

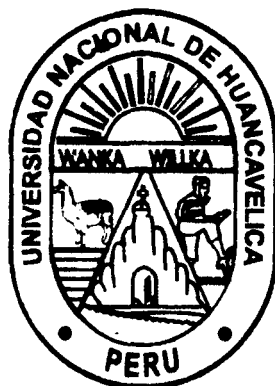
**"AÑO DE LA INVERSIÓN PARA EL DESARROLLO RURAL Y
LA SEGURIDAD ALIMENTARIA"**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS - CIVIL

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE MINAS



TESIS

**DISEÑO CON CIMBRAS PARA MEJORAR
EL SOSTENIMIENTO EN LA RAMPA (-) 759 CORPORACIÓN
MINERA CASTROVIRREYNA S.A.**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO DE MINAS

PRESENTADO POR:

Bach. CRISPÍN BREÑA, Orlando

Bach. ESPINOZA HUAMÁN, Felimón William

ASESOR:

Ing. CASTRO ILLESCA, Juan Pablo

HUANCAMELICA - PERÚ

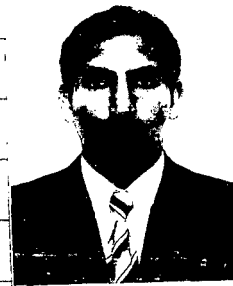
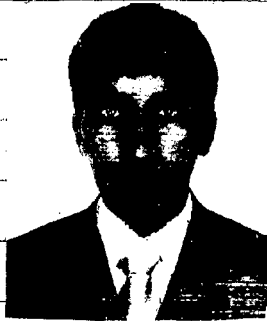
2013



Acta de Sustentación de Tesis de los Trabajadores:

Espinoza Hermano Filomeno Wilfredo

Cosquin Bruno Orlando



En la ciudad de Lircay, en el principio de la jornada de Ingeniería de Minas - Civil de la Universidad Nacional de Huancavelica del día Trece de Diciembre del Dos Mil Dos, siendo a horas 12:09 p.m. reunidos los Miembros del Jurado conformado por el Msc. De La Cruz Cordero Pedro Félix (Presidente), Msc. Cosquin Bruno Orlando (Secretario) y Msc. Gorman Ibarra Cesar Salvador (Vocal).

El presidente luego de la lectura de la resolución del Consejo de Facultad N° 029-2012 - FIMEC - UNH de fecha 03 de Diciembre del 2012 otorga a los sustentantes un tiempo de 25 minutos para la sustentación de la tesis titulada "DISEÑO CON CIMBRAS PARA MEJORAR EL SOSTENIMIENTO EN LA RAMPA (-) 759 CORPORACION MINERA "CASTROVIRREYNA S.A" presentada por los Trabajadores: Espinoza Hermano Filomeno Wilfredo y Cosquin Bruno Orlando, una vez concluida la sustentación el presidente dispone pasar a la ronda de preguntas por parte de los miembros del jurado, las cuales son atendidas por los sustentantes. Seguidamente el presidente dispone que tanto sustentantes como público en general abandonen el local para que el jurado deliberare el resultado. Luego de la deliberación de los Miembros del Jurado se invita a retornar a los sustentantes y público en general. Luego de la lectura del Acta de Sustentación se concluye APROBADO POR UNANIMIDAD, firmando los jurados en señal de conformidad siendo las 12:45 p.m.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
SEDE LIRICAY
CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL
DE LA ORIGINAL QUE TENGO A LA VISTA.

Ing. COSMINO RAMIRO GARCIA
(F) FEDATARIO

Msc. Pedro De La Cruz Cordero
PRESIDENTE

Msc. Cosquin Bruno Orlando
SECRETARIO

Msc. Gorman Ibarra Cesar Salvador
VOCAL

DEDICATORIA:

A nuestros padres y amigos, por su inspiración y apoyo incondicional, A Mis maestros de la UNH, alma mater de nuestra formación.

Les dedicamos el presente triunfo como tributo a su confianza y amistad.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo no hubiera sido posible sin: la guía de los catedráticos de la UNH, apoyo y constante motivación de ingenieros, funcionarios, técnicos y personal de línea de la unidad minera Caudalosa. Especialmente de:

Ing. Nizama Pedro

Superintendente General de Corporación Minera
Castrovirreyna S.A.

Ing. Torres Esteban, Aldo. Superintendente Técnico
Corporativo Minera Castrovirreyna S.A.

Lopez Pomareda, Ernesto. Jefe Corporativo de
Geomecánica - Corporación Minera Castrovirreyna
S.A. Maestro y guía en la mina.

A todos ellos mi reconocimiento y gratitud.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo ampliar el conocimiento del uso de las cimbras metálicas en el sostenimiento en minería subterránea, mediante el control y registro de las mediciones de convergencia, lo que nos permitirá mejorar nuestra metodología de diseño inicial y tomar medidas de control apropiadas en el tiempo oportuno a un costo óptimo cuando se tengan problemas de altos esfuerzos de la roca, deterioro de cimbras por influencia de factores hidrogeológicos adversos. Asimismo en el presente trabajo se indica las principales medidas de control tomados frente a los problemas agua subterránea y superficial.

La información recolectada (teórica - campo) y analizada permite conocer: diseños teóricos para sostenimiento con cimbras (arcos de acero) y elegir aquel que más se ajuste a nuestra realidad, el comportamiento de las cimbras frente a las presiones de la excavación (principalmente laterales), y determinar: el tiempo de vida según el tipo de cimbras y condición hidrogeológica presente (Varia de seco a flujo ligero, hasta goteo), la influencia del tiempo en la vida de las cimbras y el efecto de intermediar con cimbras adicionales para extender la vida de la excavación.

Para poder entender la interacción roca soporte, se ha adjuntado a la presente tesis la simulación en el programa Phases 2.5, del comportamiento de las cimbras más usadas en la mina Castrovirreyna (4H13, 6H20), en un tipo de roca de malo a muy malo. Lo que nos ayudó a lograr mayor efectividad en el uso de nuestras alternativas de control para las deformaciones aceleradas.

Considerando los análisis de campo y la simulación se pudo optimizar el sostenimiento con las cimbras en la mina Castrovirreyna. Para poder ilustrar esta optimización se presenta al final del presente trabajo una simulación de optimización de costos en el sostenimiento de la Rampa negativa 759 – Zona Pasteur

ABSTRAC

This paper aims to expand the knowledge of the use of metal formwork in sustaining underground mining, through the monitoring and recording of measurements of convergence, allowing us to improve our initial design methodology and take appropriate control measures the right time at an optimum cost when problems have high stress of the rock, formwork deterioration by adverse hydrogeological factors influence. Also in this paper shows the main control measures taken against the ground and surface water problems.

The information collected (theoretical - field) and analyzed allows Discovered theoretical designs with centering support (steel arches) and choose the one that best suits our reality, the behavior of the forms from the pressures of the excavation (mainly lateral), and determine: life time according to the type of formwork and hydrogeological conditions present (varies from light flow dry up runny), the influence of time in the life of the formwork and falsework effect with additional intermediate to extend the life of the excavation. To understand the rock support interaction has been attached to this thesis in the program simulation Phases 2.5, the behavior of the forms used in the mine more Castrovirreyna (4H13, 6H20), a type of rock from bad to very bad . What helped us to achieve greater effectiveness in the use of our control alternatives for accelerated deformation.

Considering the field analysis and simulation could optimize the formwork support in Castrovirreyna mine. To illustrate this optimization is presented at the end of this paper a simulation optimization of costs in sustaining negative Ramp 759 - Zone Pasteur.

INTRODUCCION

Corporación Minera Castrovirreyna S.A. trabaja en Zona de Reliquias y Zona de Caudalosa Grande. En etapas de exploración, explotación, desarrollo, extracción y concentrado. Tomando énfasis en una de estas etapas, que es de desarrollo, optamos que si una labor principal, está en condiciones desfavorables, completamente no hay ninguna de las otras etapas.

Conociendo estos aspectos se ha evaluado el Diseño con cimbras para mejorar el sostenimiento en la Rampa (-) 759 Zona Pasteur, que es principal labor de extracción de minerales, como se menciona en el Capítulo I que es planteamiento problema, actualmente con problemas de inestabilidad de la masa rocosa, también área de subsidencia en superficie. Estos efectos se deben por un lado, a la calidad muy Mala de la estructura veta – falla, a las características “expansivas” y de “alta deformabilidad” de la roca, y a la presencia del agua y los esfuerzos inducidos por el proceso del minado y su justificación

El capítulo II comienza con marco teórico de antecedentes internacionales, nacionales y locales, bases teóricas del acero, hipótesis y variables.

H₁: la evaluación del diseño con cimbras mejorara significativamente el sostenimiento en la rampa 759 - corporación minera Castrovirreyna S.A.

H₀: la evaluación del diseño con cimbras no mejorara significativamente el sostenimiento en la rampa 759 - corporación minera Castrovirreyna S.A.

X: Aplicando la evaluación del diseño con cimbras.

Y: Para su mejoramiento en el sostenimiento de la rampa 759 (-) Zona Pasteur.

La metodología de investigación es el capítulo III consta del tipos, niveles y métodos de investigación en Corporación Minera Castrovirreyna S.A. para dar respuesta a las hipótesis

del problema general y específicos, tomando en consideración las técnicas de procedimiento y análisis de datos.

Los resultados son importantes y eso se menciona en el Capítulo IV presentado los resultados de la metodología de investigación, como son los cuadros que muestra los datos las medidas de convergencia, los resultados a mediano plazo y los de corto plazo son importantes para dar con el estudio del grafico Gauss que es distribución normal que puede tener dos colas, a la derecha o izquierda, también tenemos el nivel de aceptación y rechazo de los datos tomados. La conclusión y recomendación son respuestas al problema que nos hemos propuesto.

INDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRAC.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	v
ÍNDICE	
ÍNDICE DE FIGURAS CUADROS Y TABLAS	

CAPITULO I

PROBLEMA:	Pág.
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2. PROBLEMA:.....	3
1.2.1 Problema General.....	3
1.3. OBJETIVO: GENERAL Y ESPECÍFICOS	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES	5
2.2. BASES TEÓRICAS	6
2.2.1. Estructura Química.....	7
2.2.2. Características Mecánicas.....	8
2.2.3. Características de los Elementos Estructurales del Sostenimiento	11
2.2.4. Generalidades	17
2.2.5. Cimbras Rígidas	18
a) Descripción de las cimbras	18
b) Diseño de arcos rígidos	20
2.2.6. DEFINICIÓN OPERACIONELDE TÉRMINOS.....	35
2.3. HIPÓTESIS	36
2.3.1. Hipótesis General	36

2.4. VARIABLES	36
2.4.1. Variables Independiente.....	36
2.4.2. Variables Dependiente.....	36

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. AMBITO DE ESTUDIO	37
3.1.1. Localización.....	37
3.1.2. Historia del yacimiento.....	38
3.1.3. Ámbito de Estudio.....	39
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	35
3.4. METODO DE INVESTIGACION	40
3.4.1. Método General.....	40
3.4.2. Método Especifico.....	40
3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	4
3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA Y MUESTREO	50
3.6.1. Población.....	50
3.6.2. Muestra.....	52
3.3.3. Muestreo.....	57
3.7. INSTRUMENTOSDERECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	58
3.7.1. Técnicas.....	61
3.7.2. Los Instrumentos.....	63
3.8. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	63
3.8.1. Revisión de datos.....	64
3.8.2. Codificación de datos.....	72
3.8.3. Clasificación de datos.....	74
3.8.4. Presentación de datos.....	74
3.8.5. Análisis de datos.....	81
3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	81

CAPITULO IV

ASPECTOS DE SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	81
4.1.1. Efecto de los factores influyentes en la duración de cimbras.....	64
A. Comparación Entre Cimbras: 6H20 y 4H13	
B. Comportamiento Típico De Las Cimbras 6H20 Y 4H13	

C. Inestabilidad de la masa rocosa	
D. Método de minado	
4.2 SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS	72
4.2.1. Simulación con los datos de campo	74
4.2.2. Análisis de Costos	74
4.3. PRUEBA DE HIPOTESIS	81
4.3.1. Calculo del estadístico de prueba	59
4.3.2. Decisión Estadística	61
4.3.3. Conclusión Estadística	61
4.4. DISCUSION	61

ÍNDICE DE FIGURAS CUADROS Y TABLAS

CAPITULO II

Figura 2.1 Curva Esfuerzo vs. Deformación	8
Figura 2.2 Efectos del carbono en las propiedades mecánicas del acero	10
Figura 2.3 Radio mínimo de rolado	13
Figura.2.4 Perfil de viga" Wide Flange" y HEB.....	15
Figura.2.5 Perfil de la viga T-H.....	15
Figura.2.6 Esquema ilustrativo de la metodología de terzaghi.....	21
Figura.2.7 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero.....	27
Figura.2.8 (a): Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de Momentos.....	31
Figura 2.8 (b): Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de carga normal.	31
Figura 2.9 Esquema del sostenimiento con cimbras rígidas.	33
Figura 3.0 labor con sostenimiento con cimbras rígidas.....	33
Tabla 2.1: Propiedades químicas según las normas del acero.....	12
Tabla 2.2: Propiedades mecánicas según las normas del acero.....	12
Tabla 2.3: Capacidad de curvado en frío de perfiles Estructurales	13
Tabla 2.4: Propiedades mecánicas según las normas del acero.....	13
Tabla 2.5: Propiedades mecánicas de las vigas T-H.....	15
Tabla 2.6: Propiedades geométricas de los perfiles T-H.....	16
Tabla 2.7 Según la clasificación de Terzaghi	22
Tabla 2.8: Tabla del coeficiente resistencia de Protodyakonov	24
Tabla 2.9. Tabla de Momentos y carga normal. Cimbra rígida, Zona A.	30
 Cuadro 2.1: Fórmula de resistencia a la ruptura por tensión.	14
Cuadro 2.2: Cálculo de resistencia a la ruptura por tensión	14
Cuadro 2.3. Tipos de cimbra usados	17
Cuadro 2.4. Resultado de cuadros rígidos metálicos.	32

CAPITULO III

Figura 3.1: Plano de Ubicación mina Castrovirreyna.....	37
Figura 3.2 Dimensiones AB, CA y BC.....	42
Figura 3.3 Esquema ilustrativo de la medición de convergencias.....	42
Figura 3.4 Gráfico nº vs ancho de cimbra. Para el control de la convergencia	45
Figura 3.5 Equipos usado para el control de la convergencia.....	46

Diagrama 3.1 Flujo de metodología de investigación diseño con cimbra.....	40
---	----

Tabla. 3.1: Formato para registro de mediciones (Hoja En Microsoft Excel)	43
--	----

Tabla. 3.2: Leyenda del formato para registro de mediciones.....	44
--	----

Cuadro 3.1: Equipos usado para el control de la convergencia.	48
--	----

Cuadro 3.2: Equipos usado para el control de la convergencia.	49
--	----

CAPITULO IV

Figura 4.1(a, b) muestra el modelo de elementos finitos.....	55
--	----

Figura 4.2: Detalle de los costos de mina año 2011 (para un mes)	58
--	----

Figura 4.3 Contraste unilateral	59
---------------------------------------	----

Cuadro 4.1: Resumen del alcance de la convergencia rápida en función de la VDL inicial.....	51
---	----

Cuadro 4.2: Duración de la convergencia rápida en función de la VDL inicial	52
---	----

Cuadro4.3 Características mecánicas de las cimbras.....	57
---	----

Cuadro 4.4 Precio de los insumos al 2011 en el PU de M. Reliquias.	58
---	----

Tabla 4.1: Influencia del agua subterránea en el Tiempo de vida de las cimbras. Obtenido a partir de las mediciones.	53
---	----

Tabla 4.2 Las propiedades de la Andesita.....	56
---	----

Tabla 4.3 Propiedades Mecánicas de la masa rocosa en las diferentes zonas	57
---	----

Tabla 4.4 Muestreo para la T studem	60
---	----

Tabla 4.5 Comparación de datos (Desviación Típica)	60
--	----

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONE

BIBLIOGRAFÍA

ANEXÓ



CAPITULO I

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Corporación Minera Castrovirreyna S.A. explota la Mina Caudalosa utilizando el método de minado Sub Level Stoping en relleno. Actualmente se tienen problemas de inestabilidad de la masa rocosa en las labores subterráneas y también en el área de subsidencia en superficie. Estos efectos se deben por un lado, a la calidad muy Mala de la estructura veta – falla, a las características “expansivas” y de “alta deformabilidad” de la roca, y a la presencia del agua. Por otro lado, a los esfuerzos inducidos por el proceso del minado, que no obstante ser de magnitudes relativamente bajas, sin embargo vencen a las muy bajas resistencias de la masa rocosa.

Actualmente la mina Caudalosa, ha encontrado en las cimbras la única alternativa de sostenimiento que garantiza la relativa estabilidad de las labores; mantener la labor lo mejor posible durante el tiempo de vida.

Las cimbras se encuentran extendidas en poco más del 60% de las labores, sin embargo el tiempo de vida de las labores muchas veces es muy inferior al tiempo requerido, lo que nos obliga a realizar monitoreo de convergencia de las cimbras. Estas mediciones son tomadas y registradas de tal manera nos permite tomar decisiones inmediatas y a predecir el tiempo de vida de la cimbra con cierto margen de



error ya que el ritmo de deformación puede variar.

Lo que se plantea como objetivo el presente trabajo es ampliar la utilidad del método de convergencia, convirtiéndola de una herramienta informativa de las ocurrencias momentáneas, es un método de análisis que nos permite correlacionar el registro cronológico de las velocidades de deformación de la cimbra con los factores influyentes tales como: calidad de roca, condición de las aguas subterránea y superficial y la secuencia de minado. Eso nos permitirá conocer: el comportamiento típico, tiempo de vida, máxima convergencia esperada y el tiempo en el cual ocurrirá esto, para cada cimbra en la ubicación que se encuentre.

1.2. PROBLEMA: GENERAL Y ESPECÍFICOS.

1.2.1 Problema General

¿Cómo influye la evaluación del diseño con cimbras para mejorar el sostenimiento en la rampa 759 (-) Corporación Minera Castrovirreyna S.A.?

1.3. OBJETIVO: GENERAL Y ESPECÍFICOS.

1.3.1. Objetivo General:

Determinar la evaluación del diseño con cimbras para mejorar el sostenimiento en la rampa 759 (-) Corporación Minera Castrovirreyna S.A.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Aplicar la metodología del diseño de sostenimiento con cimbras que más se ajuste a la realidad de la Minera Castrovirreyna S.A.
- Estandarizar las labores con cimbras metálicas y tener como ciclo operativo de trabajo.
- Establecer la medición de convergencias como método de evaluación y análisis del comportamiento de las cimbras, que nos permita predecir el



tiempo de vida de las cimbras y la efectividad de las medidas de control tomadas, frente a las deformaciones aceleradas de las cimbras.

- Las condiciones geomecánica del terreno, hidrológica y factores influyentes.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

En la Minera Castrovirreyna S.A. la complejidad del yacimiento y las condiciones Geomecánicas, la calidad de roca de mala a muy mala, presencia de aguas subterránea, uso del SCL (Sub Level Stoping) como método de explotación, presencia de la cimbras en más de un 60% de las labores, nos permite evaluar el comportamiento de las cimbras mediante la medición de convergencias bajo distintos escenarios y con mucha facilidad ya que las deformaciones son evidentes y perceptibles a simple vista que solo se requieren el uso de equipos simples de mediana precisión tales como: el Distanciometer y el Tape Extensometer (para casos de mayor precisión). Además nos permite probar diferentes tipos de cimbras y accesorios que buscan extender el tiempo de vida de las cimbras.



77

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES.

✓ **A Nivel Internacional:**

Empresa Minera del Cobre en Santiago de Cuba está constituida por tres sectores diferentes: Mina Grande, Gitanilla y Mina Blanca.

Las litologías más comunes en las excavaciones estudiadas son las tobas descomposición andesíticas y andesita - dacíticas, tobas brechosas y diques de porfiriticas. Estos estudios realizados fueron clasificados de acuerdo a la clasificación geomecánica según Terzaghi presentados en un estudio de "CARACTERIZACIÓN GEOMECAÁNICA DE MACIZOS ROCOSOS" DE TESIS DOCTORAL / 2001) septiembre, 2006 presentado por 'Dr. Antonio Núñez Jiménez' Holguín, Cuba.

✓ **A Nivel Nacional:**

MINA ORCOPAMPA – CMBSAA.

En su trabajo técnico presentado en el 6to Congreso nacional de Minería - 2008 menciona:



"Todo el trabajo de mejoramiento en el rendimiento de los sistemas de sostenimiento de Mina Chipmo, particularmente el referido al sostenimiento con cimbras, ha tenido un diseño inicial y luego una base experimental de prueba y error, no disponiéndose al momento de una base teórica que sustente los resultados obtenidos."

Mina Yauricocha – SOCIEDAD MINERACORONA S.A.

En su trabajo técnico presentado en la XXVII Convención Minera- 2006 recomienda.

"Se requieren estudios Geomecánicos más intensos para mejorar el uso de cimbras en el sostenimiento."

✓ **A Nivel Local:**

La mina san Genaro utiliza, aplica el método de sub Level Stopping (Relleno) de acuerdo al estudio geomecánico realizado por la Empresa Fiscalizadora SVS SAC en las vetas poder y trabajo, considerando el uso de cimbras como sostenimiento permanente de acuerdo a la profundización y recuperación de rellenos.

2.2 BASES TEÓRICAS.

✓ **Importancia del Acero:**

Las cualidades del acero como material de sostenimiento lo han llevado a desplazar a la madera en muchas minas, especialmente en las de carbón en donde las galerías se mantienen abiertas hasta 10 años como galerías de arrastre y retorno para el aire de ventilación. Las características básicas del acero se pueden resumir como sigue:

1. Es un material muy homogéneo, manufacturado metalúrgicamente, libre de defectos naturales, por lo que se pueden usar en el diseño de seguridad más bajos.



2. El acero tiene módulo de Young ($E=210000\text{MPa}$) mucho más elevado que otros materiales estructurales, lo que le da una ventaja contra las deformaciones, flambeo, etc.
3. El acero se puede manufacturar en forma de aleaciones que tienen un conjunto de los altos requerimientos para el diseño.
4. El acero es el material que resulta menos afectado por las condiciones atmosféricas como la temperatura y la humedad.
5. Como material, se puede volver a usar al enderezarse. Los ademes o fortificaciones completamente deformadas, pueden aprovecharse como chatarra.
6. Por otra parte, es un material muy costoso. Los túneles o socavones que están apoyados en arcos de acero, representan un costo importante de capital que las minas más pequeñas no se pueden permitir. (Cemal Biron & Ergin Arioglu).

✓ **Características Ingenieriles del Acero.**

2.2.1. Estructura Química:

Químicamente, el acero es una aleación de hierro y carbono. Existen algunos materiales como el fósforo (0.01 - 0.04%) y el azufre (0.01 - 0.04%), que se presentan como impurezas y otros materiales, los más comunes son:

- **Manganeso:** Neutraliza la pernicioso influencia del azufre y del oxígeno, desoxidante, permite laminar y forjar aceros, (0.3 - 0.8%).
- **Silicio:** Aumenta moderadamente la templabilidad. Se usa como elemento desoxidante, aumenta la resistencia de los aceros bajos en carbono.
- **Níquel:** Produce gran tenacidad, permite descender los puntos críticos, incrementa el límite de elasticidad, destaca en los aceros Cr- Ni, Cr-Ni-Mo, utilizado en la fabricación de aceros inoxidables, se encuentra en un 8 - 20% en los aceros.
- **Cromo:** Elemento especial más utilizado en la aleación de aceros, varía de 0.3 - 0%, incrementa la dureza y la resistencia a la tracción, mejora la



templabilidad, aumenta la resistencia al desgaste, forma carburos muy duros, proporciona características inoxidable y refractarias.

- Molibdeno: Aumenta la profundidad de endurecimiento, aumenta la tenacidad, aumenta la resistencia a la corrosión.

Para los ademes de acero en las minas, se usa un acero común de resistencia 37- 52 ksi y que satisface la mayoría de las especificaciones estructurales. Las aleaciones se utilizan para satisfacer condiciones especiales.

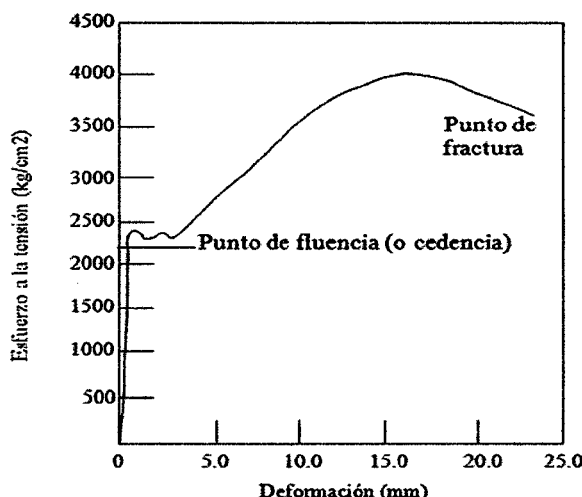
2.2.2. Características Mecánicas:

En el estudio sobre las características mecánicas del acero se tienen que considerar la relación esfuerzo - deformación, la resistencia, los tipos de ruptura, la dureza y el diseño.

Relación esfuerzo – deformación:

La figura 2.1 muestra una curva típica de esfuerzo-deformación. Esta es la curva común en donde el módulo de elasticidad de Young se toma como $E = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$. La proporción lineal continúa hasta el punto 0.2% de deformación. Después de este punto, tiene lugar un espacio de "fluencia" con deformaciones constantes, y la falla sucede después que se ha alcanzado estos límites. (Cemal Biron & Ergin Arioglu).

Figura 2.1 Curva Esfuerzo vs. Deformación





La resistencia a la ruptura por tensión del acero se proporciona en la fórmula empírica siguiente:

$$\sigma = 0.00077 (38000 + C [700 + 2.94Mn] + 30Mn + Mn/200(48 + 2.35C) + 1000P + 340Si]$$

Dónde:

- σ = Esfuerzo a la ruptura por tensión, KSI C = Carbono, .01%
- Mn = Manganese, 0.01%
- P = Fosforo, 0.01%
- Si = Silicio, 0.01%

El carbono es el factor más importante en la resistencia a la tensión dentro de los límites elásticos del acero y la elongación en el punto de ruptura. Estas propiedades se muestran en la **figura 2.2**.

Las propiedades físicas del acero y sus usos, se presenta en la tabla 2.4, el uso de la fórmula empírica de cálculo de resistencia a la tensión para la mina Corporación Castrovirreyna se muestra en la **Cuadro 2.1**.

✓ **Tipo de Falla.** El acero se fractura tanto por la tendencia a la ductilidad como a la fragilidad. En el caso de la ductilidad, la deformación de ruptura es de 100 a 200 veces la deformación de flujo (punto de fluencia). El material alcanza la deformación plástica. Por lo general, esto sucede en aceros con bajo contenido de carbono y es una característica conveniente para el diseño.

La falla por fragilidad se presenta en aceros con alto contenido de carbono en donde la deformación es bastante pequeña y las superficies de ruptura son rugosas. No existe punto definido de cadencia (fluencia).

✓ **La Resiliencia**, en ingeniería es una magnitud que cuantifica la cantidad de energía, que absorbe un material al romperse bajo la acción de un impacto, por unidad de superficie de rotura.

La cuantificación de la resiliencia de un material se determina mediante ensayo por el método Izod o el péndulo de Charpy, resultando un valor indicativo de la fragilidad o la resistencia a los choques del material ensayado.



Un elevado grado de resiliencia es característico de los aceros austeníticos, aceros con alto contenido de austenita. En aceros al carbono, los aceros suaves (con menor contenido porcentual de carbono), tienen una mayor resiliencia que los aceros duros.

En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en julios por metro cuadrado (J/m^2). Otra unidad muy empleada en ingeniería para la resiliencia es el kilogramo - fuerza metro por centímetro cuadrado (kgf-m/cm^2), o kilopondio metro por centímetro cuadrado (kp-m/cm^2).

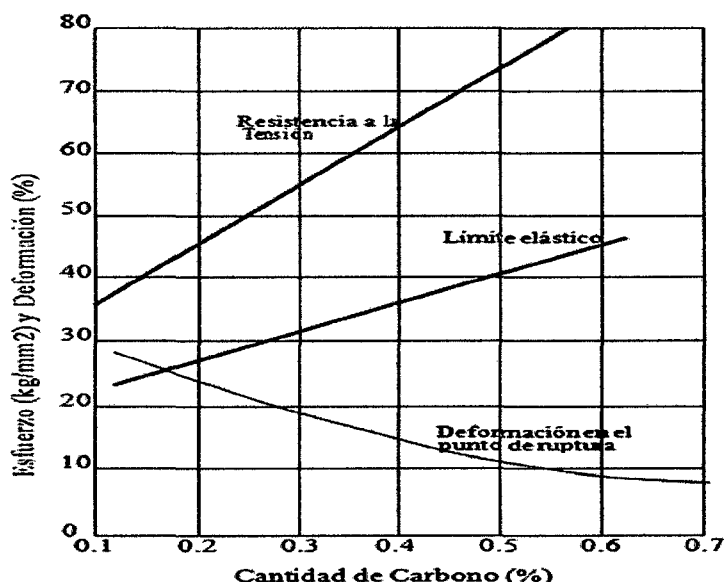
- ✓ **Dureza.** La dureza es una propiedad relativa, se mide según la resistencia a la penetración. De acuerdo con la ciencia de los materiales, la dureza "Brinell" se define como el área de penetración (milímetros cuadrados) de una bola esférica sometida a una fuerza o presión conocida. Según la fórmula empírica:

$$\sigma_k = 0.34HB$$

Dónde:

- **HB** = Numero de Brinell
- **σ_k** = **Resistencia** a la ruptura por tensión, en kilogramos por milímetro cuadrado. (Cemal Biron & Ergin Arioglu).

Figura 2.2 Efectos del carbono en las propiedades mecánicas del acero.





71

Las características mecánicas según la norma de acero se muestran en la tabla 2.2 y 2.5.

2.2.3. Características de los Elementos Estructurales del Sostenimiento.

Las características que se deben considerar en los elementos estructurales de un sostenimiento o una fortificación son: el perfil del material (Área de su sección transversal), los momentos de las fuerzas, la relación de Rankin y los esfuerzos permisibles.

- ✓ **Perfil del Material.** La resistencia en una viga es proporcional a su perfil (área de sección transversal). El peso y el valor (Costo) de la viga son también proporcionales al área de la sección. El uso de perfiles pesados tiene ciertas limitaciones en las minas que necesitan de materiales ligeros a medianamente pesados. Las secciones transversales Toussaint -Heinzmann (T- H) se tabulan en la tabla 2.6 y se observa en la figura 2.4.
- ✓ **Momentos de Inercia y Módulos de Sección.** Las tabla 2.6 también dan valores para el momento de inercia I (en centímetros elevados a la cuarta potencia) y para módulos de sección (en centímetros cúbicos). Estos valores varían según los ejes $x - x$, $y - y$, como se muestra en la figura 2.4, y se usa en el diseño.
- ✓ **Relación Rankin.** Esta es la relación entre el esfuerzo de compresión y el esfuerzo de flambéo (pandeo) en una viga de 2m de longitud. La relación es siempre mayor que 1, pero es ventajoso para el diseño que se aproxime a 1.
Esfuerzo permisible. El acero normal (Resistencia 37) tiene un esfuerzo permisible de 1400 kg/cm^2 y un esfuerzo que origina de formación plástica de 2400 kg/cm^2 . El factor de seguridad es $2400 / 1400 = 1.71$.



Para un acero de calidad superior (resistencia 52) el límite de fluencia es de 3600, 1.5 veces mayor que el acero de resistencia 37. Si tal acero se utiliza en los problemas de diseño el esfuerzo permisible es:

$$\sigma_{sf} = 1.5 \times 1400 = 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

El cual puede resultar económico para muchos ademes.

Tabla 2.1: Propiedades químicas según las normas del acero

Normas/Standars	Calidades	Análisis de Colada									
		C	Mn	S	P	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb
		Max %	%	Max %	Max %	%	%	%	%	Max %	Max %
A36-05	Grado36*	0,26	3)	0,05	0,04	<=0,4	-	-	-	-	-
A572-07	Grado42*	0,21	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	-	-	-	-	-
	Gado50	0,23	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	-	-	-	-	-
	Grado55*	0,25	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	-	-	-	-	-
	Grado60*	0,26	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	-	-	-	-	-
	Grado65*	0,23	<=1,65	0,05	0,04	<=0,4	-	-	-	-	-
A588-05	GradoB*	0,2	0,75-1,35	0,05	0,04	0,15-0,5	0,2-0,4	<=0,5	0,4-0,7	-	0,01-0,1
	GradoC*	0,15	0,8-1,35	0,05	0,04	0,15-0,4	0,2-0,5	0,25-0,5	0,3-0,5	-	0,01-0,1
A709-7	Grado36*	0,26	3)	0,05	0,04	<=0,4	-	-	-	-	-
	Grado50	0,23	<=1,35	0,05	0,04	<=0,4	-	-	-	-	-
	Grado50S	0,23	0,5-1,6	0,045	0,03	<=0,4	<=0,6	<=0,45	<=0,3	0,15	0,05
A913-4	Grado50	0,12	<=1,60	0,03	0,04	<=0,4	<=0,4	<=0,25	<=0,2	0,07	0,05
	Grado65	0,16	<=1,60	0,03	0,03	<=0,4	<=0,3	<=0,25	<=0,2	0,07	0,05
A992-06	Grado50	0,23	0,5-1,60	0,045	0,03	<=0,4	<=0,6	<=0,45	<=0,3	0,15	0,05

3) Para perfiles con espesor de a la > 75mm (3pulg.): Simin.0.15%a0,4%,(Mn0.85-1.35%paraA709yA36).

Tabla 2.2: Propiedades mecánicas según las normas del acero

Normas/Standars	Calidades	Limite elástico	Resistencia a la Tracción	Alargamiento mínimo		RESILENCIA (Ensayo de flexión por choque)	
				min.200mm	min.50mm	Temperatura	Media de energia
				[8in]	[12in]		
		Mpa[ksi]	Mpa[ksi]	%	%	°C[°F]	J[R-Lbf]
A36-05	Grado36*	>=250[36]	400-550 [58-80]	20	21	-	-
A572-07	Grado42*	>=290[42]	>=415[60]	20	24	-	-
	Gado50	>=345[50]	>=450[65]	18	21	-	-
	Grado65*	>=380[55]	>=485[70]	17	20	-	-



	Grado60*	>=415[60]	>=520[75]	16	18	-	-
	Grado65*	>=450[65]	>=550[80]	15	17	-	-
A588-05	GradoB*	>=345[50]	>=485[70]	18	21	-	-
	GradoC*	>=345[50]	>=485[70]	18	21	-	-
A709-7	Grado36*	>=250[36]	400-550 [58-80]	20	21	-	-
	Grado50	>=345[50]	>=450[65]	18	21	-	-
	Grado50S	>=345-350[50-65]	>=450[65]	18	21	-	-
A913-4	Grado50	>=345[50]	>=450[65]	18	21	21[70]	>=54[40]
	Grado65	>=450[65]	>=550[80]	15	17	21[70]	>=54[40]
A992-06	Grado50	>=345-450[50-65]	>=450[65]	18	21		

Tabla 2.3: Capacidad de curvado en frío de perfiles Estructurales

IPE		IPEB		IPN	
120	1	120	1.2	140	1.8
140	1.2	140	1.4	160	2.15
160	1.3	160	1.75	180	2.5
180	1.3	180	2	200	2.8
220	2	220	3	240	3.5
240	2.5	240	4		
270	3.5				
300	5				

Figura.2.3: Radio mínimo de rolado

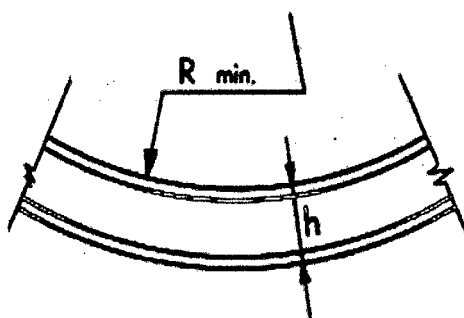


Tabla 2.4: Propiedades mecánicas según las normas del acero

Especificación	Descripción y uso final.
LC PAILAS	Fabricación de pilas para galvanizado.
ASTM A-283-A, B y C	Para estructura de uso moderado y alta soldabilidad.
ASTM A-36	Media resistencia, estructuras, vigas soldadas, bases de columnas.
ABS A, B, D, E	Acero estructuras de mediana resistencia para fabricación de barcos.
LLOYDS A, B, D, E	
ASTM A-131-A, B, D, E	
DIN/BS EN 10025S-235	Para estructura de uso moderado y alta soldabilidad.
DIN/BS EN 10025S-275	Media resistencia, estructuras, vigas soldadas, bases de columnas.
DIN/BS EN 10025S-355	Alta resistencia, vigas soldadas, partes de puentes, edificios.
ASTM A-572-50 y 60	Alta resistencia, baja aleación, estructuras, vigas soldadas, puentes, edificios.
ASTM A-572-65	Alta resistencia, baja aleación, bases de puentes y luminaires.
ASTM A-656 Gr 50 y 60	Alta resistencia, estructuras, vigas soldadas.
ASTM A-656 Gr 70 y 80	Alta resistencia para estructura donde requiere ahorro de peso.
ASTM A-709 Gr 50	Alta resistencia, baja aleación para puentes.
JIS G-3106 SM-490-A	Alta resistencia, baja aleación con excelente soldabilidad para puentes, barcos tanques de petróleo, etc.

60



Cuadro 2.1: Fórmula de resistencia a la ruptura por tensión.

N (Formula Empirica)	
$\sigma = 0.00077(38000 + C(700 + 2.94Mn) + 30Mn + Mn/200(48 + 2.35C) + 1000P + 340Si)$	
En donde	
•	σ =Esfuerzo a la ruptura por tensión, KSI
•	C =Carbono, .01%
•	Mn =Manganeso, 0.01%
•	P= Fosforo, 0.01%
•	Si = Silicio, 0.01%

Rango Promedio σ = 37-52

Para seleccionar entre las vigas ofertadas (Norma A-36 y Norma HQ235B) disponibles en el mercado para la fabricación.

Cuadro. 2.2: Cálculo de resistencia a la ruptura por tensión.

Norma HQ 235B	Peso	280.54 kg	A-36 Gerdau Acominas	Peso	272 kg
COMPOSICIÓN			COMPOSICIÓN		
Viga 1	C	17	Viga 1	C	14
	Mn	46		Mn	116
	P	1.8		P	2.7
	Si	31		Si	23
	σ	51		σ	51
Viga 2	C	17	Viga 2	C	14
	Mn	44		Mn	119
	P	1.4		P	2.6
	Si	23		Si	22
	σ	48		σ	51
Viga 3	C	19	Viga 3	C	14
	Mn	47		Mn	117
	P	2.7		P	19
	Si	21		Si	21
	σ	50		σ	63
Viga 4	C	15	Viga 4	C	25
	Mn	47		Mn	110
	P	2.2		P	2.1
	Si	21		Si	26
	σ	47		σ	60



Se observa que la norma A-36 presenta mejor calidad y menor peso. Pese a tratarse de un acero de media resistencia para fabricación de perfiles (Viga, canal, ángulo), supera a la norma anterior. Por lo tanto se trabaja con la norma A-36 para la fabricación de cimbras.

Figura. 2.4. Perfil de viga "Wide Flange" y HEB.

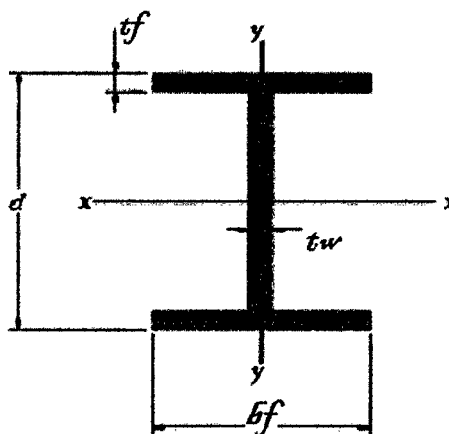


Tabla 2.5: Propiedades mecánicas de las vigas T-H.

	Límite Elástico (Kp/mm ²)	Resistencia a la tracción (Kp/mm ²)	Alargamiento %	Resiliencia DVM promedio(j)
TE-31Mn4	≥ 34	≥ 55	≥ 18	18

Figura. 2.5: Perfil de la viga T-H.

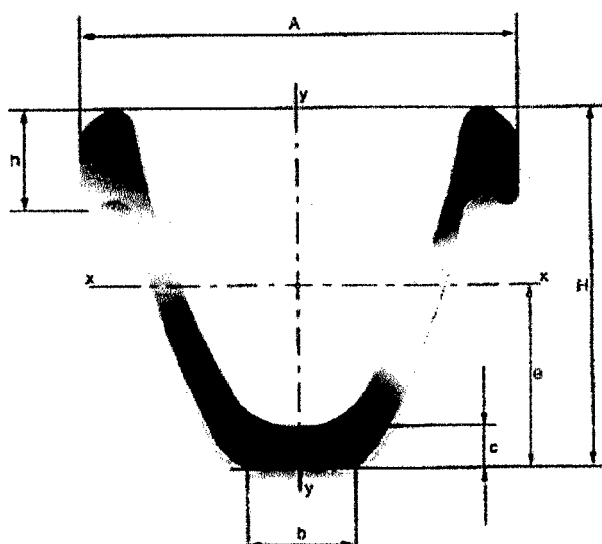




Tabla 2.6: Propiedades geométricas de los perfiles T-H

Datos Técnicos		ΩN-16.5	ΩN-21	ΩN-29	ΩN-36
Peso	(kg/m)	16,5	2	2	3
Sección	S (cm ²)	2	2	3	4
Dimensiones	A(mm)	10	127	1	1
	b(mm)	3	3	4	5
	H(mm)	9	108	1	1
	h(mm)	2	3	3	35,5
	e (mm)	4	5	5	6
	c (mm)	1	1	1	1
Características	Ixx	18	341	6	9
	Wxx(cm)	4	6	9	1
	Iyy(cm ⁴)	22	398	7	1265
	Wyy(cm)	4	6	1	1
Radio mínimo de curvado	R (m)	0	1.	1	1
		9	1	2	6

✓ ARCOS DE ACERO (CIMBRAS).

2.2..1 Generalidades.

Este típico sostenimiento pasivo o soporte es utilizado generalmente para el sostenimiento permanente de labores de avance, en condiciones de masa rocosa intensamente fracturada y/o muy débil, que le confieren calidad mala a muy mala, sometida a condiciones de altos esfuerzos. Para lograr un control efectivo de la estabilidad en tales condiciones de terreno, las cimbras son utilizadas debido a su excelente resistencia mecánica y sus propiedades de deformación, lo cual contrarresta el cierre de la excavación y evita su ruptura prematura. La ventaja es que este sistema continúa proporcionando soporte después que hayan ocurrido deformaciones importantes.

Las cimbras son construidas con perfiles de acero, según los requerimientos de la forma de la sección de la excavación, es decir, en forma de baúl, herradura o incluso circulares, siendo recomendable que éstos sean de alma llena. Hay dos tipos de cimbras, las denominadas "rígidas" y las "deslizantes o fluyentes". Las



primeras usan comúnmente perfiles como la W, H, y I, conformadas por dos o tres segmentos que son unidos por platinas y pernos con tuerca. Las segundas usan perfiles como las V y U, conformadas usualmente por dos o tres segmentos que se deslizan entre sí, sujetos y ajustados con uniones de tornillo.

En la mina Corporación Castrovirreyna S.A se utiliza un tipo de cimbras siendo la más utilizada durante el año 2011 las rígidas que es H.

2.2.2 Cimbras Rígidas

a) Descripción de las cimbras.

Componentes y calidades

Para el rango de los tamaños de las excavaciones en la mina Castrovirreyna las cimbras rígidas comúnmente utilizadas son:

Cuadro 2.3. Tipos de cimbra usados

CIMBRAS		
TIPO	Nº Pzas	MEDIDAS
6H20	2	4,0 x 4.5
6H20	2	4,0x 4.0
4H13	2	4,0x 4,0

a.1) Procedimiento de Instalación

- La filosofía del sostenimiento por las condiciones geomecánicas de la masa rocosa en la mina Castrovirreyna es: "metro avanzado, metro sostenido". Es preferible que el soporte se instale lo antes posible, pues cualquier retraso se traduce en aumentos de la presión sobre el techo.
- Para iniciar la colocación de una cimbra, se debe proceder a asegurar el techo, lo cual se podrá realizar mediante la colocación de ángulos o marchavantes de ser necesario.
- Todas las cimbras deben estar correctamente apoyadas al piso mediante las platinas de base debidamente ubicadas a una profundidad de 30 cm, (se debe cavar previamente con el techo protegido) y correctamente



sujetas a la cimbra inmediata anterior con distanciadores de acero (8 unid.), debiendo se mantener su verticalidad. De ser necesario se debe asegurarla cimbra anclándola con cáncamos a las paredes.

- Se asegurará el techo entablado del espacio entre las 2 últimas cimbras instaladas. Este entablado se inicia a 1.5 metros del nivel del suelo hasta cubrir toda la corona de la excavación. El entablado debe estar apoyado por la superficie externa de la cimbra.
- El bloqueo de la cimbra contra las paredes rocosas es esencial para que pueda haber una transferencia uniforme de las cargas rocosas sobre las cimbras. Si no se realiza un buen bloqueo las cimbras no serán efectivas. Por lo tanto es importante realizarlo correctamente.

a.2) Control de calidad

Para que este tipo de sostenimiento funcione bien, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- Las cimbras deben estar completamente verticales, aceptándose una inclinación máxima de $\pm 3^\circ$ con respecto a la vertical.
- Las cimbras se deben instalar de manera perpendicular al eje de la labor.
- Todos los tirantes o distanciadores deben estar colocados, ya que de esto depende que el conjunto de cimbras resista adecuadamente.
- Estrecho o apretado contacto entre el contorno de la excavación y la cimbra la cual debe distribuir las presiones en todo su perímetro, a fin de desarrollar tempranamente su capacidad de sostenimiento, antes de que las presiones se acumulen puntualmente y deformen las cimbras antes de que esta haya soportado en toda su capacidad.
- La supervisión de la mina no aprobará ninguna cimbra que esté mal cimentada, no conserve su verticalidad ni su alineamiento; asimismo, si éstas no se encuentran correctamente topeadas a la superficie de la roca.



b) Diseño de arcos rígidos

Para poder saber cuánto de carga deberá soportar las cimbras primero debemos calcular las presiones de la roca circundante a la excavación. Además se quiere determinar el espaciamiento adecuado para cada tipo de cimbra.

Los diseños se orientaron a determinar el tipo cimbra que se usará según la zonificación geomecánica realizada en la mina Castrovirreyna, dentro del cual tenemos:

1. Zona A

La metodología de cálculo actualmente usada la de **Terzaghi (1946)** para el cálculo de las presiones verticales del terreno y la formula de **Protodiakonov** para el cálculo de las presiones laterales, por considerarse que mejor se adecua a las condiciones del terreno. Sin embargo en la presente tesis se está utilizando metodología de Cemal Biron (1987), lo cual nos permitirá comparar cual método de diseño se aproxima más a nuestra realidad.

b.1) DISEÑO1: Metodología de Terzaghi(1946)

Terzaghi (1946) formuló el primer método racional de evaluar las cargas que aplica la roca sobre las cerchas. Basándose en su experiencia en túneles ferroviarios de Norteamérica.

Cabe resaltar que su aplicación se limita a estimar la carga sobre las cerchas de acero en túneles y no es aplicable en los métodos modernos de tonelería con aplicación de concreto lanzado (Shotcrete) y pernos de roca.

Terzaghi mantiene que desde un punto de vista ingenieril, puede ser mucho más importante un conocimiento del tipo y frecuencia de los defectos de la roca que del tipo de roca que va a aparecer en la obra.

En esta clasificación se dividen los macizos rocosos en 9 tipos según el grado de fracturación de la roca. Tabla 2.2.

Se debe tener en cuenta la disposición de la estratificación respecto al túnel desde el punto de vista de desprendimientos. Así se tiene:



- Estratificación Vertical, en general el techo será estable, existiendo riesgo de caída de bloques en una altura de $0.25B$ (B es la anchura del túnel).
- Estratificación horizontal, pero de gran potencia, con pocas juntas, el túnel es estable.
- Estratificación horizontal, de pequeña potencia o con muchas juntas, ya no existe estabilidad, desarrollándose roturas en el techo, formándose un arco sobre el túnel, con una anchura igual a la del túnel y una altura igual a la mitad de la anchura. Esta inestabilidad proseguirá su curso hasta que se detenga por medio de un sostenimiento.
- La distribución de las cargas para el dimensionamiento del sostenimiento se hace suponiendo:

1. Presión uniforme vertical sobre la bóveda, de valor:

$$P_v = H_p. \text{ y}$$

2. Presión uniforme horizontal sobre las paredes, de valor:

$$P_h = 0.3 P_v$$

3. Presión uniforme sobre la solera, si la hay, de valor:

$$P_s = 0.5 P_v$$

Los valores de H_p se obtienen de la tabla 2.9.

Las recomendaciones de Terzaghi son consideradas conservadoras para rocas de buena calidad y su campo de aplicación es para túneles de tamaño mediano, hasta 4 m, 8 m a más de ancho. Es preferible no aplicarlos en terrenos de roca expansiva o que fluyen plásticamente.

Sobre la calidad de la roca Terzaghi muestra de en un gráfico, la profundidad, el ancho y la altura de la labor. Esto va de acuerdo a la calidad de la roca



Figura. 2.6 Esquema ilustrativo de la metodología de terzaghi.

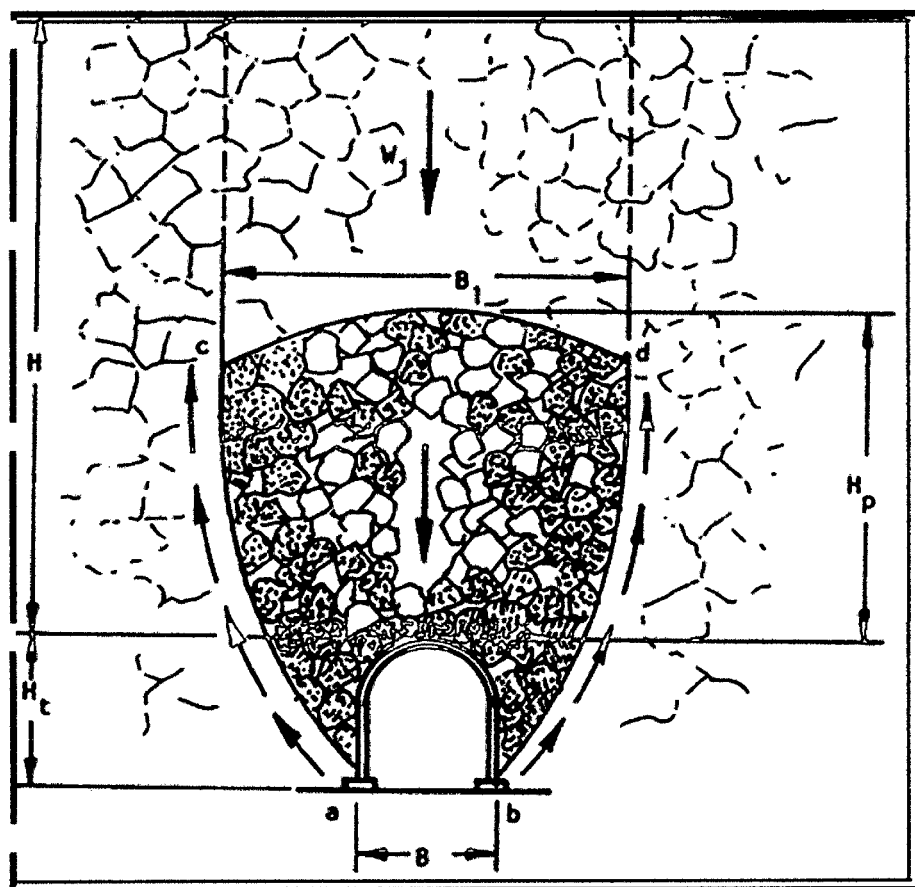




Tabla 2.7 Según la clasificación de Terzaghi

ESTADO DE LA ROCA	CAI	A DE ROCA Hp (n	OBSERVACIONES
1. DUR/MASIVA	CEI		Só se necesita refuerzo escaso si hay desprendimiento o ruido
2. DUR/O ESQUELERO ESTRATIFICADO	0 a	B	Re arzo escaso más que nada como protección contra rendimientos. La carga puede cambiar en forma errática de un punto a otro
3. MASI/LIGERAMENTE TRITURADA	0 a	5B	
4. MEDIO BLOQUEAMENTE FRACTURADO ALGO ABIERTOS	0.2	1.05(B + Ht)	No hay presión lateral.
5. MUY LAS FRACTURADA EN BENTURAS ABIERTAS	0.3	1.10)(B + Ht)	Poco o ninguna presión lateral.
6. TOTALMENTE TRITURADO QUIMICAMENTE INALTERADO	1.1	+ Ht)	Presiones laterales considerables. Los efectos de las inclinaciones hacia el piso del túnel requieren apoyo continuo para las partes bajas de los marcos o bien marcos circulares.
7. ROC/COMPRIMIDA PROFUNDIDAD	(1.1	2.20)(B + Ht)	Considerable presión lateral. Se requiere plantilla talada. Es preferible usar marcos circulares.
8. ROC/COMPRIMIDA A GRAN PROFUNDIDAD	(2.1	4.50)(B + Ht)	
9. ROC/EXPANSIVA	Has del	250 pies, independientemente de (B + Ht)	Mejor ex-los circulares sin dispensables. En casos malos, úsese refuerzo elástico.



Determinación de la Carga de Roca

Se determinará la carga que debe soportar las cimbras para cada zona geomecánica antes definida.

Se calcula por:

- $P_v = H_p \times P_e$
- $P_e = \text{Peso Específico (ton /m}^3\text{)}$
- $H_p = \text{Altura de carga (m)}$

Zona "A": (Siendo B y Ht, el ancho y la altura de la labor respectivamente).

- $H_p = 0.25 \times 3.2 = 1.0 \text{ m}$
- $P_e = 2.5 \text{ Ton/m}^3$
- $P_v = 1.0 \times 2.5 = 2.5 \text{ Tn/m}^2$
- $P_h = 0.3 \times 2.5 = 0.75 \text{ Tn/m}^2$

$P_t = 0.75 \text{ ton}$

b.2) DISEÑO2: Metodología de Protodyakonov (1976)

Muy usada en los países del este de Europa, en los que se utiliza para el dimensionamiento del sostenimiento de túneles. Fue aceptada en Francia en 1976 junto con la clasificación de Deere.

Protodyakonov clasifica los terrenos asignándoles un factor "P" llamado coeficiente de resistencia, a partir del cual y de las dimensiones del túnel, definen las cargas de cálculo para dimensionar el sostenimiento.



Tabla 2.8: Tabla del coeficiente de resistencia de Protodyakonov

GRADO DE RESISTENCIA	TIPO DE ROCA O SUELO	m Kg/m ³	que Kg/c m ²	FACTOR
MUY ALTO	Granitos masivos. Cuarzitas o basaltos sanos y en general, rocas duras sanas y muy resistentes.	2800-3000	2000	20
MUJL ALTO	Granitos prácticamente masivos, porfidos, pizarras, arenisca y calizas sanas.	2600-2700	1500	15
ALTO	Granitos y formaciones similares, areniscas y calizas prácticamente sanas conglomerados muy resistente, limolitas resistente.	2500-2600	1000	10
ALTO	Calizas en general, granitos meteorizados, limolitas, areniscas relativamente resistes, mármoles, pirita.	2500	800	8
MODERADAMENTE ALTO	Areniscas normales	2400	600	6
MODERADAMENTE ALTO	Pizarras	2300	500	5
MEDIO	Lutitas, calizas y areniscas de baja resistencia, conglomerado no muy duros	2400-2800	400	4
MEDIO	Lutitas, pizarras arcillosas, margas	2400-2600	300	3
MODERADAMENTE BAJO	Lutitas blandas, calizas muy fracturadas, yesos, areniscas en bloques, gravas cementadas.	2200-2600	200-150	2-1.5
MODERADAMENTE BAJO	Gravas, lutitas y pizarras fragmentadas, depósitos de talud duros, arcillas duras.	2000	—	1.5
BAJO	Arcilla firme, suelos arcillosos	1700-2000	—	1.0
BAJO	Loes, formaciones de arena y grava, suelos areno-arcillosos olimo-arcillosos	1700-1900	—	0.8
SUELOS	Suelos con vegetación, turba, arenas húmedas.	1600-1800	—	0.6
SUELOS GRANULARES	Arenas y gravas	1400-1600	—	0.5
SUELOS PLASTICOS	Limos y arcillas blandos.			0.3

Protodyakonov determina el valor de “f” en función de la resistencia a la compresión simple, el ángulo de fricción interna y la cohesión.

- PARA ROCAS: $f = \sigma_c / 10$
- PARA SUELOS: $f = \tan \phi + C / \sigma_c$

Dónde:

- σ_c = Resistencia compresión simple (Mpa)
- ϕ = Angulo de rozamiento interno
- C = Cohesión a largo plazo (Mpa).



37

La distribución de cargas sobre el túnel para el dimensionamiento del sostenimiento se hace suponiendo:

- Presión uniforme vertical sobre la bóveda
 - $P_v = \gamma \cdot h$
- Presión uniforme lateral.
 - $P_h = \gamma \cdot (h + 0.5 \cdot m) \cdot \tan^2(45^\circ + \phi/2)$

Dónde:

- b = Anchura de la labor
- m = Altura del túnel
- f = Coeficiente de resistencia
- γ = Peso específico de la roca
- ϕ = Angulo de rozamiento interno
- $B = b + 2m \cdot \tan(45 - \phi/2)$
- $h = B/2f$

Determinación de las Cargas de Roca

Zona "A":

- b = Anchura de la labor = 4.0 m.
- m = Altura del túnel = 4.0 m
- f = Coeficiente de resistencia = 5
- γ = peso específico de la roca = 2.5 Tn/m³
- ϕ = ángulo de rozamiento interno = 41 (según rocLab)
- $B = b + 2m \cdot \tan(45 - \phi/2) = 6.1$
- $h = B/2f = 0.61$
- $P_v = \gamma \cdot h = 1.5 \text{ Tn/m}^2$
- $P_h = 27.2 \text{ Tn/m}^2$

b.3) DISEÑO3: Metodología de Cemal Biron (1987)

A diferencia del método de Terzaghi y Protodyakonov, esta metodología es mucho más analítica y detallada que toma en consideración el perfil de la viga



y su resistencia. Para el cálculo de la carga que debe soportar la cimbra usa la formulación de everling.

• **Análisis de esfuerzos para un arco rígido.**

Muchos arcos rígidos pueden simplificarse dándoles forma semi circular, arriba de cierta distancia vertical. Se supone que las partes de conexión son muy "rígidas" y se muestran como "continuas" en la figura 2.8. El análisis estático se da en la figura 2.9 (a) y (b).

En donde:

- A_y = Reacciones de los lados, en toneladas.
- h' = Distancia vertical del arco, en metros.
- R = Radio del arco, en metros.
- A = Angulo formado con la horizontal (verfig.2.5)
- Qt = Carga uniforme del techo, en toneladas por metro.
- M = Momento en toneladas. Metro
- N = Fuerza normal al perfil, en toneladas.

$$A_x = B_y = \frac{(0.78h' + 0.666r)q_r r^3}{0.666h'^3 + \pi h'^2 + 4h'r^2 + 1.57r^3} \dots\dots\dots(2.3)$$

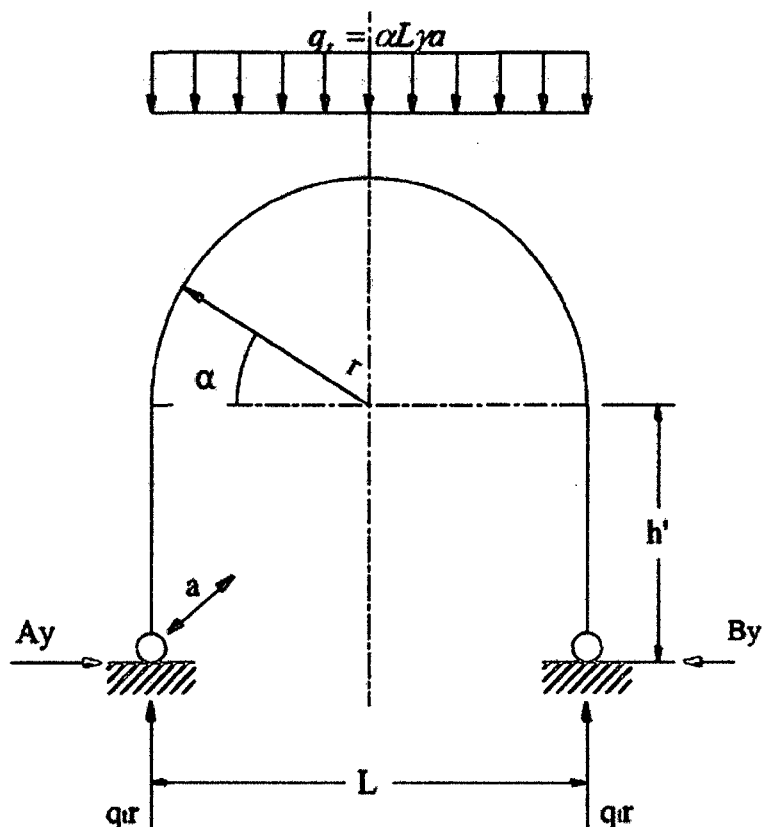
$$M = 0.5q_r r^2 \sin^2 \alpha - A_y (h' + r \sin \alpha) \dots\dots\dots \text{para } 0 \leq \alpha \leq \pi \dots\dots(2.4)$$

$$M = -A_y x \dots\dots\dots \text{para } 0 \leq x \leq h' \dots\dots(2.5)$$

$$N = -q_r r \cos^2 \alpha - A_y \sin \alpha \dots\dots\dots(2.6)$$



Figura.2.7: Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero.



se obtiene la derivada de la ecuación (2.4) con respecto a α , y se igual a cero, se tiene que:

$$\frac{\partial M}{\partial \alpha} = \cos \alpha (q_r r^2 \text{sen} \alpha - A_y r) = 0 \dots \dots \dots (2.7)$$

$$\cos \alpha = 0, \dots \dots \dots \alpha = \frac{\pi}{2} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$q_r r^2 \text{sen} \alpha - A_y r = 0 \dots \dots \dots (2.9)$$

$$\text{sen} \alpha = \frac{A_y}{q_r r}, \dots \dots \dots \alpha = \text{sen}^{-1} \frac{A_y}{q_r r} \dots \dots \dots (2.10)$$

Los valores de M max y de N son para valores de α de las ecuaciones (2.8) y (2.10) como sigue:



$$M_{\max} = 0.5q_r r^2 - A_y (h' + r) \dots \dots \dots (2.11)$$

$$M_{\max} = -A_y (h' + 0.5 \frac{A_y}{q_r}) \dots \dots \dots (2.12)$$

$$N = -A_y \dots \dots \dots (2.13)$$

$$N_1 = -q_r r \dots \dots \dots (2.14)$$

Los valores de la ecuación (2.11) y (2.13) son mucho más pequeños que los valores de las ecuaciones (2.12) y (2.14), respectivamente.

• Diseño del perfil del acero

Se deben utilizar los valores de las ecuaciones 2.12 y 2.14 para calcular la sección transversal del arco. El esfuerzo se deberá determinar como sigue:

$$|\sigma| = \frac{\text{Carga Normal}}{\text{Area De La Sección}} + \frac{\text{momento máximo}}{\text{módulo De La Sección}}$$

$$|\sigma| = \frac{q_r r}{F} + \frac{A_y (h' + 0.5 A_y / q_r)}{W} \leq \sigma_{sf} \dots \dots \dots (2.15)$$

Dónde:

- $|\sigma|$ = Valor absoluto del esfuerzo (ton/m^2).
- F = Área de la sección del perfil, (m^2).
- W = Módulo de sección del perfil, (m^3).
- σ_{sf} = Esfuerzo permisible del acero para los ademes de las minas.

En la ecuación (2.15), la sección transversal y el módulo de sección aparecen como dos incógnitas: entonces, para un diseño conveniente. Se deberá aplicar el método de tanteos. Sin embargo, en las especificaciones **DIN**:



$$F = 0.149 W + 9.78 \dots \dots \dots (2.16)$$

$$|\sigma| = \frac{q_t r}{0.149 W + 9.78} + \frac{A_y (h' + 0.5 A_y / q_t)}{W} \leq \sigma_d \dots \dots \dots (2.15)$$

Un procedimiento más elaborado y preciso para evaluar tanto los esfuerzos como el diseño de una viga adecuada, que Proctor y White, introdujeron, no se ha incluido aquí, pues es muy complicado y, generalmente, se aplica a los ademes de los grandes túneles. Peng proporciona un ejemplo numérico sobre esto.

Pondremos el perfil **DIN** apropiado para un arco rígido de un túnel, cuya área de sección es de 16.2 m², espaciado a intervalos de 1 m, bajo condiciones típicas del yacimiento de minera Castrovirreyna ($\alpha = 0.5$, 1, 1.5 y $\gamma = 2.5, 2.2, 2.75 \text{ ton/m}^3$).

Zona "A":

- ✓ $L = \text{Claro del túnel} = 3.2 \text{ m.}$
- ✓ $r = 1.5 \text{ m.}$
- ✓ $h' = 1.5 \text{ m.}$
- ✓ $a = 1.0 \text{ m}$ (espaciamiento de los arcos).
- ✓ $\alpha = 0.5$ (roca regular).
- ✓ $\gamma = 2.5 \text{ ton/m}^3$
- ✓ $q_t = \alpha L \gamma a$ carga uniforme en el techo.
- ✓ $= 0.5 \times 3.2 \text{ m} \times 2.5 \text{ ton/m}^3 \times 1.0 \text{ m}$
- ✓ $= 4.0 \text{ ton/m}$



$$A_y = \frac{(0.78 \times 2.01 + 0.66 \times 2.04) \times 5.25 \times (2.04)^3}{0.66 \times (2.04)^3 + \pi(2.01) \times (2.04)^2 + 4 \times (2.01) \times (2.04)^2 + 1.57 \times (2.01)}$$

$$A_y = \frac{129.888}{65.64} = 1.98 \text{ ton}$$

$$M = 0.5 \times 5.25 \times (2.04)^2 \times \sin \alpha^2 - 1.9 \times (2.14 \times 2.01 \times \sin \alpha)$$

$$N = -5.25 \times 2.01 \cos \alpha^2 - 1.98 \times \sin \alpha$$

Tabla 2.9. Tabla de Momentos y carga normal. Cimbra rígida, Zona A.

Angulo en grados	Momento (ton x m)	Carga normal (ton)
0	- 1.393	-6.000
5	-1.480	-6.033
10	-1.499	-5.960
15	-1.452	-5.838
20	-1.342	-5.616
25	-1.177	-5.321
30	-0.964	-4.964
35	-0.711	-4.559
40	-0.428	-4.118
45	-0.127	-3.656
50	0.181	-3.190
55	0.486	-2.734
60	0.776	-2.304
65	1.042	-1.913
70	1.272	-1.574
75	1.461	-1.299
80	1.600	-1.095
85	1.686	-0.970
90	1.715	-0.928

Los valores máximos son los siguientes:

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{A_y}{q \cdot r} = \sin^{-1} \frac{1.98}{5.25 \times 2.04} = \sin^{-1} 0.196 = 75.39^\circ$$

$$M = 0.5 \times 5.25 \times (2.04)^2 \times \sin \alpha^2 - 1.9 \times (2.04 \times 2.01 \times \sin \alpha)$$

$$M = 0.5 \times 5.25 \times (2.04)^2 \times \sin 75.39^2 - 1.9 \times (2.04 \times 2.01 \times \sin 75.39) = 2.691 \text{ tn.m}$$

$$N = -5.25 \times 2.01 \cos \alpha^2 - 1.98 \times \sin \alpha$$

$$N = -5.25 \times 2.01 \cos 75.39^2 - 1.98 \times \sin 75.39$$

$$= 0.671 - 1.915977 = -1.25 \text{ tn.m}$$



$$M_{max} = -Ay \left(h + 75.39 \frac{Ay}{q} \right) = -60.276 \text{ tn.m}$$

$$N_{max} = 3.25 (-2.01) = -6.5325 \text{ tn}$$

Figura.2.8 (a): Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de Momentos

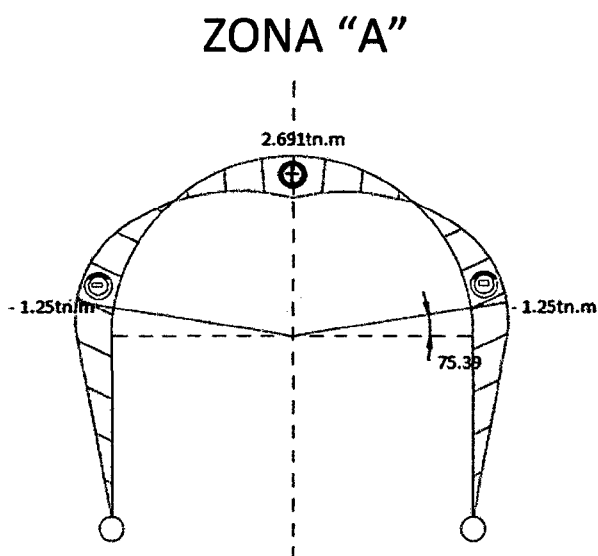
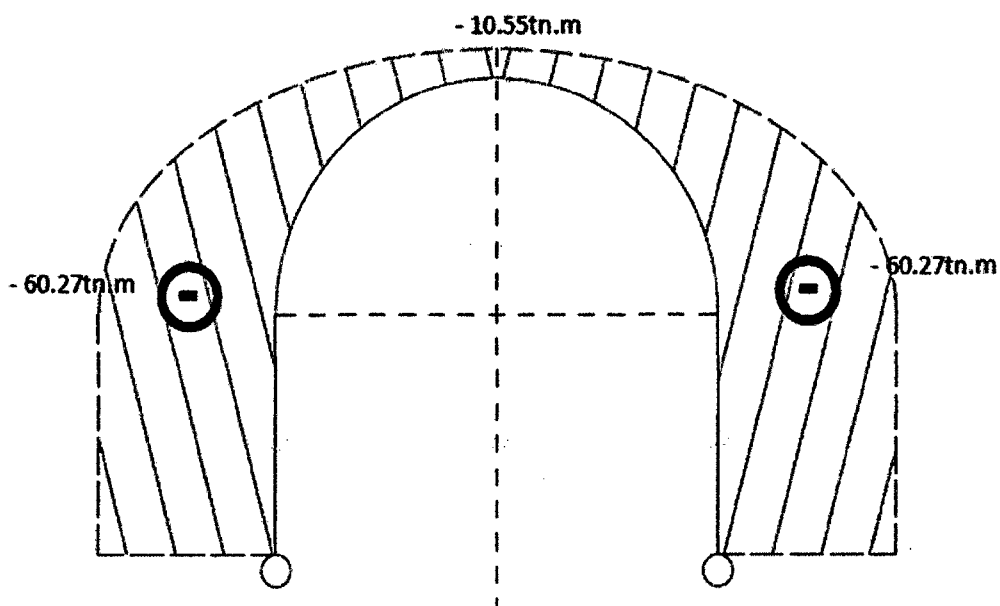


Fig. 2.8 (b): Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de carga normal.



Cuadro 2.4. Resultado de cuadros rígidos metálicos.

DISEÑO DE CUADROS RIGIDOS METALICOS (Cemal BIRON)														
TIPO DE CUADRO METALICO														
Perfil cuadro metálico 4H13	<table border="1"> <tr> <th>Peso</th> <th>Area Sección</th> <th>Modulo sección</th> </tr> <tr> <th>Kg/m</th> <th>F(m2)</th> <th>W (m3)</th> </tr> <tr> <td>19.35</td> <td>0.02475</td> <td>0.0000882</td> </tr> </table>	Peso	Area Sección	Modulo sección	Kg/m	F(m2)	W (m3)	19.35	0.02475	0.0000882				
Peso	Area Sección	Modulo sección												
Kg/m	F(m2)	W (m3)												
19.35	0.02475	0.0000882												
Tipo de roca, (Alfa)	0.25													
Peso específico del terreno	2.5 ton/m3													
	<table border="1"> <tr> <th>RMR</th> <th>Roca</th> <th>Alfa</th> </tr> <tr> <td>> 40</td> <td>Buena</td> <td>0.25</td> </tr> <tr> <td>30 - 40</td> <td>Regular</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>< 20</td> <td>Muy mala</td> <td>1.5</td> </tr> </table>	RMR	Roca	Alfa	> 40	Buena	0.25	30 - 40	Regular	0.5	< 20	Muy mala	1.5	
RMR	Roca	Alfa												
> 40	Buena	0.25												
30 - 40	Regular	0.5												
< 20	Muy mala	1.5												
DIMENSIONES DE LA SECCION DEL CUADRO														
Esfuerzo admisible del acero (Sadm)	25493 ton/m2													
Distancia de poste, a	1 m													
Anchura efectiva (A)	3 m													
Altura efectiva (H)	3 m													
DETERMINACION DE LAS CARGAS DEL TERRENO SOBRE EL SOSTENIMIENTO														
Carga lineal repartida (q)	1.9 ton/m													
DIMENSIONES CALCULADAS														
Radio Neutro. (r)	1.5 m													
Hastial (h')	1.5 m													
METODO DE CALCULO APLICADO														
	ASD													
FORMULAS DE CALCULO DE REACCIONES Y ESFUERZOS														
$A_y = B_y = \frac{(0.78H^3 + 0.666r^3)q, r^3}{0.666H^3 + 2Hr^3 + 4Hr^3 + 1.57r^3} \dots (2.3)$														
$M = 0.5q, r^3 \sin^2 \alpha - A_y (H + r \sin \alpha) \dots \text{para } 0 \leq \alpha \leq \pi \dots (2.4)$														
$M = -A_y x \dots \text{para } 0 \leq x \leq H \dots (2.5)$														
$N = -q, r \cos^2 \alpha - A_y \sin \alpha \dots (2.6)$														
$f \sigma = \frac{q, r}{F} + \frac{A_y (H + 0.5 A_y / q, r)}{W} \leq \sigma_a \dots (2.15)$														
$M_{max} = 0.5q, r^3 - A_y (H + r) \dots (2.11)$														
$M_{min} = -A_y (H + 0.5 \frac{A_y}{q, r}) \dots (2.12)$														
$N = -A_y \dots (2.13)$														
$N_1 = -q, r \dots (2.14)$														
RESULTADOS:														
Reacción horizontal del terreno en el hastial (Ay)	=	0.4 ton												
Reacción vertical del terreno en el hastial (qtr)	=	-2.8 ton												
Angulo donde ocurre el momento máximo	=	8.9°												
Momento máximo (Mmax)	=	-0.7 ton x m												
Carga total sobre el cuadro (q)	=	5.6 ton												
Esfuerzo máximo sobre el perfil metálico (S)	=	8087.2 ton/m2												
Factor de seguridad	=	3.2												



Figura2.9: Esquema del sostenimiento con cimbras rígidas.

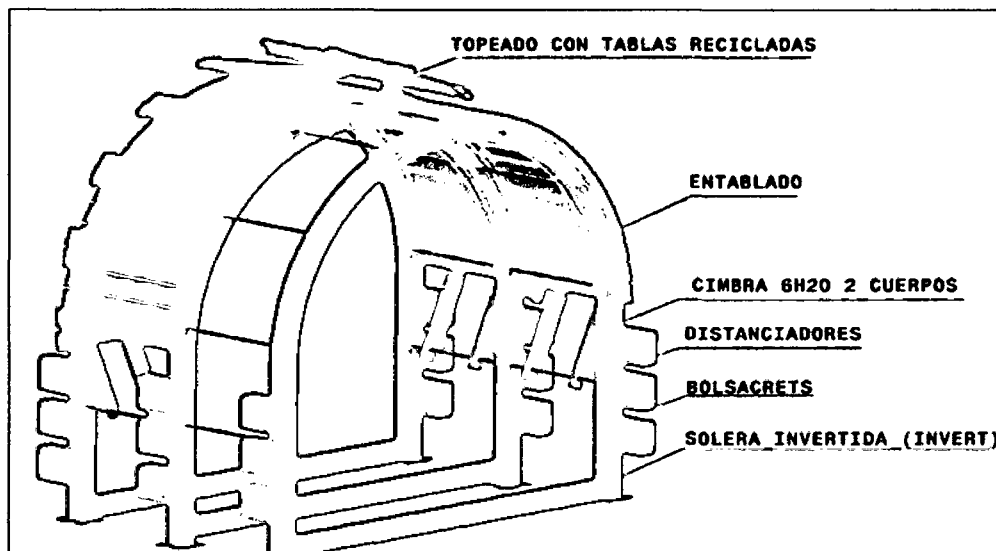
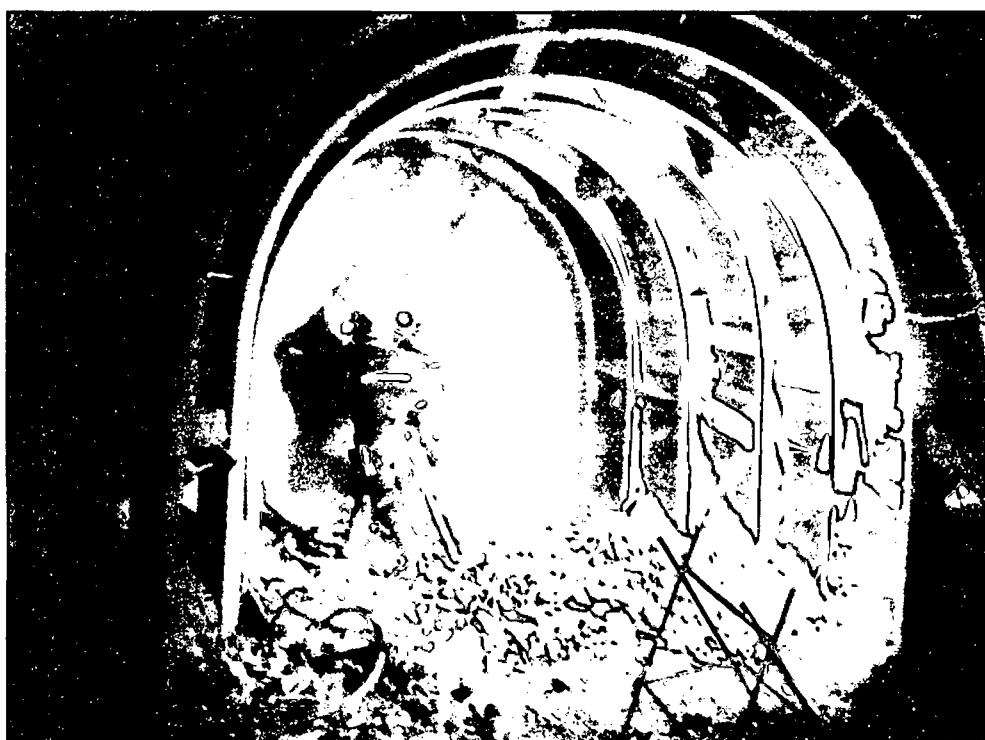


Figura 3.0: Labor con sostenimiento con cimbras rígidas





2.2.3 Definición Operacional de Términos.

- ✓ Perfil del acero:
Forma o figura del corte en sección transversal de una viga de acero. Entre las usadas en la mina Castrovirreyna tenemos el perfil "H".
- ✓ Marchavantes:
Pueden ser tablas o rieles de 3 metros de longitud, con un extremo en punta, que sirve para controlar los derrumbes del techo de una labor en avance, se usa antes de colocar el sostenimiento.
- ✓ Invert:
Solera invertida que sirve para aumentar la resistencia de las cimbras frente a las presiones laterales.
- ✓ Cáncamos:
Estacas de fierro, acero o madera, dentro de un taladro de 2 pies que se anclan con la finalidad de servir de punto de anclaje, apoyo o sujeción.
- ✓ Encostillado de madera:
Entablado de la parte lateral de una cimbra con la finalidad de controlar el desplome de la roca de las paredes de una labor.
- ✓ Tirantes o distanciadores:
Fierro corrugados de diámetro $\frac{3}{4}$ ", de 1.0 m de longitud que sirve para distanciar de manera homogénea y unir una a una las cimbras adyacentes.
- ✓ Topeado de Cimbras:
Es el relleno del espacio entre el entablado de las cimbras y las paredes de la excavación. De tal manera que quede lleno y apretado.
- ✓ Convergencia:
Tendencia de una excavación a cerrarse por efecto de las presiones circundante a la labor.



47

2.3 HIPÓTESIS Y VARIABLES:

2.4.1 Hipótesis General

H_1 : la evaluación del diseño con cimbras mejorara significativamente el sostenimiento en la rampa 759 - corporación minera Castrovirreyna S.A.

H_0 : la evaluación del diseño con cimbras no mejorara significativamente el sostenimiento en la rampa 759 - corporación minera Castrovirreyna S.A.

2.4.2 Variables Independiente:

X: Aplicando la evaluación del diseño con cimbras.

2.4.3 Variables Dependiente:

Y: Para su mejoramiento en el sostenimiento de la rampa 759 (-) Zona pasteur.



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 AMBITO DE ESTUDIO:

3.1.1 Localización:

La mina Reliquias está ubicada en el distrito minero argentífero de Castrovirreyna, políticamente pertenece a la jurisdicción del distrito de Santa Ana, distrito y provincia de Castrovirreyna del departamento de Huancavelica.

Corporación Castrovirreyna S.A., se encuentra ubicado en el Distrito Santa Ana, Provincia Castrovirreyna, Departamento de Huancavelica, al norte de la laguna Orco cocha, a una altitud variable entre **4,400 á 5,200 m.s.n.m.**

Las coordenadas geográficas:

Longitud Oeste: 75° 08'

Latitud Sur: 13° 11'

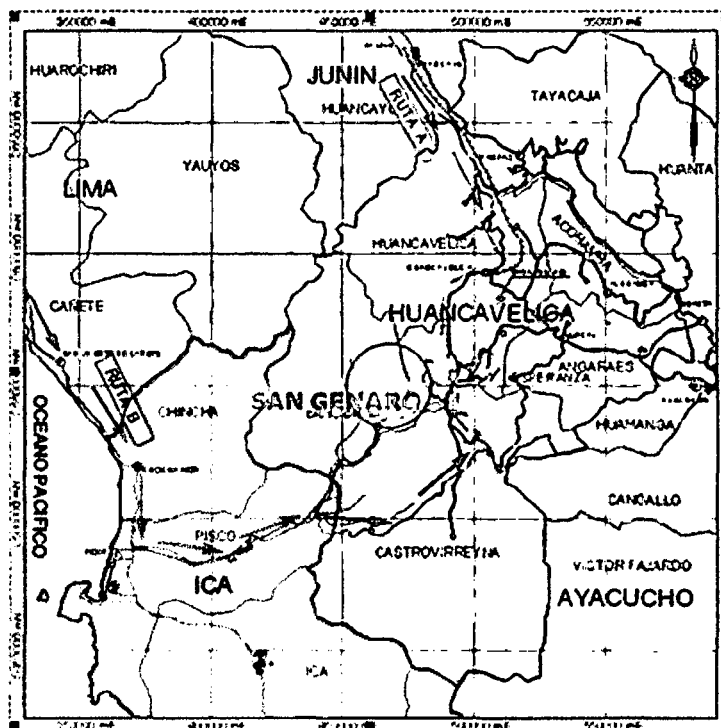
Las Coordenadas UTM:

E 484,000

N 8'541,700



Figura. 3.1: Plano de Ubicación mina Castrovirreyna



3.1.2 Historia del yacimiento:

La mina Castrovirreyna inicia sus operaciones en el año 1942, utilizando un método de minado subterráneo convencional sobre vetas angostas, manteniendo una producción de 550 TMD. Las altas leyes extraídas, correspondientes a dicho volumen y por entonces el buen precio de la plata en el mercado, aseguraron la continuidad de las operaciones por 50 años.

En el año 1992, se inicia un período de crisis, debido a la caída de precios y mina Reliquias, como algunas otras empresas mineras, tuvo que paralizar sus operaciones. En el 2004, se decide iniciar la rehabilitación de la mina subterránea convencional, recuperando labores antiguas de sus principales vetas como Sacasipuedes, Matacaballo, Mete y Saca y Perseguida Oeste en los niveles 440, 480, 520 y 560; con la finalidad de programar y ejecutar trabajos de exploración minera, por medio de sondajes diamantinos y laboreos mineros.



Hacia el año 2008, habiéndose re-evaluado las Reservas y Recursos Minerales existentes en mina; incluyendo dentro de dichos cálculos el nivel 390, accesado por una rampa negativa de desarrollo y teniendo una Planta de beneficio preparada para un procesamiento de 2000TMD de mineral de cabeza, se decide analizar e implementar el concepto de minado masivo en mina Reliquias.

Para ello se realizó un planeamiento minero que consta de 3 etapas:

La primera etapa, mientras se preparaba la mina subterránea para este método masivo se re-trataron relaves, puesto que los análisis efectuados sobre los mismos demostraron que éstos presentaban leyes no despreciables de plata. (+3 Oz.Ag).

En la segunda etapa se trabajaría la **zona alta** de la mina Reliquias (+Nv.480), para recuperación de rellenos y pilares antiguos, utilizando el método de minado subterráneo de taladros largos.

En la tercera etapa se trabajaría la **zona baja** de la mina Reliquias (-Nv.480), pero aquí sobre mineral fresco, utilizando también el método de minado subterráneo de taladro largos.

3.1.3 Ámbito de Estudio:

- Distrito : Lircay
- Provincia : Angaraes
- Departamento : Huancavelica.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN:

Es un estudio cuantitativo, de aplicación directa e inmediata por su proceso de investigación, muchos casos busca describir y explicar características externas generales, sobre teorías puestas. La investigación realizada es trabajo experimental



que busca conocer para hacer y concretar. Según (Ing. Víctor Gobitz Colchado. Docente de PUCP, Lima, Abril del 2011).

3.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN:

El nivel hecho en la investigación es de carácter explicativo y descriptivo. La investigación realizada pone en conocimiento aspectos realizados en campo para su sometimiento y practica posterior.

3.4 METODO DE INVESTIGACION:

Experimental.

3.4.1 Método General:

En la investigación, se utilizará el Método Experimental (extensómetro) como método general. En la actualidad según Cataldo, (1992): el significado de la palabra "método" ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos.

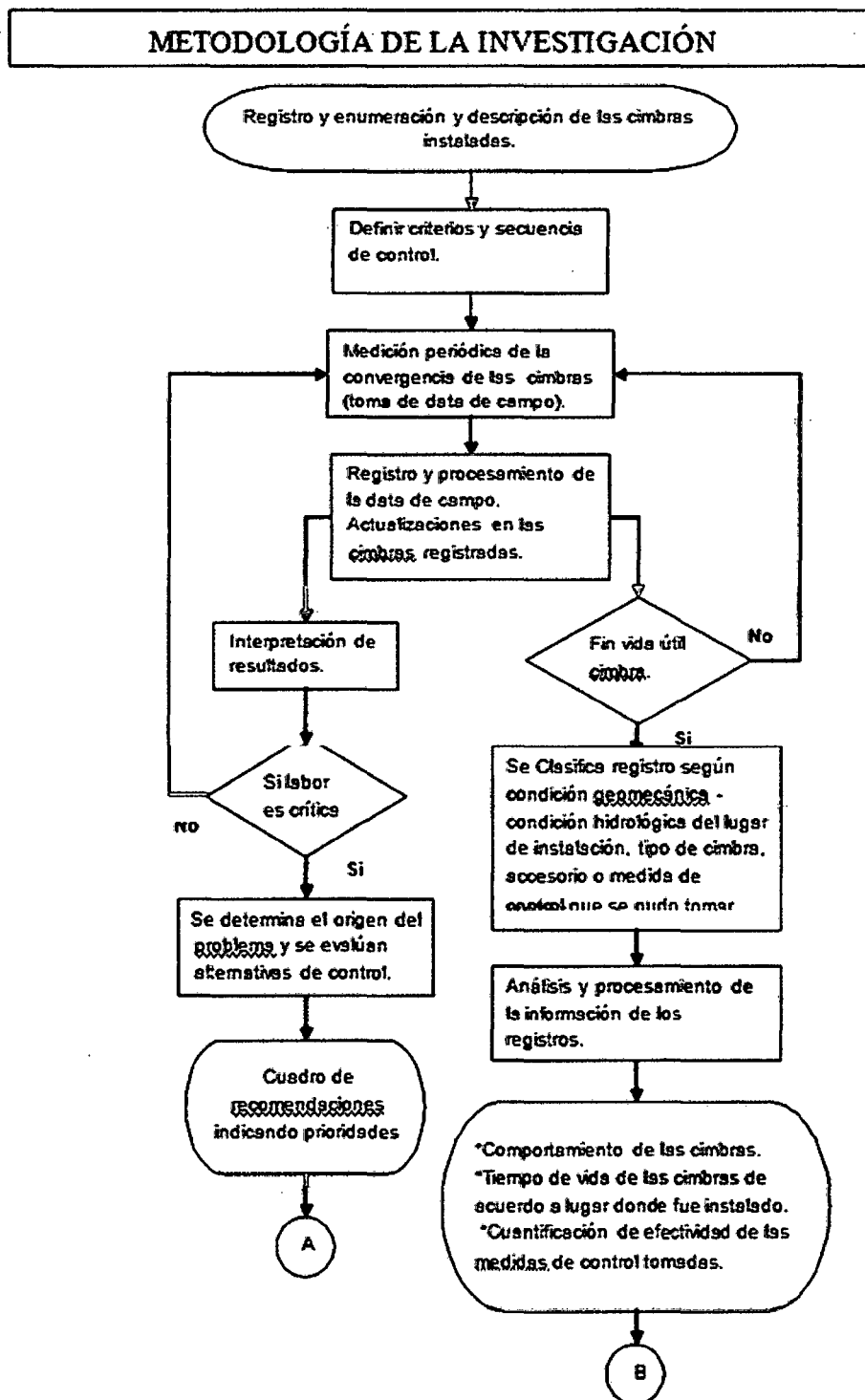
A decir de Kerlinger, F., y otros (2002), "el método científico comprende un conjunto de normas que regulan el proceso de cualquier investigación que merezca ser calificada como científica".

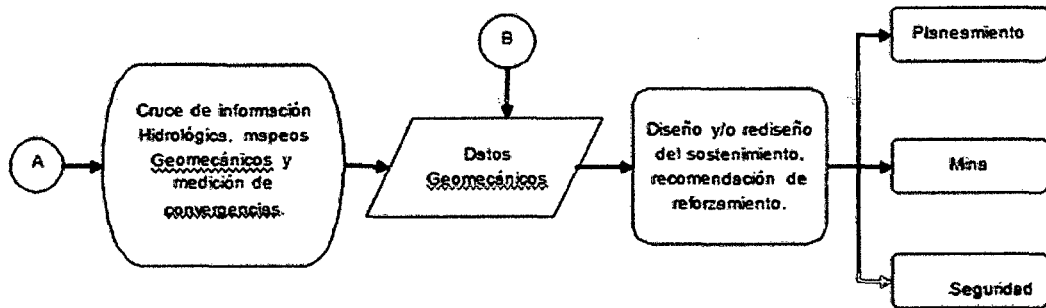
3.4.2 Método Especifico:

El Método específico (experimental). Según Oseda, J. (2008): "El método experimental es un proceso lógico, sistemático que responde a la incógnita del problema hecho en el trabajo.



Diagrama 3.1 Flujo de metodología de investigación diseño con cimbra





• Monitoreo de Convergencia de las Cimbras

Al realizar una excavación subterránea se rompe el equilibrio de fuerzas dentro del macizo rocoso, apareciendo una serie de tensiones radiales en el perímetro de la superficie excavada y los disparos masivos en la recuperación de los rellenos de mineral. Dichas tensiones tienden a cerrar el hueco abierto, esta tendencia se llama CONVERGENCIA.

Las cimbras rígidas utilizadas llegan a su límite de deformación elástica, muestran deformaciones laterales y/o verticales. El control y seguimiento de estas deformaciones en Mina Castrovirreyna se llama "Monitoreo de Convergencias".

En la Mina Castrovirreyna la principal causa del deterioro de las cimbras son las presiones laterales y verticales producidos por los disparos masivos, y mala calidad de roca por lo que monitoreo de convergencias consiste en la toma de medidas de la dimensión lateral AC (ancho de las cimbras), eventualmente se han realizado controles de las dimensiones AB y BC inclinados (figura.7.2), el cual nos ofrece resultados a corto y a mediano plazo.

• Resultados a corto plazo:

Los resultados a corto plazo son estimaciones y deducciones a partir de sucesos del momento, para lo cual se realizan mediciones de manera periódica y se registra en un formato en Excel, donde se muestran las 2 últimas medidas



(figura.3.3), con estas medidas se determina la VDL (Velocidad de Deformación Lateral) y se estima el tiempo de vida de las cimbras.

Figura. 3.2 Dimensiones AB, CA y BC

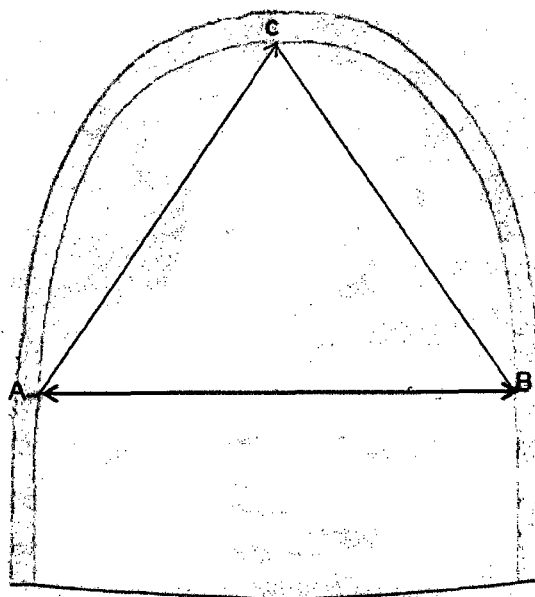
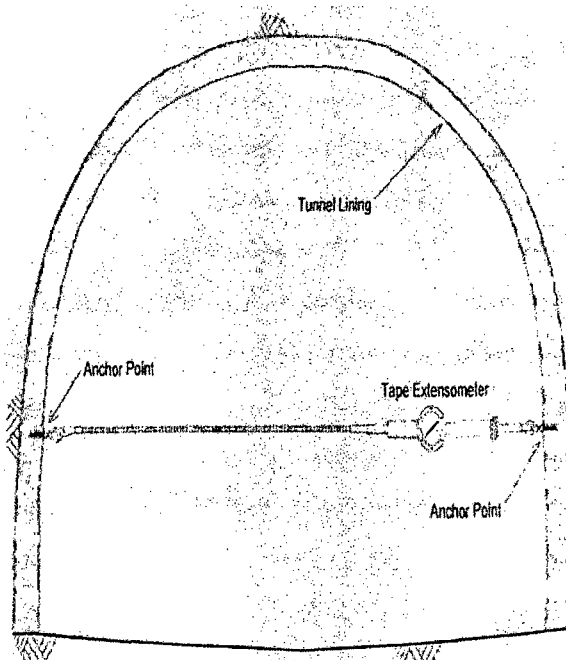


Figura. 3.3: Esquema ilustrativo de la medición de convergencias





MEDIDAS DE CONVERGENCIA DE SETIEMBRE - 2012

FECHA 22-SET.
Nv 759
LABOR Rampa 759

Tabla. 3.1: Formato para registro de mediciones (Hoja En Microsoft Excel)

CODIGO	TIPO CIMBRA	ZONA	FECHA INSTALADA	ANCHO (cm)					DEFOR- MACION	VELOCIDAD cm/dia
				FECHA	INICIAL	OBSERVACION	FECHA	FINAL		
1	6H20	Pasteur	03/05/2012	17- set.	399,4		22-set	394,5	0,90	0,18
2	4H13	Pasteur	04/05/2012	17- set.	389,3		22- set.	388,0	1,30	0,26
2A	6H20	Pasteur	24/05/2007	17- set.	392,1		22- set.	391,4	0,70	0,14
3	6H20	Pasteur	04/05/2007	17- set.	403,4		22- set.	402,0	1,40	0,28
3A	6H20	Pasteur	24/05/2007	17- set.	402,1		22- set.	402,0	0,10	0,02
4	4H13	Pasteur	05/05/2007	17- set.	384,4		22- set.	384,3	0,10	0,02
4A	4H13	Pasteur	15/05/2007	17- set.	387,6		22- set.	386,2	1,40	0,28
5	4H13	Pasteur	05/05/2007	17- set.	398,9		22- set.	398,3	0,60	0,12
5A	4H13	Pasteur	15/05/2007	17- set.	390,5		22- set.	390,1	0,40	0,08
6	6H20	Pasteur	06/05/2007	17- set.	381,7		22- set.	380,0	1,70	0,34
7	4H13	Pasteur	06/05/2007	17- set.	399,2		22- set.	399,1	0,10	0,02
7A	4H13	Pasteur	07/05/2012	17- set.	404,7		22- set.	403,4	1,30	0,26
8	6H20	Pasteur	11/05/2012	17- set.	390,2		22- set.	389,5	0,70	0,14
8A	6H20	Pasteur	16/05/2007	17- set.	388,4		22- set.	388,0	0,40	0,08
9	4H13	Pasteur	08/05/2007	17- set.	392,8		22- set.	392,1	0,70	0,14
9A	4H13	Pasteur	03/05/2012	17- set.	380,1		22- set.	379,9	0,20	0,04
10	6H20	Pasteur	06/07/2012	17- set.	370,7		22- set.	363,9	6,80	1,36



Dentro del formato de registro se ha establecido un código de colores, que nos permite identificar a simple vista aquellas cimbras con grandes deformaciones y/o VDL aceleradas y tomar medidas de control.

Tabla. 3.2: Leyenda del formato para registro de mediciones.

	Ancho crítico
	Cimbra nueva
	Velocidad máxima
	Deformación acelerada
	Próximos al ancho crítico

- Cimbra con ancho crítico: Cimbra con un ancho inferior a 3,80m.
- Cimbra nueva: Cimbra recientemente instalada (menos de 1 mes).
- Velocidad máxima: La que presenta la mayor velocidad de deformación.
- Deformación acelerada: Las cimbras que presentan VDL >1 cm/día.
- Próximos al ancho crítico: Cuando se calcula que el tiempo de vida de la cimbra es menor que el tiempo requerido.

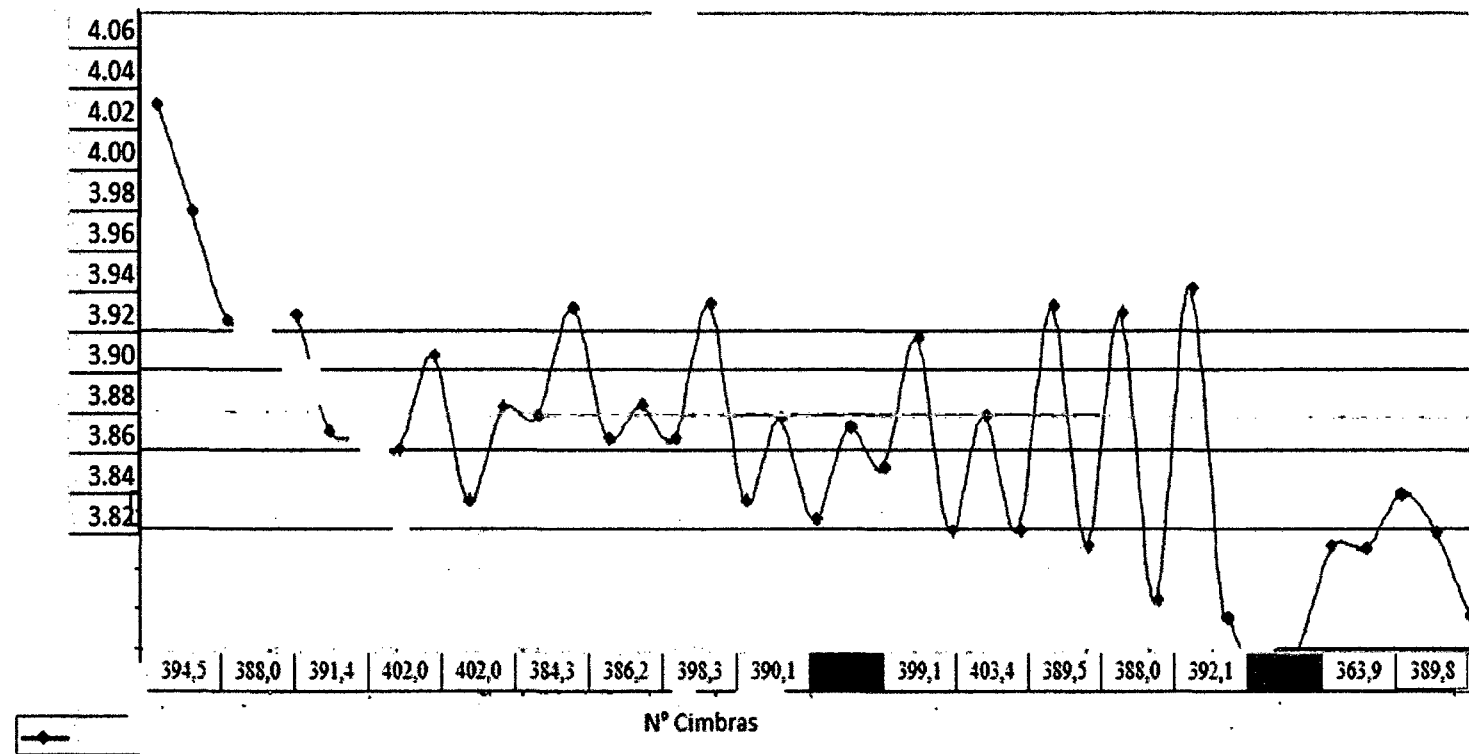
Se ha establecido por criterio operativo que el ancho mínimo aceptable de una cimbra es 3,90m. Una cimbra con ancho inferior está en condición sub estándar.

Las longitudes de las cimbras medidas también se analizan de manera gráfica en la curva n° cimbra vs ancho (cm). En el gráfico se muestran los límites de ancho mínimo de la cimbra.



Figura 3.4: Gráfico n° ancho de cimbra para el control de convergencia

Ancho m





- **Resultados a Mediano plazo:**

Tanto las mediciones realizadas y las VDL calculadas son registrados cronológicamente hasta fin de los días de la cimbras lo que nos permitirá entender el comportamiento de las cimbras y el efecto de las medidas de control tomadas, en función de sus factores influyentes.

Instrumentación

Los equipos utilizados para el monitoreo de la convergencia de las cimbras son:

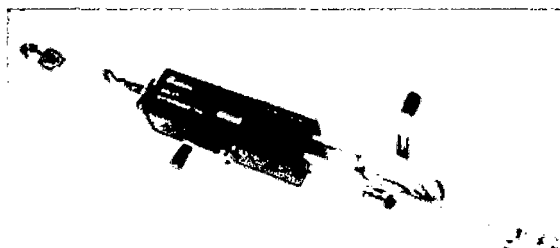
TAPE EXTENSOMETER THE GEOKON/EALEY MODEL 1610.

- Precisión = $\pm 0.01\text{mm}$.
- Este equipo nos permitirá realizar un monitoreo minucioso en las tres dimensiones (AC, AB, BC) de la cimbra.

EL DISTANCEMETER LÁSER / LEICA DISTO A5

- Precisión de $\pm 2\text{mm}$ y con rango de medición de 0.05-200 metros.
- Este equipo nos permitirá un control con mayor rapidez y con un grado aceptable de precisión. Se usa solo para el control de la dimensión AC.

Figura.3.5: Equipos usado para el control de la convergencia.



Extensometer



Distancemeter



3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

El diseño general viene a ser pruebas en el campo experimental (un mes). Esta estrategia nos permite conocer cómo actúa la roca e influye en las cimbras colocadas anteriormente, en nos hemos basamos para la investigación.

$$ZV : t_0 - t_1 \times 100\%$$

Donde:

- Z V: Grupo Experimental. Rampa 759 negativo
- Z C. Grupo de Control. Rampa 759
- t_0 : Pre Test
- t_1 : Post Test
- y: Manipulación de la Variable Independiente con margen de error de 5% de Z C.

3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA Y MUESTREO:

3.6.1 Población:

Abarca todas las minas mecanizadas, esto por la abertura de la sección de galería que se realiza, es de (4 x 4, 3.5 x 4, etc.). La única forma de controlar dicha sección es con sostenimiento metálico.

La investigación está en Corporación Minera Castrovirreyna S.A. Mina reliquias

3.6.2 Muestra:

Está en Rampa Negativa 759. En nuestro caso el tamaño de la muestra será no probabilística, a lo que se refiere es que las muestras serán basándose en criterio normales tomados en campo, por ser una investigación experimental, sin recurrir al azar, que serán diferenciadas en el costo de producción (soles / tonelada).

3.6.3 Muestreo:

No probabilístico.

3.7 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN:

3.7.1 Técnicas:

Para el presente trabajo de investigación se utilizarán las técnicas de observación, sistema de registros y las muestras. Para analizar los contenidos de los diseños y programas para la optimización de sostenimiento.

3.7.2 Los Instrumentos:

Los instrumentos usados en la presente investigación serán:

- Cálculos.
- Planos
- Extensometro (mediciones de convergencia).
- Bibliografías.
- manuales que nos guiarán en la presente investigación.

3.8 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

Los procedimientos de recolección de datos estarán en función al cronograma establecido del proyecto de tesis.

Cuadro 3.1: Equipos usado para el control de la convergencia.

Actividades	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12
1. Definición del problema de investigación y formulación del plan de tesis.	X				
2. Estudio de campo y toma de datos.		X			
3. Análisis e interpretación de resultados.			X		
4. Elaboración de la tesis.				X	
5. Revisión de Tesis					X



3.8.1 Revisión de datos:

Se realizó a través de fuentes de información aportadas por la empresa, libros especializados de geomecánica, así como datos extraídos de páginas relacionados a geomecánica en internet.

3.8.2 Codificación de datos:

Cuadro 3.2: Equipos usado para el control de la convergencia.

Parámetros	Codificación
Ancho	4.0 m.
Altura	4.0 m.
Tipo	6 H, 4 H
RMR	20
Tiempo de Duración	10 años.

3.8.3 Clasificación de datos: Se clasificara la totalidad de la información según el rubro donde pertenezca mediante al diseño de investigación realizada.

3.8.4 Presentación de datos: Esta se realizara mediante el diseño de cuadros estadísticos, histogramas, cuadros de comparación, etc., que reflejen los resultados obtenidos.

3.8.5 Análisis de datos: Una vez recopilada y registrada la información, se sujetara a un proceso de análisis para que se pueda precisar las causas que llevaron a tomar la decisión de realizar el estudio.

3.9 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS:

- Se utilizara el programa auto cad 2011 para el diseño.
- El programa fase 5.2 (versión 6.0) para la simulación.
- el método de mediciones de convergencia.
- El programa Excel para cálculos de costos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:

4.1.1 EFECTO DE LOS FACTORES INFLUYENTES EN LA DURACIÓN DE CIMBRAS

A. Comparación Entre Cimbras: 6H20 y 4H13

Las Cimbras 6H20 y 4H13 muestra la velocidad de deformación en el lado AB de la labor más alta, podemos afirmar que las mayores velocidades de deformación se producen en las cimbras 4H13 (0.1 cm/día) tanto por presiones laterales como verticales. Las menores velocidades de deformación la presentan las cimbras 6H20 y 4H13 por el lado AC de la labor (0.009 cm/día), Mientras que las cimbras 4H13 presentan velocidades de deformación cercanas de 0.026 y 0.02 cm/día respectivamente.

B. Comportamiento Típico De Las Cimbras 6H20 Y 4H13



El comportamiento típico de las cimbras observamos que, tanto para las cimbras 6H20 como para las cimbras 4H13 muestran un comportamiento muy similar de deformación de las cimbras, que difiere de cada cimbra por las presiones de las rocas, la filtración de agua y disparos masivos de extracción.

Durante el tiempo de vida de una cimbra pasa por 3 etapas:

Convergencia rápida: Causada de presiones iniciales provocadas por redistribución de esfuerzos. Se observan las mayores VDL en las cimbras.

Etapas de Convergencia lenta: Periodo en que la cimbra está estable pero la deformación continua, aunque lenta pero continúa.

Y la etapa en la que se encuentra influenciada por la secuencia de minado. Etapa en la que inicia el colapso de las labores de manera gradual por influencia del método SLC.

De las 3 etapas en la vida de la cimbra la etapa de convergencia rápida es la etapa de mayor importancia ya que en esta se puede optimizar y evaluar (reducir o extender) de manera significativa la vida de las cimbras. Por lo que se realiza su respectivo análisis:

Se ha podido observar que tanto el alcance de la convergencia rápida así como el tiempo de duración dependen directamente de la magnitud de la VDL inicial, que a su vez depende la condición hidrogeológica en la zona de trabajo donde fue instalada la cimbra.

Los resultados obtenidos se muestran en siguiente cuadro resumen 4.1.

Cuadro 4.1: Resumen del alcance de la convergencia rápida en función de la VDL inicial.

Condición De		Velocidad Inicial	Convergencia
Agua	Item	de Deformación	Rápida (cm)
Seco	1	0,05	4,5
	2	0,1	5,0
	3	0,2	6,0



Húmedo	4	0,4	8,0
	5	0,5	9,1
	6	0,8	12,2
	7	1	14,2
Goteo	8	1,5	19,3
	9	2	24,5
	10	3	34,7
Flujo Ligero	11	4	45,0
	12	5	55,3
	13	6	65,5
	14	7	75,8

Cuadro 4.2: Duración de la convergencia rápida en función de la VDL inicial.

Condición De	Item	Velocidad Inicial de Deformación	Tiempo de Convergencia
Agua			
Seco	1	0,05	17,1
	2	0,1	17,3
	3	0,2	17,5
Húmedo	4	0,4	18,1
	5	0,5	18,3
	6	0,8	19,1
	7	1	19,7
Goteo	8	1,5	21,0
	9	2	22,3
	10	3	25,0
Flujo Ligero	11	4	27,7
	12	5	30,3
	13	6	33,0
	14	7	35,7

La información de las tablas 8.3 permite conocer y entender la interacción roca soporte.

C. Inestabilidad de la masa rocosa

Los factores atribuibles a que los problemas de inestabilidad de masa rocosa se acentúen son:

- ✓ La calidad Muy Mala de la masa rocosa mineralizada y calidad Mala de las rocas encajonante.



- ✓ Formación de estratos horizontales y verticales, dificulta tanto en el avance de la rampa como es el sostenimiento en sí. Hemos observado como la labor que estaba en forma de bóveda, por el desbroce y los mismos estratos como están soltándose de su posición
- ✓ Las características de deformación de la masa rocosa del yacimiento, que la tipifican como "rocas de muy alta deformabilidad" ("squeezing rock").
- ✓ Las características expansivas de la masa rocosa del yacimiento ("swelling rock"), principalmente las rocas que tienen alteración argílica (tobas) y en menor grado las que tienen alteración propilítica.
- ✓ La presencia del agua subterránea, que activa el hinchamiento de la roca y produce mayor deformabilidad.
- ✓ De estos factores, solo el agua puede ser controlable, el resto de los factores señalados constituyen condiciones naturales del yacimiento a los cuales debemos adecuar el método de minado.

Dato imp. Para el cuadro.

En la superficie se colocaron geomeembranas en la dirección de la rampa, con canales de coronación alrededor de la geomebrana. La formación de la roca andesita es de carácter raro debido a que está compuesta por rocas tobas, esta va desde la superficie hasta 200 m interior.

Tabla 4.1: Influencia del agua subterránea en el Tiempo de vida de las cimbras. Obtenido a partir de las mediciones.

Caudal Q (l/s)	Descripción	Velocidad Promedio de deformación (cm/día)	Tiempo de vida de las cimbras (meses)
0 - 0,25	Seco	0 - 0,1	> 19
0,25-0,5	Húmedo	0,1 - 0,2	8,5 - 19
0,5 - 1 l/s en 10 m	Goteo	0,2 - 0,5	3 - 8,5
1 - 2,0 l/s en 10 m	Flujo Ligero	0,5 - 3	0 - 3
> 2,0 l/s en 10 m	Flujo Erosivo	> 3	Se debe reducir el flujo

D. Método de minado.

Según las observaciones de campo y la información disponible en los informes de los consultores de la mina Reliquias, los factores que son atribuibles al método de minado son principalmente:



- ✓ Los esfuerzos inducidos por el proceso del minado, que no obstante son de magnitudes relativamente **Altas**, sin embargo vencen a las bajas resistencias de la masa rocosa del yacimiento.
- ✓ El esquema y secuencia de avance del minado. El primero, que tiene que ver entre otros, con la ubicación, forma, tamaño y orientación de las excavaciones y de otros componentes de recuperación de pilares y puentes, perforaciones masivas de los rellenos dejados (método anterior shirikage) El segundo, que tiene que ver con el orden en que es extraído el mineral de los tajeos. Terminado la extracción se rellena con material detrítico.
 - La roca insitu ha tenido dos disparos tanto en el primer método de explotación y en el segundo con recuperación del relleno que se realiza otro disparo para su extracción. .

Las técnicas de perforación y voladura utilizadas, que no están permitiendo una fragmentación homogénea de todo el bloque de minado, lo cual resulta en un flujo no continuo del mineral que influye en el daño a las cimbras y representa situación de riesgo para el personal.

4.2 SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS:

4.2.1 SIMULACIÓN CON LOS DATOS DE CAMPO.

Aplicación Del Programa Phases 2.5 En La Simulación Del Comportamiento De Las Cimbras.

Basado en la convergencia determinada en los modelos fue posible evaluar la dimensión inicial necesaria mínima para Rampa 759 donde el tiempo de vida de la cimbra es inferior al requerido de tal manera que la excavación logre la dimensión final necesaria, sin que la cimbra se rompa.

La dimensión mínima fue considerada 4.0 m.



✓ General

La idea básica fue simular una excavación tan grande que anticipe y nos permita verificar cuanta deformación puede ser esperada.

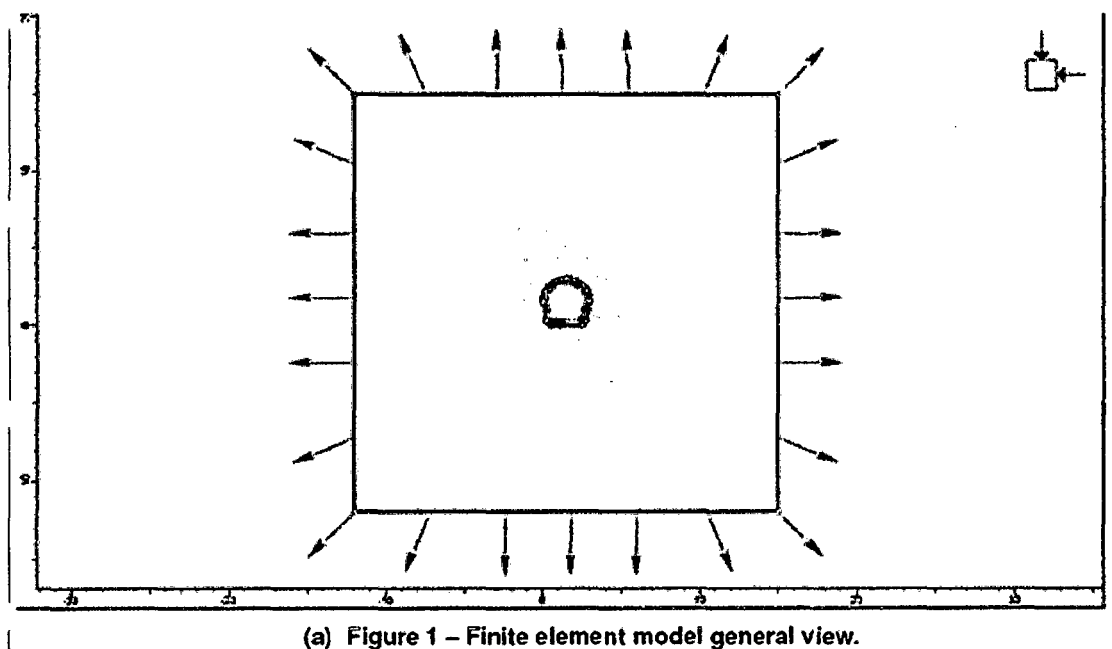
Dos configuraciones geométricas diferentes fueron inicialmente considerados: Rampa de 4.5 x 4.5 m y 4 x 4 m.

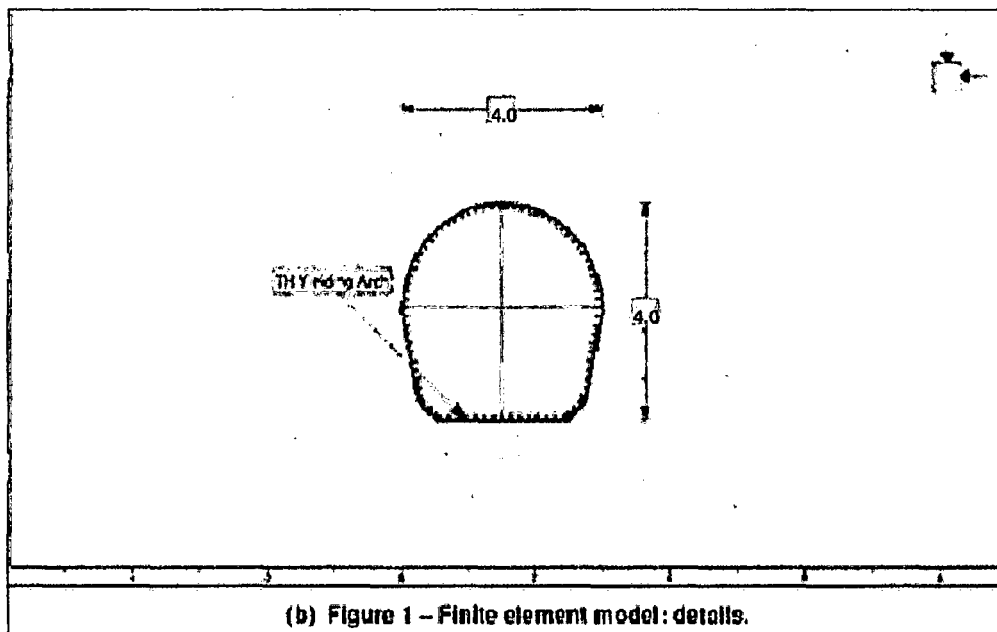
Basados en la convergencia determinada en el modelo fue posible evaluar la dimensión inicial mínima para que la excavación logre una dimensión final apropiada, sin que la cimbra se rompa. La dimensión final considerada fue 3.9 m. ¿Se pueden realizar simulaciones futuras para dimensiones más pequeñas si es necesario?

✓ Análisis numérico

La figura. 4.1(a, b) muestra el modelo de elementos finitos. Esto puede ser notado en la figura. 4.1(a) las condiciones de contorno usando los elementos finitos. En la figura 4.1 (b) los detalles de la sección transversal analizada con cimbra TH.

Figura. 4.1(a, b) muestra el modelo de elementos finitos.





La triangulación por elementos finitos usada fue con 6 (interpolación cuadrática) para modelar la masa rocosa (Andesita) y elementos unidimensionales con flexural rigidity (beam elements) para modelar la cimbra.

Las propiedades de la Andesita, considerado como un material elastoplástico perfecto, pueden ser vistas en la tabla 4.1 Los mismos que fueron usados en los análisis del 2011/2012.

Tabla 4.2 Las propiedades de la Andesita

c (MPa)	0.19
$c_{residual}$ (MPa)	0.19
ϕ (°)	31.4
$\phi_{residual}$ (°)	31.4
α_1 (MPa)	0.0677
γ (MN/m ³)	0.027
E (GPa)	0.5478
ν	0.3
ψ (°)	0



Tabla 4.3 Propiedades Mecánicas de la masa rocosa en las diferentes zonas

E (GPa)	210
ν	0.25
σ_t (MPa)	550
σ_c (MPa)	550
Width of steel set (mm)	124
Height of steel set (mm)	108
Weight (kg/m)	21

1	Ser rígidas y muy fuertes para soportar el peso del concreto.
2	Ser herméticas y evitar los escurrimientos.
3	Ser de fácil desmolde para no dañar al concreto y además que permitan reutilizar la misma cimbra.
4	La cimbra debe de ajustarse a la forma, dimensiones, niveles, alineamientos y acabado.
5	La obra falsa, debe estar contra venteada para garantizar su seguridad, forma, ubicación y rigidez.

El modelo computacional fue desarrollado en 4 etapas: (1) Aplicación de la carga debido al estado *in situ* de esfuerzos (gravitacional e hidrostático) (2) Simulación de una condición equivalente al frente de la explotación y extracción; (3) simulación de la condición al momento de la instalación de la cimbra 6H20, 1m a mt. y (4) situación final después de la convergencia total de la sección sostenida y movilización de la reacción completa del soporte cimbra.

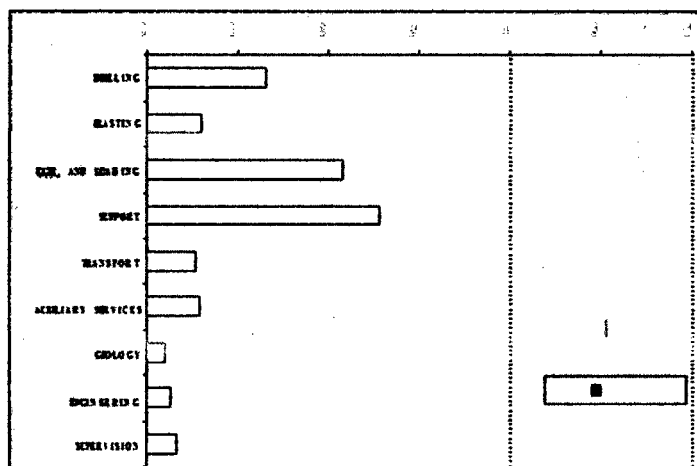
Para representar las etapas (3) y (4), presiones internas fueron aplicadas a la superficie de excavación. Con valores equivalentes a una restricción existente para la convergencia de la Rampa.



4.2.2 Análisis de Costos:

A continuación mostramos detalles de los costos de mina.

Figura 4.2: Detalle de los costos de mina año 2011 (para un mes)



Los principales insumos utilizados para el sostenimiento en la mina Reliquias son:

Cuadro 4.4 Precio de los insumos al 2011 en el PU de M. Reliquias.

DESCRIPCION	US\$	UNID.
	450,6	
CIMBRA 4H13" 4.5m x 4.5m	455,5	POR JUEGO
CIMBRA 6H20" 4.0m x 4.0m	440,00	POR JUEGO
CIMBRA 6H20" 4.5m x 4.5m	445,50	POR JUEGO

4.3 PRUEBA DE HIPOTESIS

H_0 : La evaluación del diseño con cimbras no mejorará significativamente el sostenimiento en la rampa (-) 759 - Corporación Minera Castrovirreyna S.A.

H_1 : La evaluación del diseño con cimbras mejorara significativamente el sostenimiento en la rampa (-) 759 - Corporación Minera Castrovirreyna S.A.

Por lo que el nivel de significancia será:



$$\alpha = P \frac{\text{(Rechazar } H_0)}{\text{(} H_1 \text{ es cierta)}}$$

El nivel de significancia será: $\alpha = 0.05$

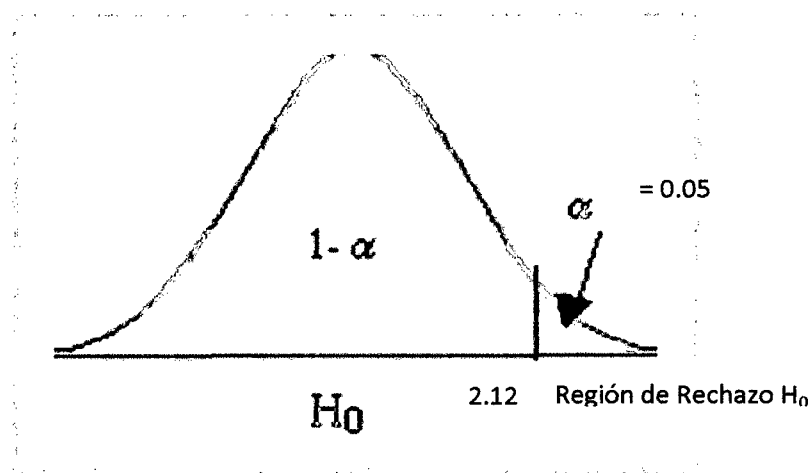
Grado de libertad = $N - 1$

Buscando a 5% de significancia y 16 grados de libertad en la prueba "t" de Student se tiene que los puntos críticos o "t" teórica es igual a 2.12; por lo tanto (Según tabla):

Valor crítico: 2.12

Contraste unilateral: Cola a la derecha

Figura 4.3 Contraste unilateral



$$H_0 = \theta \leq \theta_0$$

Aceptar H_0 si: $-2.12 < t_c < 2.12$

Rechazar H_0 si: $t_c \leq -2.12$

Rechazar H_0 si: $2.12 \leq t_c$

4.3.1. Cálculo del estadístico de prueba:

El estadígrafo de prueba más apropiado para este caso es la Prueba t, ya que el tamaño de la muestra es menor que 30 ($n < 30$) y como en la hipótesis alterna



(H1) existe una posibilidades ($H_1: \mu_1 > \mu_2$) se aplicó la prueba lateral, o sea de una cola.

Tabla 4.4 Muestreo para la T studem

1- α

n	0,55	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
13	0.128	0.259	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771
14	0.128	0.258	0.537	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761
15	0.128	0.258	0.536	0.692	0.866	1.074	1.341	1.753

σ (desviación típica de las muestras en comparación)

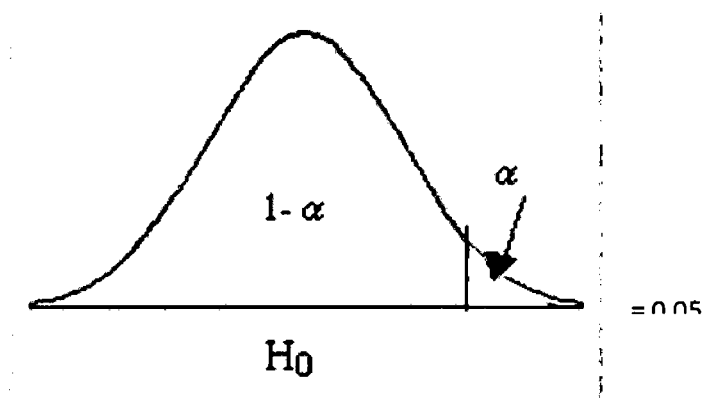
Q (ks)	B/SI/1.6H2O	C/SI/1.6H2O	2-3 C/SI/0.5.6H2O	2-4 C/C1/1.6H2O	3-5 C/C1/0.5.6H2O	2-6 C/SI/1/THN-29
0 - 0.25						
0.25 - 0.5			0.03	0.04	0.03	0.03
0.5 - 1.0						

t de Student

Q (ks)	B/SI/1.6H2O	C/SI/1.6H2O	C/SI/0.5.6H2O	C/C1/1.6H2O	C/C1/0.5.6H2O	C/SI/1/THN-29
0 - 0.25						
0.25 - 0.5			2.47	1.23	1.01	2.63
0.5 - 1.0						

$$t_c = \frac{X}{\sqrt{S^2}} \sqrt{n_1}$$

$$t_c = 3.66$$





4.3.2 Decisión Estadística:

Donde $t_{\alpha/2}$ es el valor crítico de la distribución t de Student para un nivel de significancia α .

tercer caso donde ($2.12 \leq t_c$), en consecuencia se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

4.3.3 Conclusión Estadística:

Se ha demostrado con un nivel de significancia del 5% y la prueba "t" de Student y el 95 % de grado de certeza que evaluación del diseño con cimbras mejorara significativamente el sostenimiento en la rampa (-) 759 - Corporación Minera Castrovirreyna S.A.

4.4 DISCUSION

- La **Tabla 4.1**, indica el resumen de los alcances de las medidas de convergencia rápida en función de la vida de deformación inicial tomadas en el campo de acuerdo a la condición de agua.
- En la **Tabla 4.2**, se tiene un cuadro de duración de convergencia rápida en función a la velocidad de deformación inicial con respecto al tiempo de convergencia.
- En la **Tabla 4.3**, se puede analizar la influencia del agua subterránea en el tiempo de vida de las cimbras obtenidos a partir de las mediciones.
- En la figura **a**, se tiene la simulación del uso de las cimbras utilizando el modelo de los elementos finitos.
- En la Figura **b**, se tiene la simulación de los detalles de la sección transversal analizadas en las cimbras metálicas.
- La **Cuadro 01**, se tiene las propiedades mecánicas de la masa rocosa en la zona Pasteur tomadas a diferentes niveles.
- En la **Cuadro 02**, se tiene las características mecánicas de las cimbras que se utilizaron para hacer los análisis de convergencia.
- En la figura **4.1**, son los detalles de los costos directos que serán los gastos de cada área de trabajo durante el año 2011, considerando los gastos para cada mes.



- En la Cuadro **03**, son los precios unitarios de las cimbras considerados para el 2012 dentro de los costos directos, que se usan de acuerdo a los concesionarios de cada tipo de cimbra.
- En el Grafico **01**, se indica la prueba de hipótesis a un nivel de significancia de 5% y 16 grados de libertad en la prueba "t" de Student los valores de los puntos críticos o "t" teórica que es igual a 2.12; por lo tanto (Según tabla): Valor crítico: 2.12 y -2.12.
- En el **Grafico 02**, representa el estadígrafo de prueba unilateral, de la región crítica con los valores de la t calculada ($t_c = 3.66$) y la t teórica ($t = \pm 2.12$), en consecuencia se rechaza el H_0 con un nivel de significancia de 5%.

CONCLUSIÓN

- La metodología de diseño de mejor aplicabilidad a la Mina Corporación Castrovirreyna S.A. es la de Cernal Biron.
- Para lograr nuestro objetivo del diseño con cimbras en optimizar el sostenimiento requirió de un proceso secuencial que nos llevó a:
- Identificar los factores influyentes que lo afectan, tales como la secuencia de minado y el agua subterránea para las cuales se tomaron medidas de control.
- Evaluar y seleccionar las cimbras: Conocer el comportamiento de las cimbras frente a las presiones del terreno bajo diferentes condiciones de instalación (tipo de cimbras, con invert o sin invert e intermediado).
- Realizar un proceso de selección de las cimbras a usar: La cimbra rígida es la que fue aspectada debido a su costo y su capacidad de sostenimiento
- Cimbra 6H20: En la zona A (Zona Pasteur) se armaron con dichas cimbras debido a las dificultades operativas durante la extracción de mineral, situaciones hidrológicas y la muy mala calidad de roca.
- Cimbra 4H13: En la Zona Pasteur se intercalan con las cimbras 6h20 esto con necesidad de ver los costos.
- Cuantificar el beneficio de los accesorios usados para el control de las altas presiones. Tales como el Invert, mediciones de convergencia y el intermediado de cimbras.
- Establecer un criterio estándar para el uso de las cimbras según la zona a sostener, el modelo y tipo de viga, que por la relación beneficio costo nos garantice un sostenimiento óptimo.
- Establecerla medición de convergencias como método de evaluación y análisis del comportamiento de las cimbras, que nos permita predecir el tiempo de vida de las cimbras y la efectividad de las medidas de control tomadas, frente a las deformaciones aceleradas de las cimbra

- La cuantificación de la medida de convergencia rápida de las cimbras mediante el análisis de los datos de campo, ha sido comparada con la convergencia máxima que puede ser alcanzada en su tiempo de vida de una cimbra.
- Por último, no debemos olvidar que el mejor sostenimiento no es el más caro ni el que mejor acero tenga, sino el que más se adecua a las condiciones presentes del terreno y debe responder a variables técnicas y económicas, garantizando la vida útil que le ha sido asignado a la labor minera. Es decir, el necesario y suficiente para obtener una labor segura y confiable considerando todos los parámetros que originan nuestro método de explotación.

RECOMENDACIONES

Las cimbras 6H20 instaladas en la zona Pasteur de la Mina Corporación Castrovirreyna S.A es generalmente buena por las condiciones mencionadas, es lenta su deformación que las 4H13 debido su resistencia.

Al momento de instalar las cimbras rígidas se debe tener en cuenta, la disposición de los pies de los cuadros que pueden ser verticales. Ligeramente convergentes o ligeramente divergentes.

- El uso de la metodología de Cemal Biron es más recomendable en Corporación Castrovirreyna S.A. porque es más analítica y detallada, que la metodología de Terzaghi y Protodyakonov estos métodos son más usados en túneles.
- actualmente se ha recomendó a la Compañía la implementando de secuencia de minado estandarizado el cual permite minar en varios subniveles en simultáneo.
- Por esta razón de lluvia en los meses de invierno se recomendó realizar una serie de trabajo de cunetas de coronación en los bordes del área en subsidencia para reducir el ingreso de agua interior donde están las labores.
- Las cimbras 6H20 son mejores que las cimbras 4H13 y su costo no difiere mucho, domando esa consideración se recomendación solo el uso de las cimbras 6H20.
- Tener presenta las mediciones de convergencia. En cada cimbra para tener el conocimiento de cuanto ha disminuido la sección de la rampa.
- Ver continuamente el estándar en la colocación de las cimbras para un sostenimiento óptimo.
- Se recomienda seguir las capacitaciones al personal para tener en consideración las mediciones de convergencia, comportamiento de las cimbras que permita predecir su tiempo de que labora en vida.

- Considerando los análisis de campo y la simulación se pudo optimizar el sostenimiento con cimbras en Mina Corporación Castrovirreyna S.A. Para poder ilustrar esta optimización se presenta al final del trabajo un análisis de costo en el sostenimiento de la Rampa 759 (-) Zona Pasteur.

ANEXOS

14

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA Y TIPO DE VARIABLE

DISEÑO CON CIMBRAS PARA MEJORAR EL SOSTENIMIENTO EN LA RAMPA (-) 759 - CORPORACION MINERA CASTROVIRREYNA S.A.

PROBLEMA	Objetivo	Hipótesis y Variables	Metodología
Problema General: ¿COMO INFLUYE LA EVALUACIÓN DEL DISEÑO CON CIMBRAS PARA MEJORAR EL SOSTENIMIENTO EN LA RAMPA 759 (-) CORPORACION MINERA CASTROVIRREYNA S.A.?	Objetivo General: Determinar la evaluación del diseño con cimbras para mejorar el sostenimiento en la rampa (-) 759 - Corporación Minera Castrovirreyna S.A. Objetivo Específico: ✓ Aplicar la metodología del diseño de sostenimiento con cimbras que más se ajuste a la realidad de la MINERA CASTROVIRREYNA. ✓ Estandarizar las labores con cimbras metálicas y tener como ciclo operativo de trabajo. ✓ Establecerla medición de convergencias como método de evaluación y análisis del comportamiento de las cimbras, que nos permita predecir el tiempo de vida de las cimbras y la efectividad de las medidas de control tomadas, frente a las deformaciones aceleradas de las cimbras. ✓ Las condiciones geomecánica del terreno, hidrológica y factores influyentes.	Hipótesis General H₁: La evaluación del diseño con cimbras mejorara significativamente el sostenimiento en la rampa (-) 759 - Corporación Minera Castrovirreyna S.A. H₀: La evaluación del diseño con cimbras no mejorará significativamente el sostenimiento en la rampa (-) 759 - Corporación Minera Castrovirreyna S.A. Variables Variables Independiente: X: La evaluación del diseño con cimbras. Variables Dependiente: Y: Para su mejorar el sostenimiento de la rampa (-) 759 Zona Pasteur	Tipo de investigación: Aplicada. Nivel de Investigación: Explicativo, Descriptivo Método de Investigación: Experimental. Diseño de Investigación: Pre – experimental Población, Muestra y Muestreo Población: Corporación Minera Castrovirreyna S.A. Muestra: Rampa Negativa 759. Muestreo: no probabilístico. Técnicas y Instrumentos de Recolección de Datos Para el presente trabajo de investigación se utilizaran las técnicas de observación, sistema de registros y las muestras a fin de analizar los contenidos de los diseños y programas para la optimización. Los instrumentos usados en la presente investigación serán cálculos, planos, bibliografías, manuales que nos guiaran en la presente investigación. Técnicas Estadísticas de Análisis de Datos Programa auto cad, programa fase, programa Excel y método de medidas de convergencia.

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA
Variable independiente	X1: Aplicando el diseño con cimbras	CEMAL, Birön y ERGIN, Arioglu, <i>Diseño de Cimbras en minas: ademes de acero para los túneles</i> , 1ra ed., Mexico, Limusa, 1987. Del departamento de Ingeniería de minas Universidad Técnica de Estambul. Noriega Editores Editorial Limusa.	Viene a ser modificación del sostenimiento de zona Pasteur con cimbras, 4H13 y 6H20 ejecutando el sostenimiento con estudios de masa rocosa, factores hidrológicos y ciclo de minado.
Variable dependiente	Y1: mejorara óptimamente el sostenimiento en rampa (-) 759	BELTRAN VILLANUEVA, Rudy, <i>Sostenimiento en rocas expansivas y deformables</i> , Perú, Trujillo, 6to Congreso Nacional de Minería, 2006, p 7.	Un buen sostenimiento en rocas muy malas como la rampa (-) 759 involucra directamente a cada uno de los trabajos secuenciales necesarios para el funcionamiento de la Mina.

ANEXO 02: TABLA GSI DE CORPORACION MINERA CASTROVIRREYNA S.A.

FORMULARIO DE REGISTRO DE DATOS

LABORIO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 AV. 100-0-444
 AV. 100-0-444

A DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
B DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
C DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
D DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
E DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

CONDICIÓN SUPERFICIAL

A SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
B SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
C SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
D SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
E SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS

CONDICIÓN SUPERFICIAL

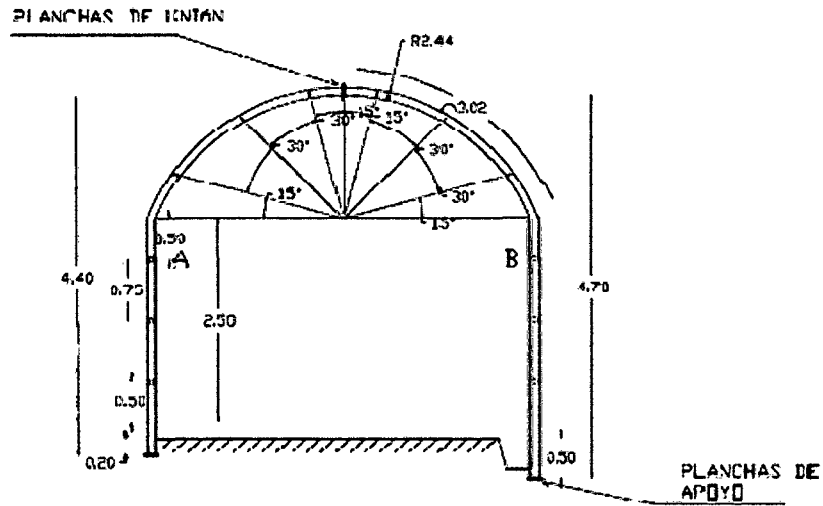
A SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
B SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
C SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
D SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
E SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS

CONDICIÓN SUPERFICIAL

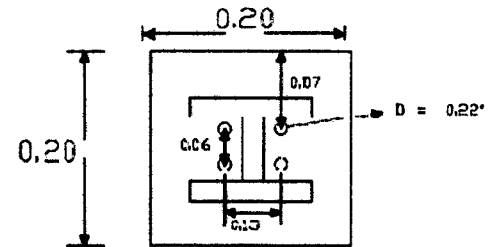
A SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
B SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
C SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
D SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS
E SUPERFICIE DE LAS DISTRIBUCIONES DE LOS RECURSOS

ANEXO 03: DISEÑO DE CIMBRAS

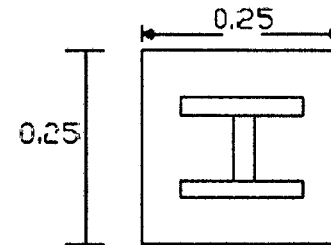
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



- PLATINAS EN LAS UNIONES DE LAS PIEZAS



- PLATINAS PARA LAS BASES



CIMBRAS DE 2 PIEZAS

COMPONENTES

- PIEZA '4' VERTICAL DE 4,40 m
- PIEZA 'B' VERTICAL DE 4,70 m

ELEMENTOS

- DISTANCIADORES DE 12 m DE FIERRO CORRUGADO DE 3/4 PULG Ø

[illegible]

 CORPORACION MINERA CASTROVIRREYNA	ESTANDAR		UNIDAD MINERA RELIQUIAS
	SOSTENIMIENTO CON CIMBRA		
	AREA: Geomecánica	VERSION: 001	
	CODIGO: Gem-001	PAGINA: 1-1	

1. OBJETIVO

Normar los trabajos de colocación de Cimbra como sostenimiento para estabilizar el terreno y garantizar la operación.

2. ALCANCE

A todos los trabajadores mineros, especialmente a los maestros que ejecutan esta actividad dentro de la Unidad Minera San Genaro.

3. REFERENCIAS LEGALES Y OTRAS NORMAS

- 3.1 Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional DS. N° 055-2010-EM.
- 3.2 Reglamento Interno de Seguridad y Salud Ocupacional.

4. ESPECIFICACIONES DEL ESTÁNDAR

4.1 De la labor al personal:

- 4.1.1. La zona debe ser inspeccionada por el jefe de mina, el ingeniero Geomecánico y el residente de la contrata que efectuara el trabajo, el Geomecánico determinara el tipo y la distancia de colocado de las cimbras.
- 4.1.2. Se requiere 03 personas como mínima para realizar el trabajo, y deben contar con el equipo de protección personal (EPP).
- 4.1.3. Disponer de herramientas a disposición.
- 4.1.4. Condición del terreno sea extremadamente pobre con RMR menores de 35, zonas de colapsos, cruces de falla, contactos de materiales fluyentes (arenas, lodos, etc.), tejeos vacíos y en tramos con calidad de roca inferior a IF/P.

 CORPORACION MINERA CASTROVIRREYNA	ESTANDAR				UNIDAD MINERA RELIQUIAS
	SOSTENIMIENTO CON CIMBRA				
	AREA:	Geomecánica	VERSION:	001	
	CODIGO:	Gem-001	PAGINA:	1-1	

4.1.5. La labor debe estar desatada, iluminada y ventilada.

4.2 De los arcos de acero y su instalación:

- 4.2.1 Los arcos de acero podrán ser de viga 4H13 o 6H20, de dos o tres cuerpos (con la unión en la corona).
- 4.2.2 El ingeniero geomecánico será el encargado de decidir el tipo de cimbras y espaciado de acuerdo a la calidad de roca y condiciones del terreno.
- 4.2.3 La instalación de las cimbras debe hacerse con la ayuda de un andamio específicamente para los trabajos en la corona (encribado).
- 4.2.4 Instalar las patas de las cimbras 0.20 m. por debajo del nivel del piso.
- 4.2.5 Las cimbras deben estar lo más perpendicularmente posible, alineadas y niveladas con la labor, de acuerdo a la línea de gradiente se debe utilizar un nivel o clinómetro.
- 4.2.6 Entre dos juegos de cimbras deben colocarse los espaciadores (tirantes) y los topes.
- 4.2.7 Las cimbras se usaran solo para las labores Permanentes.

4.3 Del muro de concreto, el enrejado y el tope:

- 4.1.6. Entre las cimbras se debe vaciar un muro de concreto de 1.50 m. de altura (desde la base de la cimbra 0.20 m.), 0.15 m. de ancho y el largo según el espaciamiento de las cimbras.
- 4.1.7. Al inicio y al final del armado de cimbra se debe sobresalir 0.30m. (para que actúe como defensa contra los choques).
- 4.1.8. Se utilizara una dosificación de concreto de 175 kg/cm². Para el llenado de los muros (7 bolsas de cemento x m³ de agregado).
- 4.1.9. Las cimbras son enrejadas con redondos de 5" – 6" de Diámetro, o como también con planchas acanaladas metálicas de 3 mm. de espesor y con una abertura máxima de 5 cm. entre planchas estas planchas deben ser soldadas.
- 4.1.10. El encribado de las cimbras se hará con bolsacret (en proporción de arena/cemento de 30 palanas de arena x 1 de cemento), y si la

PREPARADO POR	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
MSc. ERNESTO LOPEZ P. Jefe del departamento de Geomecánica.	ING. ROBERTO TORRES SUPERINTENDENTE DE COSTOS Y PLANEAMIENTO	ING. EVER PONCE GERENTE DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	ING. DANIEL BRIONES GERENTE DE OPERACIONES
FECHA DE ELABORACION: 27-11-2011			FECHA DE APROBACIÓN: 14-12-2011

abertura es muy alta se empleara sobre cuadros.

- 4.1.11. Las cimbras deben estar en contacto con la roca mediante las bolsacret para que los esfuerzos se puedan distribuir a lo largo de todo el perímetro de las cimbras y obtener mayor resistencia.

5. RESPONSABLES.

- 5.1 Supervisor.
- 5.2 Ingeniero Supervisor.
- 5.3 Ingeniero Residente.
- 5.4 Ingeniero Geomecánico

6. REGISTROS, CONTROLES Y DOCUMENTACIÓN.

- 6.1 Uso del IPER y verificación de labor en el Check List de operación mina.
- 6.2 Cumplimiento de PETS para dicha actividad.

7. FRECUENCIA DE INSPECCIONES.

Cada vez y durante el desarrollo de la actividad por los responsables

8. EQUIPO DE TRABAJO.

- 8.1 Maestro.
- 8.2 Ayudante.
- 8.3 Supervisor.
- 8.4 Ingeniero Supervisor.
- 8.5 Ingeniero Residente.
- 8.6 Ingeniero Geomecánico.

9. REVISIÓN Y MEJORAMIENTO CONTINUO.

Cada vez que se cambie las condiciones de trabajo.

PREPARADO POR	REVISADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
MSc. ERNESTO LOPEZ P.	ING. ROBERTO TORRES	ING. EVER PONCE	ING. DANIEL BRIONES
Jefe del departamento de Geomecánica.	SUPERINTENDENTE DE COSTOS Y PLANEAMIENTO	GERENTE DEL PROGRAMA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	GERENTE DE OPERACIONES
FECHA DE ELABORACION:			FECHA DE APROBACIÓN:
27-11-2011			14-12-2011

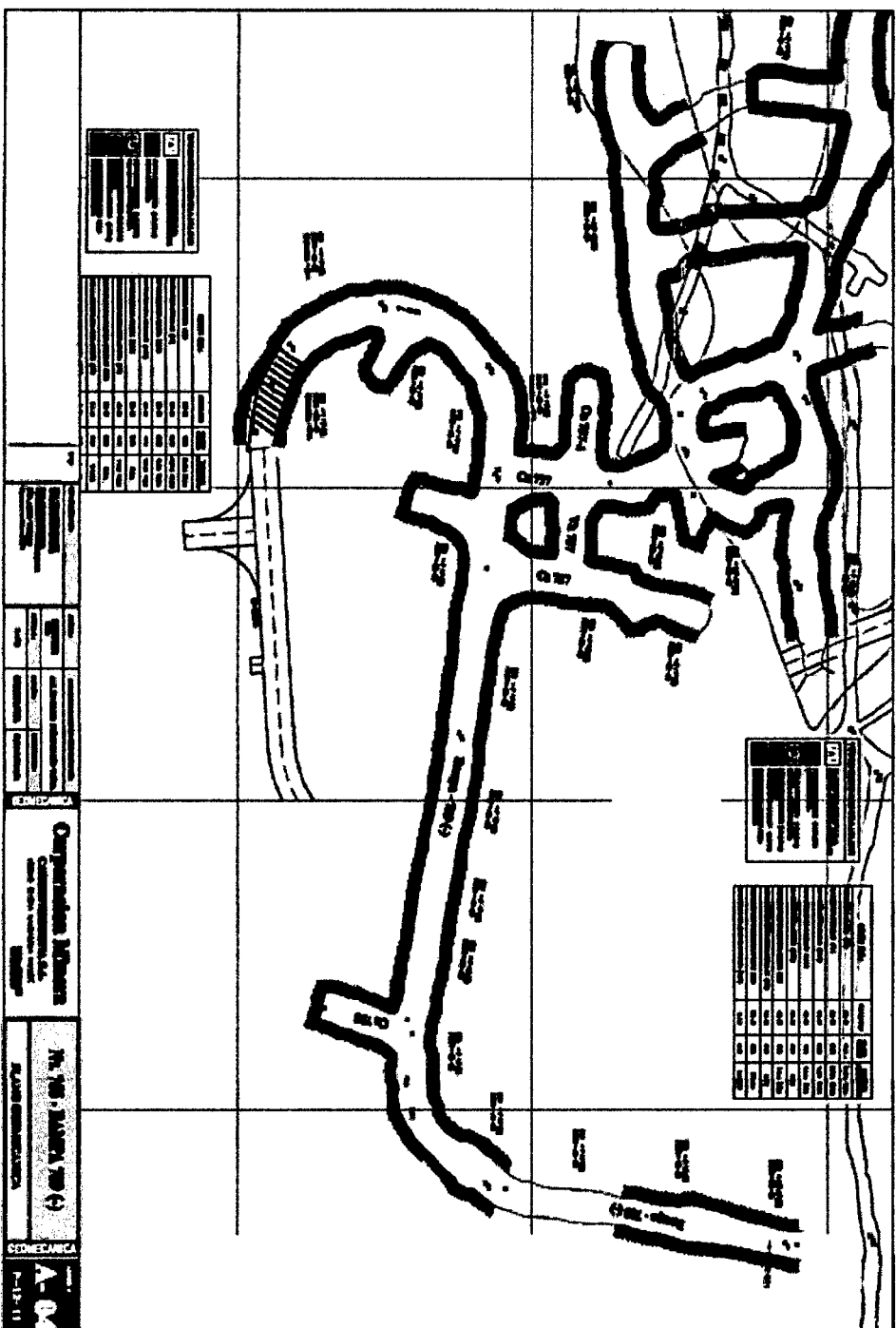
7

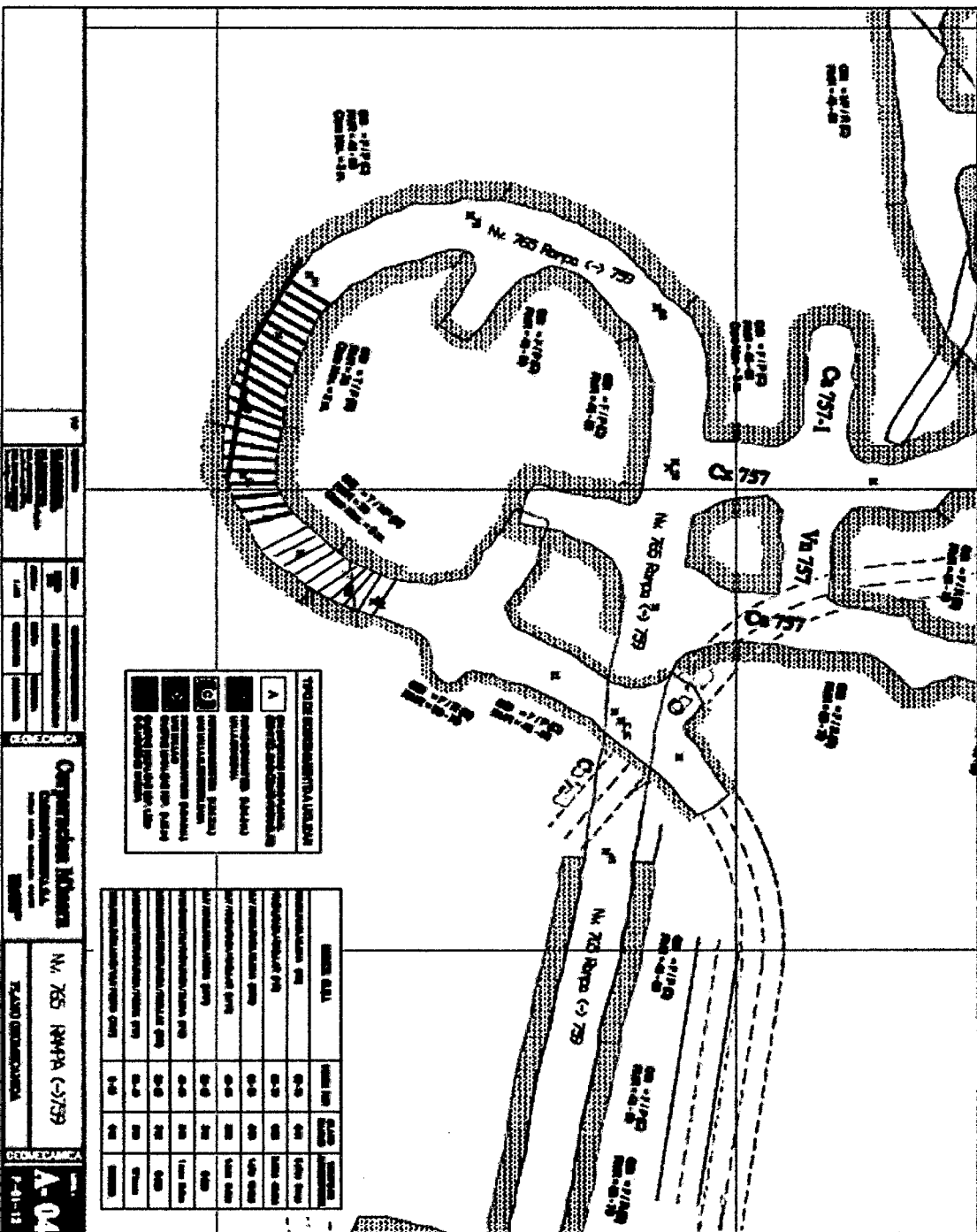
ANEXO 04: PARAMETROS DE MACIZO ROCOSO Y CIMBRA

ZONA	Resistencia Compresiva (R. intacta) (Mpa)	PARÁMETROS DE MACIZO ROCOSO								
		Resistencia Compresiva (MPa)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Cohesión C (Mpa)	Ángulo de fricción (°)	Módulo de deformación Emr - (GPa)	Relación de Poisson	Roc Lab		
								mb	s	a
A	35	0,843	0,015	0,286	22	2,5	0,28	0,244	0,00001	0,575
B	25	0,166	0,004	0,145	12	0,87	0,3	1,494	0,0002	0,524
C	15	0,01	0,0003	0,02	8	0,19	0,35	2,405	0,0009	0,511

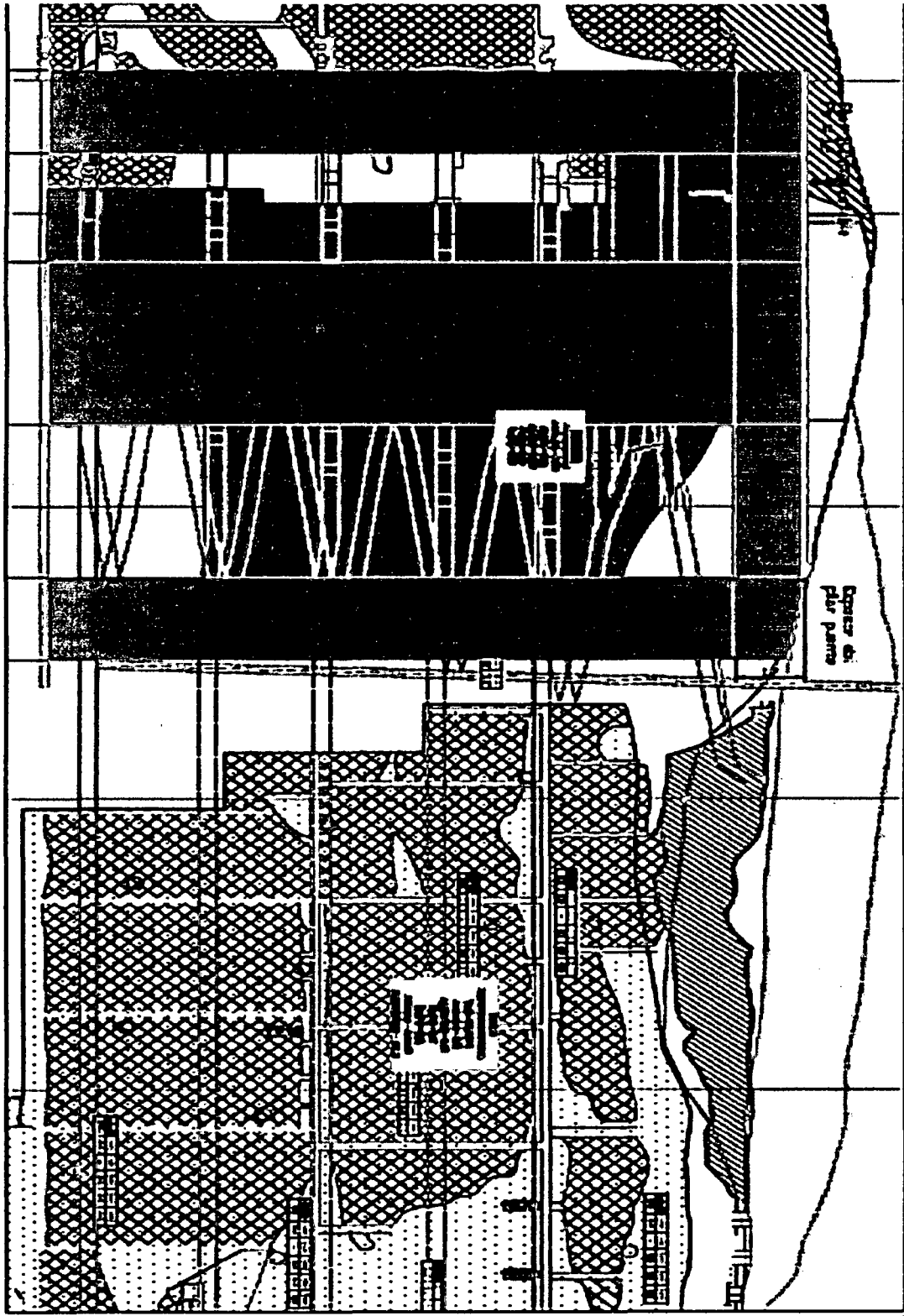
TIPO	PARÁMETROS DE LAS CIMBRAS						
	Resistencia Compresiva (MPa)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Módulo de deformación Emr - (GPa)	Relación de Poisson	Area	Momento de inercia	Traslape
					(m2)	(m4)	
6H20	550	550	210	0,25	0,00375	0,00001706	0%
4H13	550	550	210	0,25	0,00243	0,00000466	0%
THN-29	550	550	210	0,25	0,0037	0,000007	6%
THN-21	550	550	210	0,25	0,0027	0,000003	6%

ANEXO 05: PLANOS GEOMECANICOS DE LA ZONA DE PASTEUR





Organización Militar
Comando en Jefe
Estado Mayor
N. 755 RMA (-) 759
PLAN GEOGRAFICO
A-04
7-41-13



INSTALACION DE CIMBRAS DE 4 m x 4 m

PARTIDA :	Cimbras 4X4	Longitud barra:	1.829	6.000	mt : pie
Unidad de Medida:	Unidad	Longitud efectiva:	0.914	3.000	mt : pie
		No taladros perforados :	3		Taladros
TPO DE ROCA:					
DUREZA DE LA ROCA::					
Nº Cimbras / Guardia	1.0 Unidades	Horas por guardia :	8.00		Hr / guardia
ELABORADO POR :	La Quinta Montana	Beneficios Sociales:			Obrero
PROYECTO	Cia Catrovirreyna				Empleados
		Tipo de Cambio :	1.00		Soles/US\$

ITEM	DESCRIPCION	Cantidad	Jornal	% Incid.	Jornal + BBSS	Parcial	Subtotal	TOTAL SI.
1.00	MANO DE OBRA		Soles			US\$		
	Operario Cimbreiro	1.0	38	100%	79.94	79.94	79.94	
	Ayudante Cimbreiro	1.0	35	100%	73.98	73.98	73.98	
	Perforista	1.0	38	75%	79.94	59.96	59.96	
	Ayudante perforista	1.0	35	75%	73.98	55.48	55.48	
	Jefe de guardia	1.0	134	10%	214.14	21.41	21.41	
	Capataz	1.0	60	10%	123.69	12.37	12.37	
	Bodeguero	1.0	35	15%	73.98	11.10	11.10	
		3.9				314.24		314.24
	DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	% Incid.	Pu (US\$)	Parcial	Subtotal	
2.10	MATERIALES.							
	Barilla de acero de 8"	0.0	mp	100%	1.23	-	-	
	Barilla de acero de 6"	0.0	mp	100%	1.12	-	-	
	Barilla de acero de 4"	2.7	mp	100%	0.89	2.44	2.44	
	Acero de perforacion	0.10	gal	100%	24.72	2.47	2.47	4.91
2.30	IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS							
	Implementos de Seguridad	3.85	Und	100%	8.11	31.23	31.23	
	Herramientas - Soldaduras	6.0%	%mo	100%	314.24	18.85	18.85	50.08
3.00	EQUIPOS							
	Perforadora Jackleg	9.0	pp	100%	0.35	3.12	3.12	3.12
	COSTO DIRECTO							372.36
	Costos Fijos			28.2%				105.02
	Gastos Generales							0.00
	Utilidad			10.00%				37.24
	Imprevistos							0.00
	COSTO INDIRECTO							142.26
	COSTO TOTAL	SI.	Unidad					514.61



Instalación de Cimbras de 4 m x 4 m

2

Sistema 14x7				Equipo	Jackleg
PARTIDA:	Cimbras 4X4	Longitud barra:	1.83	6.00	mt : pie
Unidad de Medida:	Unidad	Longitud efectiva:	0.91	3.00	mt : pie
		No taladros perforados :	3		Taladros
TIPO DE ROCA:	8				
DUREZA DE LA ROCA::					
N° Cimbras /Guardia	1.0 Unidades	Horas por guardia :	10.00		Hr / guardia
ELABORADO POR :	COPSEM E.I.R.L.				
PROYECTO	San Genaro				

ITEM	DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	% Incid.	Jornal + BBSS	Parcial	Subtotal	TOTAL S/.
1.00	MANO DE OBRA							
	Operario Cimbrero	1.50	Tarea	100%	99.01	148.51	148.51	
	Ayudante Cimbrero	3.00	Tarea	100%	80.21	240.63	240.63	
	Perforista	1.00	Tarea	10%	88.57	8.86	8.86	
	Ayudante perforista	1.00	Tarea	10%	80.21	8.02	8.02	
	Jefe de guardia	1.00	Tarea	10%	249.90	24.99	24.99	
	Capataz	1.00	Tarea	10%	130.34	13.03	13.03	
	Bodeguero	1.00	Tarea	10%	84.39	8.44	8.44	
		6.25						565.61
	DESCRIPCION	Cantidad	Unidad	% Incid.	PU (S/.)	Parcial	Subtotal	
2.00	MATERIALES.							
	Barilla de acero de 8'	-	mp	100%	0.99	-	-	
	Barilla de acero de 6'	-	mp	100%	0.96	-	-	
	Barilla de acero de 4'	2.74	mp	100%	0.72	1.98	1.98	
	Brocas descart. 38 mm	2.74	mp	100%	0.55	1.52	1.52	
	Aceite de perforacion	0.10	gal	100%	22.25	2.22	2.22	5.72
3.00	IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS							
	Implementos de Seguridad	6.25	Und	100%	7.30	45.63	45.63	
	Herramientas - Soldaduras	5.0%	%mo	100%	565.61	28.28	28.28	73.91
4.00	EQUIPOS							
	Perforadora Jackleg	9.0	pp	100%	0.31	2.81	2.81	2.81
	COSTO DIRECTO							648.04
	Costos Fijos							111.64
	Gastos Generales							130.22
	Utilidad		10.00%					64.80
	Imprevistos		0.00%					-
	COSTO INDIRECTO							306.67
	COSTO TOTAL	S/.	Unid.					954.71

ANEXO 07: Fotos del tipo de cimbra

