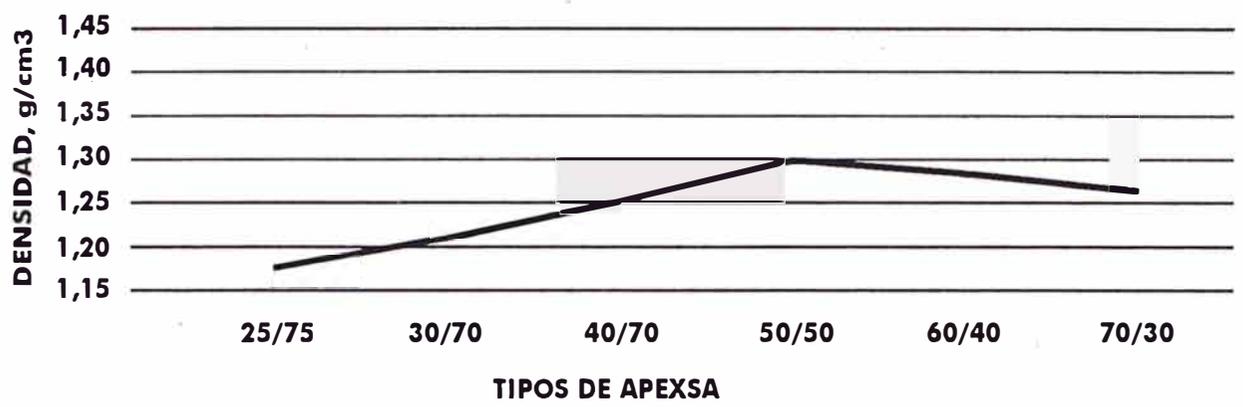
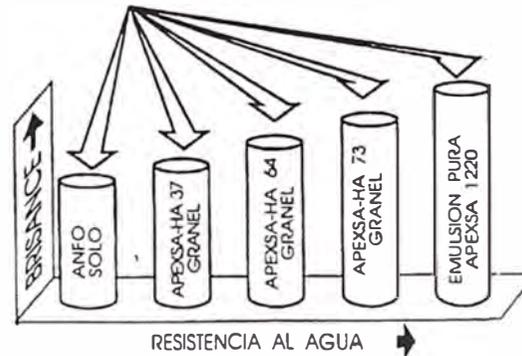
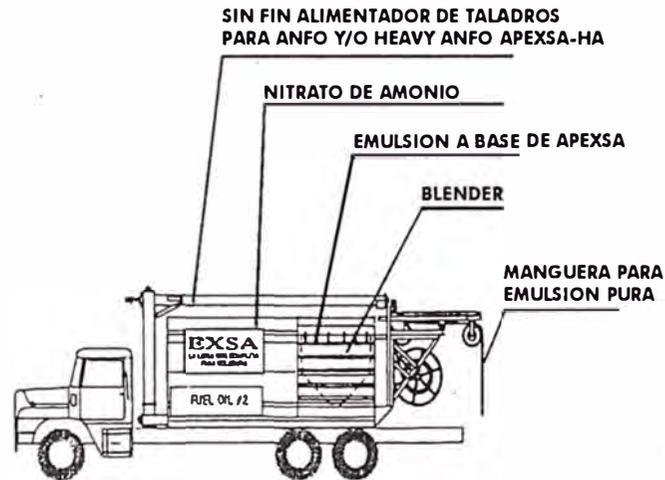


GRAFICO N° 7

EJEMPLO DE ALTERNATIVAS DE PREPARACION DE ANFO PESADO APEXSA-HA A GRANEL EN CAMION MEZCLADOR/CARGADOR EN BASE A EMULSION SENSIBILIZADA APEXSA 1220 Y ANFO CONVENCIONAL



cuadro N° 2 un resumen de sus características técnicas más importantes.

En el gráfico N° 8 y el gráfico N° 9 se muestran las modalidades más comunes de cargar en los taladros, estos explosivos.

1) **APEXSA MAT. (AGENTE OXIDANTE)**

El Apexsa Mat. es una emulsión matriz, considerada como un agente oxidante no detonable para efectos de transporte hasta ser sensibilizada en el lugar de aplicación para formar un agente de voladura con dos alternativas:

a) Como emulsión normal de alto nivel de energía al añadirle el elemento sensibilizador.

b) Como Heavy Anfo al añadirle el elemento sensibilizador y mezclarlo con Anfo en diferentes proporciones, según el requerimiento de trabajo.

Tiene una vida útil (shelf life) de 6 meses.

2) **APEXSA 1220**

El Apexsa 1220 es un agente de voladura emulsión suministrado a granel, presentado con diferentes niveles de energía para uso en tajos abiertos y canteras.

Se aplica como carga de fondo, carga de columna en taladros inundados y cargas escalonadas para disparos con velocidad de detonación variable o alternante.

Este producto tiene excelente resistencia al agua y soporta presiones hidrostáticas hasta de 10 Kg/cm², lo que le permite permanecer inalterada en taladros inundados por tiempo prolongado. Su notable densidad de inmersión garantiza el desplazamiento de agua del taladro y por tanto un adecuado confinamiento al fondo del mismo.

El APEXSA 1220 por su particular condición de emulsión logra una muy alta velocidad y presión de detonación que se traduce en un potente efecto triturador, adecuado para voladura de rocas difíciles. Así mismo se aplica en carguío mecanizado, como tal o en la proporción correspondiente de Heavy Anfo preparado in-situ.

Para ser iniciado se recomienda el uso de un primer adecuado, como PRIMAGEL de 1 Kg. En condiciones particularmente adversas puede ser conveniente el uso de un PRIMAGEL de 2 Kg.

Tiene una vida útil (sheft life) de 6 meses.

3) **AGENTE DE VOLADURA HEAVY ANFO**

APEXSA - HA 82

APEXSA - HA 73

APEXSA - HA 64

Los APEXSA - HA son Anfos pesados de alto nivel de energía. Se aplican como carga de fondo, carga de columna en taladros con agua, cargas espaciadas y disparos con velocidad de detonación alternante. También para disparo de taladros en condiciones inusuales de alta o baja temperatura en tajos abiertos y canteras.

Los APEXSA-HA tienen excelente resistencia al agua y soportan presiones hidrostáticas hasta de 10 Kg/cm². Rinden un elevado volumen y presión de gases, lo que se refleja en una mejor fragmentación y desplazamiento del material triturado.

CUADRO N°2

| AGENTES DE VOLADURA EMULSION | POTENCIA ABSOLUTA POR VOLUMEN J/cm ³ | POTENCIA RELATIVA POR VOLUMEN | PRESION DE DETONACION EN Kbar (2) | VELOCIDAD DE DETONACION EN m/s | RESISTENCIA AL AGUA | CATEGORIA DE HUMOS | DENSIDAD g/cm ² |
|------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------|----------------------------|
| APEXSA MAT (1) | 3700 | 120 | - | - | Excelente | 1ra. | 1.31 |
| APEXSA 1220 | 3550 | 115 | 115 | 5800 (125 mm ϕ) | Excelente | 1ra. | 1.25 |
| APEXSA-HA 82 (3) | 3800 | - | 105 | 4800 (100 mm ϕ) | Excelente | 2da. | 1.26 |
| APEXSA-HA 73 (4) | 3950 | - | 97 | 4500 (100 mm ϕ) | Excelente | 2da. | 1.27 |
| APEXSA-HA 64 (5) | 4100 | 135 | 90 | 4300 (75 mm ϕ) | Excelente | 2da. | 1.28 |

(1) Agente Oxidante.

(2) Valor del poder rompedor expresado en Kilobar y asimilado al valor de la presión de detonación dentro del plano de Chapman-Jouguet (Anfo aprox. 45 Kbar).

(3) APEXSA - HA 82, diámetro crítico 2 1/2" ϕ .

(4) APEXSA - HA 73, diámetro crítico 3 1/2" ϕ .

(5) APEXSA - HA 64, diámetro crítico 4" ϕ .

Camionetas desaguaderos, con bomba para drenar los taladros inundados antes de cargarlos con explosivos.

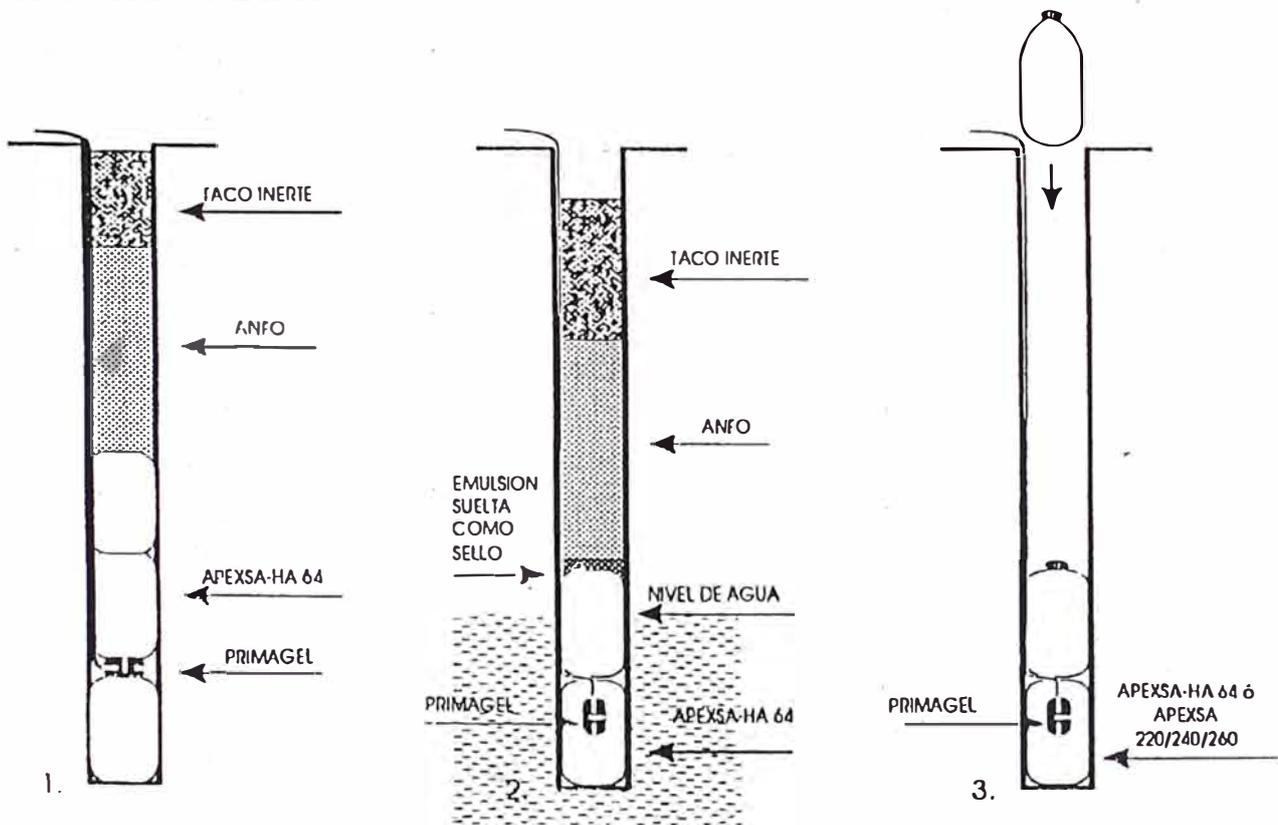
II.4 ASPECTOS TECNICOS Y ECONOMICOS SOBRE EL SISTEMA MECANIZADO

En el campo de los explosivos a granel, el ANFO, desarrollado para trabajo en taladros secos, inició el camino para la explotación económica de la minería a gran escala, cambiando los parámetros dimensionales hasta antes existentes para las canteras. Este avance fue seguido por el desarrollo de productos para taladros con presencia de agua basado en la tecnología de los hidrogeles o slurries, y desde algunos años atrás por la moderna tecnología de las emulsiones y Anfos pesados que han proporcionado no solo una mayor flexibilidad en la formulación de explosivos, sino que también ha permitido incursionar con ventajas económicas del uso de productos a granel en áreas que tradicionalmente han usado explosivos encartuchados.

GRAFICO N° 8

CARGA DE HEAVY ANFO APEXSA EN TALADROS DE BANCO EN TAJO ABIERTO

EJEMPLOS DE CARGA CON PRODUCTO ENCARTUCHADO EN MANGA PLASTICA



1. Carga de fondo reforzada, en taladro seco, roca dura.

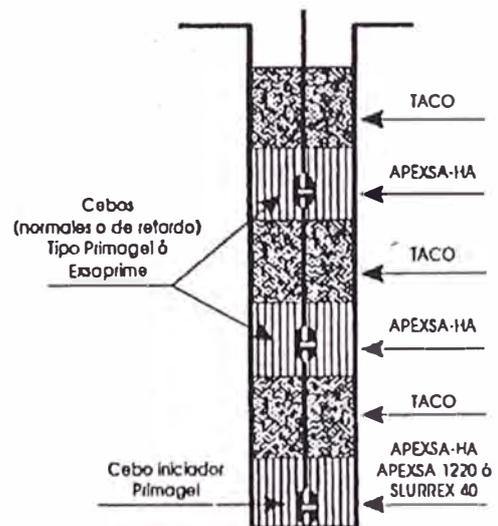
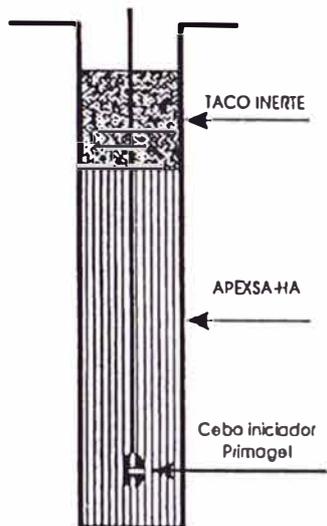
2. Carga de fondo en taladro con agua, con sello de emulsión suelta sobre los cartuchos.

3. Esquema de carguío convencional de un taladro con emulsiones APEXSA en manga de plástico.

GRAFICO N° 9

APEXSA-HA : ALTERNATIVAS DE CARGA EN TALADROS DE GRAN DIAMETRO

EJEMPLOS DE CARGA CON PRODUCTO ENCARTUCHADO EN MANGA PLASTICA



Carga normal para terreno suave, seco:
APEXSA-HA 28, 37, 55.

Carga normal para terreno duro, con agua:
APEXSA-HA 64, 73, 82.

Cargas espaciadas (decks)
para roca irregular, difícil
de fragtuar: APEXSA-HA 64.

Aún en los tramos secos del taladro proporcionan rendimientos notablemente superiores a los del Anfo cargado a granel.

Para su cebado se recomienda el uso de un primer PRIMAGEL de 1 Kg.

Como toda emulsión, tiene una vida útil de 6 meses.

II.3) **EXPLOSIVOS A GRANEL FACTIBLES DE MECANIZAR PARA MINAS SUBTERRANEAS**

Como no es el propósito de este trabajo tratar sobre las emulsiones en minas subterráneas, solo detallaré algunos aspectos básicos y experiencias logradas en otros países. En nuestro país recién se está desarrollando estos explosivos para ser utilizados en labores subterráneas, estando la Fábrica de Explosivos EXSA en un período de pruebas iniciales con emulsiones encartuchadas y pasar posteriormente, en un futuro cercano, a las emulsiones rebombeables para minería subterránea (ver gráfico N° 11).

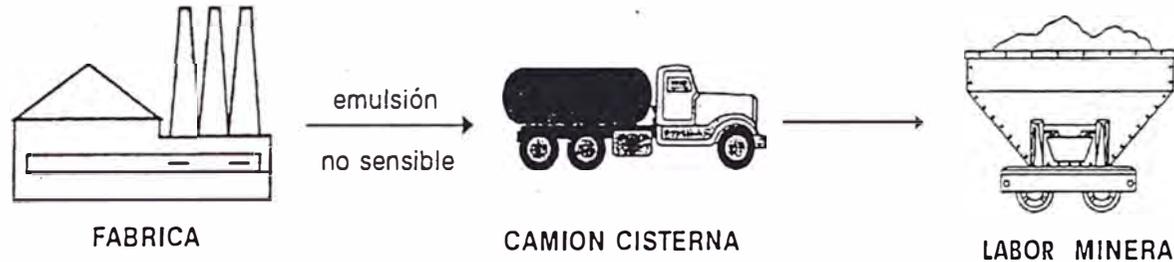
Además del Anfo Convencional cargado con aire a presión en la actualidad se experimenta y dispone de emulsiones bombeables adecuadamente sensibilizadas, con micro-esferas o alternativamente con gasificación in-situ, o de una combinación entre ambas, decisión que dependerá de un análisis técnico económico detallado que considere varios factores, entre ellos:

- * Tipo de explotación minera
- * Cantidad de agua presente en los taladros
- * Características de la roca o mineral a volar
- * Cantidad total de emulsión a utilizar mensualmente
- * Ubicación geográfica relativa al lugar de abastecimiento de emulsión (distancia, condición de vías de acceso, disponibilidad de tolva de recepción y almacenaje en la mina).
- * Disponibilidad de equipo cargador/mezclador de tipo adecuado para subterráneo, normalmente para abastecer taladros largos de diámetro medio.

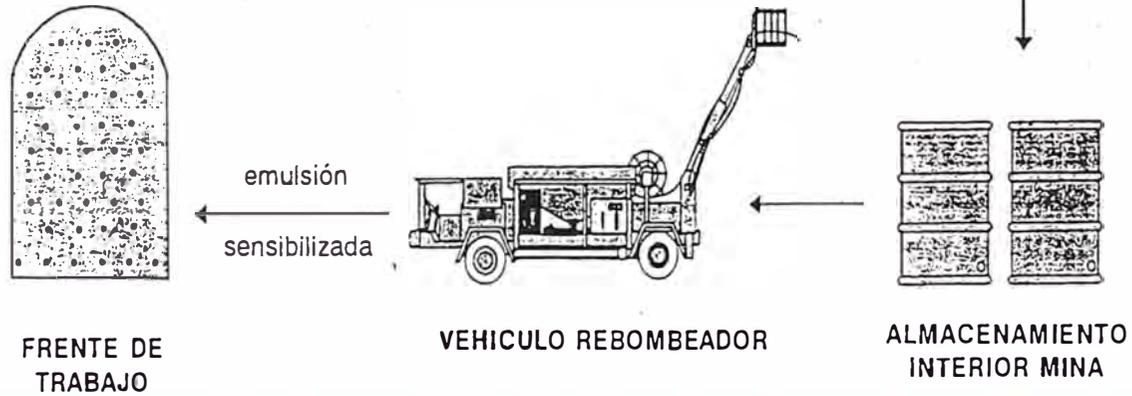
Teniendo en cuenta las experiencias de otros países solo voy a detallar resumidamente las características técnicas de estos explosivos (ver cuadro N° 3); las ventajas logradas (ver cuadro N° 4) y una comparación entre el carguío manual y el mecanizado (ver

GRAFICO N° 11

FABRICACION Y TRANSPORTE DE EMULSION BOMBEABLE PARA DIAMETRO PEQUEÑO Y MEDIANO



Por carretera se transporta material inerte, sin riesgo de accidentes o acciones terroristas



CUADRO N°3

EMULSION REBOMBEABLE CARACTERISTICAS TECNICAS

| | | | |
|---|--|-----------|-------|
| ◆ | Densidad | (g/cc) | 1,20* |
| ◆ | Velocidad de detonación | (m/s) | 4.000 |
| ◆ | Presión de detonación | (Kbar) | 50 |
| ◆ | Energía | (Kcal/Kg) | 850 |
| ◆ | Volumen de gases | (L/Kg) | 900 |
| ◆ | Diámetro critico | (in) | 1 1/4 |
| ◆ | Potencia relativa en peso | | 0.80 |
| ◆ | Potencia relativa en volumen | | 1,15 |
| ◆ | Duración cargado en el barreno (horas) | | 72 |

* Ajustable por gasificación

CUADRO N°4

VENTAJAS DE LAS EMULSIONES REBOMBEABLES EN MINAS SUBTERRANEAS CON AGUA

- ✓ Menor costo por tonelada de roca fragmentada
- ✓ Factibilidad de cargar con días de anticipación al disparo
- ✓ Menor número de trabajadores
- ✓ Menos tiempo en la faena de carga
- ✓ Mayor seguridad durante el transporte en la carretera
- ✓ Menor costo de perforación por expansión de los diseños y menor consumo de explosivos
- ✓ Adecuado para hoyos inundados o con mucha humedad
- ✓ Mejor adherencia en tiros ascendentes

GRAFICO N° 12

SENSIBILIZACION DE EMULSION REBOMBEABLE PARA DIAMETRO PEQUEÑO Y MEDIANO

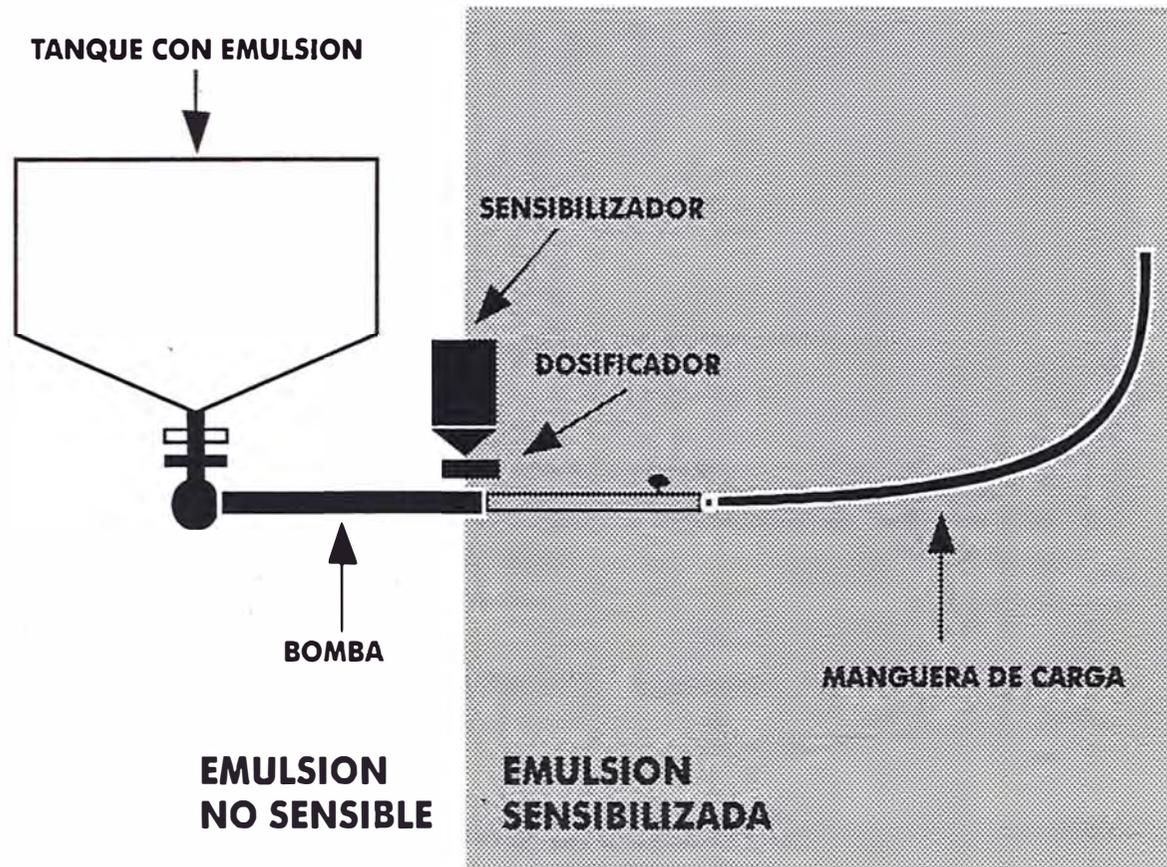


GRAFICO N° 13

CARGA DE EMULSIONES REBOMBEABLES EN TALADROS ASCENDENTES

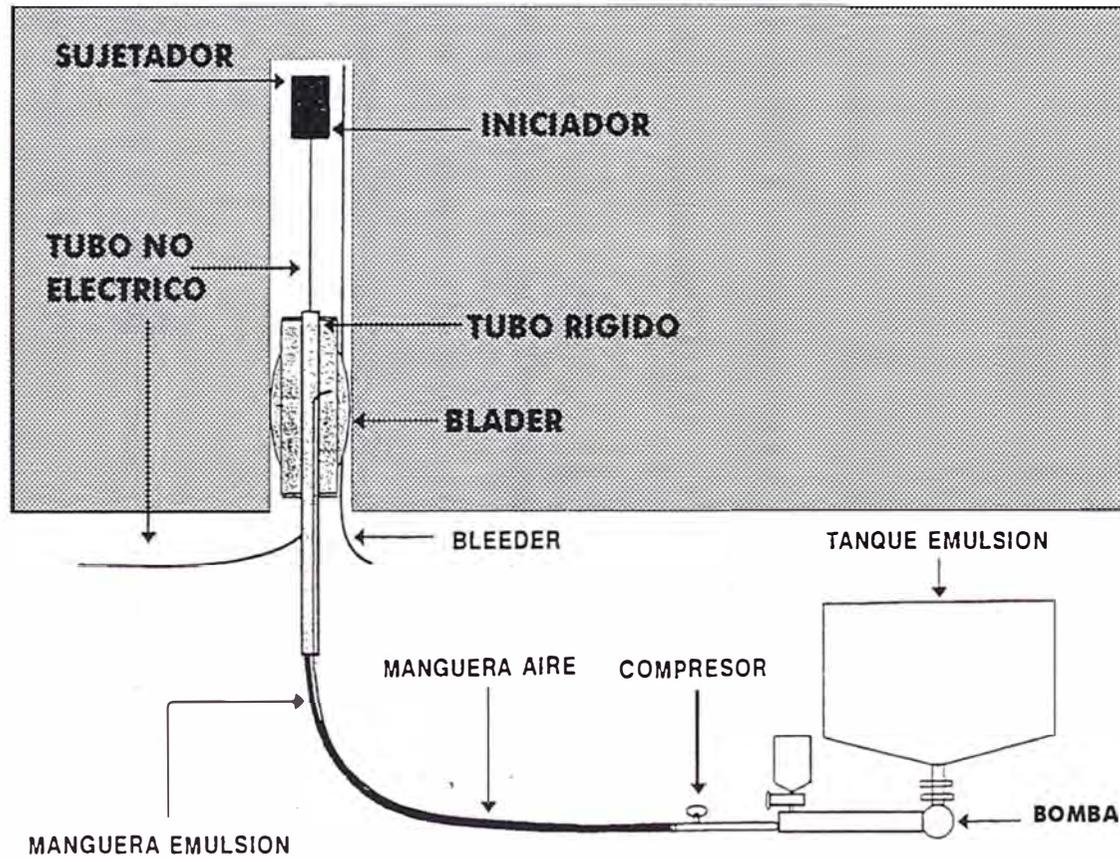


gráfico N° 10). Así mismo se muestra una forma de sensibilizar la emulsión rebombeable (gráfico N° 12) y la manera de cargar en taladros ascendentes (ver gráfico N° 13), método que aún se encuentra en período de pruebas.

II.3) **INFRAESTRUCTURA DE APOYO PARA LOS SISTEMAS DE CARGUIO MECANIZADO EN MINAS A CIELO ABIERTO**

Todos los sistemas de carguío mecanizado de explosivos a granel necesitan una infraestructura de apoyo, cuyas características específicas dependen del sistema elegido, del lugar geográfico de la labor y del tamaño de la operación minera.

En la mayoría de los casos esta infraestructura de apoyo consta básicamente de las siguientes partes:

Silos o tanque para almacenamiento de Emulsión (ver gráfico N° 14).

- Silos para Nitrato de Amonio o canchas de almacenamiento, de bolsas, preferentemente tipo Big Bags (ver gráfico N° 14).
- Tanque cisterna para abastecer de emulsión a la mina (ver gráfico N° 15).
- Tanque de petróleo.
- Tanque de agua.
- Zanja y facilidades para mantenimiento de camiones.
- Taller de campo y depósito de herramientas, repuestos elementales.
- Oficina, baños, bodega, comedores, garita, etc.
- Vehículos livianos de enlace y servicio, preferentemente de doble tracción.
- Camión grúa o plataforma para carga de camiones.

GRAFICO N° 14

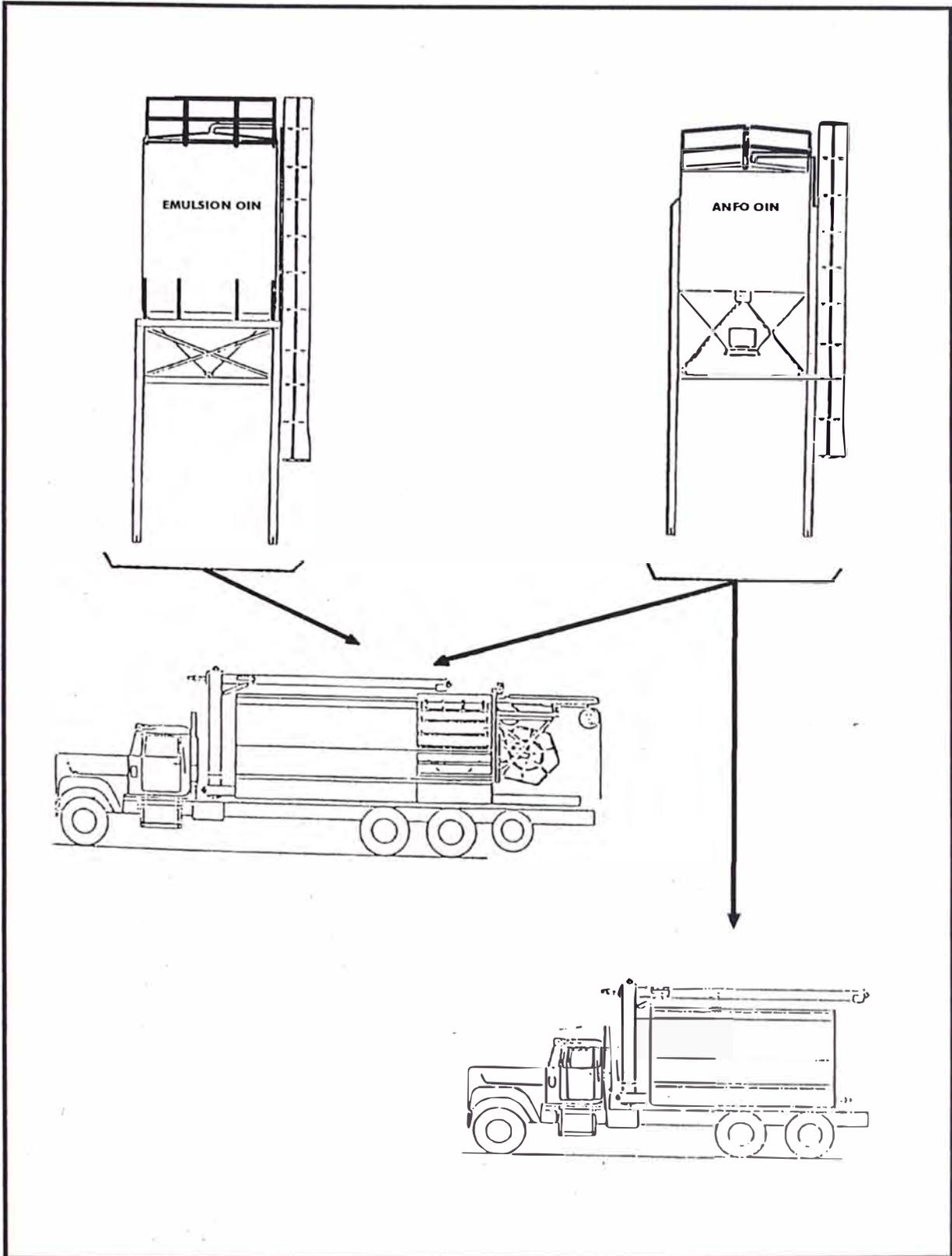
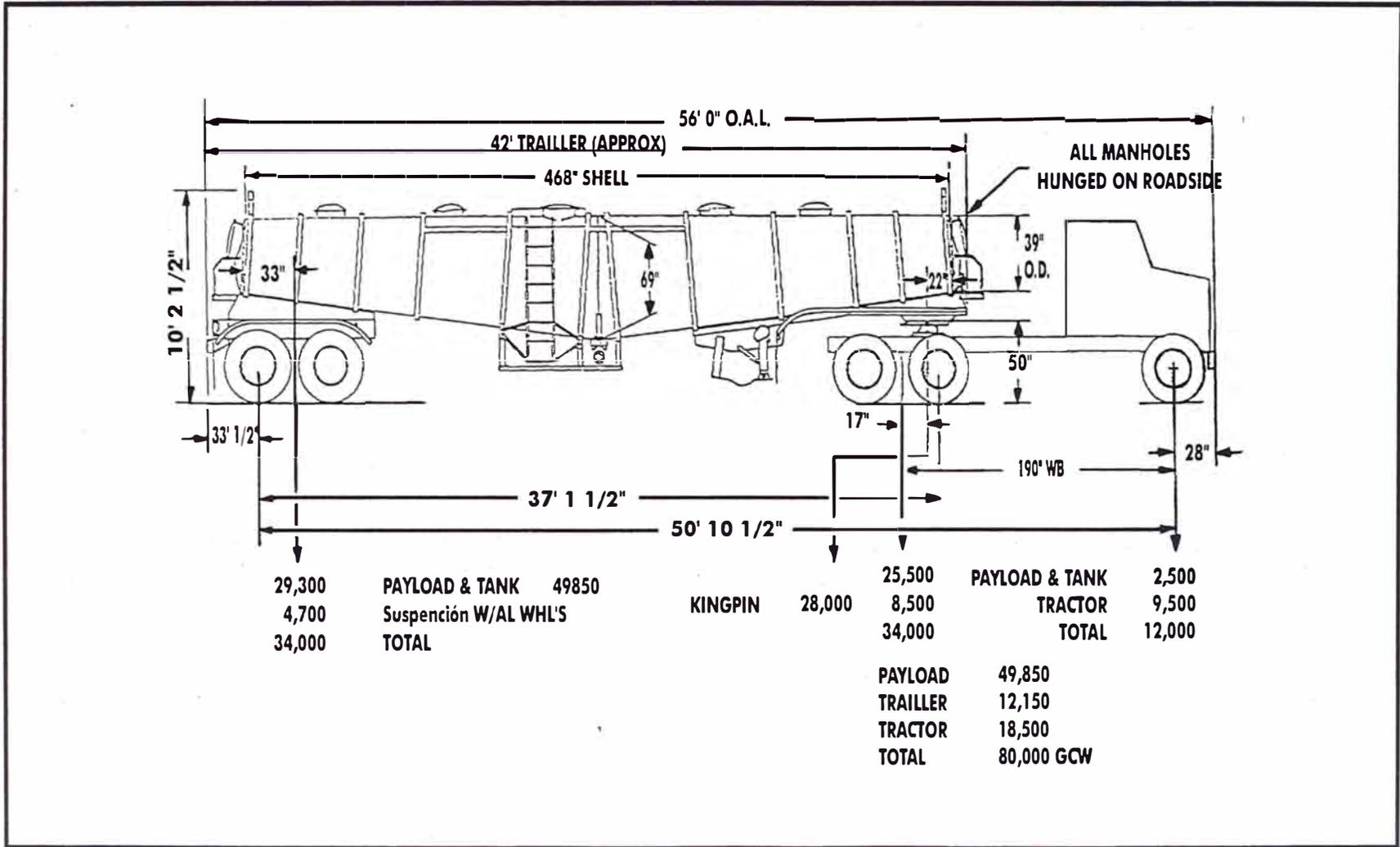


GRAFICO N° 15



II.4.1 LOS CAMBIOS MAS DESTACABLES, TECNICOS Y ECONOMICOS QUE SE LOGRAN CON EL CARGUIO MECANIZADO DE PRODUCTOS A GRANEL EN LAS OPERACIONES MINERAS SON:

1. Factibilidad de eliminar la necesidad de construir polvorines de alto costo para el almacenamiento de explosivos, simplificando su administración, reduciendo inventarios y facilitando el abastecimiento, ya que los productos a granel se transportan directamente de fábrica a tolvas instaladas en la mina con un programa de provisión establecido.
2. Se reduce drásticamente la mano de obra requerida cuando se usan explosivos envasados, lo que baja los costos de operación disminuyendo además aspectos de riesgo y supervisión al haber menos personal en el área de disparo.
3. La operación de carguío en general se hace más rápida al poderse lograr hoy velocidades de carga que superan los 500 Kg por minuto, según el equipo disponible y su condición, reduciéndose los tiempos muertos de trabajo.

4. La mayor densidad específica de las emulsiones y la lograda en el Anfo Pesado respecto al Anfo Convencional, más el total acoplamiento de los explosivos a granel con el taladro que los contiene, permiten ampliar las mallas de distribución de taladros, lo que resulta en una reducción en los costos totales de perforación y voladura.

5. La flexibilidad en la formulación de las mezclas explosivas permite adaptarse a los diferentes tipos de voladura y roca, aún más, a condiciones específicas de cada taladro, con lo que se logra una óptima fragmentación del banco y desplazamiento de la pila del material arrancado, lo que se traduce en menor requerimiento de voladura secundaria, mejores condiciones de pisos, mayor facilidad de limpieza y remoción de escombros, más eficiencia y menos maltrato de los equipos de limpieza y paleo, así como de los vehículos de acarreo. Finalmente aumento de rendimiento de la chancadora.

Para conseguir que esta metodología de trabajo de carguío mecanizado a granel de mezclas Emulsión/ANFO funcione eficientemente se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Efectuar una adecuada selección de los equipos de carga mecanizados disponibles en el mercado, brindarles un buen servicio de mantenimiento general, incluyendo el servicio en el mismo campo.
2. Organizar un eficiente y confiable sistema de abastecimiento de los insumos necesarios.
3. Contar con personal entrenado y responsable en el terreno.
4. Lograr una buena calidad de las mezclas, para ello es indispensable un prill de Nitrato adecuado y la emulsión estable químicamente.
5. Brindar la adecuada y permanente asistencia técnica al cliente.

CAPITULO III
PRUEBAS REALIZADAS DE CARGUIO MECANIZADO EN
MINAS A CIELO ABIERTO DE NUESTRO PAIS

III.1) CIA MINERA SHOUGANG HIERRO PERU S.A.

III.1.1) GEOLOGIA LOCAL

En la costa del Perú, a 503 kilómetros al sur de Lima, en una zona desértica y arenosa y sobre una meseta de 800 m.s.n.m., a 14 kilómetros del mar, se encuentran el yacimiento de Marcona, en la provincia de Nazca, departamento de Ica.

El clima corresponde al litoral sur-peruano, con temperaturas de 10° a 25° C en invierno y de 15° a 30° C en verano. La flora son casi nulas. La velocidad de los vientos, cuando se trata de los vientos del sur es de 9.8 Km/h. y, cuando se trata de los vientos del SE su velocidad es de 12.9 Km/h.

Se llega por tierra a las minas de Marcona tomando un desvío a la altura del kilómetro 490 de la carretera panamericana sur y continuando hacia el oeste por un tramo de 40 kilómetros hasta llegar al puerto de San Juan. Para las comunicaciones aéreas existe en San Juan un aeropuerto con una pista asfaltada de 2,100 metros

de longitud. Dos excelentes puertos, en San Juan y San Nicolás, completan la red de comunicaciones.

La **formación Marcona** es la de mayor importancia económica, pues en ella se encuentran los principales depósitos de hierro y 14 de las 15 minas de tajo abierto, esparcidos en dos horizontes de mineralización, orientados en el sentido general NE-SO.

La **formación Cerritos**, que es la más potente, en su miembro inferior de la secuencia se encuentran muchos depósitos (73) mayormente mineralizados de baja ley de fierro, que es característico para ésta formación, lo cual requiere un beneficio especial.

El **Aluvial** cubre el 90% del área Mina y alcanzan espesores desde 1/10 de metro hasta 5 y 10 metros, siendo más potente cerca alas colinas con acumulaciones hasta 50 metros. Debajo de estas acumulaciones, en algunas áreas, existen depósitos genuinos marinos.

Rocas intrusivas de variada edad, composición, tamaño y textura se presentan en el área mostrando diferentes grados de metamorfización. Tenemos principalmente andesitas, dacitas, diques básicos y granodiritas.

Estructuralmente, todo el conjunto estratificado en las minas, se encuentran determinando una estructura de homoclinal de rumbo SO-NE con buzamiento que oscila entre 35° y 65° NO. Dentro del área de las minas existen muchas fallas tanto mayores como menores, correspondiendo las primeras a tres sistemas principales denominadas Pista, Repetición y La Huaca, las mismas que tienen efectos principalmente en relación a la repetición y ausencia de capas, cambios en los ángulos normales de buzamiento y bruscas terminaciones a rumbo de los cuerpos. Juegan un papel muy importante en la localización de los depósitos.

III.1.2) **PROCEDENCIA DEL MINERAL**

De las 14 minas operativas algunas han paralizado sus operaciones debido a que el mineral se extraerá de acuerdo a los planes de minado cumpliendo así con los requerimientos de las plantas de beneficio.

Se hace notar que las minas que están paralizadas pueden reiniciar sus operaciones en el momento necesario sin ningún trabajo de desarrollo.

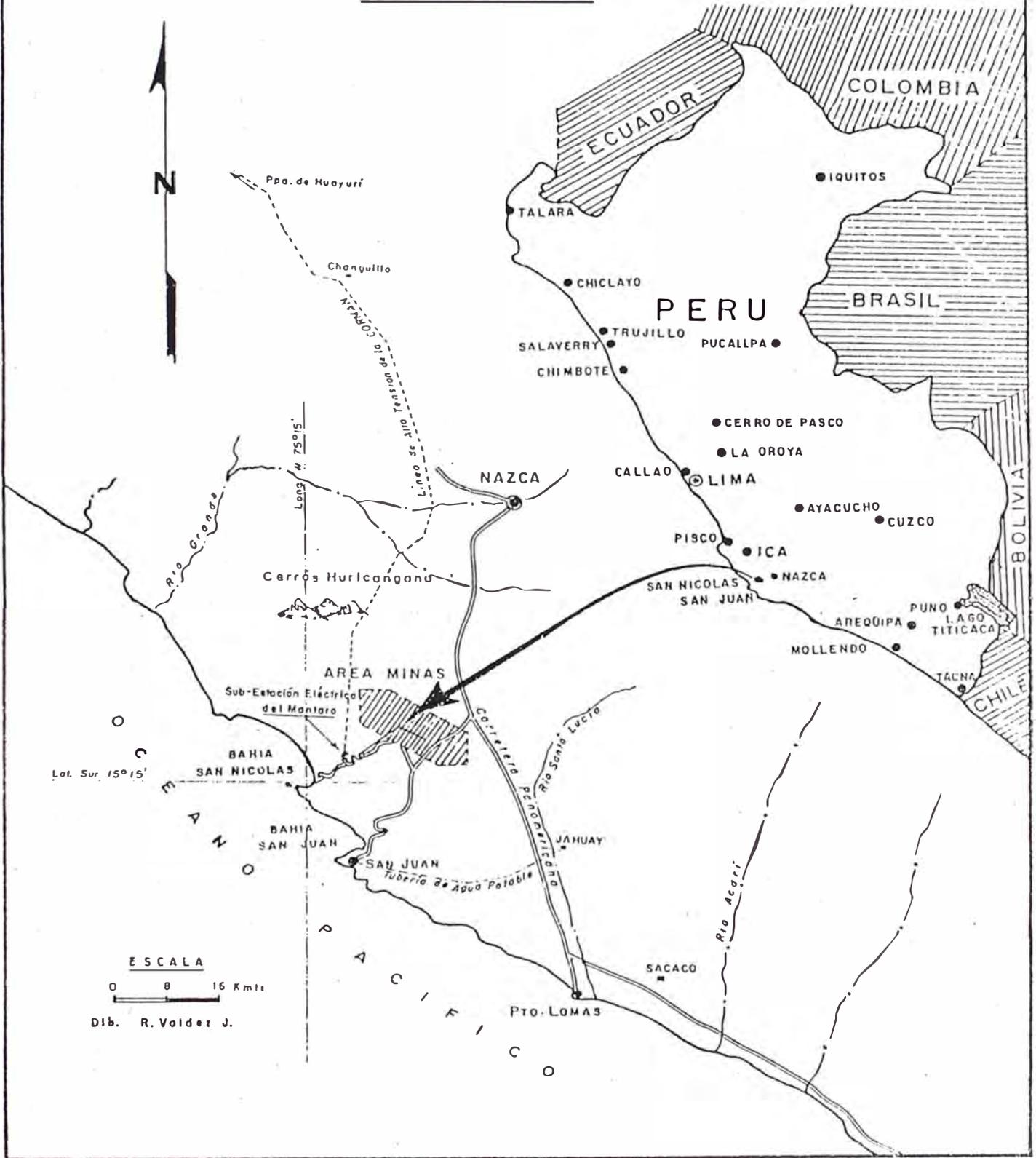
| MINA | MINERAL QUE SE EXTRAE | OPERACION | RESERVAS MINABLES DE MINERAL (TLS) AL 31-12-91 |
|-------------|----------------------------------|------------------|---|
| 1 | OX - TRANS - PRIM | EVENTUAL | 3'585,390 |
| L2-3-4 | OX - TRANS - PRIM | PERMANENTE | 63'758,000 |
| 5 | PRIMARIO | PERMANENTE | 27'843,676 |
| 7 | PRIMARIO | EVENTUAL | 5'789,000 |
| * 9/10 | OX - TRANS | PERMANENTE | 47'136,948 |
| 14 | OX - TRANS - PRIM | EVENTUAL | 38'849,00 |

Minas 6-8-11-12--16 Operaciones paralizadas

Mina 13 agotada

* Se debe extraer mineral primario a partir de 1999

HIERRO PERU
MAPA DE LOCALIZACION DEL DISTRITO MINERO
DE MARCONA



**COLUMNA GEOLOGICA GENERALIZADA
SECCION DEL DISTRITO MINERO DE MARCONA
PUERTO SAN JUAN, PERU**

| ERA | PERIODO | FORMACION | SIMBOLO | COLUMNA ESTRATIGRAFICA | POTENCIA APROX. EN METROS | | DESCRIPCION | |
|---------------|---------------------------|--------------------|---------|------------------------|---------------------------|-----------------------------------|--|--|
| | | | | | NUMERO | TOTAL | | |
| CENO-ZOICO | CUATERNARIO | DISCORDANCIA | Qa1 | | | 0 - 30 +- | Arena marina estratificada no consolidada, rodadas heterogeneas, cenizas, cavidades rellenas, caliche | |
| | TERCIARIO | FORMACION PISO | Tpf | | | 500 +- | Arcillas interestratificadas, areniscas de grano fino, arcillas laminadas, bentonita, abundante cenizas volcánicas, vetillas de yeso. | |
| MESO-ZOICO | CRETACIO | FORMACION COPARA | Kcf | | | 500 +- ? | SUPERIOR - Miembro los Cerrillos: Areniscas blancas cuarzos pobremente estratificados INFERIOR - Miembro Tiena Blanca: Tufos depositados en agua, lavas, sedimentos volcánicos bien estratificados areniscas carbonáceas. | |
| | | DISCORDANCIA | | | | 200 +- ? | | |
| | SUPERIOR JURASICO Y MEDIO | FORMACION CERRITOS | Jef | | | 1000 +- 3000 +- | 6000 +- ABUNDANTE MAGNETITA DISSEMINADA | SUPERIOR - Miembro Tunga: Potentes flujos rojizos de andesita porfirítica, delgadas calizas fasilíferas, areniscas feldespáticas y conglomerados MEDIO - Miembro Las Tetas: Areniscas feldespáticas arcósicas, tufos, flujos rojizos de andesita porfirítica INFERIOR - Miembro N-13: Abundantes flujos de andesita tufos, areniscas tufáceas, areniscas feldespáticas |
| | | DISCORDANCIA | | | | 2000 +- | | BASE - Brecha sedimentaria y conglomeraada |
| PALEO-ZOICO | ? | FORMACION MARCONA | Mf | | | 500 +- E.GRID 500 +- MINA 7 | 1600 +- | SUPERIOR - Miembro Pampa: Pizarras silicificadas y cornubianitas filíticas MEDIO - Miembro San Juan: Capos de dolomita separadas por cornubianitas y arcasa local INFERIOR - Miembro Justa: Actinolita, cuarcita, cornubionita, cornubionita arcósica, (gnelítica) arcosa |
| | | DISCORDANCIA | | | | 600 +- | | BASE - Conglomerada de cornubianita (fragmentos pCL) |
| PROTERO-ZOICO | PRECÁMBRICO | COMPLEJO LOMAS | PCL ? | | | ? | Abundante paragneises rosados, meta arcosas de grano grueso, esquistos micáceos, zonas granitizadas Base del complejo no establecido | |

ROCAS DIQUES

| | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| DIORITA | ANDESITA PORFIRITICA POST-MINERAL |
| GRANODIORITA POST-MINERAL | DACITA PRE 8 POST-MINERAL |

METAMORFISMO

III.1.3) SOBRE LAS PRUEBAS DE CARGUIO
MECANIZADO DE EXPLOSIVOS PUESTO EN
TALADRO REALIZADO EN LA MINA

1) COMENTARIOS GENERALES

Las pruebas de carguío mecanizado realizados en la mina Shougang Hierro Perú, fue la primera que se realizó en nuestro país, y se llevaron a cabo del 21 de Febrero al 04 de Marzo de 1994. Se utilizó 21,200 Kg de Emulsión sensibilizada a granel denominado APEXSA 1220, fabricado por la Fabrica de Explosivos EXSA S.A., la cual fue transportado hasta la mina mediante un camión cisterna marca POLAR.

Así mismo se llevó un camión - mezclador - cargador - bombeador marca TREAD para fabricar IN-SITU el Anfo Pesado y cargar en los taladros una mezcla de 30% Emulsión y 70% de ANFO (porcentaje en peso). Los resultados de este explosivo en prueba fue comparada técnica y económicamente con el Anfo Aluminizado al 10% que es el producto explosivo usado generalmente en la mina.

Con referencia a las zonas de pruebas, estas se llevaron a cabo en la mina 5Q, mina 4S y en la mina 2K. Los resultados obtenidos, en las tres áreas de trabajo, resultaron positivos, demostrando la eficiencia del producto Anfo Pesado y del sistema de carguío de explosivo puesto en taladro.

2) **SOBRE LA PRUEBA DEL CARGUIO
MECANIZADO Y LA VOLADURA**

Antes de pasar a detallar los datos técnicos que se obtuvieron en las tres zonas de prueba, mencionaré algunos detalles que se presentaron con el nuevo sistema de carguío propuesto a la mina:

a) Se realizaron las pruebas en condiciones normales de operación, utilizando el producto APEXSA 1220 y mezclado con el nitrato (Orange Label) proporcionado por Shougang Hierro Perú.

b) El N.A. utilizado tuvo problemas de calidad por el excesivo porcentaje de finos, debido al inadecuado almacenamiento al que esta expuesto, sometido al aire libre, expuesto al sol y sin protección alguna; provocando que los Prill de N.A. pierdan su forma original.

c) Teniendo que trabajar con esa calidad N.A., se presentaron varios inconvenientes, los cuales fueron resueltos convenientemente:

- Dificultad en la calibración del camión mezclador TREAD, debido a las variadas densidades que se obtenían en las muestras tomadas de Anfo Pesado (método de calibración por densidad del producto), lo cual nos llevo a clibrar por el método de Pesos y Revoluciones (ver capitulo I: Calibración de Camiones para Carga a Granel).

- Durante la operación de carguío ocasionó el atascamiento del Auger Horizontal superior por formarse una mezcla de Anfo/Emulsión que rápidamente se ~~conducia~~^{ENDURECIA} producto del excesivo fino presentado en el N.A. utilizado.

- En la operación de descarga ocasionó atoros en el ducto de descarga, debido a la alta viscosidad de la mezcla (con un Prill adecuado de N.A., esto no sucede) provocando que ella se aglutine en la parte cónica de dicho ducto y por consiguiente evitando un continuo pase del producto explosivo. Este empuje se solucionó cambiando el ducto de descarga original por uno hecho de marroqín.

d) Para cargar los taladros con el APEXSA - HA.37 se utilizó el sistema de descarga por gravedad ó de caída que tiene el camión TREAD.

III.1.4) DATOS TECNICOS SOBRE LAS PRUEBAS
REALIZADAS EN LA CIA MINERA SHOUGANG
HIERRO PERU S.A.

a) PRIMERA PRUEBA

| | |
|----------------------|-----------------------------|
| Fecha | 23/24 de Febrero 1994. |
| Labor | Mina 5 Q. |
| Nivel | 634. |
| Tipo de roca | Mineral primario Magnetita. |
| Densidad de roca | 4 t/m ³ . |
| Altura de Banco | 38 pies. |
| Longitud de taladros | 45 pies. |
| Malla de perforación | 17 x 17 pies. |
| Diámetro de taladro | 11 pulg. |
| Nº de taladros | 52. |

- 112 -

| | |
|------------------------|--|
| Columna explosiva | 39 tal. APEXSA-HA 37. 06 TAL. Anfo. 07 tal. carga de fondo. APEXSA-HA 37. |
| Taco | 15 pies promedio. |
| Booster | HDP de 1 lb. Mesur. |
| Sistema de Iniciación | Cordón detonante 5PE. |
| Retardos de superficie | 35 ms Famesa. |
| Conexión | Diagonal. |
| Densidad del N.A | 0.65 g/CM ³ . |

Resultados: Fragmentación = Excelente
Apilonamiento = Material expandido.
Piso = Aceptable.

Observaciones: Los primeros 19 taladros se cargaron con una relación de mezcla promedio de 28/72 y el resto de los taladros con 40/60, teniendo como promedio general 35/65.

El incremento del porcentaje de emulsión en la mezcla se debió en razón al aspecto seco y de baja densidad causado por el N.A. molido que presentó inicialmente el Anfo Pesado, que no correspondía a las características normales del APEXSA-HA 37.

b) **SEGUNDA PRUEBA**

| | |
|------------------------|--|
| Fecha | 28 Febr./03 Marzo 1994. |
| Labor | Mina 4 S. |
| Nivel | 569. |
| Tipo de roca | Mineral primario Magnetita. |
| Densidad de roca | 4.2 t/m ³ . |
| Altura de Banco. | 38 pies. |
| Longitud de taladros | 45 pies. |
| Malla de perforación | 17 x 17 pies. |
| Diámetro de taladro | 11 pulg. |
| Nº de taladros | 63. |
| Columna explosiva | 56 tal. APEXSA-HA 37. |
| Columna explosiva | 03 tal. Anfo. 04 tal. carga de fondo APEXSA-HA 37. |
| Taco | 15 pies, 78% de los tal. Mayor de 20 pies, el 22%. |
| Booster | HDP de 1 lb. Mesur. |
| Sistema de Iniciación | Cordón detonante SPE. |
| Retardos de superficie | 35 ms Famesa. |

| | |
|------------------|--------------------------|
| Conexión | En trapecio. |
| Densidad del N.A | 0.65 g/CM ³ . |
| Densidad | |
| APEXSA-HA 37 | 1.09 g/cm ³ . |

Resultados: Fragmentación = Ligeramente gruesa en la superficie del pile.

Apilonamiento = Bueno.

Piso = Uniforme.

Observaciones: La relación de mezcla promedio fue de 30/70, obteniendo la dosificación programada para la prueba.

Los taladros cargados con más de 20 pies de taco, estuvieron situados en la última fila de la zona N-W y penúltima fila de la zona N, por estar considerados en mineral de muy baja ley (desmonte). Por estas condiciones y por el tiempo de retardos cortos utilizados para este tipo de material pesado, motivó la fragmentación gruesa que se observó en la superficie del pile.

c) **TERCERA PRUEBA**

| | |
|------------------------|--|
| Labor | Mina 2 k. |
| Nivel | 664. |
| Tipo de roca | Mineral primario Magnetita. |
| Densidad de roca | 4 t/m ³ . |
| Altura de Banco | 38 pies. |
| Longitud de taladros | 45 pies. |
| Malla de perforación | 17 x 17 pies. |
| Diámetro de taladro | 11 pulg. |
| Nº de taladros | 84. |
| Columna explosiva | 23 tal. APEXSA-HA 37. |
| Columna explosiva | 03 tal. Anfo. 61 tal. Anfo Aluminizado 10%. |
| Taco | 15 pie promedio. |
| Booster | HDP de 1 lb. Mesur. |
| Sistema de Iniciación | Cordón detonante 5PE. |
| Retardos de superficie | 35 ms Famesa. |
| Densidad del N.A | 0.65 g/CM ³ . |
| Densidad | |
| APEXSA-HA 37 | 1.09 g/cm ³ . |

Observaciones: Con esto se terminó el stock del APEXSA 1220 almacenado en nuestra cisterna POLAR TANK. La relación de mezcla promedio fue de 30/70.

La voladura se postergó aproximadamente 10 días por falta de limpieza del mineral y desmonte acumulado en el nivel inferior.

Fragmentación: Buena

Apilonamiento: Bueno

Piso : Uniforme

III.1.5) **EVALUACION TECNICA - ECONOMICA DE LA PRUEBA**

- 1) Si se compara el costo de preparación entre el Anfo Aluminizado y el Anfo Pesado a Granel no hay una variación considerable entre ambos productos.

- 2) La voladura de taladros con Anfo Pesado a Granel, logró una mejor fragmentación del mineral y por consiguiente una significativa reducción de "bolones" (reducción de voladura secundaria), la cual

PRUEBA DE CARGUIO MECANIZADO EN SHOUGANG HIERRO PERU

PRUEBA N° 1

LOCACION Mina N° 5Q - Nivel 634

FACTOR DE CALIBRACION: ANFO = 2.17 kg/rev.

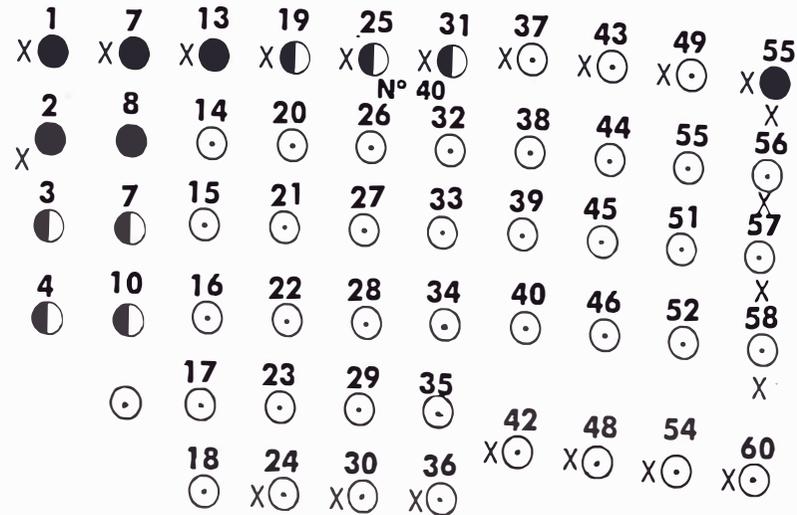
APEXSA 1220 = 1.74 kg/rev.

| Nº | Nº de Taladro | Nº DE REVOLUCIONES | | | KG. POR TALADRO | | | COLUM CARGA (pies) | MEZCLA | |
|----|---------------|--------------------|-------------|---------|-----------------|-------------|--------------|--------------------|----------|-------|
| | | ANFO | APEXSA 1220 | OIL Gls | ANFO | APEXSA 1220 | APEXSA HA-37 | | APEXSA % | OIL % |
| 1 | 60 | 160,00 | 77,00 | 10,50 | 347,20 | 133,98 | 481,18 | 29 | 27,84 | 9,71 |
| 2 | 54 | 177,50 | 83,20 | 10,20 | 385,18 | 144,77 | 529,94 | 29 | 27,32 | 8,50 |
| 3 | 48 | 193,00 | 79,00 | 8,30 | 418,81 | 137,46 | 556,27 | 29 | 24,71 | 6,36 |
| 4 | 42 | 172,00 | 52,00 | 7,00 | 373,24 | 90,48 | 463,72 | 29 | 19,51 | 6,02 |
| 5 | 36 | 154,00 | 52,00 | 6,10 | 334,18 | 90,48 | 424,66 | 28 | 21,31 | 5,86 |
| 6 | 35 | 179,00 | 60,00 | 7,10 | 388,43 | 104,40 | 492,83 | 29 | 21,18 | 5,87 |
| 7 | 29 | 158,00 | 80,00 | 6,20 | 342,86 | 139,20 | 482,06 | 29 | 28,88 | 5,80 |
| 8 | 30 | 172,00 | 87,00 | 6,80 | 373,24 | 151,38 | 524,62 | 28 | 28,86 | 5,85 |
| 9 | 23 | 162,00 | 84,00 | 6,40 | 351,54 | 146,16 | 497,70 | 28 | 29,37 | 5,84 |
| 10 | 24 | 167,00 | 86,00 | 6,60 | 362,39 | 149,64 | 512,03 | 28 | 29,22 | 5,85 |
| 11 | 17 | 184,00 | 96,00 | 7,20 | 399,28 | 167,04 | 566,32 | 28 | 29,50 | 5,79 |
| 12 | 18 | 178,00 | 90,00 | 6,90 | 386,26 | 156,60 | 542,86 | 28 | 28,85 | 5,73 |
| 13 | 57 | 167,00 | 83,00 | 6,50 | 362,39 | 144,42 | 506,81 | 27 | 28,50 | 5,76 |
| 14 | 58 | 167,00 | 90,00 | 6,50 | 362,39 | 156,60 | 518,99 | 30 | 30,17 | 5,76 |
| 15 | 51 | 181,00 | 100,00 | 7,00 | 392,77 | 174,00 | 566,77 | 29 | 30,70 | 5,72 |
| 16 | 45 | 177,00 | 100,00 | 7,00 | 384,09 | 174,00 | 558,09 | 29 | 31,18 | 5,85 |
| 17 | 46 | 165,00 | 93,00 | 6,40 | 358,05 | 161,82 | 519,87 | 29 | 31,13 | 5,74 |
| 18 | 40 | 150,00 | 89,00 | 5,80 | 325,50 | 154,86 | 480,36 | 29 | 32,24 | 5,72 |
| 19 | 39 | 196,00 | 112,00 | 8,40 | 425,32 | 194,88 | 620,20 | 28 | 31,42 | 6,34 |
| 20 | 33 | 176,00 | 146,00 | 6,70 | 381,92 | 254,04 | 635,96 | 28 | 39,95 | 5,63 |
| 21 | 34 | 160,00 | 132,00 | 6,50 | 347,20 | 229,68 | 576,88 | 28 | 39,81 | 6,01 |
| 22 | 28 | 175,00 | 145,00 | 6,70 | 379,75 | 252,30 | 632,05 | 28 | 39,92 | 5,66 |
| 23 | 27 | 162,00 | 134,00 | 6,10 | 351,54 | 233,16 | 584,70 | 27 | 39,88 | 5,57 |
| 24 | 21 | 164,00 | 136,00 | 6,30 | 355,88 | 236,64 | 592,52 | 28 | 39,94 | 5,68 |
| 25 | 22 | 164,00 | 135,00 | 6,20 | 355,88 | 234,90 | 590,78 | 28 | 39,76 | 5,59 |
| 26 | 16 | 179,00 | 148,00 | 7,50 | 388,43 | 257,52 | 645,95 | 28 | 39,87 | 6,20 |
| 27 | 15 | 173,00 | 144,00 | 6,80 | 375,41 | 250,56 | 625,97 | 28 | 40,03 | 5,81 |
| 28 | 9* | 30,70 | 25,60 | 1,20 | 66,62 | 44,54 | 111,16 | 5 | 40,07 | 5,78 |
| | | 110,00 | | 4,70 | 238,70 | | | 12 | | 6,32 |
| 29 | 10* | 30,70 | 25,60 | 1,20 | 66,62 | 44,54 | 111,16 | 5 | 40,07 | 5,78 |
| | | 110,00 | | 4,70 | 238,70 | | | 12 | | 6,32 |
| 30 | 4* | 30,50 | 25,50 | 1,20 | 66,19 | 44,37 | 110,56 | 5 | 40,13 | 5,82 |
| | | 85,00 | | 3,60 | 184,45 | | | 11 | | 6,27 |
| 31 | 3* | 31,70 | 26,30 | 1,30 | 68,79 | 45,76 | 114,55 | 5 | 39,95 | 6,07 |
| | | 107,00 | | 4,50 | 232,19 | | | 12 | | 6,22 |
| 32 | 56 | 195,00 | 162,00 | 7,90 | 423,15 | 281,88 | 705,03 | 30 | 39,98 | 5,99 |
| 33 | 50 | 163,00 | 135,00 | 6,60 | 353,71 | 234,90 | 588,61 | 29 | 39,91 | 5,99 |
| 34 | 44 | 180,00 | 149,00 | 7,20 | 390,60 | 259,26 | 649,86 | 29 | 39,89 | 5,92 |
| 35 | 38 | 175,00 | 145,00 | 7,50 | 379,75 | 252,30 | 632,05 | 28 | 39,92 | 6,34 |
| 36 | 32 | 175,00 | 145,00 | 7,50 | 379,75 | 252,30 | 632,05 | 28 | 39,92 | 6,34 |
| 37 | 26 | 187,90 | 156,00 | 7,50 | 407,74 | 271,44 | 679,18 | 28 | 39,97 | 5,90 |
| 38 | 20 | 174,00 | 143,00 | 7,10 | 377,58 | 248,82 | 626,40 | 28 | 39,72 | 6,04 |
| 39 | 14 | 177,00 | 145,00 | 7,10 | 384,09 | 252,30 | 636,39 | 28 | 39,65 | 5,93 |
| 40 | 8 | 117,00 | | 4,90 | 253,89 | | | 13 | | 6,20 |
| 41 | 2 | 88,70 | | 3,70 | 192,48 | | | 16 | | 6,17 |
| 42 | 55 | 120,00 | | 5,80 | 260,40 | | | 15 | | 7,15 |

| Nº | Nº de Taladro | Nº DE REVOLUCIONES | | | KG. POR TALADRO | | | COLUM CARGA (pies) | MEZCLA | |
|----------------|---------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | | ANFO | APEXSA 1220 | OIL Gls | ANFO | APEXSA 1220 | APEXSA HA-37 | | APEXSA % | OIL % |
| 43 | 49 | 163,00 | 135,00 | 8,30 | 353,71 | 234,90 | 588,61 | 29 | 39,91 | 7,53 |
| 44 | 43 | 174,00 | 144,00 | 8,20 | 377,58 | 250,56 | 628,14 | 29 | 39,89 | 6,97 |
| 45 | 37 | 115,00 | 96,00 | 5,00 | 249,55 | 167,04 | 416,59 | 17 | 40,10 | 6,43 |
| 46 | 31* | 31,00 | 26,00 | 1,30 | 67,27 | 45,24 | 112,51 | 5 | 40,21 | 6,20 |
| | | 101,00 | | 4,50 | 219,17 | | | 14 | | 6,59 |
| 47 | 25* | 115,00 | 96,00 | 5,00 | 249,55 | 167,04 | 416,59 | 17 | 40,10 | 6,43 |
| | | 134,00 | | 4,50 | 290,78 | | | 13 | | 4,97 |
| 48 | 19* | 31,00 | 26,00 | 1,30 | 67,27 | 45,24 | 112,51 | 5 | 40,21 | 6,20 |
| | | 95,90 | | 4,10 | 208,10 | | | 17 | | 6,32 |
| 49 | 13 | 105,90 | | 4,60 | 229,80 | | | 13 | | 6,43 |
| 50 | 7 | 104,00 | | 4,50 | 225,68 | | | 13 | | 6,40 |
| 51 | 1 | 71,40 | | 3,10 | 154,94 | | | 13 | | 6,42 |
| 52 | 52 | 195,40 | 129,50 | 8,50 | 424,02 | 225,33 | 649,35 | 29 | 34,70 | 6,43 |
| TOTALES | | 8.337,30 | 4.648,70 | 347,80 | 18.091,94 | 8.088,74 | 23.251,40 | | 34,90 | 7,00 |

* Carga combinada: Carga de fondo APEXSA-HA 37
Carga de columna Anfo

PRUEBA N° 1 CON APEXSA-HA 37 PLANO DE CONEXION



- APEXSA - HA 37
- ANFO
- ◐ CARGA COMBINADA

MINA: 5Q
NIVEL: 634
N° DISPARO: 40
MATERIAL: PO E.R.
EXPLOSIVO: H.α 37 ANFO
CONEXION DIAGONAL
CONECTORES X = 35 MS

DIAMETRO: 11"
HORA: 12:00 m
FECHA: 24-02-94

PRUEBA DE CARGUIO MECANIZADO EN SHOUGANG HIERRO PERU

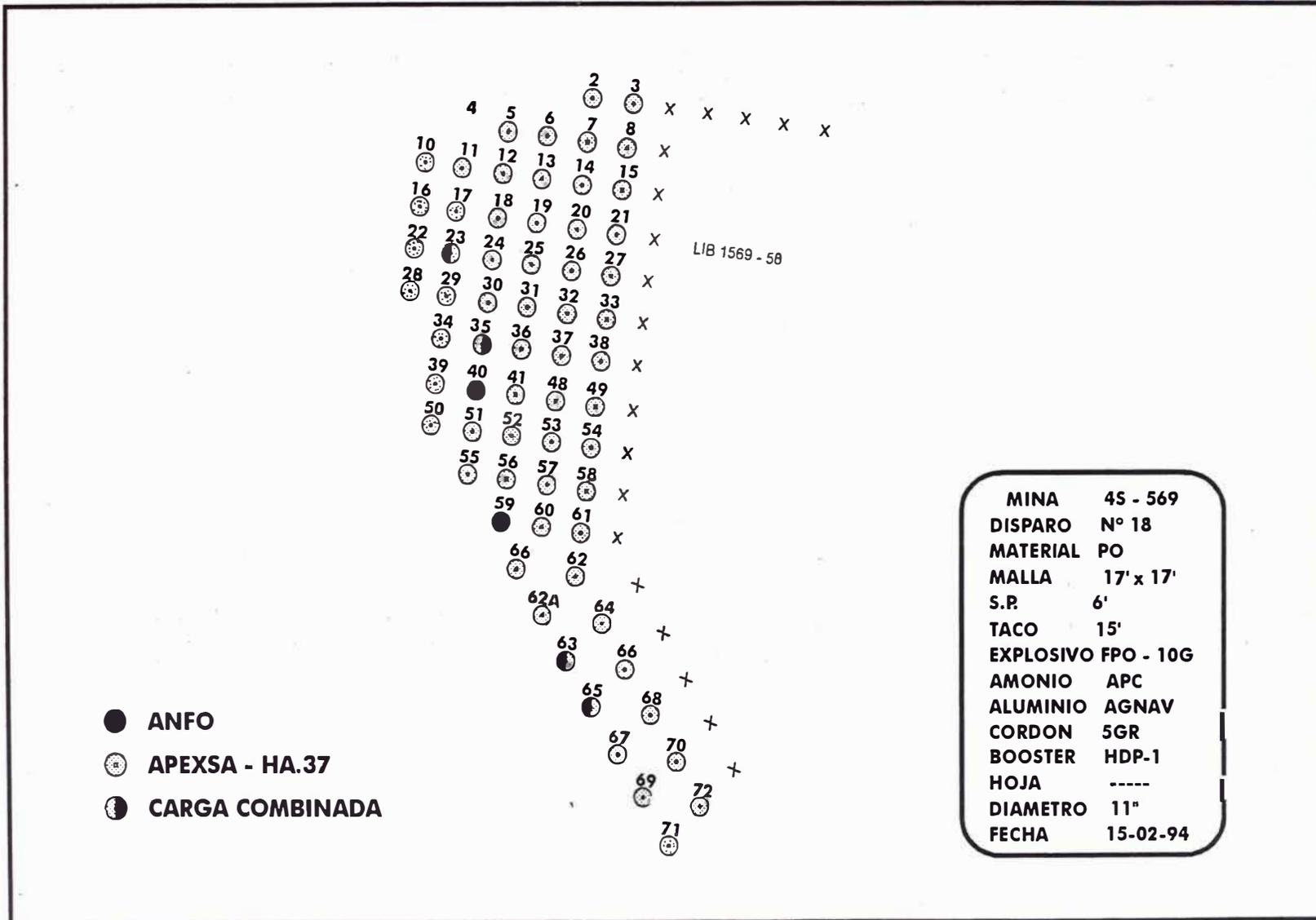
PRUEBA N° 2
 LOCACION Mina N° 4S - Nivel 569
 FACTOR DE CALIBRACION: ANFO = 2.23 kg/rev.
 APEXSA 1220 = 1.71 kg/rev.

| Nº | Nº de Taladro | Nº DE REVOLUCIONES | | | KG. POR TALADRO | | | COLUM CARGA (pies) | MEZCLA | |
|----|---------------|--------------------|-------------|---------|-----------------|-------------|--------------|--------------------|----------|-------|
| | | ANFO | APEXSA 1220 | OIL Gls | ANFO | APEXSA 1220 | APEXSA HA-37 | | APEXSA % | OIL % |
| 1 | 72 | 169,00 | 95,00 | 6,80 | 376,87 | 162,45 | 539,32 | 27 | 30,12 | 5,79 |
| 2 | 71 | 141,00 | 80,00 | 5,80 | 314,43 | 136,80 | 451,23 | 22 | 30,32 | 5,92 |
| 3 | 69 | 143,00 | 81,00 | 5,90 | 318,89 | 138,51 | 457,40 | 23 | 30,28 | 5,94 |
| 4 | 70 | 165,00 | 94,00 | 6,80 | 367,95 | 160,74 | 528,69 | 23 | 30,40 | 5,93 |
| 5 | 68 | 192,00 | 108,00 | 8,00 | 428,16 | 184,68 | 612,84 | 29 | 30,14 | 6,00 |
| 6 | 67 | 122,00 | 69,00 | 5,10 | 272,06 | 117,99 | 390,05 | 19 | 30,25 | 6,02 |
| 7 | 65* | 75,00 | 42,00 | 3,10 | 167,25 | 71,82 | 239,07 | 5 | 30,04 | 5,95 |
| | | 107,20 | | 7,40 | 239,06 | | | 24 | | 9,94 |
| 8 | 66 | 214,00 | 121,00 | 9,40 | 477,22 | 206,91 | 684,13 | 29 | 30,24 | 6,32 |
| 9 | 64 | 188,00 | 107,00 | 7,80 | 419,24 | 182,97 | 602,21 | 29 | 30,38 | 5,97 |
| 10 | 63* | 56,00 | 31,00 | 2,30 | 124,88 | 53,01 | 177,89 | 5 | 29,80 | 5,91 |
| | | 82,00 | | 3,60 | 182,86 | | | 8 | | 6,32 |
| 11 | 62A | 127,00 | 72,00 | 5,30 | 283,21 | 123,12 | 406,33 | 18 | 30,30 | 6,01 |
| 12 | 62 | 197,00 | 112,00 | 8,20 | 439,31 | 191,52 | 630,83 | 28 | 30,36 | 5,99 |
| 13 | 66A | 102,00 | 58,00 | 4,20 | 227,46 | 99,18 | 326,64 | 18 | 30,36 | 5,93 |
| 14 | 60 | 130,00 | 74,00 | 5,50 | 289,90 | 126,54 | 416,44 | 18 | 30,39 | 6,09 |
| 15 | 61 | 193,00 | 110,00 | 8,40 | 430,39 | 188,10 | 618,49 | 28 | 30,41 | 6,27 |
| 16 | 58 | 217,00 | 123,00 | 9,40 | 483,91 | 210,33 | 694,24 | 28 | 30,30 | 6,24 |
| 17 | 57 | 193,00 | 110,00 | 8,40 | 430,39 | 188,10 | 618,49 | 28 | 30,41 | 6,27 |
| 18 | 53 | 202,00 | 115,00 | 8,70 | 450,46 | 196,65 | 647,11 | 28 | 30,39 | 6,20 |
| 19 | 54 | 196,00 | 111,00 | 8,40 | 437,08 | 189,81 | 626,89 | 29 | 30,28 | 6,17 |
| 20 | 49 | 197,00 | 111,00 | 8,50 | 439,31 | 189,81 | 629,12 | 29 | 30,17 | 6,21 |
| 21 | 48 | 190,00 | 108,00 | 8,10 | 423,70 | 184,68 | 608,38 | 29 | 30,36 | 6,14 |
| 22 | 37 | 187,00 | 106,00 | 7,90 | 417,01 | 181,26 | 598,27 | 29 | 30,30 | 6,08 |
| 23 | 32 | 162,00 | 92,00 | 7,10 | 361,26 | 157,32 | 518,58 | 29 | 30,34 | 6,31 |
| 24 | 27 | 182,00 | 103,00 | 7,70 | 405,86 | 176,13 | 581,99 | 29 | 30,26 | 6,09 |
| 25 | 21 | 193,00 | 109,00 | 8,20 | 430,39 | 186,39 | 616,78 | 29 | 30,22 | 6,12 |
| 26 | 26 | 166,00 | 94,00 | 7,20 | 370,18 | 160,74 | 530,92 | 28 | 30,28 | 6,24 |
| 27 | 20 | 178,00 | 101,00 | 7,70 | 396,94 | 172,71 | 569,65 | 28 | 30,32 | 6,23 |
| 28 | 33 | 182,00 | 103,00 | 7,80 | 405,86 | 176,13 | 581,99 | 28 | 30,26 | 6,17 |
| 29 | 15 | 182,00 | 103,00 | 7,80 | 405,86 | 176,13 | 581,99 | 29 | 30,26 | 6,17 |
| 30 | 14 | 189,50 | 107,70 | 8,10 | 422,59 | 184,17 | 606,75 | 29 | 30,35 | 6,15 |
| 31 | 8 | 194,10 | 110,40 | 8,30 | 432,84 | 188,78 | 621,63 | 30 | 30,37 | 6,16 |
| 32 | 9 | 193,10 | 109,80 | 8,20 | 430,61 | 187,76 | 618,37 | 30 | 30,36 | 6,11 |
| 33 | 3 | 200,00 | 113,80 | 8,50 | 446,00 | 194,60 | 640,60 | 31 | 30,38 | 6,12 |
| 34 | 2 | 177,70 | 101,10 | 7,70 | 396,27 | 172,88 | 569,15 | 31 | 30,38 | 6,24 |
| 35 | 56 | 163,20 | 92,50 | 7,00 | 363,94 | 158,18 | 522,11 | 28 | 30,30 | 6,17 |
| 36 | 51 | 197,50 | 111,80 | 8,40 | 440,43 | 191,18 | 631,60 | 28 | 30,27 | 6,12 |
| 37 | 52 | 174,60 | 98,80 | 7,45 | 389,36 | 168,95 | 558,31 | 28 | 30,26 | 6,14 |
| 38 | 41 | 185,00 | 104,70 | 7,85 | 412,55 | 179,04 | 591,59 | 28 | 30,26 | 6,11 |
| 39 | 35* | 58,60 | 33,10 | 2,50 | 130,68 | 56,60 | 187,28 | 5 | 30,22 | 6,14 |
| | | 100,60 | | 4,35 | 224,34 | | | 16 | | 6,22 |
| 40 | 36 | 186,90 | 106,00 | 7,90 | 416,79 | 181,26 | 598,05 | 29 | 30,31 | 6,08 |
| 41 | 30 | 156,70 | 88,70 | 6,85 | 349,44 | 151,68 | 501,12 | 25 | 30,27 | 6,29 |
| 42 | 31 | 183,00 | 103,60 | 7,80 | 408,09 | 177,16 | 585,25 | 29 | 30,27 | 6,14 |
| 43 | 24 | 196,70 | 111,40 | 8,35 | 438,64 | 190,49 | 629,14 | 29 | 30,28 | 6,11 |
| 44 | 25 | 178,10 | 101,00 | 7,60 | 397,16 | 172,71 | 569,87 | 30 | 30,31 | 6,14 |

| Nº | Nº de Taladro | Nº DE REVOLUCIONES | | | KG. POR TALADRO | | | COLUM CARGA (pies) | MEZCLA | |
|----------------|---------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------|------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | | ANFO | APEXSA 1220 | OIL Gls | ANFO | APEXSA 1220 | APEXSA HA-37 | | APEXSA % | OIL % |
| 45 | 19 | 177,50 | 100,70 | 7,45 | 395,83 | 172,20 | 568,02 | 30 | 30,32 | 6,04 |
| 46 | 18 | 169,40 | 96,30 | 7,15 | 377,76 | 164,67 | 542,44 | 30 | 30,36 | 6,08 |
| 47 | 12 | 171,20 | 97,20 | 7,20 | 381,78 | 166,21 | 547,99 | 30 | 30,33 | 6,05 |
| 48 | 13 | 177,30 | 100,60 | 7,50 | 395,38 | 172,03 | 567,41 | 28 | 30,32 | 6,09 |
| 49 | 7 | 189,00 | 107,40 | 8,00 | 421,47 | 183,65 | 605,12 | 30 | 30,35 | 6,09 |
| 50 | 6 | 190,30 | 108,20 | 8,00 | 424,37 | 185,02 | 609,39 | 30 | 30,36 | 6,05 |
| 51 | 5 | 164,20 | 93,40 | 6,90 | 366,17 | 159,71 | 525,88 | 30 | 30,37 | 6,05 |
| 52 | 40 | 148,90 | | 6,40 | 332,05 | | | 21 | | 6,19 |
| 53 | 59 | 82,20 | | 3,60 | 183,31 | | | 11 | | 6,30 |
| 54 | 50 | 160,00 | 91,00 | 7,00 | 356,80 | 155,61 | 512,41 | 25 | 30,37 | 6,30 |
| 55 | 39 | 166,00 | 94,00 | 7,20 | 370,18 | 160,74 | 530,92 | 25 | 30,28 | 6,24 |
| 56 | 34 | 145,00 | 82,00 | 6,00 | 323,35 | 140,22 | 463,57 | 25 | 30,25 | 5,96 |
| 57 | 23* | 81,00 | 46,00 | 3,50 | 180,63 | 78,66 | 259,29 | 5 | 30,34 | 6,22 |
| | | 88,00 | | 3,90 | 196,24 | | | 20 | | 6,38 |
| 58 | 17 | 188,00 | 107,00 | 8,70 | 419,24 | 182,97 | 602,21 | 30 | 30,38 | 6,66 |
| 59 | 11 | 200,00 | 113,00 | 8,60 | 446,00 | 193,23 | 639,23 | 30 | 30,23 | 6,19 |
| 60 | 10 | 101,00 | 57,00 | 4,30 | 225,23 | 97,47 | 322,70 | 15 | 30,20 | 6,13 |
| 61 | 16 | 149,00 | 84,00 | 6,40 | 332,27 | 143,64 | 475,91 | 24 | 30,18 | 6,18 |
| 62 | 29 | 192,00 | | 8,60 | 428,16 | | | 25 | | 6,45 |
| 63 | 42 | 172,00 | 97,00 | 5,40 | 383,56 | 165,87 | 549,43 | 28 | 30,19 | 4,52 |
| TOTALES | | 10.877,50 | 5.712,20 | 465,15 | 24.256,83 | 9.767,86 | 32.238,68 | | 30,29 | 6,56 |

* Carga combinada: Carga de fondo APEXSA-HA 37
Carga de columna Anfo

PRUEBA N° 2 CON APEXSA-HA 37



- ANFO
- ⊛ APEXSA - HA.37
- ◐ CARGA COMBINADA

| | |
|-----------|-----------|
| MINA | 45 - 569 |
| DISPARO | N° 18 |
| MATERIAL | PO |
| MALLA | 17' x 17' |
| S.P. | 6' |
| TACO | 15' |
| EXPLOSIVO | FPO - 10G |
| AMONIO | APC |
| ALUMINIO | AGNAV |
| CORDON | 5GR |
| BOOSTER | HDP-1 |
| HOJA | ----- |
| DIAMETRO | 11" |
| FECHA | 15-02-94 |

PRUEBA DE CARGUIO MECANIZADO EN SHOUGANG HIERRO PERU

PRUEBA N° 3

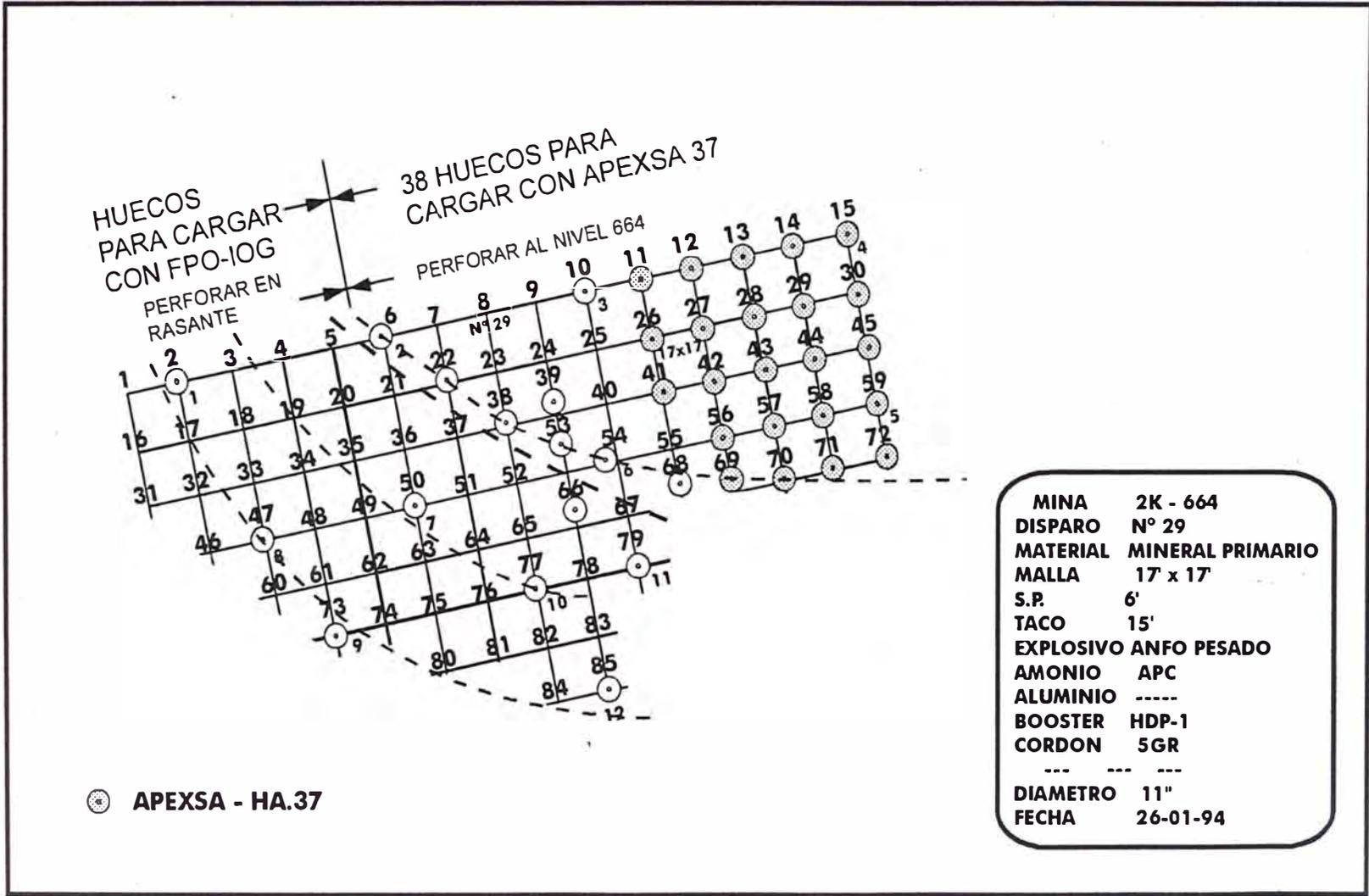
LOCACION Mina N° 2K - Nivel 664

FACTOR DE CALIBRACION: ANFO = 2.23 kg/rev.

APEXSA 1220 = 1.71 kg/rev.

| N° | N° de Taladro | N° DE REVOLUCIONES | | | KG. POR TALADRO | | | COLUM CARGA (pies) | MEZCLA | |
|----------------|---------------|--------------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|--------------------|--------------|-------------|
| | | ANFO | APEXSA 1220 | OIL Gls | ANFO | APEXSA 1220 | APEXSA HA-37 | | APEXSA % | OIL % |
| 1 | 15 | 98,00 | 56,00 | 4,20 | 218,54 | 95,76 | 314,30 | 16 | 30,47 | 6,17 |
| 2 | 30 | 183,00 | 104,00 | 7,60 | 408,09 | 177,84 | 585,93 | 30 | 30,35 | 5,98 |
| 3 | 29 | 194,00 | 110,00 | 8,30 | 432,62 | 188,10 | 620,72 | 30 | 30,30 | 6,16 |
| 4 | 14 | 131,00 | 74,00 | 5,60 | 292,13 | 126,54 | 418,67 | 19 | 30,22 | 6,15 |
| 5 | 13 | 131,00 | 74,00 | 5,65 | 292,13 | 126,54 | 418,67 | 23 | 30,22 | 6,21 |
| 6 | 28 | 179,00 | 101,00 | 7,60 | 399,17 | 172,71 | 571,88 | 30 | 30,20 | 6,11 |
| 7 | 27 | 195,00 | 111,00 | 8,40 | 434,85 | 189,81 | 624,66 | 30 | 30,39 | 6,20 |
| 8 | 12 | 144,00 | 82,00 | 6,15 | 321,12 | 140,22 | 461,34 | 23 | 30,39 | 6,15 |
| 9 | 59 | 198,00 | 112,00 | 8,45 | 441,54 | 191,52 | 633,06 | 30 | 30,25 | 6,14 |
| 10 | 45 | 198,00 | 112,00 | 8,60 | 441,54 | 191,52 | 633,06 | 30 | 30,25 | 6,25 |
| 11 | 44 | 185,00 | 106,00 | 7,95 | 412,55 | 181,26 | 593,81 | 30 | 30,52 | 6,19 |
| 12 | 58 | 189,00 | 108,00 | 8,00 | 421,47 | 184,68 | 606,15 | 29 | 30,47 | 6,09 |
| 13 | 72 | 178,00 | 99,00 | 7,10 | 396,94 | 169,29 | 566,23 | 30 | 29,90 | 5,74 |
| 14 | 43 | 176,00 | 100,00 | 7,40 | 392,48 | 171,00 | 563,48 | 30 | 30,35 | 6,05 |
| 15 | 57 | 188,00 | 108,00 | 7,90 | 419,24 | 184,68 | 603,92 | 30 | 30,58 | 6,05 |
| 16 | 56 | 188,00 | 106,00 | 7,90 | 419,24 | 181,26 | 600,50 | 30 | 30,18 | 6,05 |
| 17 | 42 | 196,00 | 112,00 | 8,25 | 437,08 | 191,52 | 628,60 | 30 | 30,47 | 6,06 |
| 18 | 69 | 200,00 | 111,80 | 8,35 | 446,00 | 191,18 | 637,18 | 30 | 30,00 | 6,01 |
| 19 | 70 | 199,60 | 113,60 | 8,45 | 445,11 | 194,26 | 639,36 | 30 | 30,38 | 6,09 |
| 20 | 71 | 200,80 | 113,80 | 8,50 | 447,78 | 194,60 | 642,38 | 26 | 30,29 | 6,09 |
| 21 | 11 | 158,00 | 90,00 | 6,70 | 352,34 | 153,90 | 506,24 | 25 | 30,40 | 6,10 |
| 22 | 26 | 191,00 | 108,50 | 8,10 | 425,93 | 185,54 | 611,47 | 30 | 30,34 | 6,10 |
| 23 | 41 | 206,00 | 108,00 | 8,70 | 459,38 | 184,68 | 644,06 | 30 | 28,67 | 6,08 |
| TOTALES | | 4.106,40 | 2.320,70 | 173,85 | 9.157,27 | 3.968,40 | 13.125,67 | | 30,24 | 6,10 |

PRUEBA N° 3 CON APEXSA-HA 37



constituye uno de los serios problemas que se obtienen con la voladura tradicional que se realiza en la mina.

- 3) Se logró un nivel de piso uniforme, cosa contraria con la que se obtiene al utilizar Anfo Aluminizado (pisos irregulares) originando que la pala tenga serios problemas en la operación de limpieza del mineral (mayor tiempo del ciclo de limpieza).
- 4) La dispersión de los fragmentos fue menos en un 50% con relación a voladura con Anfo Aluminizado.
- 5) El apilonamiento fue normal.
- 6) En cuanto al sistema de carguío mecanizado de explosivos puesto en taladro con el camión TREAD, se logró menores tiempos de carguío por taladros, que lo obtenido con el sistema convencional (camión de la mina) y sobre todo con el carguío manual (Anfo Pesado embolsado) que se usa en la mina. Así tenemos que para cargar un promedio de 550 Kg/taladro se tuvo lo siguiente:

- (*) - Carguío del taladro con Anfo Pesado
a granel (APEXSA-HA 37) :3'.15"
- Carguío de taladros con el sistema

convencional

: 4' a 5'

(*) Tener en cuenta que el camión TREAD es nuevo y todos sus componentes se estaban asentando para un mejor funcionamiento. Se logró menores tiempos en la prueba realizada en la mina Cerro Verde (Junio-94).

- 7) Se demostró la flexibilidad de fabricar in-situ distintas mezclas explosivas, permitiendo adaptarse a los diferentes tipos de roca y diseños de bancos que la mina llegue a considerar.
- 8) Con el sistema de explosivo puesto en taladro la mina tendría un significativo ahorro en mano de obra, pudiendo llegar a reducir hasta en un 35% de su personal actual.
- 9) De aceptar la Cía Minera Shougang Hierro Perú, esta modalidad de trabajo en voladura, tendría un gasto directo cero en:
 - a) Custodia policial en el transporte del explosivo desde la mina
 - b) Seguro por transporte de explosivos
 - c) Custodia privada del polvorin en la mina
 - d) Inventario y almacenaje de los explosivos
 - e) Toda la logística que se requiere para la adquisición de explosivos

f) Gastos por investigación en pruebas, de nuevos productos explosivos y nuevos sistemas de voladura que llegarán a existir.

III.2) CIA MINERA CERRO VERDE S.A.

III.2.1) GEOLOGIA LOCAL

El yacimiento esta ubicado 24 Km. al sur de Arequipa. La altura promedio sobre el nivel del mar es de 2,700 Km., y sus coordenadas geográficas son 16° 32' Sur y 71° 37' Oeste. La mina se enlaza con Arequipa y el puerto de Mataraní, mediante carreteras asfaltadas de 24 y 100 Km. respectivamente.

Con Lima se conecta mediante carretera asfaltada de 1,000 Km.; y el servicio aéreo Arequipa-Lima es diario.

Cerro Verde es un yacimiento de cobre de tipo "pórfido" comparable en importancia económica con los mayores depósitos del mundo, comprendiendo entre ellos tanto los que están en producción como los que son actualmente objeto de exploración.

Los estudios geológicos desarrollados por la Empresa Minera del Perú, basados principalmente en la información proveniente de perforación diamantina, demostraron que el depósito conocido como Cerro Verde y el adyacente denominado Santa Rosa, forman parte de un solo cuerpo mineralizado dividido en la superficie, y a cierta profundidad, en dos porciones por un bloque de material estéril debajo del cual se une la masa mineralizada.

El cuerpo mineralizado de Cerro Verde en proyección horizontal tiene forma elíptica con 2,200 m. en el eje mayor y 800 m. en el eje menor. La mineralización reconocida se extiende hasta una profundidad que supera los 1,000 m. por debajo de la superficie.

En el depósito se han diferenciado tres zonas bien definidas de minerales de cobre.

Zona de Oxidos

Zona de Mineral Mixto, Oxidos y Sulfuros secundarios

Zona de Sulfuros primarios, subyacentes a los dos anteriores.

III.2.2) SOBRE LA OPERACION DE MINADO

En sus años de máxima producción, la empresa extrajo minerales oxidados tratados por lixiviación con ácido sulfúrico, a un ritmo de 18,000 tpd. La producción de cátodos de cobre de una pureza de 99.97% alcanzó records de 33,000 a 34,000 toneladas al año hasta 1983, después de lo cual ha ido disminuyendo gradualmente hasta el nivel de 16,873 tm. de cátodos en 1990, ya que los óxidos se agotaron desde mediados de los años 80. Durante estos últimos años la planta de electrodeposición ha sobrevivido gracias a soluciones de cobre obtenidas reprocesando los minerales acumulados y extrayéndoles las trazas de cobre.

La producción de óxidos siempre fue considerada como una primera etapa de la sub-siguiente producción de sulfuros con un proceso tradicional de flotación, para luego producir concentrados de cobre. La segunda etapa - cerro Verde II - se concibió originalmente como una operación de flotación de 20,000 tpd. En la actualidad si ha iniciado un estudio de factibilidad para esta segunda etapa de Cerro Verde, cuya inversión va ha ser hecha por los nuevos dueños de la mina, la empresa Cyprus Mines y Cía Minera Buenaventura.

Para mantener la producción de Cerro Verde, se instaló una pequeña planta de flotación con equipos excedentarios del estado y otras adquisiciones de segunda mano que eventualmente, hacia fines de 1990, llegó a producir concentrados de cobre de un 36% (25,897 t de un contenido fino de 9,301 t en 1990), que en su mayor parte fueron a Centromín y el resto a la fundición de Ilo de la SPCC.

III.2.3) SOBRE LA PRUEBA DEL CARGUIO

MECANIZADO DE EXPLOSIVOS PUESTO EN

TALADROS REALIZADO EN LA MINA

1) COMENTARIOS GENERALES

La Cía Minera Cerro Verde se constituyo en la tercera empresa minera donde se realizó las pruebas del servicio de explosivos puestos en taladros. En este capitulo trataré sobre la II-etapa de dichas pruebas, realizadas desde el 31 de Mayo al 01 de junio de 1994 con una mezcla de Anfo Pesado de 60% emulsión y 40% Anfo (APEXSA-HA 64). El objetivo primordial fue demostrar la

versatilidad del sistema y la optimización de la voladura propiamente dicha.

Durante toda la prueba se llegó a utilizar el Sistema Bombeable del camión fábrica TREAD, y el producto en prueba se aplicó en dos fases: En la primera fase se usó como Emulsión base el APEXSA 1220 (Emulsión sensibilizada) y en la segunda fase se usó el APEXSA MAT (Emulsión no sensibilizada).

Los resultados obtenidos fueron positivos, tanto en el sistema operativo como en el de la voladura. En la operación de carguío se logró una reducción de tiempo muy significativa, para el caso de taladros totalmente inundados de agua se logró un ahorro de tiempo promedio de aproximadamente 75% y en el caso de taladros parcialmente inundados de agua se llegó a un 50% como promedio. En los resultados de la voladura se notó una mejoría en la fragmentación producto de un mejor acoplamiento del explosivo a granel dentro del taladro.

Sin embargo el comportamiento de la Emulsión no sensibilizada (APEXSA MAT) en la mezcla 60/40, es limitada en taladros inundados con agua dinámica, presumiblemente por la larga

exposición a que estuvo sometido el explosivo dentro del taladro en contacto con el agua (aproximadamente 3 días).

2) **SOBRE LA PRUEBA DEL CARGUIO MECANIZADO Y LA VOLADURA**

Se realizaron tres pruebas de voladura con cada tipo de Emulsión base, Emulsión sensibilizada y Emulsión no sensibilizada, mezclado con nitrato de amonio (Cachimayo en la producción similar al APEXSA-HA 64 (60% Emulsión y 40% Anfo).

La mezcla explosiva fue utilizada de dos maneras: Como carga de fondo en taladros parcialmente inundados con agua y como carga total de columna distribuida en dos partes (carga de fondo y carga de columna) por un taco intermedio, aplicado en taladros totalmente inundados con agua dinámica.

La velocidad promedio de descarga que se obtiene con el camión TREAD fue de aproximadamente 270 Kg./min.; es decir, que el carguío completo de un taladro totalmente inundado con agua se

logro en un tiempo de 6 min 18 seg aproximadamente, distribuido de la siguiente manera:

| | | |
|---|---|----------|
| - | Longitud de taladro <u>18.5 m.</u> | |
| - | Carga de fondo (<u>6m.</u>), 450 Kg. explosivo | : 1' 40" |
| - | Tajo intermedio (<u>2.5m.</u>) más medidas de control y dos rellenos | : 1' 20" |
| - | Carga de columna (<u>2.5m.</u>), 200 Kg explosivo más poner booster después de vaciar 1m. de carga al fondo del taladro | : 1' 08" |
| - | Tajo final con 2 rellenos (<u>2.5m.</u>) | : 2' 10" |
| | | ----- |
| | Total Tiempo | : 6' 18" |

Para similares condiciones y con el método de carguío convencional aplicado en la mina, un taladro se demora en cargar aproximadamente 25' min. teniendo en cuenta que el desaguar el taladro con su camión desaguador se demoran aproximadamente 15 min. en promedio.

Para esta prueba se llevo con el camión TREAD más asentado en todos sus componentes operativos y lográndose así, por ejemplo, el

carguío de una mezcla Emulsión/Anfo (60/40) con un caudal promedio de 2 GPM. de agua de lubricación, con tendencia a bajar el caudal sin sufrir posibles roturas del sello de seguridad de la bomba de cavidad progresiva (ver Capitulo I: Opciones para un Camión Moderno a Granel; Bomba para Emulsión/Hidrogel).

Las pruebas realizadas con ambas emulsiones bases, han dado resultados positivos en cuanto a la calidad de la voladura, obteniendo pisos nivelados, buena fragmentación y adecuado apilonamiento del material volado.

III.2.4) DATOS TECNICOS SOBRE LAS PRUEBAS

1) PRIMERA ETAPA DE CARGUIO CON EMULSION SENSIBILIZADA (APEXSA 1220)

a) PRIMERA PRUEBA

| | |
|-------|-------------|
| Fecha | 04/06/1994. |
| Mina | Santa Rosa. |
| Nivel | 2603-SE. |

- 135 -

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Malla | 9 x 8 metros. |
| Altura de Banco | 15 metros. |
| Longitud de taladros | 18.5 metros. |
| Diámetro de taladro | 11". |
| Nº de taladros | 22. |
| Carga de fondo | 4,254.35 Kg.de APEXSA HA-64. |
| Carga de columna | 8,374.60 Kg. de Anfo. |
| Altura de agua | 2.5 a 3 metros. |

Observaciones: Cuando el taladro está parcialmente inundado se desagua y se bombea el APEXSA HA-64 como carga de fondo hasta llegar al nivel del agua correspondiente al taladro, se coloca taco intermedio y se carga la columna con Anfo. La voladura se realizó al tercer día de iniciado el carguío.

La producción de la mezcla Emulsión y Anfo es de 60.1% y 39.9% respectivamente.

RESULTADO: Se obtiene buena fragmentación, adecuado desplazamiento y apilonamiento.
Buen piso nivelado.

b) **SEGUNDA PRUEBA**

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| Fecha | 06-08/06/1994. |
| Mina | Cerro Verde |
| Nivel | 2588. |
| Malla | 9 x 8 metros. |
| Altura de Banco | 15 metros. |
| Longitud de taladros | 18.5 metros. |
| Diámetro de taladro | 11". |
| Nº de taladros | 33. |
| Columna explosiva | 22,166.70 Kg.de APEXSA HA- 64. |
| Altura de agua | 15 a 17 metros en promedio |

Observaciones: Sector con mucha afluencia de agua promedio de 15 a 17 metros, se carga toda la columna con APEXSA HA-64, distribuida con taco intermedio variable. Se inicio la carga de fondo y de columna con Primagel. Se realizó el disparo al tercer día de iniciado el carguío.

La proporción de la mezcla Emulsión y Anfo es de 61.05% y 38.95% respectivamente.

RESULTADO: Se obtiene buena fragmentación, pese a que un taladro sopló por insuficiencia de taco final.

Se recomendó para el taco, el uso de un material más grueso en lugar del fino detritus de la perforación en los taladros con agua, para no formar un falso taco que perjudicaría la voladura.

c) **TERCERA PRUEBA**

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Fecha | 07/06/1994. |
| Mina | Santa Rosa. |
| Nivel | 2618. |
| Malla | 9 x 8 metros. |
| Altura de Banco | 15 metros. |
| Diámetro de Taladro | 11" |
| Longitud de taladros | 18.5 metros. |
| Nº de taladros | 20. |
| Carga explosiva | 7,734.1 Kg.de APEXSA HA- 64. |
| Altura de agua | 15 a 17 metros en promedio |

Observaciones: Sector con mucha presencia de agua, se carga con taco intermedio e inicia con primagel ambas columnas de carga

explosiva. La voladura se realiza al tercer día de haberse iniciado el carguío.

La proporción de la mezcla de Emulsión y Anfo es de 60.7% y 39.3% respectivamente.

RESULTADO: Se obtiene buena fragmentación, adecuado apilonamiento y piso bien definido.

2) **SEGUNDA ETAPA CARGUIO CON EMULSION NO SENSIBILIZADA (APEXSA MAT)**

a) **PRIMERA PRUEBA**

| | |
|---------------------|-------------------------------|
| Fecha | 24/06/1994. |
| Mina | Cerro Verde. |
| Nivel | Rampa 2588. |
| Malla | 9 x 8.5 metros. |
| Longitud de taladro | Variable, 6 a 12 metros. |
| Nº de taladros | 65. |
| Carga explosiva | 12,348.37 Kg.de APEXSA HA-64. |
| Altura de agua | Variable. |

Observaciones: Se perfora en rampa, sin cara libre y se carga completa la columna explosiva sin taco intermedio. La iniciación de la voladura es hacia el centro en forma de canal. La voladura se realizó al tercer día de iniciado el carguío del área de trabajo.

La proporción de la mezcla Emulsión y Anfo es de 59.5% y 40.5% respectivamente.

Resultado: Se obtuvo buena fragmentación, adecuado.

Apilonamiento y piso nivelado.

b) **SEGUNDA PRUEBA**

| | |
|----------------------|--------------------------------|
| Fecha | 28/06/1994. |
| Mina | Cerro Verde |
| Nivel | 2588. |
| Malla | 9 x 8.5 metros. |
| Altura de Banco | 15 metros. |
| Longitud de taladros | 18.5 metros. |
| Diámetro de taladro | 11". |
| Nº de taladros | 27. |
| Columna explosiva | 17,114.11 Kg.de APEXSA HA- 64. |

Altura de agua 15 a 17 metros en promedio

Observaciones: Terreno con muchas dificultades en lo referente a la perforación y bastante presencia de agua, la voladura se realizo sin cara libre después de 4 días de iniciado el carguío, se noto la presencia de humos parduzcos.

La proporción de la mezcla Emulsión y Anfo es de 59.99% y 40.01% respectivamente.

Resultados: Se aprecia buena fragmentación y adecuado apilonamiento, y en el sector de la falla la fragmentación es más gruesa.

Se obtuvo un piso nivelado.

c) **TERCERA PRUEBA**

| | |
|----------------------|---------------|
| Fecha | 30/06/1994. |
| Mina | Cerro Verde. |
| Nivel | 2863. |
| Malla | 9 x 8 metros. |
| Longitud de taladros | 18 metros. |

- 144 -

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| Nº de taladros | 25. |
| Carga explosiva | 9,456 Kg. de APEXSA HA-64 a granel. |
| Altura de agua | 15 metros promedio. |

Observaciones: Voladura sin cara libre y bastante presencia de agua. Se carga con taco intermedio. La voladura se realizó después de tres días de iniciado el carguío, se notó presencia de humos parduzcos.

El porcentaje de la mezcla de Emulsión y Anfo es de 60.44% y 39.56% respectivamente.

Resultados: Se obtuvo buena fragmentación, y apilonamiento adecuado. El piso quedo nivelado.

III.2.5) EVALUACION TECNICA - ECONOMICA DE LA PRUEBA

- 1) Se demostró que la operación de carguío en general se realizó en tiempos más cortos que con el sistema convencional (desaguando

CONTROL DE CARGUIO MECANIZADO

Cía Minera : CERRO VERDE S.A. Camión : E - 01
 Fecha : 24 de Junio de 1994 Operador : Sr. José Ardiles
 Banco : R.- 2588 Disparo N' : 01 Firma : _____

| | | | |
|-------|------------------|--------|-----|
| | PESO NETO EN KG. | | GLS |
| | N.A. | MATRIZ | OIL |
| FINAL | | | |

| TAL. | ANFO | | MATRIZ | | TAL. | ANFO | | MATRIZ | |
|--------------|-------|--------|--------|--------|------|----------|----------|----------|----------|
| | REV. | KG. | REV. | KG. | | REV. | KG. | REV. | KG. |
| 1 | 45,30 | 115,97 | 106,70 | 190,99 | 26 | 27,10 | 69,38 | 60,30 | 107,94 |
| 2 | 27,10 | 69,38 | 69,10 | 123,69 | 27 | 26,30 | 67,33 | 58,40 | 104,54 |
| 3 | 52,00 | 133,12 | 133,10 | 238,25 | 28 | 26,90 | 68,86 | 59,70 | 106,86 |
| 4 | 37,20 | 95,23 | 89,00 | 159,31 | 29 | 26,30 | 67,33 | 55,00 | 98,45 |
| 5 | 31,40 | 80,38 | 66,50 | 119,04 | 30 | 29,20 | 74,75 | 60,80 | 108,83 |
| 6 | 36,00 | 92,16 | 78,20 | 139,98 | 31 | 24,70 | 63,23 | 52,40 | 93,80 |
| 7 | 32,80 | 83,97 | 69,70 | 124,76 | 32 | 25,40 | 65,02 | 53,10 | 95,05 |
| 8 | 34,60 | 88,58 | 73,60 | 131,74 | 33 | 24,20 | 61,95 | 50,50 | 90,40 |
| 9 | 31,70 | 81,15 | 66,80 | 119,57 | 34 | 24,80 | 63,49 | 52,00 | 93,08 |
| 10 | 38,70 | 99,07 | 83,40 | 149,29 | 35 | 25,40 | 65,02 | 53,10 | 95,05 |
| 11 | 37,40 | 95,74 | 78,40 | 140,34 | 36 | 26,20 | 67,07 | 55,10 | 98,63 |
| 12 | 35,00 | 89,60 | 70,90 | 126,91 | 37 | 17,60 | 45,06 | 37,80 | 67,66 |
| 13 | 30,80 | 78,85 | 62,50 | 111,88 | 38 | 24,80 | 63,49 | 54,00 | 96,66 |
| 14 | 28,20 | 72,19 | 57,40 | 102,75 | 39 | 16,20 | 41,47 | 35,00 | 62,65 |
| 15 | 29,70 | 76,03 | 60,00 | 107,40 | 40 | 24,70 | 63,23 | 53,80 | 96,30 |
| 16 | 43,00 | 110,08 | 87,30 | 156,27 | 41 | 25,10 | 64,26 | 55,20 | 98,81 |
| 17 | 29,60 | 75,78 | 60,10 | 107,58 | 42 | 26,70 | 68,35 | 51,90 | 92,90 |
| 18 | 31,20 | 79,87 | 59,20 | 105,97 | 43 | 37,70 | 96,51 | 79,20 | 141,77 |
| 19 | 29,30 | 75,01 | 64,60 | 115,63 | 44 | 30,10 | 77,06 | 65,70 | 117,60 |
| 20 | 28,20 | 72,19 | 62,90 | 112,59 | 45 | 29,80 | 76,29 | 64,50 | 115,46 |
| 21 | 27,30 | 69,89 | 59,70 | 106,86 | 46 | 24,00 | 61,44 | 51,80 | 92,72 |
| 22 | 28,00 | 71,68 | 62,30 | 111,52 | 47 | 17,80 | 45,57 | 38,70 | 69,27 |
| 23 | 22,50 | 57,60 | 50,10 | 89,68 | 48 | 46,00 | 117,76 | 99,60 | 178,28 |
| 24 | 23,90 | 61,18 | 52,80 | 94,51 | 49 | 48,50 | 124,16 | 106,10 | 189,92 |
| 25 | 33,90 | 86,78 | 75,20 | 134,61 | 50 | 36,10 | 92,42 | 78,40 | 140,34 |
| TOTAL | | | | | | 1.516,40 | 3.881,98 | 3.281,60 | 5.874,06 |

PROPORCION DE APEXSA-HA :

ANFO : 3.881,98 Kg. MATRIZ : 5.874,06 Kg. T. CARGA: 9.756,05 Kg.
 % ANFO : 39,79 % MATRIZ : 60,21

PROPORCION DE ANFO

N.A. : 3.881,98 Kg. OIL : 0,00 Kg. T. ANFO : 3.881,98 Kg.
 % N.A. : 100,00 % OIL : 0,00

CONTROL DE CARGUIO MECANIZADO

Cía Minera : CERRO VERDE S.A. Camión : E - 01
 Fecha : 28 de Junio de 1994 Operador : Sr. José Ardiles
 Banco : 2588 Disparo N° : 02 Firma : _____

| | | | |
|-------|------------------|--------|--------|
| | PESO NETO EN KG. | | GLS |
| | N.A. | MATRIZ | OIL |
| FINAL | | | 123,05 |

| TAL. | ANFO | | MATRIZ | | TAL. | ANFO | | MATRIZ | |
|------|--------|--------|--------|--------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | REV. | KG. | REV. | KG. | | REV. | KG. | REV. | KG. |
| 1 | 96,10 | 246,02 | 219,30 | 392,55 | 26 | 91,80 | 235,01 | 201,60 | 360,86 |
| 2 | 101,90 | 260,86 | 231,20 | 413,85 | 27 | 66,00 | 168,96 | 130,70 | 233,95 |
| 3 | 100,70 | 257,79 | 221,10 | 395,77 | | | | | |
| 4 | 95,30 | 243,97 | 195,70 | 350,30 | | | | | |
| 5 | 100,20 | 256,51 | 211,70 | 378,94 | | | | | |
| 6 | 92,70 | 237,31 | 201,90 | 361,40 | | | | | |
| 7 | 96,90 | 248,06 | 202,70 | 362,83 | | | | | |
| 8 | 113,70 | 291,07 | 229,70 | 411,16 | | | | | |
| 9 | 100,00 | 256,00 | 210,50 | 376,80 | | | | | |
| 10 | 89,10 | 228,10 | 191,60 | 342,96 | | | | | |
| 11 | 96,10 | 246,02 | 208,60 | 373,39 | | | | | |
| 12 | 104,60 | 267,78 | 228,60 | 409,19 | | | | | |
| 13 | 90,60 | 231,94 | 200,60 | 359,07 | | | | | |
| 14 | 115,20 | 294,91 | 244,80 | 438,19 | | | | | |
| 15 | 95,60 | 244,74 | 209,00 | 374,11 | | | | | |
| 16 | 104,80 | 268,29 | 218,30 | 390,76 | | | | | |
| 17 | 98,30 | 251,65 | 201,30 | 360,33 | | | | | |
| 18 | 105,70 | 270,59 | 216,70 | 387,89 | | | | | |
| 19 | 82,80 | 211,97 | 183,30 | 328,11 | | | | | |
| 20 | 89,10 | 228,10 | 222,90 | 398,99 | | | | | |
| 21 | 99,40 | 254,46 | 236,50 | 423,34 | | | | | |
| 22 | 105,10 | 269,06 | 251,80 | 450,72 | | | | | |
| 23 | 113,80 | 291,33 | 219,00 | 392,01 | | | | | |
| 24 | 104,80 | 268,29 | 212,60 | 380,55 | | | | | |
| 25 | 124,60 | 318,98 | 233,70 | 418,32 | | | | | |
| | | | | | TOTAL | 2.674,90 | 6.847,74 | 5.735,40 | 10.266,37 |

PROPORCION DE APEXSA-HA :

ANFO : 6.847,74 Kg. MATRIZ : **10.266,37** Kg. T. CARGA: 17.114,11 Kg.
 % ANFO : 40,01 % MATRIZ : 59,99

PROPORCION DE ANFO

N.A. : 6.452,75 Kg. OIL : 394,99 Kg. T. ANFO : 6.847,74 Kg.
 % N.A. : 94,23 % OIL : 5,77

totalmente el taladro con agua), por su mayor velocidad de carguío del camión fábrica TREAD, así como su fácil operatividad.

- 2) La mayor densidad específica de las Emulsiones y la lograda en el Anfo Pesado respecto al Anfo convencional, más el total acoplamiento del explosivo a granel con el taladro que lo contiene, nos permitio obtener una buena fragmentación, excelente apilonamiento y un piso nivelado, pudiéndose ampliar las mallas de distribución de taladros, lo que resultará en una reducción en los costos totales de perforación y voladura.
- 3) Se demostró la flexibilidad en la formación de las mezclas explosivas, permitiendonos adaptarnos a los diferentes tipos de voladura y roca, aún más, a condiciones específicas de cada taladro, con lo que se logró una óptima fragmentación del banco y desplazamiento de la pila del material arrancado, lo que se tradujo en menos requerimiento de voladura secundaria, mejores condiciones de pisos, mayor facilidad de limpieza y remoción de escombros, más eficiencia y menos maltrato de los equipos de limpieza y paleo, así como de los vehículos de acarreo.
- 4) La reducción de la mano de obra puede llegar hasta un treinta por ciento con el sistema propuesto de explosivos en taladros, lo que

baja los costos de operación disminuyendo además aspectos de riesgo y supervisión al haber menos personal en el área de disparo.

- 5) La Cia. Minera Cerro Verde también obtendría significativos ahorros en lo concerniente a los costos de mantenimiento de la logística necesaria para la adquisición de explosivos, custodia policial para el transporte de los mismos, vigilancia privada de los polvorines en la mina, reducción del inventario y facilidad en el abastecimiento, ya que los productos a granel se transportan directamente de fábrica a tolvas instaladas en la mina con un programa de provisión establecido, elimina de esta manera la construcción de nuevos polvorines de alto costo.

III.3) **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

FINALES

- 1) Para conseguir que esta metodología de trabajo de carguío mecanizado a granel de mezclas Emulsión/Anfo funcione eficientemente, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Efectuar una adecuada selección de los equipos de carga mecanizada disponibles en el mercado, brindarles un buen servicio de mantenimiento preventivo y general, incluyendo el servicio en el mismo campo.
 - b) Organizar un eficiente y confiable sistema de abastecimiento de los insumos necesarios.
 - c) Contar con personal entrenado y responsable en el terreno, sobre todo que el operador del camión fábrica debe estar a cargo de un trabajador de mando medio que tenga conocimientos en mecánica Diesel y sistemas hidráulicas básicos.
 - d) Lograr una buena calidad de la mezcla, para ello es indispensable trabajar con Prill de Nitrato de Amonio adecuado y la Emulsión estable químicamente.
 - e) Brindar la adecuada y permanente asistencia técnica al cliente.
- 2) Las ventajas de la mecanización son evidentes, toda vez que permiten: mayor rapidez y seguridad en el carguío, menos necesidad y costo de mano de obra, posibilidad en muchos casos de fabricar in-situ diferentes formulaciones explosivas con el objeto de adecuarse a

los diferentes grados de dureza de roca y/o presencia de agua, que se ocurren con frecuencia en muchas de las minas de nuestro país.

- 3) Esto último lleva también la posibilidad de brindar a las minas el "Servicio de Abastecimiento de Explosivos Directo en Taladro", de acuerdo a necesidades específicas, liberándose la mina de la administración del manejo de esta operación, de los mecanismos de abastecimiento y del control de stock en polvorines, que quedan a cargo del proveedor pudiéndose llegar a establecer contratos de voladura con facturación por el explosivo consumido por tonelada ó metro cúbico de roca volada u otro parámetro controlable.

- 4) Se ha demostrado en las pruebas realizadas, que la sensibilidad de la Emulsión se puede lograr satisfactoriamente con los huecos proporcionados por los poros de Anfo, permitiendo así tener productos de menos costos, al evitarse el uso de micro esferas, pero en este caso su aplicación en el taladro debe ser a corto plazo dependiendo de la velocidad de recuperación o reingreso del agua después que han sido drenados los taladros (24 - 40 hrs.); para el caso de taladros secos el tiempo puede ser mayor.

- 5) Se debe tener en cuenta que el uso de mezclas Emulsión/Anfo vaciables (10/90 - 50/50) de baja resistencia al agua o de mezclas bombables (50/50 - 90/10) de alta resistencia al agua, dependerá de la mayor o menor presencia de agua en los taladros así como de la velocidad de reingreso de agua a dichos taladros.

- 6) Es importante no emplear los vaciables en taladros inundados debido a su baja resistencia al agua y a la disgregación que se produce cuando entra en contacto con ella, lo que produce un llenado irregular en el fondo del taladro, donde por lo contrario se requiere una efectiva acción del explosivo, para mantener buenos pisos, evitando la formación de lomas u oquedades.

- 7) Teniendo en cuenta que en un futuro cercano recién se va a empezar a las minas de nuestro país el "Servicio de Abastecimiento de Explosivos Directo en Taladro" (por lo que aún no se cuenta con los costos reales para cada mina), invito a todos mis colegas que lleguen a leer este trabajo, continuar recabando información para lograr cuantificar la magnitud del ahorro que este servicio brinda.

BIBLIOGRAFIA

- 155 -

Incorporación de Emulsiones en la Minería a Cielo Abierto,
Servicios Tecnicos, EXSA - Febrero 1993.

Catálogos y Boletines Técnicos de EXSA S.A. - 1993.

Convención Regional de Cerro de Pasco - Agosto 1993.

Emulsiones: Aplicaciones Diversas en Cerro de Pasco, por:
Centromín Perú / Servicios Técnicos EXSA S.A.

Select the Right Bulk Equipment for you Job Site-
Proceedings, Mining Blasting Safety and Application
Seminar, Beckley, West Virginia, for: Watts R.T. - 1990.

Bulk Truck Calibration - Proceedings, Mining Blasting
Safety and Application Seminar, Beckley, West Virginia,
for: Watts R.T. - 1991.

Revista Rocas y Minerales - Setiembre 1989 "Experiencias
de Voladuras en Gran Calibre con Heavy Anfo", por: José
María Fuentes miranda - Rio Blast S.A.

- "El carguío Mecanizado de Explosivos a Granel en Minería a Rajo Abierto y Subterráneo". Santiago de Chile - Setiembre 1990. Ing. Eduardo Berger - ENDEX S.A.

- "La última Tecnología para el Carguío de Explosivos a Granel", por: Ing Ton Watls - Vice Presidente TREAD Cooperation.

- "Recomendaciones generales de Tronadura" - Marzo 1993. Ing. Edwin Ardiles Díaz e Ing. Juan José Suban Padilla. Planta Chuquicamata - ENAEX S.A.

- Informes Técnicos de las pruebas realizadas por EXSA S.A. sobre "El Carguío Mecanizado de Explosivos puestos en taladros, en las Minas a Cielo Abierto del Perú".
Casos: Cía Minera Shougang S.A.
 Cía Minera Yanacocha S.A.
 Cía Minera Cerro Verde S.A.

Por: Ing. Edgar Rozas y Ing. Edgar Llerena.
Servicios Técnicos EXSA S.A. - Febrero/Junio - 1994.

ANEXOS

**ANEXO 1 : DATOS FOTOGRAFICOS DE LAS PRUEBAS
DEL EQUIPO DE CARGUIO MECANIZADO DE
EXPLOSIVOS PUESTOS EN EL TALADRO.**

**PRUEBAS DEL SERVICIO DE EXPLOSIVOS EN
TALADRO, REALIZADAS EN LA MINA SHOUGANG
HIERRO PERU - SAN JUAN DE MARCONA - ICA.
FEBRERO - 94**



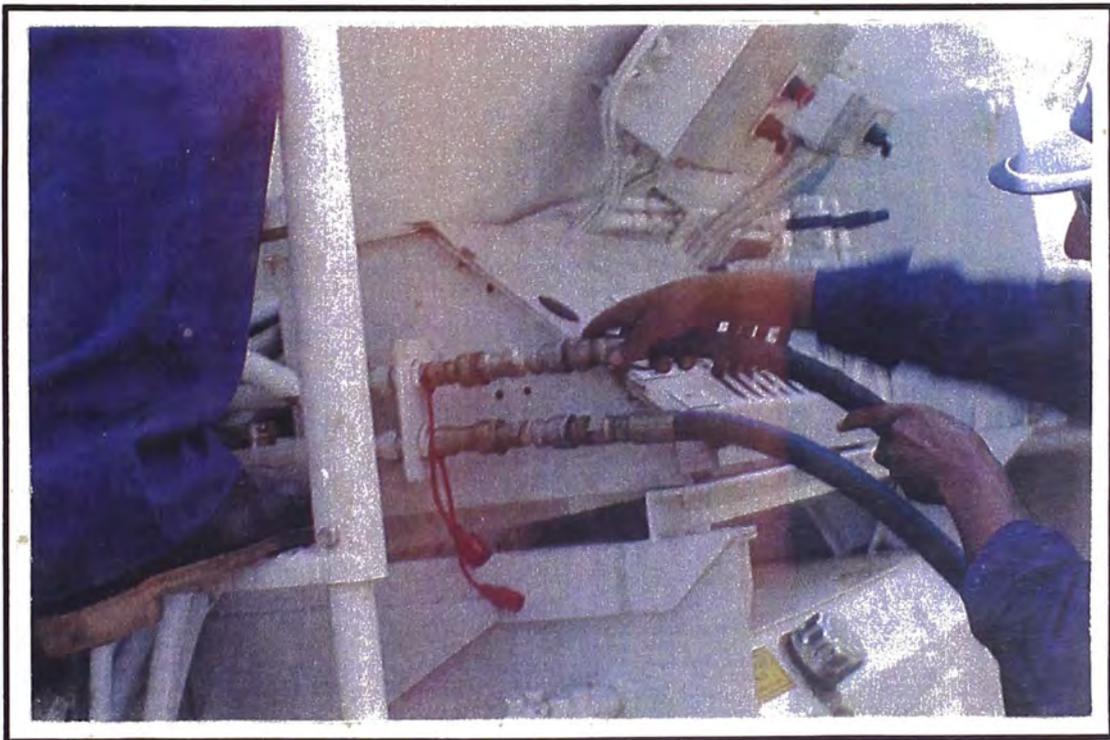
**FIG. 1 Portada de la entrada a San Juan de Marcona.
Cía Minera Shougang Hierro S. A. (Feb - 94)**



**FIG. 2 : Parqueo del camión mezclador TREAD, para el abastecimiento
del APEXSA 1220 desde el POLAR TANK.**



FIG. 3 - 4 : Secuencias de conexión de los terminales auxiliares, para poner en funcionamiento la bomba del POLAR TANK.



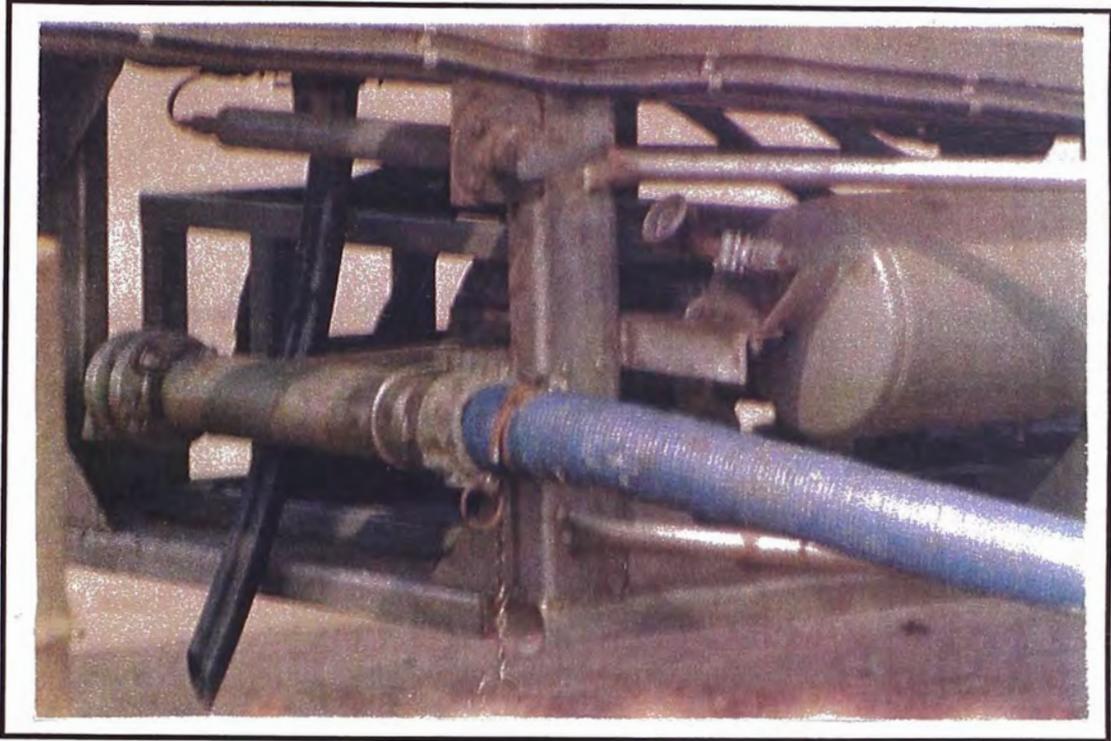


FIG. 5 : Conexión de la manguera de 3" de ϕ a la bomba de descarga del POLAR TANK.



FIG. 6 : Descarga del APEXSA 1220 a la compuerta de emulsión del camión TREAD.

FIG. 7 : Carga del nitrato de amonio a las tolvas del camión TREAD.

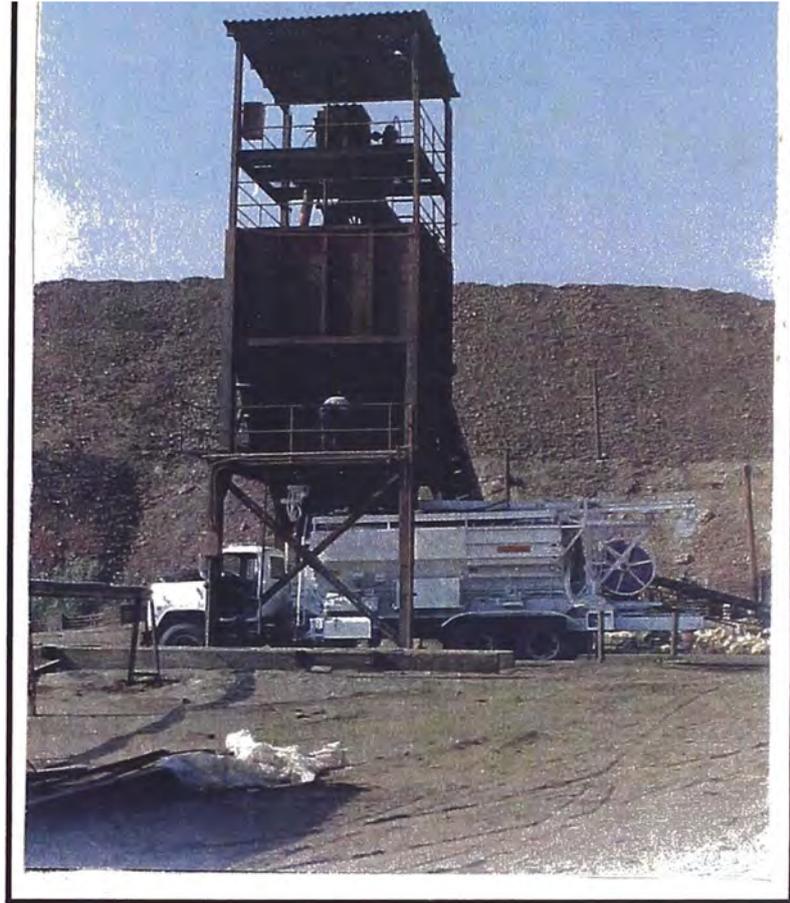


FIG. 8 Indicativos sobre la Mina 5Q, lugar de una de las pruebas realizadas.

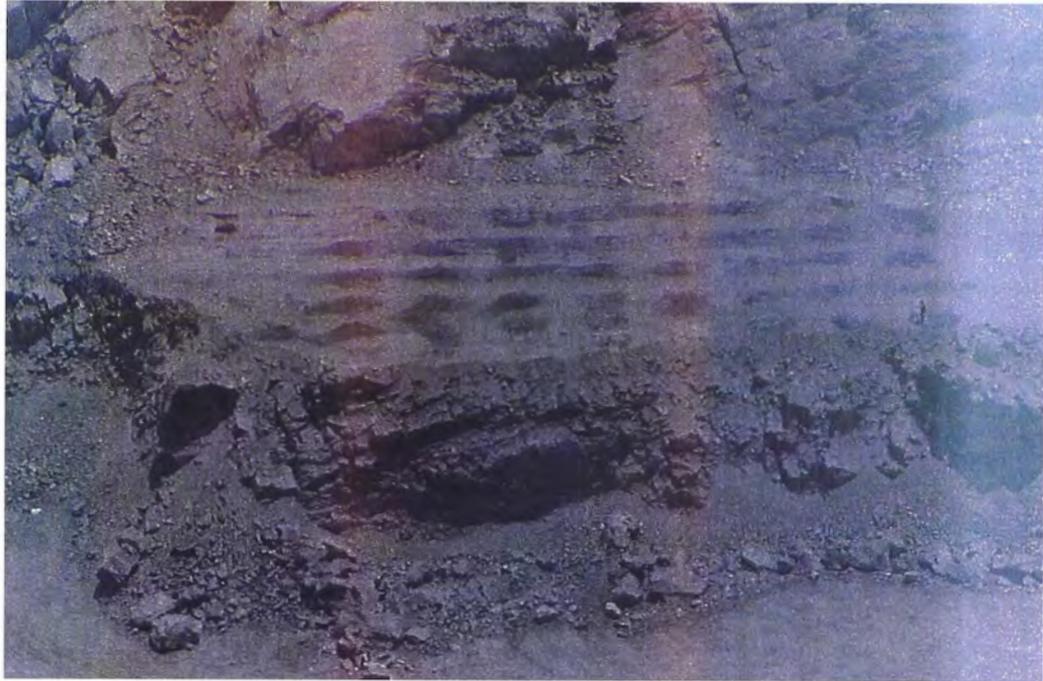


FIG. 9 : Mina 5Q - Nivel 634 - Malla 17'x17'

Tipo de roca : magnetita

Tipo de explosivo : APEXSA-HA 37

Fecha : 24/02/94

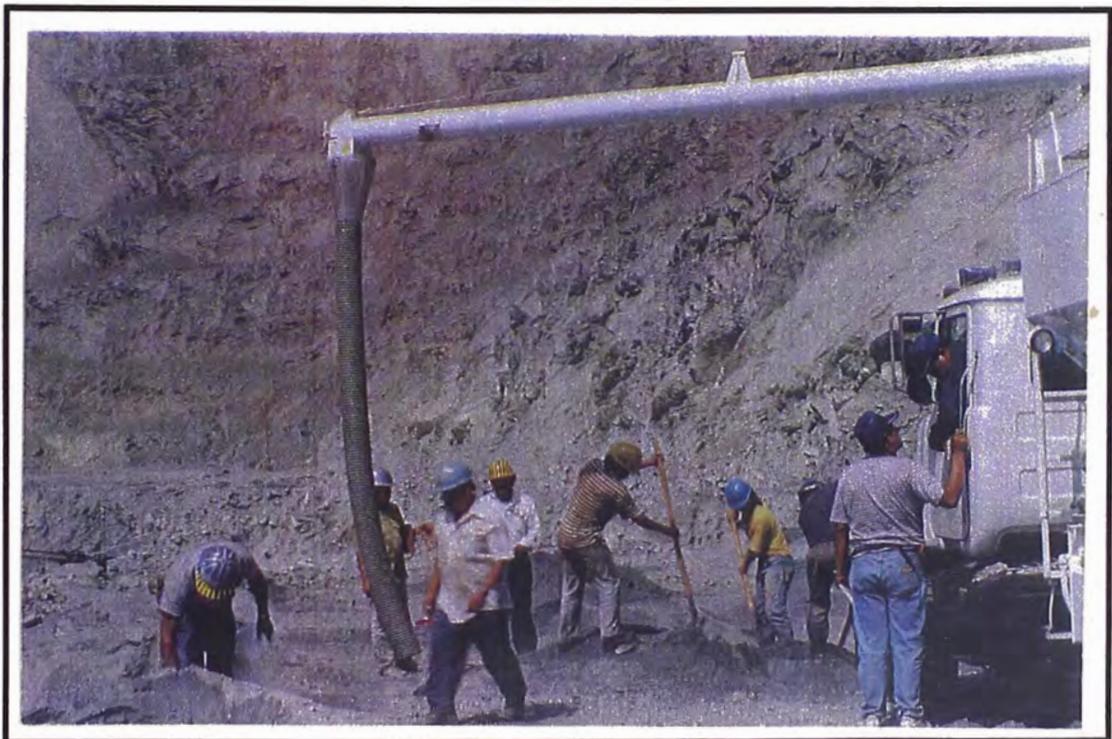
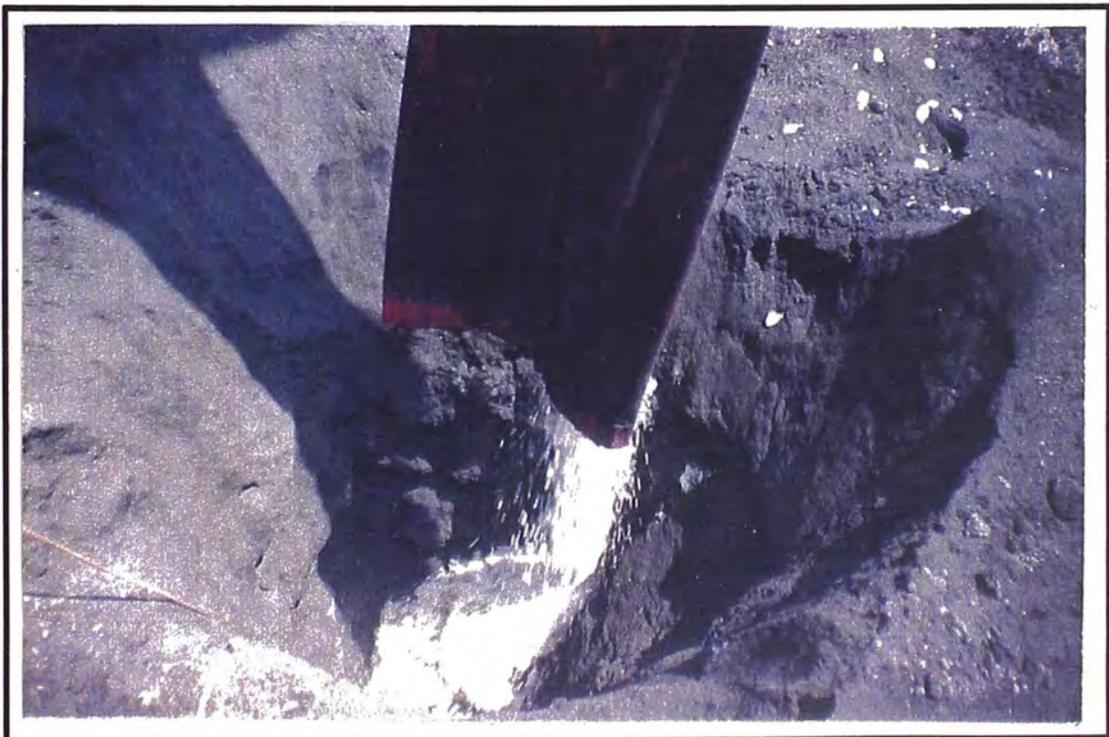


FIG. 10 : Conexión del ducto de descarga del auger horizontal a los taladros.



FIG. 11 - 12 : Secuencias del carguío del APEXSA - HA.37, con manga de cuerina, en reemplazo del ducto original de descarga.





**FIG. 13 : Mina 5Q - Nivel 634, después del disparo.
Se observa la buena fragmentación obtenida.**



FIG. 14 : Limpieza del mineral de la Mina 5Q - Nivel 634.

**PRUEBAS DEL SERVICIO DE EXPLOSIVOS EN
TALADRO, REALIZADAS EN LA UNIDAD MINERA DE LA
CIA. MINERA CERRO VERDE S.A.
JUNIO - 94**



FIG. 1 Parqueo del camión TREAD y del camión cisterna POLAR, en Cía Minera Cerro Verde S.A.
Al fondo se observa el volcán Misti.

Junio - 94.



Fig. 2 : Los dos compartimientos de nitrato de amonio y al fondo se observa el compartimiento de la emulsión.



**FIG. 3 Zona de prueba, Mina Cerro Verde
Rampa 2588.**



**FIG. 4 El camión TREAD en la zona de trabajo,
Rampa 2588.**



FIG. 5 - 6 : Secuencias del carguío mecanizado utilizando el sistema bombeable del camión TREAD.



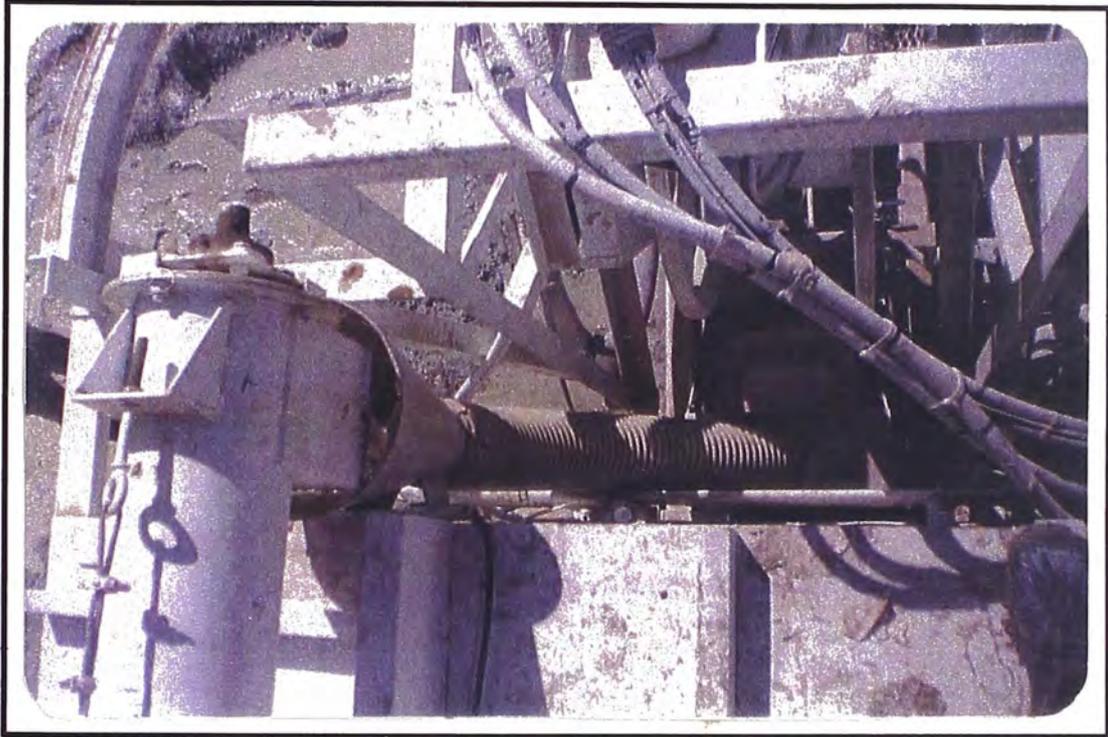
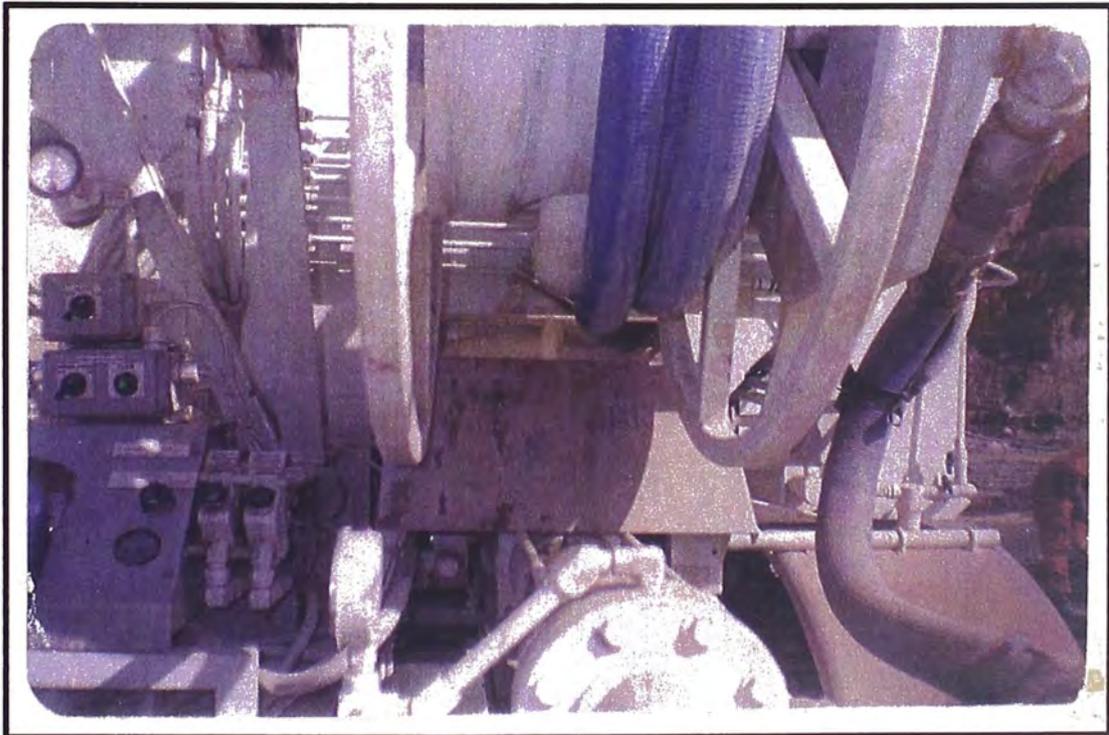


FIG. 7 - 8 : Secuencias de la fabricación de la mezcla explosiva: (APEXSA - HA .64) y posterior bombeo por la manguera de descarga del camión fabrica TREAD.



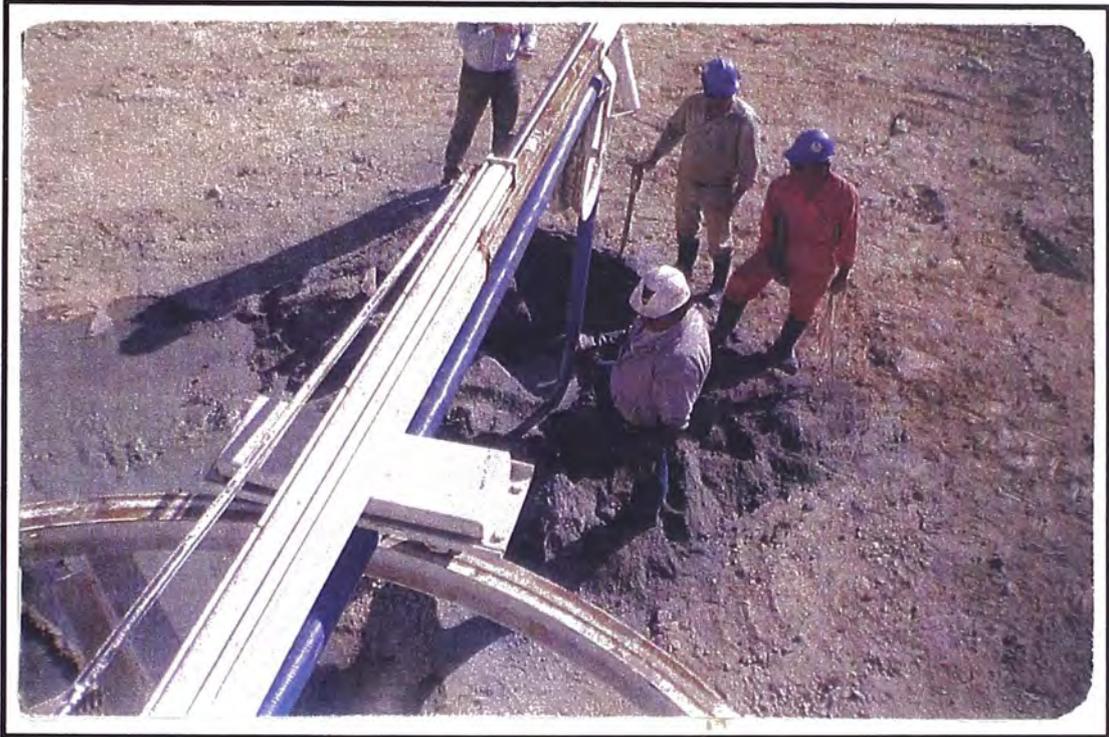
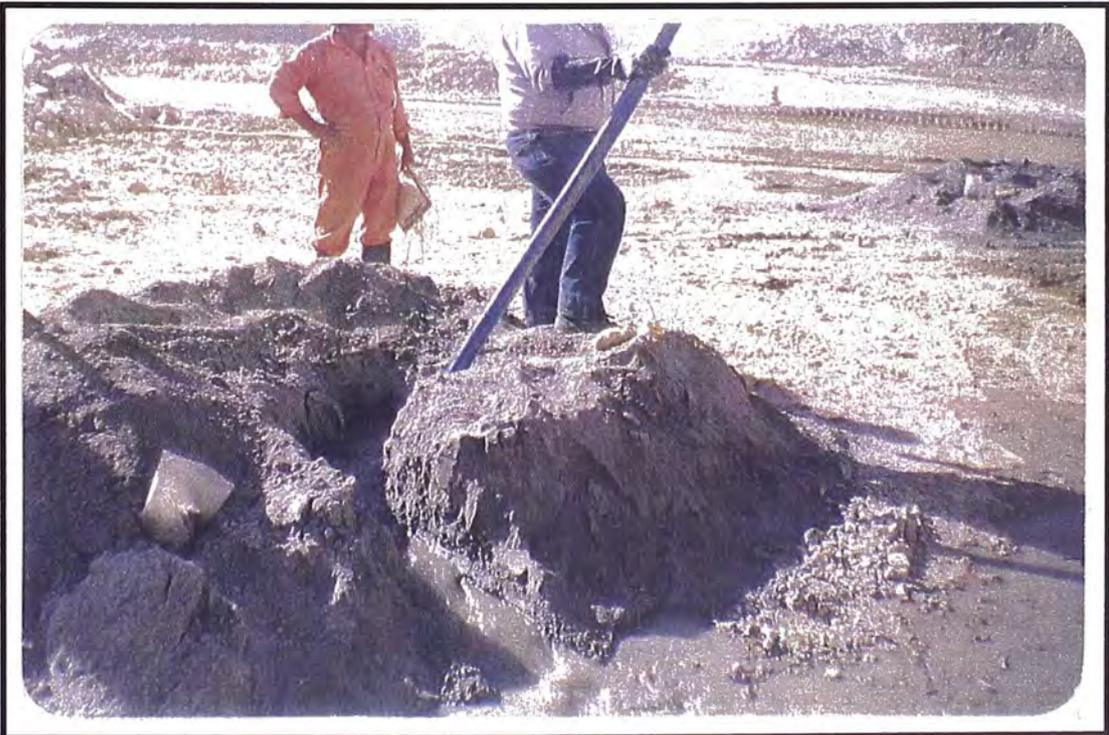


FIG. 9 - 10 : Secuencias de como el explosivo bombeable desagua fácilmente el agua que se encuentra totalmente inundada en el taladro.



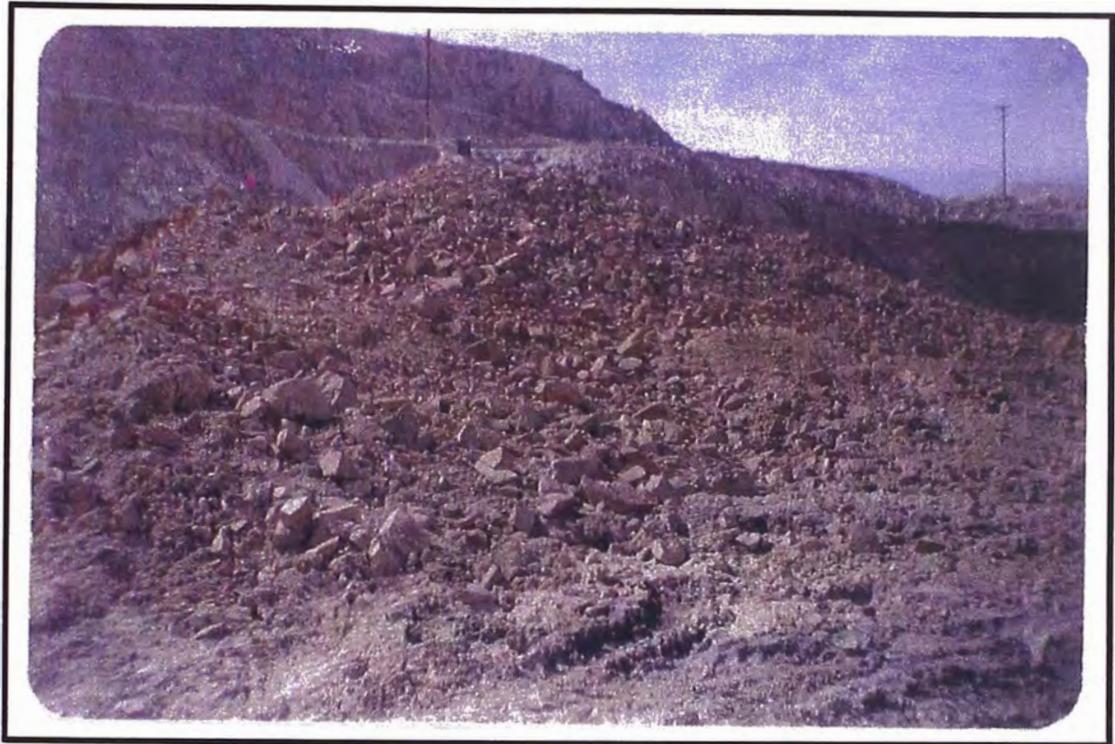


FIG. 11 Resultados de la voladura en la Rampa 2588.



Fig. 12 : Resultados de la voladura en el nivel 2588.

- Malla : 9 x 8.5 m.
- Long. taladro : 18.5 m.
- Altura de banco : 15 m.
- Diámetro perforación : 11"

**PRUEBAS DEL SERVICIO DE EXPLOSIVOS EN
TALADRO, REALIZADAS EN LA MINA
YANACocha - CAJAMARCA.
ABRIL - 94**



FIG. 1 - 2 : Secuencias del parqueo e instalación de la manguera de descarga del APEXSA MAT del camión cisterna POLAR TANK al camión mezclador-bombeador TREAD. Al fondo se observa Carachugo Norte zona de una de las pruebas. Al inicio la malla de perforación fué 5.75 x 5.75 m. y al final de la prueba se llegó a establecer la malla 6 x 6 m.



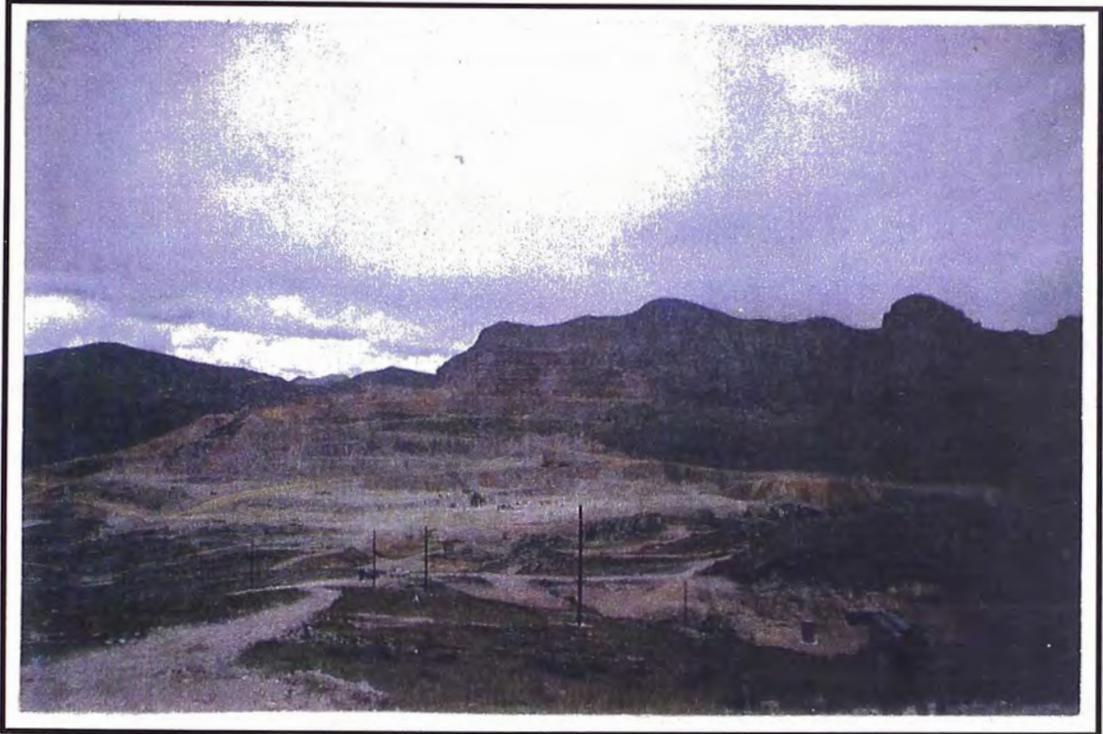
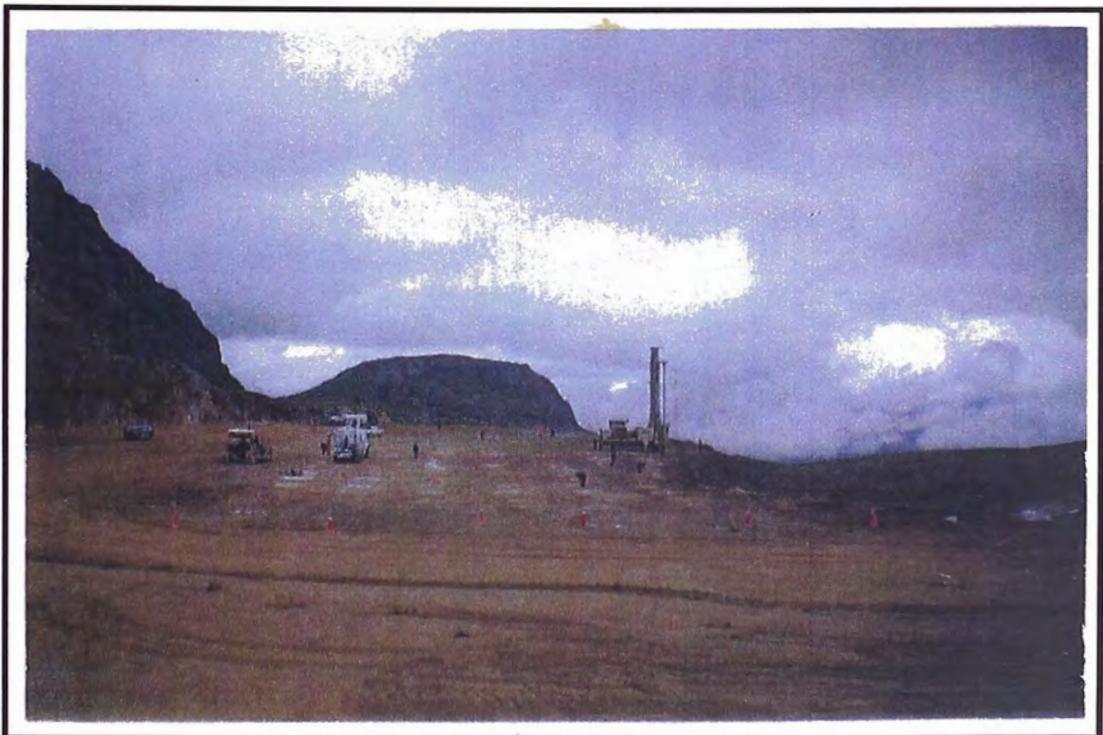


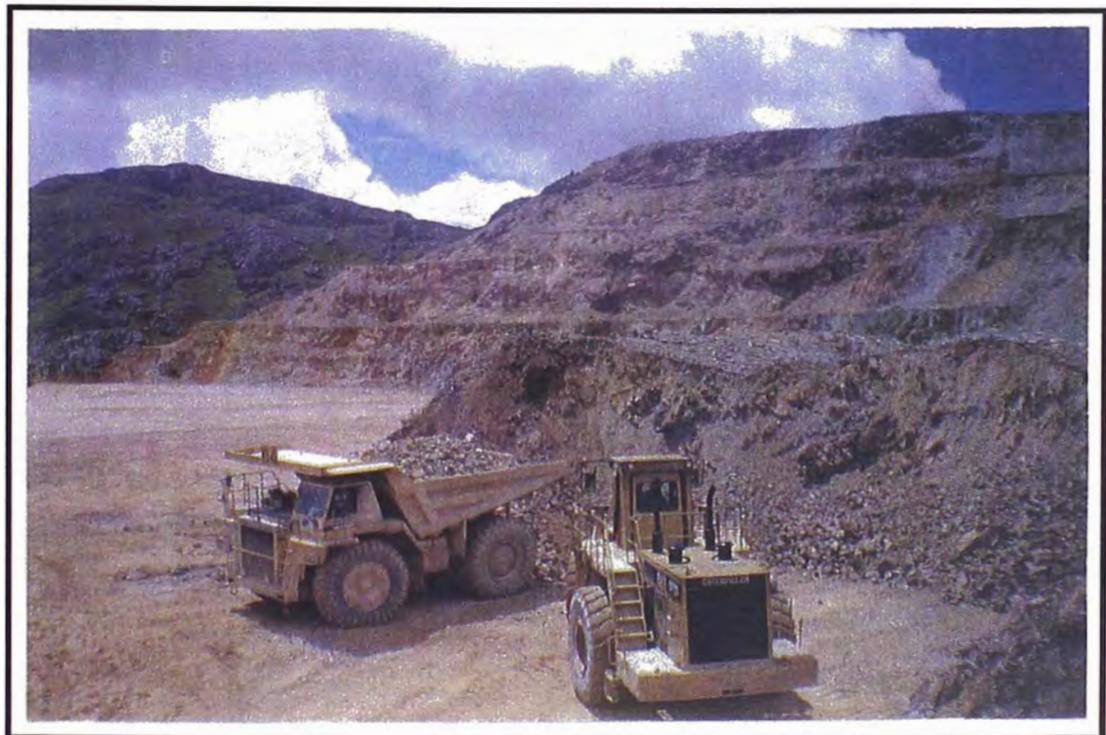
FIG. 3 : Vista panorámica de la Mina Yanacocha, zona Carachugo Este, Lugar de una de las pruebas.



**FIG. 4 : Zona de Carachugo Este.
Malla de perforación : 5.25 x 5.25 m.
Tipo de explosivo : APEXSA - HA.37
Al final se incrementó la malla de perforación en :
5.5 x 5.5 m. dando buenos resultados.**



**FIG. 5 : Carguío de taladros con el sistema bombeable,
en la zona Carachugo Norte:
Malla de perforación : 6 x 6 m.
Tipo de explosivo : APEXSA - HA.73
Longitud de taladro : 8 m. (inundado de agua).**



**FIG. 6 : Limpieza del mineral disparado en la zona de Carachugo Este.
Se observa el buen nivel del piso y la buena fragmentación.
Malla de perforación : 5.50 x 5.50 m.
Tipo de explosivo : APEXSA - HA.37**

**ANEXO 2 : GUIA DE PROBLEMAS DE EQUIPOS
DE CARGUIO.**

GUIA DE PROBLEMAS DE EQUIPOS DE CARGUIO

| PROBLEMA | POSIBLE CAUSA | QUE HACER |
|---|--|--|
| 1.- Gusano lateral no levanta. | A.- Toma fuerza desenganchado. B.- Nivel aceite hidraulico bajo. C.- Presión hidraulica inadecuada. D.- Cilindro hidraulico. | A.- Chequear la posición del toma fuerza. B.- Rellenar con aceite hidraulico. C.- Revisar valvula refief. D.- Revisar cilindro hidraulico. |
| 2.- Gusano lateral se cae. | A.- Cilindro dañado. | A.- Revisar cilindro. |
| 3.- Gusano sin movimiento lateral. | A.- Toma fuerza desenganchado. B.- Nivel aceite hidraulico bajo. C.- Presión hidraulica bajo 450 psi. D.- Chaveta del engranaje rota. E.- Cadena suelta. | A.- Chequear la posición del toma fuerza. B.- Rellenar con aceite hidraulico. C.- Revisar circuito de movimiento lateral. D.- Reemplazar chaveta. E.- Ajustar tensión de la cadena |
| 4.- Gusanos no corren. | A.- Toma fuerza desenganchado. B.- Nivel aceite hidraulico bajo. C.- Presión hidraulica inadecuada. D.- Presión hidraulica inadecuada. | A.- Chequear la posición del toma fuerza. B.- Rellenar con aceite hidraulico. C.- Revisar valvula refief. D.- Revisar bomba hidraulico. |
| 5.- Gusano central no corre. Vertical y lateral corren. | A.- Gusano central baipaseado. Valvula en posición "in". B.- Nivel de aceite hidraulico bajo. C.- Presión hidraulica bajo 600 psi. D.- Material extraño en gusano. E.- Motor del gusano central baipaseando aceite. F.- Valvula divisoria de flujo defectuosa. | A.- Colocar en posición "out". B.- Rellenar con aceite hidraulico C.- Revisar valvula relief. D.- Correr en reversa los gusanos por 10 segundos. Intentar hacia adelante. E.- Revisar motor hidraulico. F.- Revisar valvula divisoria. |
| 6.- Gusano vertical no corre cuando gusano lateral corre. | A.- Motor del gusano vertical baipaseando aceite. | A.- Revisar motor hidraulico. |
| 7.- Gusano lateral no corre cuando gusano vertical corre. | A.- Motor del gusano lateral baipaseando aceite. | A.- Revisar motor hidraulico. |
| 8.- Gusano central corre lento. | A.- Nivel de aceite hidraulico bajo. B.- Presión hidraulica bajo 1500 psi. C.- Presión hidraulica sobre 2000 psi. D.- Material acolpado. E.- Motor del gusano central baipaseando aceite. | A.- Rellenar con aceite hidraulico B.- 1)Aumente la velocidad del motor. 2)Revise valvula relief. C.- Disminuya la velocidad del motor hasta alcanzar 1950 psi o menos. D.- Corra en reversa por 5 segundos. Cierre todas las compuertas y corra los gusanos durante un minuto. Abra las compuertas. E.- Revise motor hidraulico. |

| PROBLEMA | POSIBLE CAUSA | QUE HACER |
|---|---|---|
| 9.- Todos los gusanos corren lento. | A.- Nivel de aceite hidraulico bajo. B.- Presión hidraulica bajo 1500 psi. C.- Presión hidraulica sobre 2000 psi. D.- Material acolpado. E.- Sistema frio. | A.- Rellenar con aceite hidraulico B.- 1)Aumente la velocidad del motor. 2)Revise valvula relief. C.- Disminuya la velocidad del motor hasta alcanzar 1950 psi o menos. D.- Corra en reversa por 5 segundos. Cierre todas las compuertas y corra los gusanos durante un minuto. Abra las compuertas. E.- Haga funcionar el camión con el toma fuerza enganchado. |
| 10.-Los motores de los gusanos corren. No hay fljo de material. | A.- Compuertas cerradas. B.- Chute de descarga con demasiado angulo. C.- Chavetas o pernos desgastados en ensamble de motor. | A.- Abralas. B.- Dejela que cuelgue. C.- Reparar o reemplazar |
| 11.-Sistema trabaja caliente | A.- Nivel de aceite hidraulico bajo. B.- Valvula relief reseteada muy bajo. C.- Línea de succión o retorno obstruida D.- Motores baipaseando aceite o valvulas filtrando. | A.- Rellenar con aceite hidraulico. B.- Revisar valvula. C.- Inspeccionar y reemplazar. D.- Revisar. |
| 12.- Compuertas hidraulicas no operan. | A.- Toma fuerza desenganchado. B.- Nivel aceite hidraulico bajo. C.- Setting de trabajo de valvula relief muy bajo. | A.- Chequear posición de toma fuerza. B.- Rellenar con aceite hidraulico. C.- Chequear setting. |
| 13.-Sistema no inyecta petroleo. | A.- Valvula by-pass en posición equivocada. B.- Valvula de bola cerrada. C.- Estanque petroleo vacio. D.- Orificio de ajuste desajustado. E.- Filtro tapado. F.- Inyectores tapados. | A.- Saquela fuera. B.- Abrala. C.- LLene el estanque. D.- Regular. E.- Reemplazar. F.- Limpiar o reemplazar. |

**ANEXO 3 : GUIA DE MANTENIMIENTO DIARIO DE
EQUIPOS DE CARGUIO.**

GUIA DE MANTENIMIENTO DIARIO DE
EQUIPOS DE CARGUIO

EQUIPO:
FECHA:
HOROMETRO:

| TRABAJO A REALIZAR | OBSERVACIONES |
|---|---|
| EQUIPO MECANICO | |
| VERIFICAR: | |
| <input type="checkbox"/> Nivel del líquido de Enfrimiento, llevalo al nivel correcto. | Use agua azul _____ _____ |
| <input type="checkbox"/> Nivel de aceite hidraulico. | Use aceite Shell Tellus 68 _____ |
| <input type="checkbox"/> Nivel aceite motor. | Shell Rimula X |
| <input type="checkbox"/> Presión de los neumaticos. | En frío: delantero 100 lbs. trasero 90 lbs. |
| <input type="checkbox"/> Tapa radiador. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Nivel en la Mirilla (cojinetes rueda delantera). | _____ |
| <input type="checkbox"/> Estado espejo retrovisor. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Luces. | _____ |
| VERIFICAR INSTRUMENTOS: | |
| <input type="checkbox"/> Presión de aceite. | En marcha lenta 30 - 40 lbs. _____ |
| <input type="checkbox"/> Aire aspiración motor. | Cambiar filtro cuando aguja llegue a rojo. |
| <input type="checkbox"/> Voltímetro. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Manometro. | Antes de la marcha 90 lbs. minimo. _____ |
| <input type="checkbox"/> Temperatura del liquido de enfriamiento. | Debera indicar de 73 a 93 C. _____ |
| <input type="checkbox"/> Bocina. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Freno estacionamiento. | _____ |
| DRENAR: | |
| <input type="checkbox"/> Tanque de Aire. | Drenar lentamente despues de la marcha. |
| <input type="checkbox"/> Verificar pérdida de aceite, agua, aire, combustible. | _____ |
| VERIFICAR: | |
| <input type="checkbox"/> Filtraciones. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Machones acoplamiento (spider). | Ver estado de unión plastica. |
| <input type="checkbox"/> Pernos que cruzan los gusanos. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Tirante de cubierta gusano central. | Revisar estado de soldadura. _____ |
| <input type="checkbox"/> Valvulas. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Cañerías y mangueras. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Nivel de petroleo. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Manometro de petroleo. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Valvula de Mariposa. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Saplado. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Valvula divisoria. | _____ |
| <input type="checkbox"/> Manguera de bombeo. | _____ |

Nombre Chofer _____