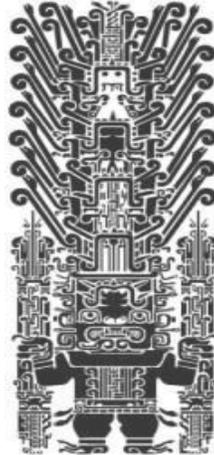


UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE LOSAS DE CONCRETO ARMADO COMO
SOSTENIMIENTO DEL MACIZO ROCOSO PARA LA
EXPLOTACIÓN DEL MINERAL EN EL CONSORCIO MINERO
HORIZONTE S.A.”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CONDORI SALAS LUIS MIGUEL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

LIMA - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mi familia, y en especial a mis padres, por su apoyo y su cariño
sin límites.

AGRADECIMIENTO

A mi Alma Máter, la Universidad Nacional Federico Villarreal, por la prestigiosa formación profesional que recibí en sus aulas.

RESUMEN

La presente tesis titulada: “PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS DE CONCRETO ARMADO COMO SOSTENIMIENTO DEL MACIZO ROCOSO PARA LA EXPLOTACIÓN DEL MINERAL EN EL CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.”, tiene por finalidad proponer las técnicas de ingeniería apropiadas para disminuir los problemas de inestabilidad del macizo rocoso luego de la explotación de las vetas mineralizadas, y con ello minimizar los riesgos de accidentes por caída de rocas. Para ello se plantea la construcción de losas de concreto, pues éstas facilitan enormemente la explotación del mineral en los cortes inferiores optimizando tiempo y dinero.

El Perú es un país que tiene como una de sus principales actividades económicas la minería, dentro de esta actividad hay muchos riesgos asociados a la explotación de mineral siendo uno de los principales la caída de rocas, dentro de este marco las empresas mineras necesitan construir losas de concreto armado para poder explotar los minerales existentes de manera segura.

Consortio Minero Horizonte S.A. (CMHSA), debido a la forma de explotación del mineral que se tiene (corte y relleno ascendente), necesita construir losas de concreto para poder extraer el mineral en el último corte de las zonas mineralizadas de manera eficiente y segura.

PALABRAS CLAVE: LOSAS DE CONCRETO, SOSTENIMIENTO DEL MACIZO ROCOSO

ABSTRACT

The present thesis entitled: "APPROACH OF THE METHODOLOGY FOR THE CONSTRUCTION OF ARMED CONCRETE SLABS AS A SUSTAINING OF THE ROCKY MASS FOR THE EXPLOITATION OF MINERAL IN THE CONSORCIO MINERO HORIZONTE SA", aims to propose the appropriate engineering techniques to reduce the problems of instability of the rock mass after the exploitation of mineralized veins, and thereby minimize the risk of accidents due to falling rocks. To this end, the construction of concrete slabs is proposed, since they greatly facilitate the exploitation of the ore in the lower sections, optimizing time and money.

Peru is a country that has as one of its main economic activities mining, within this activity there are many risks associated with the exploitation of mineral being one of the main the fall of rocks, within this framework mining companies need to build slabs of reinforced concrete to be able to exploit existing minerals safely.

Consortio Minero Horizonte S.A. (CMHSA), due to the form of exploitation of the mineral that is had (cut and rising fill), it needs to build concrete slabs to be able to extract the mineral in the last cut of the mineralized zones in an efficient and safe way.

KEYWORDS: CONCRETE SLABS, SUSTAINING THE ROCKY MASS.

INTRODUCCIÓN

Consortio Minero Horizonte S.A. (CMH S.A.) es una empresa que se dedica a la exploración y explotación de mineral. La explotación de mineral se realiza bajo el método de corte y relleno ascendente, este método de explotación se desarrolla en dos etapas. La primera etapa inicia en el nivel intermedio de la estructura mineralizada y se desarrolla en forma ascendente hasta que esta termina. La segunda etapa inicia en el nivel inferior de la estructura mineralizada y termina cuando alcanza el nivel intermedio donde inicio la primera etapa.

Para poder realizar el último corte de la zona mineralizada en la segunda etapa es necesario que el primer corte de la primera etapa quede sostenido convenientemente, para evitar el colapso de la labor cuando se esté realizando la explotación del mineral en este último corte. Este sostenimiento se realiza mediante la construcción de losas de concreto, para lo cual existen diferentes criterios según las características de la roca y las dimensiones de las secciones en los cortes correspondientes.

En el Consorcio Minero Horizonte S.A. se ha realizado losas de madera reforzadas con malla electro soldada, losas de concreto ciclópeo y losas de concreto armado. Esta variación en el uso de losas para el sostenimiento de entrepisos se debe a que las secciones de las vetas han ido variando conforme se han ido profundizando las labores para la explotación del mineral.

Otro factor importante para determinar el sostenimiento en entrepisos, en la explotación del mineral para el método de corte y relleno ascendente, es el buzamiento de las vetas, en CMH estos buzamientos varían en un rango de 30° y 65°. Es fundamental conocer este buzamiento para poder así determinar la longitud del anclaje de las losas de concreto.

ÍNDICE

RESUMEN	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	7

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Antecedentes	11
1.2 Formulación del problema	16
1.3 Justificación e importancia	16
1.4 Objetivos	17
1.5 Hipótesis	17

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Bases teóricas acerca de los macizos rocosos	18
2.2 Conceptos básicos en minería	20
2.3 Conceptos geomecánicos	27
2.4 Sostenimiento del macizo rocoso.	39
2.5 Aplicación del concreto en minería	55

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1 Ubicación	58
3.2 Vías de acceso	59
3.3 Clima	60

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1	Planta de concreto	61
4.2	Canteras de agregados	65
4.3	Traslado de agregados	68
4.4	Suministro de cemento	70

CAPÍTULO V: METODOLOGÍA

5.1	Preparación de área	72
5.2	Excavación de zanjas para vigas	73
5.3	Instalación de anclajes	74
5.4	Armado de vigas	76
5.5	Colocación de mallas de acero	77
5.6	Colocación del concreto	77
5.7	Relleno detrítico	78
5.8	Relleno hidráulico	79

CAPÍTULO VI: TRABAJOS DE GABINETE – RESULTADOS

6.1	Trabajos básicos de campo y laboratorio	80
6.2	Características de las obras civiles	82
6.3	Diseño estructural de las losas de entrepiso	85

CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS	
• Anexo 01: Planos	108
• Anexo 02: Formato del mapeo geomecánico usado en CMH S.A.	112
• Anexo 03: Panel fotográfico	114

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

- ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Para el análisis de las formaciones, para describir y plantear el método de sostenimiento, se sugiere a nivel mundial, tomar en cuenta las recomendaciones descritas por los intelectuales Bieniawski, Romana, Celada y Barton.

BIENIAWSKI

En su sistema el índice RMR se consigue con la suma de cinco números. Estos cinco números van en función de la resistencia a compresión simple de la roca matriz, el RQD, el espaciamiento de las discontinuidades, la condición de las discontinuidades, la condición del agua y la orientación de las discontinuidades. Dependiendo del estado de las características indicadas, conseguirán una puntuación determinada y mediante la suma de dichas puntuaciones se conseguirán unos valores, que se situarán entre 0 y 100.

BARTON, LIEN Y LUNDE (Q)

La Q de Barton fue desarrollada en Noruega en 1974 por Barton, Lien y Lunde, del instituto Geotécnico Noruego (Candelario, 2015).

Su sistema fue desarrollado mediante el análisis de un gran número de excavaciones subterráneas, fue propuesto para la caracterización del macizo rocoso y las necesidades de sostenimiento en túneles. Este sistema establece a cada terreno un índice de calidad (Q), dicho índice será mayor cuando mejor es la calidad del macizo rocoso. Su numeración varía en escala logarítmica, siendo $Q=0,0001$ para terrenos muy malos y $Q=1000$ para terrenos muy buenos (Candelario, 2015).

ROMANA

Romana propuso una recomendación a lo descrito por Bieniawski, en un análisis para túneles españoles ya que en éstos no se dan las mismas condiciones de uso que las descritas para los túneles noruegos. Romana propuso unas nuevas recomendaciones de excavación y sostenimiento de túneles, basado en los usos y costumbres del mercado español. Bieniawski dividió en índice RMR en 5 clases (I, II, III, IV y V), desde “Muy bueno (I)” hasta “Muy malo (V)”, pero Romana describió que las clases no son equiparables entre sí, indicando que la clase I es muy poco frecuente y que el resto de clases son muy amplias. Por lo que, abarcan muchos valores de RMR y estos no tienen el mismo comportamiento ante el sostenimiento y aún y todo Bieniawski lo describió en la misma clase.

- ANTECEDENTES NACIONALES

El Perú es un país que tiene como una de sus principales actividades económicas la minería, dentro de esta actividad hay muchos riesgos asociados a la explotación de mineral siendo uno de los principales la caída de rocas.

Dentro de este marco las empresas mineras necesitan construir losas de concreto armado para poder explotar los minerales existentes de manera segura.

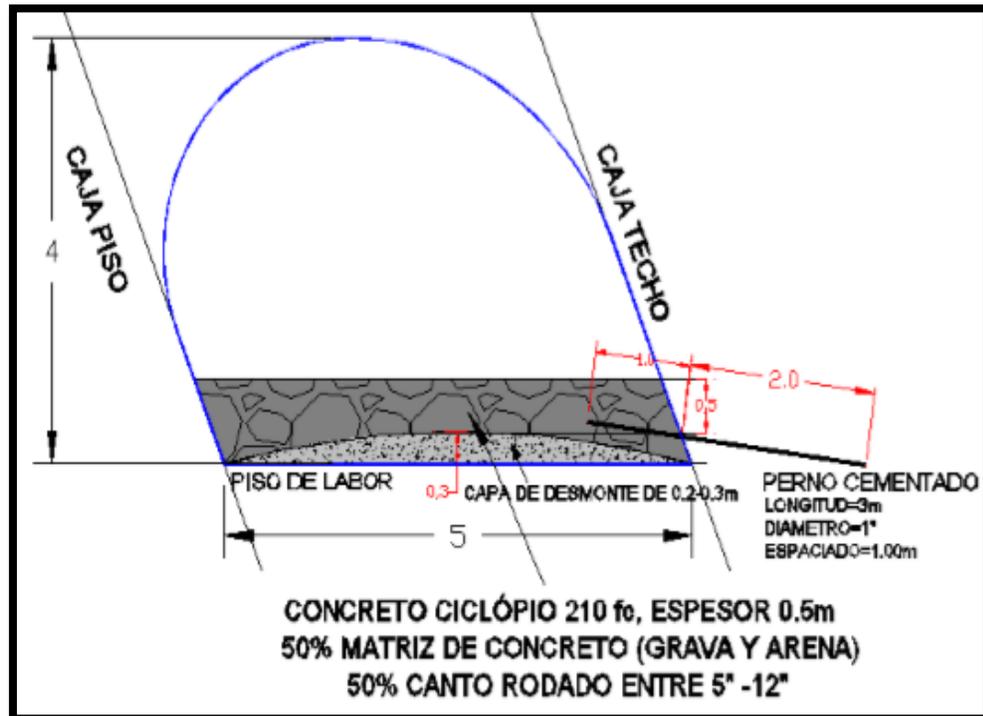
Consorcio Minero Horizonte S.A. (CMHSA), debido a la forma de explotación del mineral que se tiene (corte y relleno ascendente), necesita construir losas de concreto para poder extraer el mineral en el último corte de las zonas mineralizadas de manera eficiente y segura.

Anteriormente en CMHSA se realizaban losas de Concreto Ciclópeo las cuales no dieron resultado, pues estas se diseñaron para trabajar bajo esfuerzos de compresión únicamente.

Las causas principales para que las losas de Concreto Ciclópeo no dieran resultados fueron:

- No se cumplió con el proceso constructivo según lo indicado en los planos.
- Las losas de Concreto Ciclópeo solamente contemplaban anclajes en un lado de la losa (Caja techo), pues por el buzamiento de las vetas, en el otro lado (caja piso) la losa se soportaría sobre roca, lo cual en la realidad no se cumplió.

- Debido a la dificultad para la selección y transporte del canto rodado hasta el punto de construcción de la losa se utilizó roca de mina la cual no cumplía con la dureza requerida.



Plano de losa de Concreto Ciclópeo. Fuente: Universidad de Oviedo. España.

- Otro concepto bajo el cual se diseñó la losa de Concreto Ciclópeo sin anclaje en la caja piso, fue la "Convergencia", pues al generar espacios abiertos (túneles) para explotar el mineral, se generan esfuerzos que son liberados por estos espacios abiertos generando así la convergencia entre las paredes de estos espacios. Es así que, al materializarse la convergencia entre las paredes de estos espacios abiertos, estos esfuerzos comprimen la losa entre las caras de estos espacios vacíos evitando la falla por corte.

- Esta convergencia no siempre se da en la realidad, o en todo caso no en la misma magnitud para todas las labores, depende mucho de la calidad de la roca, así como de las dimensiones de las labores en la que se está explotando el mineral.



Convergencia en laboreos mineros. Fuente: Universidad de Oviedo. España.

Por razones de seguridad y para garantizar un correcto proceso constructivo sin accidentes a las personas ni pérdidas a la propiedad se cambió el diseño de losas Ciclópeas por Losas de Concreto Armado.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Qué procedimiento ingenieril podemos llevar a cabo para lograr el sostenimiento del macizo rocoso en la explotación del mineral en el Consorcio Minero Horizonte?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué riesgos pueden surgir debido a la inestabilidad del túnel en el último corte de explotación del mineral?
- ¿Cuáles son las características de la cantera de la cual se dispondrán los agregados?
- ¿Qué criterios debemos considerar para determinar la viabilidad del empleo de las losas de concreto?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El tema en el que se basará la tesis a desarrollarse se sustenta en la posibilidad de disminuir los problemas de inestabilidad del macizo rocoso luego de la explotación de las vetas mineralizadas, y con ello minimizar los riesgos de accidentes por caída de rocas. La construcción de losas de concreto facilita enormemente la explotación del mineral en los cortes inferiores optimizando tiempo y dinero.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Plantear la metodología para la construcción de losas de concreto armado como sostenimiento del macizo rocoso en la explotación del mineral en el Consorcio Minero Horizonte.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar los riesgos de inestabilidad del túnel en el último corte de explotación de mineral.
- Determinar las características de la cantera de la cual se dispondrá los agregados adecuados y necesarios para ser utilizado en el concreto de las losas.
- Evaluar la factibilidad técnica de la aplicación de las losas de concreto en la explotación de mineral.

1.5. HIPÓTESIS

A través de un correcto planteamiento de la metodología para la construcción de losas de concreto armado se logrará realizar eficazmente el sostenimiento del macizo rocoso en la explotación del mineral en el Consorcio Minero Horizonte.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. BASES TEÓRICAS ACERCA DE LOS MACIZOS ROCOSOS

2.1.1. ESTRATIGRAFÍA

La columna estratigráfica de la zona de Pataz, muestra rocas que van desde el precámbrico hasta el cuaternario, este último poco desarrollado en la zona. Como parte de la columna estratigráfica tenemos:

- a. Complejo Marañón:** Secuencia estratigráfica de aproximadamente 2000 *m* de potencia conformado por filitas y metavolcánicos. Su edad se atribuye al precámbrico.

- b. Rocas Intrusivas:** Lo constituye el batolito de Pataz, de forma alargada y lenticular de 80 *km* de largo, con una orientación *N 20° – 30° W* y que alberga a las estructuras mineralizadas de la región.

- c. Cuaternario:** Conformado por depósitos aluviales, pie de monte y fluvioglaciales, observando por encima de los 3500 *m. s. n. m.* depósitos morrénicos.

2.1.2. Estructuras Mineralizadas.

Los trabajos realizados los cuales son materia de esta informe abarca las zonas donde se ubican las vetas: Lourdes, Rosa, Encanto y Candelaria, en la unidad minera Parcoy. Las cuales tienen una orientación promedio de $N320^{\circ} - N330^{\circ}$, con buzamientos que están en el rango de 30° a 65° , la extensión en el rumbo es de 450m y en el plunge es de 550m, la potencia varía de unos centímetros hasta los 12m con un promedio de ley de 34.54 g Au/TM (el valor errático más alto reportado es de 5305.32 g Au/TM para una potencia de 0.68 m).

2.1.3. Tipo de Yacimiento

Las vetas materia de este informe son de tipo filoneo, con concentraciones mineralógicas de pirita aurífera a modo de clavos y cuyo origen se atribuye a procesos hidrotermales pos magmáticos y asociados al emplazamiento del batolito de Pataz.

2.1.4. Mineralogía

El ensamble mineralógico lo constituye una asociación típica mesotermal de cuarzo-pirita-oro. Este último se le observa como electrun y libre, rellenando las fracturas y contactos de la galena-pirita. A parte de los minerales indicados también son reconocidos minerales como: Arsenopirita, Calcopirita, Pirrotita, etc.

2.2. CONCEPTOS BÁSICOS EN MINERÍA

2.2.1. Labores de avances

Las labores de avance son túneles que sirven para la exploración del mineral los cuales llevan los siguientes nombres: cruceros, chimeneas, galerías, sub-niveles y rampas. Las cuales se desarrollan para poder explorar zonas donde no se tiene información geológica, y explotar las zonas mineralizadas.

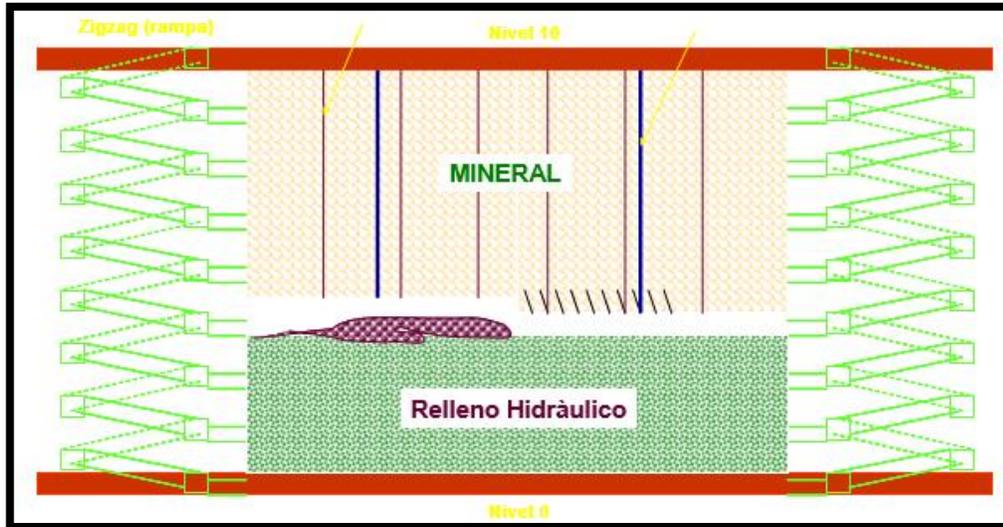
CMHSA, tiene un programa mensual promedio de 2500m de avances, que necesita para poder cumplir con las exploraciones y garantizar así las 2200 toneladas de mineral que procesa por día la Planta.

2.2.2. Métodos de explotación.

Las variaciones en su geometría mineralizada especialmente en ley, potencia, rumbo, buzamiento que varía de 30 a 65 grados y la estabilidad de la roca, son las características que se ha tenido en cuenta para la elección del método de explotación.

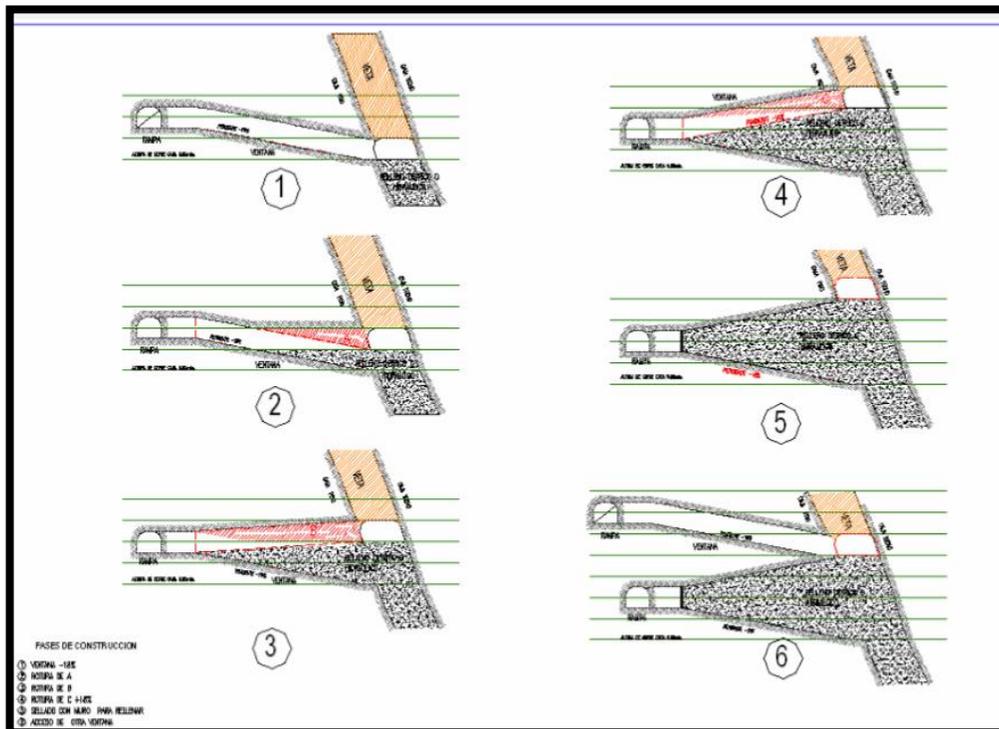
La explotación del mineral en CMHSA. Se realiza bajo el método de corte y relleno ascendente, en el 100% de sus labores de explotación de mineral.

En la figura se muestra el proceso minado bajo este método.



Método de explotación por Corte y Relleno Ascendente. Fuente: CMH S.A.

Para poder realizar este método de corte y relleno ascendente es necesario contar con una planta de Relleno Hidráulico.



Pasos del Método de explotación por Corte y Relleno Ascendente. Fuente: CMH S.A.

2.2.3. Planta Beneficio.

La planta Beneficio está ubicada en el anexo de Retamas, distrito de Parcoy y provincia de Pataz, tiene una capacidad instalada de 2200 TMS/día. Está formada por las siguientes etapas: chancado, molienda, cianuración, agitación. Una primera recuperación del oro se realiza con carbón activado en tanques de agitación, posteriormente se realiza una segunda recuperación del oro, por el método de Merrill Crown con polvo de Zinc.

2.2.4. Relleno Hidráulico.

CMH S.A. procesa 2200 toneladas de mineral por día, lo cual genera una producción de 450 m³ de relave óptimo para el Relleno Hidráulico por día.



Planta de Relleno Hidráulico CMHSA. Fuente: CMH S.A.

El porcentaje de Relleno Hidráulico en el relleno de las labores de producción de mineral es de 20% y el 80% corresponde a Relleno detrítico.

2.2.4.1. Generalidades.

El relleno hidráulico se aplicó por primera vez el año 1864 en la mina Shenandoah en Pennsylvania, Estados Unidos, como control de la subsidencia, posteriormente se fue mecanizando y optimizando su uso en la explotación en la minería subterránea.

En el Perú se aplicó relleno hidráulico en el año 1937 en la mina Lourdes de Cerro de Pasco con la finalidad de controlar incendios, implementándose luego al ciclo de minado.

Se define como relleno hidráulico al material que es transportado en forma de pulpa por tuberías.

En su mayoría el material es el relave de planta concentradora, pero también se utiliza arenas glaciares y otros materiales granulares que se encuentra en la naturaleza.

El relleno hidráulico tiene las siguientes aplicaciones:

- Proveer una plataforma de trabajo.
- Evitar el movimiento y caída de las rocas.
- Facilitar la recuperación de pilares.

- Evitar o minimizar la subsidencia.
- Estabilizar el macizo rocoso en las minas, reduciendo la posibilidad de estallidos de roca.
- Controlar y prevenir incendios en las minas.
- Minimizar la deposición de relaves o material rocoso en superficie ayudado al control ambiental.

2.2.4.1.1. Ventajas del Relleno Hidráulico.

- Cuando se utiliza relave de una planta concentradora el costo de la obtención del material es cero, ya que la planta cubre los costos de reducción de tamaño del material.
- Cuando se utiliza el material detrítico producto de las labores de preparación y desarrollo se contribuye a maximizar la vida útil de las desmontaras y asimismo se minimiza el impacto ambiental.
- El transporte en tuberías es mucho más económico, eficiente y rápido que con otro tipo de transporte.
- Al depositarse el relleno en el tajo en forma de pulpa tiende a buscar su nivel en forma natural, eliminando así la necesidad de utilizar recursos adicionales para esparcirlo manual o mecánicamente.

- El relleno hidráulico por la granulometría del material que es de fácil control permite una alta resistencia al movimiento de las cajas.
- El relleno hidráulico permite aumentar la eficiencia y productividad en los tajos debido a la disminución del consumo de madera y a la reducción del costo de minado por la versatilidad que brinda.

2.2.4.1.2. Desventajas del Relleno Hidráulico.

- El sistema de relleno hidráulico requiere una alta inversión de capital, para lo cual es necesario tener un sustento financiero de aplicabilidad.
- La introducción de agua en el relleno a la mina es un problema si el drenaje se realiza por bombeo.
- Cuando se utiliza material con contenidos altos de pirita o pirrotita, al oxidarse estos sulfuros se produce una reacción exotérmica lo cual eleva la temperatura y produce anhídrido sulfuroso.
- En el agua de drenaje del relleno siempre arrastra cierta cantidad de finos los cuales se depositan en los niveles inferiores de las labores rellenas.

2.2.4.2. PULPA

Se define como pulpa a la mezcla constituida por una fase sólida y una líquida, donde la fase líquida transporta a la sólida en suspensión.

2.2.4.2.1. Pulpa Homogénea.

Este tipo de pulpa se comporta como un fluido plástico de Bingham, es decir que las propiedades del agua se afectan por la presencia de los sólidos, por ejemplo, las arcillas.

2.2.4.2.2. Pulpa Heterogénea.

Los relaves, arenas, concentrados de minerales se comportan como mezclas, ya que el líquido y los sólidos se comportan independientemente, denominándose al conjunto sólido-líquido, mezcla o pulpa heterogénea.

2.2.5. Relleno Detrítico.

Se define como Relleno Detrítico a los restos del macizo rocoso que ha sido roto en las labores de avance, estos restos de roca no contiene mineral por lo que sirven para rellenar las labores de producción de mineral después de su minado.

El relleno de labores con material detrítico está en un porcentaje del 80% del volumen total excavado.

2.3. CONCEPTOS GEOMECÁNICOS.

2.3.1. Generalidades.

La geomecánica es la ciencia teórica y aplicada que trata del comportamiento mecánico de las rocas. “Estudia el comportamiento mecánico de las masas rocosas que se encuentran bajo la acción de fuerzas producidas por fenómenos naturales o inducidas por el hombre”.

La geomecánica como ciencia aparece a fines de los años 50, que hizo su entrada en el hasta entonces mundo crítico de las obras subterráneas.

La geomecánica viene dando a la construcción de obras subterráneas un creciente soporte científico y técnico que ha encontrado su máximo exponente en la última década, hasta el punto de que hoy en día, la mayoría de túneles se hacen bajo la supervisión de un experto en geotecnia.

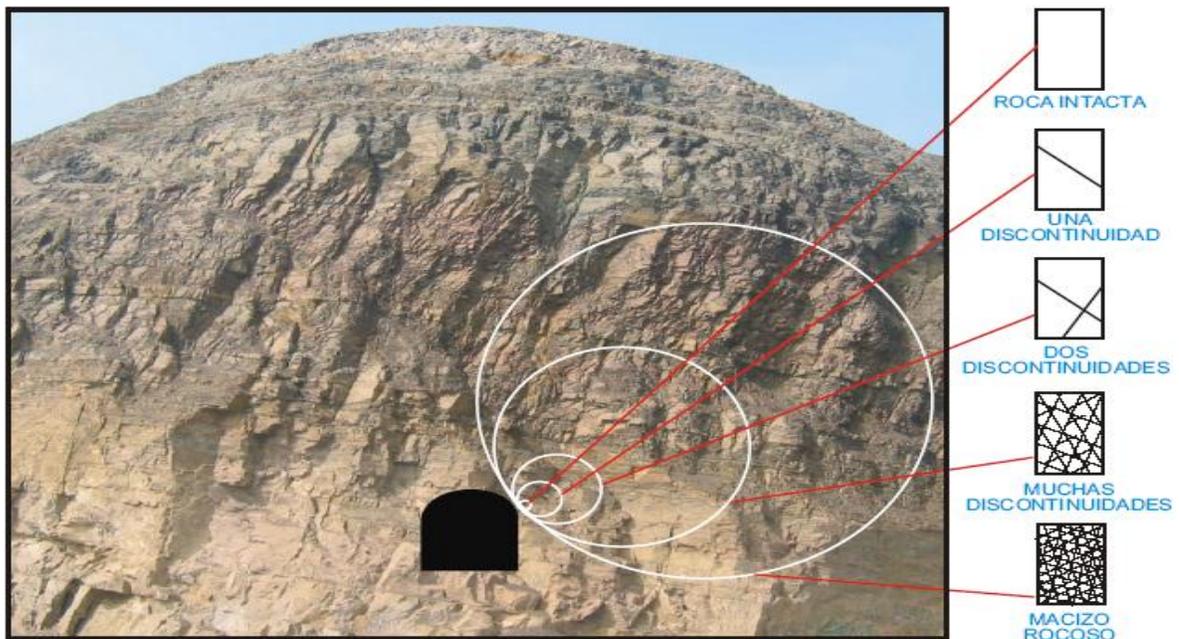
El personal de una mina debe estar familiarizado con las características y condiciones de la masa rocosa propias de su mina, los peligros potenciales que podrían causar accidentes, esto permitirá tomar decisiones correctas sobre diferentes aspectos relacionados con las labores mineras, entre otras, se podrá establecer la dirección en la cual se deben avanzar las excavaciones, el tamaño de las mismas, el tiempo de exposición abierta de la excavación, el tipo de sostenimiento a utilizar y el momento en que éste debe ser instalado

2.3.2. Mapeo Geomecánico.

Es la representación de las características estructurales del macizo rocoso en un plano, siendo uno de los objetivos caracterizar geomecánicamente los macizos, siendo esto el estudio integral del macizo en cuestión, que incluye tanto el modelo geológico como el geomecánico, abarcando aspectos tales como estructura del macizo, litología, contactos y distribución de litologías, levantamiento de discontinuidades, fallas geológicas, clasificaciones geomecánicas, etc.

El mapeo geomecánico se puede realizar de 3 formas:

1. Mapeo de Celdas.
2. Por Línea de Detalle.
3. Por Arco Rebatido.



Características Estructurales del macizo Rocoso. Fuente: CMH S.A.

La información que nos brinda el mapeo geomecánico es muy importante dentro de las excavaciones mineras, pues con esta información podemos:

- Definen el tiempo que la roca soporta sin sostenimiento (tiempo de auto soporte).
- Definen el tiempo que la labor debe estar abierta con sostenimiento.
- Definen las aberturas máximas.
- Definen el tipo de sostenimiento a instalar.
- Se ubica las áreas con problemas estructurales dentro de la excavación.

MINERO HORIZONTE		FORMATO MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS			U. MINERA: ACUMULACION PARCOY N° 1	
					CÓDIGO: F-07-E001	
					VERSIÓN: 03	
					F. APROBACIÓN: 2016-Agosto-28	
					SECCIÓN: GEOMECÁNICA	
MINA: Rosa		LABOR: Rp 2734		EJECUTADO: P.A.C		FECHA: 11-07-2017
ORIENTACIÓN DE LA CARA		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKY RMR '89)		
AZIMUT		DESCRIPCIÓN		RANGO DE VALORES		
140°		Bx 1 150		H. D. H. L. FRETE		
TIPO DE ROCA (Simbol)		TIPO DE Roca		R. COMPRESION UNIA (Mpa)		
GND		GND		100 - 150 (150 - 200) (200 - 250) (250 - 300) (300 - 350) (350 - 400) (400 - 450) (450 - 500)		
RQD (%)		RQD (%)		ESPAJAMIENTO (m)		
80		80		1 - 2 (2 - 3) (3 - 4) (4 - 5) (5 - 6) (6 - 7) (7 - 8) (8 - 9) (9 - 10)		
TIPO DISC.		TIPO DISC.		CONDICIÓN DE JUNTAS		
R2		R2		PERISTENCIA		
R1		R1		APERTURA		
R3		R3		RUGOSIDAD		
R4		R4		RELLENO		
R5		R5		INTERFERENCIA		
R6		R6		AGUA SUBTERRANEA		
R7		R7		VALORACIÓN TOTAL RMR BASICO (Suma de valoraciones 1 a 8)		
R8		R8		DIRECCIÓN Y BUCAMENITO		
R9		R9		TUNEL		
R10		R10		CLASE DE MACIZO ROCOSO		
R11		R11		DESCRIPCIÓN		
R12		R12		RMR PROM.		
R13		R13		INDICES DE RESISTENCIA		
R14		R14		INDICES DE INTEMPERIZACIÓN		
R15		R15		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R16		R16		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R17		R17		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R18		R18		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R19		R19		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R20		R20		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R21		R21		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R22		R22		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R23		R23		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R24		R24		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R25		R25		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R26		R26		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R27		R27		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R28		R28		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R29		R29		ABRIGOS/ESPACIAM.		
R30		R30		ABRIGOS/ESPACIAM.		

Formato del Mapeo Geomecánico. Fuente: CMH S.A.

2.3.3. Estructuras.

Todos los macizos rocosos tienen características o aspectos que constituyen su estructura.

El estudio de estas disposiciones y estructuras la constituye el campo de la geología estructural.

Las estructuras geológicas están relacionadas con accidentes tectónicos ocurridos en la masa rocosa, generando movimientos epirogénicos y orogénicos, formando de esta forma las estructuras.



Vista de las Estructuras Geológicas del Macizo Rocos. CMH S.A.

Los movimientos epirogénicos son los que causan fracturas en las rocas, produciendo las siguientes estructuras:

2.3.3.1. Diaclasas.

Las diaclasas, que quiere decir juntas, son fracturas en las rocas que no presentan desplazamiento transversal que sea detectable, sólo manifiestan un poco de movimiento extensional.

Las diaclasas son las fracturas más frecuentes y se presentan en todos los tipos de rocas, especialmente, al nivel de la superficie y también a grandes profundidades.

Estas fracturas pueden tener dimensiones que se extienden desde algunos milímetros hasta unos pocos metros.

Normalmente se presentan en una masa rocosa, en la que se pueden observar grupos de diaclasas -estructuras paralelas o subparalelas.

Y/o sistemas de diaclasas que corresponden a aquellas que se cortan entre sí en ángulos definidos, y tienen una cierta simetría.



Vista de las Estructuras tipo Diaclasas. Fuente: CMH S.A.

2.3.3.2. Fallas.

La falla corresponde a la fractura que se presenta en las rocas a lo largo de las cuales ha tenido lugar un movimiento o desplazamiento.

Este movimiento produce un plano o zona de falla, que pueden alcanzar un ancho que va desde milímetros hasta los cientos de metros.

Los movimientos o desplazamientos (salto total) pueden ser pequeños (milímetros) o muy grandes llegando a alcanzar los cientos de kilómetros.



Vista de las Estructuras tipo Fallas. Fuente: CMH S.A.

2.3.4. Resistencia de la Roca

Resistencia a la compresión. Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión



Vista de la dureza de la roca. Fuente: CMH S.A.

2.3.5. Clasificaciones geo mecánicas

Los diversos sistemas de clasificación geomecánica tienen como objetivo:

- Proporcionar una evaluación global del macizo rocoso a partir de observaciones en el campo y ensayos sencillos.

- Estimar la calidad del macizo rocoso y algunos parámetros de resistencia.
- Correlacionar con los tipos de sostenimiento establecidos por cada unidad minera.

Existen 18 clasificaciones geomecánicas, cada una de ellas tienen sus diferentes puntos de análisis, entre las más importantes tenemos:

- GSI
- RMR
- Índice Q de Barton
- SMR
- Protodyakonov
- Stini Lauffer
- Louis, etc.

2.3.5.1. Método del índice de Resistencia Geológica (GSI)

Es un índice de caracterización que valúa al macizo rocoso en función a dos criterios:

- Estructura geológica
- Condición de la superficie de las juntas.

2.3.5.2. RMR de Bieniawski (rock mass rating)

RMR es la abreviatura de “calificación de la Masa Rocosa” se basa en seis parámetros:

- RQD (Índice de la calidad de roca)
- La resistencia de la roca intacta
- El espaciamiento entre familias de discontinuidades
- La condición de las juntas
- El agua subterránea y un factor de ajuste por la orientación
- El rumbo de las discontinuidades.

2.3.5.3. Índice de Calidad de la Roca para Túneles (Q de Barton)

Expresa la calidad de la roca como función de 6 parámetros independientes:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a} * \frac{J_w}{SRF}$$

RQD: Índice de calidad de la roca	Ja: Parámetro basado en la alteración de las discontinuidades
Jn: Parámetro basado en el número de familias de discontinuidades	Jw: Parámetro basado en la presencia de agua
Jr: Parámetro basado en la rugosidad de las discontinuidades	SRF: Factor de reducción de esfuerzos

Fuente: Universidad de Costa Rica.

Descripción	Q
Roca excepcionalmente mala	0.001 – 0.01
Roca extremadamente mala	0.01-0.1
Roca muy mala	0.1-1
Roca mala	1-4
Roca regular	4-10
Roca buena	10-40
Roca muy buena	40-100
Roca extremadamente buena	100-400
Roca excepcionalmente buena	400-1000

Valores del Q de Barton. Fuente: Universidad de Costa Rica.

2.3.6. Convergencia

Debido a la profundidad de las excavaciones (Bocamina principal Nv 2750msnm, tope Rampa 940 Nv 1950msnm), la liberación de esfuerzos generados en los espacios abiertos producto de las excavaciones son cada vez mayores, por lo que es bastante común apreciar convergencia del macizo rocoso en estos espacios abiertos.

El control y monitoreo de esta convergencia es muy importante, pues nos permite determinar si el sostenimiento aplicado a las labores es el correcto o en su defecto se tiene que reforzar dicho sostenimiento o en el peor de los casos cambiar el diseño o tipo de sostenimiento.



Falla del shotcrete debido a la convergencia. Fuente: Propia.

2.4. SOSTENIMIENTO DEL MACIZO ROCOSO.

2.4.1. Generalidades

En toda explotación minera, el sostenimiento de las labores es un trabajo adicional de alto costo que reduce la velocidad de avance y/o producción pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes a personal y al equipo. Existe una confusión entre lo que es un soporte de roca y un refuerzo de roca.

Refuerzo, de roca generalmente consisten en sistemas de empernado o cables que proveen un refuerzo a la masa rocosa aumentando la resistencia friccional entre bloques que la componen.

Sostenimiento en Labores Mineras Subterráneas

Soporte, consistente en cerchas de acero o concreto, shotcrete o cuadros de madera, son diseñados para estabilizar la masa rocosa mediante el control del colapso progresivo o deformación de la misma.

En términos simples se dice que el refuerzo en un sistema “activo” mientras que el soporte es uno “pasivo”.

2.4.2. Clases de terreno

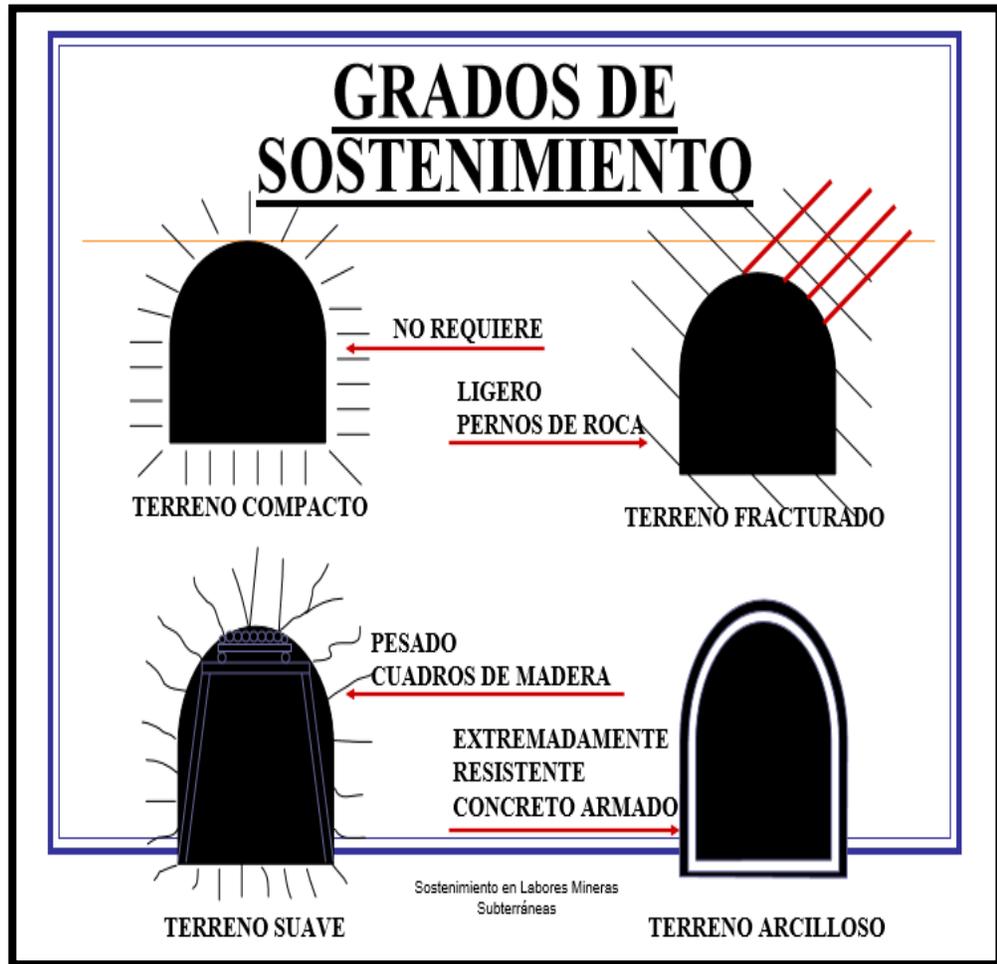
El conocimiento de las diversas clases de terrenos es fundamental para poder determinar el tipo de sostenimiento de las labores. Desde un punto de vista práctico podemos dividir los terrenos en cuatro clases.

- **Terreno compacto.** Es el formado por cristales o por partículas bien cementadas.
- **Terreno fracturado.** Muestra una serie de planos paralelos de discontinuidades como los planos de estratificación en la roca sedimentaria.
- **Terreno arcilloso.** Constituido por rocas casi elásticas que se deforman bajo la presión.
- **Terreno suave.** El cual está formado por fragmentos gruesos o finos o una mezcla de ambos tamaños.

2.4.3. Sostenimiento según la clase de terreno

- **Terreno compacto:** No requiere sostenimiento sino la formación de una buena bóveda auto sostenida (Pinzón, Pinzón & Perfil, 2018).
- **Terreno fracturado:** Exige solo un sostenimiento ligero, esta clase de terrenos es más resistente en dirección perpendicular a las rajaduras o planos de discontinuidad que en dirección paralela a los mismos (Pinzón, Pinzón & Perfil, 2018).
- **Terreno suave:** Requiere sostenimiento de tipo pesado. En esta clase de terrenos las presiones son mayores cuando más fino es el tamaño de los fragmentos (Pinzón, Pinzón & Perfil, 2018).

- **Terreno arcilloso:** Exige un sostenimiento extremadamente resistente o estructuras flexibles capaces de adaptarse a las presiones que se desarrollan (Pinzón, Pinzón & Perfil, 2018).



Tipo de Sostenimiento según la Clase del Terreno.
Fuente: <http://granmineria.blogspot.pe/2013/08/que-es-sostenimiento.html>

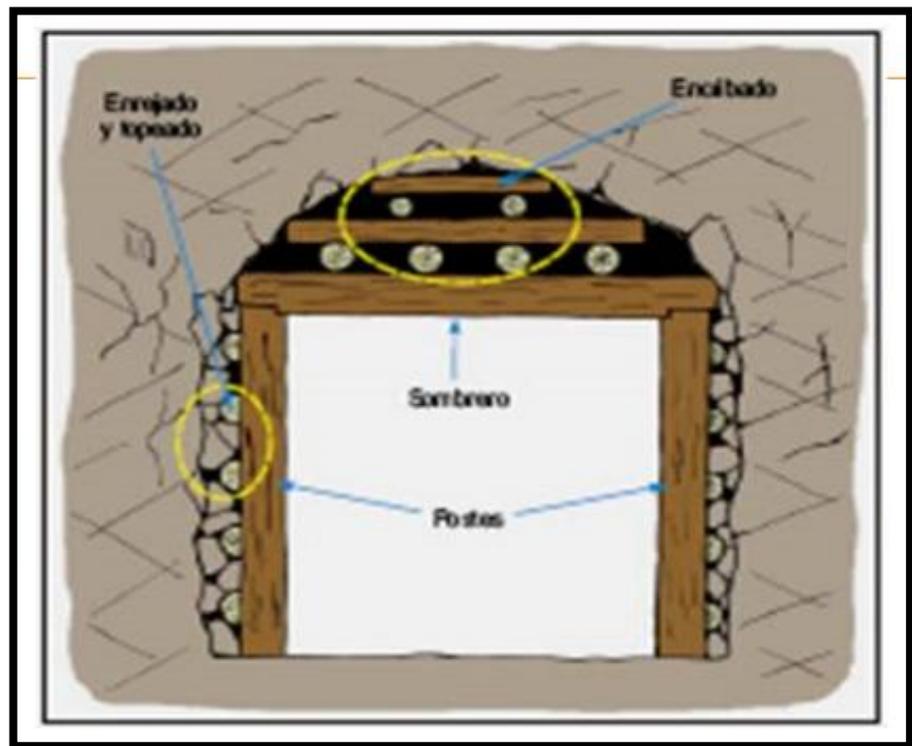
2.4.3.1. Sostenimiento con cuadros de madera

Los cuadros de madera son un tipo de estructura de sostenimiento de acuerdo al tipo de terreno y a condiciones especiales de cada Mina. Se utilizan en labores horizontales e inclinadas. Su dimensión está de acuerdo al diseño de la labor.

2.4.3.1.1. Tipos de cuadros de madera

2.4.3.1.1.1. Cuadro recto

Son usados cuando la mayor presión procede del techo, están compuestos por tres piezas, un sombrero y dos postes, asegurados con bloques y cuñas, en donde los postes forman un ángulo de 90° con el sombrero.

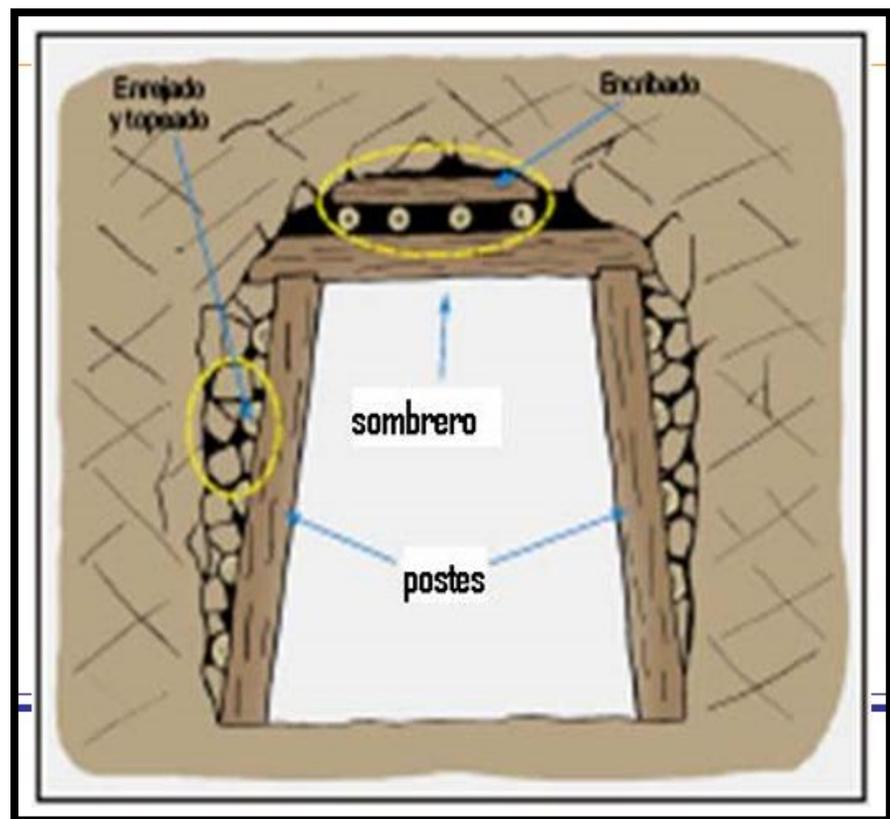


Sostenimiento con Cuadros Rectos. Fuente: CMH S.A.

La madera utilizada para estos cuadros es eucalipto, cuyos diámetros varía en función a los esfuerzos existentes en las labores, así como las dimensiones de las mismas.

2.4.3.1.1.2. Cuadro Cónicos

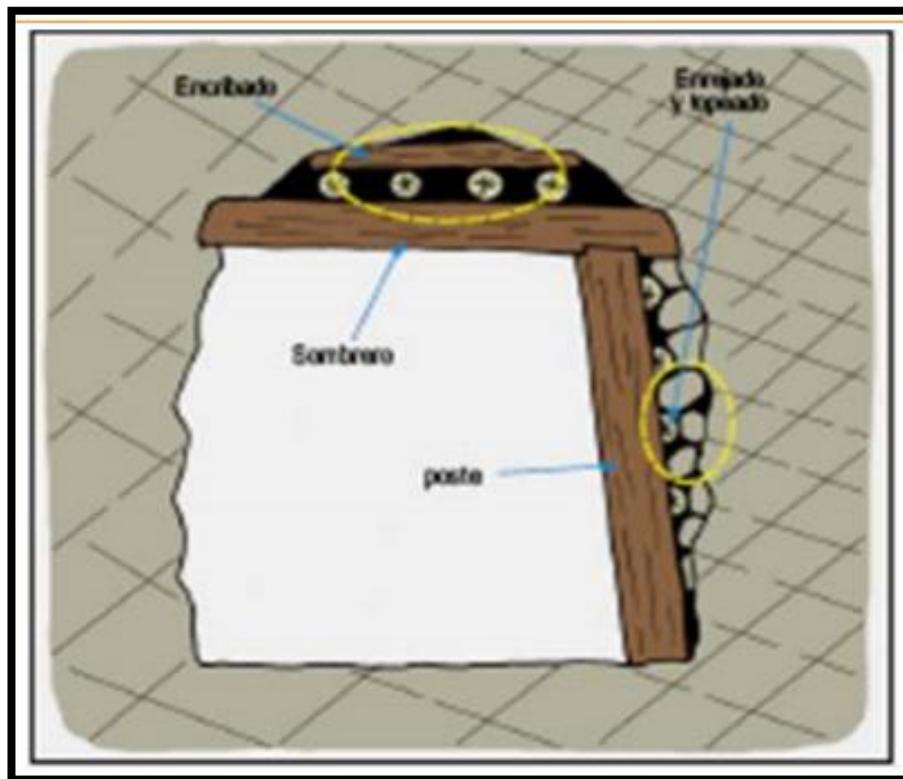
Son usados cuando la mayor presión procede de los hastiales, la diferencia con los cuadros rectos, solo radica en el hecho de que los cuadros cónicos se reduce la longitud del sombrero, inclinando los postes, de tal manera de formar un Angulo de 78° a 82° , respecto al piso, quedando el cuadrado de forma trapezoidal.



Sostenimiento con Cuadros Cónicos. Fuente: CMH S.A.

2.4.3.1.1.3. Cuadro Cojos

Estos están compuestos por solo un poste y un sombrero, se utilizan en vetas angostas menores de 3 m de potencia, su uso permite ganar espacio de trabajo pueden ser verticales o inclinados, según el buzamiento de la estructura mineralizada, estos cuadros deben adecuarse a la forma de la excavación para que cada elemento trabaje de acuerdo a las presiones ejercidas por el terreno.



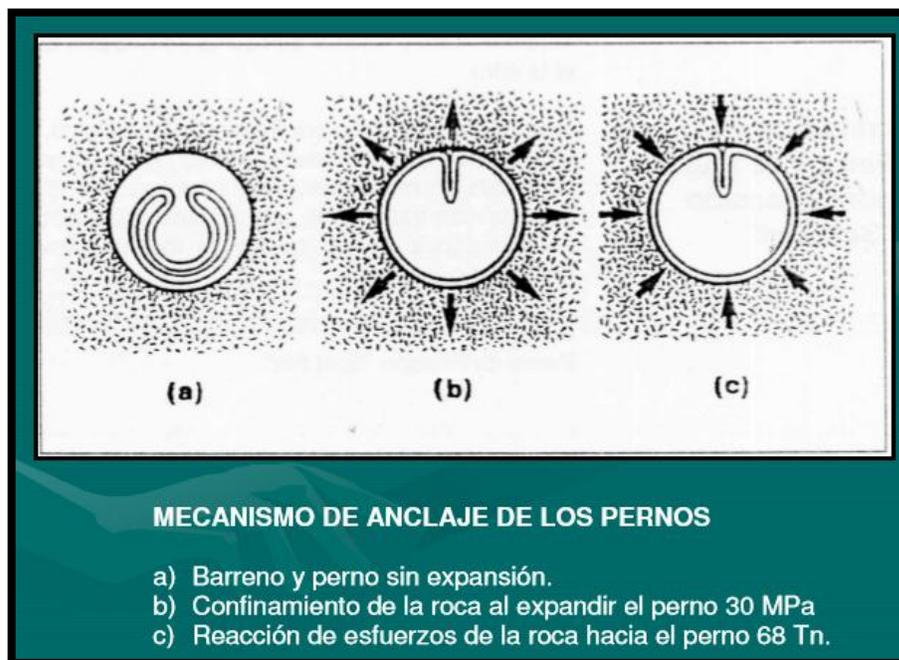
Sostenimiento con Cuadros Cojos. Fuente: CMH S.A.

2.4.3.2. Sostenimiento con pernos de anclaje

La acción principal de los pernos de anclaje para roca es el de resistir el movimiento o el disloque del terreno. En general en la roca dura este disloque es el resultado por las fallas y fracturas.

Estas fracturas y estratos se abren con el tiempo debido a la presión vertical u horizontal, por el efecto de la gravedad en los bloques y con el efecto de las variaciones en la temperatura y humedad en la roca masiva. Los Pernos para el sostenimiento pueden ser de tres tipos:

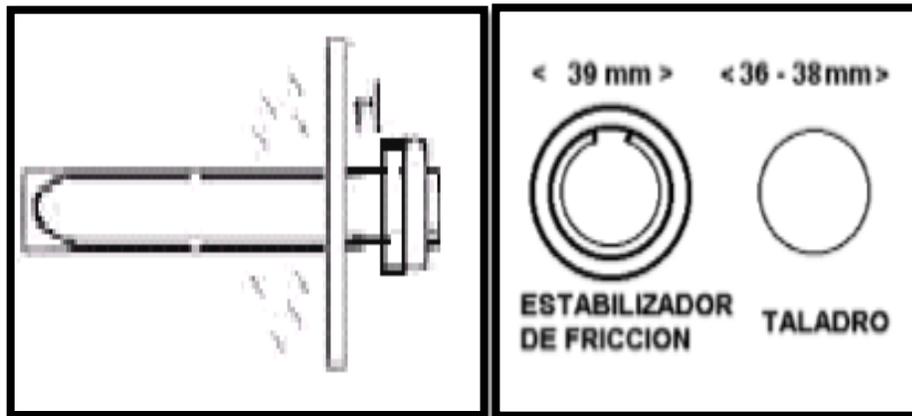
A - Perno con anclaje expansivo. - Este tipo de soporte produce una tensión de aproximadamente 3.5 Tn/pie y tiene una resistencia en tracción (ROTURA) máxima de 12,5 Tn.



Mecanismo de funcionamiento del perno Hidrabolt. Fuente: CMH S.A.

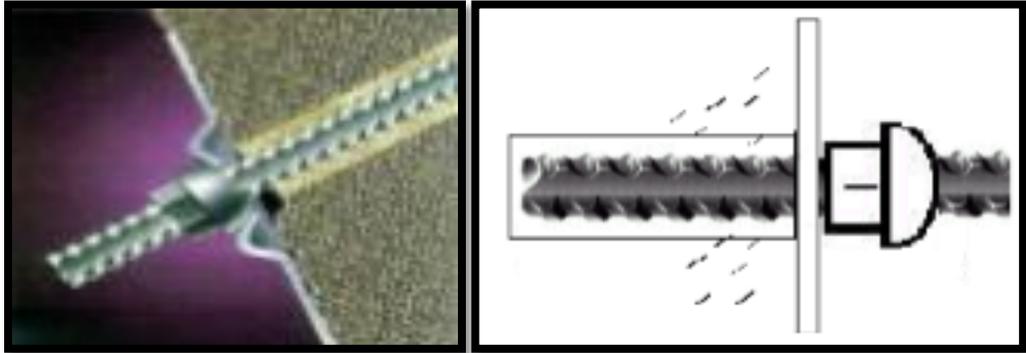
B - Estabilizador de Fricción. - Utilizado generalmente en roca severamente agrietada o fracturada sujeta a condiciones de baja tensión.
Modo de instalación de pernos estabilizadores de fricción:

- El diámetro de la perforación: 36 – 38 mm.
- Las Perforaciones de 90 grados con la superficie de la roca.
- Las platinas de apoyo bien ubicado plano y bien pegado contra la roca.
- Instalar los estabilizadores de fricción con un empujador diseñado y adecuado para este trabajo



Mecanismo de funcionamiento del perno Split Set. Fuente: CMH S.A.

C - Pernos Cementados. - Pernos fabricados de acero corrugado instalados con resina o lechada de cemento, resiste el movimiento del terreno debido a los puntos de contacto del enclavamiento mecánico del perno.



Mecanismo de funcionamiento del perno Helicoidal. Fuente: CMH S.A.

Se recomienda para todos los tipos de estructuras para el sostenimiento de alta resistencia y a largo plazo.



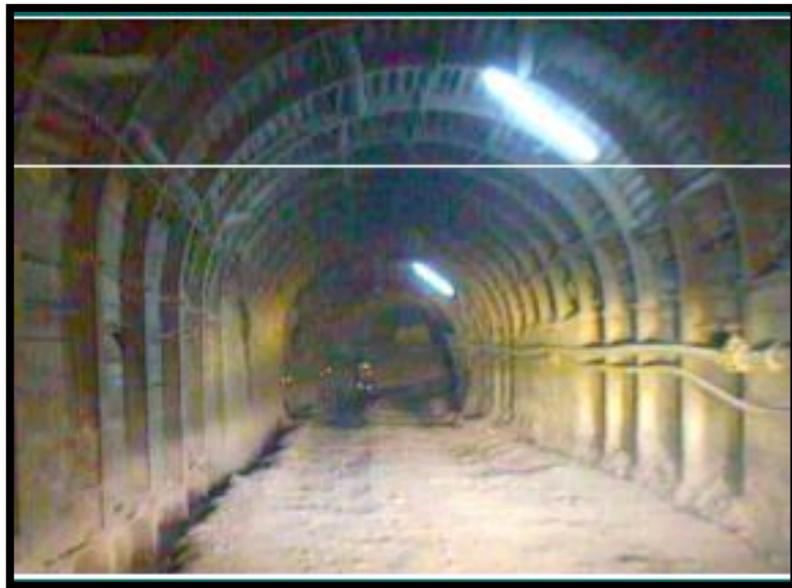
Pernos Helicoidales instalados en la Veta Lourdes. Fuente: CMH S.A.

2.4.3.3. Sostenimiento con cimbras

Son elementos conformados por Vigas en Arco de 2 ò 3 piezas la sección de la viga es “W”, las más usuales son W4x13 (arcos ligeros) y W 6x20 (arcos semipesados) los espaciamientos entre arco y arco usual es de 1.0 a 1.50 m. Para una sección de túnel de 5m. x 4m.

Los arcos son conectados con “tirantes “(varillas de acero corrugado de 1” de diámetro). El encofrado se realiza con madera. Los pies del arco van cimentados sobre un dado de concreto.

La carga vertical para la que están diseñadas estas estructuras son aproximadamente de 6 a 12 TM / m². Las cimbras se colocan en terrenos donde la roca es muy mala y para labores de uso permanente como rampas principales.



Sostenimiento pesado con Cimbras. Fuente: CMH S.A.

2.4.3.4. Shotcrete

2.4.3.4.1. Generalidades

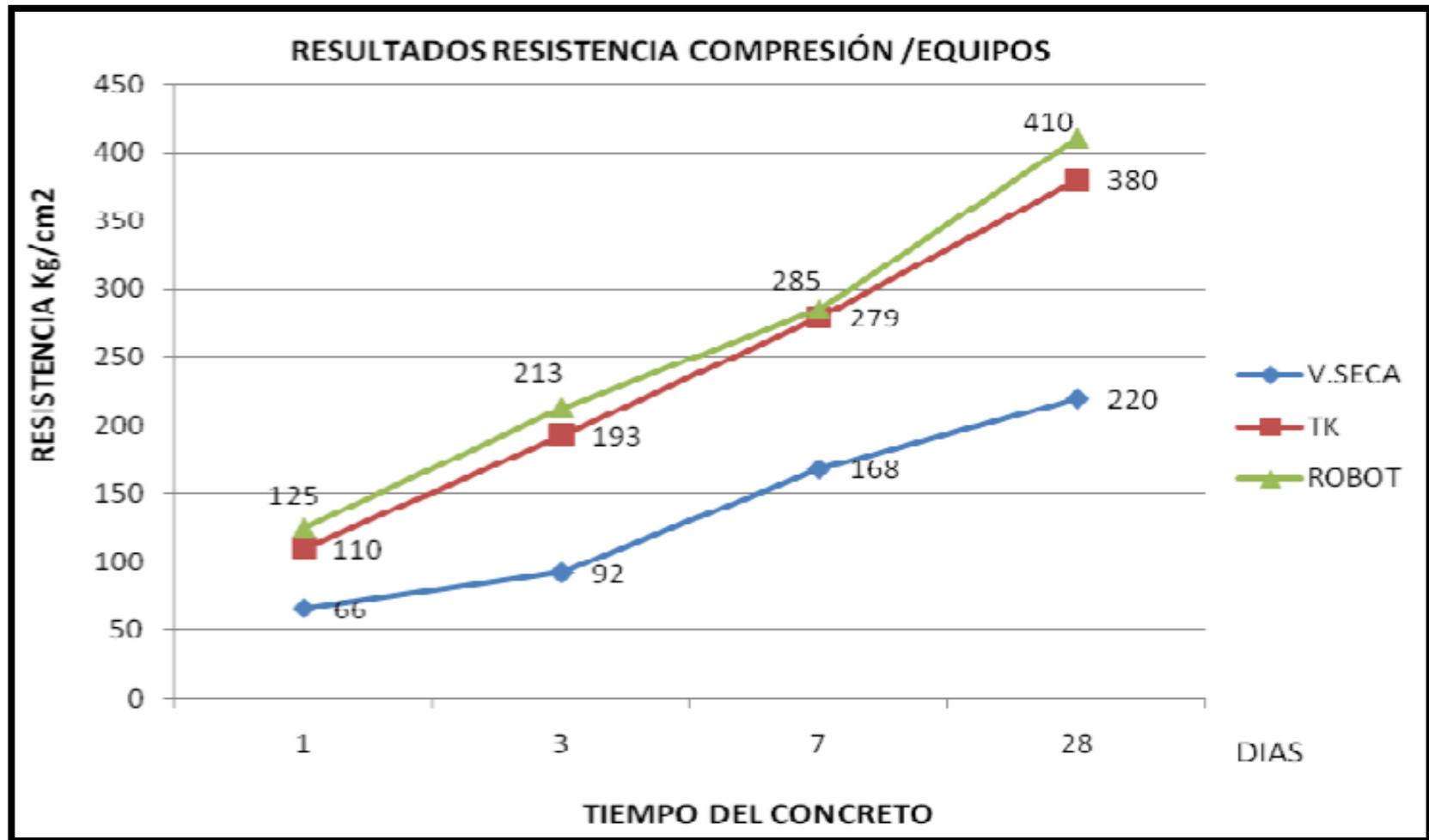
El Shotcrete es actualmente un elemento de sostenimiento de primer orden para la minería subterránea, en estos últimos años se ha demostrado que es una herramienta de fácil aplicación, que actúa en la superficie de excavación y reemplaza a los elementos pasivos de sostenimiento a un menor costo; el uso continuo ha permitido utilizar tecnologías más avanzadas para el transporte y aplicación de este elemento.

El shotcrete posee ventajas enormes dependiendo de la calidad y del proceso de aplicación para el soporte de rocas de muy mala calidad a críticas; ahora, sumado las investigaciones realizadas en cuanto a los insumos, equipos y conocimientos de aplicación, ha hecho de éste elemento una alternativa viable y necesaria para los trabajos de operación minera; el avance tecnológico experimentado y realizado con en el shotcrete por vía húmeda y vía seca, ha beneficiado el campo del sostenimiento del laboreo subterráneo. En CMH, el shotcrete se desarrolla con dos métodos de aplicación diferentes:

Shotcrete vía húmeda que representa el 90%.

Shotcrete vía seca con el 10% del total de lanzado.

Resultados de pruebas de resistencias en diamantinas según equipo de lanzado.



*Resultados de Resistencia de taladros Diamantinos
Fuente: Empresa Consorcio Minero Horizonte S.A.*

2.4.3.4.2. Diseño del Shotcrete

El diseño del shotcrete está contemplado para buenas resistencias a edades tempranas, las cuales fueron estandarizadas entre los siguientes rangos mínimos: a las 3 horas 45kg/cm², a las 24 horas 120 kg/cm², a los tres días 210 kg/cm², a los 7 días 300 kg/cm² y a los 28 días más de 380 kg/cm².



Diseño de Shotcrete

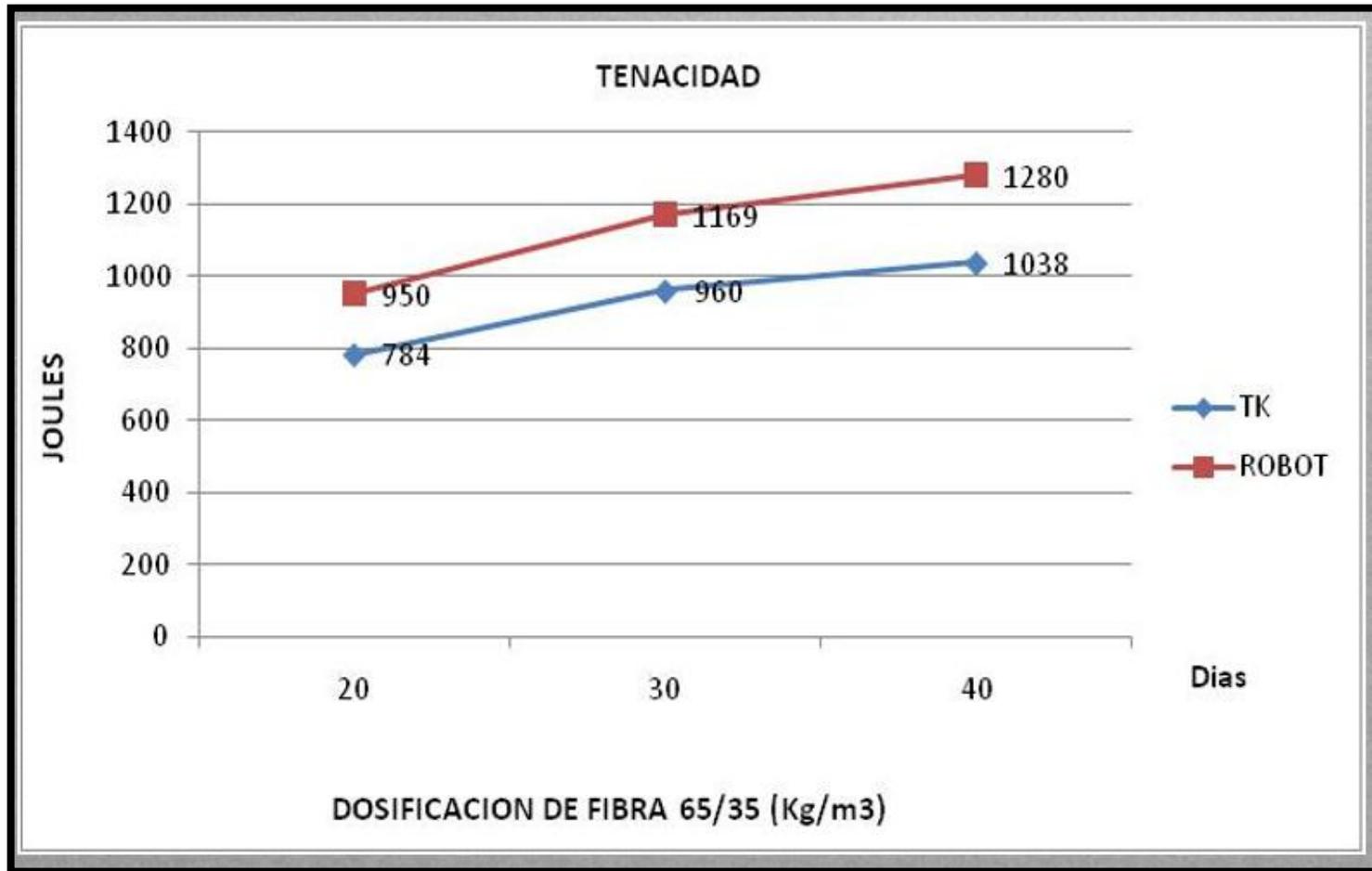
Material	Mezcla para vía Seca	Mezcla para vía Húmeda
	Peso, kg/m ³	
Cemento Pórtland 1	400	380
Agregado (ACI 506.2 Gradación No. 2)	1690	1610
Agua (Litros)	180	171
Fibra de Acero para vía seca 45/35	30-40-50	-----
Fibra de Acero para vía húmeda 65/35	-----	20-30-40
Aditivo super-plastificante de alto rango (L.t.)	-----	2.50
Aditivo acelerante de fraguado (Galones)	2.5-3.5	2.5-3.5

Diseño del Shotcrete utilizado en CMHSA.

Fuente: Empresa Consorcio minero Horizonte S.A.

La absorción de energía es importante para definir la trabajabilidad a la flexo-tracción del shotcrete la que se define mediante el uso de fibras metálicas de calidad; en CMH se estandarizó los parámetros mínimos de tenacidad: 800 Joules para 20kg de fibra, 1000 Joules para 30kg de fibra y 1200 Joules para 40kg de fibra, valores que se están siendo superados ampliamente, esto nos permite bajar la dosificación de fibra de acuerdo a nuestro requerimiento.

Absorción de Energía según equipo de lanzado.



Resultados de pruebas de Absorción de Energía. Fuente: Consorcio Minero Horizonte S.A.

2.4.3.4.2.1. Fibra de acero

El Acero de la fibra debe ser hecha de alambre trefilado en frio, con una resistencia a la tensión del alambre de acero mayor a 1000MPa, con una alta resistencia a la tensión, y debe tener un bajo contenido de Carbono.

La longitud de la fibra seleccionada debe ser dos veces el tamaño máximo del árido más grueso, en nuestro caso es de 35mm.

El diámetro 0.75mm para la fibra suelta y 0.53mm para la fibra encolada. La relación Longitud / Diámetro debe ser igual o mayor de 45 para la suelta y 65 para la encolada.

Debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM A 820 – Tipo I, ya que este tipo de fibra es la única diseñada para reemplazar la malla electro-soldada.

Debe poseer anclajes mecánicos en forma de ganchos en los extremos.

2.4.3.4.2.2. Aditivo Súper Plastificante

Ventajas en el uso del este aditivo:

- Minimiza la cantidad de agua de mezcla y de este modo mejorar la resistencia final.

- Amplio rango de plasticidad, le da a la mezcla una debida consistencia y mayor trabajabilidad.
- Mayor retención que prolonga el asentamiento hasta 4:00 horas.
- Permite que la mezcla sea cohesiva y sin segregación y mínima exudación.
- Mayor beneficio por resistencia del shotcrete endurecido
- Mayores resistencias iniciales y finales a compresión.
- Mayor módulo de elasticidad.
- Mayor resistencia de adhesión al acero.
- Baja permeabilidad y alta durabilidad.
- Menor retracción y deformación.
- Integridad estructural del elemento terminado altamente confiable.

2.4.3.4.2.3. Aditivo Acelerante de fragua (Sigunit L-30 PE)

El Sigunit L-30 PE, es un acelerante líquido desarrollado para ser utilizado como acelerante ultra rápido de fraguado en concreto proyectado, tanto por vía seca como por vía húmeda.

Ventajas de su uso:

- Permite aplicar capas sucesivas rápidamente incluso sobre cabeza.
- Disminuye el rebote.
- Evita desprendimientos sobre cabeza.
- Acelera el fraguado del concreto.
- Permite obtener resistencias mecánicas en pocas horas.

2.5. APLICACIÓN DEL CONCRETO EN MINERÍA

La actividad minera es uno de los rubros fundamentales que ha permitido el desarrollo de la economía peruana. Su amplia expansión en los últimos años exige la utilización de sistemas de extracción más sofisticados, seguros e innovadores.

El uso del concreto premezclado en la minería se ha convertido en un quehacer rutinario y cada vez son más exigentes y especializados sus requerimientos a nivel tecnológico.

Los usos más comunes que se le da al concreto en minería son:

2.5.1. Shotcrete.- Una de las principales actividades en una operación minera es precisamente el sostenimiento con el revestimiento de las superficies con concreto y es la actividad minera en la que se utiliza la mayor cantidad de concreto.

2.5.2. Relleno cementado. - La aplicación del concreto en relleno cementado nos ciertas ventajas.

- Reduce el volumen de relave en superficie.
- Permite optimizar costos por TM de mineral extraído.
- Incrementa la eficiencia de la operación minera.
- Aumenta la seguridad en la operación.
- Mejora la estabilidad del macizo rocoso.
- Disminuye el daño por estallido de roca.

2.5.3. Bóvedas. - Por temas seguridad y estética es muy común el uso de bóvedas de concreto en las bocaminas principales de las empresas mineras.

También es común el uso de las bóvedas de concreto como sostenimiento en los laboreos mineros cuando la calidad de la roca es demasiado mala.

2.5.4. Losas de concreto. - Las losas de concreto se utiliza cuando el método de explotación empleado es de Corte y Relleno Ascendente, la particularidad de este concreto es que se coloca cuando se realiza el primer corte de la estructura mineralizada, pero recién trabaja cuando se realiza la explotación del mineral en el último corte, para lo cual ha pasado un tiempo promedio de 1 año.

El concreto de estas losas puede ser concreto simple o concreto armado según la necesidad y diseño de las mismas.

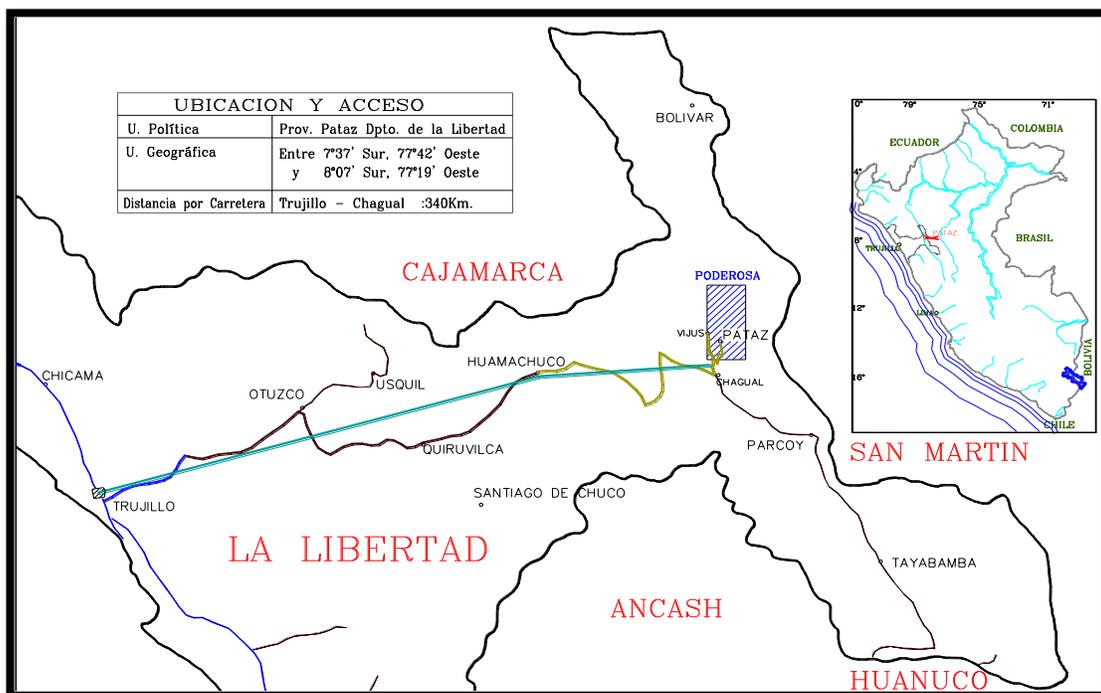
CAPITULO III DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1. UBICACIÓN

Consortio Minero Horizonte S.A. se ubica en el distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, a una altura de 2,700 msnm.

Geográficamente se ubica en las coordenadas:

N : 9°14'7", 178,514
 E : 210, 485,250
 Altitud : 2700 m.s.n.m.



Plano de Ubicación. Fuente: Consorcio Minero Horizonte S.A. (CMH S.A.)

3.2. VÍAS DE ACCESO

Hay dos formas de llegar a Consorcio Minero Horizonte S.A.

Por vía aérea:

DE	A	Distancia (km)	Tiempo (hh:mm)	MEDIO
Lima	Trujillo	560	00:45	Avión
Trujillo	Pias	300	00:42	Avioneta
Pias	Mina	46	00:40	Camioneta
TOTAL		906	02:07	

Fuente: CMH S.A.

Por vía terrestre:

DE	A	Distancia (km)	Tiempo (hh:mm)	MEDIO
Lima	Trujillo	560	08:00	Panamer.
Trujillo	Pias	330	14:00	Trocha
Pias	Mina	46	00:20	Trocha
TOTAL		936	22:20	

Fuente: CMH S.A.

3.3. CLIMA

Los datos climatológicos de la zona se consideran referidos a la estación de Buldibuyo, sobre esta referencia se establece la similitud a otras zonas, donde la época de lluvia se extiende de noviembre a marzo, seguida de un poco de sequía entre los meses de abril a octubre.

Considerando los datos referidos a la estación meteorológica de Buldibuyo, se determina una temperatura media de 12°C. La temperatura media determinada en la estación existente en la unidad minera es de 10,18°C.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1. PLANTA DE CONCRETO

CMH SA. cuenta con cuatro plantas de concreto, tres de ellas se encuentran en interior mina y una en superficie, a continuación, describiremos cada una de ellas:

- **Planta N°1 (Ex planta Impecom).** - Ubicada en la RP 690 esta zona corresponde a la mina Lourdes, la capacidad de esta planta es de 100 m³ por día.



Vista de la Planta de Concreto N°1. Fuente: CMH S.A.

Los materiales son trasladados por locomotora desde la bocamina Balcón hasta el CX 103, una distancia total de 4.5 km hasta descargar en el silo de arena.



Vista de locomotora trasladando cemento. Fuente: CMH S.A.

- **Planta BENTOMAX (planta N°2).** - Ubicada en superficie esta zona corresponde a la mina Balcón, la capacidad de esta planta es de 200 m³ por día.



Vista de la Planta de Concreto N°2. Fuente: CMH

Es la planta más grande que tiene CMHSA. y la segunda en ser instalada, esta planta abastece a las zonas de Balcón y Milagros.

En esta planta se prepara el 70% del shotcrete **vía seca** que utiliza CMHSA.

- **Planta N°3.-** Es una planta mezcladora de la marca Altron modelo AMP25, con la particularidad que es móvil, tiene una capacidad de 100 m³ por día, está ubicada en el CX 2923 esta zona corresponde a la mina Rosa, esta planta tiene un año y medio de funcionamiento y abastece de concreto a las zonas de Rosa, Encanto y Milagros parte alta.

El abastecimiento de materiales a esta planta se realiza con volquete desde superficie.

El agregado es trasladado en volquetes directamente desde la cantera Yuracyacu, y el cemento en un equipo acondicionado especialmente para este fin.



Vista de la Planta de Concreto N°3. Fuente: CMH S.A.

- **Planta N°4.-** Es una planta mezcladora de la marca Altron modelo AMP25, idéntica a la Planta N°3, tiene una capacidad de 100 m³ por día, está ubicada en el BP 850 esta zona corresponde a la mina Candelaria, esta planta tiene un año de funcionamiento y abastece de concreto a las zonas de Encanto parte alta y Candelaria.

El agregado es trasladado en volquetes directamente desde la cantera Yuracyacu, y el cemento en un equipo acondicionado especialmente para este fin.



Vista de la Planta de Concreto N°4. Fuente: CMH S.A.

4.2. CANTERA DE AGREGADOS

Los agregados utilizados en CMHSA. Son producidos en la cantera ubicada en el Anexo de Yuracyacu, distrito de Pías, provincia de Patate, a una distancia de 8 km.

La producción de agregados en esta cantera es de 150m³ por día, la demanda de concreto que tiene la empresa es de 110 m³ por día.

La diferencia de la producción de agregado es almacenada en un lugar llamado Ñuñabamba para las contingencias de invierno.



Vista del cargador frontal preparando el agregado. Fuente: CMH S.A.



Vista del acopio del agregado. Fuente: CMH S.A.

Para poder sustentar el desarrollo sostenible de las explotaciones mineras, utilizando losas de concreto en su proceso, se ha realizado un estudio de la cantera “Yuracyacu”, sobre las características de sus agregados, así como también la cantidad de los mismos.

Este estudio realizado por CMHSA dio como resultado que los agregados son de buena calidad para el concreto requerido para las losas a construir y según el requerimiento de concreto que tiene actualmente, cuenta con agregado para cinco años.



Vista panorámica de la cantera Yuracyacu. Fuente: CMH S.A.

4.3. TRASLADO DE AGREGADOS

Los agregados son almacenados en la cancha de agregados de Yuracyacu, para posteriormente ser trasladados a mina mediante volquetes de 25 metros cúbicos, los cuales hacen un recorrido de 2 horas hasta llegar a las plantas de concreto.



Vista de volquete trasladando agregado. Fuente: CMH S.A.

El volumen de almacenamiento de agregados que se dispone en las plantas de concreto es el siguiente:

- Planta N°1.- Esta Planta dispone de un silo de almacenamiento de agregados con una capacidad de 45m³, siendo estos agregados trasladados por locomotora una distancia de 4 km desde superficie, lo cual hace más costoso este proceso.

- Planta N°2.- Esta Planta dispone de una tolva de agregados con una capacidad de 50m³, donde descargan directamente los volquetes.
- Planta N°3.- Esta planta dispone de un área de almacenamiento de agregados con una capacidad de 60m³, los cuales son abastecidos a la planta de concreto mediante un mini cargador.
- Planta N°4.- Esta planta dispone de un área de almacenamiento de agregados con una capacidad de 50m³, los cuales son abastecidos a la planta de concreto mediante un mini cargador.

4.4. SUMINISTRO DE CEMENTO

El cemento es trasladado desde la ciudad de Trujillo en bolsas de 1000kg, y almacenados en un área acondicionada especialmente para ello, la cual tiene una capacidad para 200 ton.

Para luego ser trasladadas desde este punto a las diferentes plantas de concreto.



Vista del almacenamiento de cemento en bolsas de 1000kg. Fuente: CMH S.A.

CAPITULO V

METODOLOGÍA

5.1. PREPARACIÓN DE ÁREA

Luego de concluir las excavaciones de las estructuras mineralizadas, se limpia todo el mineral roto con equipos, Scoop, Damper, Volquetes.

Para posteriormente realizar los trabajos de:

- Desatado de rocas sueltas y shotcrete craquelado de ser necesario.

- Instalación de manga de ventilación diámetro = 24”

- Lavado de hastiales en toda la longitud de la labor donde se construirá la losa de concreto.

- Nivelación de terreno.



Vista de la preparación del área donde se construirá la losa. Fuente: CMH S.A.

5.2. EXCAVACIÓN DE ZANJAS PARA VIGAS

Luego de habilitada el área donde se construirá la losa de concreto se procede a realizar la excavación de zanjas para las vigas, según el espaciamiento y dimensiones indicadas en los planos.



Vista de la zanja donde se colocará la viga de concreto. Fuente: CMH S.A.

5.3. INSTALACIÓN DE ANCLAJES

Luego de realizado la preparación del área de la losa y corregido el sostenimiento de la labor si es que no presta las condiciones mínimas de seguridad, se procede a la instalación de anclajes mediante el siguiente procedimiento:

- **Instalación de servicios agua y aire.**

Estos servicios son tomados de la tubería principal cuyo diámetro es de 4" y reducidos con accesorios de tubo galvanizado a mangueras de 1".

- **Perforación de taladros.**

Los taladros se realizan con perforadoras neumáticas, cuyo alcance de perforación va desde los 2pies, hasta los 14 pies y cuyo diámetro de taladro es de 40mm. Para lo cual se necesita un a presión de aire de 90psi.

- **Limpieza de taladros.**

Luego de realizada la perforación de los taladros, se procede a limpiar los mismos, con varillas de acero de 3/8" habilitadas especialmente para este fin.



Vista de la perforación de taladros con perforadora Jakclet. Fuente:CMH S.A.

- **Instalación de anclajes.**

Una vez concluida la perforación de taladros se procede a la instalación de anclajes en el orden siguiente.

1. Limpieza de taladros utilizando cucharillas de fierro corrugado de 3/8" y aire comprimido.
2. Preparación de la pasta de cemento en un recipiente de plástico con capacidad para una bolsa de cemento.
3. Inyección de la pasta de cemento en el taladro, mediante inyector manual y/o bomba de concreto Ictus.
4. Instalación de anclaje de fierro corrugado de diámetro una pulgada.



Vista de la instalación de anclajes en labor sostenida con madera y otra sostenida con shotcrete. Fuente: CMH S.A.

5.4. ARMADO DE VIGAS

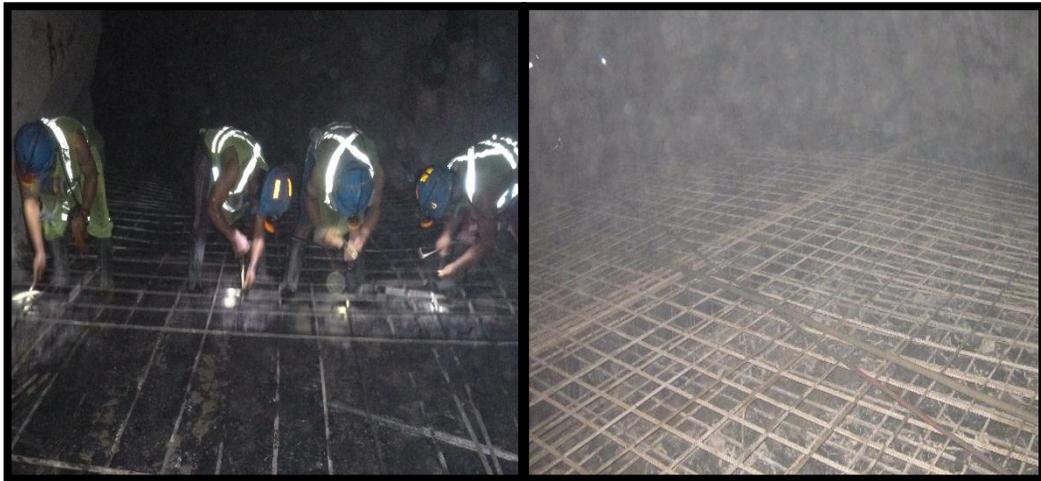
Concluido la instalación de anclajes se cubre el área de la losa con tela arpillera y se procede a habilitar el acero y armar las vigas, la cuantía de acero se va incrementando en medida que la luz de las vigas aumenta, el detalle del acero está indicado en los planos.



Vista del armado de acero en vigas. Fuente: CMH S.A.

5.5. COLOCACIÓN DE MALLAS DE ACERO

Luego de concluido el armado de vigas, se procede con el armado de las mallas de acero, con fierro de 5/8" espaciado cada 20cm en el sentido longitudinal a la losa y fierro de 3/4" espaciado cada 20cm en el sentido transversal a la losa, dichas mallas están separadas 30 cm entre sí y se realizan en tramos de 9 metros.



Vista del armado de mallas de acero. Fuente: CMH S.A.

5.6. COLOCACIÓN DEL CONCRETO

Terminado el armado de las mallas de acero en tramos de 9 metros se procede al vaciado de concreto, el cual es preparado en la planta de concreto más cercana a la zona donde se construye la losa y traslado de en equipos Mixer los cuales tienen una capacidad de 3m³.

El Mixer descarga el concreto directamente sobre la losa y es nivelado manualmente con personal calificado.



Vista de la colocación de concreto premezclado. Fuente: CMH S.A.

5.7. RELLENO DETRÍTICO

Terminado el vaciado de concreto en la losa se tiene 24 horas para el curado de la misma, luego de estas 24 horas de vaciado se procede con el relleno detrítico el cual proviene de las excavaciones de labores de avance el mismo que constituye el 80% del volumen total del espacio abierto.

Este relleno se realiza con equipos pesados de bajo perfil como son Scoop y Dampers.

5.8. RELLENO HIDRÁULICO

Terminado el relleno detrítico el cual debe estar hasta una altura de 1 metro por debajo de la corona de la labor aproximadamente, se procede a colocar un dique que sirve como contención del relleno hidráulico en el inicio de la losa, este dique puede ser con el mismo material del relleno detrítico, puede ser una barrera con rieles sellado con madera o puede ser muros de concreto armado, dependiendo si la labor es horizontal o tiene pendiente, así como también de las dimensiones y el volumen del espacio a rellenar.

Este Relleno Hidráulico es bombeado a través de tuberías de polietileno de diámetro 4 pulgadas desde la planta ubicada en superficie, con un caudal de 20 m³/hora y cuya densidad es de 1400 kg/m³.

La producción de relave para Relleno Hidráulico es de 450 m³ por día.

CAPITULO VI

TRABAJOS DE GABINETE – RESULTADOS

6.1. TRABAJOS BÁSICOS DE CAMPO Y LABORATORIO

6.1.1. Muestras de Relave de Flotación - Fracción Gruesa

El muestreo se ha realizado por cuenta y cargo del CMH S.A.

En términos generales ha consistido en la recuperación del material en estado húmedo, luego del proceso de centrifugación o ciclonado que se realiza para la separación de la fracción gruesa de la fina.

6.1.2. Pruebas de Ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos

Pruebas y Ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos

- Humedad remanente (decantado), Norma ASTM 2216-02
- Densidad aparente de masa, Norma ASTM D-1556
- Gravedad específica, Norma ASTM D-854
- Análisis granulométrico, Norma ASTM D-422
- Límites de plasticidad, Norma ASTM D-4318
- Pruebas de compresión triaxial, método UU, Norma ASTM D-285

UNIDAD DE OBRA	MUESTREO FECHA	GRANULOMETRÍA (%)			LÍMITES DE CONSISTENCIA (%)		HUM. NAT. (%)	DENS. SECA DECANTADO (gr/cm3)	GRAVED. ESPECÍFICA (gr/cm3)	CLASIF. SUCS	HIDRO COMPACTACIÓN		COMPRESIÓN TRIAXIAL (Método UU)		
		Grava	Arena	Finos	Li.	Lp.					Densid. (Gr/cm3)	Humed. (%)	Fricción (Φ°)	Cohesión (Kg/cm2)	
LOSAS DE ENTREPISO	17/06/11	---	74.86	25.14	Nt.	Np.	20.46	1.767	2.697	SM*	1.85	16.01	41.0	1.0	
	18/06/11	---	76.53	23.47	Nt.	Np.	19.54	1.721	2.706	SM					
	19/06/11	---	50.16	49.84	Nt.	Np.	22.80	1.696	2.691	SM	1.94	12.01	40.2	0.9	
	20/06/11	---	68.41	31.59	Nt.	Np.	20.01	1.775	2.718	SM					
	21/06/11	---	62.33	37.63	Nt.	Np.	19.33	1.741	2.654	SM	1.92	14.17	41.3	0.9	
Falla Total											1.90	14.30	40.8	0.93	
Falla Local													29.9 á 32.9	0.1	
Aceleración Sísmica	As.máx.	a) Aceleración sísmica máxima: $Asm. = 0.36g$. (Est. Factibilidad C.H. Salto Bajo)													
		b) Aceleración sísmica máxima esperada: $Asm. = 0.30g$. (Est. Peligro Sísmico Presa Alpamarca)													
	As.dis.	a) Aceleración sísmica de diseño: $Asd. = 0.50Asm. = 0.18g$.													
		b) Aceleración sísmica de diseño: $Asd. = 0.60Asm. = 0.18g$.													

$Tg.\Phi' = (2/3 \text{ á } 3/4)\Phi$. – para diseño tomar el menor. $SM^* - 0.425 \text{ mm. Tamaño máximo.}$
 $C' = (1/5 \text{ á } 1/10).Co$. – para arena limosa saturada.

Propiedades Físicas y Geomecánicas – Relave Grueso de Flotación

Fuente. Laboratorio de Mecánica de Suelos de CMHSA.

6.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS CIVILES

6.2.1. Sistema de Sostenimiento de la roca

Para determinar las características del Sistema de Sostenimiento de la roca en las zonas de empotramiento y apoyo de la losa de entrepiso, se ha tomado en cuenta los parámetros geotécnicos de valoración geomecánica de la roca intacta en las zonas de empotramiento y apoyo de la losa de entrepiso en su correspondiente ubicación.

Así como de las características estructurales definidas por el o los sistemas de discontinuidades geológicas (contactos, fallas, grietas, fisuras, etc.) en el entorno del lugar de explotación minera.

La información tomada en cuenta en el diseño, consistió en:

- Valoración geomecánica RMR.
- Sistemas de discontinuidades geológicas, por extrapolación del sistema de discontinuidades estructurales de la planta Gek

RESUMEN						
UNIDADES DE OBRA	SECCIÓN TIPO	ANCHO O DIÁMETRO	SOSTENIMIENTO			
			SHOTCRETE	PERNOS (*)		ESPACIADO (m. En tresbolillo)
			(e. cm.)	Diámetro (Φ. mm.)	Longitud (Lp. m.)	
LOURDES (25N) LOURDES (26N) ROSA (573S) ENCANTO (698S y 699S) CANDELARIA (1745S)	RECTO	3.0	5.0	25.0	2.00	1.50
	RECTO	6.0	5.0	25.0	4.00	1.70
	RECTO	8.0	5.0	25.0	5.00	1.70
	RECTO	10.0	6.0	25.0	6.00	1.70

(*) Los Pernos de Anclaje + Accesorios, deben cumplir:
Norma ASTM A-615, Grado 75; $f_y = 5,270.0 \text{ Kg/cm}^2$.
Recomendable: ACEROS AREQUIPA.

Sistema de sostenimiento de la roca en las zonas de apoyo de losas

Fuente: Empresa Consorcio Minero Horizonte S.A.

6.2.2. Diseño de los Pernos de Anclaje

En el siguiente cuadro, se presenta el Diseño particular de los pernos de anclaje en las zonas de empotramiento y apoyo de losas de entrepiso.

Cuadro N° 3.2: DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE - REFUERZO

1.0

Formulario: $Ta. = (\sigma_{ar} \cdot \pi \cdot Dh \cdot Lr. + \sigma_{ac} \cdot \pi \cdot Dh \cdot Lc.)$

Donde:

Ta. = Tensión de Anclaje, (Kg.)

σ_{ar} . = 6.2 Kg/cm². - Esfuerzo de Adherencia de la resina bicompuesta, en roca.

σ_{ac} . = 0.42*(f_c.^{0.5}) Kg/cm². - Esfuerzo de adherencia del mortero de cemento, en roca.

Lr. = Longitud de anclaje con resina, (cm.)

Lc. = Longitud de anclaje con cemento, (cm)

Dh. = Diámetro del hueco de perforación, (cm).

f_c. = 240 Kg/cm² - Esfuerzo nominal en compresión del mortero de cemento.

2.0

Cálculos:

Luz libre de Losa de Entrepiso	Long. Total del Perno	Diámetro Perno	Diámetro Hueco	Long. Resina	Long. Cemento	Esf. Compresión de Diseño	σ_{ar} .	σ_{ac} .	Tensión Anclaje, Ta. (Kg.)	
Ls. (m)	Lt. (cm)	Φ, (cm.)	Dh. (cm)	Lr. (cm)	Lc. (cm)	f _c . (Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	Solo Resina	Resina +Cemento
3.0	200.00	2.50	5.08	45.00	(30.0)* 125.00	210.00	6.20	6.09	4450.0	16,408.0
6.0	400.00	2.50	5.08	45.00	(30.0) 325.00	210.00	6.20	6.09	4450.0	35,540.0
8.0	500.00	2.50	5.08	45.00	(30.0) 425.00	210.00	6.20	6.09	4450.0	45,106.0
10.0	600.00	2.50	5.08	45.00	(30.0) 525.00	210.00	6.20	6.09	4450.0	61,352.0

(30.0)*, Tramo sin adherencia

Perno de Anclaje - Características:

Norma ASTM A-615

Grado 75

Resistencia en la Fluencia: f_y. 5,270.00 Kg.cm².

Diámetro del perno: Φ_p. 2.50 cm.

Fuerza Tensión Máx:
F_t. 25,856 Kg.

Fábrica: ACEROS AREQUIPA

Fuente: Empresa Consorcio Minero Horizonte S.A.

6.3. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS LOSAS DE ENTREPISO

6.3.1. Método de cálculo

Se ha tomado como modelo de cálculo, una sección vertical promedio, que se selecciona de las cinco vetas de explotación. La sección típica de cálculo, considera:

- Losa de entrepiso empotrada y apoyada en roca masiva de tipo III (Regular a mala).
- Luz libre entre apoyos (Ls.), variable de 3.0m, 6.0m, 8.0m y 10.0m.
- Buzamiento dominante de la placa de veta mineral, Bz. = 60°.

6.3.2. Metrado de cargas

La magnitud de la carga incidente sobre la losa de entrepiso, depende de las propiedades físicas y geo-resistentes del material de relleno (fracción gruesa de relaves).

Para el cálculo de la magnitud de la carga en cada alternativa de luz libre (Ls.) de la losa, se ha ordenado la ejecución de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

El procedimiento de cálculo, se presenta en el siguiente cuadro.

METRADO DE CARGAS

Relación de Minas

Mina	Buzamiento de Veta	Plano N°.
Lourdes (4)	60°	GL025 N (4)
Lourdes (3)	60°	GL026 N (3)
Rosa	55°	GL573 S (3)
Encanto	67°	GL698 S (2), GL699 S (5)
Candelaria	45°	GL1745 S (3)

Estimación de Cargas por acción del Relleno Hidráulico

a) Modelo de análisis	Típico
Buzamiento de la Veta	Bz. = 60° (ángulo dominante)
Luz libre de la losa	Ls _l = 3.0m, 6.0m, 8.0m y 10.0m.

b) Formulario:

Siendo:

$$\tau_d = c_d + \sigma_o \cdot \text{tg}\Phi_d$$

$$\Phi_d = 29.9^\circ$$

$$\sigma_o = \rho_o \cdot \text{sen}\theta$$

$$c_d = 0.1 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (1.0 Tn/m}^2\text{)}$$

$$\text{tn}\beta = \tau_d / \sigma_o$$

$$\rho_o = 1.90 \text{ Tn/m}^3 \text{ (densidad seca)}$$

$$B_z = 60^\circ \quad \theta = 30^\circ \text{ (complemento)}$$

$$\tau_d = \text{Esfuerzo de corte (Tn/m}^2\text{)}$$

c) Cálculos:

$$\sigma_o = 0.95 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$\tau_d = 1.54625 \quad \text{Tn/m}^2$$

$$\text{tn}\beta = 1.62763 \quad \beta = 58.43^\circ$$

d) Distribución de carga: ver modelo de cálculo adjunto.

$$L_s = L_1 + L_2$$

$$L_1 = hc / \text{tn}(120 - \beta)$$

$$L_2 = hc / \text{tn}(B_z)$$

De los que se deduce:

$$hc = K_c \cdot L_s$$

$$K_c = 0.89388$$

coeficiente $f(\beta, B_z)$

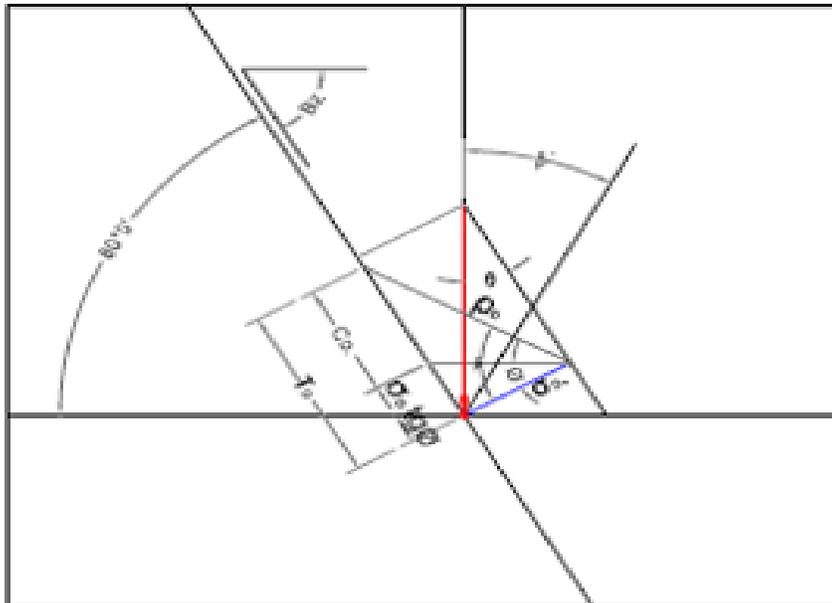
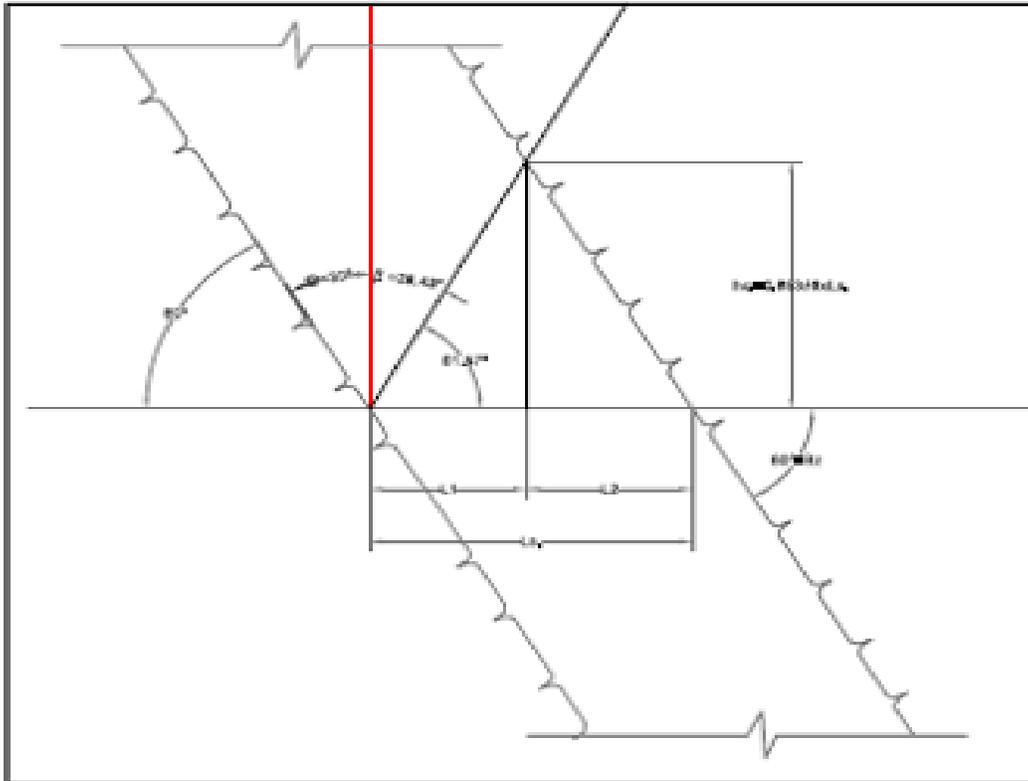
hc = altura de máxima carga.

e) EVALUACIÓN DE CARGAS

Ls.	hc.	ρ_0 .	$\sigma_{\text{máx.}}$	Wt. Seco	Wt. Húm.	Long. Losa (Parcial)		Observación
(m.)	(m.)	(Tn/m ³ .)	(Tn/m ²)	(Tn./ml.)	(Tn/ml.)	L1. (m)	L2. (m)	
3.0	2.68	1.9	5.095	7.643	8.736	1.45	1.55	wr.=14.3% (humedad remanente)
6.0	5.36	1.9	10.190	30.571	34.942	2.90	3.10	
8.0	7.15	1.9	13.587	54.348	62.120	3.87	4.13	
10.0	8.94	1.9	16.984	84.919	97.062	4.84	5.16	

Evaluación de cargas para el diseño de losa
Fuente: Empresa Consorcio Minero Horizonte S.A.

**MODELO DE CALCULO
(RELACIONES GEOMETRICAS)**



- $P_0 = 1.90$
- $C_{0,1} = 0.95$
- $C_0 = 1.00$
- $C_{0,1} \text{tg} \vartheta = 0.548$
- $T_0 = 1.548$
- $B_z = 60^\circ$
- $\theta = 30^\circ$
- $\vartheta = 29.9^\circ$
- $\beta = 58.43^\circ$
- $\beta' = 28.43$

Modelo de cálculo de losa de entrepiso. Fuente: CMH S.A.

6.3.3. Diseño Estructural de las Losas de Entrepiso

Cabe indicar que el diseño de las losas de concreto, materia de la presente tesis, lo ha realizado CMH S.A.

El análisis estructural se ha realizado con ayuda del programa SAP 2000. A continuación, se presenta el diseño de losas de concreto de luz variable (Ls. 3.0m, 6.0m, 8.0m y 10.0m), las que se encontraran empotradas en la roca, en ambos extremos y su función será soportar el peso efectivo del material de relleno hidráulico.

Cargas permanentes:

Peso del concreto $gc. = 2,400 \text{ Kg/m}^3$.

Peso del relleno por ml. de losa $Wt.$ Húmedo

Carga de sismo:

Cortante en la base $H. = (ZUSC/R)P.$

Dónde: $Z. = 0.36$ (aceleración local)

$U. = 1$

$S. = 1$

$C. = 2.5(Tp/T)$

$Tp. = 0.4$ (roca)

$T. = 0.1$ (estimado)

$C. = 10$

$H. = 0.6P$

$V. = 0.4P$ (Carga vertical por sismo)

$P.$ = Peso de la losa, por ml.

6.3.3.1. Memoria de Cálculo (Losa de Concreto $h=0.30$ m)

6.3.3.1.1. Descripción

Losa de concreto de **3 m** de longitud. La losa se encuentra empotrada en roca en ambos extremos y su función es soportar el peso del material de relleno.

El análisis se efectuará por metro lineal de losa.

6.3.3.1.2. Resistencia de Materiales

- Concreto $f'c= 280$ kg/cm².
- Acero de refuerzo $f_y= 4,200$ kg/cm²

6.3.3.1.3. Cargas

Cargas permanentes

Peso del concreto: $\gamma_c = 2,400$ kg/m³

Peso del relleno por ml de losa: $w_r = 15.3$ Tn/m

Cargas de sismo

Cortante basal $H = (ZUSC/R) P$

Donde:

$Z = 0.36$ (aceleración local)

$U = 1$

$S = 1$

$C = 2.5 (T_p/T)$

$T_p = 0.4$ roca

$T = 0.1$ estimado

$C = 10$

$H = 0.6 P$

$V = 0.4 P$

P: peso de la losa

El peso de la losa por ml es: $P = 2.16 \text{ Tn}$

La carga por sismo vertical es: $V = 0.86 \text{ Tn}$

6.3.3.1.4. Análisis estructural

El análisis estructural se ha realizado con ayuda del programa SAP 2000

Se asume un peralte de losa de 0.30 m

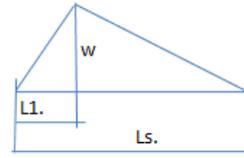
6.3.3.1.4.1. Cargas

Carga permanente

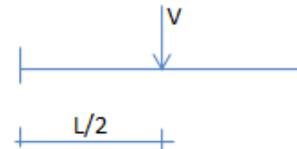
$$L_s = 3.0 \text{ (m)}$$

$$L_1 = 1.45 \text{ (m)}$$

$$w = 5.82 \text{ (Tn/m)}$$



Carga de sismo



6.3.3.1.4.2. Combinaciones de cargas

$$\text{COMB1} = 1.4 \text{ CM}$$

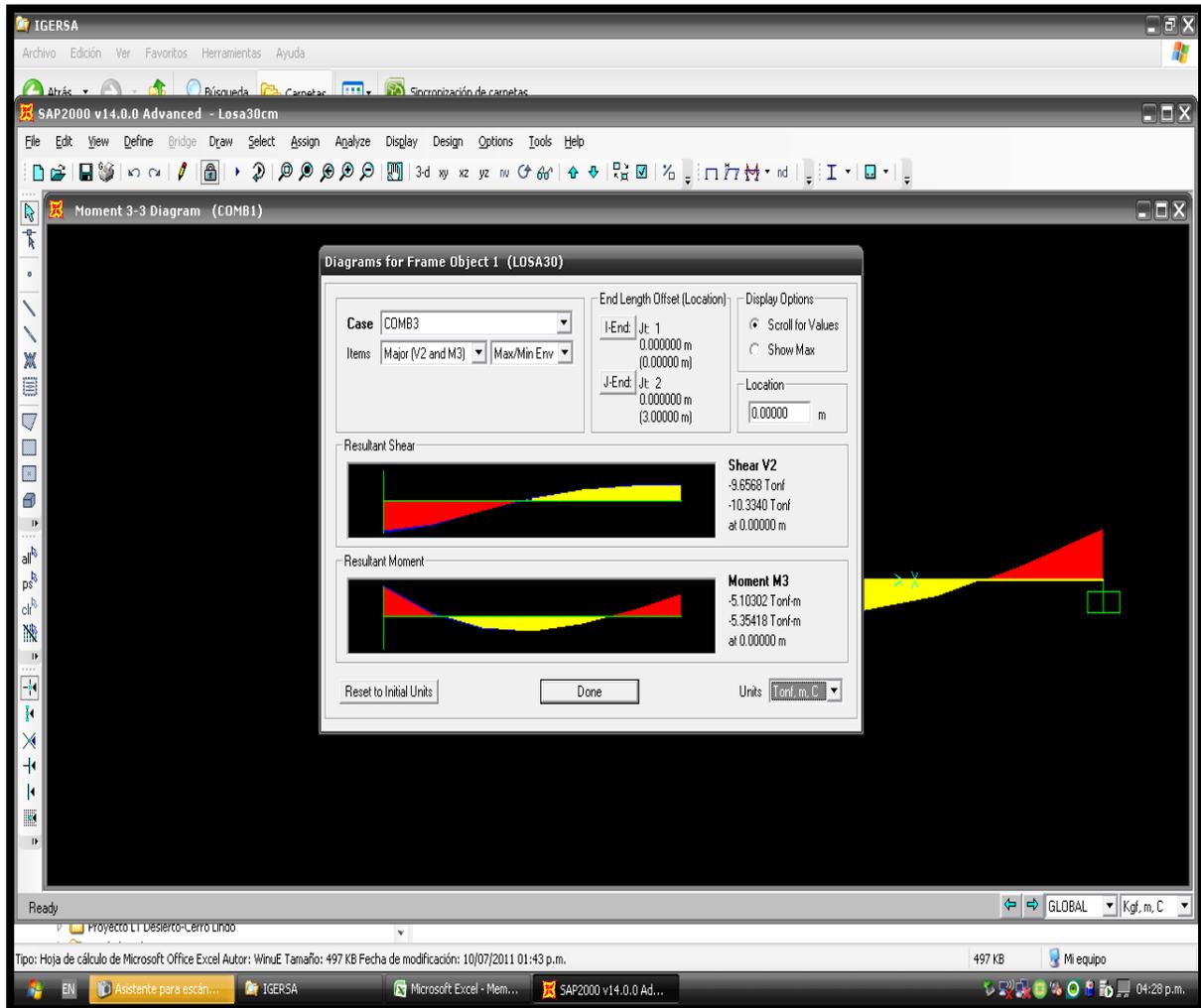
$$\text{COMB2} = 1.25 \text{ CM} + \text{CS}$$

$$\text{COMB3} = \text{ENVOLVENTE (COMB1, COMB2)}$$

Dónde: CM: Carga muerta

CS: Carga de sismo

6.3.3.1.4.3. Resultados



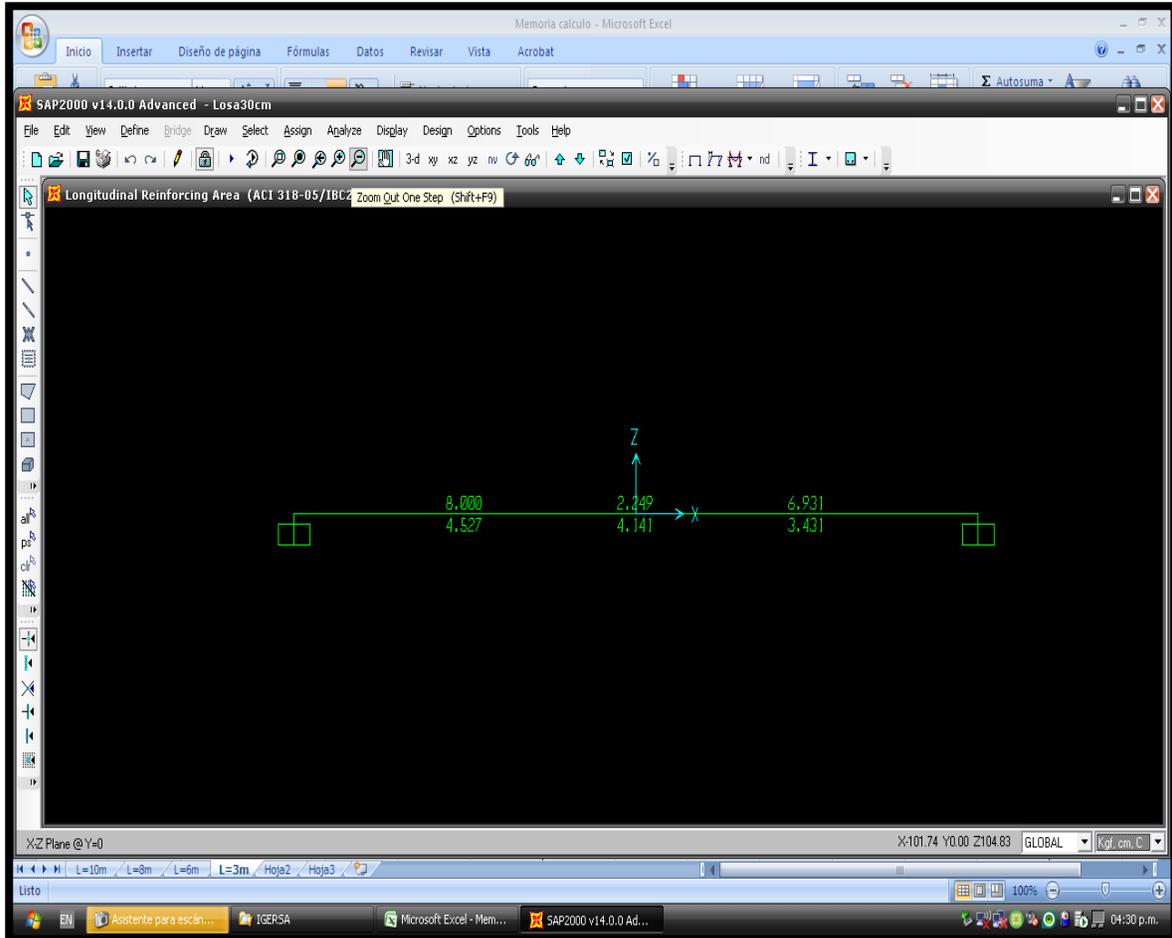
Fuente: CMH S.A.

Verificación del cortante:

$$V_c = \phi 0.53 \text{ raiz}(f'_c) b d$$

$$V_c = 18.85 \text{ Tn} > V_u = 10.3 \text{ Tn} \quad \text{OK!}$$

6.3.3.1.4.4. Refuerzo de acero por ml de losa



Fuente: CMH S.A.

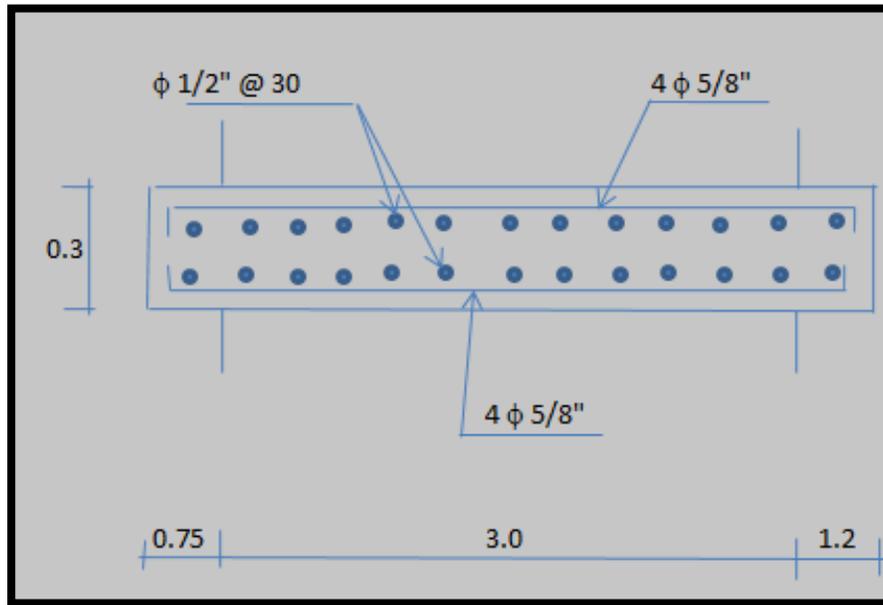
Por tanto:

$$As(-) = 8 \text{ cm}^2 (5 \phi 5/8")$$

$$As(+) = 4.53 \text{ cm}^2 (3 \phi 5/8")$$

$$As \text{ min} = 4.5 \text{ cm}^2 (4 \phi 1/2")$$

$$As \text{ trans.} = 5.40 \text{ cm}^2/\text{m} (\phi 1/2" @30)$$



Fuente: CMH S.A.

6.3.3.2. Memoria de Cálculo (Losa de Concreto $h=0.80$ m)

6.3.3.2.1. Descripción

Losa de concreto de **6 m** de longitud. La losa se encuentra empotrada en roca en ambos extremos y su función es soportar el peso del material de relleno.

El análisis se efectuará por metro lineal de losa.

6.3.3.2.2. Resistencia de Materiales

- Concreto $f'c= 280$ kg/cm².
- Acero de refuerzo $f_y= 4,200$ kg/cm²

6.3.3.2.3. Cargas

Cargas permanentes

Peso del concreto: $\gamma_c = 2,400 \text{ kg/m}^3$

Peso del relleno por ml de losa: $w_r = 15.3 \text{ Tn/m}$

Cargas de sismo

Cortante basal $H = (ZUSC/R) P$

Donde:

$Z = 0.36$ (aceleración local)

$U = 1$

$S = 1$

$C = 2.5 (T_p/T)$

$T_p = 0.4$ roca

$T = 0.1$ estimado

$C = 10$

$H = 0.6 P$

$V = 0.4 P$

P : peso de la losa

El peso de la losa por ml es: $P= 11.52 \text{ Tn}$

La carga por sismo vertical es: $V= 4.61 \text{ Tn}$

6.3.3.2.4. Análisis estructural

El análisis estructural se ha realizado con ayuda del programa SAP 2000

Se asume un peralte de losa de 0.80 m

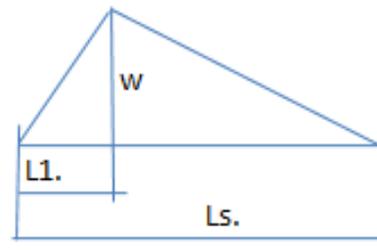
6.3.3.2.4.1. Cargas

Carga permanente

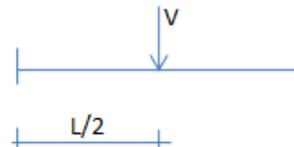
$Ls. = 6.0 \text{ (m)}$

$L1. = 2.90 \text{ (m)}$

$W = 11.65 \text{ (Tn/m)}$



Carga de sismo



6.3.3.2.4.2. Combinaciones de cargas

COMB1= 1.4 CM

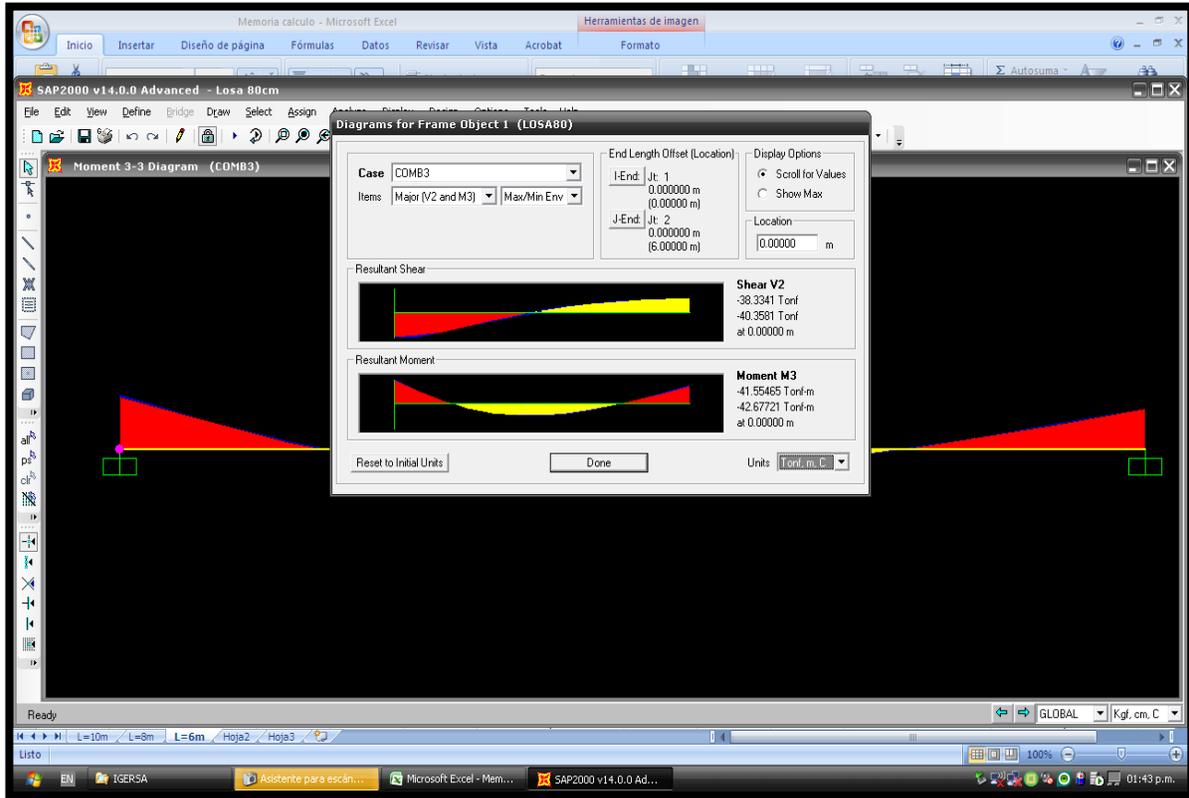
COMB2= 1.25 CM + CS

COMB3= ENVOLVENTE (COMB1, COMB2)

Dónde: CM: Carga muerta

CS: Carga de sismo

6.3.3.2.4.3. Resultados



Fuente: CMH S.A.

Verificación del cortante:

$$V_c = \phi 0.53 \text{ raiz}(f'_c) b d$$

$$V_c = 56.54 \text{ Tn} > V_u = 40.3 \text{ Tn} \quad \text{OK!}$$

6.3.3.2.4.4. Refuerzo de acero por ml de losa

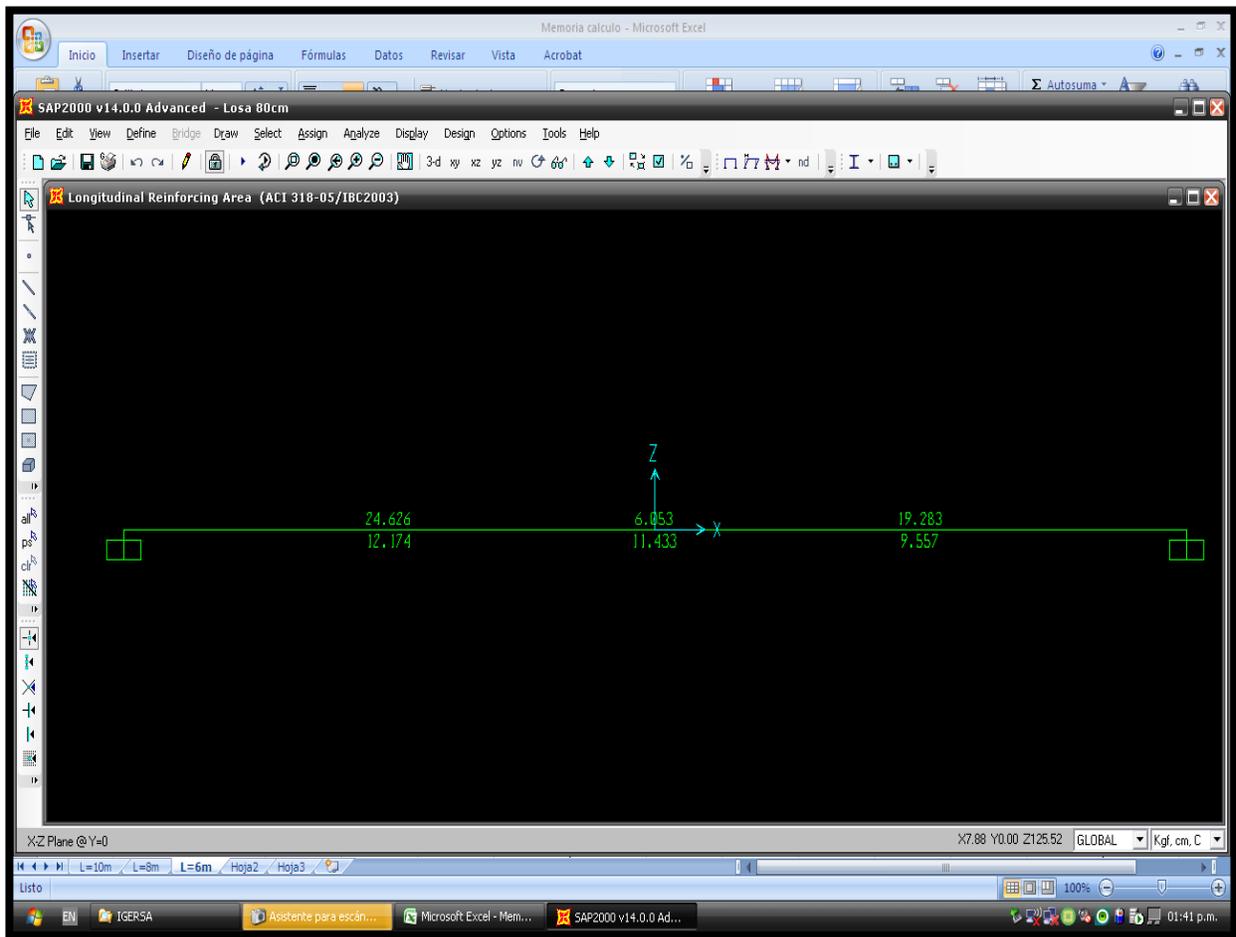
Por tanto:

$$A_s(+) = 12.2 \text{ cm}^2 (5 \phi 3/4")$$

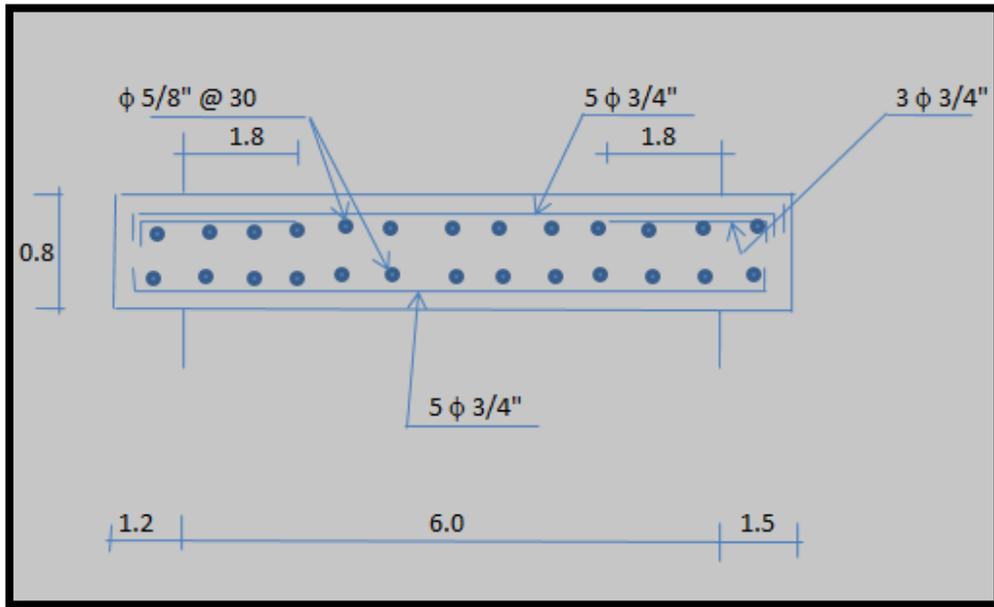
$A_s(-) = 21.6 \text{ cm}^2 (8 \phi 3/4")$

$A_s \text{ min} = 13.32 \text{ cm}^2 (5 \phi 3/4")$

$A_s \text{ trans.} = 6.30 \text{ cm}^2/\text{m} (\phi 5/8" @30)$



Fuente: CMH S.A.



Fuente: CMH S.A.

CONCLUSIONES

Luego de haber realizado la presente tesis podemos concluir lo siguiente:

- Los materiales ubicados en la cantera de Yuracyacu, son los adecuados, puesto que las resistencias del concreto utilizado en la construcción de las losas ha cumplido satisfactoriamente con los resultados de acuerdo a las resistencias de diseño requeridas.
- La cantidad de agregados existentes en la cantera de Yuracyacu, son suficientes para cubrir la demanda de agregado que se necesita para la construcción de losas por un periodo de cinco años.
- Las Losas de concreto Ciclópeo, trabajan bien para luces menores a tres metros.
- El desarrollo del proyecto de construcción de Losas de Concreto Armado, está garantizado, pues CMHSA. cuenta con cuatro plantas de concreto las cuales tienen una capacidad del 140% del volumen de concreto requerido.

- La metodología empleada para la construcción de las Losas, es la adecuada pues en los dos años de experiencia en la construcción de dichas Losas, no se ha tenido problemas estructurales en las mismas.
- Tomando en cuenta la Convergencia en determinadas zonas donde se coloca Losas de Concreto Armado, podemos reducir la cantidad de anclajes optimizando costos en la construcción de dichas Losas.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a la experiencia obtenida en la construcción de Losas de Concreto Armado en CMH S.A. podemos recomendar lo siguiente:

- Se debería acondicionar un área dentro de la mina para almacenar los agregados y no tener problemas de abastecimiento de los mismos en temporada de lluvias.
- Se debería implementar una Planta de Concreto Móvil más para la zona de Balcón, puesto que la planta de concreto más cercana es la Planta N°3 ubicada a una distancia de 1.5 kilómetros, lo cual hace que el traslado del concreto sea demasiado lento por lo que se tiene que utilizar aditivos para mantener las propiedades físicas del concreto lo cual eleva su costo.
- Se debería implementar el uso de aditivos para evitar la hidratación del concreto, pues el curado del concreto solamente se realiza durante 24 horas, hay que tener en cuenta que en la mayoría de las zonas donde se construye las losas de concreto la temperatura está por encima de los 27°.
- En las zonas donde la calidad de la roca es demasiado mala, se debería inyectar los anclajes con resina epóxica para asegurar la adherencia entre el anclaje y la roca, evitando así posibles fallas futuras del anclaje, así como accidentes y pérdidas en el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

Aisc.org. (2018). *AISC Home | American Institute of Steel Construction*. [online]
Recuperado de: <https://www.aisc.org/>

Beltrán, W., (1998). *Estudio Experimental de Relleno Hidráulico en la Mina Atacocha*. Perú.

Candelario, E., (2015). *Túnel de acceso a casa de máquinas del Proyecto Hydroeléctrico Minas – San Francisco* (Trabajo de Investigación), Universidad Técnica de Machala, Azuay, Ecuador.

Concrete.org. (2018). *American Concrete Institute*. [online] Recuperado de:
<https://www.concrete.org/>

Córdova, D. (2000). *Técnicas Geomecánicas Básicas para Evaluación de la Estabilidad de Excavaciones Rocosas Subterráneas*. Mina Chacua, Perú.

DS N° 011-2006 - VIVIENDA, Reglamento Nacional de Edificaciones (actualizado),
Lima, Perú, 05 de mayo del 2006.

pinzon, b., pinzon, b. and perfil, V. (2018). *QUE ES SOSTENIMIENTO*. [online] Granmineria.blogspot.pe. Recuperado de: <http://granmineria.blogspot.pe/2013/08/que-es-sostenimiento.html>

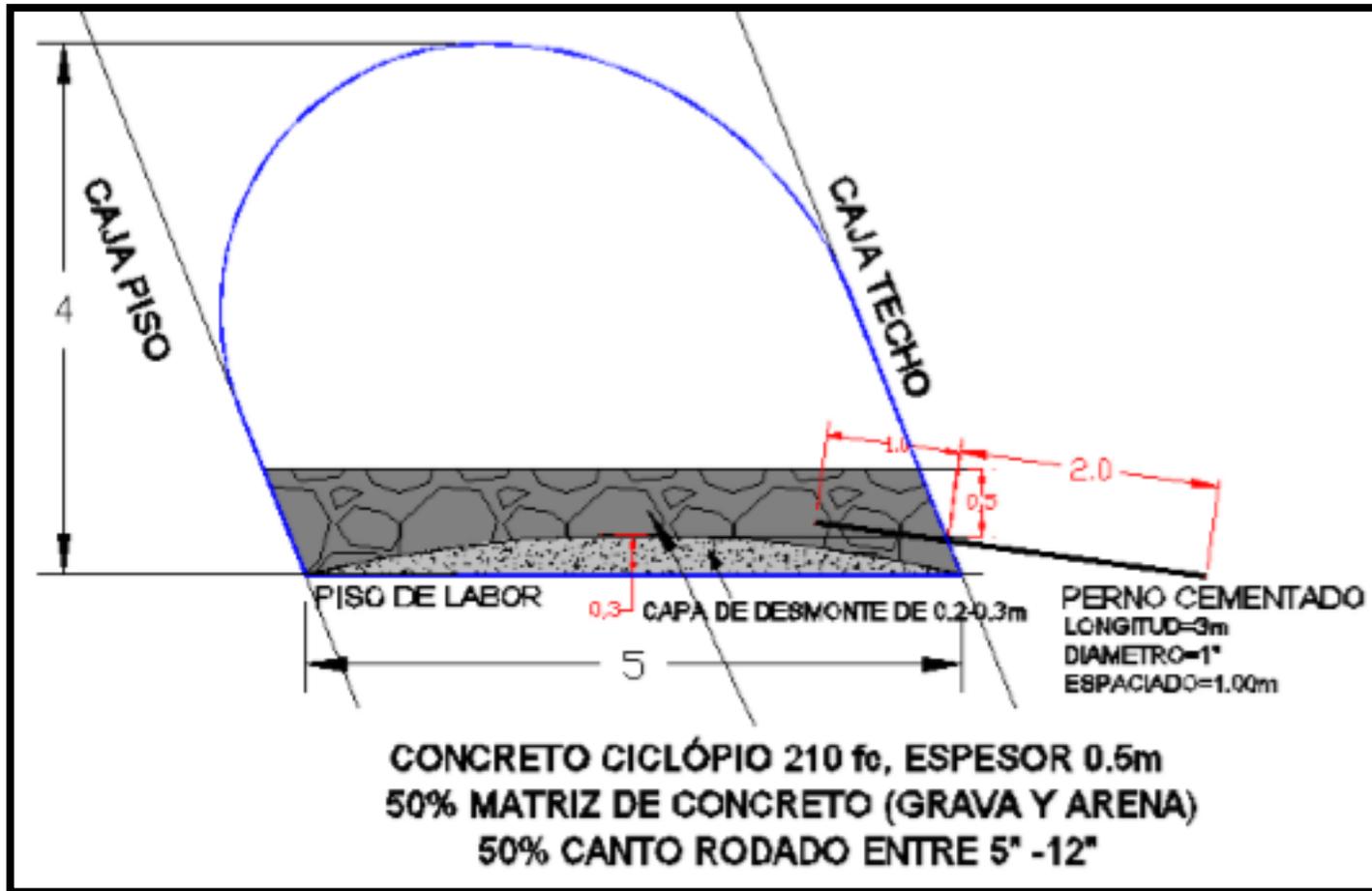
Quispe R., (2016). *Aplicación de Software AutoCad Civil 3D para el diseño geométrico Vía de Evitamiento de Huarmey* (Trabajo de Suficiencia Profesional), Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

Sifuentes, S. (1995). *“Agregados en Relleno Hidráulico para la Explotación por Cámaras y Pilares Temporales en Yacimientos Sub Horizontales”*. Compañía Minera Aurífera Retamas S.A., Perú.

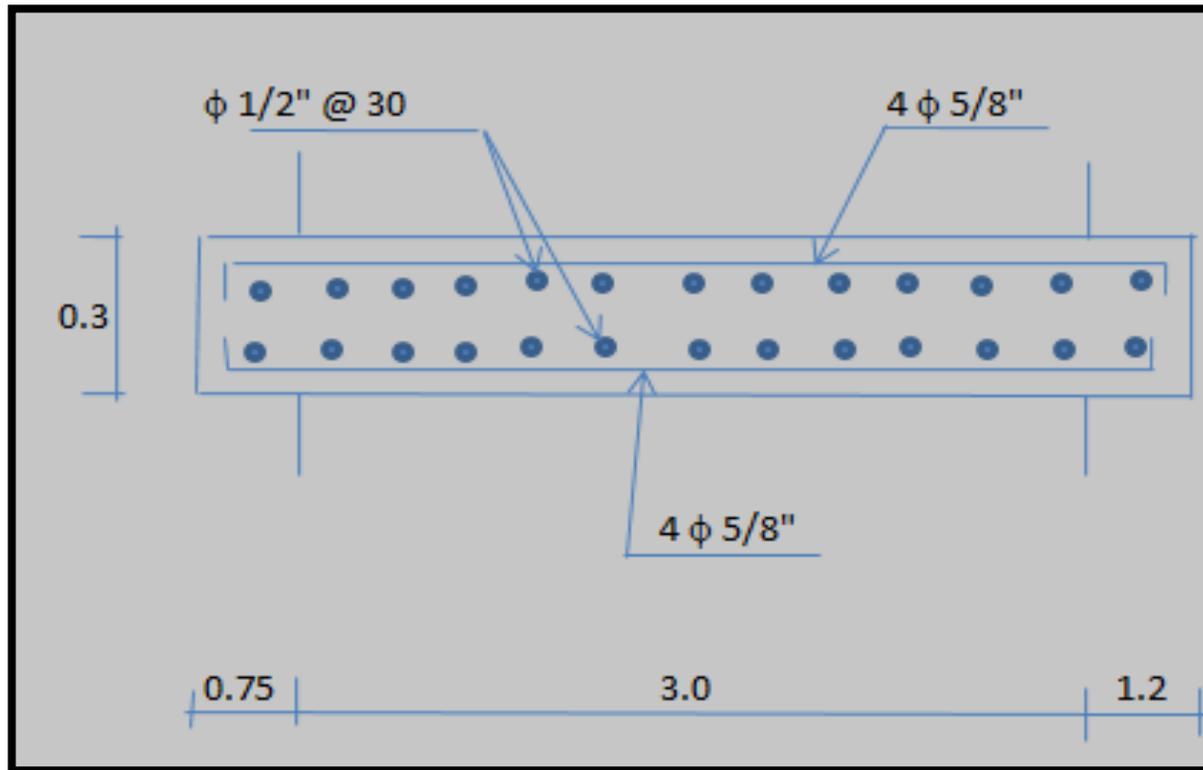
ANEXOS

ANEXO 01

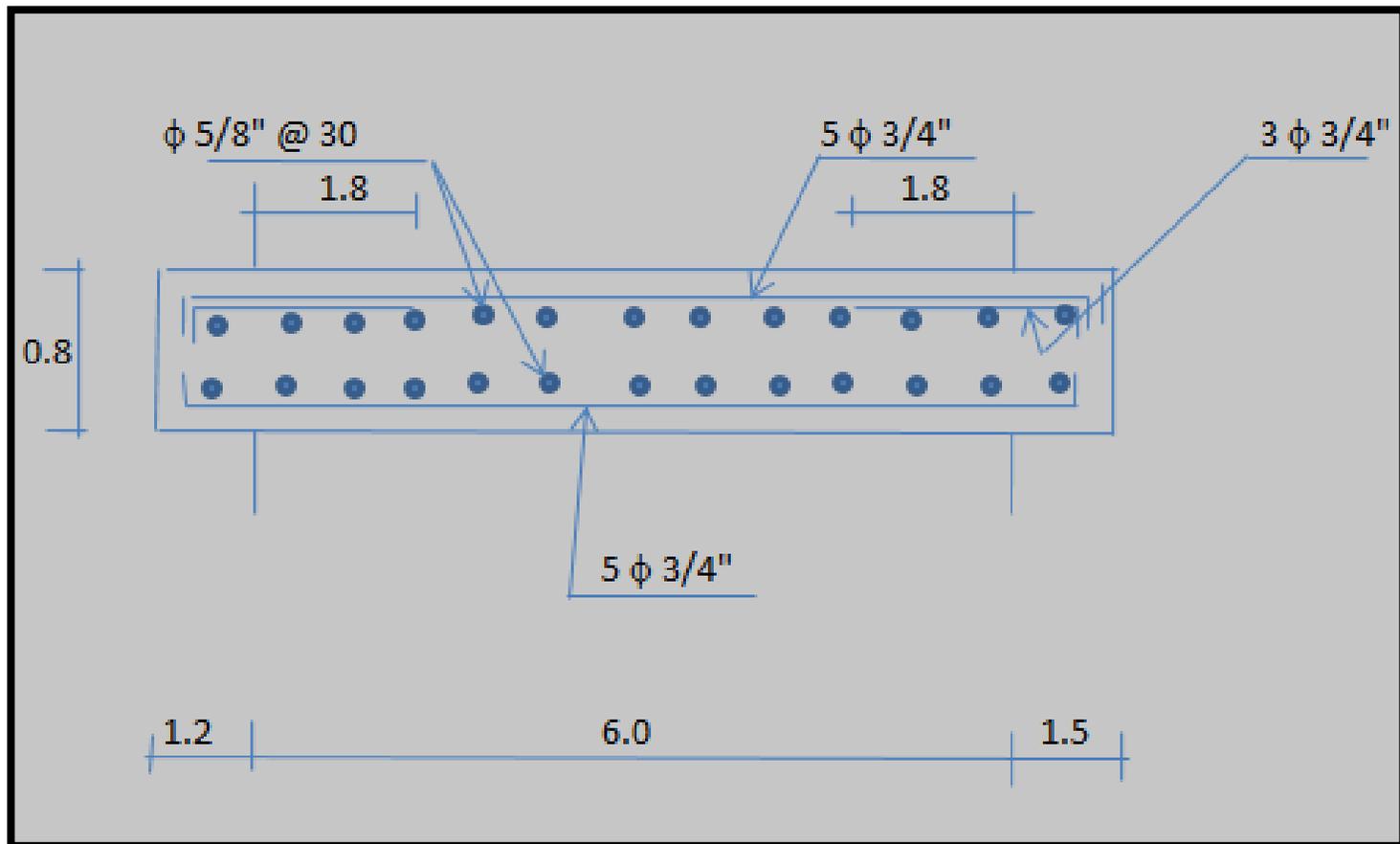
PLANOS



Plano de losa de Concreto Ciclópeo. Fuente: CMH S.A.



Plano de Detalles del refuerzo de la Losa de Concreto $h=0.30$ m. Fuente: CMH S.A.



Plano de Detalles del refuerzo de la Losa de Concreto h=0.80 m. Fuente: CMH S.A.

ANEXO 02

FORMATO DEL MAPEO GEOMECÁNICO USADO EN CMH S.A.



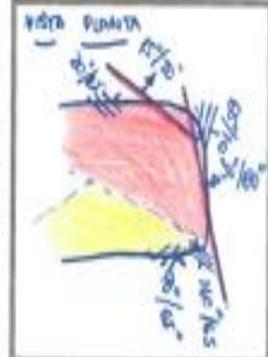
FORMATO MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

U. MINERA:	ACUMULACION PARCOY N° 1
CÓDIGO:	F-07-F001
VERSIÓN:	03
F. APROBACIÓN:	2016-Agosto-28
SECCIÓN:	GEOMECÁNICA

MINA: Losa LABOR: Rp 2734 EJECUTADO: P.A.C FECHA: 11-07-2017

ORIENTACIÓN DE LA CARA		TRAMO		VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKY RMR '80)																																																										
ADMUT		DESC (m)	HUELA (m)	PARAMETRO		RANGO DE VALORES					H. D.	H. L.	FRONTE																																																	
140°		43x4	150																																																											
TIPO DE ROCA (Litología): <u>Gnd</u>				R. COEF. UNAX (Mpa)		> 250	110-150	100-120	75-100	50-75	25-50	10-25	5-10	0-5	4	4	4																																													
				RQD (%)		80-100	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	10-20	5-10	8	8	8																																													
				ESPACIAMIENTO (m)		> 2	1.0-2	0.7-1	0.5-0.7	0.3-0.5	0.2-0.3	0.1-0.2	0.05-0.1	0.02-0.05	5	5	5																																													
TIPO DISC. (Orientación): <table border="1"> <tr> <th>TIPO DISC.</th> <th>ORIENTACIÓN (Azimut)</th> <th>ORIENTACIÓN (DIREC. BUZ)</th> <th>ESPAZ. (cm)</th> <th>RELLEVO (TIPO)</th> <th>ESPESOR</th> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> <tr> <td>R1</td> <td>80</td> <td>80</td> <td></td> <td>P2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>20</td> <td>15</td> <td></td> <td>P2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td>85</td> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td>85</td> <td>90</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td>65</td> <td>160</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td>85</td> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				TIPO DISC.	ORIENTACIÓN (Azimut)	ORIENTACIÓN (DIREC. BUZ)	ESPAZ. (cm)	RELLEVO (TIPO)	ESPESOR	OBSERVACIONES	R1	80	80		P2			R2	20	15		P2			S3	85	20					S3	85	90					S3	65	160					S3	85	20					CONDICIÓN DE JUNTAS									
				TIPO DISC.	ORIENTACIÓN (Azimut)	ORIENTACIÓN (DIREC. BUZ)	ESPAZ. (cm)	RELLEVO (TIPO)	ESPESOR	OBSERVACIONES																																																				
				R1	80	80		P2																																																						
				R2	20	15		P2																																																						
				S3	85	20																																																								
S3	85	90																																																												
S3	65	160																																																												
S3	85	20																																																												
PERSISTENCIA		< 1m long	30	1-2m long	35	2-3m	40	3-5m	45	5-10m	50	> 10m	55	4	2	4																																														
APERTURA		Cerrada	30	1-1.5mm	35	1.5-2mm	40	2-3mm	45	3-5mm	50	> 5mm	55	4	4	4																																														
RUGOSIDAD		Muy Regular	35	Regular	40	Lig. Regular	45	Lisa	50	Superficie de Falso	55		60	3	1	1																																														
RELLEVO		Limpio	35	Surco < 3mm	40	Surco < 5mm	45	Surco < 1cm	50	Surco < 3cm	55		60	2	1	1																																														
INTERPENETRACIÓN		Saca	35	Lig. Intercap.	40	Med. Intercap.	45	Muy Intercap.	50	Intercompensada	55		60	2	2	2																																														
AGUA SUBTERRANEA				Saca	110	Humeda	115	Mojada	120	Seaca	125	Pluv.	130	10	10	10																																														
VALORACIÓN TOTAL RMR BÁSICO (Suma de valoraciones 1 a 8)												100	100	100																																																
DIRECCIÓN Y BUDAJE				Muy favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy Desfavorable				48	37	39																																																
TUNEL				0	0	0	10	12																																																						
CLASE DE MACIZO ROCOSO												RMR AL	RMR AJ	RMR AJ																																																
RMR				100-81	80-61	60-41	40-21	21-0				38	27	29																																																
DESCRIPCIÓN				MEJ BUENA	B BUENA	B REGULAR	M MALA	P MUY MALA																																																						
INDICES DE RESISTENCIA												RMR PROM.																																																		
												36																																																		

GRADO	IDENTIFICACIÓN EN EL CAMPO	Rango de Resistencia Compres. Uniax. MPa
R1	Identificable con los golpes firmes con la punta del martillo de geólogo en bloques con una superficie	1.0 - 5.0
R2	Se identifica con el golpe con superficie, marcas poco profundas en la roca con golpe firme de martillo de geólogo (de punta)	5 - 25
R3	No se golpea ni bloques con el martillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo de geólogo.	25 - 50
R4	La muestra se rompe con más de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra.	100 - 250
R6	Sólo se rompe después de la muestra con el martillo	> 250



ABREVIACIONES DE TIPO DE ROCA	
Dnd	Diorita
And	Andesita
Gnd	Cuarzo Monzonita
Ca	Caliza
Gn	Granito
Tn	Tonalita
Ang	Andesita Porfírica

ABREVIACIONES DE TIPO DE ESTRUCTURAS	
SJ	Sistema de Juntas
JM	Juntas Mayores
F	Falla
Ch	Chuy
Et	Estribo

INDICES DE INTEMPERIZACIÓN	
GRADO	DESCRIPCIÓN
I SANA	Ningún signo de intemperización en el material rocoso. Igual tipo de discontinuidad sobre superficie de discontinuidad principal.
II USADO	La desolación indica intemperización del material rocoso y superficies de discontinuidad. El material rocoso muestra deterioro razonablemente de 0.5 a 1.0% con la condición sana.
III INTERMEDIO	Más de la mitad de material rocoso está desmenuzándose y desmenuzándose a su vez. La roca sana y discontinuidad se presenta como un marco discontinuo y como rocas sanas.
IV DEGRADADO	Más de la mitad de material rocoso está desmenuzándose y desmenuzándose a su vez. La roca sana y discontinuidad se presenta como un marco discontinuo y como rocas sanas.
V DEGRADADO	Toda el material rocoso está desmenuzándose y desmenuzándose a su vez. La estructura original de la masa rocosa con un sistema intacto.

ABREVIACIONES	Abrev. Tipos de Relleno		
1	> 2m	Pz	Panico
2	0.5 - 2.0m	Ca	Caliza
3	0.2 - 0.5m	Ba	Bricina
4	0.05 - 0.2m	Os	Oxidado
5	< 0.05m	Al	Arcillas
		Pz	Panico

Comentarios Adicionales	
RMR = 4.60	
RMR = 4.78	
RMR = 3.90	

Formato del Mapeo Geomecánico. Fuente: CMH S.A.

ANEXO 03

PANEL FOTOGRAFÍCO



Vista de la Planta de Concreto N°1. Fuente: Propia.



Vista de locomotora trasladando cemento. Fuente: Propia.



Vista de la Planta de Concreto N°2. Fuente: Propia.



Vista de la Planta de Concreto N°3. Fuente: Propia.



Vista de la Planta de Concreto N°4. Fuente: Propia.



Vista del acopio del agregado. Fuente: Propia.



Vista panoramica de la cantera Yuracyacu. Fuente: Propia.



Vista de volquete trasladando agregado. Fuente: Propia.



Vista de la zanja donde se colocara la viga de concreto. Fuente: Propia.



Vista del armado de acero en vigas. Fuente: Propia.



Vista del armado de acero en vigas. Fuente: Propia.