

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA

MINERA Y METALURGICA



IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN "RAISE CAVING" EN CUERPOS TUBULARES DE Pb –Zn

INFORME DE INGENIERIA

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR:

FRANCISCO HUAPAYA HUAPAYA

**LIMA- PERU
2004**

***IMPLEMENTACION DEL
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN***

“ RAISE CAVING ”

***EN CUERPOS TUBULARES
DE Pb - Zn***

Agradecimiento

A mis Hijos:

Francisco Leonardo y Martha Cecilia, mis esperanzas vivas

Siempre he querido lo mejor para ustedes, y he preparado el camino que están recorriendo. Gracias por los muchos o los pocos detalles que hemos compartido, Perdón por no tener más . . .

Prefiero disfrutar de los más mínimos detalles ahora que estoy vivo y no de grandes manifestaciones cuando yo muera . . .

Que aprendan que lo más valioso no es lo que tengan en la vida, si no, que tengan vida. Cuanto más empeño pongamos en nuestros actos y cambiemos nuestra actitud, puede significar la entrada a vuestras vidas, la senda del progreso y bienestar...

Recuerden:

Cada minuto gastado en enojos, son sesenta segundos de felicidad perdida...

Sueñen lo que ustedes quieran soñar, vayan a donde quieran ir; sean lo que ustedes quieran ser, porque sólo tienen una vida y una oportunidad, para hacer todas las cosas que quieran hacer.

Son los deseos de Francisco, más que un Padre, un gran amigo.

A mis Padres:

Alberto y Margarita

Por lo mucho que hicieron por mí, y por lo poco que he dado por ellos

La dedicación del tiempo para trabajar, es el precio del éxito.

La dedicación del tiempo para pensar, es el manantial de la fuerza. La dedicación del tiempo para jugar con nuestros hijos, es el secreto de la juventud.

La dedicación del tiempo para leer, es la base de la ciencia y del conocimiento. La dedicación del tiempo para ser amable, es la fuerza de la felicidad

La dedicación del tiempo para amar, es el verdadero placer de vivir. La dedicación del tiempo para estar alegre, es la música del alma; pero sobre todo y sobre todas las cosas, dedica un tiempo para soñar porque es el camino hacia las estrellas.

Siempre debemos tener presente, que para llegar al éxito “El Cielo es el Límite”

“SOLO LAS PREGUNTAS TIENEN SOLUCIONES”

“DESCONFIAD, DEL HOMBRE DE UN SOLO LIBRO”

Francisco HUAPAYA HUAPAYA

A mis profesores y a mi alma Mater:

Universidad Nacional de Ingeniería

Desde el inicio de mi desempeño profesional, siempre estuvo presente las enseñanzas vertidas por los profesores de mi Alma Mater, con los años de experiencias, que han pasado, desde que me ausente de estas aulas, y el haber aportado mis conocimientos por diferentes Empresas, simplemente, han fortalecido lo aprendido en las aulas de esta Universidad, y con los años, poder con mas conocimiento de causa, formular proyectos de envergadura, que puedan dejar una enseñanza, para las nuevas generaciones de profesionales, que ingresan al ámbito profesional de la profesión de Ingenieros de Minas.

El presente proyecto, abarca las experiencias tomadas durante la ejecución de algunas de ellas y las enseñanzas aprendidas; este método de Explotación, es parte de una gestión en mejorar la Productividad de la mina, al disponer dentro de sus reservas, cuerpos aislados, para los cuales se ha tenido que aplicar un método competitivo y de bajo costo.

La formulación y ejecución de proyectos tiene una etapa dura y complicada en todas sus fases de ejecución, pero es de gran utilidad y aún más de grandes momentos de felicidad cuando vemos realizado nuestro sueño.

Las minas subterráneas por lo general pasan por varias etapas a lo largo de su vida económica, siempre en el afán de optimización de recursos y mejora de la productividad.

Pero la continuación de las operaciones mas allá del tiempo estimado, no definida en el proyecto, se empieza una etapa especulativa debido principalmente a los escenarios cambiantes de las reservas, por variación sustancial de los precios de los metales, definidos por el Mercado Internacional de Metales, y finalmente en un escenario totalmente desconocido de precios y cantidad de reservas, se ubica la expansión de la producción y/o el cambio en los métodos de producción en forma drástica para abarcar muchas posibilidades de éxito.

INDICE GENERAL

- I. Introducción
- II. Objetivos
- III. Geología Del Yacimiento
- IV. Criterios de selección para el método de Explotación
- V. Preparaciones del método de Explotación "Raise Caving"
- VI. Perforación y Voladura
- VII. Parámetros de Perforación y Voladura
- VIII. Productividad y Costos
- IX. Estudio Geomecánico
- X. Análisis de esfuerzos y factor de seguridad
- XI. Conclusiones
- XII. Bibliografía

I. INTRODUCCIÓN

En épocas de reto para nuestra minería, como la que se está pasando, la tendencia es lograr incidencias positivas en la productividad y eficiencia en las operaciones mineras, a través de la implementación de métodos masivos de explotación con bajo costo y alta productividad.

La tendencia en la explotación de minas subterráneas es mediante el uso de métodos masivos, sin embargo, las aplicaciones, con algunas excepciones, se han restringido a cuerpos mineralizados que tienen que cumplir con características estructurales y geomecánicas determinadas.

El yacimiento mineral donde se emplaza la mina Cerro de Pasco tiene cuerpos de variadas dimensiones, los cuales presenta características estructurales y geomecánicas diversas. Los métodos usados en Cerro de Pasco son la explotación por paneles en Corte y Relleno Ascendente y Paneles en Corte y Relleno descendente. Como método alternativo se está implementada explotación de taladros largos delimitados con paneles de relleno cementado con variantes según las características de la roca encajonante y del cuerpo mineralizado.

Uno de los métodos masivos de explotación que se está implementando en Cerro de Pasco, es el método de Explotación, **“Raise Caving”** aplicado en cuerpos mineralizados de plomo - zinc, de características irregulares y forma tubular, con predominio de mineral en el eje vertical y restringido en el eje horizontal.

La explotación consta de realizar una chimenea Alimack Central de 3.0 metros de diámetro, en el cuerpo mineralizado de nivel a nivel. Posteriormente se perforaran taladros largos horizontales y radiales con perforadoras Long Hole, los cuales irán montadas sobre plataformas del equipo Alimack.

Concluida la chimenea y la perforación masiva de los anillos de taladros, de acuerdo a un diseño de perforación, se procederá a la voladura de los anillos de taladros perforados, de abajo hacia arriba, a la vez que se va desmontando el equipo Alimack, al culminar de disparar todos los anillos

de perforación, en base a un diseño de voladura, se evacua, el equipo, por el nivel superior.

Una variación del método es realizar dos chimeneas paralelas, una en el centro del área mineralizada y la segunda en una de las cajas, comunicadas por medio de un subnivel, con la finalidad de mantener una ventilación adecuada y poder retirar el equipo por estas chimeneas.

Otra de las variaciones, que es aplicable a este método en preparar dos chimeneas en la caja competente, comunicadas por medio de subniveles cada 15 metros, con la finalidad de controlar el circuito de ventilación, acceso para la perforación con el equipo Long Hole, inspecciones de trabajo y retiro del equipo de perforación. Caso que actualmente se esta aplicando en la mina Raura, con el cuerpo Jimena.

II. OBJETIVOS

El alcance del presente trabajo, es presentar la implementación de nuevos métodos de minado en la mina subterránea de la U.E.A. Cerro de Pasco.

Se presenta la caracterización geomecánica de los cuerpos mineralizados de la mina subterránea y los posibles métodos de explotación aplicables. Como aplicación se presenta el caso de explotación por el método de “Raise Caving”

- Explotación de las reservas de cuerpos tubulares
- Minimizar las labores preparatorias para la explotación.
- Disminución de costos de preparación en los costos operativos.
- Acelerar el ciclo de minado.
- Disminuir costos de perforación y voladura.
- Incremento de la productividad

III. GEOLOGIA DEL YACIMIENTO

La mina de Cerro de Pasco está conformada por un conjunto de yacimientos minerales de Pb – Zn - Ag (High-Temperature Carbonate Hosted Deposits), los cuales se presentan como “cuerpos irregulares”, conteniendo sulfuros masivos poli metálicos (esfalerita-galena-pirita), alojados en el contacto entre un gran cuerpo mineral de “sílice-pirita” (2 Km largo N-S) y las calizas de Pucará, junto a vetas de cuarzo mineralizadas en Cu-Au de rumbo W-E que atraviesan las volcánicas Rumiallana alteradas.

El “contacto mineralizado” tiene un control estructural definido por la “Falla Longitudinal” y las “Estructuras de Anillo” del cuello volcánico en Pasco. Un sistema estructural andino de menor orden (N-130) se conjuga con los anteriores, determinando la posición del “Domo Volcánico de Pasco” que conforma una estructura elíptica (tipo “diatrema”) de casi 3 Km de diámetro, según se puede ver en el mapa y sección del modelo geológico. Así, en el contacto Norte y Sur del domo, también se han identificado yacimientos de Au “Epitermales del tipo Alta Sulfuración” (presencia de sílice-alunita).

Los yacimientos conocidos hasta ahora se ubican en el “Contacto-Este” del cuello volcánico, al entrar en contacto con las calizas alteradas (dolomitización) del Pucará, quedando por explorar otros márgenes occidentales del cuello volcánico (áreas favorables según el modelo geológico). La actividad magmática queda manifiesta por la presencia del volcanismo (formando la diatrema) y por intrusiones ácidas tardías (cuarzo-monzonitas) que afectaron la estructura volcánica, mientras que la “alteración hidrotermal y mineralización” afectaron todas las anteriores, incluyendo partes del basamento paleozoico con filitas Excelsior. Finalmente, la “oxidación supérgena” de la mineralización de sulfuros primarios produjo otro tipo de yacimientos secundarios, denominados “pacos” (Ej. Matagente), que se enriquecieron en contenidos de Ag (200-300 gr/t) por oxidación de la galena argentífera principalmente.

Comportamiento de la Mineralización

Uno de los criterios más importantes a tenerse en cuenta es que los cuerpos varían de tamaño en forma regular y que pueden ser desplazados ligeramente por el fallamiento sub horizontal.

Generalmente los cuerpos de Pb – Zn se alinean al contacto pirita – caliza, presentando su mayor sección en la parte central disminuyendo hacia sus extremos, lateral y verticalmente. En profundidad el basamento de Filitas Excelsior, hasta el momento, constituye el límite de mineralización. Hacia el Este de los cuerpos masivos, la mineralización se presenta como mantos, cavidades cársticas y diseminaciones relacionadas a fracturamiento de rumbo E-W y NW.

Las llamadas “colas” (colas CNA y CNB) están relacionadas al fallamiento longitudinal en una potencia aproximada de 100 m. En el límite de los cuerpos masivos de Pb-Zn se encuentra el cuerpo de Bi-Ag con bajas leyes de Pb-Zn, excepto en el contacto.

El yacimiento de Cerro de Pasco es del tipo hidrotermal, emplazado a lo largo del fallamiento longitudinal N-S que pone en contacto el Grupo Pucará

(calizas de grano fino y dolomitas en estratos gruesos a delgados) y el Grupo Excélsior (fillitas, cuarcitas y lutitas carbonozas) y que posteriormente fue intruído por rocas ígneas de composición dacítica que formaron un cuello volcánico.

Consiste en cuerpos de pirita, pirrotita y plomo – zinc, además, de vetas de Pb, Zn, Cu, Ag, controladas por el sistema de fallamiento E - W, presentándose además, un plegamiento regional N – S y un plegamiento transversal local E – W.

IV. CRITERIOS DE SELECCION PARA EL METODO DE EXPLOTACION

- Realizar un análisis de cada método de explotación con respecto a todos los parámetros de producción, productividad, eficiencias y costos.
- Reducir los costos de producción previo análisis e incrementar la productividad.
- Definir los parámetros y estándares de operación (diámetro de taladro, malla de perforación, abertura máxima, tiempo de exposición a la abertura, tipo de sostenimiento, características geomecánicas, tipo de explosivo, etc.)
- Formar una base de datos comparativos de cada método de minado para los subsiguientes proyectos.

Diseño de Métodos de Minado

Consiste en la explotación de mineral utilizando el método que más se adecue a las condiciones del cuerpo mineralizado, desde el punto de vista:

- Estudio Geomecánico
- Características geomecánicas del mineral y rocas encajonantes
- Dimensiones del área mineralizada
- Leyes y valor del mineral

- Análisis de costo – beneficio del proyecto
- Recuperación de las reservas de mineral
- Productividad del método
- Rentabilidad

La característica principal, de la configuración de los cuerpos mineralizados, son con potencias variables, tanto en los planos horizontales como en la vertical. Se tiene definido los bloques de mineral para cada cuerpo mineralizado, de acuerdo al tipo de roca.

Dentro de estas características, se tiene cuerpos mineralizados, tipo lentes cónicos inversos.

Métodos de Explotación Tradicionales

a) *Corte y Relleno Descendente*

Las labores de preparación consisten en la construcción de rampas de accesos, subniveles de ataque, chimeneas para ventilación, echaderos de mineral y chimeneas de servicios (Según avance de la explotación del cuerpo y necesidades de mineral).

A partir de la rampa principal se construye un subnivel de ataque que servirá para explotar en forma secuencial todo un horizonte con paneles, tajeos de 12 pies de ancho por 14 pies de alto, con una longitud promedio de 100 pies, dependiendo de la extensión del cuerpo mineralizado.

En los tajeos las etapas de perforación y voladura desde su inicio hasta su termino son: Perforación y voladura del subnivel de 12' x 8' de sección hasta la longitud predeterminada por el contacto mineral / desmonte, con perforadoras manuales tipo Jack Leg.

Desquinche del techo con perforación y voladura con taladros horizontales (Breasting), dejando al inicio del tajeo un pilar respecto del subnivel de

ataque (corona); el desquinche se efectúa hasta la loza del corte superior llegando a una altura de 14'.

El mineral es evacuado por un echadero construido estratégicamente para facilitar el movimiento eficiente del scoop con un radio 250 pies.

Concluido la extracción del mineral del tajeo, se prepara para el relleno con una barrera de madera y polipropileno que permitirá hacer una loza de 3 pies de alto, con una mezcla de 1:6 y la diferencia del espacio abierto se completa con una mezcla de 1:30, el relleno utilizado es hidráulico. De esta manera se construye una loza segura para el corte inferior y explotar las labores adyacentes. Concluido el minado del horizonte correspondiente a partir de la rampa principal se construye un nuevo subnivel de ataque a 14 pies debajo de la loza, de tal manera que los nuevos paneles crucen a las lozas del corte superior inferiores crucen a los del corte superior, trabajando como vigas apoyadas en los paneles adyacentes a los que se va minando. (Método MICHI).

Parámetros de Explotación:

Productividad por tajeo: 10 t/h-g día.

Dilución: 10 %

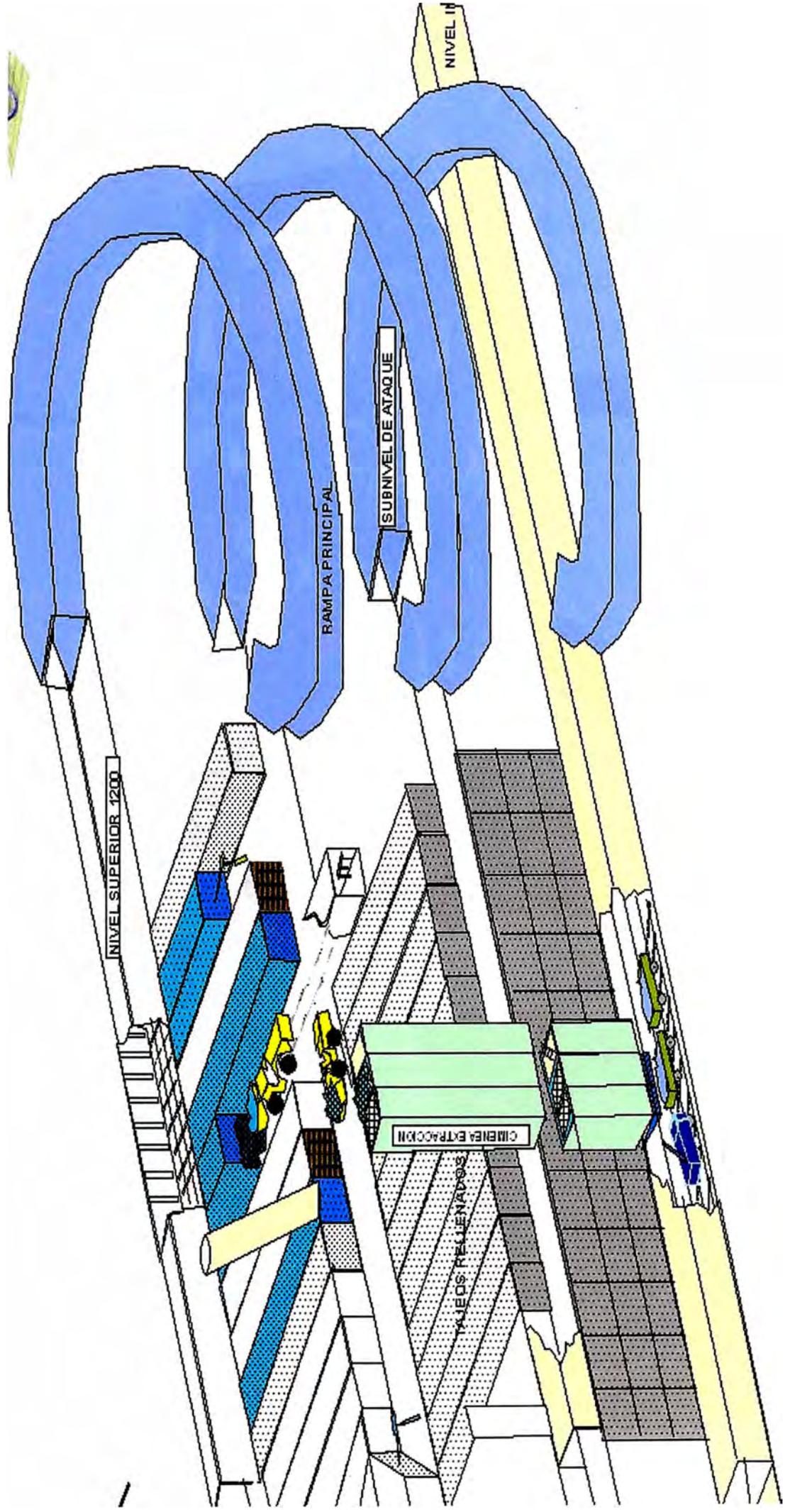
Recuperación: 95 %

Consumo de Explosivos: 0.16 Kg/t

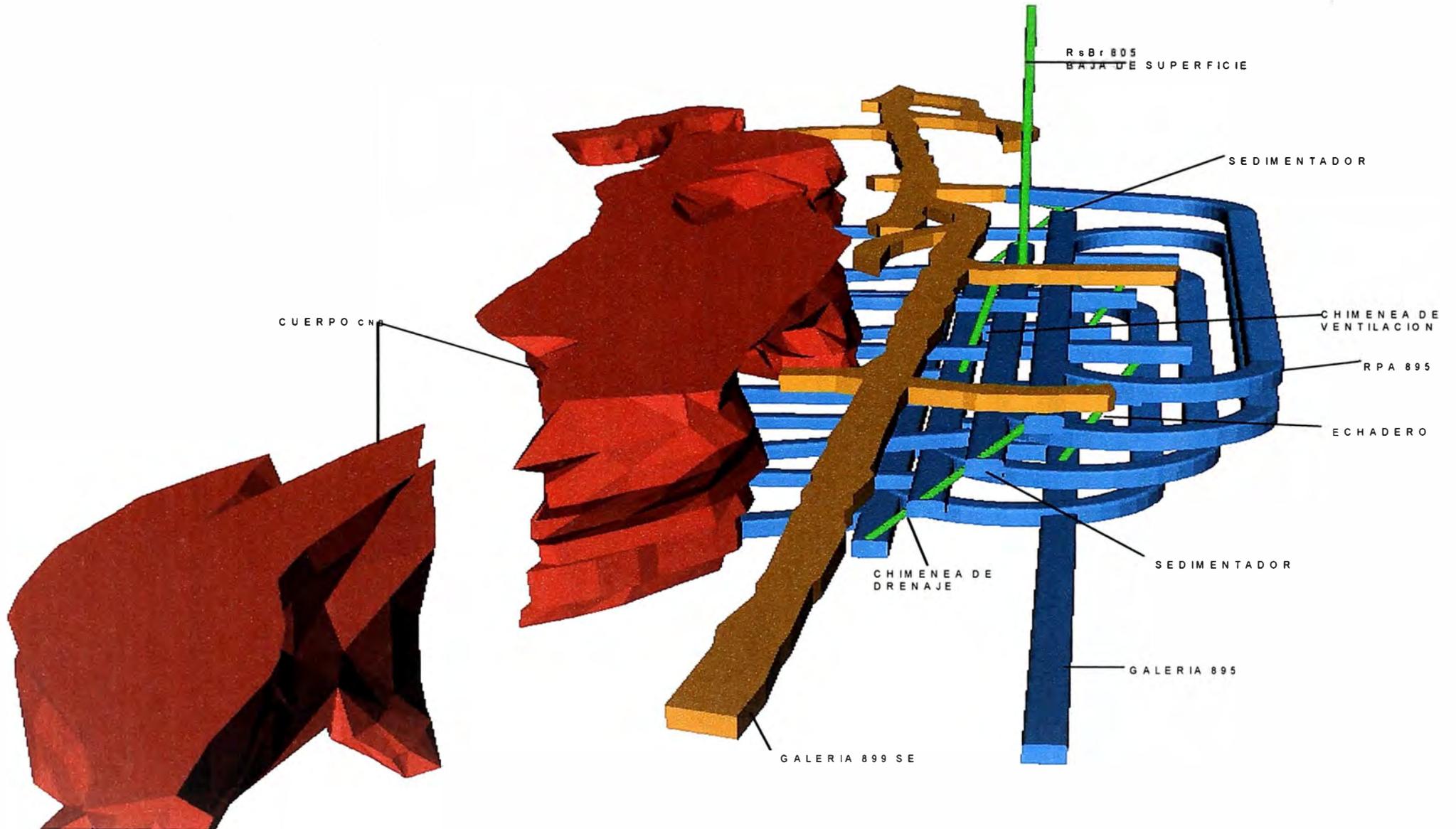
Recuperación: 95 %

Radio de Preparación: 0.7 m/ 1000 tn extraídas.

MÉTODOS DE MINADO : CORTE Y RELLENO DESCENDENTE



METODOS DE MINADO : CORTE Y RELLENO DESCENDENTE



Tipo de Relleno: Cementado 1 m con 1/6. y 3 m con 1/30. Corte y Relleno Ascendente

Las labores preparatorias son similares al método UCF y consisten en la construcción de una rampa principal, chimeneas para ventilación, echaderos y otros servicios.

Básicamente este método consiste en preparar el cuerpo mineralizado a explotar, tomando dos pisos en cada corte, con un subnivel de ataque siguiendo el eje del cuerpo mineralizado desde la rampa principal ascendente. Se panelea todo el horizonte a partir del subnivel de ataque con tajeos de 15' pies de ancho x 15' de alto.

La apertura de los tajeos es sistematizada a fin de establecer una secuencia de minado que nos permite en todo momento contar con suficientes frentes de laboreo, a fin de cumplir el estimado de producción.

En los tajeos las etapas de perforación y voladura son:

- Perforación y voladura del subnivel de 15'x 8' de sección hasta lograr la longitud predeterminada por el contacto mineral / desmonte.
- Desquinche del techo con perforación vertical con un ángulo de 70 grados con la horizontal. Se deja al inicio del tajeo un pilar respecto del subnivel de ataque (corona); la voladura se realiza en retirada según la necesidad de operación, hasta alcanzar una altura de 15', ubicándose la cara libre en el tope del tajeo. La perforación vertical se realiza con máquinas manuales Stoper, y la perforación horizontal con máquinas manuales Jack Leg.
- Actualmente estos trabajos se encuentran en un proceso de mecanización con Jumbos electro hidráulicos.

b) Corte y Relleno Ascendente

Las labores preparatorias son similares al método UCF y consisten en la construcción de una rampa principal, chimeneas para ventilación, echaderos y otros servicios.

Básicamente este método consiste en preparar el cuerpo mineralizado a explotar, tomando dos pisos en cada corte, con un subnivel de ataque siguiendo el eje del cuerpo mineralizado desde la rampa principal ascendente. Se panelea todo el horizonte a partir del subnivel de ataque con tajeos de 15' pies de ancho x 15' de alto.

La apertura de los tajeos es sistematizada a fin de establecer una secuencia de minado que nos permite en todo momento contar con suficientes frentes de laboreo, a fin de cumplir el estimado de producción.

En los tajeos las etapas de perforación y voladura son:

- Perforación y voladura del subnivel de 15'x 8' de sección hasta lograr la longitud predeterminada por el contacto mineral / desmonte.
- Desquinche del techo con perforación vertical con un ángulo de 70 grados con la horizontal. Se deja al inicio del tajeo un pilar respecto del subnivel de ataque (corona); la voladura se realiza en retirada según la necesidad de operación, hasta alcanzar una altura de 15', ubicándose la cara libre en el tope del tajeo. La perforación vertical se realiza con máquinas manuales Stoper, y la perforación horizontal con máquinas manuales Jack Leg.
- Actualmente estos trabajos se encuentran en un proceso de mecanización con Jumbos electro hidráulicos.

La limpieza de mineral se realiza con Scoops eléctricos de 2,2 y 3,5 Yd³, igualmente el relleno de los espacios vacíos se realiza sistemáticamente con Relleno Hidráulico, normalmente este relleno se hace con una mezcla pobre de cemento 1/30 para permitir el sostenimiento del relleno, cuando se explotan las labores adyacentes; los pilares son rellenos únicamente con lama, relave sin cemento. Concluido la explotación de todo el horizonte mineralizado, se suben 2 pisos superiores hasta 15', para iniciar nuevamente el ciclo de minado, con un subnivel de ataque a partir de la rampa principal.

Parámetros de Explotación

Productividad por tajeo: 15 t/h g día

- Dilución: 10%
- Recuperación: 90 %
- Consumo de Explosivos: 0.23 Kg/t
- Radio de Preparación: 0.7 m/ 1000 t extraídas.
- Tipo de Relleno: Cementado pobre 4 m con 1/30

Nuevos métodos implementados en Cerro de Pasco

a) Cámaras y Pilares

Características Geomecánicas

- Calidad de cajas: regular
- *Calidad de mineral: regular a buena*
- Peso específico de mineral: 3.4 TM / m³

Alternativa de minado

- Dimensión del pilar: 4 x 4 metros: 3 m.
- *Dimensión de la cámara: 7 x 4 metros*
- Recuperación por el método de minado: 85%
- Incremento de reservas con DDH: 15%
- Dilución: 10%

Labores Preparatorias

- *01 Rampa de acceso*
- 01 Chimenea para echadero de mineral del nivel 1800 al 1200
- 01 Chimenea Raise Borer para ventilación de superficie al nivel 1200
- 01 Chimenea para servicios de R/H, drenaje del nivel 1400 al 1200

- 01 Cámaras para sedimentador
- 01 Cámara para taller de mantenimiento de equipos
- 01 Cámara para Subestación
- 01 Hueco DTH para tubería de agua (pulgadas)
- 01 Hueco DTH para tubería de aire (pulgadas)
- 02 Hueco DTH para cable eléctrico (pulgadas)
- 06 Subniveles de acceso de la rampa al cuerpo

Equipos:

- Perforación: Jumbo electrohidráulico de 01 brazo
- Acarreo: Scoop de 6 yardas cúbicas
- Transporte: Nivel 1800 un convoy de 10 carros de 110 pies cúbicos con locomotora de 12 ton.

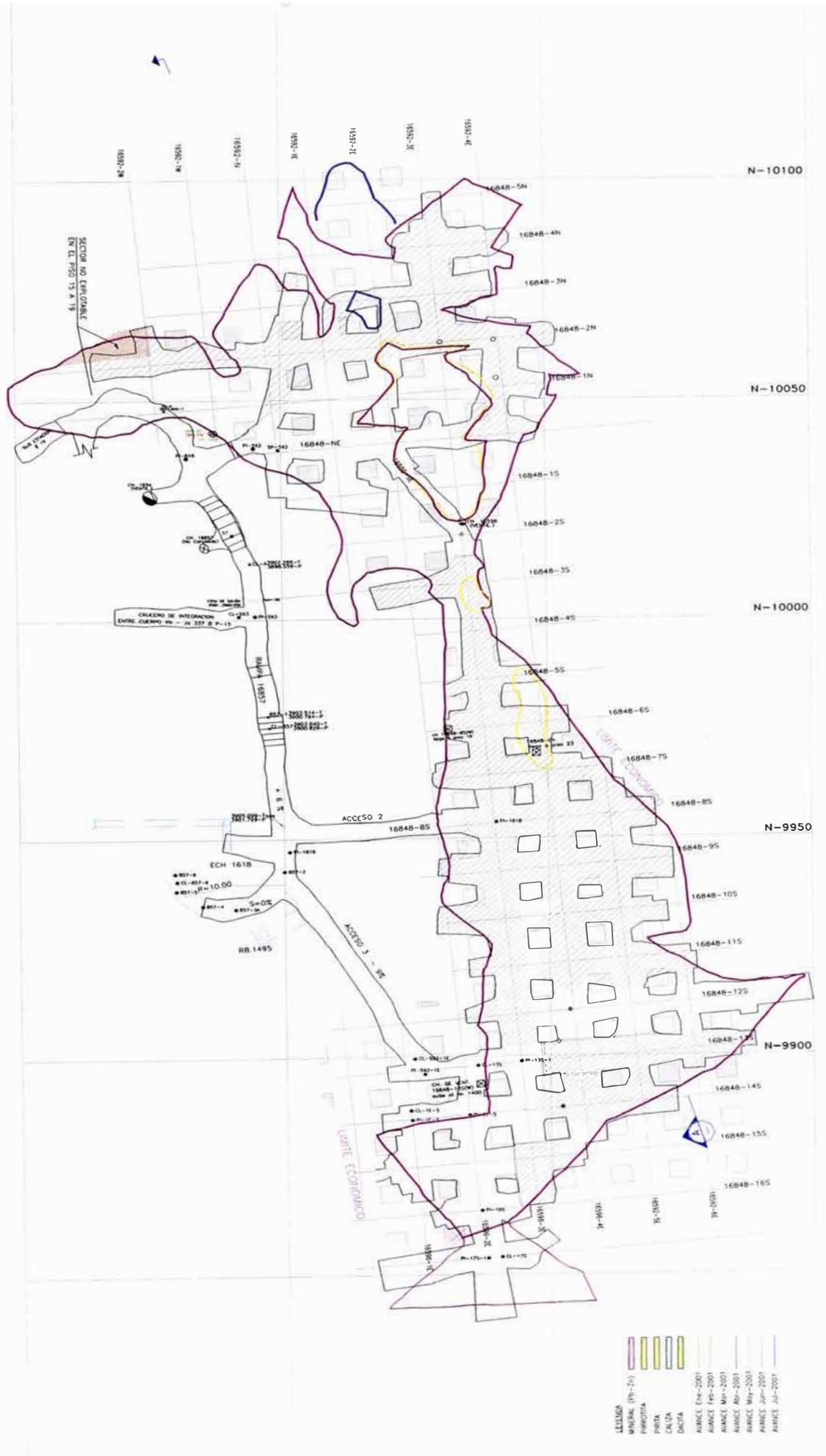
Insumos:

- Voladura: Dinamita con guías antiestáticas
- Relleno: Relleno hidráulico
- Sostenimiento: En forma puntual con Split set y pernos de roca

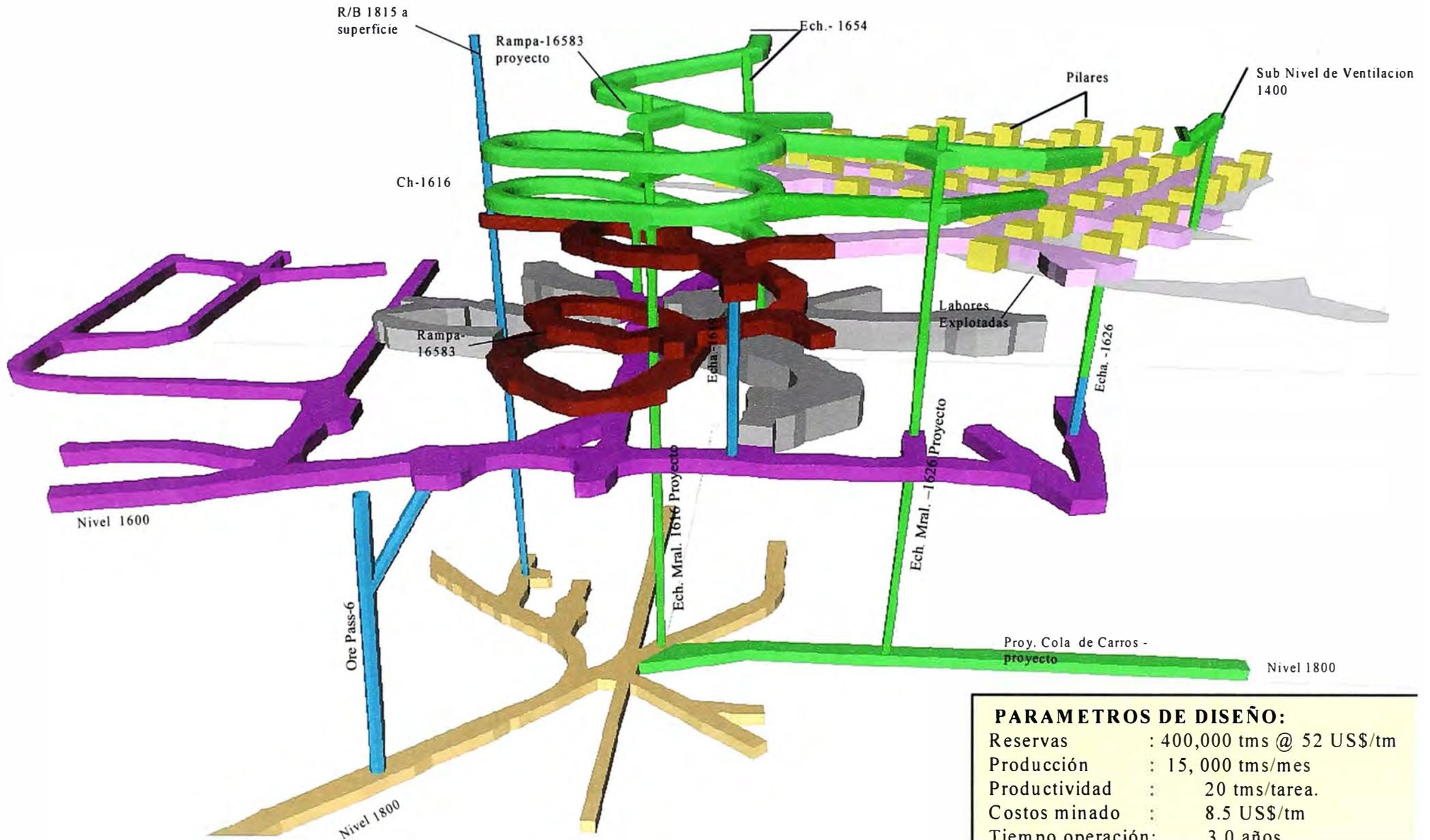
Parámetros del método de minado:

- Productividad en tajeo: 26 ton/h-g
- Factor de carga de explosivo: 0.25 Kg/ton.
- Eficiencia de perforación: 2.7 ton / m-pf.
- Labores preparatorias por 1000 ton extraídas: 3 m
- Mineral roto por horizonte de 2.5 m de altura: 18 000
- Mineral roto por disparo: 200 TM.
- Horas efectivas de operación por guardia: 4 horas con terceros

Explotación Cámaras y Pilares



METODOS DE MINADO : CAMARAS Y PILARES



PARAMETROS DE DISEÑO:

Reservas	: 400,000 tms @ 52 US\$/tm
Producción	: 15, 000 tms/mes
Productividad	: 20 tms/tarea.
Costos minado	: 8.5 US\$/tm
Tiempo operación:	3.0 años.

- Rendimiento del scoop / hora / mes: 100 ton / hora y 18 000 ton / mes
- Rendimiento del jumbo / hora / mes: 33 m / hora y 6600 m / mes

Se considera como infraestructura general de mina: la construcción del sistema de rampas, la ampliación del nivel principal de extracción, las chimeneas para el circuito principal de ventilación, el incremento de la capacidad de izaje, los talleres y los servicios en general.

b) Método Explotación por Taladros Largos

El tajeo por subniveles se caracteriza por dejar espacios abiertos después de la extracción de la mina. La condición general para usar este método es tener un tipo de depósito con fuerte buzamiento y forma bastante regular. El mineral y las cajas deben ser estables y auto soportantes. Este método origina mucho trabajo de preparación. Por otro lado, la producción es elevada y alcanzable con una inversión muy limitada en personal y maquinaria.

Las principales decisiones, que deben tomarse para conseguir un esquema efectivo del método son.

- La distancia entre el nivel de transporte
- El sentido y dirección de minado
- La distancia entre subniveles
- El tamaño y forma de las galerías
- El trazo de la perforación
- Los sistemas de cargas y transporte (normalmente con cruceros)

Características Geomecánicas

Calidad de caja: buena

Calidad de mineral: buena

Peso específico: 3.4 TM/m³

Labores Preparatorias

01 Nivel de extracción

02 Chimeneas

03 Nivel superior de perforación

Equipos

Super Long Hole Drill Wagon; que perfora taladros con diámetros de 2 1/2", 3", 4", 5" con una longitud máxima de 33 m y una desviación no mayor a 2°.

Jumbo Long Hole " RAPTOR"; que perfora taladros de hasta 40 m. con diámetros de 2 a 3.5".

Barrenos acoplables de rosca gruesa con longitud

Brocas de botones

Parámetros de minado

Diámetro de taladro de 2" a 5".

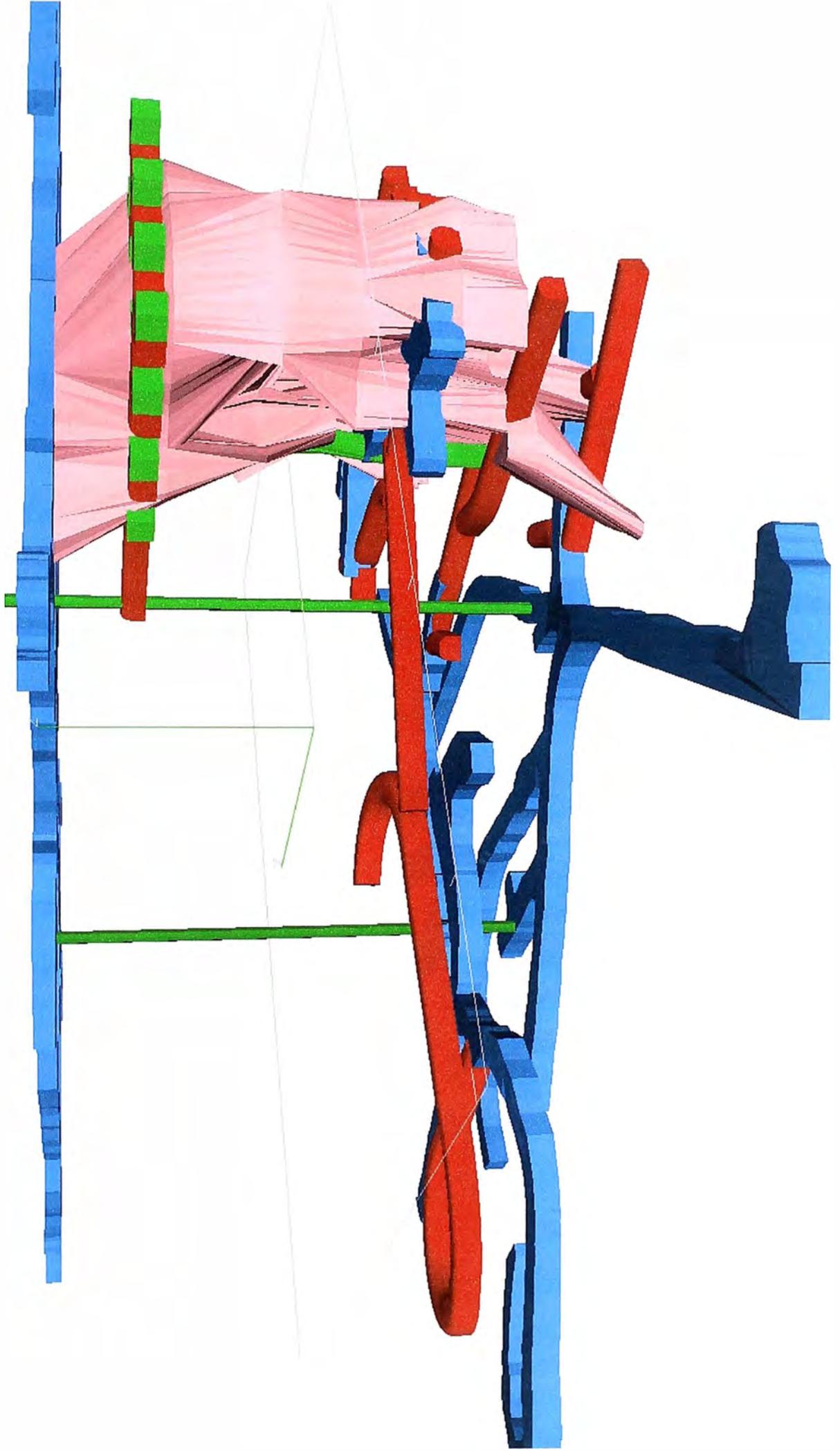
Malla de perforación: 2 m x 2 m

La tendencia de los métodos de explotación, es a la mecanización y la reducción de mano de obra, con la finalidad de asegurar la más alta productividad y bajos costos

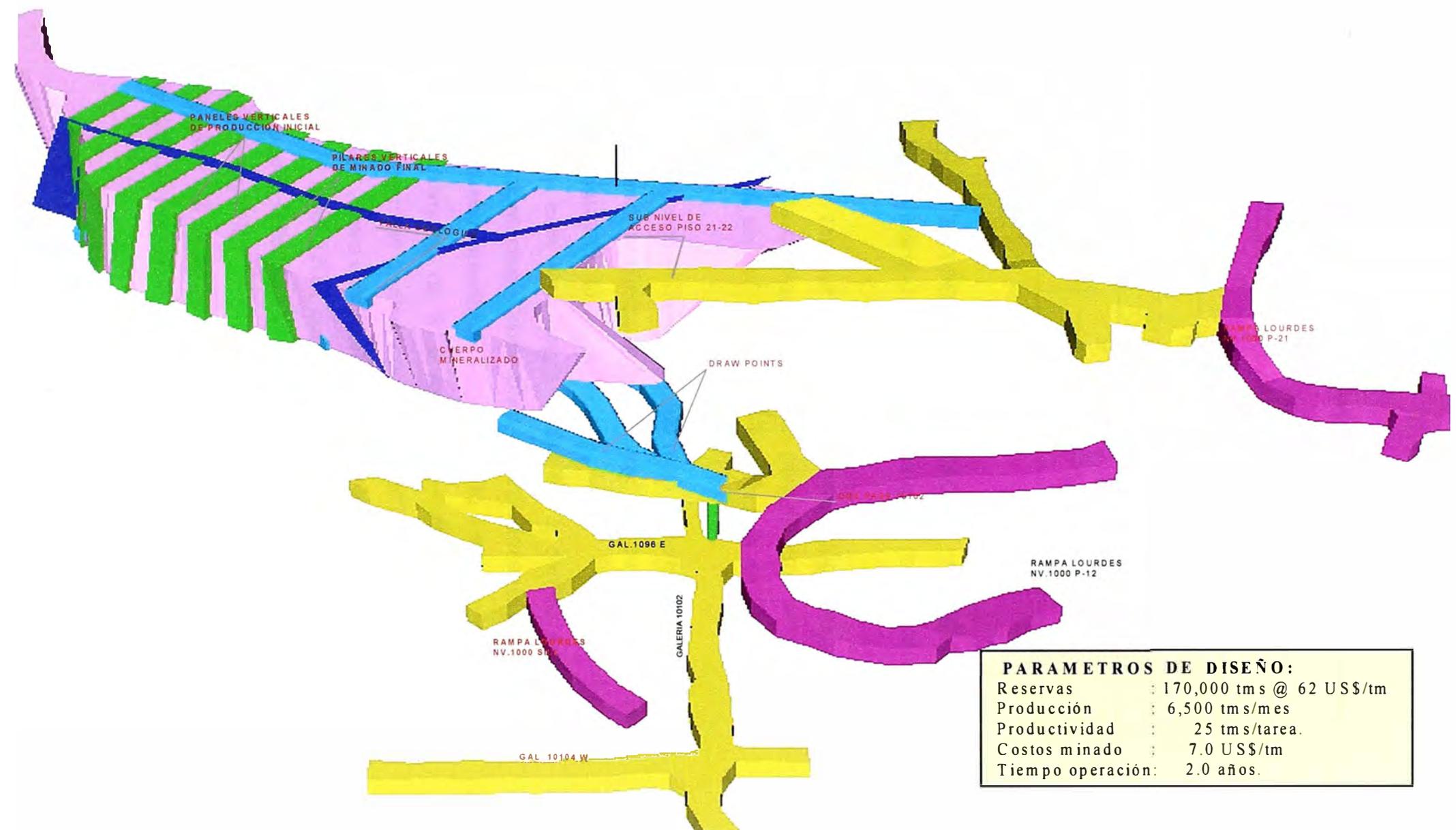
El método de explotación "Raise Caving", se ha implementando en el cuerpo F-317, ubicado en el bloque San Exposito del nivel 1400.

Se encuentra dentro del cuerpo de pirita cerca al contacto con el aglomerado Rumiallana. La mineralización consiste de venillas y disseminaciones de pirita, esfalerita, y galena distribuidos irregularmente dentro del cuerpo de pirita.

METODOS DE MINADO : SUB LEVEL STOPING



METODOS DE MINADO : SUB LEVEL STOPING



PARAMETROS DE DISEÑO:	
Reservas	: 170,000 tms @ 62 US\$/tm
Producción	: 6,500 tms/mes
Productividad	: 25 tms/tarea.
Costos minado	: 7.0 US\$/tm
Tiempo operación:	2.0 años.

Método de Explotación "Raise Caving"

Actualmente se viene implementando este método de explotación en el nivel 1400, cuerpo F – 317, a nivel de piloto.

Las reservas de este cuerpo son como se detalla :

Reservas	T.M.S	% Pb	% Zn	Gr. AG/t	US\$/t
Probadas	30 642	0.68	9.26	30.29	44.59
Probable	4 297	0.68	9.22	30.49	44.43
Total	34939	0.68	9.26	30.31	44.52

V. PREPARACION DE METODO DE EXPLOTACION "RAISE CAVING

Teniendo en cuenta la geometría del cuerpo mineralizado, las preparaciones que se han realizado son :

- ◆ El procedimiento es realizar el subnivel de extracción y las ventanas respectivas, luego la chimenea Alimack, para finalmente realizar la cámara que servirá de cara libre para la voladura de los anillos de perforación.
- ◆ Preparación de acuerdo al diseño, el sub nivel de extracción, con sus respectivas ventanas al cuerpo mineralizado, con secciones de 3.0 * 3.5 metros (ver Figura N° 1).
- ◆ Preparación de la cara libre desde el Sill al 3, con su respectivo ángulo hacia los contactos ("cono para el deslizamiento del mineral"), dejando los pilares respectivos., según diseño. (ver Figura N° 2)
- ◆ Una chimenea Alimack, de 3 .0 metros de diámetro, en la parte central cuerpo, de nivel a nivel, con su respectivo sostenimiento con mallas y Split Set . Para este caso la chimenea se ha realizado desde el nivel 1400 al nivel 1200, con la finalidad de que al término de la explotación, pueda rellenarse con material de los desarrollos del nivel 1200. (ver Figura N° 2)
- ◆ Una variación del método, cuando el cuerpo tiene estas características, es realizar dos chimeneas, unidas por un subnivel en

el horizonte donde se cierra la mineralización. La segunda chimenea, debe ubicarse fuera del área mineralizada, que debe servir de acceso y evacuación del equipo de perforación.

- ◆ El sostenimiento de la chimenea Alimack, y las ventanas de extracción de mineral es al 100% del área abierta, con malla y Splet Set.
- ◆ El sostenimiento del techo de la cámara para la cara libre es a un 75 %, es del área abierta, con malla + Splet Set.
- ◆ El sostenimiento de los accesos, es al 100 % del área abierta.

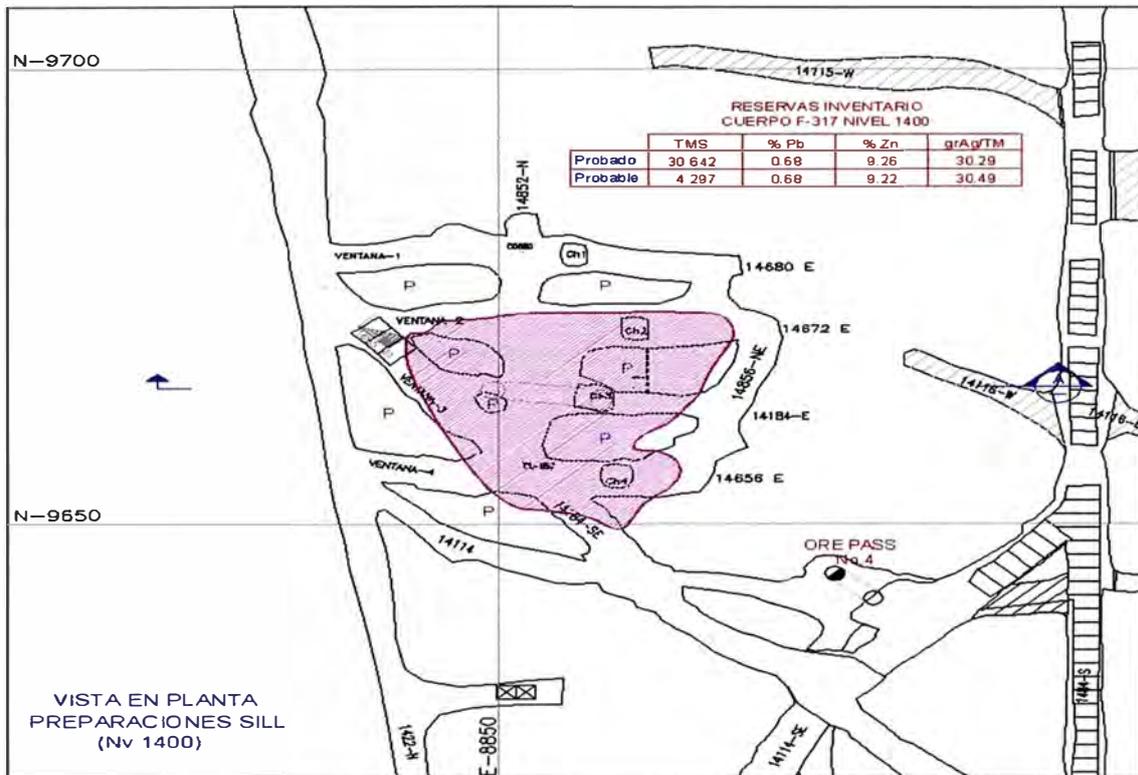
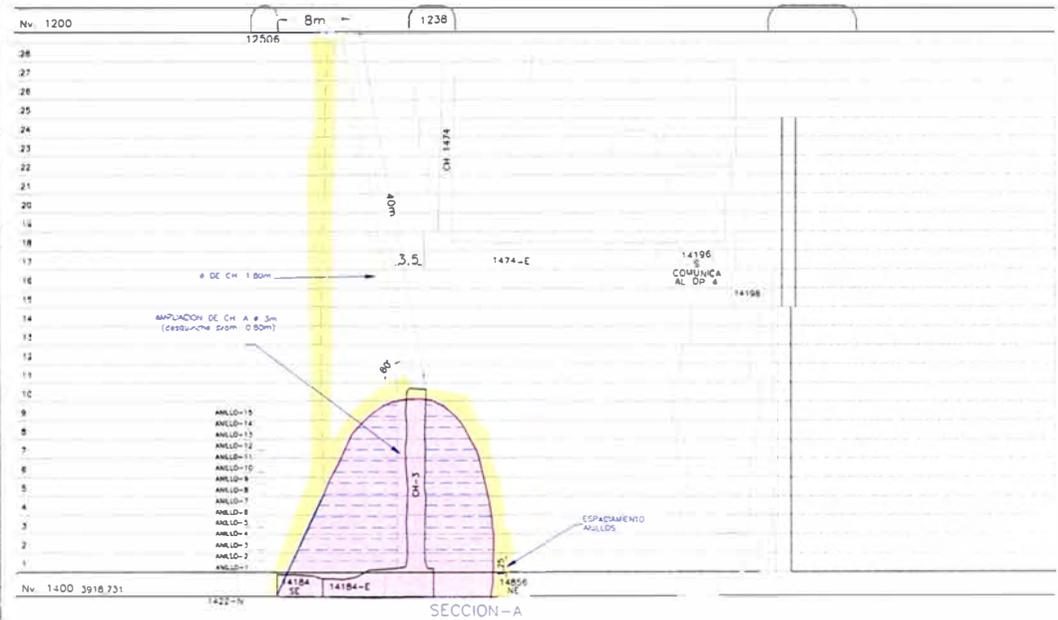
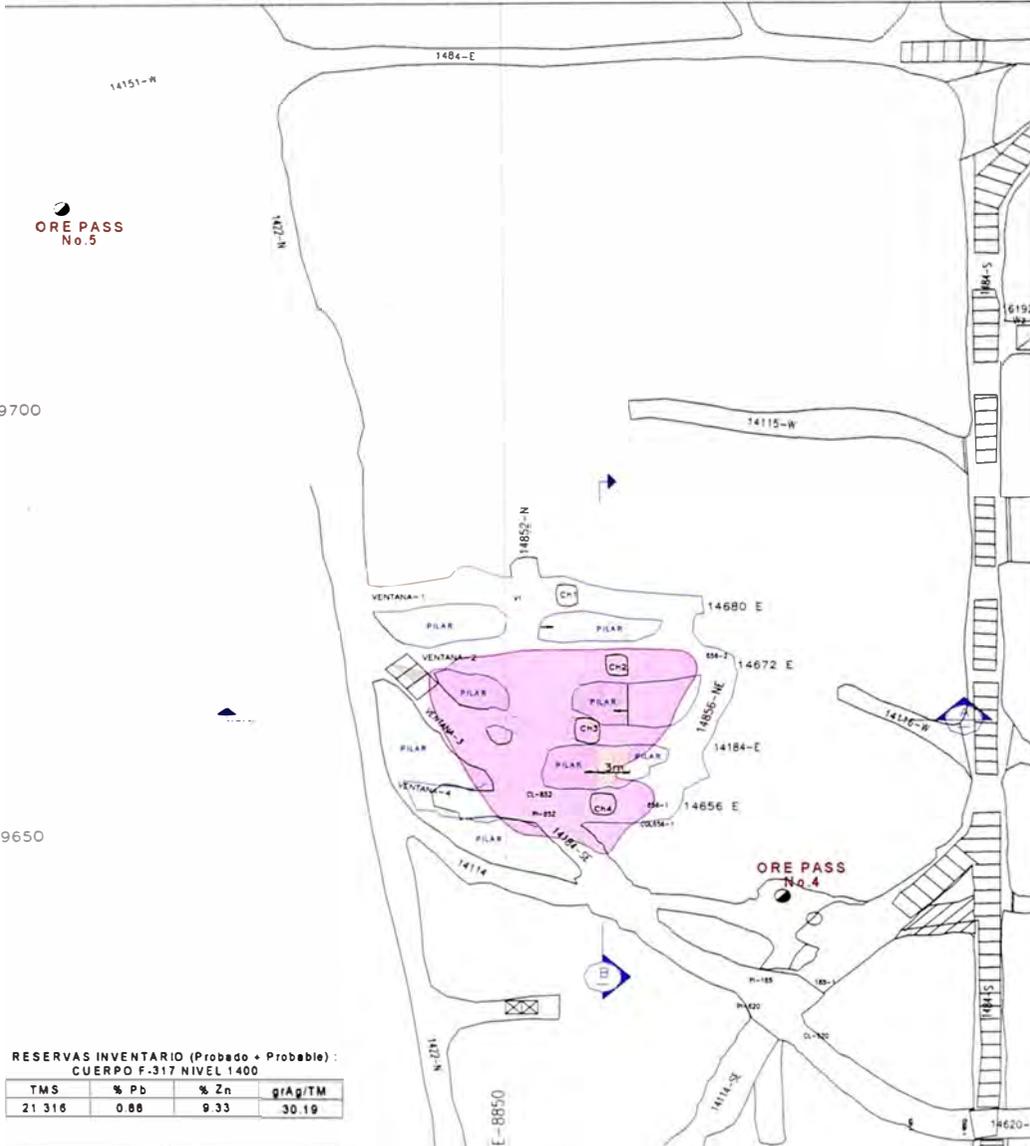


Figura N° 1 : Preparación del acceso y las ventanas

Cuerpo F317



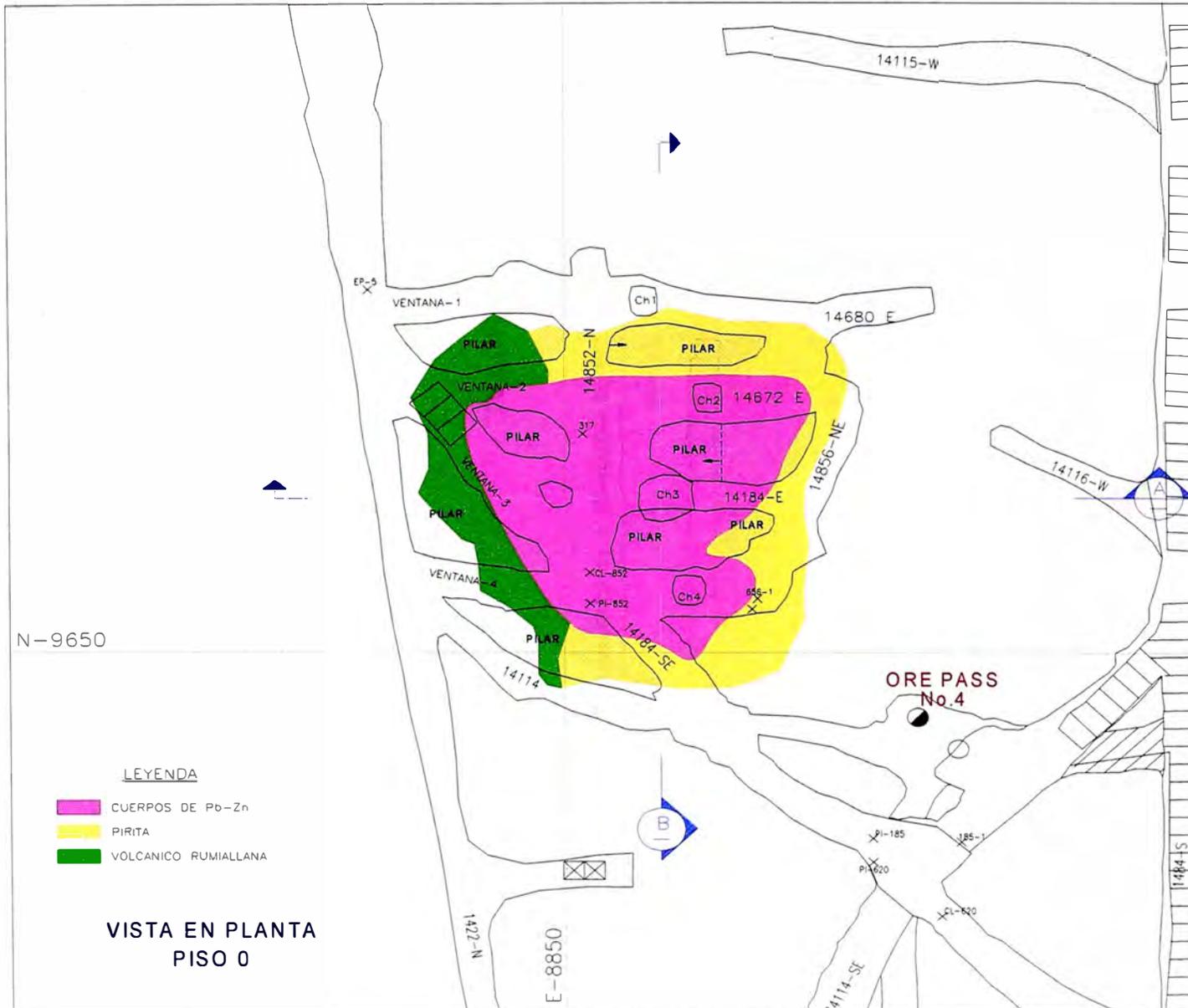
PREPARACION DE LA CHIMENEA ALIMAK Y LA CAMARA DE CARA LIBRE



PREPARACION DE LA CHIMEMEA ALIMAK Y LA CAMARA PARA CARA LIBRE



PREPARACION DEL SUBNIVEL Y VENTANAS



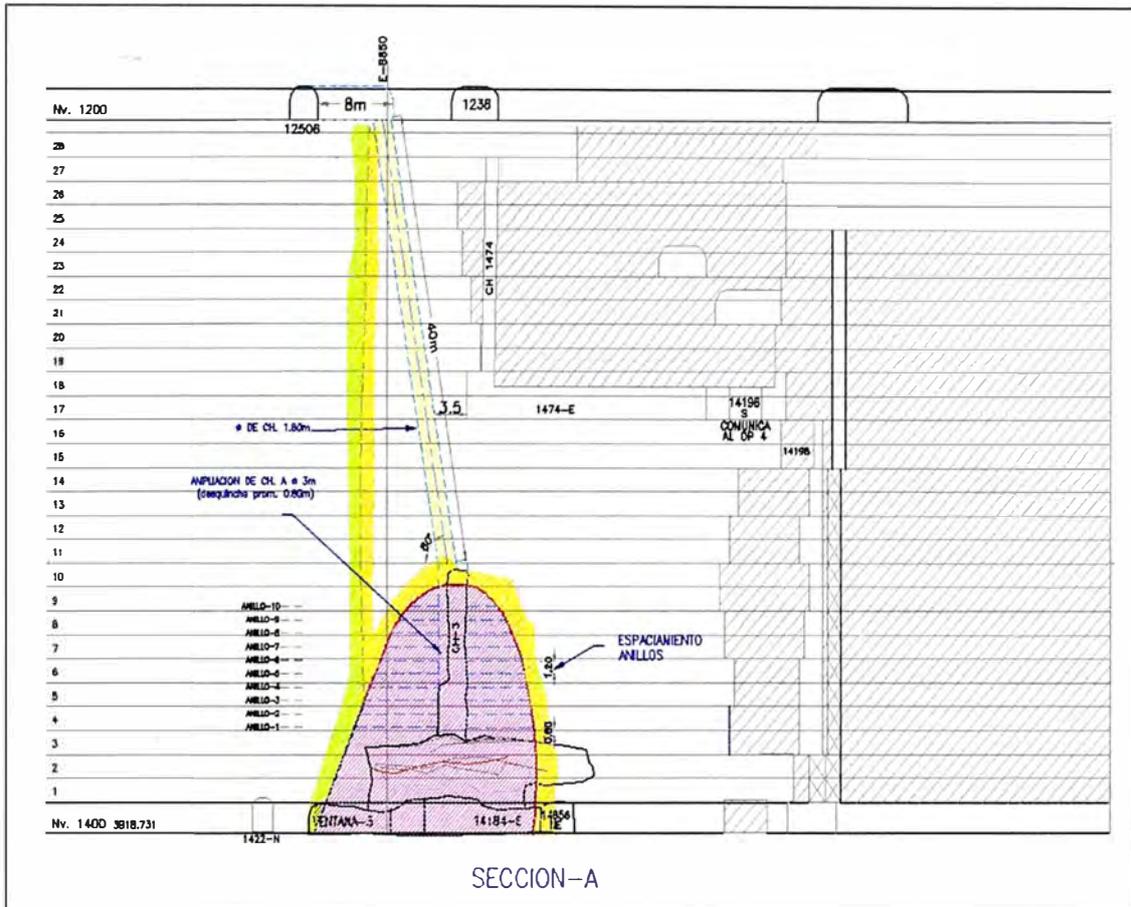


Figura N° 2 : Preparación de la cámara y la chimenea alimack.

VI. PERFORACIÓN Y VOLADURA:

Para el cuerpo F-317, se ha diseñado 20 anillos de perforación, con 33 taladros por anillo, con una longitud total de perforación de 2078.80 metros siendo la longitud de perforación variable, de acuerdo a la variación que pueda presentar el contorneo mineralizado, en cada horizonte de perforación.

Para el primer anillo, el Burden es de 0.80 metros, con 33 taladros y una longitud total de perforación de 266.45 metros (ver figura N° 4)

A partir del segundo anillo, el Burden es de 1.20 metros, siendo 33 taladros por anillo, con longitudes variables de acuerdo al contorneo mineralizado.

(ver figuras N° 5 al 8)

Culminado la labores de preparación, como son la cámara para la cara libre y la chimenea Alimack , se inicia la perforación de los anillos de perforación, en base al diseño preparado. Para esto se procede con los siguientes pasos :

- ◆ Culminado la chimenea, se procede a la perforación masiva, bajando la jaula de la chimenea Alimack, hasta la proyección del diseño del primer anillo.
- ◆ Para esto se instalan dos plataformas de perforación, con un equipo Long Hole en cada plataforma.
- ◆ Las perforaciones serán radiales de acuerdo al plano de ubicación de los taladros y las longitudes finales de perforación, estarán dadas por el cambio de color de detritus proveniente de las perforaciones.
- ◆ En la perforación, con los detritus se realiza los muestreos respectivo, para evaluar las leyes de cada taladro.
- ◆ Una vez concluidas las perforaciones en cada plataforma se pasará a los siguientes pisos y así sucesivamente hasta concluir la totalidad de las perforaciones del cuerpo Mineralizado.
- ◆ Concluida las perforaciones, se iniciará el carguío y voladura de los anillos de abajo hacia arriba, a la vez que se va desmontando el equipo Alimack y evacuándolo por el nivel superior.
- ◆ Para cada anillo, se tiene el diseño respectivo de perforación.

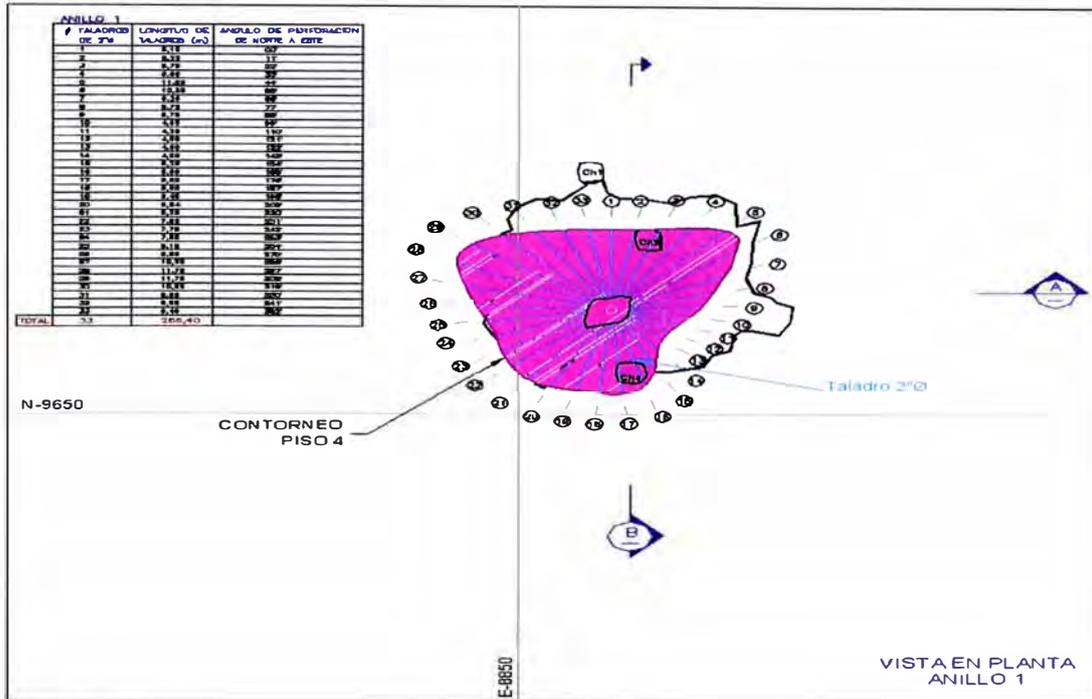


Figura N° 1: Primer anillo de perforación

N° de taladros perforados = 33
 Longitud perforada /anillo = 266.40 metros
 Burden = 0.80 metros

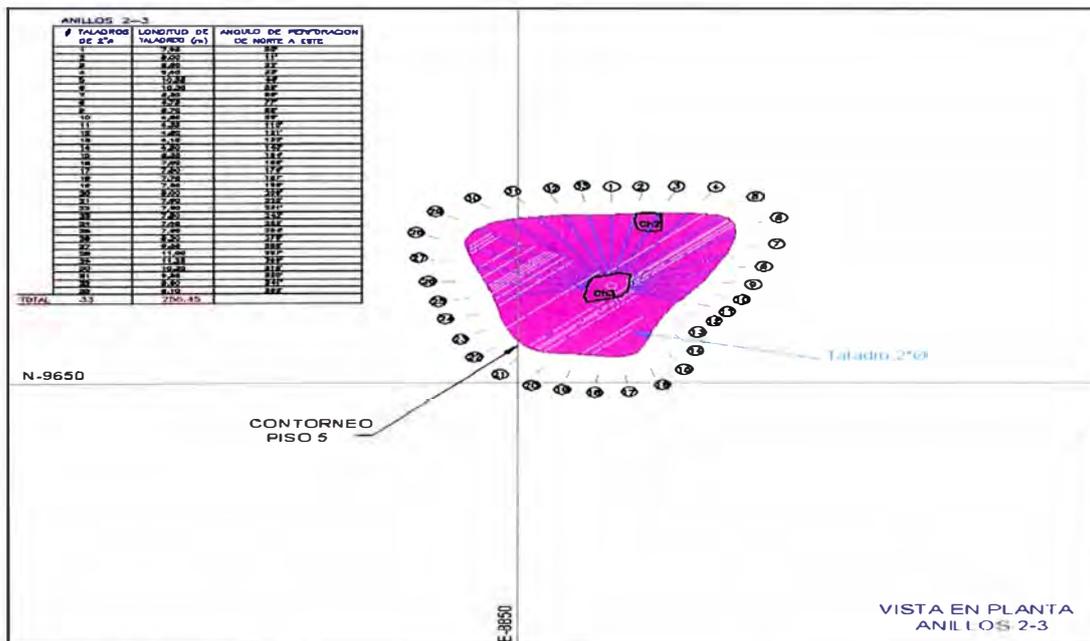
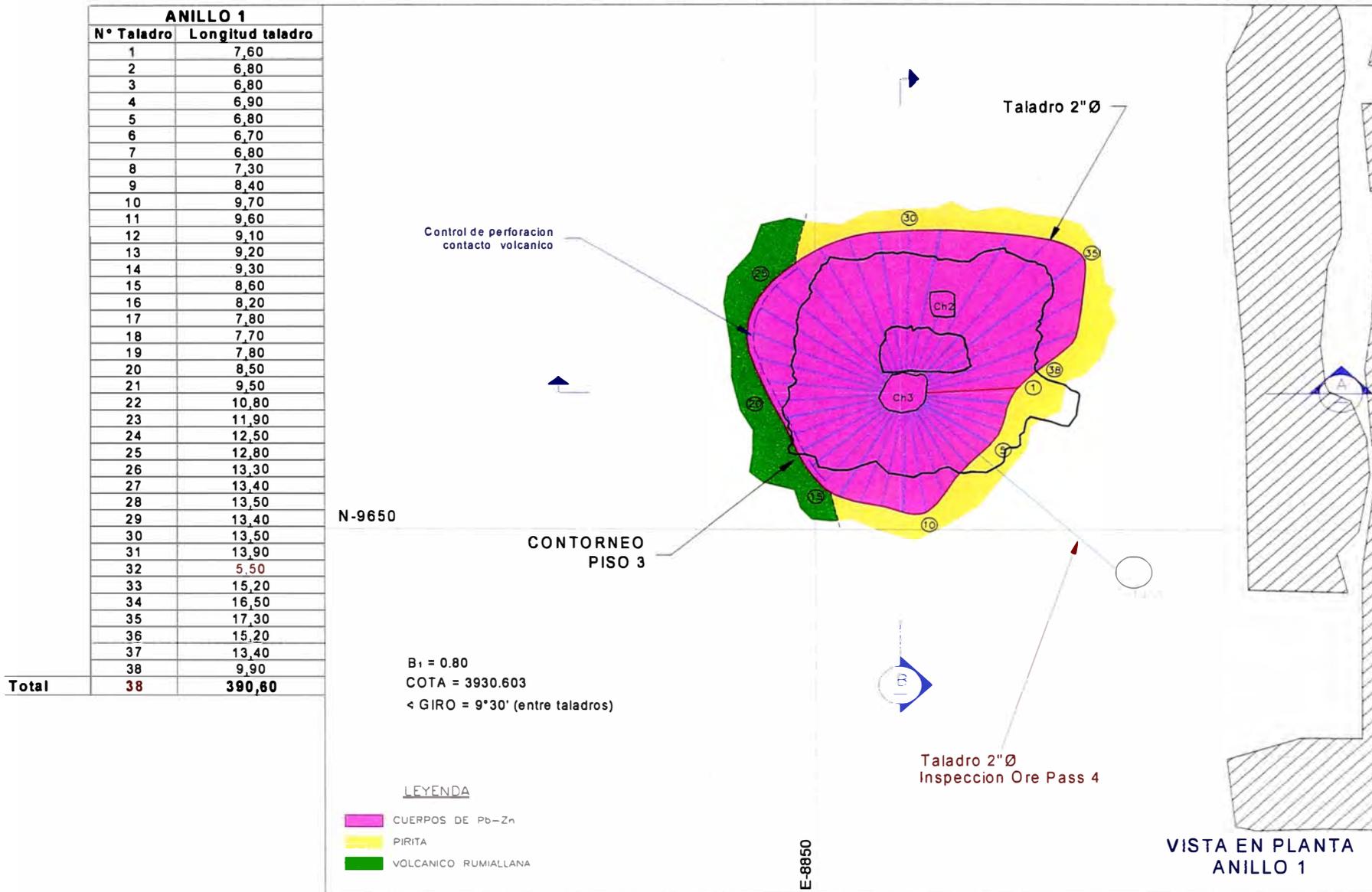


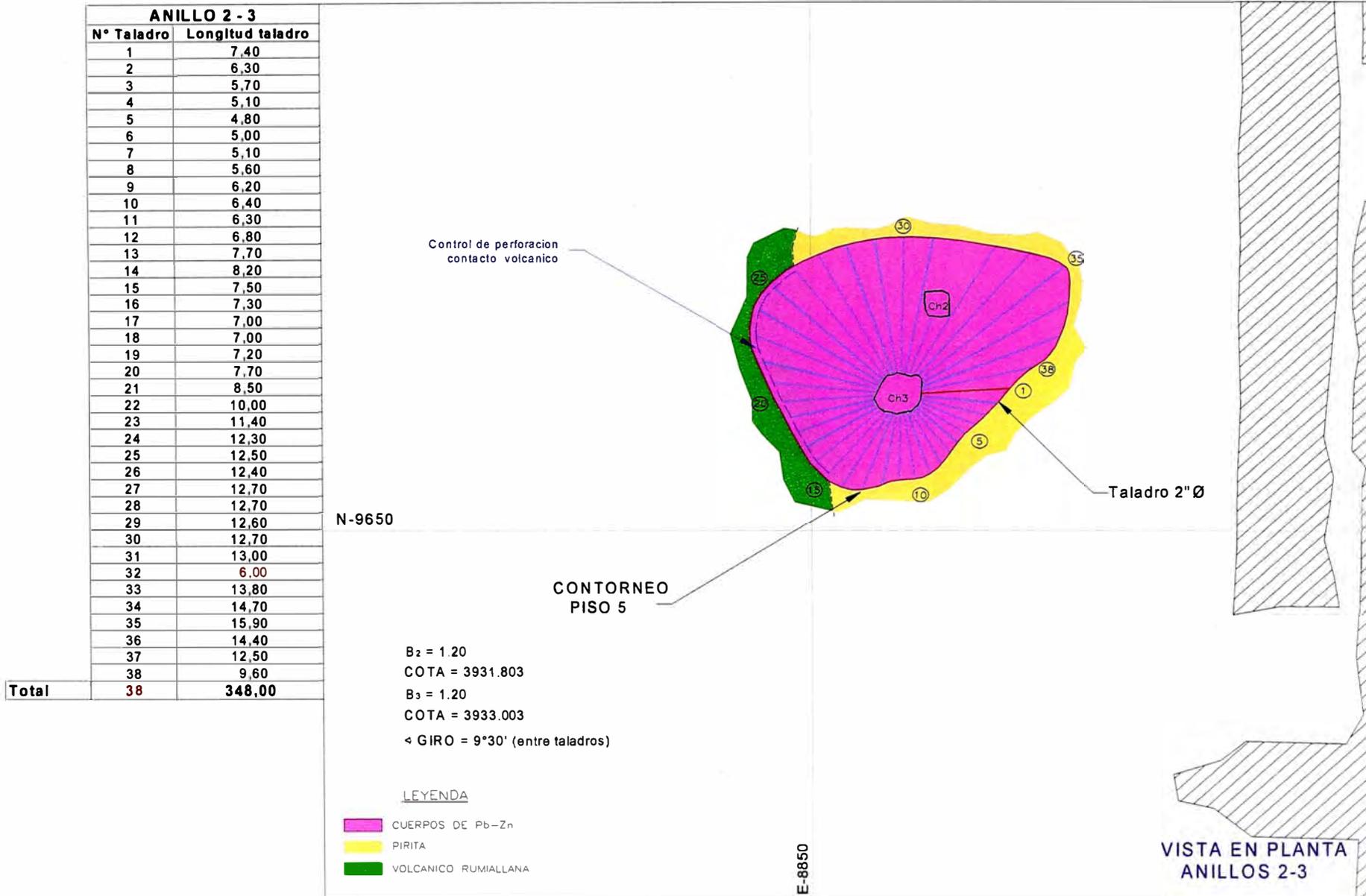
Figura N° 5: Anillos de perforación N° 2 y N° 3

N° de taladros /anillo = 33 taladros
 Longitud perforada/anillo = 255.45 metros
 Burden = 1.20 metros

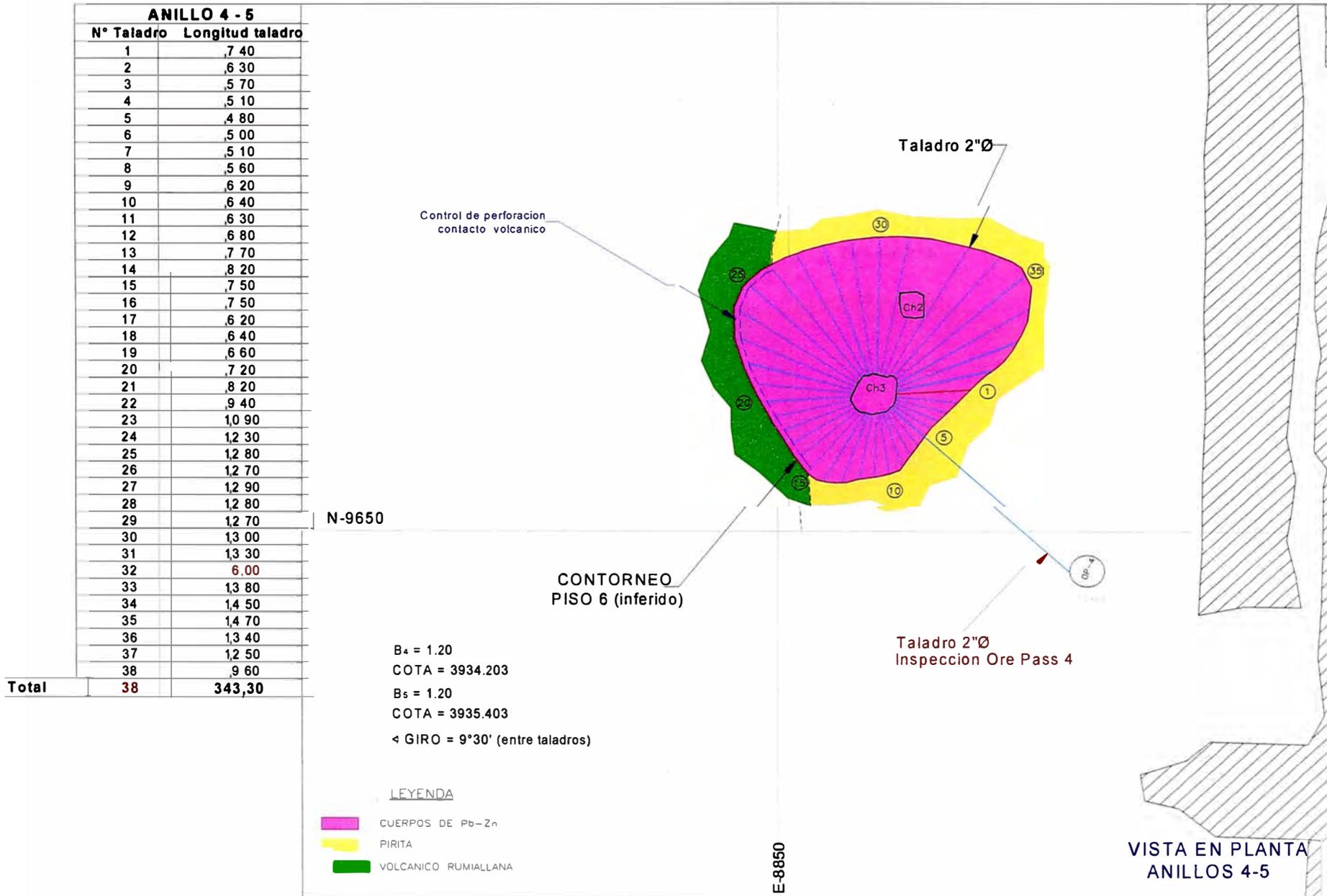
DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 1



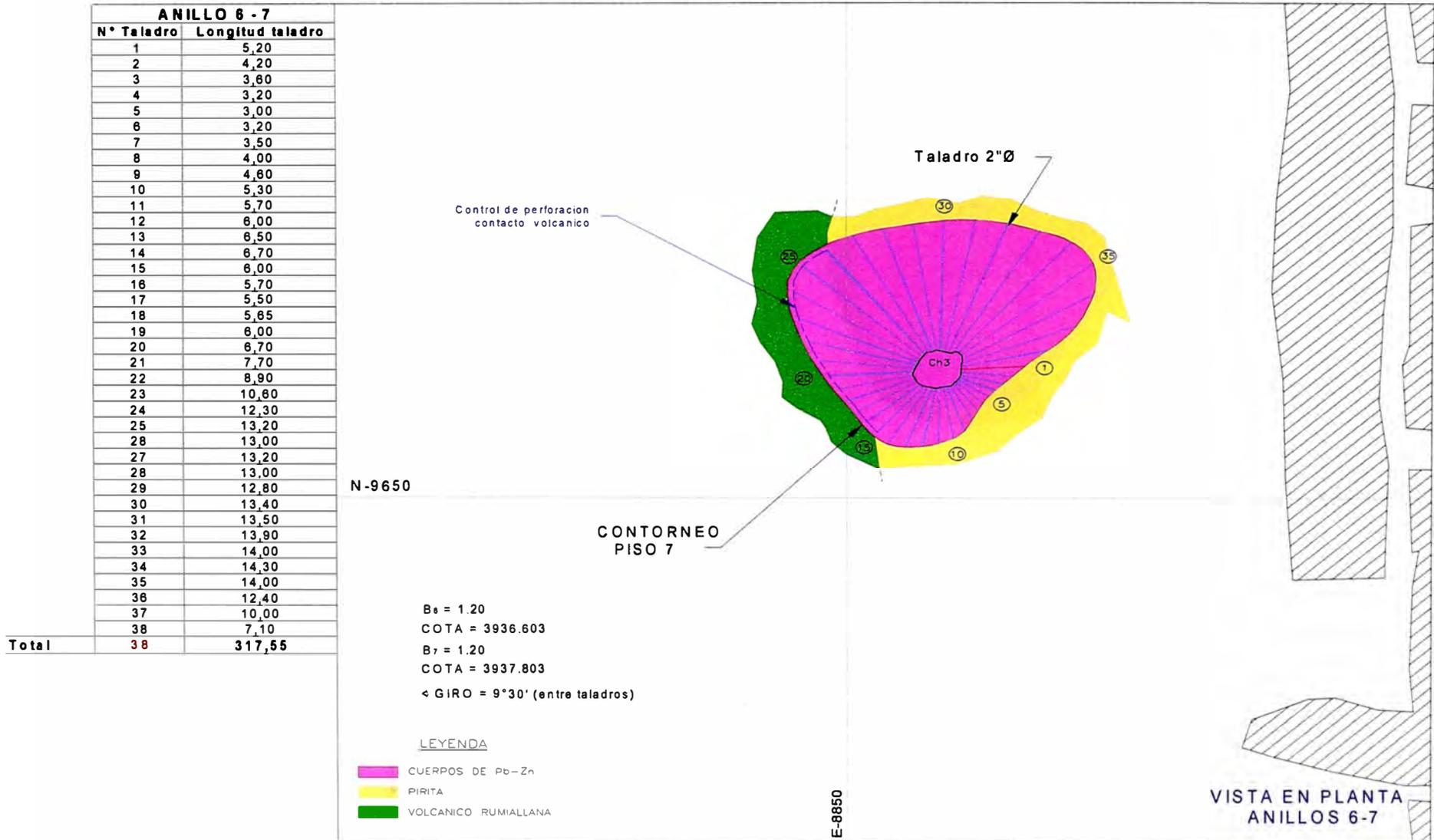
DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 2 - 3



DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 4 - 5

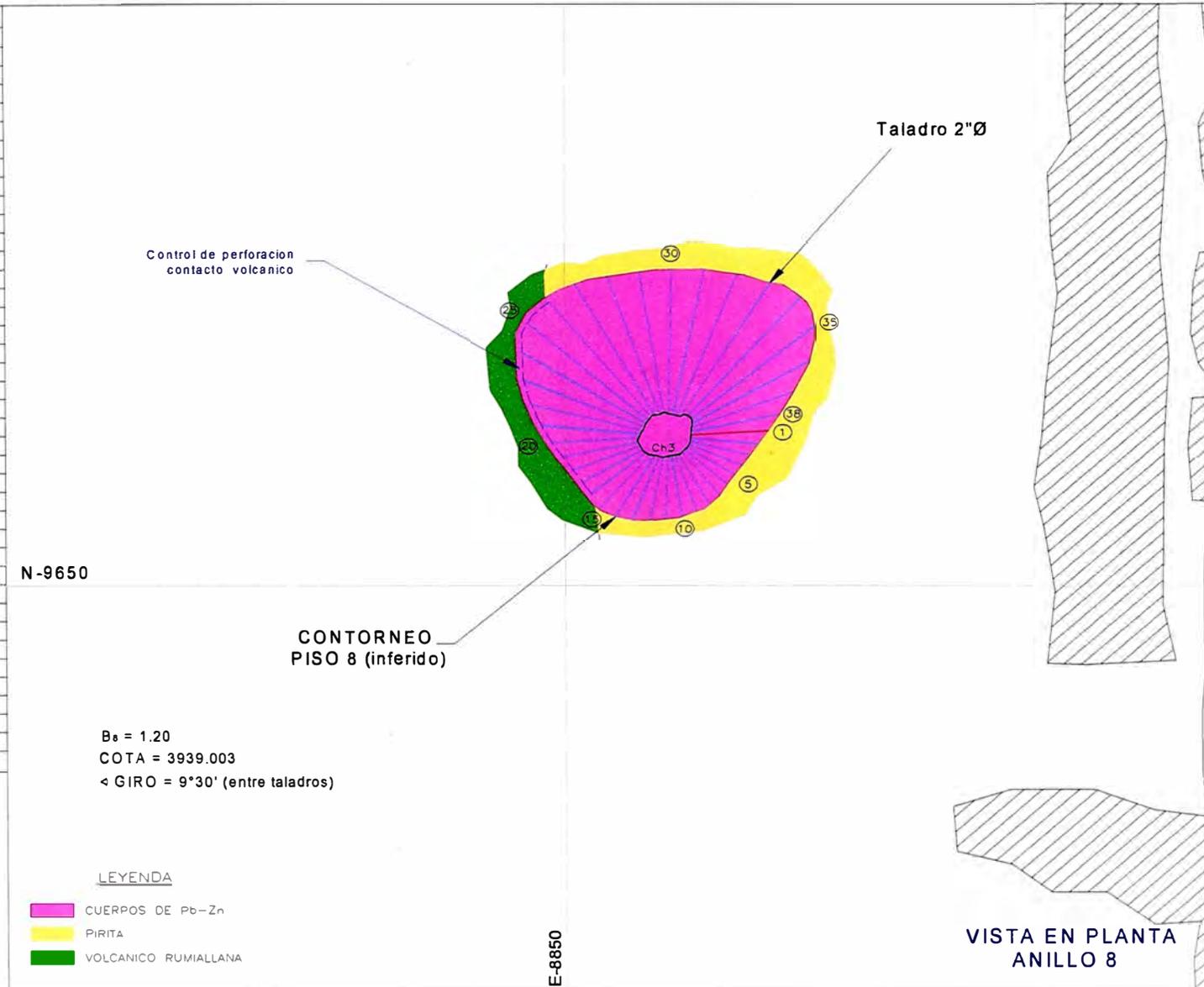


DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 6 - 7



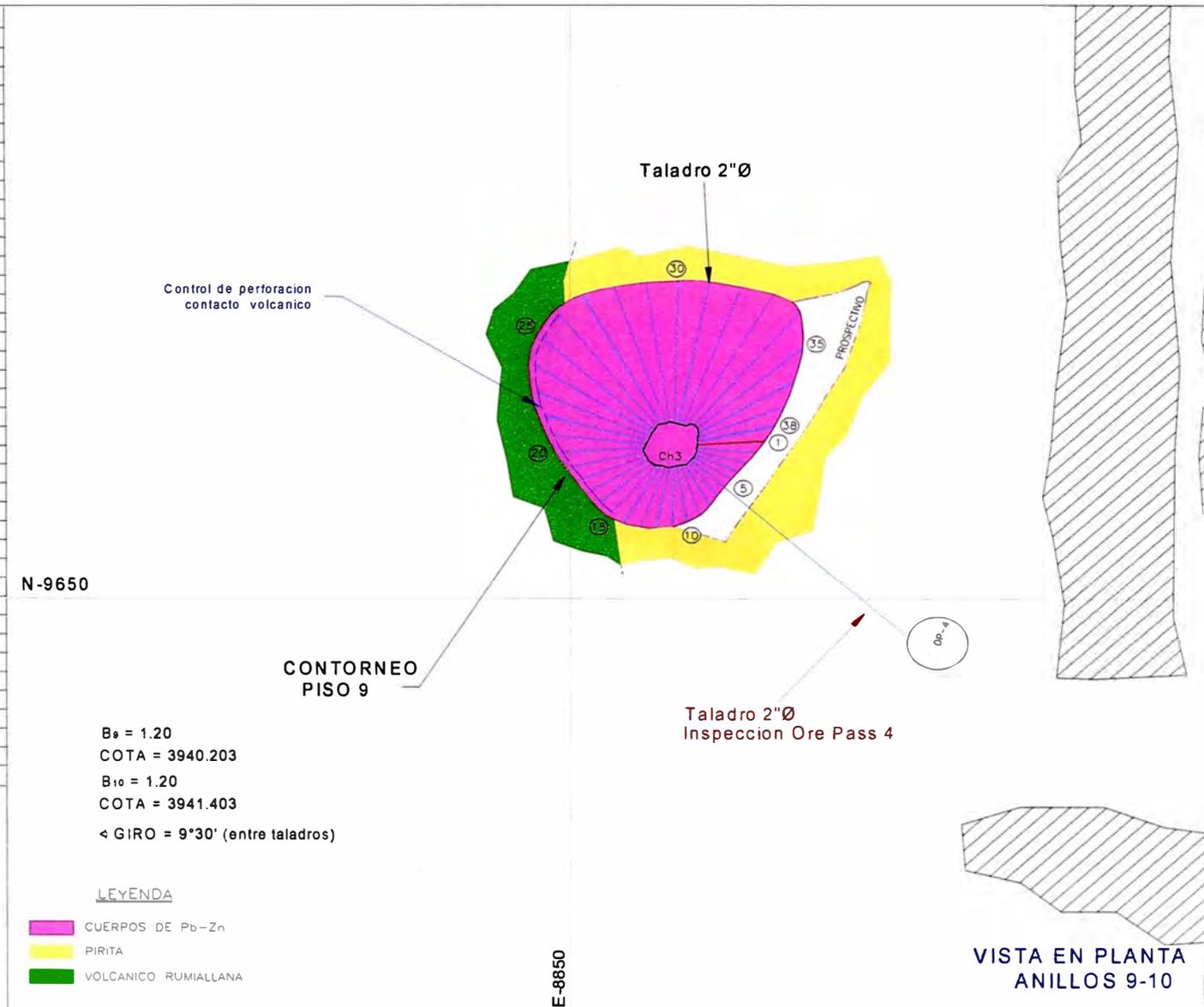
DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 8

ANILLO 8	
N° Taladro	Longitud taladro
1	5,70
2	5,00
3	4,60
4	4,30
5	4,20
6	4,40
7	4,70
8	4,90
9	5,20
10	5,40
11	5,50
12	5,60
13	5,90
14	6,00
15	6,10
16	5,40
17	5,20
18	5,30
19	5,70
20	6,30
21	7,30
22	8,40
23	9,70
24	10,90
25	12,10
26	12,30
27	12,70
28	12,40
29	12,20
30	12,40
31	12,70
32	13,00
33	13,00
34	13,00
35	12,00
36	10,20
37	8,10
38	6,70
Total	38
	305,50



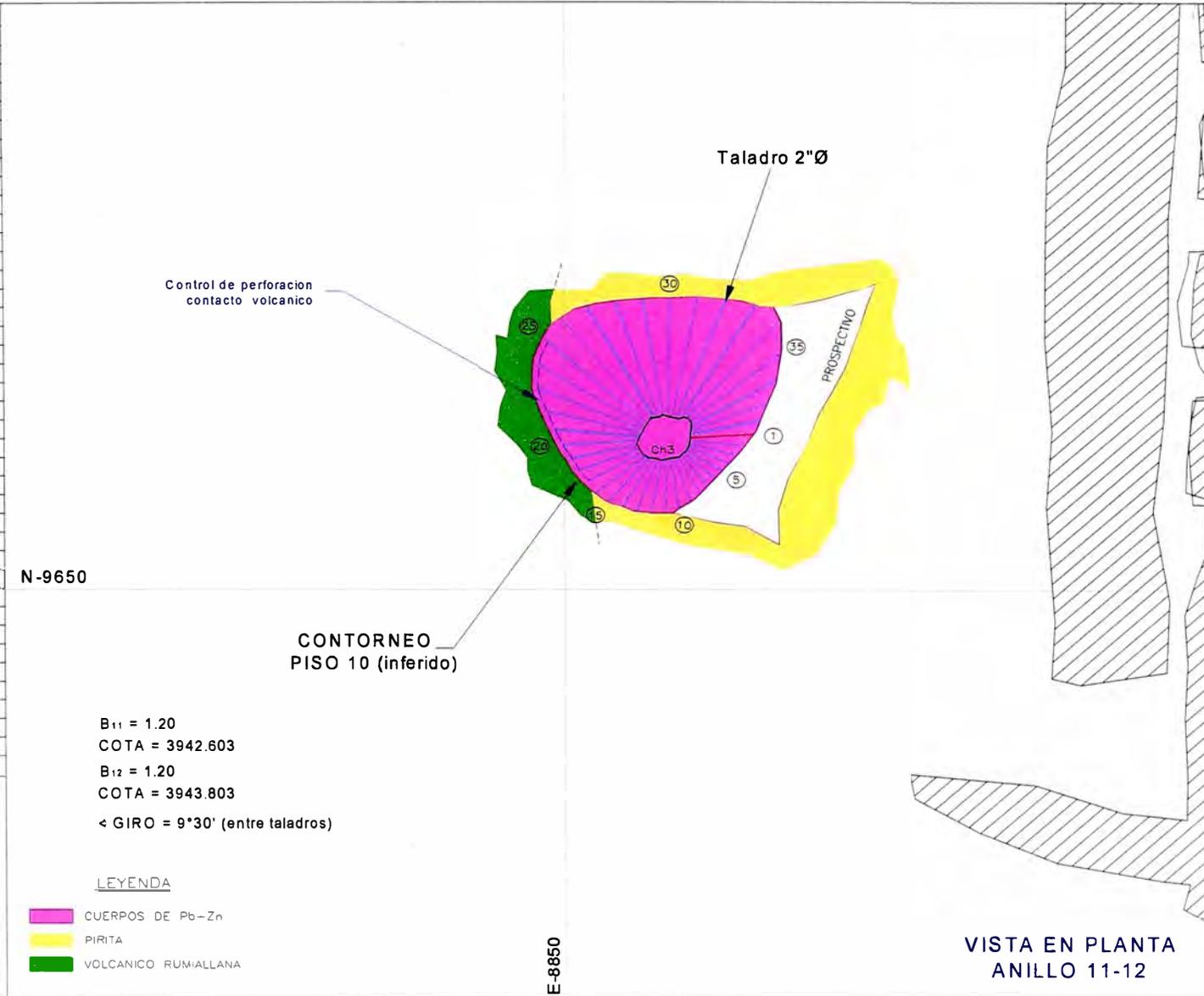
DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 9 - 10

ANILLO 9 - 10	
N° Taladro	Longitud taladro
1	5,00
2	4,20
3	3,80
4	3,50
5	3,30
6	3,40
7	3,60
8	3,90
9	4,40
10	4,80
11	5,10
12	5,20
13	5,40
14	5,60
15	5,60
16	4,90
17	4,90
18	5,00
19	5,30
20	5,90
21	6,70
22	7,70
23	9,00
24	10,20
25	11,10
26	11,70
27	12,30
28	12,00
29	11,80
30	12,00
31	12,20
32	12,30
33	12,50
34	12,10
35	10,10
36	8,20
37	6,80
38	5,70
Total	38
	277,20



DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 11 - 12

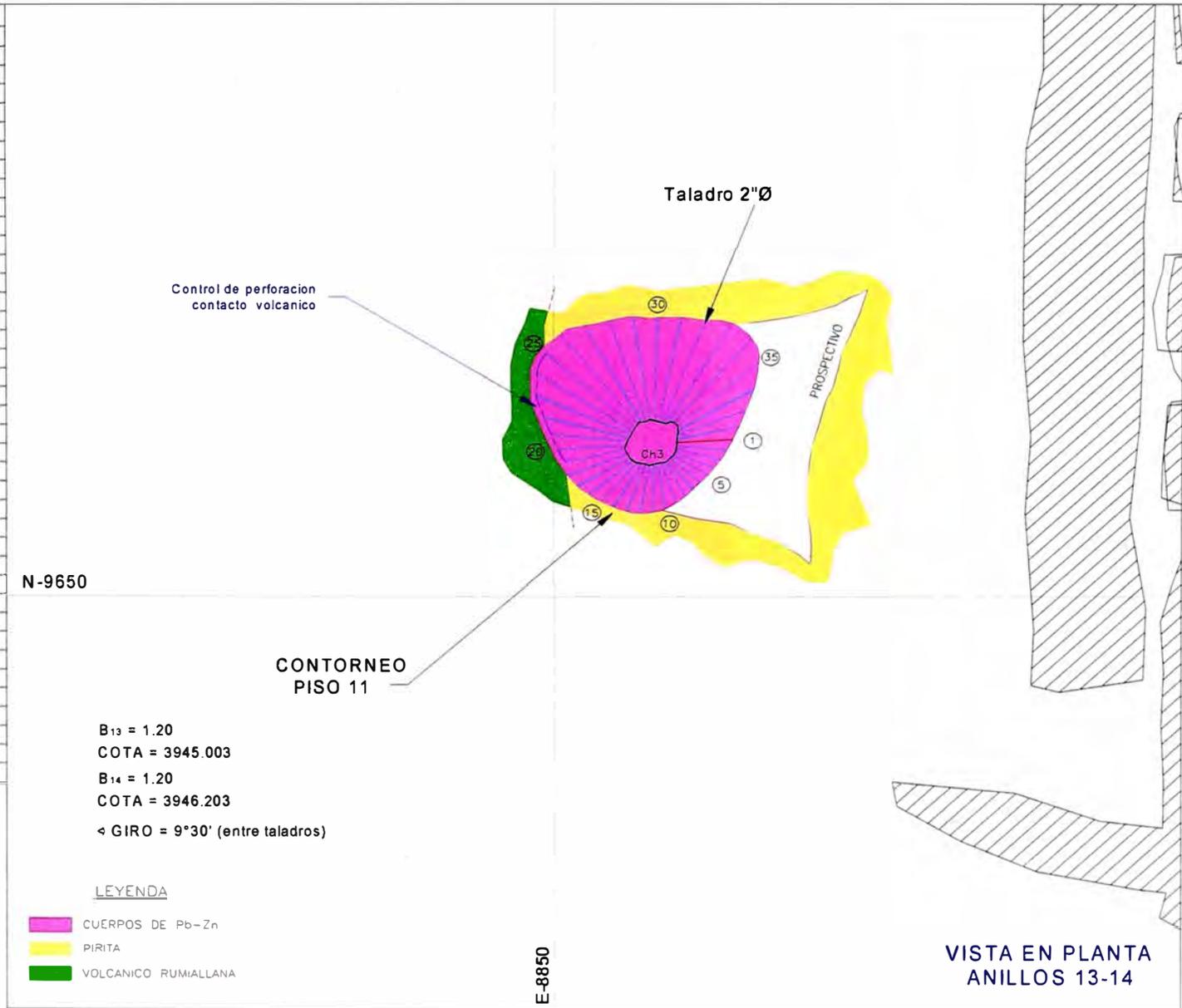
ANILLO 11 - 12	
N° Taladro	Longitud taladro
1	4,70
2	4,00
3	3,60
4	3,30
5	3,10
6	3,20
7	3,30
8	3,50
9	4,00
10	4,30
11	4,70
12	4,60
13	4,80
14	4,80
15	4,90
16	4,90
17	4,50
18	4,70
19	4,90
20	5,50
21	6,20
22	7,20
23	8,40
24	9,30
25	10,00
26	10,80
27	10,70
28	10,40
29	10,00
30	10,10
31	10,50
32	10,80
33	11,00
34	10,70
35	8,80
36	7,40
37	6,00
38	5,30
Total	38
	248,90



- LEYENDA**
- CUERPOS DE Pb-Zn
 - PIRITA
 - VOLCANICO RUMIALLANA

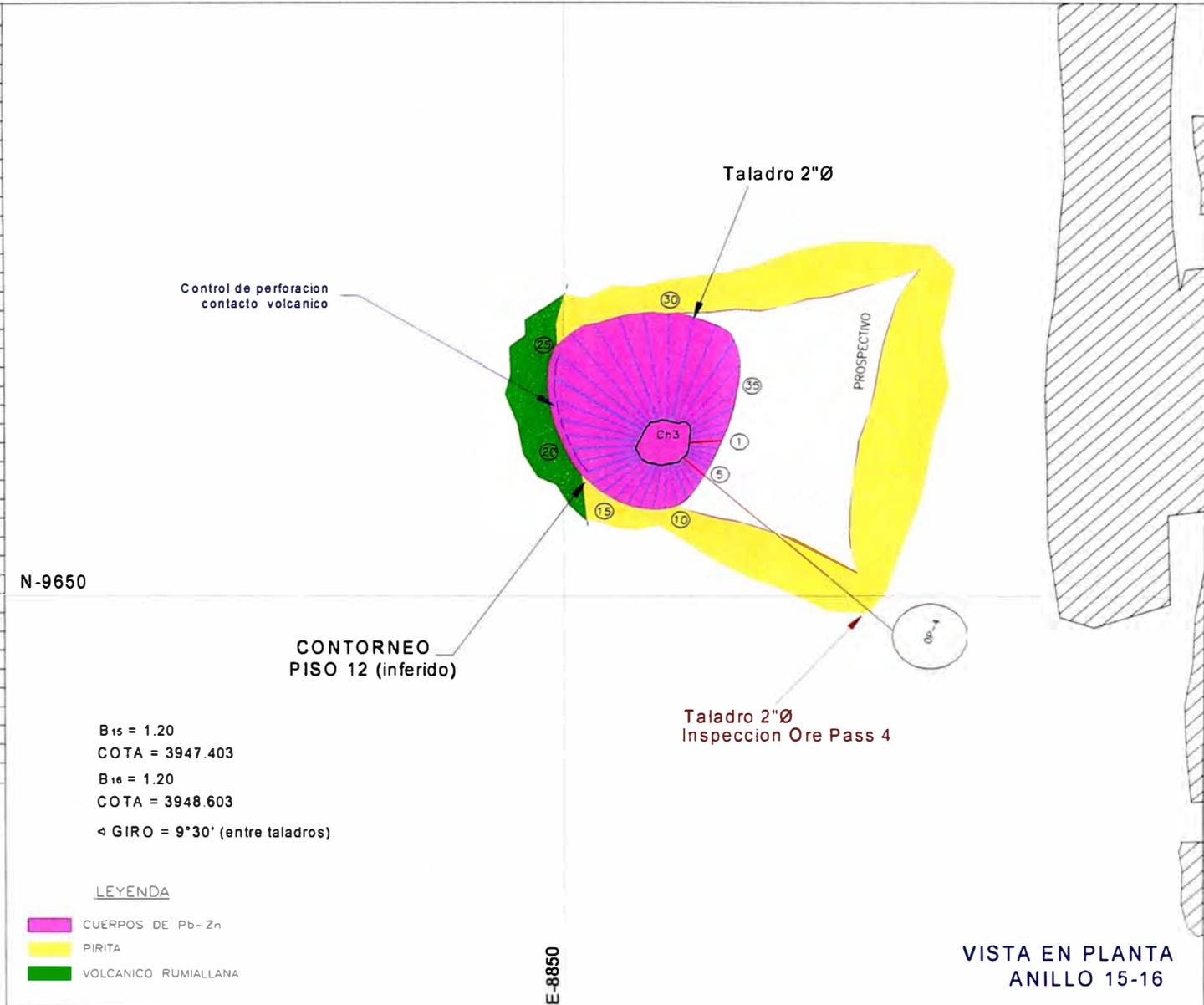
DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 13 - 14

ANILLO 13 - 14	
N° Taladro	Longitud taladro
1	4,20
2	3,80
3	3,50
4	3,30
5	3,10
6	3,00
7	3,30
8	3,20
9	3,60
10	3,90
11	4,10
12	4,20
13	4,20
14	4,30
15	4,30
16	4,40
17	4,60
18	4,80
19	4,50
20	5,00
21	5,70
22	6,60
23	7,70
24	8,60
25	9,00
26	9,40
27	9,20
28	8,90
29	8,80
30	8,70
31	9,00
32	9,20
33	9,50
34	9,10
35	8,00
36	6,70
37	5,50
38	4,70
Total	38
	223,60

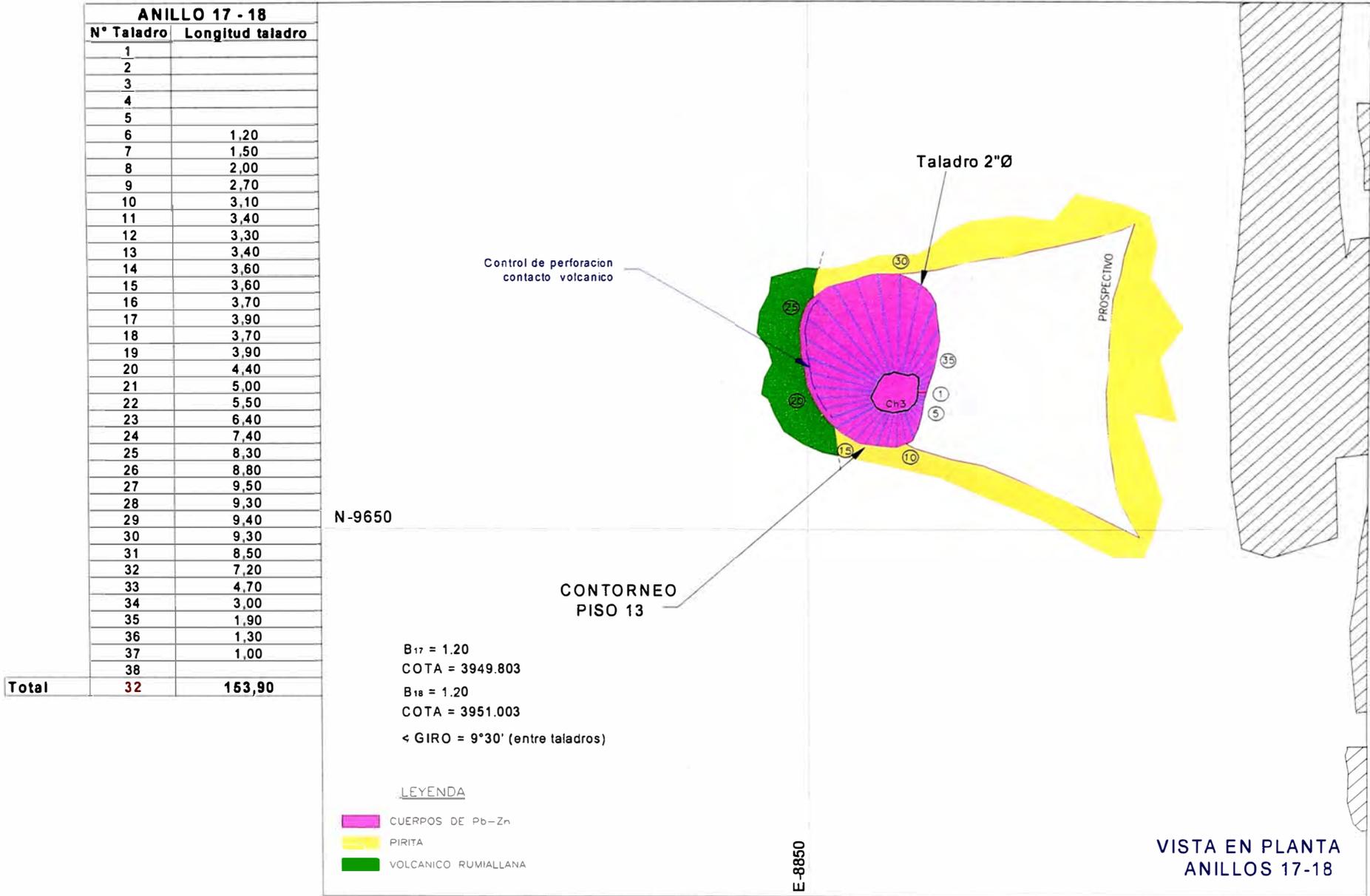


DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 15 - 16

ANILLO 15 - 16	
N° Taladro	Longitud taladro
1	2,40
2	2,20
3	2,00
4	2,00
5	2,00
6	2,20
7	2,40
8	2,70
9	3,20
10	3,60
11	3,80
12	3,80
13	3,90
14	4,00
15	4,00
16	4,00
17	4,20
18	4,00
19	4,20
20	4,70
21	5,30
22	6,10
23	7,00
24	7,90
25	8,80
26	9,50
27	9,30
28	9,20
29	9,10
30	9,00
31	8,90
32	8,70
33	7,80
34	6,20
35	4,60
36	3,70
37	3,20
38	2,70
Total	38
	192,30

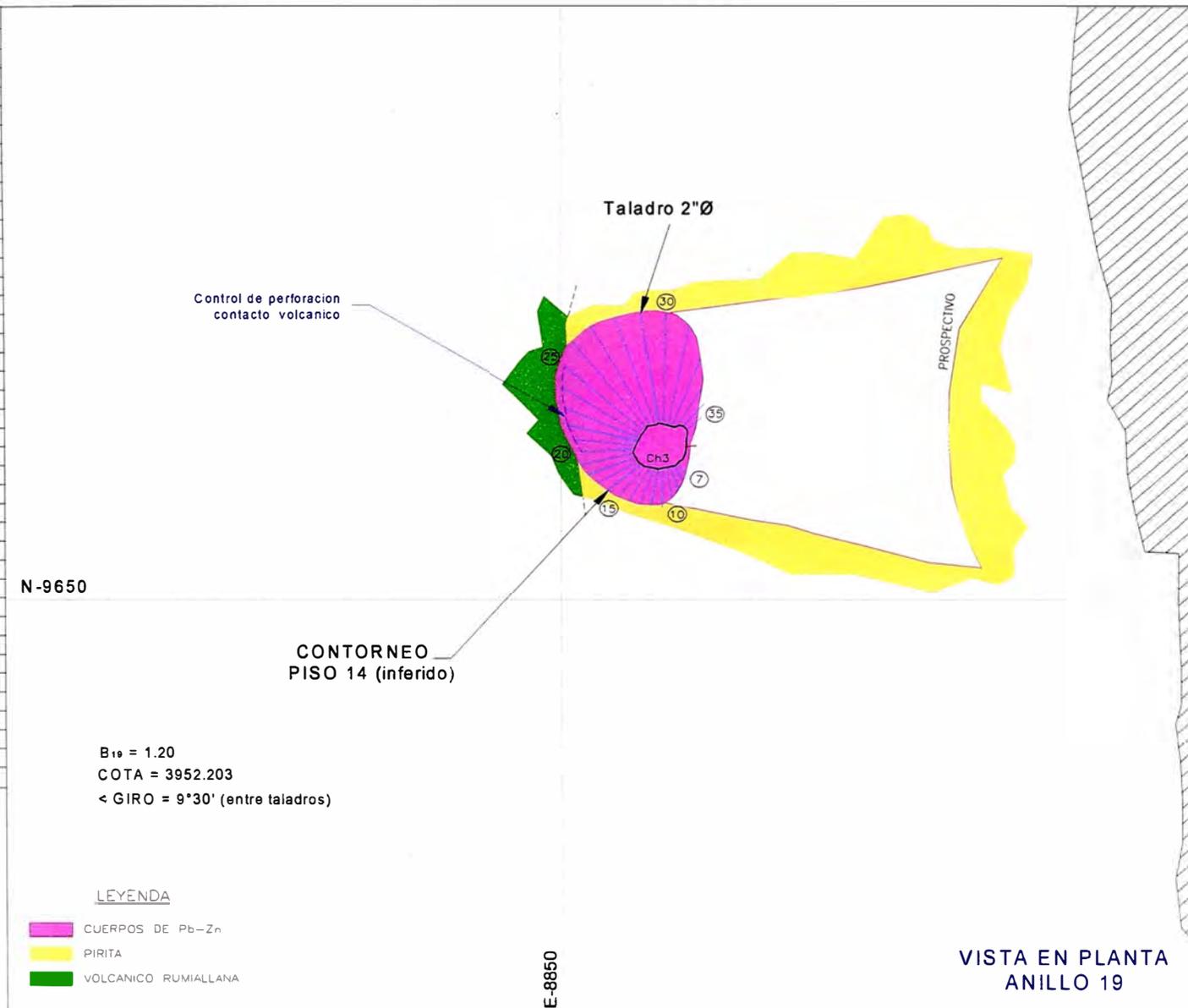


DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 17 - 18

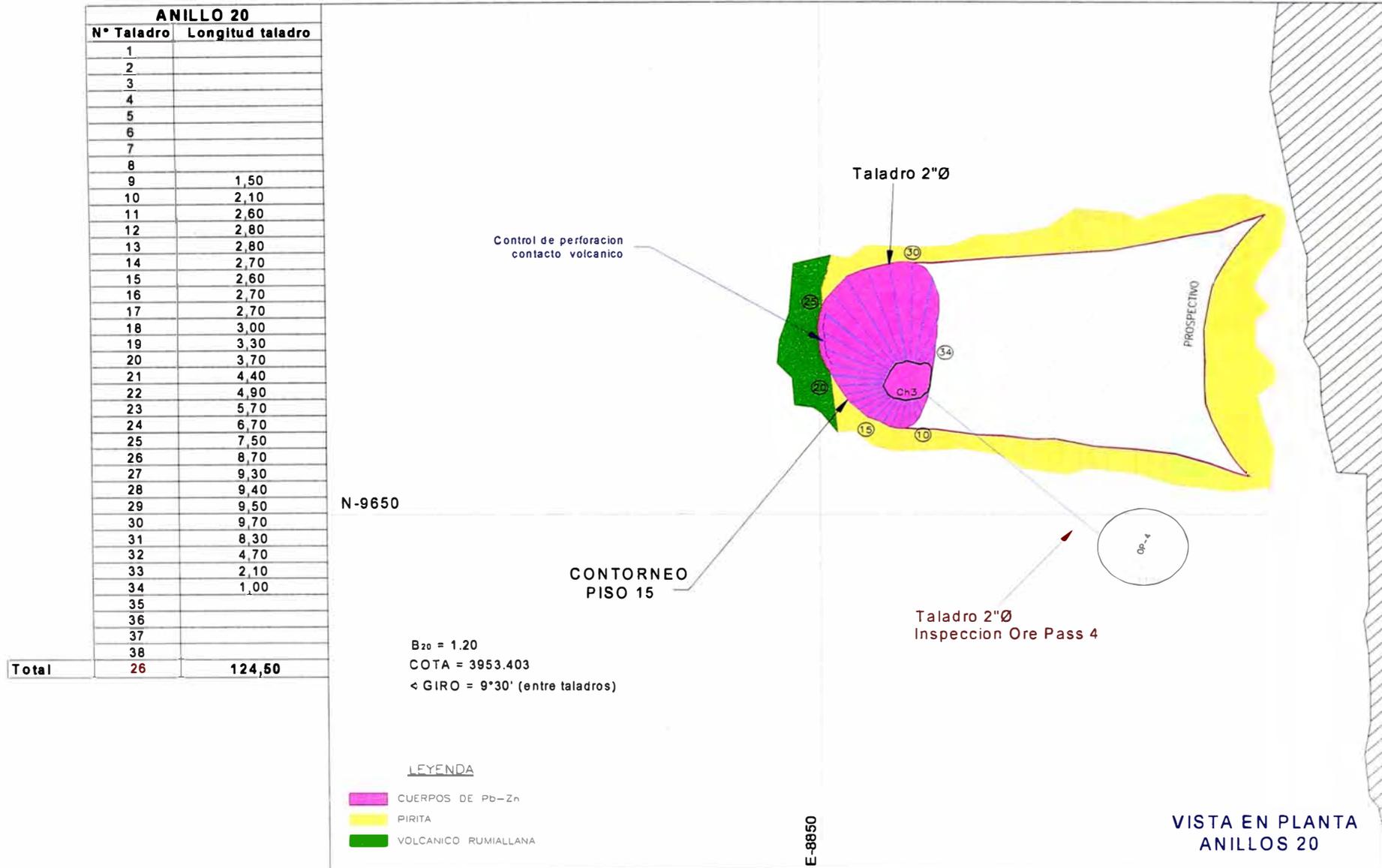


DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 19

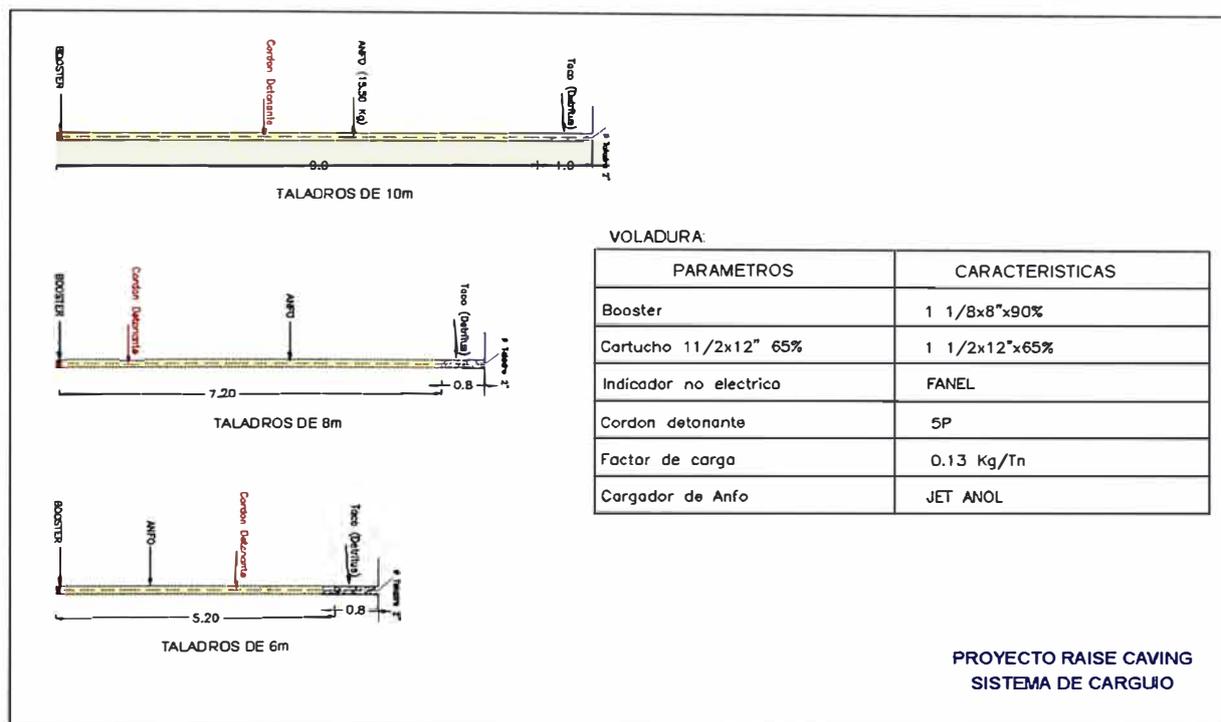
ANILLO 19	
N° Taladro	Longitud taladro
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	1,10
8	1,30
9	1,90
10	2,60
11	3,00
12	3,10
13	3,10
14	3,20
15	3,20
16	3,30
17	3,40
18	3,70
19	4,00
20	3,80
21	4,50
22	5,30
23	6,00
24	7,00
25	7,90
26	9,00
27	9,30
28	9,50
29	9,40
30	9,40
31	8,40
32	6,00
33	3,40
34	2,00
35	1,00
36	
37	
38	
Total	29 138,80



DISEÑO DE PERFORACIÓN DEL ANILLO N° 20



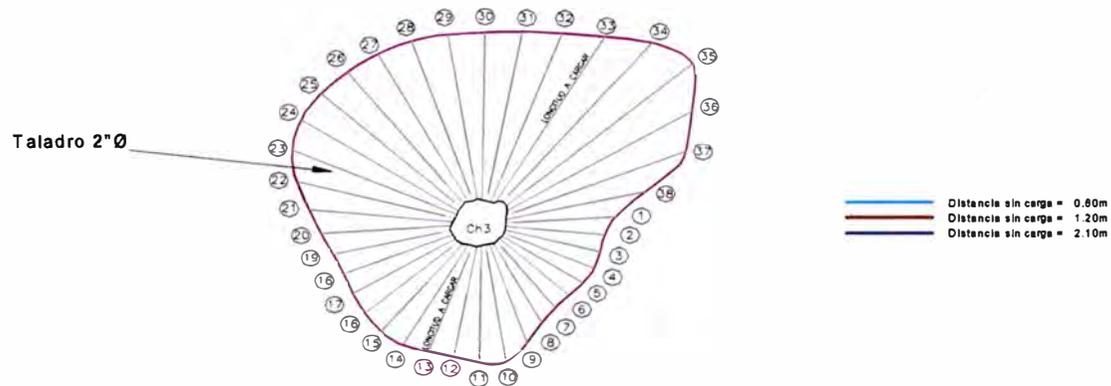
VII. PARAMETROS DE PERFORACION Y VOLADURA



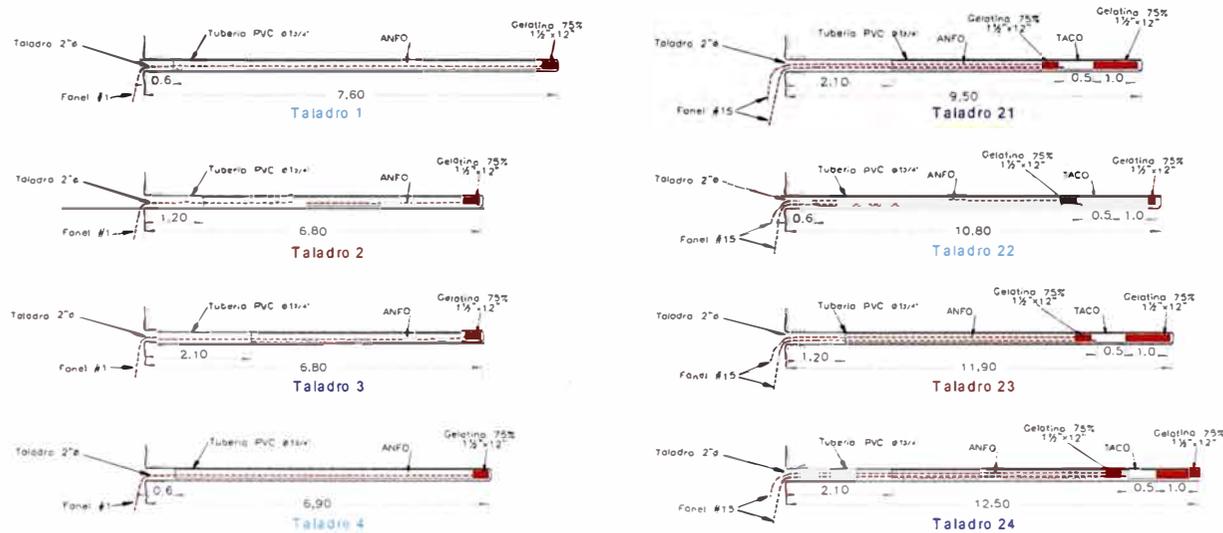
Equipo de Jaula Trepadora	Marca ALIMACK de propulsión DIESEL Hidráulico con doble transmisión (Double Drive)
Equipo de perforación	INGERSOLL RAND 241 – BLONG HOLE BBC – 35 LONG HOLE ATLAS COPCO
Rendimiento Promedio	120 Metros / Día
Diámetro de Perforación	2.0 pulgadas
Borden :	
Primer anillo	0.80 metros
A partir del 2° anillo	1.20 metros
Espaciamiento	2.5 metros
Longitud de perforación / Tal.	4 á 12 metros
Longitud de perforación /anillo	123 a 255 metros
Metros perforados totales	2 297 metros
Índice de perforación	11.79 Tm/metro
Avance de Subniveles / día	3.0 metros

DISEÑO DE VOLADURA

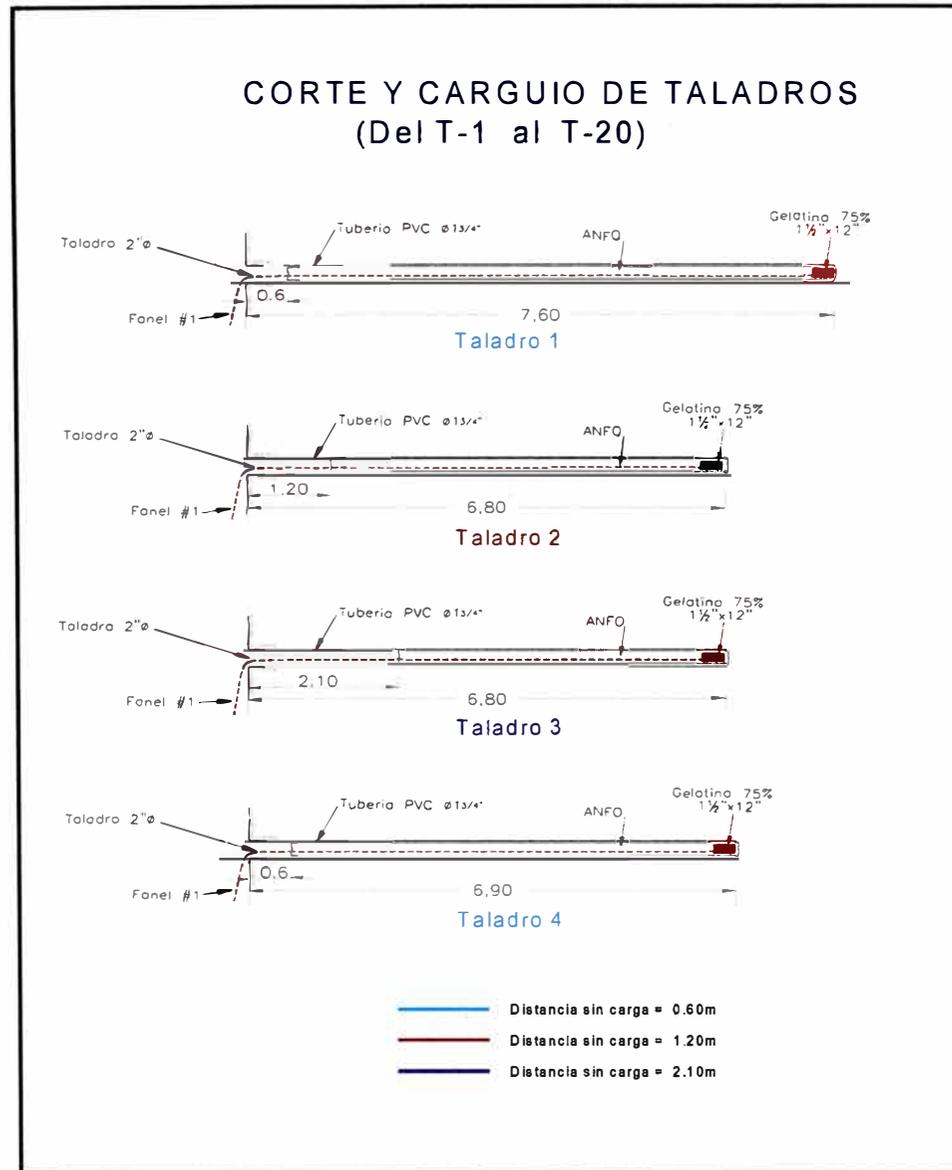
CARGUIO DE TALADROS
VISTA EN PLANTA ANILLO N° 1



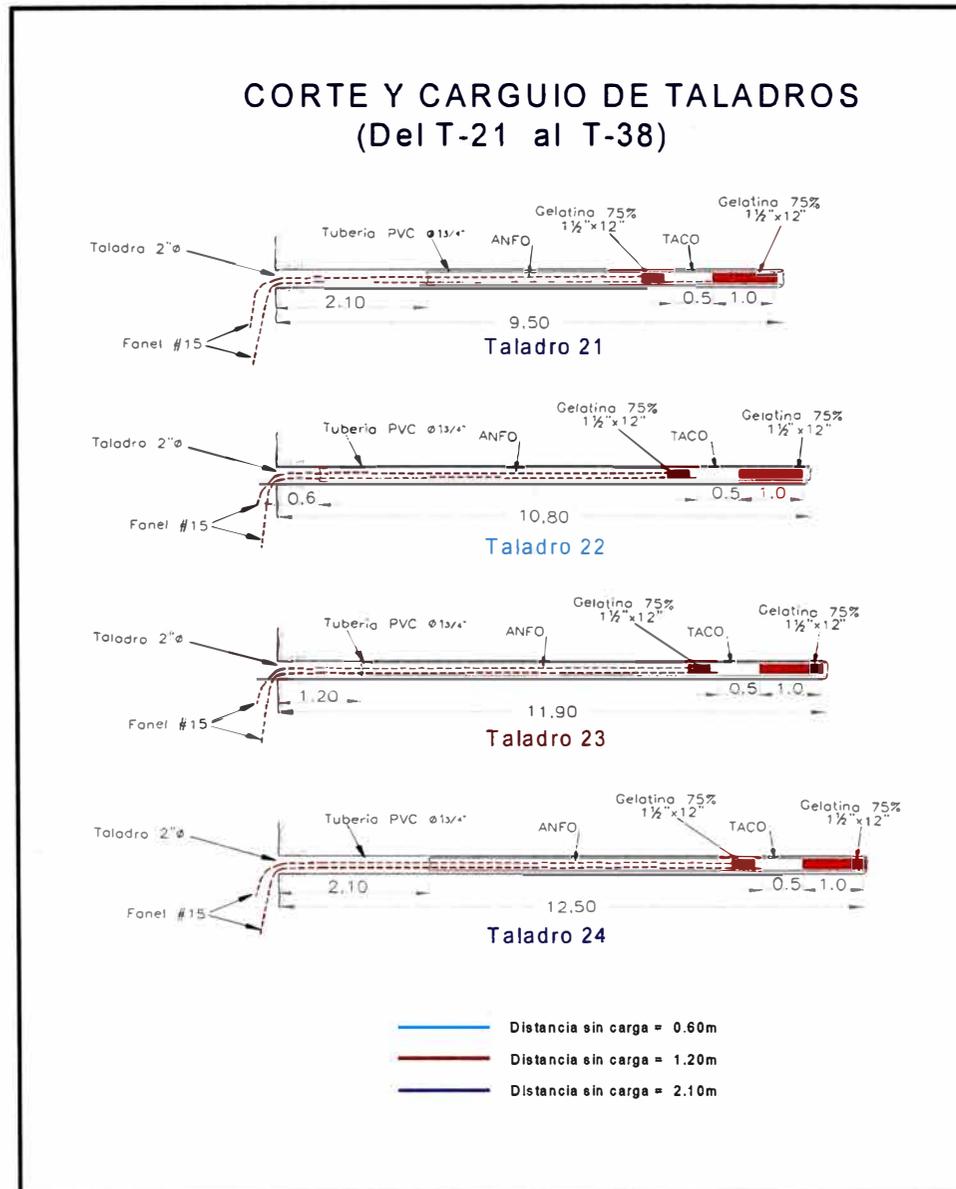
CORTE Y CARGUIO DE TALADROS



DISEÑO DE CARGA PARA TALADROS DE HASTA 10 METROS



DISEÑO DE CARGA PARA TALADROS MAYORES DE 10 METROS



PARAMETROS DE VOLADURA

Explosivo	Examón
Indicador No eléctrico	Fanel
% de voladura secundaria	5 %
Factor de carga (Kg Explos / Tn)	
Rendimiento Promedio	200 metros/día

VIII. PRODUCTIVIDAD Y COSTOS

PARAMETROS	RESULTADOS
Equipos	Scooptrams de 2.2 Yd3
Densidad de Mineral	2.8 tms/m3
Distancia entre ventanas	8 á 12 metros
Distancia media de acarreo	40 metros
Distancia máxima de acarreo	80 metros
Rendimiento Horario	40 Tm/Hora
Producción por día	560 Tm / día

EFICIENCIA DEL METODO

Trabajos	Personal/día	Nº de días de trabajo	Tareas
Preparación del acceso y ventanas	02	60	120
Preparación de la cámara	02	30	60
Preparación de la chimenea	02	30	60
Perforación de los anillos	04	30	120
Voladura de los anillos	02	30	60
Cuadrilla de sostenimiento	02	20	40
Cuadrilla de Limpieza	02	60	120
TOTAL			282
Rendimiento (Tn / tarea)			60

COSTOS

Costo de preparaciones :	US\$ / Tn
Chim. Alimack de 3.0 0 m de diámetro	0.28
Chim. Alimack de 1.80 m de diámetro	0.51
Avance de subniveles de extracción	0.71
Excavación de la cámara (cara libre)	2.26
Pernos de anclaje de riel de Alimack	0.15
Sostenimiento (Accesos, cámara, chimenea)	050
Sub Total	4.42
Costo de Explotación:	
Costo de perforación	0.58
Costo de Voladura	0.15
Costo de Explosivos	0.10
Costo de Extracción	1.00
Administración/Supervisión	0.50
Sub Total	2.34
Movilización + Desmovilización + Montaje + Desmontaje	0.83
COSTO DE MINADO	7.59
Costos de Servicios comunes:	
Servicios Comunes Mina	3.49
Energía Mina	2.27
Talleres	2.61
Sub Total	8.37
COSTO TOTAL OPERATIVO	15.96
Costo de tratamiento de Concentradora	3.71
Valor de Mineral	44.57
MARGEN DE UTILIDAD OPERATIVA	24.82

IX. ESTUDIO GEOMECANICO DEL CUERPO F317

La evaluación geomecánica de la mina se ha zonificado basándose en las clasificaciones geomecánicas asociadas a las condiciones litológicas, hidrogeológicas y estructurales con el fin de definir las condiciones del sostenimiento, aberturas máximas permisibles, tiempo de auto soporte, metodología de minado y condiciones de voladura.

Para determinar el tipo de roca se ha considerado la clasificación geomecánica de Bieniawski, para cada uno de los parámetros que las componen y su RMR correspondiente, como también los valores derivados de ella correspondiente al índice de calidad de la excavación Q y al GSI en función de la correlación.

El método grafico de estabilidad se basa en el calculo de dos factores: N' y S . El primero de ellos es el *Número de estabilidad modificado* y representa la habilidad del macizo para permanecer estable bajo unos determinados esfuerzos y el segundo es el *Factor de Forma o Radio Hidráulico* que toma el tamaño y forma del tajeo.

El Número de estabilidad N' se define como:

$$N' = Q' \times A \times B \times C$$

Donde: Q' es el índice de Calidad Tunelera (Q modificado).

A es el factor de esfuerzos en la roca.

B es el factor por ajuste de orientación de las juntas

C es el factor de ajuste gravitacional.

El **Factor de Forma o Radio Hidráulico S** , para la superficie del tajeo se obtiene dividiendo el *área de la sección transversal de la superficie analizada* entre el *perímetro de la superficie analizada*.

Con los valores del Número de Estabilidad N' y el Radio Hidráulico S , determinamos la estabilidad del tajo a partir del *gráfico de estabilidad*

El cuerpo se encuentra a una profundidad de 200 pies (61mt.), Compuesto por rocas es de tipo III con un índice de calidad (RMR=38-42), (Q=0.1-0.4) y se minara por paneles con una geometría de; 4 - 5mt de ancho, 25mt de largo por 24mt de alto.

Resultados

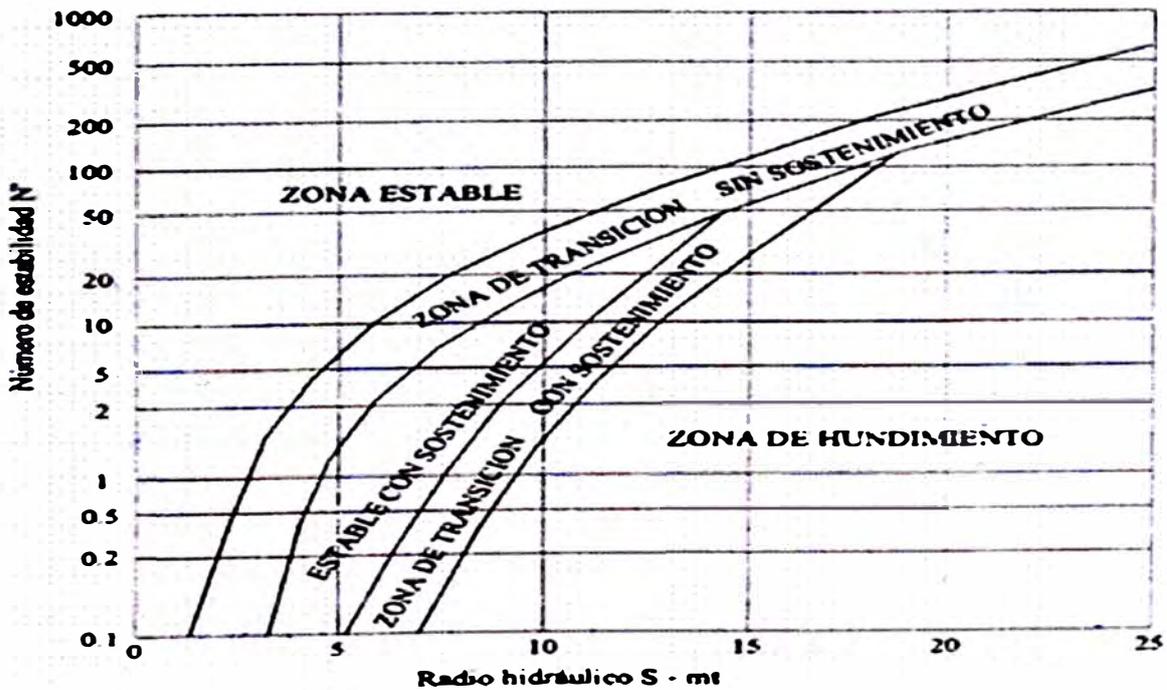
Los resultados obtenidos se muestran en los siguientes cuadros

Número de Estabilidad N' para el techo y paredes.

Ubicación	Q'	A	B	C	N'
Techo	1	0.21	0.75	2	0.3
Paredes	3	0.13	0.30	7	0.8

Valores del Radio Hidráulico S para tajo estable son:

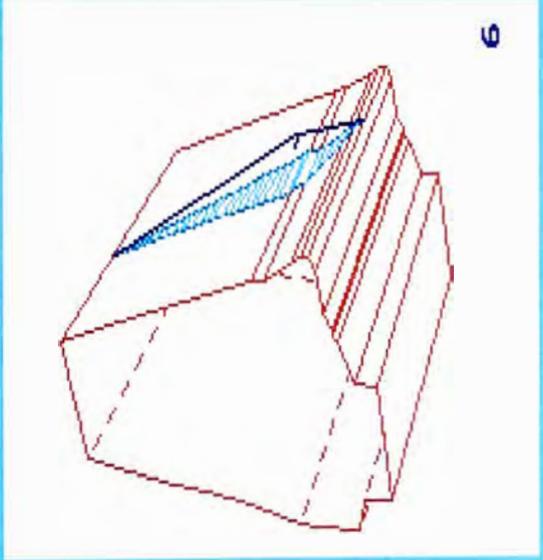
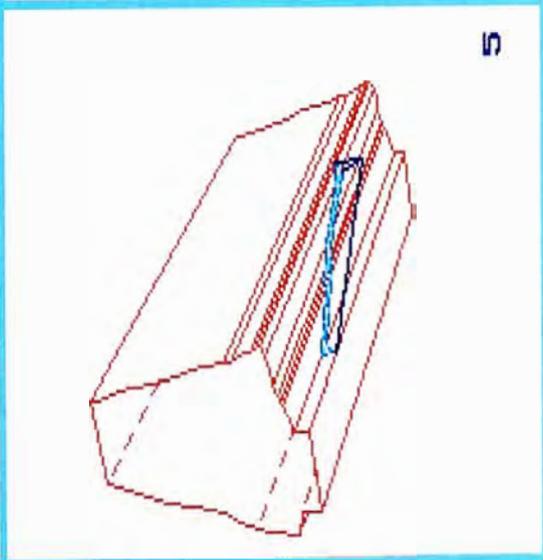
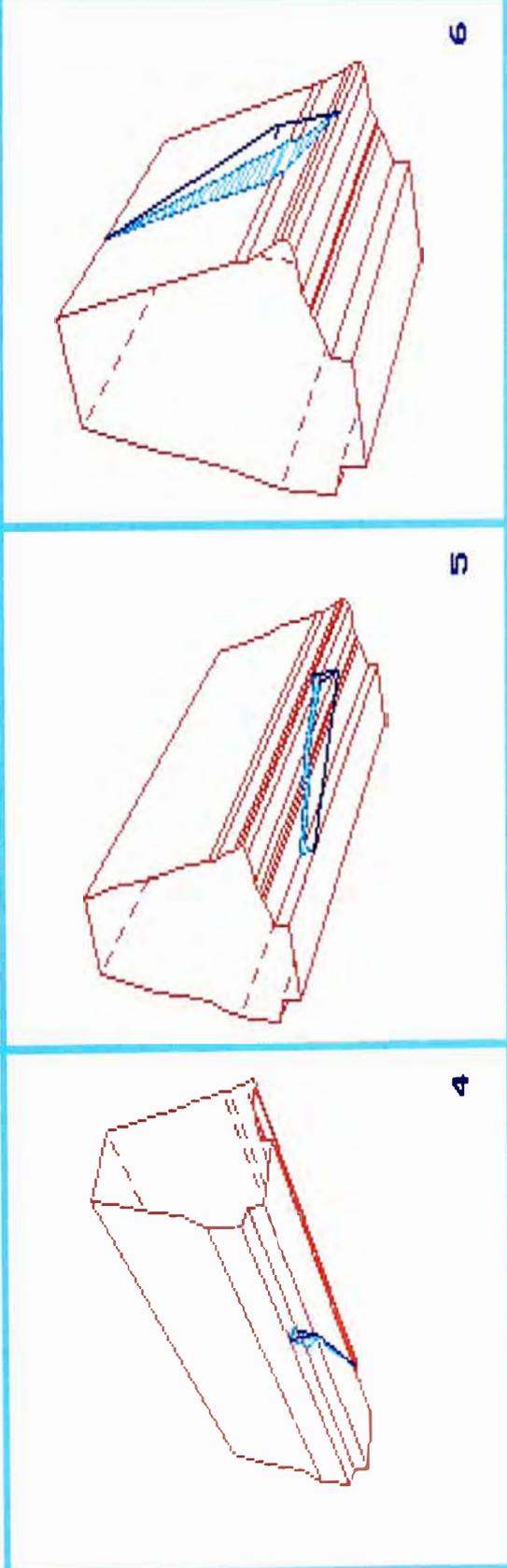
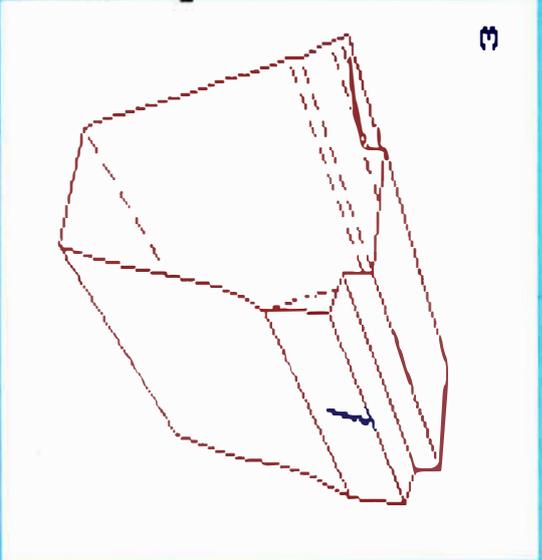
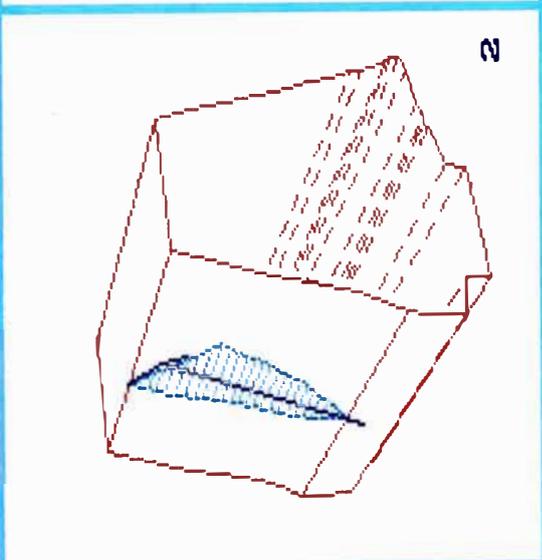
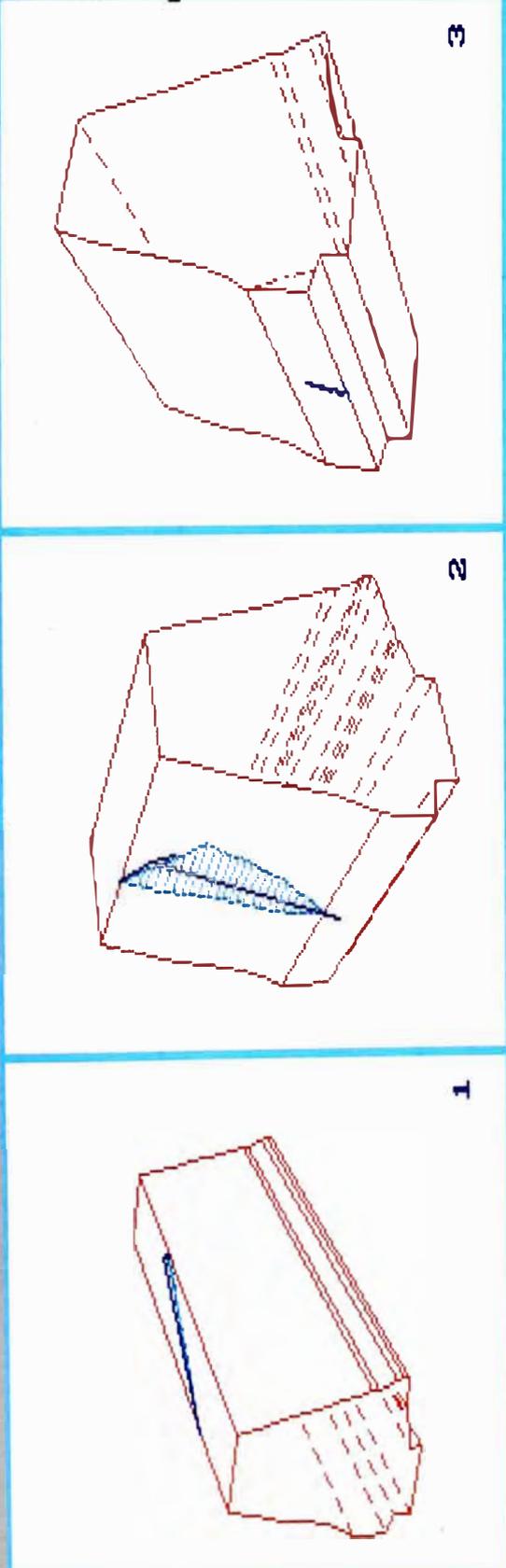
Ubicación	Radio Hidráulico S
Techo	2.06
Paredes	2.08



FORMACION DE CUÑAS EN LAS CAJAS Y EL TECHO

UNWEDGE - STABILITY ANALYSIS

SELECT WEDGE



Wedge # 1
12 Tonnes
Wedge falls
S.F.=0.00

Wedge # 2
613 Tonnes
Rotates on
J3
70/286
S.F.=0.22

Wedge # 3
0.2 Tonnes
Slides on
S1
70/286 77/021
S.F.=0.77

Wedge # 4
72 Tonnes
Wedge stable
S.F.= +INF

Wedge # 5
207 Tonnes
May slide on
J2 J1
80/200 77/021
S.F.=70.77

Wedge # 6
279 Tonnes
Rotates on
J2
80/200
S.F.=0.12

> Select view (ESC) to abort >

ANALISIS ESTRUCTURAL DEL CUERPO F -317

VOLCANOCIA MINERA U.E.A Cerro de Pasco

MAJOR PLANES

ORIENTATIONS

DIP/DIR.

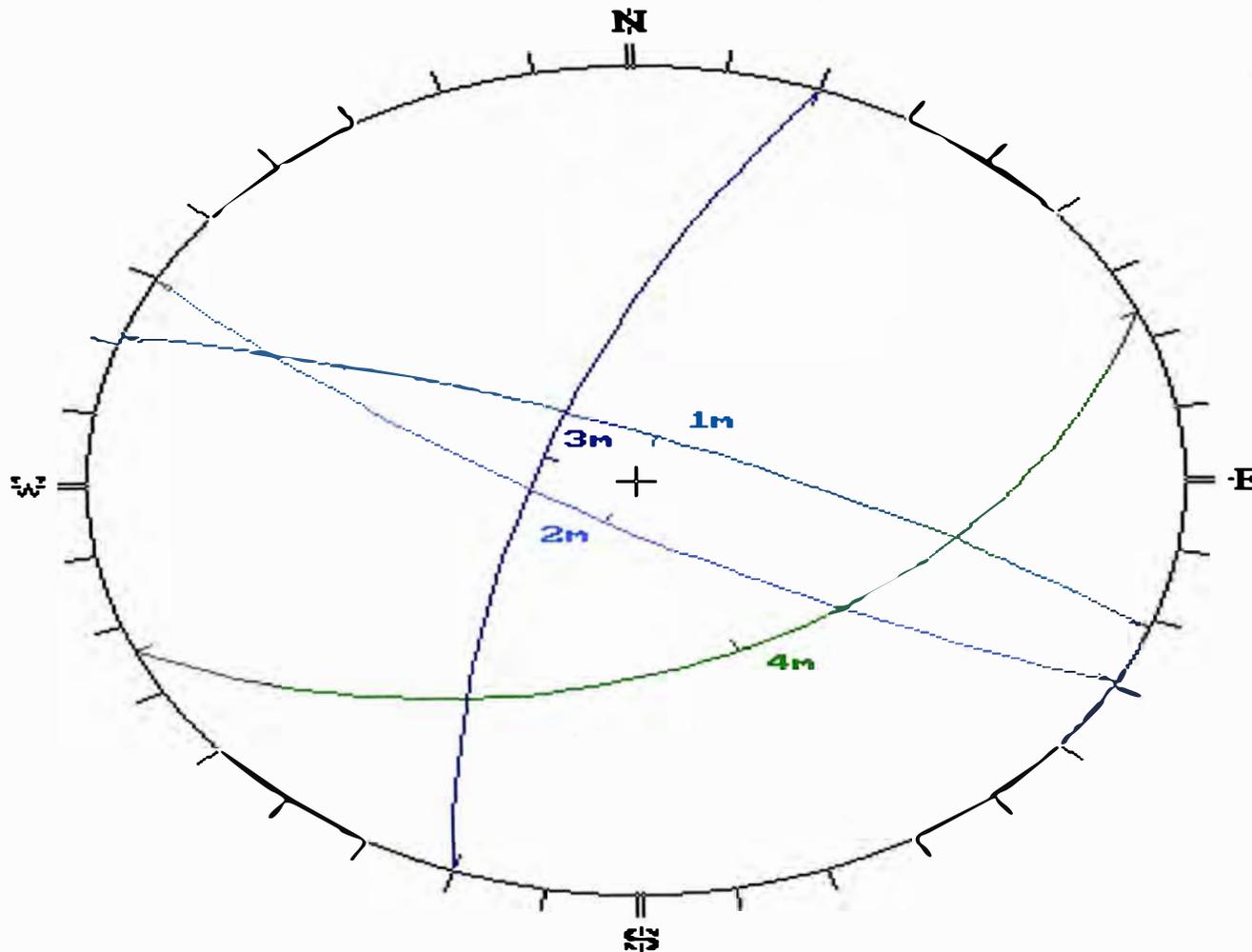
1 m 77/021

2 m 77/210

4 m 42/156

3 m 70/290

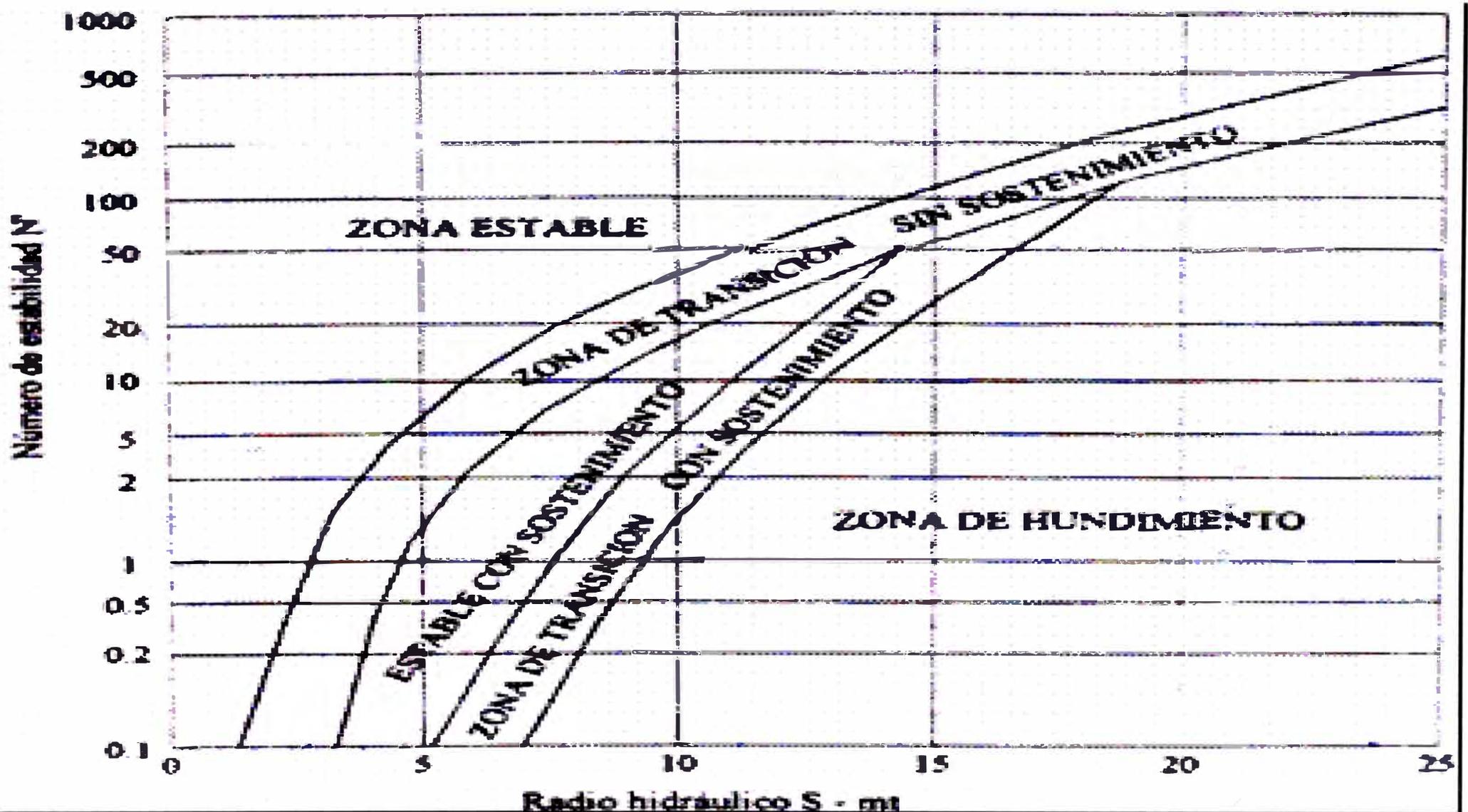
EQUAL ANGLE
LWR. HEMISPHERE



CUERPO F317 No.1400 ZONA III

GRAFICO DE ESTABILIDAD

Zona de Transición sin Sostenimiento y Estable con Sostenimiento.



Ensayos de Laboratorio

Con el propósito de obtener parámetros geotécnicos para análisis y diseño, tanto de las estructuras geológicas, como de la roca intacta de los diversos tipos litológicos presentes en el macizo rocoso del área específica, se seleccionaron muestras de rocas, provenientes del nivel 1600, de las que posteriormente en el correspondiente laboratorio de Mecánica de Rocas se obtuvieron los “cores” necesarios para la realización de los respectivos ensayos.

Los valores de los parámetros geotécnicos que serán utilizados corresponden a valores corregidos a partir de aquellos de laboratorio, a fin de reflejar adecuadamente tanto el fenómeno de escala del macizo rocoso, como de la natural variabilidad obtenida de dos especimen ensayada que provienen originalmente de la misma muestra o bloque.

A continuación se muestra un resumen seleccionado de los ensayos realizados:

Resultados de Ensayos de Compresión Uniaxial Simple

Muestra	Tipo de Roca	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Resistencia a la Compresión Simple	
				(kg/cm ²)	(Mpa)
S2	41583 PRITA	5.47	12.76	1463.84	143.46
S5(b)	16783 PIRITA	5.47	13.62	1114.90	109.26
S6(b)	16783 PIRITA	5.47	11.93	2170.23	212.68
S10	16783 PIRITA	4.14	10.11	1099.44	107.75
S158(a)	16597 CALIZA	5.47	12.14	1038.31	101.75
S158(b)	16597 CALIZA	5.47	8.54	1099.50	107.75
S16	16597 CALIZA	5.47	9.87	630.11	61.75
S37	MINERAL AREA j	4.72	9.95	1800.27	176.43

S22	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	5.47	12.40	710.64	69.64
S23	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	5.47	13.70	1719.16	168.48
S24	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	5.47	12.99	1651.08	161.81
S25(b)	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	5.46	9.52	1099.59	107.76
S26(b)	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	5.47	10.04	7499.39	73.44
S27	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	5.47	10.38	896.33	81.84

Resultados de Ensayos de Propiedades Físicas

Muestra	Tipo de Roca	Densidad (g/cm³)	Porosidad (%)	Absorción (%)
S1	14583 PIRITA	4.11	3.15	0.76
S2	14583 PIRITA	4.09	3.04	0.75
S5	16783 PIRITA	4.11	5.73	1.40
S6	16783 PIRITA	4.25	6.26	1.47
S10	16783 PIRITA	3.81	5.71	1.50
SI1	16783 PIRITA	4.00	4.47	1.12
S14	16783 PIRITA	3.86	5.49	1.43
S15	16597 CALIZA	2.78	3.56	1.28
S16	16597 CALIZA	3.45	1.07	0.31
S7	14583 CALIZA MINERALIZADA	3.22	3.14	0.97
S9	14583 CALIZA MINERALIZADA	3.76	5.62	1.51

S12	16600 CALIZA MINERALIZADA	3.98	3.77	0.94
S17	16597 CALIZA CON MINERAL	3.85	0.74	0.19
S18	16597 CALIZDA CON MINERAL	3.74	1.41	0.38
S19	16597 CALIZA CON MINERAL	3.75	1.51	0.40
S20	16597 CALIZA CON MINERAL	3.57	2.56	0.72
S21	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	4.22	1.72	0.41
S22	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	3.85	0.78	0.20
S24	16600 (J-5) ZONA MINERALIZADA	4.28	2.07	0.48
S25	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	4.27	3.24	0.76
S26	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	4.41	1.67	0.38
S27	16600 (j-5) ZONA MINERALIZADA	4.25	1.10	0.26

El cuerpo esta compuesto por rocas:

- ◆ Área mineralizada : Mineral en Pirita, calidad de roca, de tipo II.
- ◆ Cajas : Roca volcánica, calidad de tipo II y IV.
- ◆ Los resultados del estudio geomecánico han sido :
 - La Calidad de roca para el método de minado es favorable
 - La orientación e inclinación de las fracturas son favorables
 - La forma cóncava del techo para esta abertura es favorable
 - El factor de seguridad en promedio es de 1.2 considerando la zona de tensión.
- ◆ La base del análisis de la calidad de la roca, ha sido en base, a los cuadros de clasificación de la masa rocosa, según el índice GSI y el NATM.

CLASIFICACION DE LA MASA ROCOSA (NATM)

Tipo de Roca	Definición	Características
TIPO I	RMR = 60	Roca Estable : Tiempo de sostenimiento, de la bóveda (varios meses), y hastiales (ilimitado).
Tipo II	RMR = 50	Roca Ligeramente Estable : Tiempo de sostenimiento, de la bóveda (varias semanas), hastiales (varios meses).
Tipo III	RMR = 40	Roca Moderadamente Estable : Tiempo de sostenimiento, bóveda (varios días), hastiales varias semanas).
Tipo IV	RMR = 30	Roca Friable, con presiones moderadas sobre la sección : Tiempo de sostenimiento (Varias horas), hastiales (varios días)
Tipo V	RMR = 50	Roca con presiones importantes sobre sección : Tiempo de sostenimiento, bóveda (hasta 1 hora, hastiales (horas)

TIPO DE LITOLOGIA	INDICE G.S.I.	INDICE RMR	INDICE Q
MINERAL. PIRITA PIRROTITA	F/B (FRACTURADA / BUENA)	65 – 75	12 – 40
	F/R (FRACTURADA / REGULAR)	55 – 65	5 – 12
	MF/B (MUY FRACTURADA / BUENA)	55 – 65	5 – 12
	MF/R (MUY FRACTURADA / REGULAR)	45 – 65	1 – 5
	MF/P (MUY FRACTURADA / POBRE)	35 – 45	0.4 – 1
	IF/R (INTENSAMENTE FRACTURADA / REGULAR)	35 – 45	0.4 – 1
	IF/P (INTENSAMENTE FRACTURADA / POBRE)	25 – 35	0.1 – 0.4
VOLCANICO RUMIALLANA	F/R (FRACTURADA / REGULAR)	55 – 65	5 – 12
	F/P (FRACTURADA / POBRE)	45 – 65	1 – 5
	MF/R (MUY FRACTURADA / REGULAR)	45 – 55	1 – 5
	MF/P (MUY FRACTURADA / POBRE)	35 – 45	0.4 – 1
	MF/MP (MUY FRACTURADA / MUY POBRE)	25 – 35	0.1 – 0.4
	IF/P (INTENSAMENTE FRACTURADA / POBRE)	25 – 35	0.1 – 0.4
	IF/MP (INTENSAMENTE FRACTURADA / MUY POBRE)	15 – 25	0.05 – 0.1
CALIZAS	MF/B (MUY FRACTURADA / BUENA)	55 – 65	5 – 12
	MF/R (MUY FRACTURADA / REGULAR)	45 – 55	1 – 5
	MF/P (MUY FRACTURADA / POBRE)	35 – 45	0.4 – 1
	IF/P (INTENSAMENTE FRACTURADA / POBRE)	25 – 35	0.1 – 0.4
	IF/MP (INTENSAMENTE FRACTURADA / MUY POBRE)	15 – 25	0.05 – 0.1
ZONAS DE CORTE, FALLAS Y BRECHAS.	T/P (TRITURADA / POBRE)	15 – 25	0.05 – 0.1
	T/MP (TRITURADA / MUY POBRE)	5 – 15	0.01 – 0.05

X. ANALISIS DE ESFUERZOS Y EL FACTOR DE SEGURIDAD

Los resultados de los cálculos son los siguientes valores.

- Para N' de 1.54
- Para S de 5

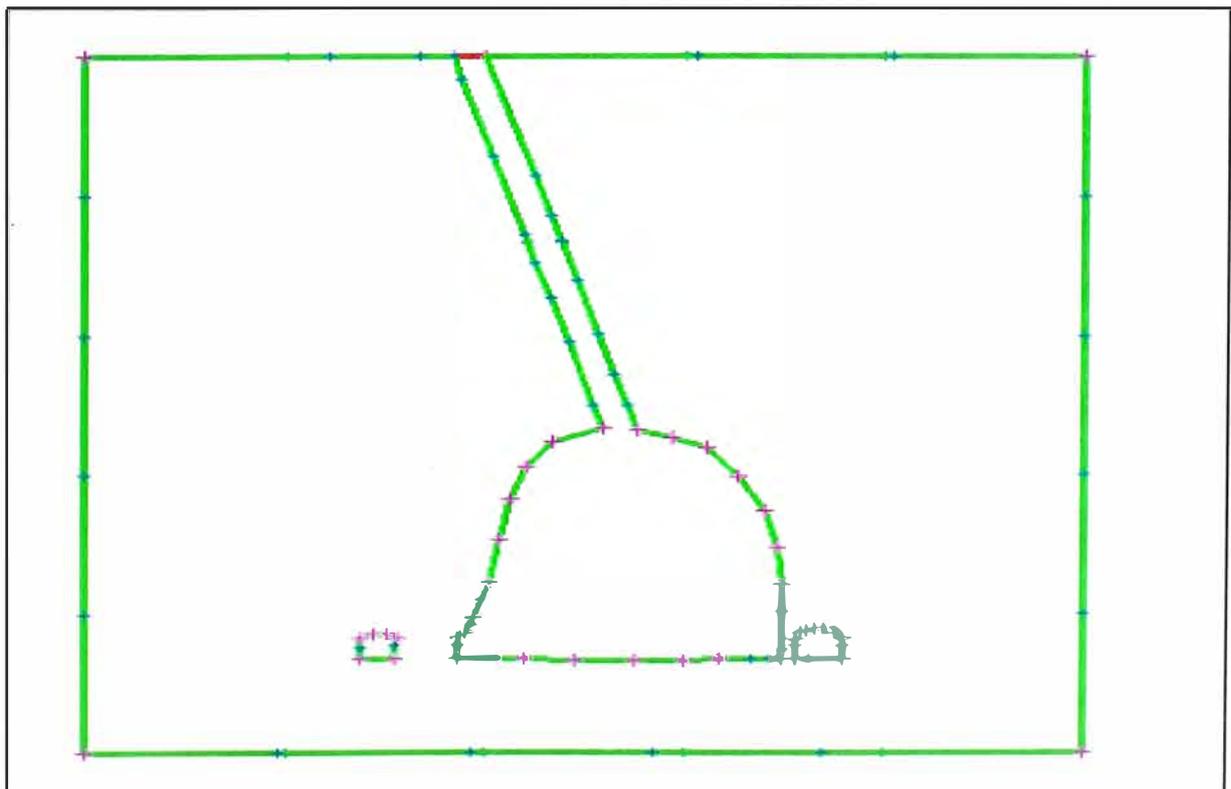
Con estos valores interpolando en el gráfico decimos que la Abertura esta en una Zona de Transición sin Sostenimiento y Estable con Sostenimiento.

Para el análisis se consideraron los siguientes valores;

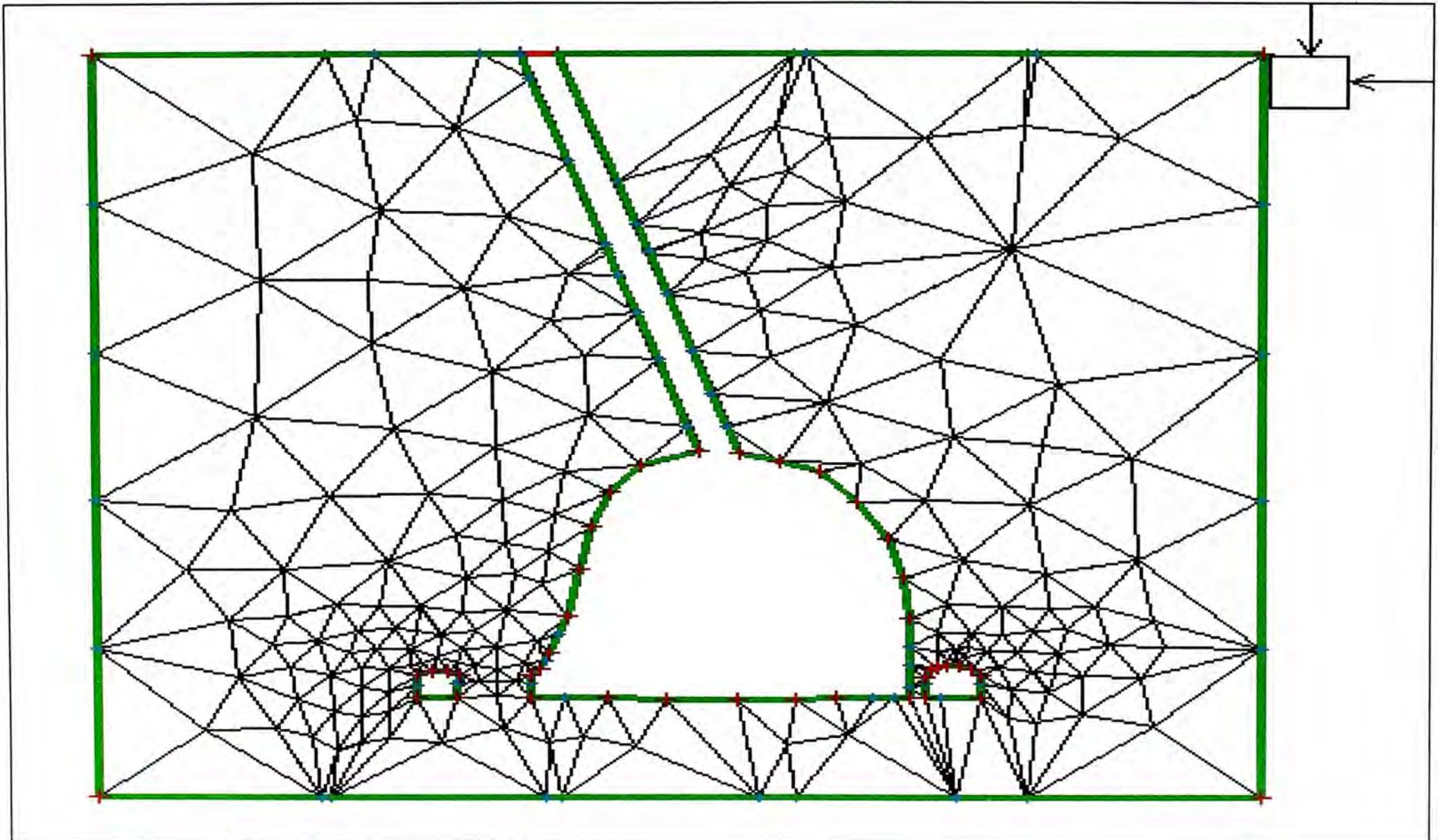
	Mineral	Volcánico
Peso unitario	0.037 MN/m ³	0.025 MN/m ³
Resistencia a la Compresión simple	90 Mpa	35 MPa
Angulo de Fricción interna	29°	24°
Modulo de Young	28000 Mpa	6000
Relación de Poison	0.25	0.25

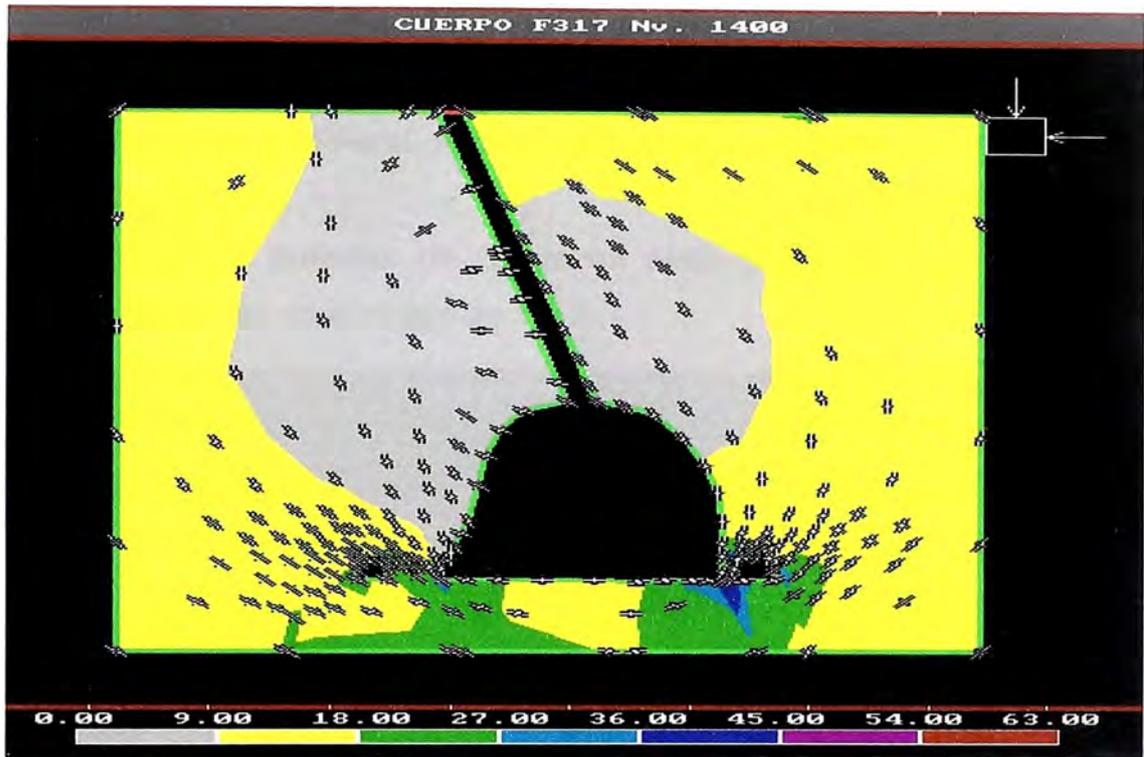
GRAFICO DE LOS ANALISIS

Malla para la simulación de Esfuerzos.

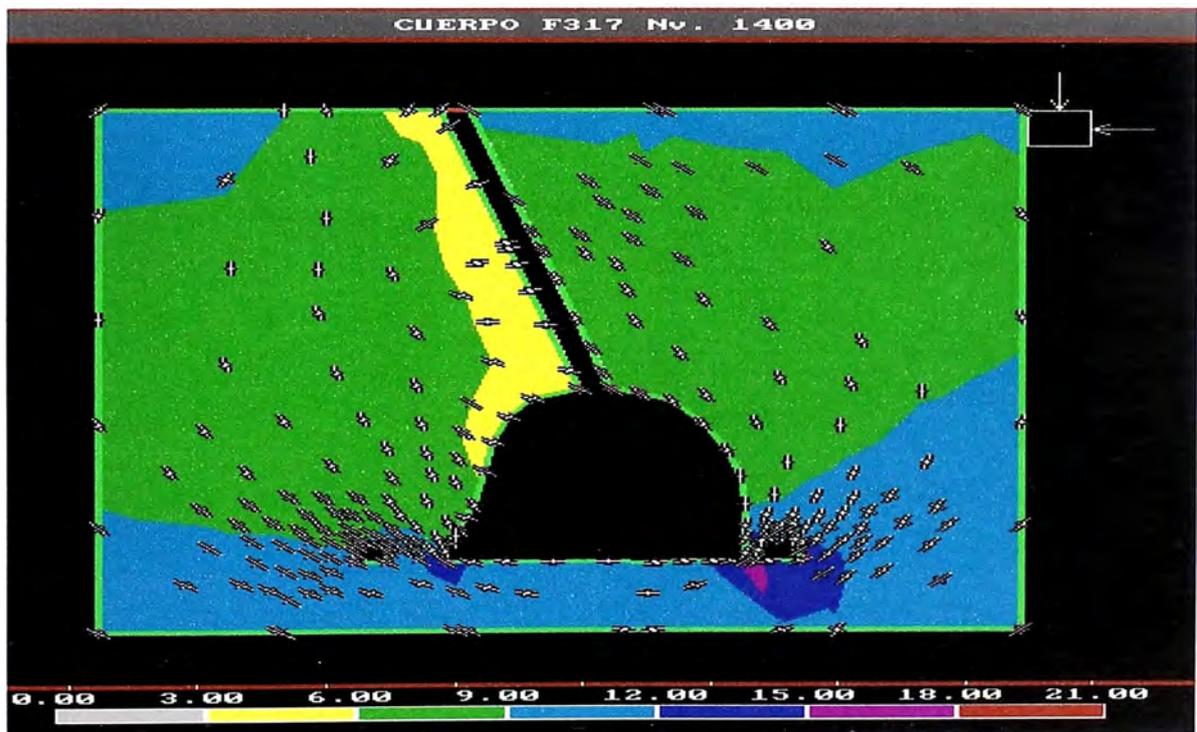


MALLA PARA LA SIMULACION DE ESFUERZOS





Orientación de los Esfuerzos de 01 Mpa



Orientación de los esfuerzos de 03 Mpa

FACTOR DE SEGURIDAD:

- ◆ El color rojo indica los esfuerzos de tensión por estar en una zona de contacto entre el mineral, roca volcánica y por la forma geométrica de la chimenea y tajeo.
- ◆ En el techo y paredes de zonas en pirita y mineral, los factores de seguridad están en el orden de 1 y 3.



XI. CONCLUSIONES

- ◆ Incremento de la productividad, al disponer de mayores tajeos en producción y preparación, con la finalidad de tener una producción sostenida.
- ◆ La preparaciones que se realizan en este método, son menores a las preparaciones que son necesarias para otro método de explotación.
- ◆ Con la perforación de los anillos en forma radial, permite controlar, los contactos mineralizados.
- ◆ Los costos de explotación, son más bajos en comparación con otros métodos de perforación, debido a la mecanización de la operación y su alto nivel de producción, (7.59 US\$/Tn, costo de minado y con servicios alcanza a 15.96 US\$/Tn.)
- ◆ Es aplicable a cuerpos de mayores dimensiones. En este caso los costos de preparación serán menores, debido a que con la misma preparación se explotaría mayor cantidad de reservas.
- ◆ Para disminuir la desviación de los taladros debe cumplirse lo siguiente:
 - Tener el equipo en buenas condiciones.
 - Usar barras estabilizadoras.
 - Capacitar al perforista e inculcarle las implicancias de una mala perforación.
- ◆ Las vibraciones se minimizan mediante las voladuras controladas.
- ◆ Estos métodos de perforación y voladura permiten agilizar el ciclo de minado.

BIBLIOGRAFIA

- ◆ Hard Rock Miners Hadboock – 2da. Edición
- ◆ Manual de Evaluación y diseño de Explotaciones Mineras – Dr. M. Bustillo
- ◆ Técnica Moderna de Voladura de Rocas , U. Langerfors y B. Kihlstrom.
- ◆ Manual Práctico de Voladura, EXSA, Tercera Edición, Perú 2000
- ◆ Manual de aplicación geomecánica y de sostenimiento en la mina Cerro de Pasco.
- Gentry, D.W. & O'Neal T.J., “Mine Investment Analysis”, SME-AIME, New York, 1984.
- Grimaldo, Francisco, Mina Cerro de Pasco: Planes de Crecimiento, Desarrollo y Mejoras Continuas, Convención de Ingenieros de Minas del Perú, Arequipa, 2001.
- Volcan Compañía Minera S.A.A., Cubicación Mina Subterránea Cerro de Pasco, Hugo Álvarez, 2002.
- Volcan Compañía Minera S.A.A., Plan Maestro, Superintendencia de Ingeniería y Planeamiento, Cerro de Pasco, diciembre, 2000.
- Volcan Compañía Minera S.A.A., Cartas Mensuales, Superintendencia General, 2001- 2002.
- Volcan Compañía Minera S.A.A., Reportes Internos, Superintendencia de Ingeniería y Planeamiento, 2001-2002.
- Volcan Compañía Minera, Reportes Internos de Geomecánica, Jefatura de Geología, Cerro de Pasco, 2001-2002.
- ◆