



Universidad Nacional de Ingeniería
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA
GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA.



**“ RELLENO HIDRAULICO EN
LA MINA SULFUROSA DE
CENTROMIN - PERU ”**

T E S I S

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

SAMUEL EUMENIDES SARAVIA SANDOVAL

PROMOCION - 1,968

LIMA * PERU * 1,982



A MIS PADRES

ETERNAMENTE

A MIS HERMANOS

QUIENES CON SUS CONSEJOS Y
AYUDA, ME HICIERON POSIBLE
CONCLUIR ESTA NOBLE
PROFESION

RELLENO HIDRAULICO EN LA MINA SULFUROSA DE LA EMPRESA MINERA DEL CENTRO DEL PERU- CENTROMIN PERU

C A P I T U L O I

Introducción	1
--------------	---

C A P I T U L O II

Antiguas formas de Relleno en la mina sulfurosa	2
. Relleno con Grava	2
. Relleno con Relave seco	3
. Relleno con Rotura de Cajas	3
Desventajas del Relleno Convencional	4

C A P I T U L O III

Implantación del Relleno Hidráulico en Sulfurosa	5
. Historia del Relleno Hidráulico	5
. Elección del método del Relleno Hidráulico en Sulfurosa	6
. Factores limitantes del uso del Relleno Hidráulico	7
a) Por la naturaleza del material del Relleno	7
b) Cuando la Inversión se presenta costosa	7
. Mayor ingreso anual al reemplazar los Tajeos de Shrinkage por corte y Relleno Hidráulico	8
Condiciones y Aplicabilidad del Relave	
. Aspecto Cualitativo	9
Resistencia al Hundimiento	9
Coeficiente de Perforación	10
Coeficiente de uniformidad	12
Inercia y Cementación	14
. Aspecto Cuantitativo del Relleno Hidráulico Sulfurosa	15
Determinación de la cantidad de material para Relleno	15

Ubicación de la Planta de Relleno Hidráulico	16
Selección de Equipos para la Planta de Relleno	17
Ciclones	17
. Orificio Principales de un Ciclón	17
. Características de un buen Ciclón	18
. Cálculo de Ciclones	19
Bombas : Cálculo	23
Tuberías	23
Sistema de Tuberías	25
Cálculo de velocidades	27
Capacidad de la Planta de Relleno Hidráulico de Sulfurosa	29

C A P I T U L O I V

Desarrollos para la explotación de tajeos en Corte y Relleno Hidráulico	30
Desarrollos Horizontales	30
Desarrollos Verticales	30
Ciclos de minado en Corte y Relleno Hidráulico	31
Perforación y Voladura	31
Jalado de mineral	31

C A P I T U L O V

Operación de Relleno Hidráulico en Sulfurosa	32
Cuadrilla de Relleno Hidráulico	32
Acondicionamiento de un tajeo para Relleno Hidráulico	32
. Enmaderado de la chimeneas	32
Yutes y su colocación	33
. Instalación de Tuberías en el Tajeo	34
Rellenado de un tajeo con Relleno Hidráulico	34
Programación de un Ciclo de Relleno Hidráulico por el Diagrama de Gannt.	35

Eficiencia del Relleno Hidráulico en Sulfurosa	36
Futuro del Relleno Hidráulico en Sulfurosa	37
Ventajas y Desventajas del Relleno Hidráulico en Sulfurosa	37

C A P I T U L O VI

Consideraciones económicas	40
Costo de Relleno Hidráulico en Sulfurosa	40
Costo de materiales y equipo	41
Costos de Instalación	42
Costos de Operación	42
Depreciación de equipos y materiales	42
Mantenimiento	43
Fuerza Eléctrica	43
Tareas o mano de obra	44
Costo por madera, clavos, yute, etc	45
Costos de las otras formas Convencionales de Relleno	47
Costo de Relleno con grava	47
Costo de inversión en materiales y equipos	47
Costo de instalación de Rieles y Trolley	48
Costo de Operación	48
Costo de Relleno con Cajas	52
Costo de inversión en materiales y equipos	52
Costo de Operación	
Costos comparativos del Relleno Hidráulico con respecto a las otras formas de Relleno	56
Con respecto al Relleno con Grava	59
Con respecto al Relleno con Rotura de Cajas	61

C A P I T U L O VII

Conclusiones y Recomendaciones	62
Recuperación y Dilución	62
Diferencias y semejanzas	62
Diferencias y semejanzas entre Relleno Hidráulico y Relleno con Grava	62
Diferencias y semejanzas entre Relleno Hidráulico y Relleno con Cajas	63

. Diferencias de eficiencias y costos entre Relleno Hidráulico, Relleno con Grava y Relleno con Cajas	64
Eficiencias	64
. Costos de Operación	64
Conclusiones y Recomendaciones	65

C A P I T U L O VIII

APENDICE I

Geología gneralizada de la zona	66
---------------------------------	----

APENDICE II

Cálculo de las características de los Productos del Relleno Hidráulico Sulfurosa	72
. Cálculos para Relave	72
. Cálculo de % de Sólidos	72
Cálculo de Cantidades de sólidos	73
Cantidad de agua en G.P.M	73
Disponibilidad de Relleno Hidráulico en Sulfurosa	73

APENDICE III

Colocación del Yute utilizando cemento	74
Costos de preparación de Relleno Hidráulico usando cemento en lugar de madera	74

APENDICE IV

Variables para cálculo de costos en Relleno con Grava	77
Costos de un "FILL PASS"	77
Costos en Mano de Obra por instalación de Rieles	77
Costos por instalación de línea de Trolley	78
. Número de Guardias en Transporte de Relleno con Grava a un Tajeo	78

APENDICE V

Variables para Cálculo de Costos de Relleno con Cajas	81
. Dimensiones de los "GLORY HOLS"	
Tonelaje de Relleno Roto en los Glory Hols	81
. Guardias empleadas en Perforación	
Voladura y Rastrillaje	81
Consumo de Explosivos	82

B I B L I O G R A F I A

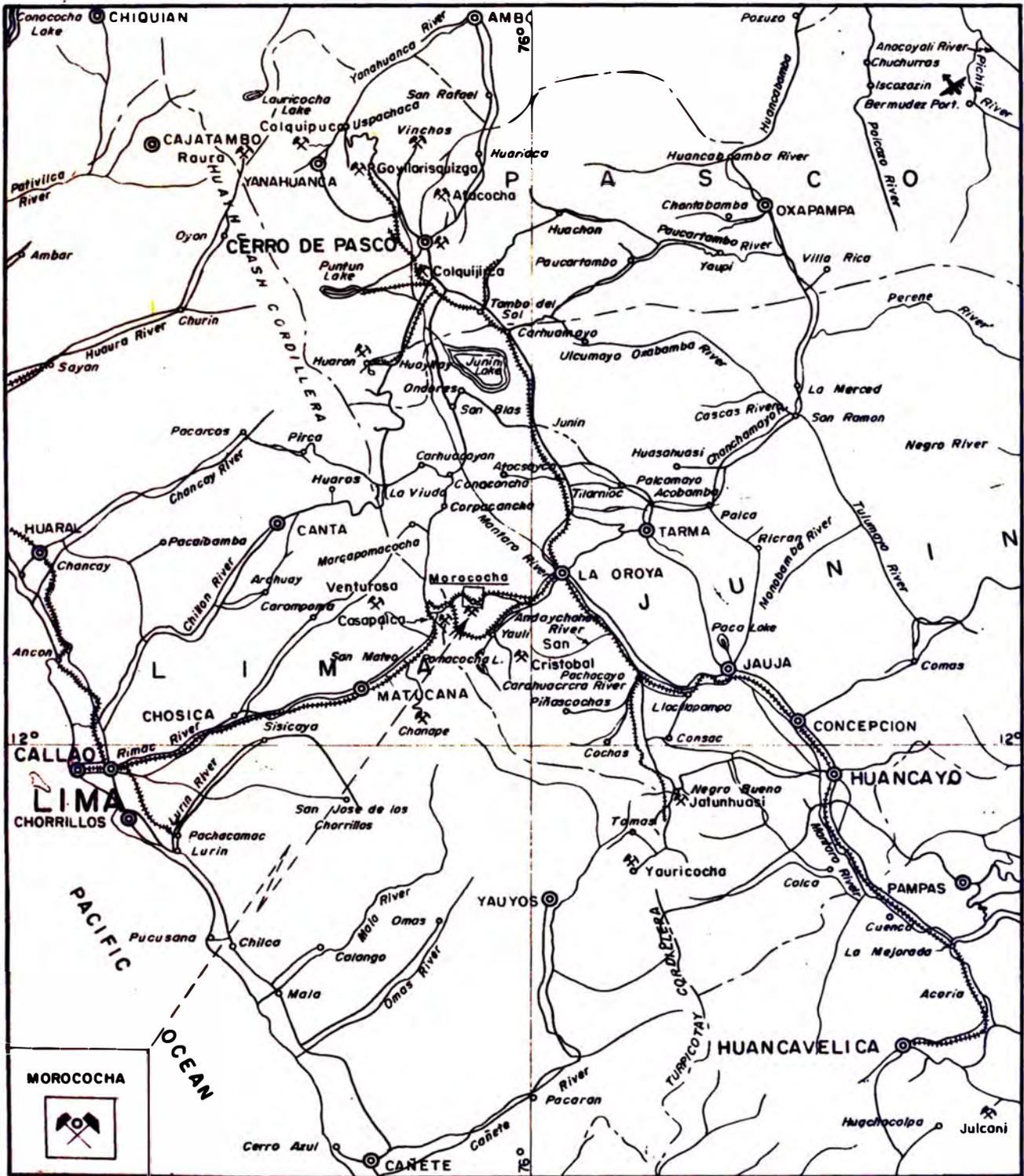
INTRODUCCION

La mano de obra y materiales en nuestro país se viene haciendo progresivamente costosa, lo cual implica la necesidad imperiosa de mejorar o cambiar los métodos convencionales existentes en lo que respecta a las Operaciones Mineras.

Estas mejoras o cambios lógicamente tienen que redundar en un incremento de Eficiencia, brindar una mayor Seguridad y Bienestar al personal, haciendo que se obtenga una mayor Productividad, es decir, un mejor Rendimiento Económico, haciendo de este modo que nuestra Minería siga siendo la primera fuente de ingresos de divisas para el país.

Con el presente trabajo justamente se trata de demostrar que, el empleo de Relleno Hidráulico como ciclo de explotación justifica la eliminación de las formas convencionales de Relleno, y además, la sustitución de los "Shrinkage" Estáticos y Dinámicos como Métodos de Explotación por el Corte y Relleno Hidráulico que nos elimina grandemente los problemas de dilución y pérdidas de mineral en los Métodos de Acumulación.

Espero que el presente trabajo sirva como incentivo para su aplicación en otras Minas, y sea un aliciente para seguir investigando mejoras en los Métodos de Minado.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA

MAPA DE UBICACION DEL DISTRITO DE MOROCOCHA

S. SARAVIA SANDOVAL ESCALA 1:1'780,000

C A P I T U L O I I

ANTIGUAS FORMAS DE RELLENO EN LA MINA SULFUROSA

En la Mina Sulfurosa, antes de emplearse el Relleno Hidráulico para rellenar los tajeos, se utilizaban tres formas de relleno:

Relleno con "Grava"

Relleno con "Relave Seco"

Relleno con "Rotura de Cajas"

Los desarrollos verticales para tajeos de corte y relleno, tanto para "Relleno con Grava", como "Relave seco", consistían en chimeneas principales dispuestas entre si a cada 300', siendo éstas de doble compartimento (shute - camino). Cada uno de estas chimeneas principales alimentaban relleno a dos tajeos (ver plano N° 2).

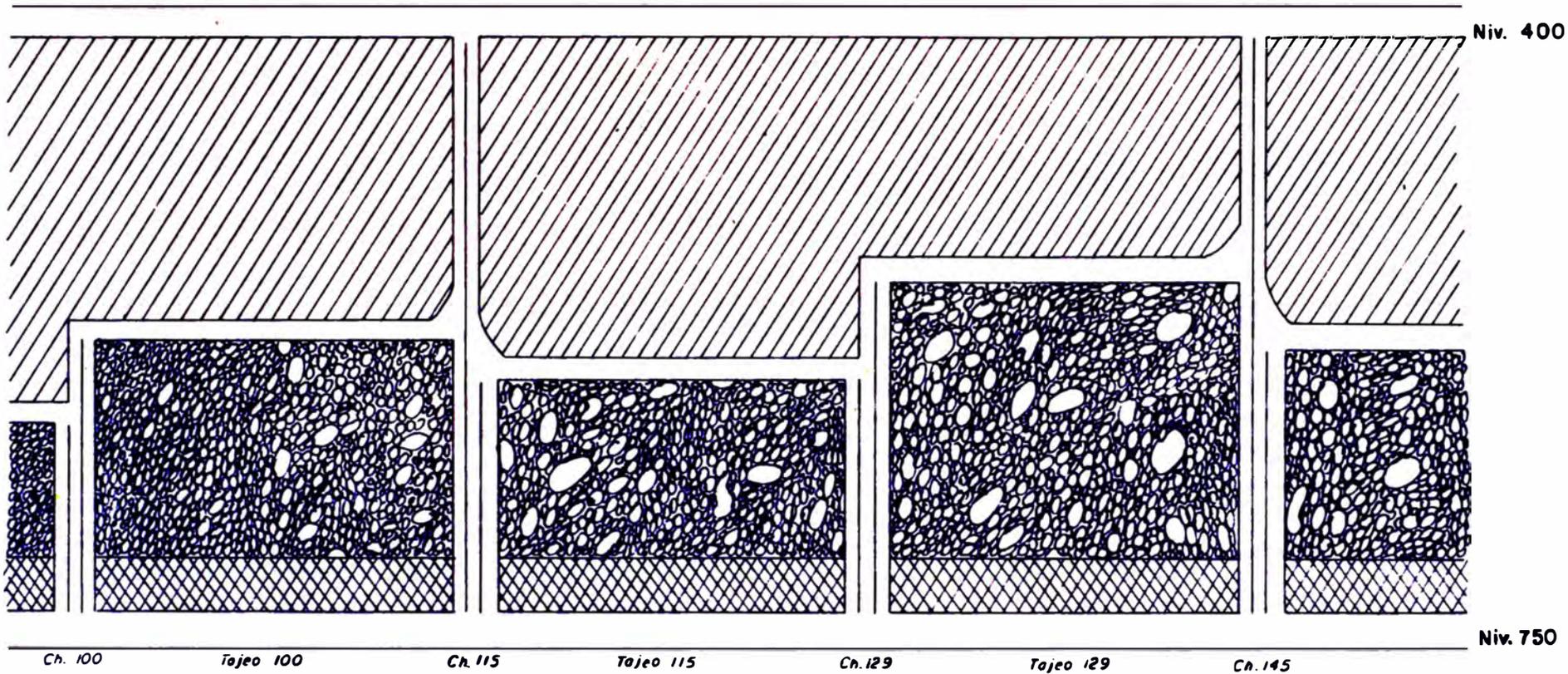
En el nivel superior, ambos tipos de relleno eran transportados desde los "fill pass", hasta las chimeneas principales de los tajeos a rellenar, mediante "convoys" de carros valancines de 40 pies cúbicos de capacidad, jalados por locomotoras eléctricas.

RELLENO CON GRAVA.-

Esta forma de relleno es el más antiguo utilizado en Sulfurosa, y era obtenido de las laderas de los cerros y llevado hasta los "fill pass", algunas veces mediante payloaders y otras jaladas con winchas eléctricas o neumáticas. También este relleno era obtenido, recuperándose de tajeos antiguos ya explotados.

La obtención del relleno con grava fue haciéndose cada vez más dificultoso por su escases en las laderas de los cerros, y además, a medida que se jalaban aparecían trozos de desmonte demasiado grandes, que necesitaban perforación y voladura, antes de depositarlos a los "fill pass".

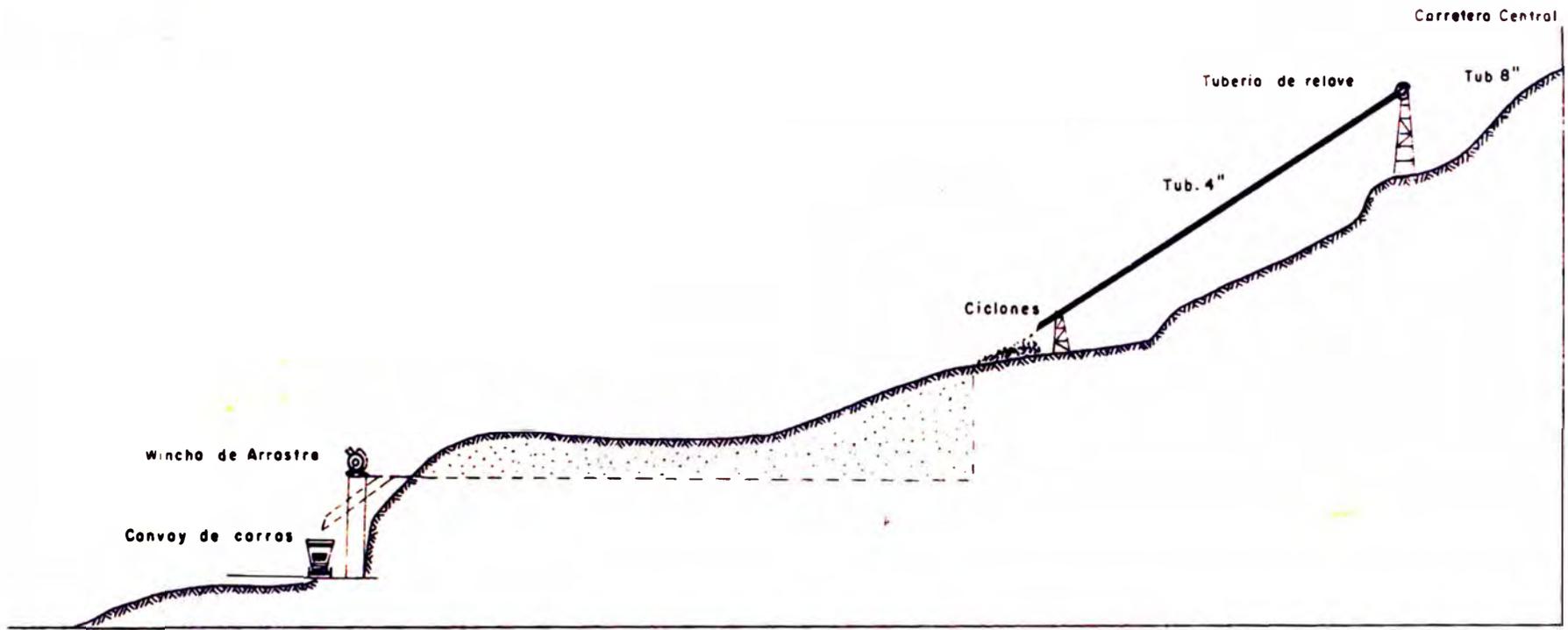
A todo esto se sumaba el hecho de que los tajeos se alejaban cada vez más de las fuentes de relleno, dificultando grandemente el transporte de relleno en subsuelo.



LEYENDA

Largo del Tajeo 150
 Alto del Tajeo 225'

- Nivel por romper
- Relleno convencional
- Pilar de Mineral



Piño No 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA

FUENTE DE RELLENO CON RELAVE SECO

S. SARAVIA SANDOVAL Sin ESCALA

RELLENO CON RELAVE SECO

Como el relleno de grava se fue haciendo cada vez más escaso y dificultoso, además la tubería de relave de la Concentradora Morococha pasa en superficie cerca del nivel principal de relleno (Nivel Vanonis), se pensó en emplear el relave seco para relleno de tajeos.

Para este efecto de la tubería principal de relave de 8", se instaló un ramal de tubería de 4 pulgadas de diámetro, que desembocaba a un ciclón, y la pulpa así clasificada iba a depositarse a una pequeña cancha, donde los sólidos se sedimentaban.

En la parte baja de esta cancha fue instalada una wincha eléctrica, que jalaba el relave ya seco hacia un "shute", del cual se cargaban los carros valancines y transportaban hasta los "fill pass". El ramal de tubería de 4" de diámetro era abierto cada vez que dicha cancha se encontraba vacía (Ver Plano N° 3)

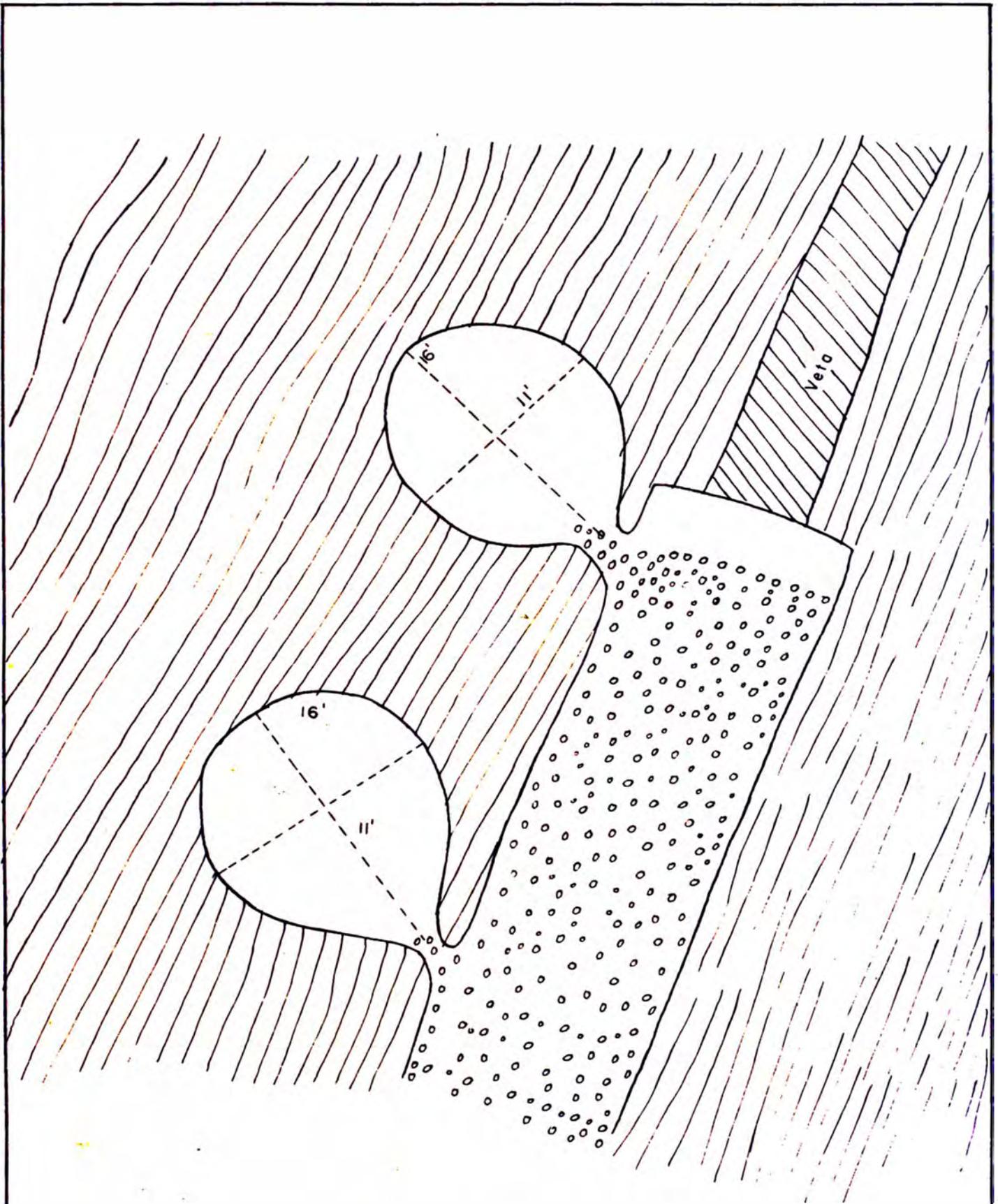
RELLENO CON ROTURA DE CAJAS

Este tipo de relleno se empleaba en tajeos bastante alejados de los "Fill pass", cuando el relleno era escaso, o el tajeo era inaccesible por el nivel superior de transporte de carros.

Este relleno se obtenía haciendo pequeñas estocadas en forma de embudos en la caja techo, o perforando o disparando en la zona pobre de veta, y dejando el material así quebrantado como relleno del tajeo (ver plano N°4)

Para cualquiera de las formas de relleno mencionados, se empleaban una wincha neumática para jalar y nivelar el relleno a todo lo largo del tajeo debiendo quedar el relleno a 7' u 8' del techo.

Indudablemente, esta operación no ofrecía una demora de 7 a 9 días para rellenar 14' de altura de un tajeo (dos cortes), aparte de que en el caso de "Relleno con Grava" y de "Relave seco" se



LEYENDA

-  Minarel por Romper
-  Relleno con rotura de Cajas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA

RELLENO CON ROTURA DE CAJAS

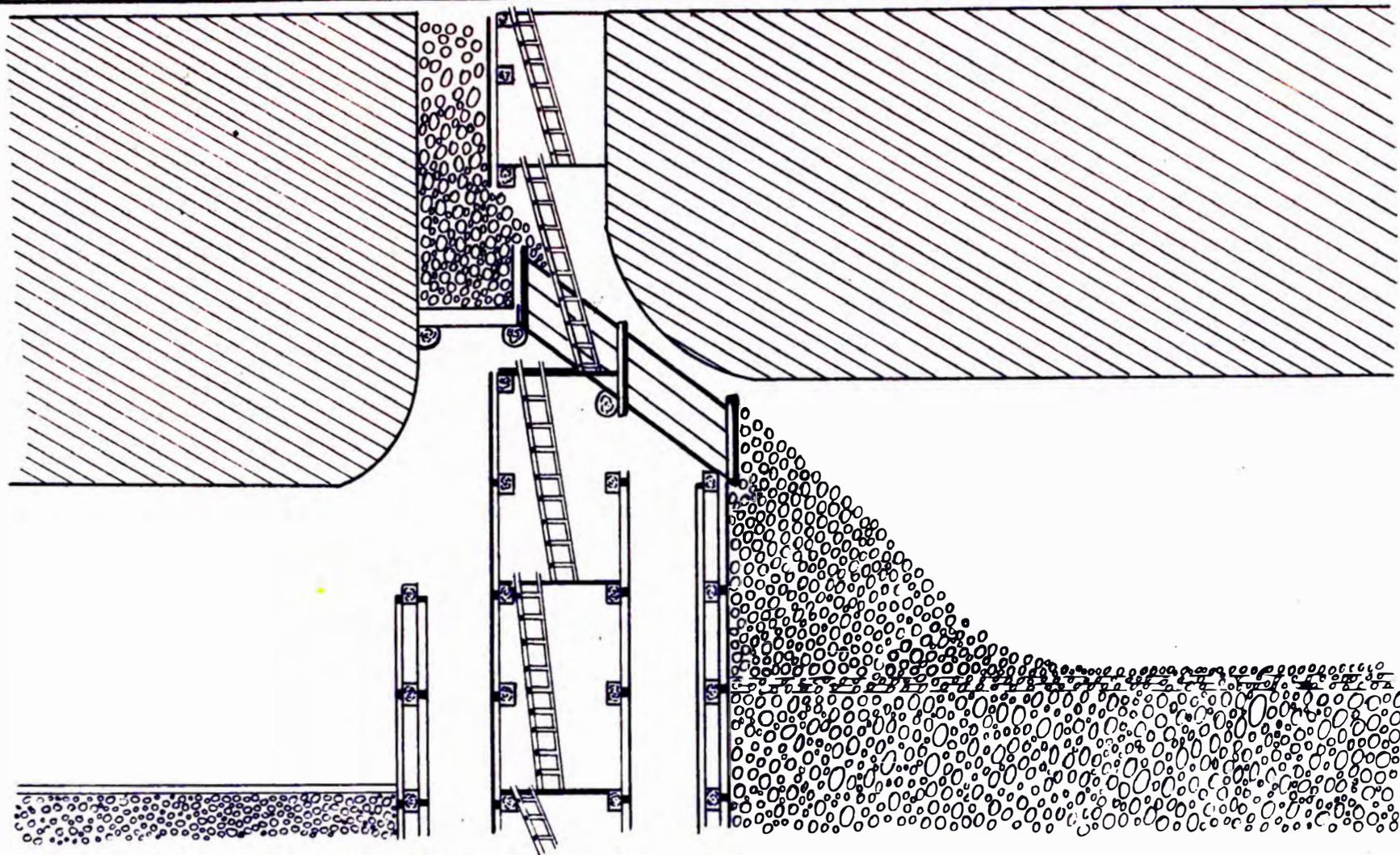
S. SARAVIA SANDOVAL SIN ESCALA

tenía que desarmar el entablado de la chimenea obstaculizando, y ensuciando el camino al colocar una "ranfla" de madera. La "ranfla" era hecha con una gradiente de 60° a 70° para que el relleno se deslice - por gravedad al interior del tajeo (ver plano N° 5).

DESVENTAJAS DEL RELLENO CONVENCIONAL

Estas formas de relleno por sus múltiples desventajas - apresuró la implantación del Relleno Hidráulico en Sulfurosa, siendo - las principales las que mencionamos a continuación:

- La escases de taludes de material estéril cercanos a Sulfurosa para obtención de relleno.
- El excesivo empleo de personal y equipo, tanto en su perficie, en niveles de relleno, como en el mismo tajeo (tractores, payloaders, locomotoras carros valancines, winchas, etc.) que exigía - un mayor mantenimiento.
- La necesidad de poseer un mayor número de chimeneas - principales, pues cada chimenea solo alimentaba relleno a dos tajeos.
- El continuo mantenimiento de los "fill pass" y chime neas principales de relleno.
- Como el ciclo de rellenado para 2 cortes demoraba de - 7 a 9 días, la eficiencia del método de explotación era relativamente - baja (3.85 Ton/H - g).
- En el caso de relleno por "rotura de cajas", se produ ce mucha inseguridad por los continuos disparos efectuados en el tajeo- vacío, a esto se sumaba la excesiva dilución, del mineral económico, gastos de perforación y voladura, etc.
- Otro de los problemas de gran embergadura era la esca ses de aire comprimido en Sulfurosa, y que era mermado por las winchas- neumáticas durante el nivelado del relleno en el tajeo.



LEYENDA

-  Mineral por romper
-  Relleno Convencional

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA

RANFLA DE MADERA

S. SARAVIA SANOOVAL Sin ESCALA

C A P I T U L O I I I

IMPLANTACION DEL RELLENO HIDRAULICO EN SULFUROSA

Los métodos de relleno que se empleaban en Sufurosa ya mencionados, presentaban muchas dificultades, lo que nos obligó a trabajar algunas vetas mediante el método de Shrinkage (estático y dinámico), aún siendo las cajas inapropiadas, ocasionando problemas principalmente por dilución y la pérdida de grandes cantidades de mineral quebrantado que quedaban atrapados durante el vaciado final de los Shrinkage dinámicos. En el caso de los Shrinkage Estáticos, en el jalado final de mineral, se empleaba excesiva madera y, el tajeo brindaba poca seguridad.

Todo esto, nos hizo pensar en la posibilidad del empleo del Relleno Hidráulico, influenciados por los buenos resultados obtenidos en Cerro de Pasco y Mina Huarón, y dada la situación geográfica de la Mina Sulfurosa con respecto al paso de la tubería de relave de la Concentradora Morococha, que nos favoreció para hacerlo una realidad, ya que de lo contrario, la instalación de tuberías especiales para tal fin, desde la Planta Concentradora hasta Sulfurosa (6,500') hubiera demandado una mayor inversión.

HISTORIA DEL RELLENO HIDRAULICO

Brevemente se resume la historia del Relleno Hidráulico como sigue:

1864: La Readding Cool and Iron Co. relleno labores antiguas de una mina con material estéril, transportados por tuberías con agua, en Pensilvania, EE.UU. con el objeto de evitar el hundimiento de una iglesia.

1884: En una mina de Pensilvania se usa por vez primera el Relleno Hidráulico para combatir incendios

1901: Se aplica en la mina de carbón, Misonita, Silesia, Alemania.

1909: En Africa la aplicaron por primera vez en la mina Village Gold de Transvaal.

1917: La Anaconda Company en Butte. Montana EE.UU. lo introduce en sus minas para controlar incendios.

Por los años de 1920, la mina Matahambre, en Cuba aplica el Relleno Hidráulico en escala industrial, y como parte integrante de sus métodos de explotación. Por los mismos años, igual procede la Homestake Mining Company.

A partir de ésta fecha se intensifica el uso de Relleno-Hidráulico en los diferentes métodos de explotación minera, en diferentes partes del mundo.

1937: En la mina Lourdes de Cerro de Pasco, se utiliza por primera vez el Relleno Hidráulico con la finalidad de combatir incendios

1968: La mina de Cerro de Pasco inició el uso del Relleno Hidráulico como parte integrante de los métodos de explotación.

1971: Después de estudios previos, la mina Morococha empieza a usar Relleno Hidráulico como parte de los ciclos de minados subterráneos.

ELECCION DEL METODO DE RELLENO EN SULFUROSA

La utilización del Relleno Hidráulico en Sulfurosa fue una necesidad imperiosa por las dificultades de fuentes para relleno tradicional, excesivo mantenimiento de los "fill pass" y escasés de equipo (winchas y locomotoras etc.) aparte de las dificultades que ofrecen los shrinkage estáticos y dinámicos (principalmente dilución y condiciones inseguras para el trabajador)

La gran ventaja que se nos presentaba en ese momento era la situación geográfica de la tubería de relave con respecto a la zona en explotación, y también la experiencia positiva de las minas Cerro de Pasco, Huarón, etc. en la utilización de Relleno Hidráulico como ci -

clo de minado en sus métodos de explotación

FACTORES LIMITANTES DEL USO DE RELLENO HIDRAULICO

El empleo del Relleno Hidráulico puede ser restringido cuando excede ciertas condiciones que debe requerir, las que agrupamos:

- a) Por la Naturaleza del material de Relleno.
- b) Cuando la inversión se presenta costosa.

a) POR LA NATURALEZA DEL MATERIAL DE RELLENO

El material debe ser químicamente inerte, y cuando las tierras poseen compuestos de azufre (pirita y pirrotita), éste azufre debe ser controlado para evitar así el recalentamiento del relleno, como consecuencia de la oxidación de los sulfurosos y el desprendimiento de anhídrido sulfuroso.

El material no debe ser corrosivo, ni abrasivo, o en su trayecto volverse corrosivo.

El tamaño de las partículas debe ser tal, que pueda ser manipulada con bombas disponibles en el mercado, y que no cause transtornos en las tuberías y equipos de preparación.

N O T A: Al analizar el agua por sólidos disueltos, cloruros, sulfatos, Ph, alcalinidades de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, se determinan que el material no contiene soluble que puede inducir un problema de corrosión.

La abrasividad queda determinada por el % de sílice (SiO_2).

b) CUANDO LA INVERSION SE PRESENTA COSTOSA

Esto cuando la elaboración de la pulpa de Relleno Hidráulico o su transporte requiere de un gran desembolso, que en función de las reservas de mineral a explotarse utilizando Relleno Hidráulico, lo hace anti-económico.

MAYOR INGRESO ANUAL AL REEMPLAZAR LOS TAJEOS DE SHRINKAGE POR CORTE Y RELLENO HIDRAULICO

El Costo promedio de producción en la zona de Sulfurosa asciende a S/. 6'000,000, siendo la relación de producción de Shrinkage/ Corte y Relleno Hidráulico = 9/1 .

Si toda la explotación lo efectuáramos por Corte y Relleno Hidráulico, se llegaría al ahorro mensual siguiente:

1.

COSTO DE PRODUCCION	PRODUCCION MENSUAL	COSTO /Ton.
Acumulación dinámica S/. 5'400,000.	18,000 T.C.S.	S/. 300
Corte y Relleno Hidráulico S/. 600,000	2,000 T.C.S.	300

2.

El valor del mineral en acumulación dinámica es $19.37\frac{\$}{\text{Ton}}$

El valor del mineral en corte y relleno hidráulico es: $23.09\frac{\$}{\text{Ton}}$

Diferencia $3.72\frac{\$}{\text{Ton}}$

3.

La dilución promedio en los tajeros de shrinkage supera en 15% la dilución promedio ocurrida en los tajeros de Corte Relleno Hidráulico, por lo tanto: de los 18,000 T.C.S. de producción shrinkage se tiene:

15,300 (Produ. de SHRKG. Menos el 15%) x \$ 3.72 = \$ 56,916
 2,700 (material de cajas) x \$19.37 = \$ 52,299
 Ahorro Mensual = \$ 4,617

El ahorro anual será de : \$ 4,617 x 12 meses = \$ 55,404

NOTA: Cut. off de Morococha = \$ 21.00 (año 1976).

CONDICIONES Y APLICABILIDAD DEL RELAVE

ASPECTO CUALITATIVO

De acuerdo a experiencias y cálculos realizados en otras minas, podemos aproximar algunos estándares para el relave empleado en Relleno Hidráulico, ya que es función de factores propios de cada mina, y método de explotación, difíciles de determinar.

Para el caso de la Mina Sulfurosa, según los estudios preliminares, el relave, sin ningún tratamiento previo era casi inapropiado, el cual mejoró después de clasificarlos, eliminándose el 30% de sólidos que son materiales finos y negativos para el Relleno Hidráulico y por consiguiente, elevándose el porcentaje de sólidos en la pulpa, de 15% a 69.44% y su densidad de 1.1 a 1.8 que diluido con agua que refrigera la bomba, da una densidad final de 1.6

Las propiedades del relave empleado para Relleno Hidráulico en Sulfurosa que más se tomó en consideración damos a continuación:

- RESISTENCIA AL HUNDIMIENTO

La resistencia al hundimiento de un suelo, es la máxima presión promedio de contacto entre el suelo y una carga, antes de que se produzca una falla al corte en el suelo, y la carga se hunda (o sea es función de la resistencia del suelo).

El Relleno Hidráulico llega al tajeo en forma de pulpa (Cero de resistencia estática al esfuerzo de corte) y después por la percolación (o sea el agua se filtra), las partículas van entrando en contacto y va aumentando la resistencia al corte en la masa de relleno.

Esto es de importancia para un eficiente ciclo de minado, pues en el menor tiempo posible después del relleno, debe soportar presiones de máquinas perforadoras, soportar la fuerza de lanzamiento del minera disparado, sin que llegue a penetrarse en el re-

lleno, soportar rastrillos de jale de mineral, y además soportar las mismas presiones de las cajas.

Las presiones de las cajas son mejor soportadas cuando el Relleno Hidráulico posee una máxima densidad relativa.

Según experiencias de otras minas, es recomendable que el Relleno Hidráulico tenga en menos de 8 horas una resistencia a la compresión de 25 Lbs/Pulg². En Sulfurosa de acuerdo a la experiencia, después de 8 horas, el Relleno Hidráulico soporta al personal (0.5 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$), las máquinas perforadoras en trabajo (1.6 kg/cm²), impactos de disparos, rastrillos de 36", etc. La resistencia al hundimiento se puede acelerar mediante el uso de pequeñas mezclas de cemento, con acelerantes como el cloruro de calcio, etc.

COEFICIENTE DE PERCOLACION

Nos da la velocidad con que el agua filtra a través del relleno en cm/ Minut.

Es una medida indirecta para averiguar la rapidéz con que el Relleno Hidráulico pasa del estado de pulpa, al de un cuerpo granular firme, además también sirve para comparar un relleno con otro de mayor o menor antigüedad.

El Coeficiente de percolación (C.P.) se calcula indirectamente a partir del gasto y del área:

$$V = \frac{Q}{A}$$

A

En donde:

V	=	Velocidad (C.P),	cm/ Minuto
Q	=	Gasto	cm ³ / Minuto
A	=	Area	cm ²

En la figura N°1. se mide el volumen (Q) obtenido en un tiempo (T). Generalmente se toman tiempos de 5 - 10 - 15 minutos y luego se calcula el (Q) para cada uno de ellos, promediándose luego los

valores. Con el (Q) así obtenido y conociendo el (A) de 10.75 Cm² - se obtiene el valor del (C.P)

A continuación tabulamos los valores obtenidos experimentalmente:

VALORES EN 5 Min.	VALORES En 10 Min.	VALORES EN 15 Min.
Vol. 1=36.80 Cm ³	Vol. 1=74.80	Vol. 1=111.70
Vol. 2=36.95 Cm ³	Vol. 2=74.65	Vol. 2=111.40
Vol. 3=37.00 Cm ³	Vol. 3=74.85	Vol. 3=111.80
Vol. Prom = 36.91 Cm ³	Vol. Prom. 74.77	Vol. Prom. 111.63
Q = $\frac{36.91 \text{ Cm}^3}{5 \text{ Min.}}$	Q = $\frac{74.45 \text{ Cm}^3}{10 \text{ Min.}}$	Q = $\frac{111.63 \text{ Cm}^3}{15 \text{ Min.}}$
Q = 7.38 Cm ³ /Min.	Q = 7.48 Cm ³ /Min.	Q = 7.44 Cm ³ /Min.

$$Q. \text{ Prom.} = \frac{7.38 \text{ Cm}^3/\text{Min.} + 7.48 + 7.44}{3} = 7.43 \text{ Cm}^3/\text{Min.}$$

Conociendo : Q. Prom.=7.43 Cm³/Min.

$$\text{Area} = 10.75 \text{ Cm}^2$$

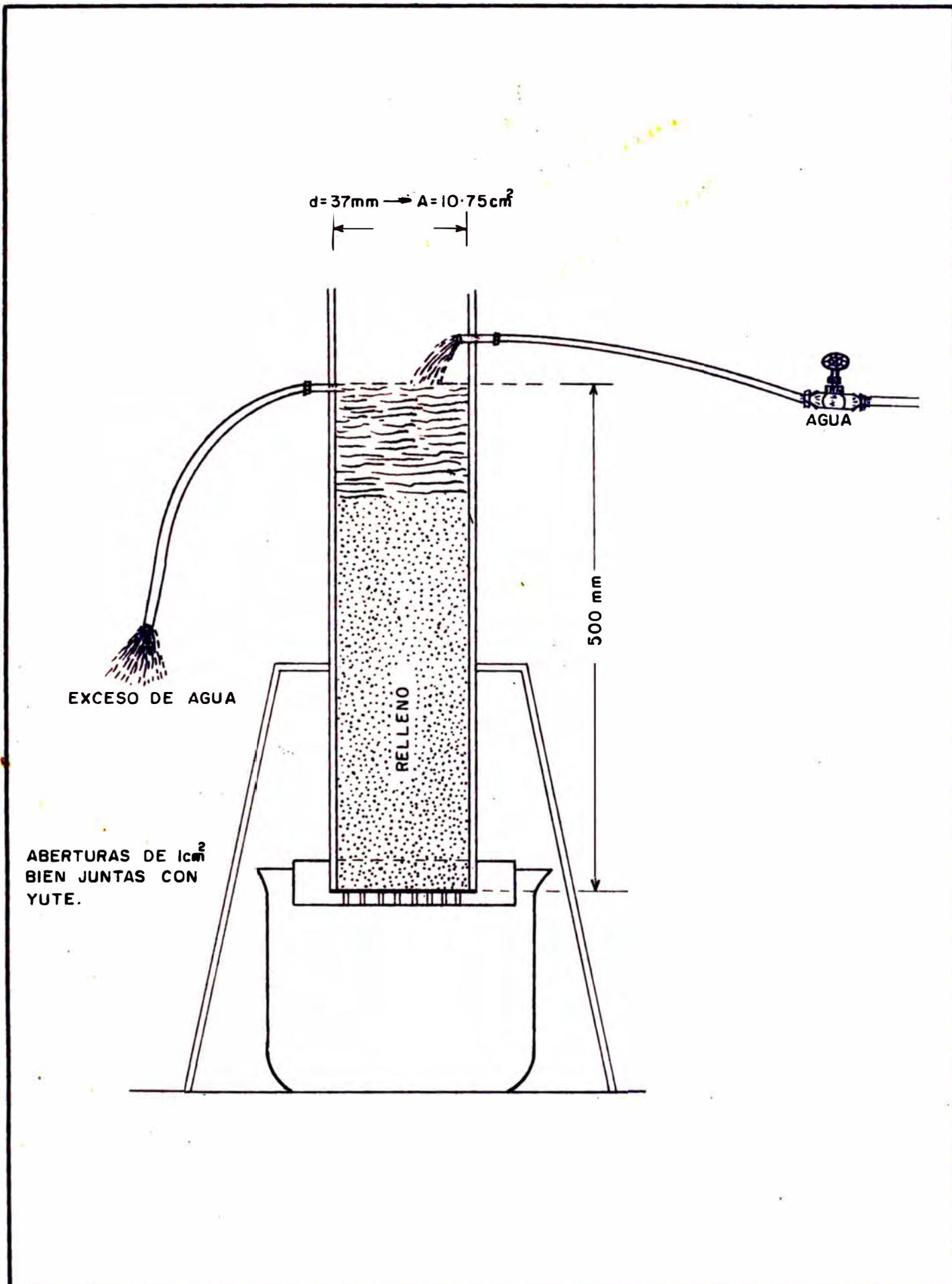
Se tiene:

$$\text{Velocidad.} = C.P = \frac{7.43 \text{ Cm}^3/\text{Min.}}{10.75 \text{ Cm}^2} = 0.69 \text{ Cm}/\text{Min}$$

En Pulgada / hora será:

$$C.P = \frac{0.69 \times 60}{2.54} = 16.2/\text{Hora}$$

La velocidad de percolación recomendable debe oscilar - entre 4" y 16"/hora y según los valores hallados experimentalmente, es



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA

MEDIDA DE PERCOLACION

S. SARAVIA SANDOVAL SIN ESCALA

Figura N° 1

estamos dentro de este rango.

- COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD

Es una medida de la gradación de las partículas de un relleno, y se define como la razón del diámetro de la partícula más grande que hay en el 60% de fracción acumulativa (-) del material, al diámetro de la partícula más grande presente en el 10% de la fracción acumulativa (-) del material.

De datos estadísticos y estudios recopilados al respecto, se ha podido determinar que el Coeficiente de Uniformidad más apropiado para Relleno Hidráulico está entre 4 y 6; valores diferentes a este dato se analiza del siguiente modo:

Si el Coeficiente de Uniformidad (C.U) es mayor que 6 manteniendo el valor de D.60 constante, significa que el valor de D.10 con respecto a D.60 es pequeño. Esto nos indicaría la presencia de gran cantidad de partículas finas, que causaría la difícil percolación del agua.

Por otro lado, si el C.U. es menor que 4 en las mismas condiciones, el valor de D.10 ha aumentado. Esto indica una baja concentración de partículas finas en el material, pues la percolación del agua es mayor, con tendencia a producirse el fenómeno del "embudo". Como puede verse el coeficiente de Uniformidad y la percolación son inversamente proporcionales.

El relave empleado para el Relleno Hidráulico en Sulfurosa posee gran cantidad de finos, que si bien es cierto, facilitan el transporte evitando el rozamiento de partículas entre sí y a la misma bomba y tuberías, pero, también trae problemas en las galerías de extracción, al sedimentarse en las cunetas obstruyendo el deslizamiento del agua (Ver Tabla N°1) de análisis de malla)

Lo recomendable es enviar un Relleno Hidráulico de un coeficiente de uniformidad que oscile entre 4 y 6.

Para la Mina Sulfurosa se está empleando actualmente un coeficiente de

ANALISIS DE MALLA DE LOS PRODUCTOS DEL CIRCUITO DE
RELLENO HIDRAULICO SULFUROSA

MALLA	DIAMETRO EN MICRONES	ALIMENTACION DEL CICLON		REBOSE DEL CICLON		DESCARGA DEL CICLON	
		% PESO	% PESO ACUM. (-)	% PESO	% PESO ACUM. (-)	% PESO	% PESO ACUM. (-)
+48	297	13.74	86.26	6.41	93.59	15.85	84.15
65	210	11.38	74.88	5.96	87.63	15.95	68.20
100	149	12.39	62.49	7.30	80.33	17.25	50.95
150	105	10.20	52.29	6.88	73.45	15.31	35.64
200	74	8.53	43.76	3.22	70.23	11.64	24.00
270	53	4.94	38.82	7.87	62.36	7.20	16.80
325	44	4.39	34.43	5.97	56.39	4.31	12.49
400	37	1.39	33.03	2.09	54.30	1.08	11.41
-400	-30	33.03	-	54.30	-	11.41	-

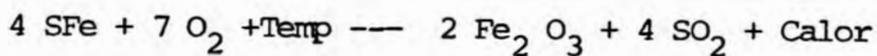
uniformidad oscilante entre 4.8 y 5.7

Ver curva para determinar el Coeficiente de Uniformidad del R/H Sulfurosa (Gráfico #1)

- INERCIA Y CEMENTACION

En realidad en los relaves de Morococha no tenemos mayormente problemas de pirita y menos de pirrotita (Compuestos Inestables), que cuando exceden del 8% y 4% respectivamente traen problemas de recalentamiento del relleno y emanación de anhídrido sulfuroso, como resultado de una reacción exotérmica.

A manera de información, podemos anotar por ejemplo, reiteradas veces los minerales quebrantados con contenido de pirita y pirrotita almacenados en los tajeos han originado incendios, como la Mina Cerro de Pasco, como consecuencia de la siguiente reacción:



Pero cuando el % de pirita y pirrotita es menor su oxidación favorece a la cementación del relleno

CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS DEL CIRCUITO DE

RELLENO HIDRAULICO SULFUROSA

	<u>RELAVE GENERAL</u> <u>DE CONCENTRADO</u> <u>RA.</u>	<u>ALIMENTACION</u> <u>DEL CICLON</u>	<u>REBOSE DEL</u> <u>CICLON</u>	<u>DESCARGA DEL</u> <u>CICLON</u>	<u>RELLENO HIDR.</u> <u>SULFUROSA</u>	<u>SOBRAS DEL RELAVE</u> <u>GENERAL</u>
DENSIDAD DE PULPA (Gr/Lt)	1108	1108	1026	1870	1600	1108
PESO ESPECIFICO DE LOS SOLIDOS SECOS	2.92	2.92	2.68	3.02	3.02	2.92
PORCENTAJE DE SOLIDOS	14.87	14.87	4.02	69.4	56	14.87
FLUJO DE PULPA EN U.S. GPM	1050	1050	955	95	100	180
CANTIDAD DE SOLIDOS TON. CORTAS SECAS/Hr	42	42	10	32	22	7.3
CANTIDAD DE AGUA TON. CORTAS SECAS/Hr	241	241	230	11	17	41.8
FLUJO DE AGUA U.S. GPM	975	975	931	44	69	169

Densidad Relativa del Relleno en el tajeo : 1.97

Toneladas de Relleno Hidráulico necesarias para Sulfurosa D.S.T/mes	5,600
Toneladas de Relleno Hidráulico necesarias para San Alfonso-San Andrés T.C.S./mes	4,500
Toneladas de Relleno Hidráulico necesarias para Kingsmill T.C.S./mes	2,300
Total de Toneladas de Relleno Hidráulico necesarias T.C.S./mes	12,400

DISPONIBILIDAD DE RELLENO HIDRAULICO EN SULFURO SA.

Sólidos antes de clasificarlos T.C.S./mes	35,000
Relleno Hidráulico neto clasificado T.C.S./mes	27,000
Relleno Hidráulico, neto clasificado T.C.S./24 días	21,600

Como puede apreciarse, la cantidad de Relleno - Hidráulico neto disponible en el circuito Sulfurosa es de 22,600 TCS, capaz de ponerse en los tajeos en 24 días útiles del mes, que demasiadamente puede cubrir una necesidad de 12,400 T.C.S. mensuales de relleno requeridos.

NOTA: Esta planta solo está alimentando relleno para Sulfurosa, pero se tiene en proyecto adquirir una nueva bomba, - que alimentará a San Alfonso-San Andrés y Kingsmill, por cuya razón - mencionamos los requerimientos de relleno para dichas zonas, pues se utilizará para tal, la misma Planta de Relleno.

UBICACION DE LA PLANTA DE RELLENO HIDRAULICO

Para la selección del lugar, se tomó principalmente en cuenta el paso de la tubería de 8" de ϕ con relave de la Planta-Concentradora, la cual se desplaza a lo largo de los afloramientos de las vetas de Sulfurosa en su recorrido hacia la laguna Huascacocha.

El lugar elegido para la planta es ligeramente plano, y accesible fácilmente para el transporte de materiales y personal tanto desde superficie (carretera) como de subsuelo mediante lí-

neas de riel. Además posee suficiente espacio para probable expansión futura.

También primó para la elección del lugar, la cercanía de corriente eléctrica, como el suministro de agua a presión para las operaciones, aparte que los finos del over flow nos permitiría ser evacuado fácilmente por gravedad, ya que a escasos metros cruza un canal de desagüe con dirección a la laguna Huascacocha.

SELECCION DE EQUIPOS PARA LA PLANTA DE RELLENO

La selección de equipos (Ciclones, bombas, etc) para la planta de Relleno Hidráulico se hizo no solamente en función de los tajeos que en ese momento se trabajaba en Sulfurosa, sino, teniendo en cuenta que en un futuro cercano se trabajaría las vetas de San Alfonso y San Andrés, distantes 8,400' de la Planta de Relleno Hidráulico, aparte que también se estimaba la utilización de esta misma planta de Relleno para la explotación de la sección Kingsmill de 4,000 Toneladas de producción.

CICLONES.-

La clasificación de las partículas de acuerdo al tamaño y gravedad específica de las mismas y así poder obtener un buen producto para Relleno Hidráulico, es realizado por los ciclones. A continuación nos referimos en forma somera sobre los orificios principales de un ciclón.

ORIFICIOS PRINCIPALES DE UN CICLON

Para obtener una buena clasificación, es necesario una interdependencia entre los diferentes orificios de un ciclón y también la presión. Los orificios de un ciclón son: De entrada o alimentación, orificio de rebose y orificio de descarga.

- Orificio de Entrada.- Controla la velocidad de la pulpa al ciclón. Su principal función es lograr una alimentación uniforme en el punto de entrada, evitando en lo posible la turbulencia, para pre-orientar las partículas en el punto tangencial de las

paredes del cilindro, y también, para evitar que las partículas grandes en movimiento vayan hacia el rebose.

Nuestro ciclón tiene un área de 11 Pulg² y una presión de alimentación de 20 metros de altura.

- Orificio de Rebose.- Es uno de los más importantes, conocido también como vortex - finder pues la mejor clasificación depende de este orificio.

El tamaño de este orificio influye mucho en la separación de los sólidos, porque tiene efecto sobre la caída de presión de un volumen dado. Cuanto más grande es el orificio, separa más sólidos al rebose (over flow) y cuando más pequeño es el orificio se van menos finos al rebose, pero cuando es muy pequeño es perjudicial, ya que reduce el volumen y velocidad del ciclón. Nuestro ciclón tiene un diámetro de rebose de 4"

- Orificio de descarga.- Llamado también apex o vértice, tiene la función de descargar los materiales gruesos, de tal forma que un material de máxima densidad tenga una suave descarga. El tamaño de este orificio debe ser grande, de tal modo que permita la descarga (under flow) de cierta cantidad de sólidos gruesos.

Nunca debe ser demasiado pequeño como para provocar una salida de chorro, ni tampoco debe obstaculizar la salida de todo el material clasificado utilizable.

El tipo de un orificio de descarga utilizado en la planta de Relleno de Sulfurosa es de cerámica algunas veces, y otras veces de jebe para que resistan a la abrasión, es de 1.5" de diámetro.

CARACTERISTICAS DE UN BUEN CICLON

Todo ciclón para que trabaje eficientemente debe cumplir :

1. El orificio de rebose (Vortex Finder) debe ser igual a 1/3 o 1/4 del diámetro del ciclón.

2. El área del orificio de entrada debe tener - más o menos del 60% al 70% del área del orificio de rebose, y debe ser de forma rectangular, con su lado mayor vertical y paralelo al eje - del ciclón para introducir la mayor cantidad del flujo.

3. Debe tener una sección cilíndrica que se ex - tienda desde la entrada hacia abajo; aproximadamente de 1 a 1.5 veces - del diámetro del ciclón.

4. La parte cónica debe tener un ángulo interior entre los 12° y 20° o sea, a menor diámetro, menor ángulo.

5. Las superficies internas del ciclón deben ser lisas y perfectamente concéntricas al eje de rotación del ciclón y muy resistente a la abrasión.

En los ciclones se logra una mejor separación, - cuando el promedio de gravedad específica es mayor a 2.7 y la forma de las partículas redondeadas, siendo el líquido que lo conduce: agua.

- CALCULOS DE CICLONES

Se tiene 2 ciclones marca Krebs, de 15" de ϕ y alimentación 11 Pulg2, que se desea utilizar:

- Cálculo de la capacidad del Ciclón

$$Q = V_i \times A_i \dots \dots \dots (1)$$

En donde:

Q = Caudal de alimentación (Cm3/Seg)

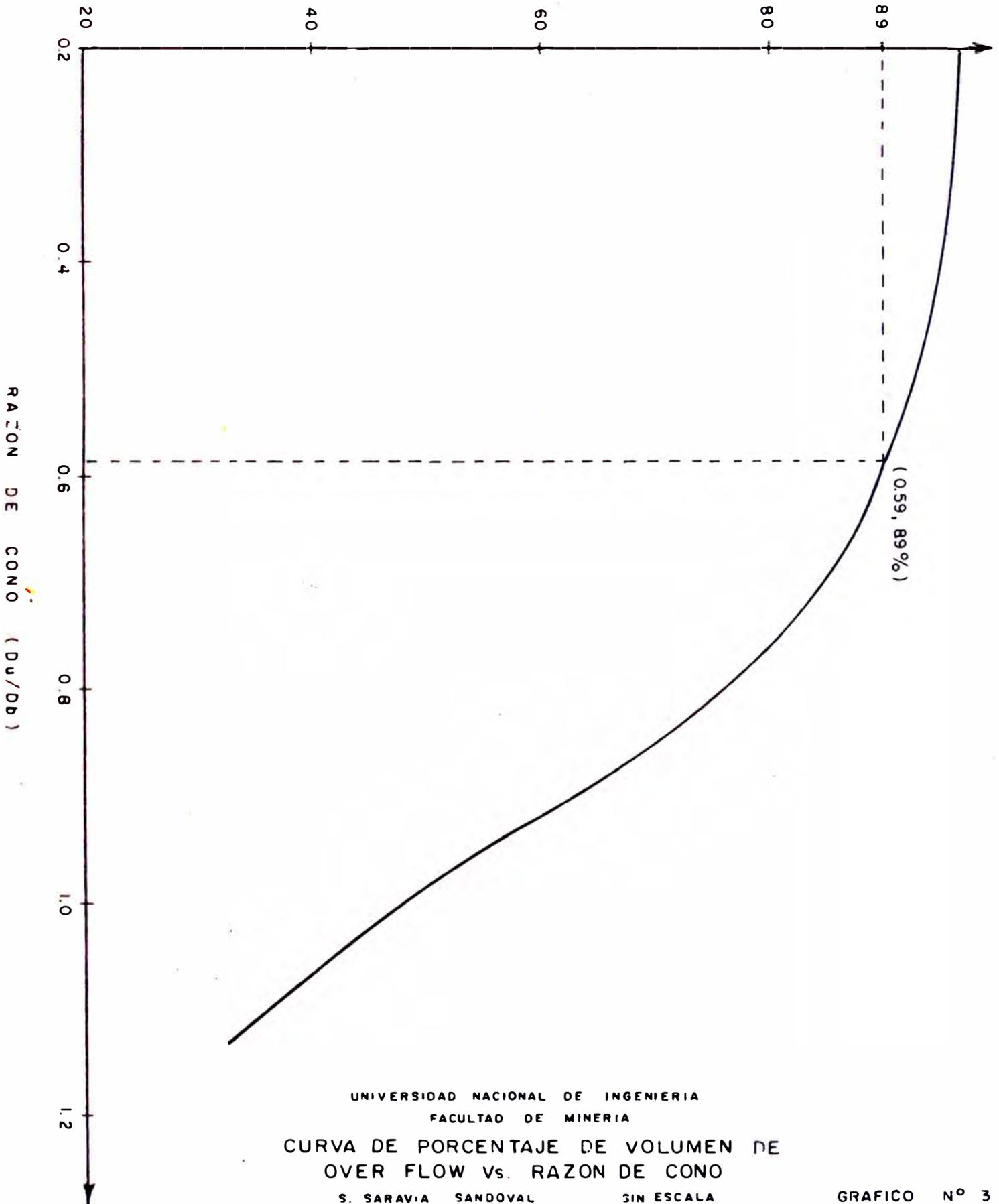
V_i = Velocidad de alimentación (Cm3/seg)

A_i = Area de entrada del ciclón (Cm2)

Para calcular V_i aplicamos:

$$G_c = \frac{V_i^2}{r.g} \dots \dots \dots (2)$$

$$\% \text{ DE VOLUMEN A OVER FLOW} = \frac{Q_o}{Q_i} \times 100$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE MINERIA

CURVA DE PORCENTAJE DE VOLUMEN DE
OVER FLOW vs. RAZON DE CONO

S. SARAIVA SANDOVAL

SIN ESCALA

GRAFICO N° 3

En donde

- Gc = Factor de fuerza centrífuga
Siendo una buena condición Gc = 15
- Vi = Velocidad de alimentación
- r = Radio de ciclón (Cm)
- g = Aceleración de la gravedad (980 cm/Seg²)

Para "r" se tiene:

$$r = \frac{15" \times 2.54 \text{ Cm}}{2} = 19 \text{ Cm}$$

Reemplazando y despejando de (2) se tiene:

$$Vi = \sqrt{\frac{15 \times 19 \times 980}{15}}$$

$$Vi = 528 \text{ Cm/Seg}$$

Reemplazando en la ecuación (1) se tiene:

$$Ai = 11 \times (2.54)^2$$
$$Ai = 70.95 \text{ Cm}^2$$

Luego entonces:

$$Q = 528 \text{ Cm/Seg} \times 70.95 \text{ Cm}^2$$

$$Q = 37.46 \text{ Lts/Seg}$$

$$Q = 594 \text{ g.p.m.}$$

Como el total de relave a utilizarse es de - 1050 g.p.m. se dosificará 520 g.p.m. a cada uno de los ciclones instalados en paralelo.

- Selección del Apex y Vortex.- El diámetro - del Vortex ideal (D o), viene a ser igual al diámetro de la envoltura de velocidad tangencial máxima (Dt), por causa de que ésta es la única corriente ascensional que lleva partículas en suspensión, es decir:

$$Do = Dt = 0.167 Dc.$$

$$Dc = \phi \text{ del ciclón}$$

Como el ciclón empleado es de 15" de ϕ se tie

ne:

$$D_o = 0.167 \times 15''$$

$$D_o = 2.5''$$

El valor de 2.5" representa el ϕ ideal del vortex. Las limitaciones en la práctica y las exigencias de la razón de cono (D_u/D_o), imposibilita colocar el ϕ del vortex en este valor, por eso es que usamos la relación práctica en que el (D_o) es 1/3 o 1/4 del ϕ del ciclón. Para nuestro caso hemos optado el (d_o) = 4"

Para el cálculo del apex, existe una relación empírica que enlaza el % de volumen de over flow con la razón de cono (D_u/D_o), con la cual podemos hallar el ϕ del apex. Estas dos variables se relacionan mediante una curva empírica que graficamos (ver gráfico N° 3).

Sabiendo que el caudal del under flow (Q_u) necesario es 50 g.p.m. Se tiene que el:

$$Q_o = 520 \text{ g.p.m.} - 50 \text{ g.p.m.}$$

$$Q_o = 470 \text{ g.p.m.}$$

Utilizando el gráfico N° 3 se tiene:

$$\% Q_o = \frac{Q_o}{Q} \times 100$$

$$\% Q_o = \frac{470}{520} \times 100$$

$$\% Q_o = 89\%$$

Con este dato, y con ayuda del gráfico N° 3 encontramos que: $\frac{D_u}{D_o} = 0.59$ y como $D_o = 2.5''$

reemplazando se llega:

$$D_u = 0.59 \times 2.5''$$

$$D_u = 1.5''$$

Cálculo de la altura del Head Tank.- Se tiene-

que:

$$Q = C_i \times A_i \times \frac{r_o}{r_c} \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{g.h.}}$$

En donde:

$$Q = \text{Caudal de alimentación (520gpm)} = 32,800 \frac{\text{cm}^3}{\text{Seg.}}$$

$$C_i = \text{Constante} = 1.0$$

$$A_i = \text{Area de alimentación} = 11 \text{ Pulg}^2 = 70.92 \text{ cm}^2$$

$$r_o = \text{Radio Vortex ideal} = 0.167 \times \frac{D_c}{2}$$

$$= 0.167 \times 7.5 \times 2.54 = 3.18 \text{ cm}$$

$$r_c = \frac{D_c - D_i}{2}$$

$$D_c = \varnothing \text{ Del Cilindro del ciclón} = 15" = 38.10 \text{ cm}$$

$$D_i = \varnothing \text{ de alimentación, considerando un círculo inscrito, para lo cual:}$$

Sabiendo que $A_i = 11 \text{ Pulg}^2 = 70.92 \text{ cm}^2$ y
Considerando un círculo inscrito se tiene:

$$70.92 \text{ cm}^2 = \pi \cdot (r_i)^2$$

$$r_i = 4.75 \text{ cm. Por lo tanto:}$$

$$D_i = 9.50 \text{ cm}$$

$$D_c = 38.10 \text{ cm}$$

Reemplazando:

$$r_c = \frac{38.10 - 9.50}{2} = 14.30 \text{ cm}$$

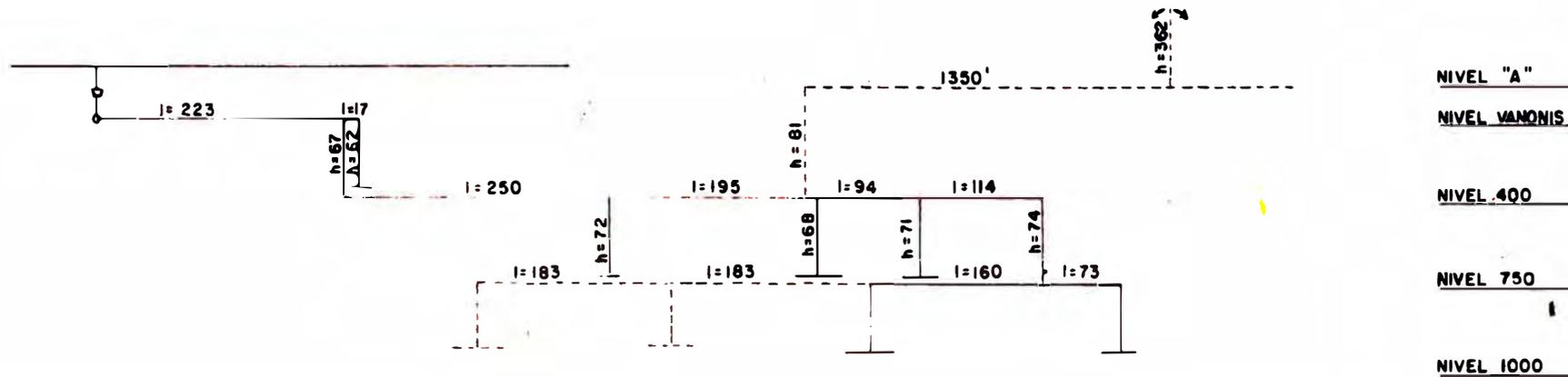
h = altura del head tank (altura necesaria para obtener una presión mínima para una buena clasificación de sólidos por ciclón)

Reemplazando y despejando tenemos:

$$38,800 = 70.92 \times \frac{3.18}{14.30} \sqrt{\frac{2 \times 980 \times h}{g.h.}}$$

$$h = 2,200 \text{ cm}$$

$$h = 22 \text{ Mts.}$$



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA

FLUJO DEL RELLENO HIDRAULICO

S. SARAVIA SANDOVAL

Nuestro ciclones en paralelo fueron instalados a 20 Mts. de altura, bajo la tubería principal de conducción de relave a la laguna Huascacocha.

CALCULOS DE BOMBAS.- A continuación damos los datos básicos respecto a tuberías y relave.

Datos básicos de tubería:

Schedule 80, diámetro externo 4", ϕ interno - 3.826"

Longitud de entrada aproximadamente 50'

Longitud de descarga = 5,100' (Ver flujo del Relleno Hidráulico).

Datos básicos del relave:

Gasto (G) : 100 g.p.m

P.e (relave): 1,600 Gr/Lt.

Pe (sólidos) : 3.02

% de sólidos : 56%

Sólidos por hora (D. S. T./hora) : 22

Cálculos de pérdidas de cabezas (H)

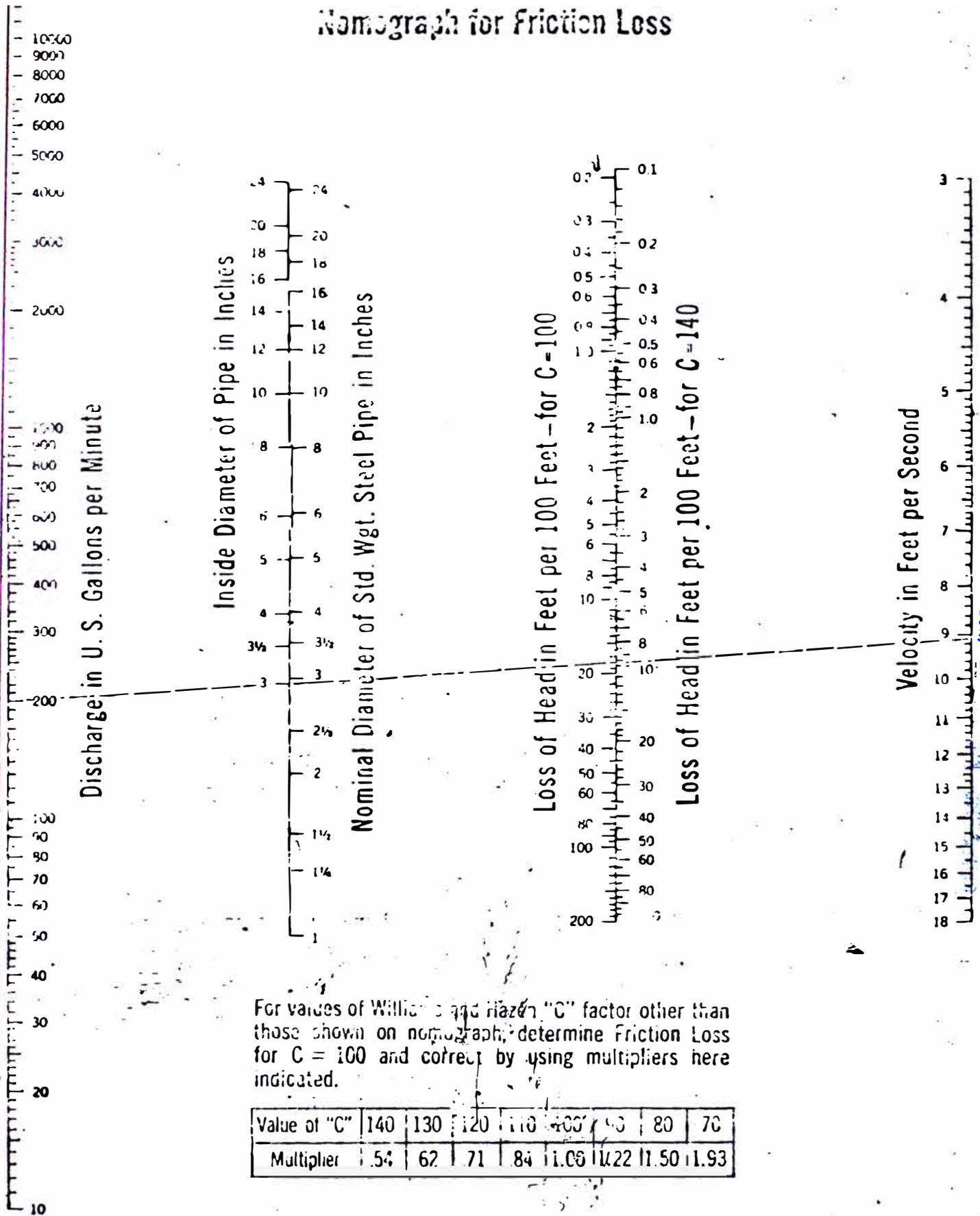
Cálculo de pérdida de cabeza por fricción (Hf)

Según la publicación de "The Transportation of Solids in Steel Pipelines, Colorado Scholl of Mines" hemos aceptado que la fricción de nuestras pulpas sean 50% mayor que la del agua limpia, - debido a que las pulpas que menciona dicha publicación son bastantes semejantes a las nuestras.

NOTA: Para los cálculos de la pérdida por fricción en el agua limpia, - utilizaremos el Nomograma de Valores de Williams and Hazen.

A continuación hallaremos la pérdida de carga por fricción por - codos en el sistema de tuberías:

Nomograph for Friction Loss



For values of William's and Hazen "C" factor other than those shown on nomograph, determine Friction Loss for C = 100 and correct by using multipliers here indicated.

Value of "C"	140	130	120	110	100	90	80	70
Multiplier	.54	.62	.71	.84	1.00	1.22	1.50	1.93



THE CLARKSON COMPANY

735 Loma Verde Ave., Palo Alto, Calif. 94303, U.S.A. Telephone (415) 327-1010, Cable: CLARKSONCO

INGENIERIA

1954

ARTICULO	EQUIVALENCIA UNITARIA EN PIES DE TUBERIA	LONGITUD TOTAL DE TUBO EQUIVALENTE
12 codos 90°	11'	132'
23 codos 45°	5'	<u>115'</u>
TOTAL		247'

Longitud de tubería de 4" de ϕ 5,100

Longitud Total general de tubería... 5,347

Según el Nomograma de valores de Williams and Hazen para agua limpia (C-100) tenemos:

Pérdida por fricción (agua limpia) = 1.4'/100"de tubería; pero por tratarse de pulpas consideraremos un 50%, más por lo tanto:

Pérdida por fricción para pulpa (100' de tubería) = 1.4 x 1.50 = 2.1'

Pérdida de cabeza total por fricción (Hf): $\frac{5,347' \times 2.1}{100'}$ = 112.3'

Cálculo de cabeza estática (He): por caída del -
 relave del Nivel Vanonis al Nivel 400.....(-200')
 Por elevación del relave desde el nivel 400
 Al nivel "A"..... 628'
 Total de Cabeza Estática (He)..... 408'

Por lo tanto:

$$\text{Cabeza Total (H)} = H_f + H_e$$

$$\text{Cabeza Total} = 112.3' + 408' = 520.3'$$

Cálculo de características de la bomba

La presión requerida para la bomba vendría dada por:

$$P = H \times \rho \times g$$

En donde:

- P = Presión en P.S.I.
- H = Cabeza Total
- P.e = Peso específico de pulpa

Reemplazando valores se tiene:

$$P = \frac{520.3 \times 1.6}{2.31} = 360 \text{ P.S.I.}$$

$$P = 360 \text{ P.S.I.}$$

La potencia vendría dado por

$$H.P = \frac{G \times H \times P.e}{4,000 \times 0.8}$$

En donde:

- H.P. = Caballo de Fuerza
- G = Gasto (g.p.m.)
- H = Cabeza Total
- P.e = Peso específico de pulpa

Reemplazando se tiene:

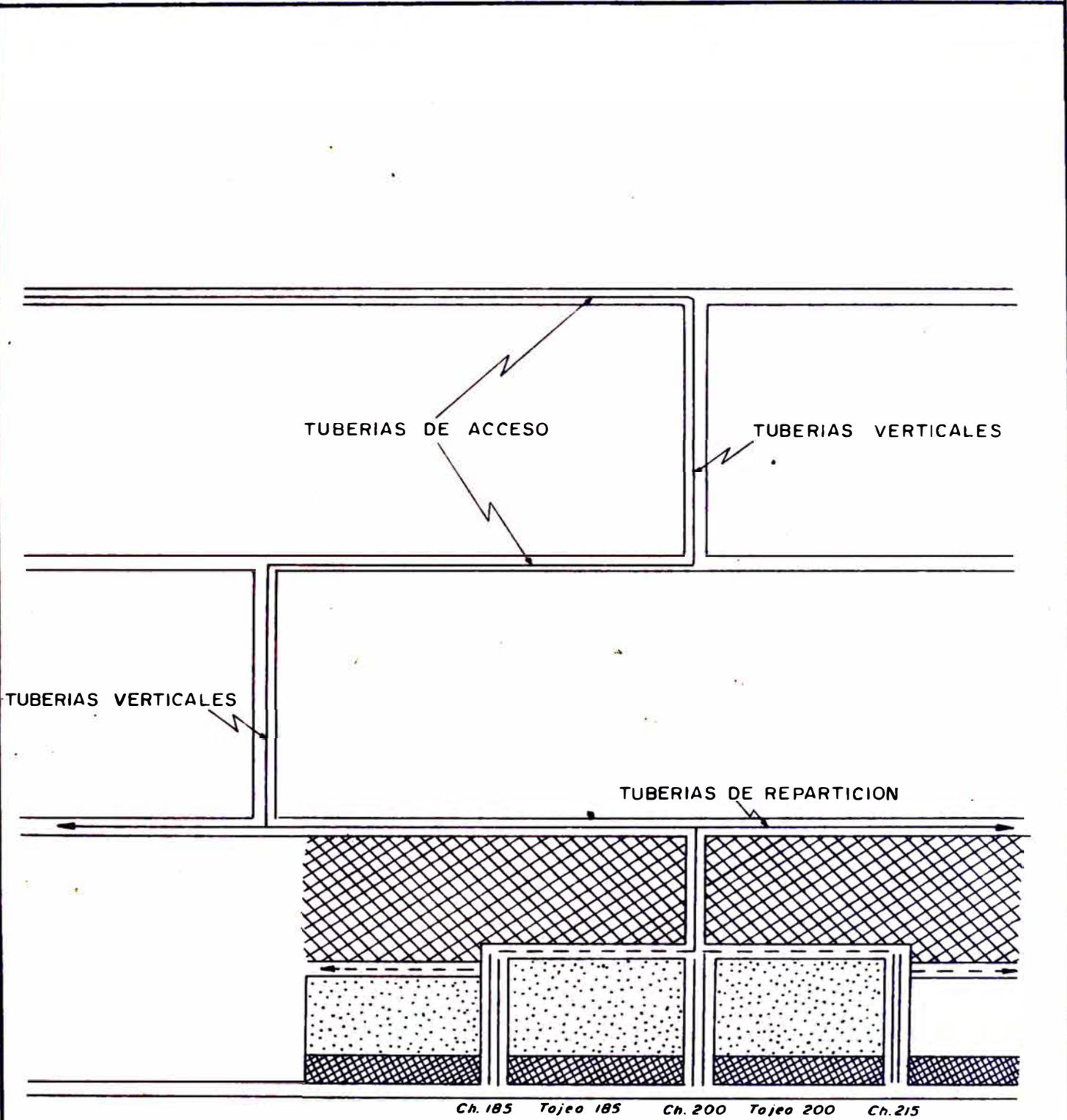
$$H.P. = \frac{100 \times 520.3 \times 1.6}{4,000 \times 0.8} = 26 \text{ H.P}$$

$$H.P = 26 \text{ H.P}$$

En "Stand By" existía 2 bombas que reunían estas condiciones, las cuales se instalaron para ser usadas, mientras se esperaba una bomba de pistón, que enviaría relleno (160 g.p.m.) también a las vetas de Kingsmill, San Alfonso- San Andrés.

SISTEMA DE TUBERIAS

El transporte del Relleno Hidráulico en Sulfurosa, - desde superficie hasta los tajeos se realiza mediante tuberías de acero extra fuerte del programa 80. Estas tuberías para que tengan mayor resistencia a la fricción, deberían estar forrados interiormente con -



Ch. 185 Tojeo 185 Ch. 200 Tojeo 200 Ch. 215

LEYENDA

Largo del Tojeo 150'
 Alto del Tojeo 225'

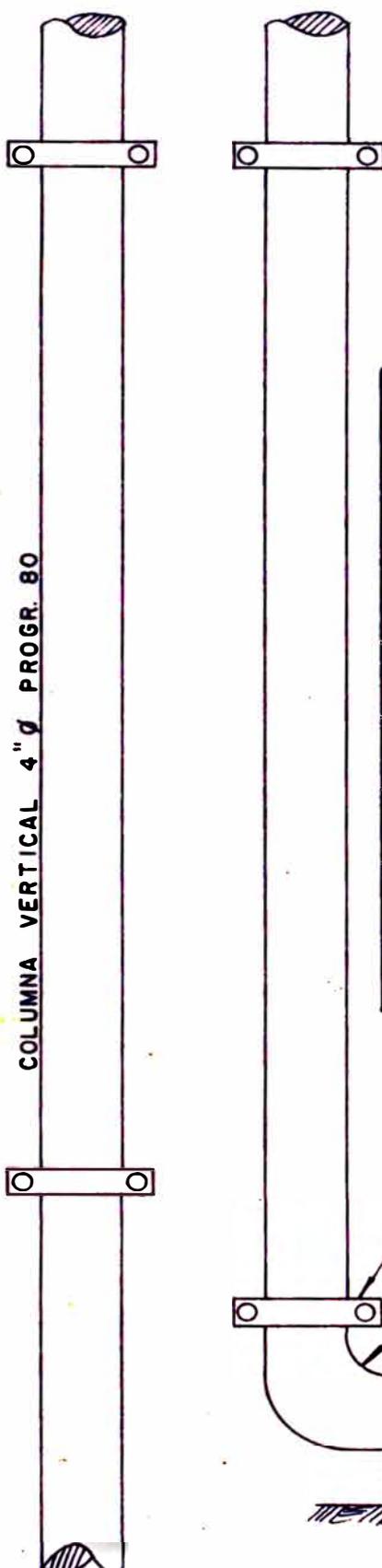
- Mineral Por romper
- Relleno Hidráulico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA

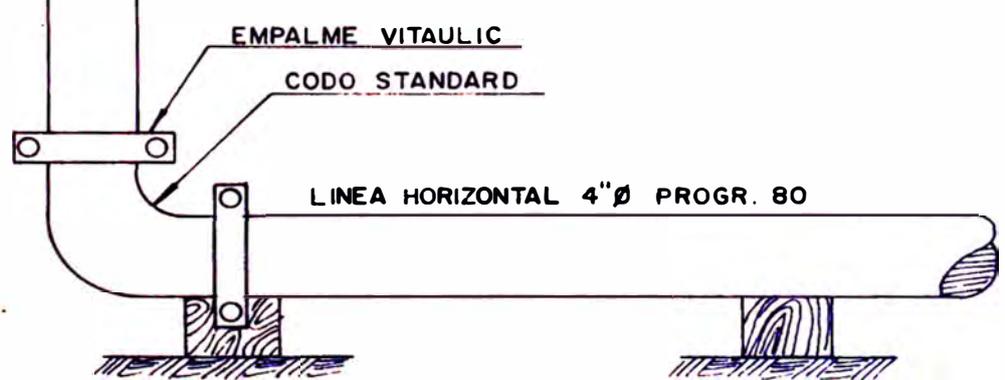
SISTEMA DE TUBERIAS

S. SARAVIA SANDOVAL ESCALA 1"=120'

Grafico Nº 4



TUBERIAS			
DIAMETRO	LARGO	EMPALME	OBSERVACIONES
3"	10'	VITAU LIC	COLUMNA VERTICAL
4"	10' Y 20'	VITAU LIC	LINEA HORIZONTAL
4"	VARIOS	VITAU LIC	NIPLES
4"	24"	VITAU LIC	CODO 90°
4"	24"	VITAU LIC	CODO 45°
4"	24"	VITAU LIC	CODO 30°



SOPORTE DE MADERA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE MINERIA

DIAGRAMA DE EMPALME DE TUBERIAS
DE RELLENO HIDRAULICO

S. SARAVIA SANDOVAL SIN ESCALA

DIAGRAMA Nº 1

caucho, pero en Morococha lo usamos sin dicha protección por carecer de estos tubos especiales.

El sistema de tuberías, según las funciones que desempeñan y según los lugares donde trabajan podemos agruparlos en tres tipos (ver gráfico N° 4):

a) Tuberías de acceso: Que conduce relave desde la Planta Concentradora (6,500') hasta la planta de Relleno Hidráulico y, son de 8" X 20' del programa 60. También aquí agrupamos las tuberías de relleno que ingresan a la mina desde la planta de relleno por los niveles principales. Estas tuberías tienen un carácter estacionario o permanente (es decir son tuberías troncales) son de 4" de \varnothing por 20' de largo, extrafuertes del programa 80.

b) Tuberías verticales: Comprenden las instaladas entre los niveles principales, y tienen un carácter también estacionario. Son también de acero, del program 80 y de 4" de \varnothing por 10' de largo.

c) Tuberías de repartición: Empiezan desde las tuberías verticales y llevan la pulpa a los diferentes niveles para desembocar a las chimeneas de tajeos por rellenar: lo podemos diferenciar porque tienen un carácter temporal. Son también de acero, programa 80 y 40, y de 4" \varnothing por 10" y 20' de largo.

En los tajeos se usan tuberías plásticas P.V.C.- de 4" de \varnothing X 20' de largo, por ser fácil su manipuleo, instalación y desinstalación.

Los empalmes de las diferentes tuberías son del tipo vitaulic, como se puede apreciar en el diagrama N° 1

Los diferentes diámetros de las tuberías, y por consiguiente las secciones de las mismas, deben estar de acuerdo a la cantidad de Relleno Hidráulico por transportarse, pero en general, se tiene que, a mayor diámetro menor resistencia por rozamiento, también disminuye la velocidad, pero crece el peligro de decantamiento de las partículas sólidas lo cual se soluciona con mayor cantidad de agua. A menor diámetro disminuye el peligro de decantación de las partículas,-

pero aumenta el desgaste por rozamiento.

Según Williams Hazzen.- el diámetro a relacionar para el transporte de 150 a 250 g.p.m., es de 3" - 4", pero nuestra instalación de tubería de 4" de \emptyset se hizo pensando aumentar el caudal posteriormente al trabajarse otras vetas con Relleno Hidráulico, y también por cuestiones económicas, ya que se tenían un gran stock de tuberías de 4" de \emptyset (Programa 80)

Características de los tubos metálicos Los tubos del Programa 80 son de industria americana y que de acuerdo al Manual del American Institute Of Steet Construction poseen las siguientes características:

\emptyset Exterior	11.43 Cm
\emptyset Interior	9.72 Cm
Espesor	1.71 Cm
Peso	22.29 Kg/Cm
Momento de Inercia :	400.05 cm ⁴
Area (A)	28.43 cm ²
Radio de giro	3.76 Cm
Tipo de acero	A-36
Punto de fluencia (Fs)	2,530.8 Kg/Cm ²

CALCULO DE LAS VELOCIDADES DE TRANSPORTE EN TUBERIAS

Velocidad Crítica Es la velocidad mínima con la cual los sólidos de una pulpa no se sedimentan en la tubería. Está dada por la fórmula:

$$V_c = F1 \left[2g \cdot d (s-1) \right]^{1/2}, \text{ en donde}$$

V_c = Velocidad crítica

g = 27.80 pies/Seg² a 4,500 M.S.N.M.

d = \emptyset interno de tubería (4") = 0.3150'

s = Gravedad específica de los sólidos (3.02)

$F1$ = Aproximadamente 0.5 para 1,600 Gr/Lt.

Reemplazando

$$V_c = 05 \left[2 \cdot 27.80 \cdot 0.315 (3.02-1) \right]^{1/2}$$

$$V_c = 0.5 \times 6.14$$

$$V_c = 3.07 \text{ Ps/Seg}$$

Velocidad Aparente.- En los tajeos se obtuvo los siguientes promedios:

$$\text{Caudal : } 100 \text{ G.P.M.} = 6.31 \text{ Lts/Seg}$$

$$\text{Densidad : } 1,600 \text{ Gr/Lt}$$

$$\phi \text{ de tubería} = 4''$$

$$\text{Area de la sección de tubería} = 73 \text{ Cm}^2$$

$$\text{Parte de la sección que descarga relave} = 1/3$$

$$\text{Velocidad aparente} = \frac{Q}{\bar{A}}$$

$$\text{Velocidad aparente} = \frac{6,310 \text{ Cm}^3 / \text{Seg}}{73 \text{ Cm}^2}$$

$$\text{Velocidad Aparente} = 2.84 \text{ pies/Seg.}$$

Velocidad Real.- Los datos utilizados son los mismos - que en el caso anterior, a excepción del área de descarga, que es la - 1/3 de la sección de tubería.

$$Q = 100 \text{ G.P.M.} = 6.31 \text{ Lts/Seg}$$

$$A = 1/3 \times 73 \text{ Cm}^2 = 24.3 \text{ Cm}^2$$

$$\text{Velocidad Real} = \frac{6,310 \text{ Cm}^3 / \text{Seg}}{24.3 \text{ Cm}^2}$$

$$\text{Velocidad real} = 8.50 \text{ Ps/Seg}$$

Cálculo de la distancia horizontal de transporte del - Relleno Hidráulico.- La máxima distancia horizontal - que podrá ser enviada una pulpa debido al impulso adquirido durante su - caída está dada por:

$$L = \frac{h \cdot d \cdot 2g}{w \cdot v^2} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

$$W = Y \left[a + 0.0018 / (v \cdot d)^{1/2} \right] \dots \dots (2)$$

L = Máxima distancia horizontal

h = Altura de caída en Mts.

d = Diámetro interior de la tubería = 0.102 Mt

g = Acción de la gravedad = 8.5 M/Seg^2

V = Velocidad de la pulpa en $\text{Mt/Seg} = 8.5 \text{ Ps/Seg} = 2.5 \text{ Mt/Seg}$

W = Coeficiente de resistencia de tubería en función -
del ϕ

Y = Peso específico de la pulpa (1.6 M/Mt^3)

a = Constante para pulpas (0.03)

Reemplazando en (2) :

$$W = 1.6 \left[0.03 + 0.0018 / (0.94 \times 0.102)^{1/2} \right]$$
$$W = 0.057$$

Reemplazando en (1)

$$L = \frac{h \times 0.102 \times 2 \times 8.5}{0.0573 \times (2.50)^2}$$

$$L = 5 \text{ h.}$$

Por lo tanto, para las características del Relleno Hidráulico Sulfurosa, la máxima distancia horizontal a la cual podrá ser enviada la pulpa, netamente por gravedad vendrá dada por:

$$L = 5 \text{ h.}$$

NOTA: Este criterio se tomó para determinar las longitudes horizontales de tuberías a instalarse, y poder rellenar los tajeos más alejados en los niveles inferiores, y no correr el riesgo de decantación del relave a lo largo de las tuberías.

CAPACIDAD DE LA PLANTA DE RELLENO HIDRAULICO DE SULFUROSA

Nuestras actuales instalaciones nos permiten un flujo de 100 G.P.M. (32 T.C.S.) que satisfacen plenamente nuestros requerimientos de relleno en función de nuestra producción actual, pero en el futuro, una vez que entren en producción las áreas de San Alfonso-San Andrés y Kingsmill, será necesario modificaciones en nuestras instalaciones de bombeo.

En lo que respecta a ciclones y tuberías, éstas fueron diseñadas para una mayor capacidad de planta, por lo tanto, al entrar en producción éstas nuevas áreas no se harán modificaciones de embergadura.

C A P I T U L O I V

DESARROLLOS PARA LA EXPLOTACION DE TAJEOS EN CORTE Y RELLENO HIDRAULICO, -

DESARROLLOS HORIZONTALES.- Las galerías deben ser diseñadas especialmente para este fin, dándole una gradiente entre 0.5 y 0.6%. Durante el avance de la galería debe tenerse especial cuidado en el trazo de perforación, aumentándosele 2 taladros más en uno de los costados de los arrastres para formar la cuneta.

Otras de las observaciones que debe tomarse en cuenta en la construcción de las galerías, es el correcto alineamiento que deben llevar los durmientes, para poder utilizar uno de sus extremos para el enmaderado de las cunetas.

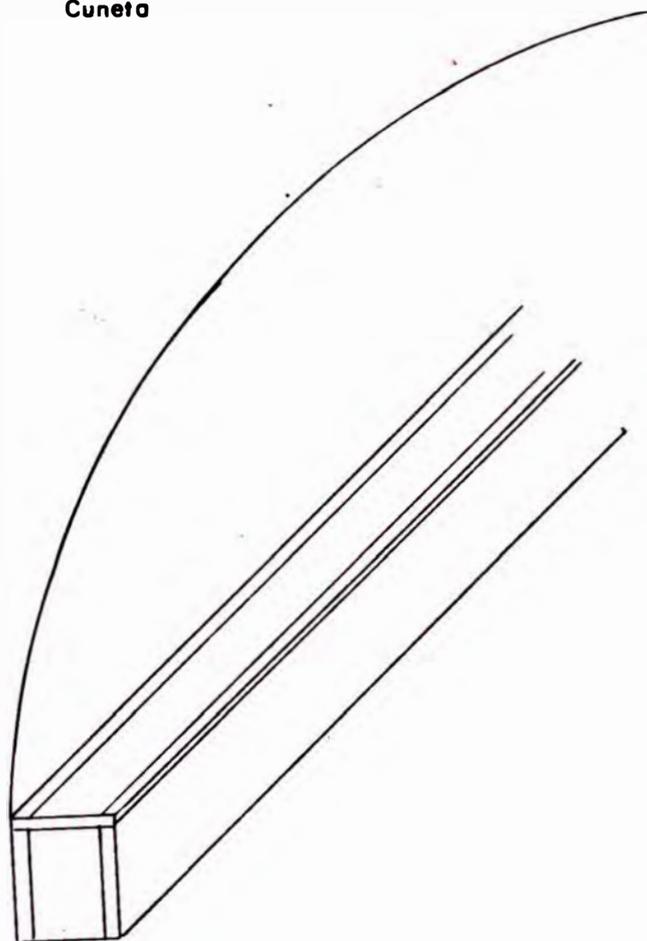
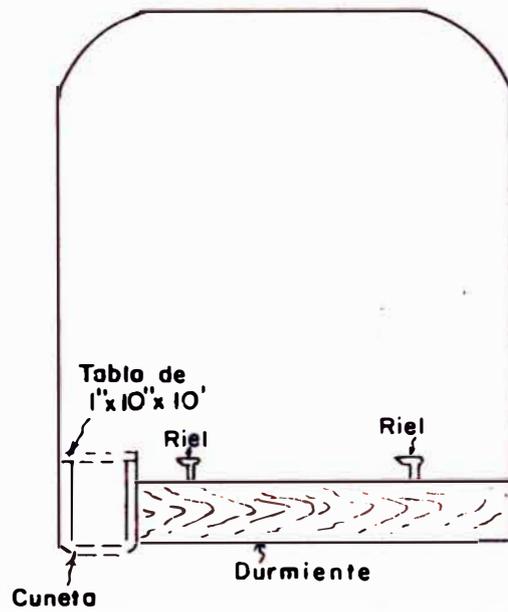
En las cunetas, para dar mayor fluidés al agua y finos que llevan en su seno, éstas deben ser revestidas ya sea con cemento o madera.

En Sulfurosa ha dado buen resultado el empleo de tablas de 1" X 10" X 10' clavadas a los extremos de los durmientes (ver figura N°2). Para un caudal de 11 Ps³/Min entre agua y finos, la sección de cuneta aceptable es de 12" X 15", teniendo en cuenta que la limpieza de los sólidos sedimentados se realizan semanalmente.

Al pie de las chimeneas (Shute-Camino), las cunetas deben estar protegidas, evitando así que al cargar los carros con mineral, éstos rebo sen y caigan a la cuneta obstruyéndola (ver figura N°2)

En los lugares donde existen depresiones de galería, en la cual el agua de la cuneta no fluye, se utilizan pequeños pozos sedimentadores y el agua es evacuada en estos tramos críticos con ayuda de pequeñas bombas neumáticas. Estas bombas consumen aproximadamente de 1 - 2 Mt³/Min. de aire, evacuando en el orden de 100 - 200 Lt/Min. de agua (entre agua de filtraciones y de Relleno Hidráulico)

DESARROLLOS VERTICALES.- Actualmente los desarrollos verticales para tajeos de corte y Relleno Hidráulico (Chimeneas principales de Nivel a Nivel) son realizadas a cada 600 pies, con finalidades de exploración y ventilación, siendo estas chimeneas de doble compartimento (Shute-Camino).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE MINERIA

CUNETAS DE MADERA

S. SARAVIA SANDOVAL SIN ESCALA

Figura 2

Entre las chimeneas principales se trabajan los tajeos, cada uno con sus respectivas chimeneas secundarias que suben juntamente con los tajeos y son de 3 compartimentos (Shute - Camino - Shute), siendo cada tajeo Standard de 150" de largo X 225' de alto.
(ver Plano N°6)

Inicialmente, al cambiar el relleno sólido por el Hidráulico, se tuvo que emplear las antiguas chimeneas principales hechas para relleno sólido (cada 300 pies), sin embargo, las posteriores chimeneas se fueron haciendo a cada 600', disminuyendo considerablemente los costos por construcción de chimeneas (Mano de obra, madera, perforación y voladura, etc), aparte de tuberías estacionarias, pues cada chimenea principal alimenta relleno a 4 tajeos.

CICLOS DE MINADO EN CORTE Y RELLENO HIDRAULICO

Solamente mencionaremos en forma bastante somera los dos primeros ciclos del Método de Corte y Relleno en la Mina Sulfurosa, ya que el 3° ciclo es motivo de la tesis.

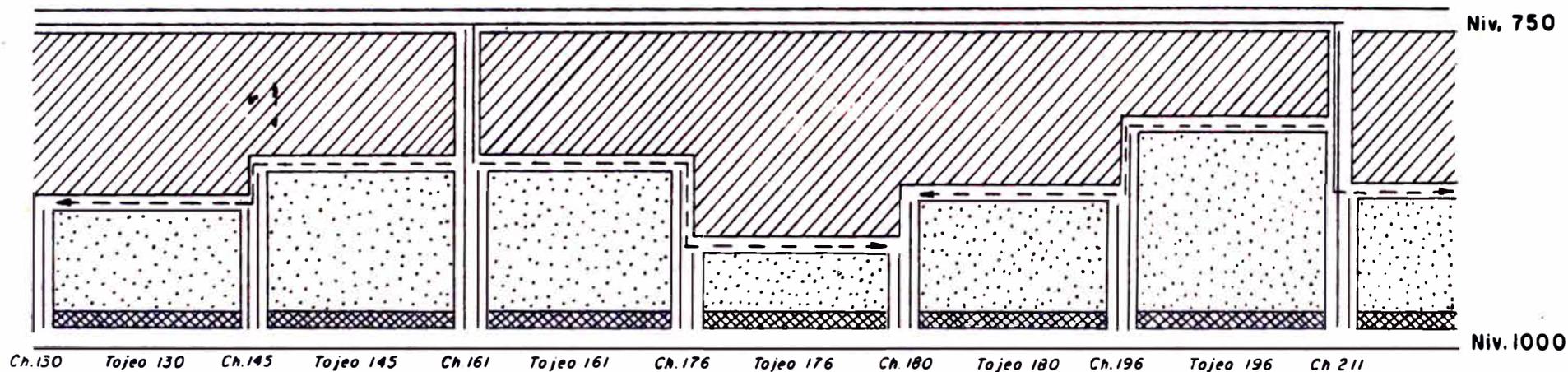
PERFORACION Y VOLADURA.- La perforación se efectúa con máquinas stopers (Perforaciones verticales), realizando el "corte" o "arranque" a 20 pies de la chimenea de extracción, avanzando la perforación hacia el extremo del tajeo, siendo el trazo empleado por lo general de dos o tres filas (según la potencia de la veta).

A medida que la perforación se aleja del "arranque", éste es disparado y sucesivamente el resto de taladros del trazo, empezando paralelamente al disparo, la limpia de mineral por la chimenea de extracción'

Por tenerse un ancho de tajeo de 4 a 5 pies y cajas resistentes, en la mayoría de tajeos se realizan 2 cortes verticales (14' de altura).

JALADO DE MINERAL.- Para limpiar el mineral disparado en el tajeo se usan winchas neumáticas y eléctricas. Las neumáticas son de 7.5HP y 15 HP que jalan rastrillos simplex de 20" a 26", de acuerdo al ancho del tajeo. Las eléctricas son empleadas en tajeos más anchos y donde el aire comprimido es escaso.

Cada tajeo posee 2 winchas con sus respectivos rastrillos, las cuales se hallan instaladas uno en cada chimenea de extracción.



LEYENDA

Largo del Tojeo 150'

Alto del Tojeo 225'

 Mineral por romper

 Relleno Hidráulico

 Pilar del Mineral

C A P I T U L O V

OPERACION DEL RELLENO HIDRAULICO EN SULFUROSA

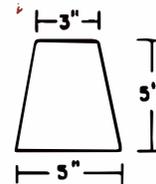
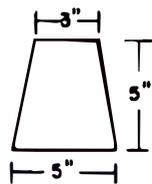
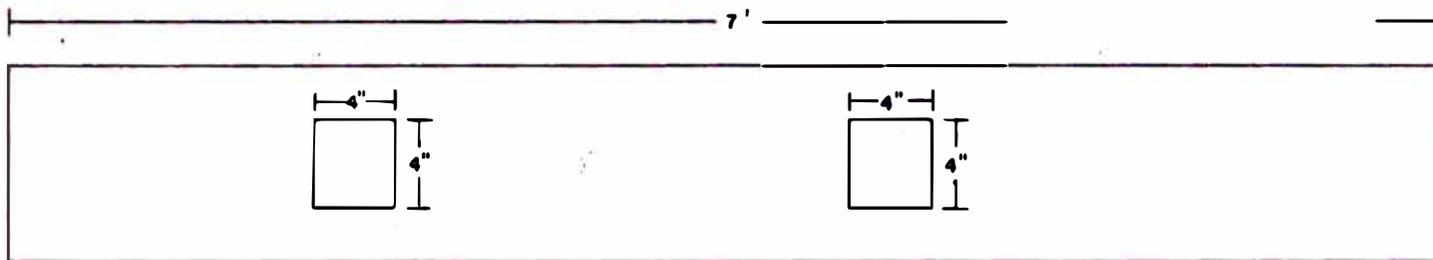
CUADRILLA DE RELLENO HIDRAULICO.- Una vez terminado el jalado del mineral en los tajeos, éstos son acondicionados para entrar en relleno. Desde parte del acondicionamiento, hasta la misma operación de rellenado, son realizados por un grupo especializado de supervisores y obreros calificados y adiestrados para tal fin, que conforman la "Cuadrilla de Relleno Hidráulico".

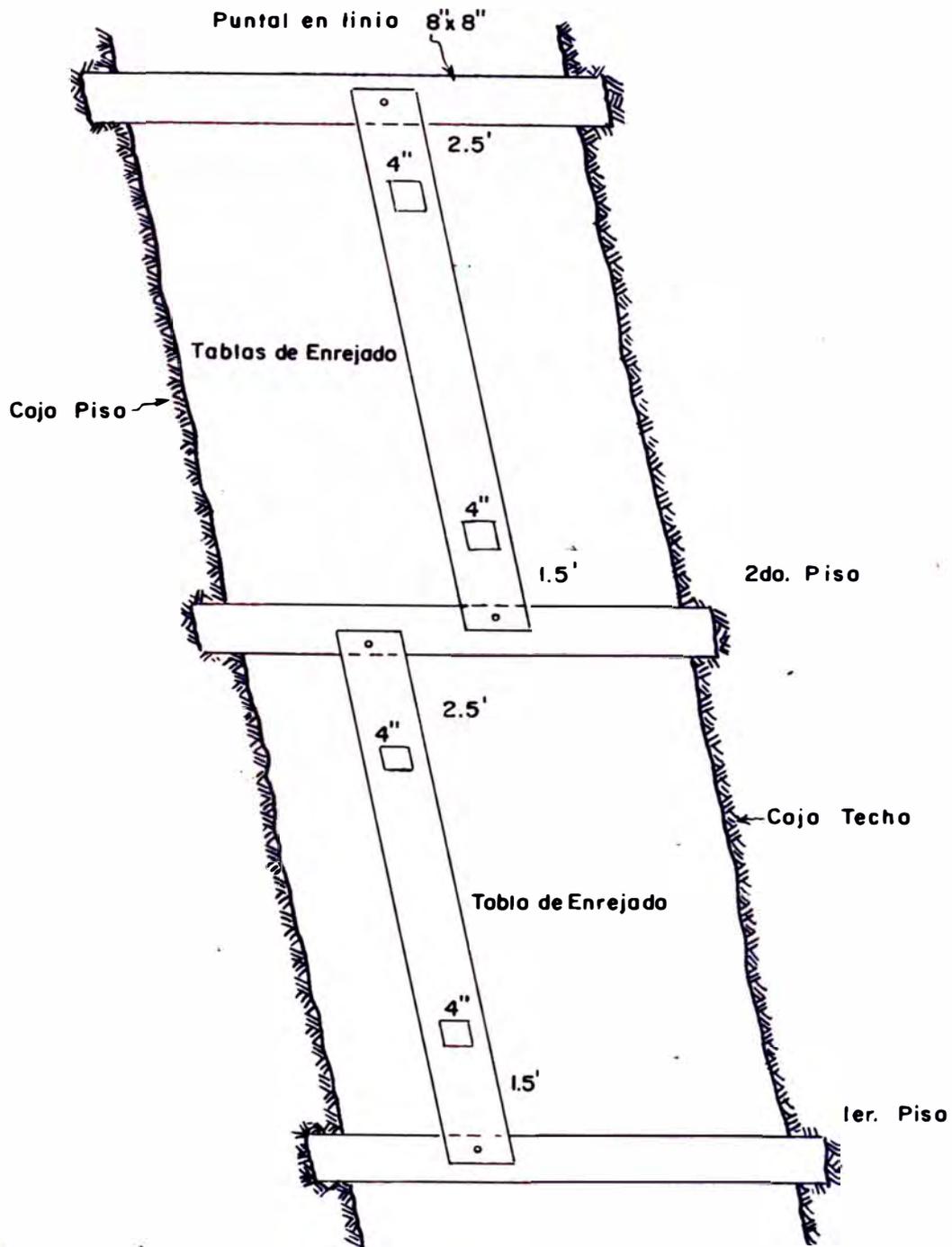
Esta cuadrilla opera las 24 horas del día (en guardias de 8 horas cada una), estando formada cada guardia por un supervisor y 3 obreros (1 en la bomba y 2 en el tajeo). El bombero arranca y para la bomba cuando es alertado por teléfono, controla la densidad de pulpa, etc.. Los dos obreros del tajeo instalan el yute y la tubería, controlan el buen rellenado del tajeo, reparan los deterioros del yute, escape de relleno, etc., siempre en coordinación telefónica con el bombero. Estas etapas del rellenado de un tajeo lo iremos desarrollando mas adelante con mayor minuciosidad.

ACONDICIONAMIENTO DE UN TAJEO PARA RELLENO HIDRAULICO.- El acondicionamiento para Relleno Hidráulico lo realizamos en tres fases:

- a) Enmaderado de las Chimeneas: Se realizan después de terminar la limpia de mineral, y consiste en colocar "puntales de línea" de longarinas aserradas, de sección 8" X 8", y a 6' 4" de luz vertical entre "puntales", a los cuales y hacia el interior del tajeo, se clavan verticalmente tablas de 3" X 10" y 7' que forman el "Enrejado".

Inicialmente las tablas del "enrejado" en ambas chimeneas, se colocaban espaciadas entre sí de 1 1/2" a 2 1/2", para tener drenaje por ambas chimeneas durante el relleno, pero actualmente tenemos una sola chimenea de drenaje, que en todo tajeo es el más distante de su chimenea principal de relleno (por donde baja o sube la tubería de Relleno Hidráulico), y en cuyo enrejado se emplean 2 tablas cada una con 2 huecos de 4" X 4" de sección (ver figuras N°3 a-b), por donde drenará todo el agua del tajeo cuando llegue al nivel de cada hueco. Durante el relleno,





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA

TABLAS CON ABERTURAS DE DRENAJE

S. SARAVIA SANDOVAL SIN ESCALA

Figura 3 (b)

a medida que el sólido llega a la altura de cada hueco, éstos son tapados con "tarugos" de madera en forma de tronco de pirámide, de medidas 5" X 5" y 3" X 3" en ambas bases y una altura de 5". (ver figura N°3 a-b)

La operación de enmaderado lo realiza el mismo personal del tajeo (2 hombres) y emplean un tiempo promedio de 12 horas.

- b) Colocación del Yute: Antes de entrar al detalle en este tema mencionaremos los tipos de yutes que se utilizan:

Tipos de yutes usados: Los yutes utilizados actualmente son de dos tipos:

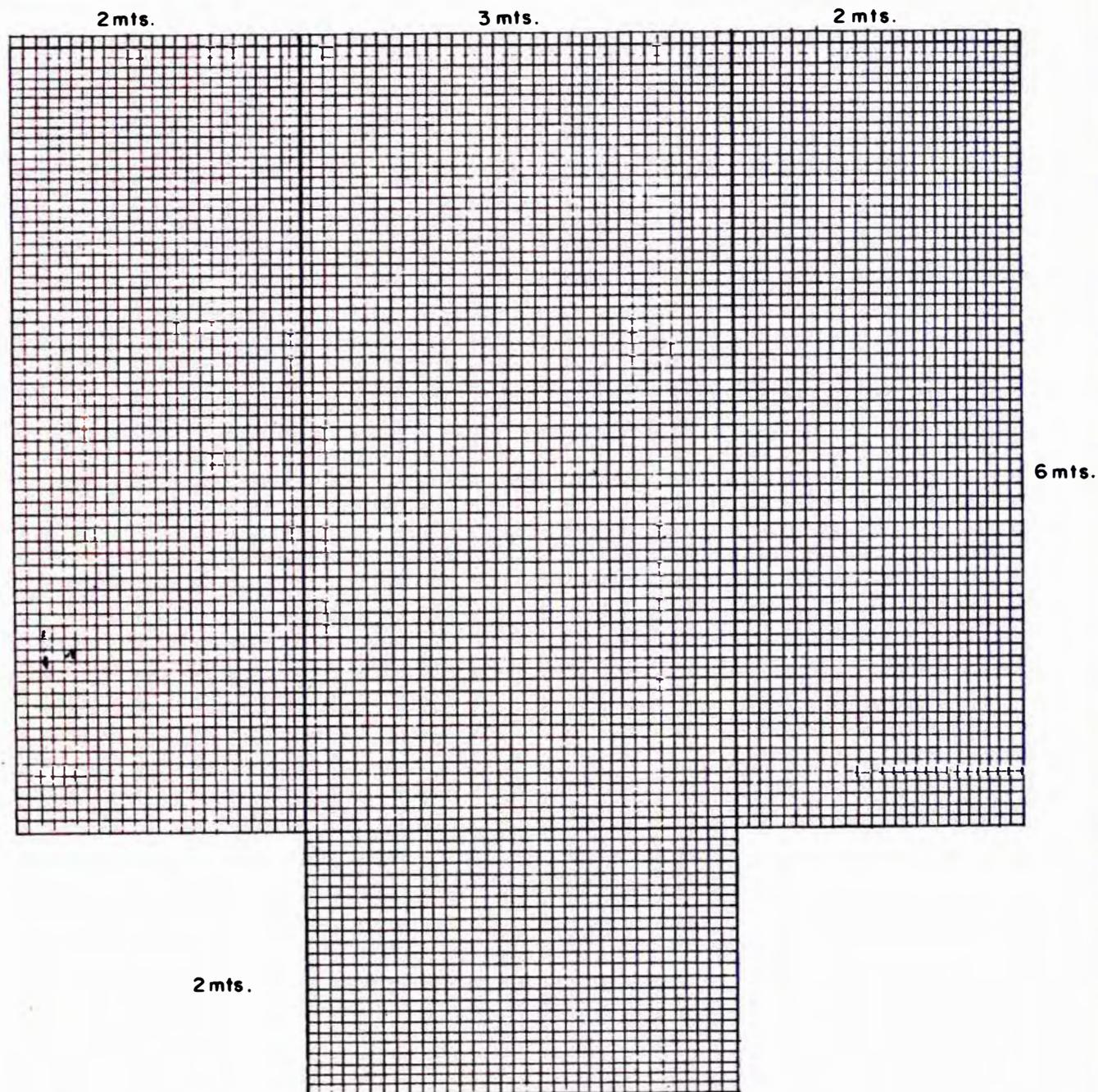
El derivado vegetal y el poliyute (sintético), siendo más generalizado el uso del segundo de los nombrados, por sus propiedades físicas y químicas que posee. El yute vegetal se usa mayormente para taponear escapes durante el relleno, por su propiedad de esponjarse fácilmente en contacto con el agua.

El Poliyute (yute sintético), es un tejido de polipropileno, de malla 200 y, 100 Gs/ Cm² ; llegando en fardos de 1.50 y 2 Mts. de ancho, distribuidos por "Sacos del Sur S.A."

Este yute sintético es inerte a las aguas ácidas, no se pudre con el correr del tiempo, y sus hilos tienen propiedades elásticas que los hacen ideal para soportar las presiones del Relleno-Hidráulico en determinados casos.

Método de colocación del yute: El yute venido de fábrica, es preparado de acuerdo a medidas standards (en función de anchos de tajeo) por personal accidentados del Departamento de Seguridad. (ver figura N° 4-a).

El yute preparado es llevado al tajeo y colocado cubriendo el "enrejado" de la chimenea, y abrazando las "cajas" del tajeo en una longitud aproximada de 2 Mts.. Para evitar que el yute se desprenda de las "cajas", se apuntalan de caja a caja con listo-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE MINERIA

VARIEDAD DE YUTE PREPARADO POR PERSONAL ACCIDENTADO

S.SARAVIA SANDOVAL SIN ESCALA

Figura 4 (a)

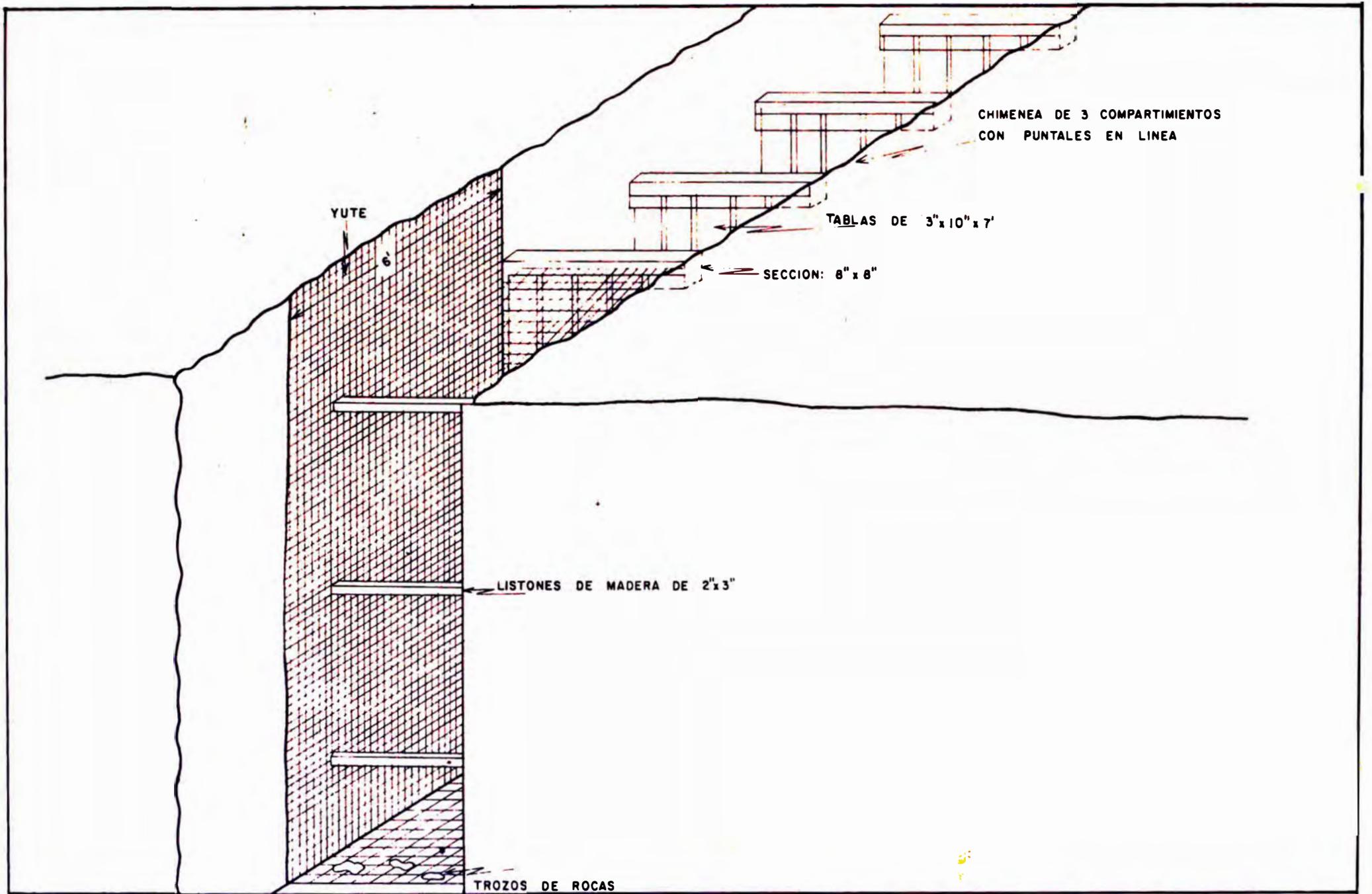


Figura 4-b

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA
 COLOCACION DEL YUTE EN TAJOS DE RELLENO HIDRAULICO

S. SARAVIA SANDOVAL

nes de 2" X 3" de sección (ver figura N°4-b), y en la chimenea - el yute es clavado al enrejado.

Por la parte del piso, el yute es introducido en el relleno anterior, montando al yute antiguo hasta una profundidad de 3'.

Para evitar fugas de finos, finalmente se superpone al yute ya colocado en la chimenea, una "manta" rectangular de poliyute que debe abrazar solamente la sección del enrejado.

La colocación del yute, lo hacen 2 hombres y demoran para tal 16 horas.

- c) Instalación de tuberías en el tajeo: Una vez realizado la colocación del yute en ambas chimeneas, desde la chimenea principal se colocan hacia el tajeo, uno o más tubos plásticos de 4" x 20' dejando una luz de 6' entre el tubo y el techo del tajeo.

Se coloca un tubo, si es que el tajeo es aledaño a la chimenea principal, de lo contrario se tendrá que cruzar un tajeo con tuberías (8 tubos plásticos) para llegar al tajeo que necesita rellenarse, (para esto se tiene que hacer andamios en el tajeo a cruzarse, en el cual se apoyarán las tuberías).

Esto nos dice que todo tajeo inicia su relleno por la chimenea más cercana a la principal, para una vez que el relleno esté por ese lado a 7' del techo, el agua fluya totalmente hacia la chimenea opuesta (chimenea de drenaje).

Cuando se tiene que cruzar un tajeo con tuberías, la cuadrilla de relleno hidráulico emplea un total de 12 horas en su instalación.

RELLENADO DE UN TAJEO CON RELLENO HIDR.- Una vez instaladas las tuberías plásticas y previa verificación telefónica desde la mina para el envío de relleno, el bombero inicia el relleno del tajeo, enviando por 10 minutos solo agua y así lavar posibles remanentes de relave del relleno anterior, sedimentados a lo largo de las tuberías, para luego enviar - pulpa.

A medida que el relleno va llegando a 8' de altura con respecto al-

COMPOSITO MENSUAL RELLENO HIDRAULICO

TAJEO	FECHA QUE COMENZO A RELLENARSE	FECHA QUE TERMINO DE RELLENARSE	TIEMPO TOTAL DE RELLENO - (Hrs)	TIEMPO NETO DE RELLENO (Hrs)	DENSIDAD PROMEDIO	VOLUMEN DE RELLENO (Ps ³)	EFICIENCIA Ps ³ / Hr
220	8 Nov. 76	11 Nov. 76	37	22	1612	9620	437
236	12 Nov. 76	15 Nov. 76	52	34	1635	8278	243
350	16 Nov. 76	18 Nov. 76	31	19	1576	7193	378
123	23 Nov. 76	24 Nov. 76	53	35	1606	10196	291
366	25 Nov. 76	29 Nov. 76	41	35	1598	12362	353
151	29 Nov. 76	02 Dic. 76	69	52	1629	11255	216
261	03 Dic. 76	05 Dic. 76	55	41	1585	4530	110
182	06 Dic. 76	08 Dic. 76	42	27	1578	4389	162
TOTALES			380	265	1612	67823	273

techo del tajeo, se irán aumentando tuberías plásticas en dirección a la chimenea de drenaje. Si es que hubieran problemas de "fugas" de relleno en el tajeo, los miembros de la cuadrilla avisarán telefónicamente para que el "bombero" deje de enviar relave previa lavada de 10 minutos de las tuberías, evitando así posteriores atascos.

El tiempo promedio para rellenar un tajeo oscila entre las 33 horas netas, según el compósito mensual que adjuntamos (ver tabla N°3), dando nos una velocidad de rellenado en el tajeo de 270 Ps³/Hr.

El hecho de tener un standard de tiempo empleado para el "rellenado" de un tajeo (2.5 días), nos permite realizar un estimado de producción mensual de la sección, coordinando para tal, todos los tajeos en sus 3 ciclos de explotación, de tal modo que cuando un tajeo termine de rellenar, otro debe estar listo para reemplazarlo. (ver tabla N°4)

PROGRAMACION DE UN CICLO DE RELLENO HIDRAULICO POR EL DIA - GRAMA DE GANNT. -

Para graficar el tiempo de duración, de cada operación que se realiza para completar un ciclo de relleno de un tajeo, emplearemos el Diagrama de Gannt.

En este Diagrama tomaremos como unidad de tiempo la jornada de 8 horas de trabajo, es decir, una guardia, y trabajando al día: 3 guardias.

Llamamos ciclo completo de relleno de un tajeo, a las diferentes operaciones realizadas, desde la iniciación del emmaderado de las chimeneas hasta su relleno final, quedando listo para iniciar otro ciclo de producción, es decir, el ciclo de rotura.

Con los datos expuestos en la secuencia de trabajo de relleno de un tajeo, obtenemos los valores para graficar el Diagrama de Gannt (Ver gráfico N°2) que en resumen es:

a) Emmaderado de las chimeneas:

Colocación de puntales de línea	1 guardia
Colocación del enrejado	<u>1/2 guardia</u>
Sub-Total	1.5 guardias

ESTIMADO MENSUAL DE RELLENO HIDRAULICO

SÉCCION:

MES:

No. de Tojeo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
330																														
300																														
310																														
333																														
290																														
322																														
340																														
355																														
389																														
373																														

LEYENDA

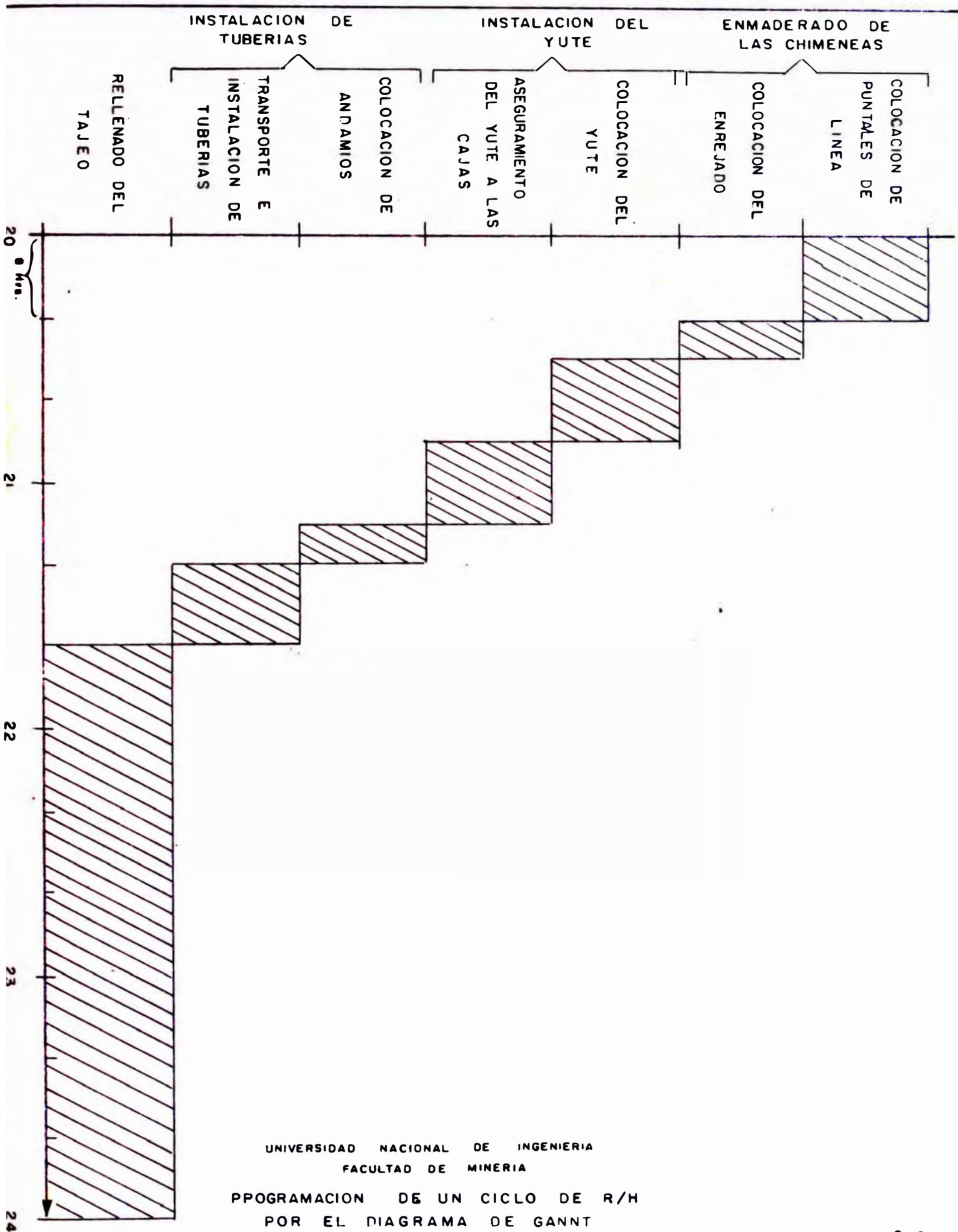
Perforación
Y
Voladura

Limpio

Relleno
Hidráulico

Domingos
y
Feriados

Tabla No 4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE MINERIA
 PPOGRAMACION DE UN CICLO DE R/H
 POR EL DIAGRAMA DE GANNT
 S. SARAVIA SANDOVAL SIN ESCALA

b) Instalación del yute.

Colocación del yute	1 guardia
Aseguramiento del yute a las cajas	<u>1 guardia</u>
Sub-Total	2 guardias

c) Instalación de tuberías

Colocación de andamios	1/2 guardia
Transporte-instalación tubs.	<u>1 guardia</u>
Sub-Total	1.5 guardias

d) Rellenado del tajeo

Rellenado total	7 guardias
Sub-Total	<u>7 guardias</u>

GRAN TOTAL 12 guardias

EFICIENCIA DEL RELLENO HIDRAULICO EN SULFUROSA

Según el compósito mensual promedio (tabla N°3) para rellenar 1,920.54 M³ que corresponden a 8 tajeos se utiliza 380 horas de relleno.

En preparación para rellenar un tajeo con instalación de tuberías se emplean 7 tareas/tajeo.

En el compósito se tienen 8 tajeos rellenados, es decir
 7 tareas/tajeos x 8 tajeos..... 56 Tars.
 N° de guardias de relleno: 380 Hs. = 49 guardias
 8 Hs.

En cada guardia trabajan 3 hombres:

Total de Tareas en relleno : 49 Gds x 3 Tar.... 147 Tars.
 Gds 203 Tars.

Castigándolo con el 10% al ciclo perfecto:
 203 Trs+17 Tars..... 220 Tars.

Según el compósito mensual el volumen relleno es de 1,920.54 M³,

Por lo tanto la eficiencia es de :

$$Ef = \frac{1,920.53 \text{ M}^3}{220 \text{ H-G}} \quad 8.73 \text{ M}^3 / \text{H-G}$$

FUTURO DEL RELLENO HIDRAULICO EN SULFUROSA

Dentro del área de influencia de la planta de Relleno Hidráulico - Sulfurosa, el Departamento de Geología ha bloqueado mineral en los sectores de Kingsmill, Veta C, San Alfonso y San Andrés: En Kingsmill

(120,000 T.C.S), Veta "C" (4,500 T.C.S), San Alfonso
(6,500 T.C.S) y en San Andrés (170,000 T.C.S.)

Estas zonas mineralizadas poseen rocas encajonantes de poca competencia, por lo cual no es recomendable utilizar otro método de explotación que no sea el Corte y Relleno.

Para la explotación de estas nuevas áreas se tiene en proyecto prolongar las actuales líneas de Relleno Hidráulico. Aparte de esto, en la sección Sulfurosa la idea es generalizar el uso de Corte y Relleno-Hidráulico en toda la zona como método de explotación, para lo cual los Desarrollos horizontales y verticales se están realizando para el empleo de Relleno Hidráulico.

Teniendo en mente todos estos planes es que se incluyó en los cálculos de "requerimientos de cantidad de Relleno Hidráulico" como futuras áreas de explotación las áreas de Kingsmill, veta "C" y San Alfonso, los cuales como se vió, satisface estas necesidades de relleno.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL RELLENO HIDRAULICO EN SULFUROSA

Entre las ventajas más saltantes del Relleno Hidráulico apreciadas en Sulfurosa mencionaremos:

- La fuente de abastecimiento de Relleno Hidráulico es gratuita - pues procede de los relaves de la Concentradora Morocochoa.
- La nivelación del Relleno Convencional mediante winchas es eliminado, ya que el Relleno Hidráulico al entrar al tajeo en for-

ma de pulpa tiende a buscar su nivel (tálud de deposición es - aproximadamente 4°).

- Ofrece mayor compactividad inicial, y un rápido desarrollo de las cualidades de resistencia, ofreciendo un medio de control de hundimientos y una alta resistencia al desplazamiento de las cajas.
- Disminuye el ciclo de relleno en la explotación, haciendo lógicamente que mejore la eficiencia. En sulfurosa la eficiencia aumenta de 3.80 Ton/h-g que era con relleno convencional a 5.60 Ton/h-g con el Relleno Hidráulico
- En los Desarrollos verticales para tajeos de corte y relleno - permitió hacer chimeneas principales ya no cada 300' como en relleno convencional, sino cada 600', lo cual nos significó ahorros tanto en mano de obra como en madera, en perforación y voladura, etc.

Nos permitió trabajar algunos "tajeos ciegos", suministrando el Relleno Hidráulico a estos tajeos desde el nivel inferior.

Con el Relleno Hidráulico propiamente se eliminó en Sulfurosa - el método de "Shrinkage Estático" y se disminuyó notablemente - el número de tajeos de "Shrinkage Dinámico" que traían muchos - problemas de dilución y mineral atrapado y jamás recuperados.

- Permitted realizar en algunos tajeos de cajas competentes hasta 3 cortes (28' de altura abiertos), ya que estos vacíos dejados eran rellenados en poco tiempo.

Reduce la cantidad de polvo en los tajeos

- Nos ofreció fácil adiestramiento y familiarización de los nuevos mineros.
- Nos solucionó el problema de almacenamiento de los relaves en superficie, y la posible contaminación de las aguas.
- Nos deja mayor disponibilidad de carros metaleros y locomotoras en la mina para usarlos en el transporte de mineral y materiales.

DESVENTAJAS Entre las desventajas para toda implantación de Relleno Hidráulico tenemos:

Requiere una fuerte inversión de capital, lo cual tiene que estar respaldado por una producción adecuada.

- Para mover cantidades apreciables de pulpa se requiere bastante energía.

- Entre las desventajas netamente operacionales que hemos tenido que afrontar mencionaremos:

Origina un gran desgaste en los accesorios internos de las bombas sobre todo en las empaquetaduras.

- Se requiere fuerte cantidad de agua tanto para refrigerar - las bombas, como para diluir la densidad de pulpa cuando es excesiva.
- Las continuas obstrucciones de tuberías originadas por exceso de densidad de pulpa, o por el lavado deficiente de las tuberías al iniciar o detener un relleno. En realidad, este problema ya ha sido superado casi en su totalidad mediante instrucciones al personal de bomberos.

Otra desventaja es la fuga del Relleno en los tajeos, originadas mas que todo, por fracturas en las cajas no tapadas - con yute. También se presentan por rotura del yute en las chimeneas, para lo cual habrá que ubicar la falla escarbando y luego parcharlo.

- El Drenaje en las galerías de extracción es uno de los problemas principales. En realidad, estas galerías no fueron hechas con la gradiente apropiada para Relleno Hidráulico - (0.5%) sino con una gradiente de 0.25% acumulándose el agua y los finos. En cierto modo se ha aliviado el drenaje haciendo pequeños pozos en los cuales se instalaron bombas neumáticas en serie, cada 100' para evacuar el agua, y además, en algunos tramos de la galería se alzó la línea de riel para tener mayor profundidad de cuneta.

C A P I T U L O VI

CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Concluido el análisis en general de la forma como se lleva el Relleno Hidráulico en Sulfurosa de la mina Morococha Centromin Perú, aplicado al método de explotación de Corte y Relleno, entraremos a analizar comparativamente los costos entre el Relleno Hidráulico y las formas convencionales de Relleno que aún se emplean en algunas secciones de esta mina.

Para encontrar el costo por tonelada de Relleno tendremos en cuenta los salarios reales pagados por Centromin Perú, así como los costos de materiales, servicios y mantenimiento. Cada uno de estos rubros varían de un año para el otro, los datos que se consignan en los cálculos siguientes tienen como base los primeros meses del año 1976.

A) COSTO DE RELLENO HIDRAULICO

Analizaremos en este capítulo los costos de materiales y equipos como los de instalación y costo de operación del Relleno Hidráulico.

a) COSTOS DE INVERSION EN MATERIALES Y EQUIPOS

ARTICULO	S/. UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (S/.)
Bomba Gardner Denver 5" x 4"	330,000	2	660,000
Faja del motor	250	10	2,500
Manómetro	2,500	2	5,000
Base de concreto para bombas	2,250	2	4,500
Ciclón D-15-B	145,000	2	290,000
Castillo para el cajón - del Ciclón	2,000	3	6,000
Cajones de control	2,500	2	5,000
Tanque de agua	40,000	1	40,000
Balanzas scale gravity - Marcy type	5,250	2	10,500
Vasos Bucket-Liter Plastic	1,125	4	4,500
Teléfonos y cordón eléctrico			90,000
Tubería "extra heavy schedule 80" - 4" de Ø	411/pie		1'775,500
Accesorios de línea de tubería (coplas vitaulic, codos, polietileno, reducciones, soportes para tubos, etc.			249,500
TOTAL INVERSION	:		3'143,000

b) COSTO DE INSTALACION DE MATERIALES Y EQUIPO

<u>ARTICULO</u>	<u>PRECIO TOTAL (S/.)</u>
Instalación de las bombas y base de concreto	6,500.
Castillo del cajón de control y del ciclón	5,500
Instalación de cajones de control y tanque - de agua	8,500
Instalación de tuberías y accesorios	173,000
Instalación de la línea de teléfonos	10,500
Colocación del polietileno a tuberías	7,000
	<hr/>
COSTO TOTAL	211,000

c) COSTOS DE OPERACION

Para el cálculo del costo por tonelada de relleno Hidráulico -
puesto que el tajeo tenemos que analizar los siguientes rubros:

c.1 Depreciación de Equipos y Materiales

Costo Total de inversión en materiales y equipos	S/ 3'143,000
Tasa de depreciación anual utilizado en la empresa : 10%	
Depreciación Total	
S/. 3'143,000 X 10/100	314,300
Costo de depreciación mensual	
S/. 314,300 / 12 mes.....	26,192
Tonelaje de promedio de relleno mensual (compósito)	3,798 Ton
Costo de depreciación por Ton. de relave puesto en mina:	
S/. 26,192/3,798 Ton	6.97 S/./Ton
Volumen de relave mensual puesto en mina (M ³)	1,920.53
Costo de depreciación por M ³ rellenado	
S/. 26,192/ 1920.53 M ³ =	13.62S/./M ³

c.2 COSTO POR MANTENIMIENTO Según RAFAS (Reporting And Financial Analysis Section) de 1976 en los 6 primeros meses se tuvo para Relleno Hidráulico:

Materiales de mantenimiento	S/. 150,000
Talleres	92,400
Otros servicios	<u>11,730</u>
TOTAL SEMESTRAL	254,480

Costo Mensual por mantenimiento:

S/. 254,480/6 meses 42,413

Tonelaje promedio mensual (compósito) 3,798 Tm

Costo de mantenimiento mensual por

Ton. de relleno: S/. 42,413/3,798 Ton: 11.2 S/./ Ton.

Volumen mensual de relleno 1,920.53 M³

Costo de mantenimiento mensual por M³

rellenado : S/. 42,413/1,920.53 M³..... 22.1S/./M³

c.3 COSTO POR FUERZA ELECTRICA Se posee dos bombas, siendo cada motor de 30 H.P

Se sabe que cada H.P. consume 0.746 Kw/hr es decir:

$$1 \text{ H.P.} = 0.746 \text{ Kw/hr}$$

Consumo por bomba = 0.746 x 30 Kw/hr

Consumo por 2 bombas = 2 x 0.746 x 30 Kw/hr=44.76 Kw/hr

Según el compósito, el trabajo neto de las bombas es de 20 días, por lo tanto:

Tiempo en horas de trabajo: 20 Ds. x 24 hs = 480 hs
mes

Consumo total de energía eléctrica por mes:

44.76 Kw/hr x 480 hrs= 21,485 Ks

Precio de 1 Kw/hr 0.265 Kw/hr

Costo total mensual en energía eléctrica:

21,485 Kw x 0.265 Kw/hr S/. 5,694

Tonelaje mensual de relave puesto en mina 3,798 Ton.

Volumen mensual relleno 1,920.53 M³

Costo de energía por tonelada de relleno

S/. 5,694/ 3,798 Ton. 1.5 S/./Ton

Costo de energía por M³ relleno

S/. 5,694 / 1,920.53 M³ 2.96 S/./M³

c.4 TAREAS O MANO DE OBRA Para este cálculo lo utilizaremos el compósito mensual promedio (ver apéndice).

Según nuestro promedio de tareas en la preparación de un tajeo para relleno, como el rellenado del mismo, se tiene:

Tareas de colocación del yute/tajeo	4 tareas
Nº de tajeos preparados / mes	8 tajeos
Total de tareas por 8 tajeos : 8 x 4	32 Tr
Tareas en colocación de tubos plásticos por tajeo	3 tareas
Total de tareas por tubería 3x8	24 Tr.

Según el compósito promedio mensual se tiene:

Volumen mensual rellenado	1,920.53 M ³
Densidad relativa	1.97
Tonelaje rellenado : 1,920.53 x 1.97 =	3,798 Tn.
Tiempo de Relleno	380 hs.

Siendo cada guardia de trabajo 8 horas, se tiene:

Nº de guardias de relleno : 380 Hs/8 Hs. 49 Gds

Cada guardia es de 3 hombres:

Total de tareas: 49 Gds. x 3 Tr/Gd= 147 Trs

Total mensual de tareas:

32 Tr. + 24 Tr + 147 Tr = 203 Trs.

Considerando el 10% al ciclo perfecto se llega: 203 Trs:

203 x 0.1 + 203 220 Trs.

Salario promedio por tarea S/. 692.

Costo mensual por tareas:

220 Trs x S/. 692.....S/. 152,240

Incluyendo el 10% por supervisión se tiene:

S/. 152,240 x 1.1..... S/. 167,464

Costo total mensual por mano de obra

167,464

Costo de mano de obra por tonelada de relleno S/. 167,464/3,798 Tn.....S/. 44/Ton

Costo de mano de obra por M³ rellenado:

S/. 167,464/ 1,920.53 M³83.2S/./M³

c.5 COSTO POR MADERA, CLAVOS, YUTE En el enmaderado de 15'

de altura y en ambos extremos del tajeo se emplean:

Longarinas empleadas de 8" x 8" x 10'	4
Pies cuadrados por longarina	53
Total de pies cuadrados en longarinas 4 x 53	213
Precio por pie cuadrado	S/. 4.66
Costo total de longarinas 213 x S/. 4.66 =	S/. 992.58
Tablas utilizadas	24
Pies cuadrados por tabla	18
Total de pies cuadrados en tablas 24x18	432
Precio por pie cuadrado	S/. 4.66
Costo total por tablas: 4.32xS/.4.66 =	S/. 2,013.12
Listones de 2"x3"x7' utilizados	10
Pies cuadrados por listón	3.5
Total de pies cuadrados en listones:10x3.5	35
Precio por pie cuadrado	S/. 4.66
Costo total por listones: 35xS/. 4.66	S/ 163
Redondos utilizados de 6" x 10'	4
Pies cuadrados por redondos	24
Total de pies cuadrados en redondo: 24x4	96
Precio por pie cuadrado	S/. 2.38
Costo total por redondos:	
96 x S/. 2.38 =	S/. 228.48
Total de pies cuadrados de madera:	
213 + 432 +35 + 96 =	776
Volumen total de relleno en 2 cortes:	
150' x 4.5' x 15	10,125 ps ³
Tonelaje total de relleno en 2 cortes: 567 Ton.	
Ps ² de madera por Ton. de relleno:	
776 BF/ 567 Ton	1.37 BF/Ton
Costo Total de madera	S/. 3,397.
Costo de madera por Ton. de relleno	
S/. 3,397/567 Ton	S/. 6/Ton
Volumen de relleno en M ³ :	
10,125 Ps ³ /35.3147 ps ³ /M ³	286.70 M ³
Costo de madera por M3 rellenado:	
S/. 3,397/286.7 M ³	S/. 11.85/M ³

Costo por clavos y yute:

Clavos utilizados en el entablado :24x3 c/u = 72

Clavos utilizados en las "cajas": 20x2 Cjs.	40
Total de clavos	112
# de Kgs. de clavos 6": 112 Clvs/30Clvs/Kg:	4
Precio de 1 Kg	S/. 42
Costo Total por Clvs: 4 kg x S/. 42 x Kg	S/. 168
Costo por yute:	
Poliyute utilizado en cada extracción:	
7 Mt x 6 Mt + 3 Mt x 2 Mt :	48 M ²
Poliyute total en dos extracciones:	
48 Mt ² x 2	96 M ²
Precio de un M ² de poliyute	S/. 17.70
Costo total por poliyute:	
96 M ² x S/. 17.80	S/. 1,710
Costo total por clavos y poliyute para	
2 cortes rellenos : S/. 168+S/. 1,710	S/. 1,878
Tonelaje en 2 cortes rellenos	567 Ton
Volumen rellenos en 2cortes	286.7 M ³
Costo en clavos y poliyute por Ton. de	
relleno : S/. 1878/567 Ton	S/. 3.31/Ton
Costo en clavos y poliyute por M ³	
relleno : S/. 1878/286.7 M ³	S/. 6.55/ M ³

COSTOS DE LAS OTRAS FORMAS CONVENCIONALES DE RELLENO

Para poder hacer facilmente una evaluaci3n econ3mica entre el Relleno Hidr3ulico, el Relleno con Grava y el Relleno con Cajas, a continuaci3n presentamos los costos de ambas formas de relleno.

COSTOS DE RELLENO CON GRAVA.-

a) COSTOS DE INVERSION EN MATERIALES Y EQUIPOS

ARTICULO	S/ UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Locomotora El3ctrica Goodman 75-B-30-54-T de 6 Tons	7'274,000	1	7'274,000
Carro Valancin 40 ps ³	139,500	10	1'390,500
Rieles de 40 lbs/yd	171.5 S/./pie	10,960	1'879,640
ACCESORIOS DE RIELES			
Eclisas	S/.237 c/u	730	173,010
Pernos	S/. 70 c/u	1,460	102,200
Durmientes	S/.55.92 c/u	2,740	153,221
Clavos	S/. 9.2 c/u	10,960	100,832
L3nea de Trolley	S/. 53/pie	5,480	290,440
ACCESORIOS PARA TROLLEY			
Puntales Para trolley	S/, 38.08 c/u	110	4,189
Bases para trolley	S/. 646 c/u	110	71,060
Wincha de 2 tamboras	S/. 385,000	1	385,000
Construcci3n de 2 Fill Pass	S/. 995,577	2	1'991,154
TOTAL DE	INVERSION		13'815,246

b) COSTOS DE INSTALACION DE RIELES Y TROLLEY

Los cálculos de costos de instalación tanto de rieles como de línea de trolley damos en el apéndice. Los resultados damos a continuación:

Costo total por instalación de rieles	S/. 169,000
Costo total por instalación de línea trolley	<u>50,000</u>
Costo Total por instalación de rieles y Trolley	S/. 219,000

c) COSTOS DE OPERACION

c.1 Depreciación de Equipos y Materiales.-

Costo Total de inversión en materiales y equipos	S/. 13'815,246.
Tasa de depreciación anual utilizado - en la Empresa	10%
Depreciación total anual: $13'815,246 \times 0.10$	1'381,525
Costo de depreciación mensual: $1'381,525 / 12$	115,127
Tonelaje promedio de Relleno Mensual (ver Apéndice)	3,050.61Ton
Volumen de Relleno Mensual	1,920.53 M ³
Costo de Depreciación por TCS de Relleno: S/. $115,127 / 3,050.61$	37.74/TCS
Costo de depreciación por M ³ de Relleno: S/. $115,127 / 1,920.51$	60. /M ³

c.2 Costos por Reparación, Mantenimiento, y Repuestos

Utilizando el 15% que es lo que se estima para este rubro en la preparación del presupuesto anual (RAFAS) tenemos:

Inversión	S/. 13'815,246
Costos de reparación y mantenimiento anual S/. $13'815,246 \times \frac{15}{100}$	2'072,287
Costo mensual por mantenimiento: $\frac{2'072,287}{12}$	172,691/mes
Tonelaje mensual de relleno	3,050.61 TCS
Volumen mensual de relleno	1,920.53 M ³

Costo de Mantenimiento por T.M. de relleno:
S/. 172,691

3,050.61 TCS 56.61S/./TCS

Costo de mantenimiento por M³ de relleno:
S/. 172,691

1,920.53 M³ 90.00S/./M³

c.3 COSTO POR ENERGIA ELECTRICA

Según la fórmula:

$$E = \frac{\alpha \cdot U \cdot Nm (Ic \cdot Tc + Iv \cdot Tv)}{60 \times 1,000} \quad \text{Kwh}$$

En donde:

U = Tensión media en los bornes de subestación (v) \approx 250

α = Coeficiente que varía entre 1.15 y 1.4 \approx 1.2

Nm = N° de Motores de la locomotora \approx 2

Ic, Iv = Corriente Consumida por el motor en el período de Movimiento (amperios) : Ic=72; Iv = 60

Tc, Tv = Duración de la marcha del tren con Vagón carga - dos y vacíos (en minutos) : Tc \approx 40', Tv = 20'

Por lo tanto reemplazando:

$$E = \frac{1.2 \times 250 \times 2 (72 \times 40 + 60 \times 20)}{60 \times 1000} \quad \text{Kwh}$$

$$E_t = 40.8 \quad \text{Kw-h}$$

Para rellenar un tajeo con grava se utiliza un promedio - de 7 guardias (ver Apéndice), por lo tanto:

N° de horas por guardia 6 horas netas

Total de horas empleadas para rellenar un tajeo: 6 horas x 7 guardias 42 horas

Costo de un Kw-hora 0.265 s/kwh

De donde:

Energía Eléctrica total para rellenar un tajeo: $E_{total} = 40.8 \text{ Kw-h} \times 42 \text{ hs}$ 1,713.6 Kw

Costo por Energía : 1,713.6 Kw x 0.265 s/Kw-h S/. 454.1

Tonelaje Rellenado	455.4 T.M.
Volumen Rellenado	286.7 M ³
Costo de Energía Eléctrica por tonelada de relleno	S/. $\frac{454.1}{455.4 \text{ T.M.}}$ 1\$/TCS
Costo de Energía Eléctrica por M ³ relleno	S/. $\frac{454.1}{286.7 \text{ M}^3} = 1.61 \$/\text{M}^3$

c.4 Tareas o Mano de Obra

Primero enumeraremos correlativamente los pasos realizados para rellenar un tajeo de 150' de largo:

1. Enrejado de 2 pisos (4 caras)	0 guardia
2. Desentablado de 2 pisos en el "shute" y modificación del camino	1 1/2 guardia
3. Colocación de un "Tapón" (2 redondos en patillas y 8 tablas de 7')	1 1/2 guardia
4. Colocación de la ranfla (2 redondos en patillas, las alas con 10 tablas de 7', la cama con tablas de 10')	0 guardia
5. Operación de rastrillaje y relleno del tajeo	6 días
6. Desarmado de la ranfla, acondicionamiento del camino y entablado de 2 pisos (que se desarmó para el Tapón)	<u>3 guardias</u>

TOTAL DE GUARDIAS UTILIZADAS: 18 guardias

c.4.1 Por lo tanto tenemos por preparación y relleno del tajeo con grava:

Nº de guardias utilizadas	18 guardias
Tareas por guardia	2
Total de tareas	18 x 2 = 36 tareas
Costo por tarea diaria	S/. 692.00
Costo total : 36 tareas x S/. 692/tarea	S/. 24,912

c.4.2 Costo por transporte de relleno hasta el tajeo

Nº de guardias por transporte hasta el fill Pass principal (Ver apéndice)	5
Nº de guardias por transporte desde el Fill Pass hasta los tajeos	2
Nº de guardias de rastrillaje de grava en superficie	<u>5</u>

TOTAL DE GUARDIAS UTILIZADAS POR TAJEO 12 guards.

Personal por guardia	2
Total de tareas por transporte de relleno hasta el tajeo: 12 guardias x 2 tareas	24
Costo por tarea	S/. 692.
Costo total por transporte de relleno por tajeo: 24 tareas x S/. 692.	S/. 16,608.

Por lo tanto tenemos:

Costo total por preparación y relleno de un tajeo	S/. 24,912.
Costo total por transporte de relleno por tajeo	<u>16,608</u>
Costo por Mano de Obra por tajeo	41,520
Más el 10% por supervisión : S/. 41,520 x 0.10	<u>4,152</u>

Costo total de mano de obra por tajeo relleno	45,672.
Volumen relleno: 10,125. Ps ³	286.7 M ³
Tonelaje de relleno por tajeo (ver apéndice)	455.4 TCS
Costo de Mano de Obra por M ³ relleno : 45,672/286.7 M ³	S/. 159.3 /M ³
Costo de Mano de Obra por T.M. de relleno : S/. 45,672/455.4	S/. 100.29/T.M.

c.5 Costo de Madera y Clavos

Según los trabajos realizados cronológicamente tenemos:

1. Enrejado de dos pisos (4 caras)	
4 Longarinas de 8"x8" x 10': 4x53 B.F.	53 B.F.
24 tablas de 3"x 10"x7': 24x18 B.F.	432
Clavos utilizados: 24 tablasx3 C/u	72 clavos
Nº de Kilos de clavos: 72 clv/30clv/kilo	2.4Kgs
2. Desentablado de 2 pisos en el compartimento "shute" y modificación del camino: 50 clvs.	1.66 kg.
3. Colocación de un tapón:	
2 redondos de 5"x10': 2x16 B.F.	32 B.F.
8 tablas de 3" x 10"x7': 8x18 B.F.	144 B.F.
4. Colocación de la ranfla	
2 redondos de 5"x10': 2x16B.F.	32 B.F.
8 tablas de 3"x10"x7': 8x18 B.F.	144
10 tablas de 3"x10"x7': 10x18 B.F.	180
Total de clavos: 60	2 Kgs.

5. Enrejado de 2 caras en cada extremo de tajeo	
24 tablas de 3"x10"x7':24x18 B.F.	432 B.F.
Total de clavos: 100	3.33 Kgs.
6. Operación de rastrillaje y relleno del tajeo	0
7. Desarmado de la ranfla, acondicionamiento del camino y entablado de 2 pisos (que se desarmó para el tapón).	
Consumo de Clavos: 100	3.33 Kg
Total de B.F. empleados	1,449 B.F.
Total de clavos empleados	12.72 Kg.
Precio de 1Kg. clavo	S/. 42.-
Costo Total por madera: S/. 4.66x1,449 B.F.	S/.6,752
Costo Total por clavos: S/. 42.- x 12.72 Kg.	S/. 534.-
Costo global por madera y clavos: S/.6,752xS/.534	S/. 7,286
Tonelaje relleno	455.4 TCS
Volumen Rellenado	286.7 M ³
Costo de madera y clavos por T.M. relleno:S/.7,286/455.4 TCS	
S/. 16/T.M	
Costo de madera y clavos por M ³ de relleno: S/. 7,286/286.7 M ³	
S/. 25.41/M ³	

RELLENO CON CAJAS

a) Inversión en Equipos y Materiales

ARTICULO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Wincha neumática de 2 tamboras	385,000	4	1'540,000
Rastrillo de 24"	40,000	4	160,000
Cables de Tracción (5/8")	S/.42.77/ pie	600'	25,662
Cable de retorno (1/2")	S/.27.68/ pie	600'	16,608
Máquinas perforadoras Ingersoll Rand R-300A	100,000	4	400,000
Juego de barreno	5,539	4	18,156
Mangueras de aire	S/.113.4/ pie	8 de 50' c/u	45,360
Mangueras de agua	S/.69.6/ pie	8 de 50' c / u	27,840
COSTO TOTAL DE INNVERSION			S/2'233,626

c) Costos de Operación:

Analizaremos los siguientes rubros

- c.1. Depreciación de equipos y materiales
- c.2 Mantenimiento
- c.3 Consumo de Energía (aire comprimido)
- c.4 Tareas o mano de obra
- c.5 Costos de madera y clavos

c.1. Depreciación de equipos y materiales

Costos Total de inversión en materiales y equipos	S/. 2'233,626.
Tasa de depreciación anual utilizado en la empresa	10%
Depreciación total anual: $2'233,626 \times 0.10$	223,363.
Costo por depreciación mensual: $223,363/12$ meses	18,614
Volumen rellenado al mes	1,920.53 M ³
Costo de depreciación por M ³ rellenado: S/. $18,614/1,920.53 M^3$	S/. 9.7/ M ³
Tonelaje mensual de relleno con cajas (Ver apéndice)	3,472.6 T.C.S
Costo de depreciación por T.C.S. rellenado: S/. $18,614/3,472.6 T.C.S.$	5.36 T.C.S.

c.2 Costo por Mantenimiento

Utilizando el 15% de la inversión en Equipos y materiales tenemos:

Inversión en equipos y materiales	S/. 2'233,626
Costo anual por mantenimiento : $2'233,626 \times 0.15$	333,544
Costo mensual por mantenimiento: $333,544/12$	27,795
Volumen rellenado al mes:	1,920.53 M ³
Costo de mantenimiento por M ³ de relleno: S/. $27,795/1,920.53 M^3$	S/. 14.5/M ³
Tonelaje mensual de relleno con cajas (Ver apéndice)	3,472.6 T.C.S.
Costo de mantenimiento por Tonelada de relleno S/. <u>27,795</u> $3,472.6 T.C.S.$	S/. 8./T.C.S.

c.3 Consumo de Energía

Tonelaje Total Mensual de relleno con grava		3,472.6 T.C.S
Costo de aire comprimido por T.C.S.	S/.	4.36
Costo Total de aire comprimido al mes:		
S/. $4.36 \times 3,472.6$		15,140.54
Volumen total mensual relleno con grava		1,920.53 M ³
Costo de aire comprimido por M ³ relleno:		
S/. $\frac{15,140.54}{1,920.53 \text{ M}^3}$	S/.	7.88/M ³

c.4 Costo por Tareas o Mano de Obra

Los pasos seguidos en forma correlativa es como sigue:

1. Enrejado de 1 piso en ambas chimeneas (2 caras)		0
2. Subir las 2 winchas y rastrillos 1 piso arriba		1 1/2
3. Bases de la wincha y apuntalado de la misma		1
4. Perforación, voladura y rastrillaje del desmonte en los "Glory Hols"		<u>20</u>
Total de guardias utilizados		22 1/2 g.
Nº de tareas por guardia		2 tareas
Total de tareas empleadas: 22.5 guard. x 2 Tareas/guardia		45 tareas
Costo de 1 tarea	S/.	692.
Costo por mano de obra: 45 tareas x S/. 692 Tareas	S/.	31,140.
Más el 10% por supervisión:		
S/. $31,140 \times 0.10$		3,114
Costo total por Mano de Obra:		
S/. $31,140 + 3,114$	S/.	34,254
Volumen relleno (1 corte): $\frac{286.70 \text{ M}^3}{2}$		143.35 M ³
Costo de mano de obra por M ³ relleno:		
S/ $\frac{34,254}{143.35 \text{ M}^3}$	S/.	239/M ³
Tonelaje relleno con caja en 1 corte (ver apéndice)		.259.2 T.C.S.
Costo de mano de obra por tonelada de relleno con cajas : S/. $\frac{34,254}{259.2 \text{ T.C.S.}}$	S/.	132.2/T.C.S.

c.5.1 Costo por madera y clavos

De acuerdo a los trabajos realizados en orden cronológico tenemos:

1. Enrejado de 1 piso en ambas chimeneas (2 caras)	
2 longarinas de 8"x8"x10':2x53 B.F.	53 B.F
12 tablas de 3"x10"x7':12x18 B.F.	216 B.F.
Clavos utilizados:	
12 tablas x 3 c/u	36 clv.
N°de kilos de clavos: 36 clv/30clv/Kg.	1.2 Kg
2. Subir 2 winchas y rastrillos 1 piso arriba	0
3. Base para wincha y apuntalamiento de las mismas:	
10 tablas de 3"x10"x7':10x18 B.F.	180 B.F
6 Redondos de 5"x10':6x16 B.F.	96 B.F
4. Perforación, Voladura y rastrillaje	
5 redondos de 5"x10':5x16 B.F.	80 B.F
Total de B.F. empleados	625 B.F
Total de clavos empleados:	1.2 Kg.
Precio de 1 B.F. (eucaliptus)	S/. 4.66
Precio de 1 Kg. de clavos	S/.42.00
Costo total por maderas 625xS/. 4.66	S/.2,913.00
Costo total por clavos : 1.2 Kg. x S/. 42.	S/.50.00
Costo global por madera y clavos	S/.2,963.00
Costo de madera y clavos por M ³ rellenado S/. <u>2,963</u>	S/. 20.67/M ³
143.35 M ³	
Costo de madera y clavos por tonelada rellenada: S/. <u>2,963</u>	S/. 11.4/T.C.S
259.2 T.C.S.	

c.5.2 Costo de Materiales de Voladura

Para rellenar un corte (7.5' de alto) de un tajeo de 150' de largo mediante rotura de cajas, se emplea el siguiente material de voladura (cálculos ver en apéndice)

Pies de mechas de seguridad FAMESA empleadas	4,080'
Precio del pie de guía	S/. 1.71/pie
Costo Total en Mechas : 4,080' x S/. 1.7/pie	S/. 6,977
Total de fulminantes N°6 utilizados	510

Precio unitario del fulminante N°6	S/. 4.50
Costo Total por fulminantes: 510xS/. 4.50	S/. 2,295.
Total de conectores utilizados	510
Precio unitario del conector	S/. 3.45
Costo total por conectores: 510xS/. 3.45	S/. 1,760
Total de "Igniter Cord" empleados:	750'
Precio unitario del "Igniter cord"	S/. 1.22/pie
Costo total por "Igniter Cord": 750'x S/.1.22	S/. 915.
Total de cartuchos de 60%	3,060
Precio de un Cartucho	S/. 6,577
Costo total por dinamita 60%: 3,060x6,577	S/. 20,126
Costo total por materiales de voladura	S/. 32,073.
Volumen relleno (1 corte)	143.35 M ³
Costo Total de materiales de voladura por M ³ de relleno: S/. 32,073/143.35 M ³	S/. 224/M ³
Toneladas de relleno de Cajas por corte	259.2 T.C.S
Costo Total de materiales de voladura por tonelada de relleno: S/. 32,073/259.2	S/. 123.78/T.C.S.

COSTOS COMPARATIVOS DE RELLENO HIDRAULICO CON RESPECTO A - LAS OTRAS FORMAS DE RELLENO

Con los diferentes costos hallados para cada uno de los métodos de relleno (ver índice), haremos una evaluación económica del Relleno Hidráulico respecto a las dos formas convencionales, en forma separada.

A continuación presentamos los costos tabulados para cada uno de los Métodos de Relleno.

COSTOS DE INVERSION E INSTALACION
DE EQUIPO

TIPO DE COSTO	RELLENO HIDRAULICO	RELLENO CON GRAVA	RELLENO CON CAJAS
Costos de Inversión	3'143,000	13'815,000	2'234,000
Costo de Instalación	211,000	219,000	0,000
Costo Total por Métodos	3'354,000	14'034,000	2'234,000

COSTOS DE OPERACION POR METODO DE RELLENO

TIPO DE COSTOS	COSTOS EN RELLENO HIDRAULICO		COSTOS EN RELLENO CON GRAVA		COSTOS EN RELLENO CON CAJA	
	TON	M ³	TON	M ³	TON	M ³
Depreciación de Equipos y Materiales	6.9	13.63	37.74	60	5.36	9.7
Mantenimiento	11.2	22.1	56.61	90	8.0	14.5
Energía	1.5	2.96	1.0	1.6	4.36	7.88
Mano de Obra	44.0	87.2	100.29	159.3	132.2	239.0
Madera, Clavos y Yute	9.31	18.40	16.0	25.41	11.4	20.67
Explosivos	-	-	-	-	123.78	224.0
TOTAL DE COSTOS UNITARIOS POR METODOS	72.91	144.29	211.64	336.31	285.1	515.75
TOTAL DE COSTO MENSUAL POR METODO	276,912	276,912	645,631	645,631	990,038	990,038
COSTO ANUAL POR METODO	3'322,944	3'322,944	7'747,572	7'747,572	11'880,456	11'880,456

Ahorro anual del Relleno Hidráulico respecto al relleno con Grava:
S/. 7'747,572- S/. 3'322,944 = S/. 4'424,628.

Ahorro anual del Relleno Hidráulico respecto al Relleno con Cajas:
S/. 11'880,456 - S/. 3'322,944 = S/. 8'557,512.

FORMULAS DEL PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSION (PAY BACK)
Y DEL RENDIMIENTO DE LA INVERSION

En el acápite anterior hemos visto que el Relleno Hidráulico es más económico que las dos formas convencionales de relleno. Con todo estos datos a continuación calcularemos el "Período de Retorno - de la Inversión", pero antes definiremos cada uno de estos índices.

PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSION (PAY BACK): Este índice representa el tiempo que debe transcurrir expresado en años, para recuperar a través de los ahorros que se obtienen, la totalidad del dinero invertido.

PAY BACK (años) = Inversión Original

Promedio anual de retomo de fondos

RENDIMIENTO DE LA INVERSION Este índice refleja el % de la inversión representado por el promedio anual de utilidad neta.

RENDIMIENTO DE LA INVERSION = $\frac{\text{Promedio anual de utilidades netax100}}{\text{Inversión original}}$

A. CALCULO DEL PAY BACK Y RENDIMIENTO DE LA INVERSION RESPECTO AL RELLENO CON GRAVA

Si se tratase de hacer una evaluación económica entre el relleno de Grava y el Hidráulico, para el cálculo del período de retorno de la inversión (Pay Back), se tendría:

Pay Back = $\frac{\text{Inversión Original}}{\text{Promedio Anual de Retorno de Fondos}}$

En donde:

Inversión Original : S/. 3'354,000

Promedio de Retorno de Fondos : S/. ??

RENTA NETA= AHORRO ANUAL - DEPRECIACION

$$\text{Renta Neta} = \text{S/} . 4'424,628 - \text{S/} . 3'354,000 \times 10/100$$

$$\text{Renta Neta} = \text{S/} . 4'089,228$$

UTILIDAD IMPONIBLE = RENTA NETA - 11% (Comunidad Minera Inst. Tecn.)

$$\text{Utilidad Imponible} = \text{S/} . 4'089,228 - \text{S/} . 4'089,228 \times 11/100$$

$$\text{Utilidad Imponible} = \text{S/} . 3'639,413$$

UTILIDAD NETA = UTILIDAD IMPONIBLE - 56% UTILIDAD IMPONIBLE (Impuesto)

$$\text{Utilidad Neta} = \text{S/} . 3'639,413 - \text{S/} . 3'639,413 \times 56/100$$

$$\text{Utilidad Neta} = \text{S/} . 1'601,342.$$

RETORNO DE FONDOS= Utilidad Neta + Depreciación + 6% Renta Neta (Comunidad Minera)

$$\text{Retorno de fondos} = \text{S/} . 1'601,342 + \text{S/} . 335,400 + \text{S/} . 4'089,228 \times 6/100$$

$$\text{Retorno de Fondos} = \text{S/} . 4'390,279.$$

Reemplazando en la fórmula de Pay Back (años) se tiene:

PERIODO DE RETORNO DE LA INVERSION

$$(\text{PAY BACK}) (\text{Años}) = \text{S/} . 3'354,000 / \text{S/} . 4'390,279$$

$$\text{PAY BACK} = 0.763 \text{ Años}$$

Para el cálculo del Rendimiento de la Inversión (%) se tiene:

$$\text{RENDIMIENTO DE LA INVERSION (\%)} = \frac{\text{PROMEDIO ANUAL DE UTILIDAD NETA (100)}}{\text{INVERSION ORIGINAL}}$$

Reemplazando:

$$\text{RENDIMIENTO DE LA INVERSION (\%)} = \frac{\text{S/} . 1'601,342 \times 100}{\text{S/} . 3'354,000}$$

$$\text{RENDIMIENTO DE LA INVERSION (\%)} = 47.74\%$$

B. CALCULO DEL PAY BACK Y RENDIMIENTO DE LA INVERSION RESPECTO
AL RELLENO CON CAJAS

Si la Evaluación Económica fuera del Relleno Hidráulico respecto al Relleno con Cajas, para el cálculo del Período de Retorno de la Inversión (Pay Back) se tendría:

$$\text{Pay Back (Años)} = \frac{\text{Inversión Original}}{\text{Promedio Anual de Retorno de fondos}}$$

$$\text{Inversión Original (Rell. Hidr.)} = \text{S/} . 3'354,000$$

$$\text{Promedio de Retorno de Fondos} = ??$$

Para el Cálculo del Retorno de Fondos se tiene:

$$\text{Renta Neta} = \text{Ahorro Anual} - \text{Depreciación}$$

$$\text{Renta Neta} = \text{S/} . 8'557,512 - \text{S/} . 3'354,000 \times 10/100$$

$$\text{Renta Neta} = \text{S/} . 8'222,112$$

$$\text{Utilidad Imponible} = \text{Renta Neta} - 11\% \text{ (Com. Min. e Instit. Tecnológico)}$$

$$\text{Utilidad Imponible} = \text{S/} . 8'222,112 - \text{S/} . 8'222,112 \times 11/100$$

$$\text{Utilidad Imponible} = \text{S/} . 7'317,680$$

$$\text{Utilidad Neta} = \text{Utilidad Imponible} - 56\% \text{ (Impuestos)}$$

$$\text{Utilidad Neta} = \text{S/} . 7'317,680 - \text{S/} . 7'317,680 \times 56/100$$

$$\text{Utilidad Neta} = \text{S/} . 3'219,780$$

$$\text{Retorno de Fondos} = \text{Utilidad Neta} + \text{Depreciación} + 6\% \text{ R.Neta (Com. Min)}$$

$$\text{Retorno de Fondos} = \text{S/} . 3'219,780 + \text{S/} . 3'354,400 \times 10/100 + \text{S/} . 8'822,112 \times 6/100$$

$$\text{Retorno de Fondos} = \text{S/} . 4'048,507$$

Reemplazando en la Fórmula de Pay Back (años) se tiene:

Período de Retorno de la

$$\text{Inversión (Pay Back) (años)} = \text{S/} . 3'354,000 / \text{S/} . 4'048,507$$

$$\text{Pay Back (años)} = 0.83 \text{ años}$$

Para el Cálculo del Rendimiento de la Inversión (%) se tiene:

$$\text{Rendimiento de la Inversión (\%)} = \frac{\text{Promedio Anual de Utilidad Neta (100)}}{\text{Inversión Original}}$$

Inversión Original

Reemplazando

$$\text{Rendimiento de la Inversión (\%)} = \frac{\text{S/} . 3'219,780 \times 100}{\text{S/} . 3'354,000}$$

$$\text{S/} . 3'354,000$$

$$\text{Rendimiento de la Inversión (\%)} = 95\%$$

C A P I T U L O V I I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez terminado de analizar el Relleno Hidráulico como etapa de explotación en la mina Sulfurosa de Morococha - Centramín Perú, nos abocamos ahora a resumir conceptos y analizar diferencias con las otras formas de relleno.

A. Recuperación y Dilución.- Con la utilización del Relleno Hidráulico en la explotación general de las vetas en la Mina Sulfurosa nos permitirá disminuir grandemente la dilución existente (38% a 22%) al anularse por completo el Shrinkage como método de explotación, lo cual también incidiría grandemente a una recuperación total de mineral roto, ya que queda muchas veces más del 30% del mineral roto atrapados en el tajeo, imposibles de ser recuperados durante la etapa de vaciado.

B. Diferencias y Semejanzas.- Las diferencias y semejanzas - las agruparemos en dos partes:

B.1. Diferencias y Semejanzas entre Relleno Hidráulico y Relleno con Grava.-

a) Semejanzas

- Tanto el Relleno Hidráulico como el Relleno con Grava usan chimeneas de ~~dos~~ compartimentos que hacen desembocar el relleno a los tajeos vecinos.
- Ambos tipos de relleno son usados para tajeos de Rotura ascendente.

b) Diferencias

- El Relleno Hidráulico como su nombre lo indica, los sólidos son transportados en forma de pulpa hasta las labores a rellenarse mediante tuberías.

- En cambio el transporte del relleno con Grava es realizado hasta los tajeos a rellenarse mediante carros velancines, es decir, el transporte es sobre rie-

- El Relleno Hidráulico se obtiene como residuos pulposos de la planta concentradora granulométricamente clasificados mediante ciclones.
- Mientras que el relleno de Grava es obtenido de las laderas de los cerros cercanos a las labores en producción, ya se con winchas o payloaders.
- La preparación para Relleno del Tajeo es diferente para ambas formas; mientras que para Relleno Hidráulico hay que usar yute en los extremos del tajeo, en el Relleno con Cajas no es necesario.
- La duración de tiempo de rellenado de un tajeo como se ve en el Diagrama de Gannt(Graf. # 2), con Relleno Hidráulico es 7 guardias, mientras que con Relleno de Grava es de 12 guardias, sin considerar que el tiempo utilizado en la preparación de un tajeo para relleno hidráulico es menor en 2 guardias que para un tajeo de Relleno con Grava.
- En los Costos Directos de Operación , también habrá diferencias, ya que hemos visto que al variar el tiempo de rellenado de un tajeo y al reducir el consumo de madera, tenemos variaciones que van desde un costo máximo por Ton. de S/. 211.64 en Relleno con Grava, hasta un mínimo de S/. 72.91 en Relleno Hidráulico.

B.2. Diferencias y Semejanzas del Relleno Hidráulico respecto al Relleno con Cajas:

a) Semejanzas: Aparte de que ambos métodos de relleno son utilizados para tajeos de Rotura Ascendente, no existe ninguna semejanza entre ambas formas de relleno.

b) Diferencias:

1°En Relleno Hidráulico el transporte es por tuberías, mientras que para Relleno con Cajas no se emplea transporte (el Relleno se obtiene del mismo tajeo)

2°El tiempo que se emplea en Rellenar un tajeo con Relleno Hidráulico es 7 guardias, mientras que en Relleno con Cajas es de 20 guardias (Ver Diagr. de Gannt -Gráfico N° 2)

- El Relleno Hidráulico se obtiene como residuos pulposos de la planta concentradora granulométricamente clasificados mediante ciclones.
- Mientras que el relleno de Grava es obtenido de las laderas de los cerros cercanos a las labores en producción, ya se con winchas o payloaders.
- La preparación para Relleno del Tajeo es diferente para ambas formas; mientras que para Relleno Hidráulico hay que usar yute en los extremos del tajeo, en el Relleno con Cajas no es necesario.
- La duración de tiempo de rellenado de un tajeo como se ve en el Diagrama de Gantt(Graf. # 2), con Relleno Hidráulico es 7 guardias, mientras que con Relleno de Grava es de 12 guardias, sin considerar que el tiempo utilizado en la preparación de un tajeo para relleno hidráulico es menor en 2 guardias que para un tajeo de Relleno con Grava.
- En los Costos Directos de Operación , también habrá diferencias, ya que hemos visto que al variar el tiempo de rellenado de un tajeo y al reducir el consumo de madera, tenemos variaciones que van desde un costo máximo por Ton. de S/. 211.64 en Relleno con Grava, hasta un mínimo de S/. 72.91 en Relleno Hidráulico.

B.2. Diferencias y Semejanzas del Relleno Hidráulico respecto al Relleno con Cajas:

a) Semejanzas: Aparte de que ambos métodos de relleno son utilizados para tajeos de Rotura Ascendente, no existe ninguna semejanza entre ambas formas de relleno.

b) Diferencias:

1°En Relleno Hidráulico el transporte es por tuberías, mientras que para Relleno con Cajas no se emplea transporte (el Relleno se obtiene del mismo tajeo)

2°El tiempo que se emplea en Rellenar un tajeo con Relleno Hidráulico es 7 guardias, mientras que en Relleno con Cajas es de 20 guardias (Ver Diagr. de Gantt -Gráfico N° 2)

3° En los Costos Directos existen también diferencias incidiendo mayormente para esto el tiempo de rellenado, haciendo que haya un Costo Máximo de S/. 285.1/Ton. en Relleno con Cajas, y un Costo Mínimo de S/. 72.1/Ton. en Relleno Hidráulico.

C. Diferencias de Eficiencias y Costos entre Relleno Hidráulico - Relleno con Grava y Relleno con Cajas

La eficiencia de los tres métodos de Relleno lo analizaremos brevemente en función del Volumen Rellenado.

1. Eficiencias:

a) Para Relleno con Cajas: Como en este Método, el tajeo se rellena corte por corte, el Volumen Rellenado por tajeo es de 143.35 M^3 , utilizándose para esto en Preparación del tajeo para relleno 5 tareas, y para relleno del tajeo 40 tareas, esto nos da una eficiencia de $143.35 \text{ M}^3 / 45 \text{ H-G}$, es decir $3.19 \text{ M}^3/\text{H-G}$

b) Para Relleno con Gravas: Hemos visto que el relleno de un tajeo standard de $150' \times 4.5' \times 15'$, es decir 2-cortes (286.7 M^3), se emplean para la preparación y relleno del mismo 36 tareas, y que para el transporte del relleno hasta el tajeo se emplean 24 tareas; entonces la eficiencia será $286.7 \text{ M}^3 / 60\text{H-G}$, es decir $4.78 \text{ M}^3 / \text{H-G}$.

Vemos que este Método resulta mucho más eficiente en un 33% con respecto al Relleno con Cajas.

c) Para Relleno Hidráulico: Utilizando el Compósito Mensual Promedio se halló que la eficiencia para Relleno Hidráulico es de $8.73 \text{ M}^3 / \text{H-G}$, por lo tanto podemos decir en resumen que: Es menos eficiente el Método de Relleno con Cajas, y el más eficiente, el Método de Relleno Hidráulico, estando intermedio el Método de Relleno con Grava, que es lo que queríamos demostrar.

2. Costos de Operación:

Según el resumen de "Costos de Operación Anual por Métodos de Relleno" en el cual se analizó los costos de: Deprecia-

ción de Equipo y Materiales, Mantenimiento, Energía, Mano-de Obra, Madera-Clavos-Yute, y Explosivos, se obtuvo los siguientes resultados:

- a) Para Relleno con Cajas: Hemos obtenido que para este método de Relleno, el Costo por Ton. es de S/. 285.1, o lo que es lo mismo S/. 515.75/M³
- b) Para Relleno con Grava: Este Método de Relleno cuesta S/. 211.64/Ton., o lo que es lo mismo S/. 336.31/M³. Como se ve, es más económico que el anterior en S/. 73.46/Ton., es decir, más barato en 26%/Ton.
- c) Para Relleno Hidráulico: El costo de Relleno por Ton.- puesto en tajeo es de S/. 72.91.

Hemos obtenido que el costo mas alto para una tonelada de relleno puesto en el tajeo corresponde a Relleno con Cajas (S/. 285.1/Ton.) y el menos costoso corresponde a Relleno Hidráulico (S/. 72.91/Ton.) que es lo mismo - que queríamos demostrar.

D. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de todo lo analizado podemos decir finalmente:

1. Que es más eficiente y económico el empleo de Relleno Hidráulico con respecto al Relleno con Grava y Relleno con Cajas.
2. Que hay una gran simplificación del trabajo en el Método de Relleno Hidráulico con referencia al Método con Grava.
3. Que se aligera notablemente los ciclos de Explotación en Tajeos de Corte y Relleno, y Arch Back, usando el Relleno Hidráulico que usan el Relleno con Grava.
4. Que en la Mina Sulfurosa se eliminó totalmente el Método de Shrinkage Estático, y se disminuyó notablemente el número de tajeos de "Shrinkage Dinámico" que originaba muchos problemas de dilución y pérdidas de mineral roto, aumentándose naturalmente los tajeos de Corte y Relleno Hidráulico
5. Por su ineficiencia y escasés de materias primas (taludes) el Relleno con Grava ha ido paulatinamente siendo absorbido por el Relleno Hidráulico.

C A P I T U L O V I I I

GEOLOGIA GENERALIZADA DE LA ZONA - APENDICE I

I N T R O D U C C I O N

La Mina de Morococha se encuentra ubicada en el Distrito de Mine-ro de Morococha, Provincia de Yauli, Departamento de Junín, a 140 - kilómetros de Lima, por la carretera central Lima-Oroya y aproximada-mente a 5 kilómetros al Este de la Divisoria Continental (Ticlio). Las coordenadas geográficas que corresponden a la zona son:

76° 08	Longitud Oeste
11° 36	Longitud Sur

La Mina es fácilmente accesible por la carretera central Lima - Oroya, la que pasa a través del distrito.

La Topografía del distrito es abrupta, con elevaciones que está - entre 4,400 y 5,100 metros de altura sobre el nivel del mar.

El Clima de la región es frígida con dos estaciones bien marca - das; la húmeda, de Noviembre a Abril con precipitaciones sólidas y - líquidas, y la seca durante el resto del año.

El acceso al interior de la mina se hace diferente bocaminas y - por tres piques. Las zonas de trabajo están bastante alejadas unas - de otras, pero casi todas ellas conectadas por galerías o con entra- das individuales por superficie. La mina está bastante desarrollada y trabajada en su parte central, hasta una profundidad de 1,700 pies. A esta profundidad se encuentra el último nivel de los 9 principales que existen

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

A principios del Terciario, fuerzas comprensivas de dirección E-W arquearon las rocas sedimentarias y formaron un gran anticlinal asimé- trico con los volcánicos Catalina formando el núcleo. El eje del an- ticlinal tiene un rumbo norte-noroeste y plunge 10-15°N. El buzamien- to del flanco oeste es de 20°- 30° y del flanco este es de 30°- 40°

Las fuerzas comprensivas que formaron el anticlinal, fueron mitigadas por la formación de 2 fallas inversas, la falla Gertrudis en el flanco oeste y la falla Potosí-Toldo en el flanco este.

Posteriormente, pero siempre en relación directa con las fuerzas de comprensión, se formaron fallas de cizalla en dirección NE-SE y NW-SE. Más tarde aún, como consecuencia de un arqueamiento del eje del anticlinal, se formaron Fracturas de tensión con dirección E-W.

Todas las rocas estratificadas fueron atravesadas por 2 tipos de rocas intrusivas, estando el centro de emplazamiento al oeste de la cresta del anticlinal.

El intrusivo Anticona, que está formado por dioritas **por fíricas** es el más antiguo y se encuentra al oeste y noroeste del distrito. Este intrusivo ha alterado muy ligeramente a las rocas sedimentarias.

El intrusivo Morococha comprende varios stocks. El stock San Francisco, es una monzonita cuarcífera con fases granodioríticas. Se encuentra en la parte central del área y es el centro de la mineralización. El stock Gertrudis, que es una monzonita cuarcífera o una monzonita cuarcífera porfirítica, es pequeño y quizás controlado por la falla Gertrudis. El stock Potosí, que es una monzonita, está localizado al noreste del área central y probablemente relacionado con la falla Potosí-Toldo.

El stock de Yántas es una monzonita cuarcífera que se encuentra al sur del área. Otro cuerpo intrusivo se encuentra en San Miguel, al oeste del área central donde corta al intrusivo Anticona.

Movimiento post-mineral se ha producido a lo largo de ciertas fallas causando desplazamiento en algunas vetas.

ALTERACION Y DEPOSICION DE MINERALES

Precediendo o posiblemente contemporáneo con la más temprana actividad intrusiva en profundidad, el distrito de Morococha sufrió metamorfismo regional debido al peso de las capas superiores, compresión y aumento de temperatura. Después de esto, el área estuvo sujeta a dos-

posibles períodos de actividad hidrotermal como resultado de la intrusión magnética. En la primera fase, las calizas fueron extensamente alteradas y sólo ligeramente las otras rocas. En la segunda fase vino la extensa deposición de minerales. Después de la mineralización vino un período de lixiviación de los minerales, colapso de las paredes de las vetas y recementación.

I. PERIODO DE METAMORFISMO REGIONAL

Durante este período las calizas dolomíticas o lutáceas fueron silicatadas, y las calizas puras fueron marmolizadas. Dos horizontes alterados fueron favorables para la mineralización; estos horizontes están debajo del basalto Montero en la parte superior de la formación Potosí.

II. PERIODO DE ALTERACION METASOMATICA DE LAS CALIZAS

Las calizas han sido extensamente alteradas por fluidos originados antes y durante el emplazamiento o cristalización del intrusivo Morococha.

El mármol se presenta de color blanco a blanco grisáceo con pequeñas cantidades de chert, granos de cuarzo y material lutáceo.

También presenta silicatos hidratados como, serpentina, clorita y talco, los cuales aumentan en cantidad hacia los contactos con intrusivos.

La caliza silicatada, anhidra o semihidratada, está confinada a áreas cerca a la monzonita cuarcífera. Cerca a los intrusivos, contiene concentraciones masivas de minerales silicatados. Grada hacia afuera a mármol y eventualmente a caliza fresca. Mineralogía: diópsido, tremolita, biotita, granates, epidota, olivino, escapolita, wollastonita y raramente vesuvianita.

La caliza silicatada hidratada es la forma principal de alteración en el distrito. Está limitada a áreas de emplazamiento del intrusivo Morococha. Cerca a los intrusivos la caliza está fuertemente serpentizada. La aureola de alteración es ancha y fuerte alrededor del

stock San Francisco. Mineralogía; serpentina, lutita, clorita, talco, magnetita, pirita, pirrotita y hematita.

La alteración en otros tipos de rocas está limitada a silicificación.

III. PERIODO DE DEPOSICION DE MINERALES

Antes de la deposición de minerales o metalización, el intrusivo Anticona ya estaba emplazado y cristalizado, el intrusivo Morococha estaba emplazado y parcial o totalmente cristalizado, la formación Potosí intensamente alterada, y los volcánicos Catalina silicificados. Además, estaban presentes los sistemas de fracturas cortando todos los tipos de rocas, brechas en las zonas de contacto entre intrusivos y la roca invadida, y horizontes permeables. Las soluciones mineralizantes ascendieron y depositaron su carga en los sitios ya preparados, formando de esta manera vetas, mantos, cuerpos depósitos de contacto irregulares y cuerpos con mineral diseminado de baja ley.

La alteración hidrotérmica de la roca de caja debido a las soluciones mineralizantes no es extremadamente intensa. En la monzonita-cuarcífera, la sericitización y caonilización está restringida a 2 o 3 pies dentro de las cajas. En la diorita se nota algo de silicificación y sericitización en las cajas. En los volcánicos Catalina, también es común la silicificación y sericitización adyacente a la veta. En las calizas, lejos de los intrusivos, se observa silicificación en las cajas y decoloración.

IV PERIODO DE LIXIVIACION

Después del período de metalización, las vetas y los mantos sufrieron localmente lixiviación, la cual no ha sido muy intensa. En algunas zonas los sulfuros y minerales de ganga fueron lixiviados, se formaron brechas de colapso y luego fueron recementadas por rodocrosita, sílice amorfa y algo de sulfuros.

Depósitos Minerales.-

A través de la historia de la mina, los minerales comerciales han sido extraídos de 3 tipos de depósitos: vetas, depósitos de contacto (cuerpos) y depósitos de reemplazamiento en calizas (mantos y -

MINERALOGIA Y ZONEAMIENTO

MINERALOGIA

MINERALES COMERCIALES

Enargita
Calcopirita
Tetraedrita
Bornita

Esfalerita
Galena
Covelita
Bornita Naranja
Chelita
Huebnerita
Estromeyerita

MINERALES DE GANGA

Cuarzo
Pirita
Rodocrosita
Rodonita
Baritina
Anhidrita
Yeso
Calcita
Magnetita
Pirrotita
Hematita
Fluorita
Molibdenita

ZONEAMIENTO

Tomando como centro el stock de San Francisco, la mineralización exhibe un zoneamiento hacia afuera en todas direcciones. Minerales de cobre y plata ocurre en el área central. De aquí hacia afuera, - los minerales de cobre van disminuyendo, mientras que los minerales de plomo y zinc van aumentando en la vertical, en todos los tipos de rocas, las vetas disminuyen su mineralización comercial con la profundidad

Vetas:

Vetas productivas ocurren tanto en el intrusivo Morococha, como - en los volcánicos Catalina, formación Mitu e intrusivo Anticona.

Las vetas son bien definidas y persistentes en los volcánicos Catalina.

Las vetas en monzonita cuarcífera se adelgazan al pasar a la caliza hidratada o bien se ramifican o forman estructuras de cola de caballo cerca al contacto con calizas.

Los ore shoots son verticales o inclinados al oeste, en las vetas que están al centro y al este del distrito. En algunas vetas, las zonas de mayor buzamiento o más paradas son estériles, mientras que las zonas de menor buzamiento o más echadas contienen mineralización. Localmente, algunas vetas al pasar de una roca a otra presentan composición mineralógica diferente.

La textura en cada una de las vetas es muy variable, pero la más común es un intercrecimiento de grano fino a casi grueso de los minerales comerciales y de ganga. La asociación de minerales puede mostrar texturas como bandeamiento, incrustaciones y cresta de gallo. Algunas vetas presentan reemplazamiento total o parcial de las cajas, - lo que hace que las cajas presenten muchas irregularidades.

Depósitos de Contacto (cuerpos)

Estos depósitos ocurren en los extremos del stock San Francisco, - en contacto con la caliza Potosí y también en el flanco suroeste y oeste del stock Gertrudis donde está en contacto con caliza y ahidriada. Los depósitos son muy variables en su forma, pero relativamente uniformes en su composición y Ley. Estos depósitos no son muy grandes.

Depósitos de Reemplazamiento (Lentes y cuerpos)

Depósitos de este tipo, se encuentran en las calizas hidratadas, - que rodean al intrusivo Morococha, o también en calizas no alteradas lejos de los intrusivos. Los depósitos son irregulares y son el resultado del reemplazamiento selectivo de un horizonte favorable de la caliza o reemplazamiento guiado por una falla.

APENDICE IICALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS DEL RELLENO HIDRAULICO SULFUROSADATOS DE RELAVE:

Densidad de pulpa : 1,108 gr/lt.

Peso específico de sólido : 2.92

G.P.M. : 1,050

DATOS DEL RELLENO HIDRAULICO

Densidad de la pulpa : 1,600 gr/lt.

Peso específico de sólidos secos: 3.02

G.P.M. : 100

CALCULOS PARA RELAVECALCULO DE % DE SOLIDOS:

$$\text{Con la fórmula : } C_w = 100 - \frac{100}{\frac{V}{1 - \frac{1}{\&}}}$$

C_w = Concentración (%) de sólidos

V = Densidad de pulpa (kg/lt)

$\&$ = Peso específico de sólidos

Reemplazando:

$$C_w = 100 - \frac{100}{\frac{1.108}{1 - \frac{1}{2.92}}}$$

$$C_w = \frac{9.748}{0.6575}$$

$$C_w = 14.87\%$$

CALCULO DE CANTIDAD DE SOLIDOS EN TCS/Hora

Se sabe que:

Flujo = 1,050 g.p.m.

1 galón U.S.A. = 3.785 lts.

Flujo/hora : 1,050 g.p.m. x 60 M..... 63,000 g.p.h

Litros por hora; 63,000 g.p.m. x 3,785 lts/galón = 238,455 Lts.

Densidad de pulpa : 1,108 gr/lt:.....1.108 kg/lt

Peso total del relave/hora en tc.s.:

238,455 lts. x 1.108 kg/lt.....264,208

% de sólidos en la pulpa:..... 14.87%

Total de sólidos en T.C.S/Hora

$$264,200 \text{ T.M.} \times 1.087 \frac{\text{T.C.S}}{\text{T.M.}} \times \frac{14.87}{100} =$$

CANTIDAD DE AGUA EN T.C.S./HORA

Corresponderá a la diferencia del peso de la pulpa:

$$42 \text{ T.C.S} - 14.87\% \quad X = \frac{42 \times 85.13}{100} = 241. \text{ T.C.S./hora}$$

$$X \text{ T.C.S.} - 85.13\%$$

FLUJO DE AGUA EN G.P.M.

T.C.S/hora de agua : 241

Kgs. de agua/hora : $\frac{241 \text{ T.C.S.}}{1,087 \text{ TCS}} \times 100 \text{ kg.} = 221,348$

$$\frac{1,087 \text{ TCS}}{\text{TM}}$$

Densidad del agua.....1,000 gl/lt.

Total de agua (lts/hora)..... 221,343 lts.

$$\text{Total de G.P.M. (agua) : } \frac{221,343 \text{ lts.} \times 1 \text{ h}}{3.785 \text{ lts/gl} \times 60 \text{ min.}} = 975 \text{ g.p.m}$$

DISPONIBILIDAD DE RELLENO HIDRAULICO EN SULFUROSA

Usando los datos obtenidos en "características de los productos del circuito de relleno hidráulico sulfurosa" tenemos:

$$\frac{42 \text{ TC} + 7.3 \text{ TCS}}{\text{Hora}} \times \frac{24 \text{ hrs}}{\text{Día}} \times \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}} = 35,496 \text{ T.C.S. (antes de clasificarlos)}$$

Después de clasificarlos tenemos:

De los 42 T.C.S./hora son utilizados 32 T.C.S/hora. Para los 7.3 TC/hora, se tiene:

1,050 TCS da - 32 TCS s/h X= 5.5 TC/hora
180 TCS dará - X

Por lo tanto clasificados mensualmente se tendría:

$(32 \text{ T.C.S/h} + 5.5 \text{ TCS/h}) \times 24 \text{ H/día} \times 30 \text{ días/mes} = 27,000 \text{ TC/mes}$

En 24 días de operación será:

$(32 + 5.5) \text{ TC S/hora} \times 24 \text{ horas/día} \times 24 \text{ días/mes} = 21,600 \text{ TCS/mes}$

APENDICE III

COLOCACION DEL YUTE UTILIZANDO CEMENTO

En esta forma de colocación no se emplea doble yute en las chimeneas. La sección del yute (largo x ancho), es el mismo que la sección del enrejado en la chimenea, y en vez de listones de madera se emplea mezcla de cemento y arena en proporción 1/3 en peso.

El yute en sus extremos laterales debe llegar hasta las cajas a las cuales van cementadas y por la parte inferior debe ir montando al yute del relleno anterior y clavados al enrejado, si es necesario se le cementará.

COSTOS DE PREPARACION PARA RELLENO HIDRAULICO CON CEMENTO

En las mismas condiciones anteriores, es decir, también para rellenar dos cortes se tiene:

a) COSTOS POR MADERA

Longarinas de 8" x 8" x 10' utilizadas	4
Pies2 por longarina	53
Total de ps2 en longarinas : 4 x 53	212

Precio por pie ²	S/.	4.66
Costo total de longarinas: 212 ps ² x S/. 4.66		992.6
Tablas utilizadas		30
Ps ² por tabla		18
Total de Ps ² en tablas : 18 x 24		432
Precio por pie ²	S/.	4.66
Costo total por tablas: 432 x S/. 4.66	S/.	2,013
Listones empleados de 2" x 3" x 7'		10
Pie ² por listones		3.5
Total de pies ² en listones : 10 x 3.5		35
Precio por pie ²	S/.	4.66
Costo total por listones : 35 x S/. 4.66	S/.	163
Total de Ps ² de madera: 212 + 432 + 35		680
Tonelaje total de relleno en 2 cortes		567
Volumen total de relleno en 2 cortes		286.7 M ³
Ps ² de madera por tonelada de relleno: 680/567 ;		1.20 ps ² /TCS
Costo total de madera: S/. 992.6 + S/. 2,013 + S/. 163 =		3,169
Costo de madera por ton. de relleno: S/. 3,169/567 =		5.58/TCS
Costo de madera por M ³ de relleno: S/. 3,169/286.7 M ³ =		S/.11.05/m ³

b) COSTOS POR CLAVOS, YUTE Y CEMENTO

b.1. COSTO POR CLAVOS

Clavos utilizados en el entablado :30 x 3 c/u		90
Clavos empleados en los bordes (hilvanado) <u>(16' x 12") x 2'</u>		<u>64</u>
6" Total de Clavos		154
# de kilos de clavos 154/30		5
Precio de 1 kilo	S/.	42
Costo total por clavos : 5 x S/. 42	S/	210

b.2 COSTO POR YUTE

Poliyute empleado en cada extracción : 3 mt x 6 mt =		18 m ²
Poliyute total en 2 extracciones: 18 m ² x 2 =		36 m ²
Precio de 1 m ² de poliyute	S/.	17.80
Costo total por poliyute S/. 17.80 x 36 M ² =	S/.	641

b.3. COSTO POR CEMENTO

Bolsas de cemento utilizados por extracción		2
Total en 2 extracciones : 2 x 2		4
Precio de una bolsa de cemento	S/.	70
Costo total por cemento 4 x 70	S/.	280

c. COSTO TOTAL

Costo total de clavos - yute - cemento:

S/. 210 + S/. 641 + S/. 280	S/.	1,131
Tonelaje Total de Relleno		567 TCS ₃
Volumen total de relleno		286.7 M ³
Costo por toneladas de relleno S/. 1,131/567 TCS : S/. 2/TCS		
Costo por M ³ de relleno S/. 1,131/286.7 m ³ = 4 S/. / M ³		

PREPARACION CON CEMENTO VS CON MADERA

Si bien es cierto que el costo al utilizar cemento es más barato - que al utilizar madera (S/. 2.55/M³ menos) nos ofrece puntos negativos - en la práctica que han hecho desechables su utilización como son:

- a) El cemento rapidamente se deteriora y se endurece al ser depositado en bodegas subterráneas.
- b) El transporte desde las bodegas subterráneas hasta las labores - es dificultoso y necesita un especial cuidado, de igual modo requiere la utilización de basijas para la preparación de la mezcla cemento-arena.
- c) Por las presiones los axiales con el correr del tiempo, cerca a las extracciones las cajas están más propensas a fracturarse, y que al ocurrir originan escapes de relaves a través de la fractura cuando se está trabajando en los pisos superiores.
- d) Por los constantes golpes de caída de mineral por la Rse. hace que el emaderado vibre originando que el cemento se fracture - y haya fuga de relleno en los pisos inferiores muy difíciles de reparar.

APENDICE IV

VARIABLES PARA EL CALCULO DE COSTOS EN RELLENO CON GRAVA

Para hallar este costo se ha considerado los siguientes aspectos:

- A) Costo de un "Fill Pass".
- B) Costos de mano de obra en instalación de rieles.
- C) Costos de mano de obra en instalación de línea de trolley.
- D) Número de guardias en transporte de Relleno a un tajeo .

A) COSTO DE UN FILL PASS

Longitud del Fill Pass

De nivel "A" al Nivel 400	67 metros
De nivel 400 al nivel 750	73 metros
	<u>140 metros</u>

Utilizando los "Standares para el cálculo de Presupuesto Mina Morococha-1976" se tiene para chireneas con puntales de línea

a-1 Costo por labor diaria

692 S/./tarea x 6.20 tarea/mt x 140 mts S/. 600,656

a-2 Costo por madera

5.70 S/./BF x 170 BF/mt x 140 mts 135,660

a-3 Costo por Explosivos (Dinamita)

18.47 S//Lb x 31.45 Lb/mt x 140 mt 81,323

a-3 Costo por Explosivos (Guías ensambladas)

10.61 S/./guía x 21.0 guías/mt x 140 metros 31,193

a-3 Costo por explosivo (igniter cord)

1.41 S/./ pie x 29.61 pies/mt x 140 mts. 5,845

a-4 Costo por aire y Perforación

5.46 S/./pie perforado x 132 pies-Perf./mts
x 140 metros 100,900

COSTO TOTAL DEL FILL PASS S/. 995,577

B) COSTO EN MANO DE OBRA POR INSTALACION DE RIELES

-	N° de "colleras" a instalarse :	
-	5,480 pies/15 pies	365 colleras
-	2 carrilanos por guardia de 8 horas instalan	3 colleras
-	N° de guardias empleadas: <u>365colleras</u>	122 guardias
-	<u>3 colleras</u>	
-	N°de tareas : 122 guardias x 2 hombres	244 tareas

Costo por Tarea	S/.	692
Costo por instalación de rieles: 244 tareas x 692;S/		169,000

C) COSTO POR INSTALACION DE LINEA DE TROLLEY

Longitud de Trolley a instalarse	5,480 pies
Por guardia de 8 horas, 2 hombres instalan	250 pies
N° de guardias empleadas: 5,480 pies/150 pies	36 guardias
N° de tareas : 36 x 2	72 tareas
Costo por Tarea	S/ 692.
Costo total por instalación de línea de Trolley: 72 tareas x S/. 692.	S/. 50,000

D) N°DE GUARDIAS EN TRASNPORTE DE RELLENO DE GRAVA A UN TAJEO

Empezaremos calculando primero el N°de carros de relleno utilizados en el relleno de un tajeo de 150' de largo.

d.1 Cálculo del N° de Carros a un Tajeo

Longitud del Tajeo	150'
Ancho del Tajeo	4.5'
Altura por rellenar (2 cortes)	15'
Vólumen por rellenar: 150' x 4.5' x 15'	10,125 ps ³
Vólumen de un carro balancin	40 ps ³
N° de carros ingresados por tajeo: 10,125' ps ³ /40 ps ³	253 carros

d.2 Cálculo del Tonelaje de Relleno con Grava Empleada

N° de carros utilizados para rellenar 2 cortes	253 carros
Tonelaje neto por carro transportado	1.8 TCS
Tonelaje Total para rellenar un tajeo (2 cortes) : 1.8 TCS x 253 carros	455.4 TCS

Para poder hacer una comparación de costos mensuales con respecto a relleno hidráulico en lo que respecta a:

(c-1) Depreciación de Equipos y materiales

(c-2) Costos de mantenimiento y

(c-3) Costos por energía, tendremos:

Vólumen rellenado en 5 tajeos (2 cortes)	286.7 m ³
Tonelaje de relleno con "grava" correspondiente	455.4 TCS
Vólumen mensual rellenado hidráulicamente	1,920.53 m ³
Tonelaje de "Grava" correspondiente a dicho vólumen rellenado hidráulicamente	
Para 286.7 m ³	455.4 TCS

$$X = \frac{1920.53 \times 455.4}{286.7}$$

$$X = 3,050 \text{ TCS}$$

d.3 Nº De Carros Transportados por Guardia

Primero hallaremos el tiempo total empleado por viaje de locomotora:

$$T = (t + t_1 + t_2 + t_3)$$

siendo:

T= Tiempo total

t= Tiempo de recorrido por ciclo

t1= Tiempo de carguío del convoy

t2= Tiempo de descarga del convoy

t3= Tiempo muerto por viaje

- $t = \frac{E}{V}$; teniendo que (e) es la distancia máxima de la

tolva de rastrillaje (superficie) hasta el Fill Pass= 5,480' tendremos:

$$E = 2e = 5,480' \times 2 = 10,960' \text{ o sea}$$

$$10,960' \times 0.3048 \text{ mts/pie} = 3,341 \text{ mts.}$$

$$E = 3.341 \text{ km/ciclo}$$

- Siendo la velocidad (V) de la locomotora un promedio de 8 km/hora, tendremos:

$$t = \frac{3.341 \text{ km}}{8 \text{ Km/h}} = 0.418 \text{ horas/ciclo}$$

(t1) = El tiempo promedio por carro es de 2 minutos, siendo 10 carros/convoy, tenemos:

$$(t_1) = \frac{2 \text{ Min/vagón}}{60 \text{ min/hora}} \times 10 \text{ vagones/convoy}$$

$$(t_1) = 0.333 \text{ horas/convoy}$$

- (t2) El tiempo de descarga promedio por vagón 1.5 minutos, siendo 10 vagones se tiene:

$$t_2 = \frac{1.5 \text{ min/vagón} \times 10 \text{ vagones/convoy}}{60 \text{ minutos/hora}}$$

$$t_2 = 0.25 \text{ horas/convoy}$$

(t3) En imprevistos consideraremos 15 minutos/viaje (atascos en tolva, descarrilamientos, falta de corriente, apelmasamiento del material en el carro, etc)

$$(t3) = \frac{15 \text{ min/convoy}}{60 \text{ min/hora}} = 0.25 \text{ horas/convoy}$$

Por lo tanto

$$T = (0.418 + 0.333 + 0.25 + 0.25) \text{ hora/ciclo}$$

$$T = 1.251 \text{ horas/ciclo}$$

N° de viajes por guardia : considerando que el tiempo efectivo de trabajo es de 6.5 horas/guardia

$$\text{N° de viajes} : \frac{6.5 \text{ horas/guardia}}{1.251 \text{ horas/viaje}}$$

$$\text{N° de viajes} = 5 \text{ viajes/guardia}$$

$$\text{N° de carros por guardia} = 5 \text{ viajes} \times 10 \text{ carros}$$

N° de guardias en transporte del Relleno de grava hasta el Tajeo

N° de carros ingresados a un tajeo de Relleno:	253
N° de carros transportados por guardia	50
N° de guardias utilizados en transporte de Relleno:	
$\frac{253 \text{ carros/tajeo}}{50 \text{ carros/guardia}}$	= 5 guardias

Esto solamente el número de guardias utilizados para transportar el vólumen de relleno para un tajeo pero, almacenados en el Fill Pass Principal (Nivel 400 al Nivel "A"); pero de aquí para trasladarlo hasta los tajeos - a rellenarse (Nivel 750) consideraremos 2 guardias más, ya que hay problemas con las otras locomotoras que están en transporte de mineral, por lo tanto:

Total de guardias en transporte de Relleno de grava : 7 guardias

APENDICE VVARIABLES PARA EL CALCULO DE COSTOS DE RELLENO CON CAJAA) DIMENSIONES DE LOS "GLORY HOLS"

Los Glory Hols utilizados para la obtención de desmonte tienen las siguientes dimensiones:

Altura Promedio del "Glory Hols"	16'
Ancho promedio del Glory Hols	
En los Primeros 5'	: 5' x 5'
En los restantes 11'	: 10' x 10'

B) TONELAJE DE RELLENO ROTO EN LOS "GLORY HOLS"

El volumen obtenido será como sigue:

En los primeros 5' serán : 5' x 5' x 5' = 125 p³ = 3.54 m³

En los restantes 11' será $\frac{4}{3} \pi R^3$: $\frac{4}{3} \pi 5^3$: 524 ps³ = 14.84 m³

Volumen total de cada "Glory Hols" In Situ : 649 ps³ = 18.38 m³

El factor de esponjamiento (Volumen roto) = 1.5
(Volumen In Situ)

Volumen Roto esponjado (Glory Hols) ; 1.5 x 18.38 m³ = 27.57 m³

Para evitar en lo máximo la dilución en los tajeos con relleno de cajas se hacen solamente un corte, por lo tanto:

Volumen por Rellenar (1 corte) : $\frac{286.70}{2}$ m³ 143.35 m³

Nº de Glory Hols necesarios : $\frac{143.35}{27.57}$ m³ 5

Volumen de material insitu roto por cada "Glory Hols" 18.38 m³

Total de "Glory Hols" para rellenar un corte 5

Volumen total roto : 5 x 18.38 m³ 91.9 m³

Peso específico del material de relleno. 2.53 TM/m³

Tonelaje de Relleno de Cajas necesarias:

 2.82 TM/m³ x 91.9 m³ 259.2 TM

C) GUARDIAS UTILIZADAS EN PERFORACION-VOLADURA Y RASTRILLAJE POR TAJEO

Nº de disparos en los primeros 5' de altura 1

Nº de disparos en los restantes 11' de altura 3

Nº Total de disparos 4

Cada guardia hace ciclo completo, es decir:

Primero: limpia (rastrillaje), y segundo perfora y tercero dispara,

Por lo Tanto:

Total de guardias utilizadas por "Glory Hols"	4
Nº Total de "Glory Hols" por Tajeo	5
Total de guardias utilizados para rellenar el Tajeo :	
4 guardias /Glory Hols x 5 Glory Hols:	20 guardias

D) CONSUMO DE EXPLOSIVOS EN RELLENO CON CAJAS

D.1 Cantidad de Taladros utilizados

Total de disparos en los primeros 5' de un "Glory Hols"	1
Número de taladros por trazo (5' netos de avance)	18
Nº de taladros por todos los Disparos : 18 Tald. x 1 disp	18
Total de disparos en los 11' de altura restantes del "Glory Hols"	3
Nº de taladros por trazo (5' netos de avance)	28
Nº de taladros por todos los disparos: 28 total x 3 disp.	84
Nº total de taladros por "Glory Hols"	
18 talad. + 84 taladros	102 talad.
Nº de "Glory Hols" necesarios	5
Total de taladros para obtener el relleno necesario: 102 talad/"Glory Hols" x 5" "Glory Hols"	510 talad.

D.2 Cantidad de Explosivos

Total de taladros	510 talad.
Nº de Guías	510 guías
Longitud de cada guía	8'
Total de pies de guías	4,080'
Total de fulminantes # 5 Empleados	510 fulm
Total de conectores utilizados	510 Conec.
Pies de "Igniter" usados por disparo	35'
Nº de disparos : 4 x 5	20 dispar.
Total de "Igniter Cord" usados : 35' x 20	700'
Nº de cartuchos (EXSA 60%) por taladro	6

Total de cartuchos empleados : 6 cartuchos x 510 talad	3,060 cart
Peso de un cartucho de dinamita	0.19 lbs.
Precio de una caja de 22.7 Kg. neto	S/. 1,710
Total de cartuchos por caja (promedio) <u>22,700 gr</u>	
0.19 x 460 gr	260 cart
Precio por cartucho : <u>S/. 1,710</u>	S/. 6.577/Cart.
260 cart.	

B I B L I O G R A F I A

- NOVITZKY ALEJANDRO Transporte y Extracción en Minas y a cielo abierto.
- FRITZSCHE HELLMUT Tratado de Labores de Minas, Novena Edición -1961
- MAERCKS OSTERMANN Mecánica Aplicada a Labores de Minas - Sexta Edición 1960
- RUBIO SAN JUAN Elementos de Hidráulica General y Aplicada - Quinta Edición - 1966
- CLAUDE LAURENT ANGEN Método de Explotación por corte y Relleno
- COLORADO SCHOOL OF MINES The Transportation of Solids in-Steel Pipelines
- INCITEMI Resumen del Estudio Experimental de Relleno Hidráulico en la Mina Atacocha.
- FELIPE DE LUCIO Especificaciones para el Relleno Hidráulico - XII Convención de Ingenieros de Minas - 1972
- J. TUMLALAN Uso del Relleno Hidráulico en la Mina Morococha - 1972