

39 29.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE PROCEDIMIENTOS
CONSTRUCTIVOS PARA LUMBRERAS EN ROCA.

T E S I S
Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a
CRISTOBALITO CRUZ LAZARO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

México, D. F.

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TEMA:

**ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE PROCEDIMIENTOS
CONSTRUCTIVOS PARA LUMBRERAS EN ROCA**

CAPITULOS:

- I INTRODUCCION
- II PROBLEMAS GEOLOGICOS Y SISTEMAS DE SOPORTE EN
LA CONSTRUCCION DE LUMBRERAS.
- III ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCION.
- IV ANALISIS DE COSTOS.
- V CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.

CONTENIDO

CAPITULO I.

INTRODUCCION

CONCEPTOS GENERALES.

1.1 DEFINICION	6
1.2 USOS COMUNES DE LUMBRERAS	6
1.3 VENTAJAS	8
1.4 INSTALACIONES TIPICAS EN LUMBRERAS	9
1.5 TAMAÑO DE LUMBRERAS	12

CAPITULO II.

PROBLEMAS GEOLOGICOS Y SISTEMAS DE SOPORTE EN LA

CONSTRUCCION DE LUMBRERAS 13 |

11.1 FENOMENOS DE PRESION 15 |

11.2 LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA 16 |

11.3 DISCONTINUIDADES 17 |

11.4 FRACTURAS O DIACLASAS 22 |

11.5 FALLAS 22 |

11.6 CARACTERISTICAS SECUNDARIAS QUE AFECTAN

LA CONSTRUCCION DE UNA LUMBRERA 23 |

11.7 SISTEMAS DE SOPORTE EN LUMBRERAS 26 |

11.8 SISTEMAS DE SOPORTE 27 |

CAPITULO III.

ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCION	11
III.1 EXCAVACION DE LUMBRERA PILOTO	42
III.1.1 ALTERNATIVA NUMERO 1.	
EXCAVACION DE ABAJO HACIA ARRIBA MEDIANTE EL EMPLEO DE UNA PLATAFORMA TREPADORA TIPO ALIMAK Y PERFORADORAS NEUMATICAS O DE PERCUSION	43
III.1.2 ALTERNATIVA NUMERO 2.	
EXCAVACION DE LUMBRERA PILOTO MEDIANTE PLATAFORMA SOSTENIDA CON MALACATE	50
III.1.3 ALTERNATIVA NUMERO 3.	
EXCAVACION DE LUMBRERA PILOTO CON CONTRAPOSERA	57
III.2 EXCAVACION DE LA LUMBRERA A SU SECCION DEFINITIVA	64
III.2.1 ALTERNATIVA NUMERO 1.	
EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN SU ETAPA DE BANQUED CON PLATAFORMA TREPADORA DE ABAJO HACIA ARRIBA	64
III.2.2 ALTERNATIVA NUMERO 2.	
EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN SU ETAPA DE BANQUED POR EL METODO DE TORRE CON MALACATE Y REZAGA POR ABAJO	69

III.3 EXCAVACION A SECCION COMPLETA	73
---	----

III.3.1 ALTERNATIVA UNICA

EXCAVACION A SECCION COMPLETA DE ARRIBA HACIA ABAJO CON REZAGA CON GRUA	
--	--

CAPITULO IV.

ANALIS DE COSTOS	80
IV.1 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA: LUMBRERA PILOTO CON PLATAFORMA TREPADORA	83
IV.2 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA: LUMBRERA PILOTO CON PLATAFORMA SOSTENIDA CON MALACATE	89
IV.3 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA: LUMBRERA PILOTO CON CONTRAPUCEÑA	94
IV.4 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA: EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN SU ETAPA DE BANQUEO CON PLATAFORMA TREPADORA DE ABAJO HACIA ARRIBA	97
IV.5 ANALIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA: EXCAVACION DE LUMBRERAS POR EL METODO DE TORRE CON MALACATE Y REZAGA POR ABAJO	104
IV.6 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA: EXCAVACION A SECCION COMPLETA DE ARRIBA HACIA ABAJO Y REZAGA CON GRUA	109

CAPITULO V.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	116
BIBLIOGRAFIA	121

CAPITULO I

INTRODUCCION.

CAPITULO I

1.- INTRODUCCION.

Es indudable que en épocas actuales, en las cuales, la dinámica del país exige cada vez más de una participación profesional que se integre de una manera responsable y con alta capacidad técnica a la creación de una infraestructura que incida en los factores económicos y sociales del país, la Ingeniería Civil no puede quedarse al margen de esta demanda, por lo que, dado su carácter multifacético en su campo de acción, tiene aun más responsabilidad en cuanto a la especialización necesaria de los Ingenieros en las diferentes áreas que la integran.

La especialización a la que ve obligado hoy en día el Ingeniero Civil, se debe básicamente al desarrollo de la ciencia y la tecnología, cuya gama de conocimientos sobre el análisis de fenómenos naturales, sociales y económicos, son tan bastos que su estudio se restringe al grado de hacerse más particulares y para hacer más factible su estudio, es necesaria su especialización.

Al hacer referencia a una de las áreas que competen a la Ingeniería Civil, se tiene el caso de la construcción,

la cual se subdivide a su vez en diferentes áreas como la construcción pesada cuyo conocimiento resulta sumamente importante para analizar una obra cual quiera, de esta manera se desprende la particularidad en cuanto a la gama de maquinaria existente en el mercado que permite al ingeniero elegir previo análisis la maquinaria que se adapten a los requerimientos de su obra. Complementando lo anterior, se especifica que el ingeniero debe resaltar su preparación e inventiva para generar diversas alternativas de procedimientos constructivos y de análisis que permitan tener una visión mas amplia, cuya finalidad será la optimización conjunta de los recursos humanos, técnicos y económicos.

De lo anteriormente descrito, resulta en mayor importancia, la generación de diversas alternativas constructivas que respondan, a su vez, a los lineamientos necesarios a seguir, para adecuarse a las demandas de optimización de recursos y, sabiendo de antemano la magnitud de una obra, se derivará la profundidad de su análisis. Siendo el enfoque del presente trabajo, el análisis de alternativas de procedimientos constructivos para las lumbrias en roca, este constara en su primera parte, de los diversos factores geológicos que invariablemente determinara las limitaciones y/o restricciones a considerar para su construcción

En seguida se ilustraran una serie de sistemas de soporte cuyo revestimiento permitira, de existir el caso, el mantener la estabilidad de las paredes de la lumbrera hasta que ésta cumpla la finalidad para la que fue diseñada.

El tema siguiente permite analizar de manera objetiva los diversos procedimientos de construcción que puedan ser adaptados a la construcción de lumbreras, los cuales estan presentados de tal manera que se ha idealizado las condiciones y restricciones que impondrian los recursos técnicos, económicos y humanos para cada caso en especial. Se omite así mismo las limitaciones que implicaria el utilizar, rentar o comprar determinado equipo necesario en los diversos procedimientos constructivos.

Para el penultimo punto se presenta, como parte complementaria al analisis de de procedimientos constructivos, un analisis de costos para cada una de las alternativas tratadas. Este analisis permite servir de parametro para elegir la mejor alternativa en cuanto a costos se refiere. SE ACLARA QUE EL ANALISIS DE COSTOS SE EFECTUA A MANERA DE EJEMPLO Y QUE DE NINGUNA MANERA REPRESENTA LOS COSTOS ACTUALIZADOS DE MATERIALES, MAQUINARIA Y DE SALARIOS DE PERSONAL.

Al término del presente trabajo se presentan los comentarios y conclusiones a los que den lugar, una vez analizadas las alternativas constructivas así como de su costo.

CONCEPTOS GENERALES

1.1 DEFINICION

Antes de iniciar la descripción específica de los procedimientos constructivos para lumbreras en roca, se hace necesario definir el concepto general.

LUMBRERAS.

Entendemos por lumbreras aquellas contrucciones subterráneas en forma vertical generalmente de forma cilíndrica tipo pozo que comunica directamente la superficie de la tierra con el eje de un túnel

1.2.- USOS COMUNES DE LUMBRERAS.

- + Extracción de material mineral.

En la industria minera las lumbreras son empleadas como pasajes más o menos permanentes que sirven de redes de transporte del mineral obtenido.

- + En la ingeniería hidráulica.

Se utilizan como pozos de oscilación para disipar la energía producida por el fenómeno conocido como "GOLPE DE ARIETE".

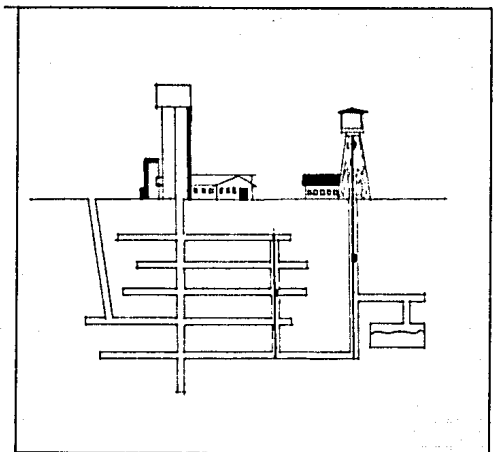
En los frentes de las instalaciones de las casas de máquinas para las plantas hidroeléctricas, donde las lumbreras juegan un papel de suma importancia al permitir introducir fácilmente a través de ellas equipos menores, tuberías, compuertas, etc.

+ En las grandes ciudades.

Ha sido indispensable el uso de estructuras subterráneas para el transporte de personas (túnel del metro), así como para los complejos sistemas de desalojo de aguas residuales (p.e. Drenaje Profundo de la Ciudad de México). Para las primeras lumbreras, se utilizan como ductos de ventilación y para evitar las supresiones, para las segundas, se ha utilizado para la introducción y/o extracción tanto de maquinaria como de materiales residuales y acceso para la construcción del túnel.

+ Lumbreras de Acceso.

Las lumbreras de acceso constituyen el uso generalizado de estas y representan al mismo tiempo el punto de partida o inicio a la construcción de túneles. Su distribución a lo largo del trazo depende de varios factores como son: El programa de obra, la disponibilidad del área en la superficie, la posibilidad de aceptación, el perfil del túnel, el perfil estratigráfico y el procedimiento de construcción.



1.3.- VENTAJAS.

Se enfocaran las ventajas de construir lumbres como parte complementaria a la construcción de túneles. Por tanto, se consideran los siguientes aspectos:

- + Dependiendo del sitio de construcción del túnel, las lumbres pueden representar el único acceso.
- + Aun cuando existen portales (Cortes a cielo abierto), Las lumbres acortan el tiempo requerido para hacer el trabajo, ya que cada una hace posible trabajar en dos frentes extras.

* En lo que respecta al acarreo subterráneo, este siempre ha sido un problema para los constructores y proyectistas, por lo que las lumbreras han representado una opción para evitar los trayectos mas o menos largos, al permitir la extracción de materiales en trayectos tan cortos como sea practico.

Para aclarar que contra las ventajas que pudieran generar las lumbreras, estas deberán compensar el gasto considerable de su excavación y equipo.

1.4.- INSTALACIONES TIPICAS EN LUMBRERAS.

Un aspecto importante que debere tomarse en cuenta para el proyecto y construcción de una lumbrera es su geometria. Para que esto sea posible, se requiere considerar todas las especialidades de la ingenieria que intervienen y consultar las restricciones marcadas por cada una de ellas. De esta manera se enumeran las restricciones que puede haber por las instalaciones de superficie y que deberan considerarse durante la etapa de localización de una lumbrera de acceso al túnel, por lo que se refiere al espacio que requieren los siguientes conceptos:

REZAGA:

- Torre de manteo.
- Área de la lumbrera con su zona de protección al rededor.
- Malacate.
- Entrada y salida de los camiones de rezaga.

TALLERES:

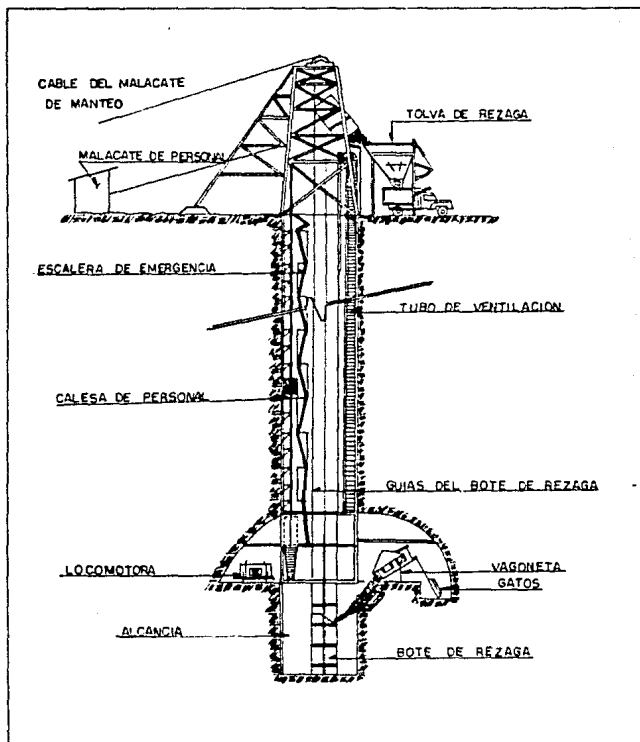
- Eléctrico.
- Mecánico.
- Soldadura.

PLANTAS:

- De luz.
- De bombeo.
- De compresoras.
- De concreto.

ADMINISTRATIVAS:

- Almacén.
- Oficinas.
- Dormitorios.

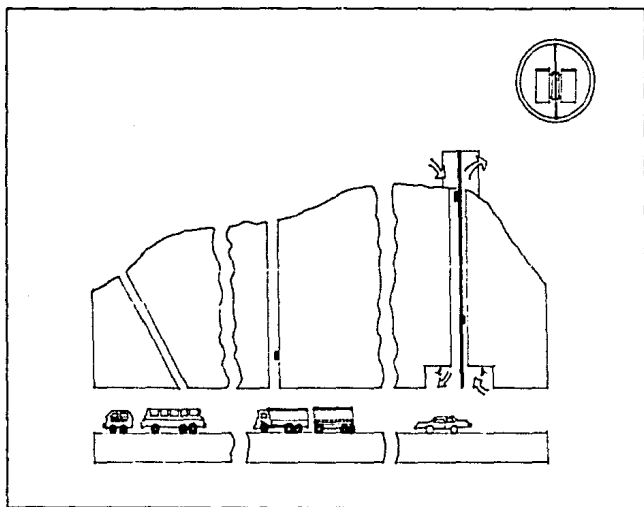


INSTALACIONES TÍPICAS EN LUMBRERAS.

1.5.- TAMAÑO DE LAS LUMBRERAS.

El tamaño de una lumbrera es muy variable, depende de varios factores, de los cuales se destacan: Procedimiento de excavación, del equipo que debiera pasar a través de ella y de las instalaciones con que toda obra debe contar, como son:

- ESCALERA DE EMERGENCIA.
- CALESA DE PERSONAL.
- TUBERIA DE VENTILACION.
- BOTE DE REZAGA.
- TUBERIA DE AIRE COMPRIMIDO.
- TUBERIA DE CEMENTO Y AGREGADO.
- TUBERIA DE BOMBEO.
- DUCTOS ELECTRICOS, etc.



CAPITULO II

PROBLEMAS GEOLOGICOS Y SISTEMAS DE SOPORTE

EN LA CONSTRUCCION DE LUMBRERAS

II.- PROBLEMAS GEOLOGICOS EN LA CONSTRUCCION DE LUMBRERAS.

La importancia de la geología y de la información geológica en la construcción de lumbreras es indiscutible, sin embargo, es difícil justificar una investigación geológica adicional en la fase que precede a la construcción de un proyecto subterráneo, ya que hasta ahora, no era posible evaluar los beneficios de una operación similar.

De esta manera, las condiciones geológicas son de los factores más importantes que determinan el costo y el tiempo de ejecución (preliminar) de una obra subterránea y por consiguiente, es esencial pronosticarlos.

Cabe resaltar así mismo, que en la selección del método de construcción subterránea las condiciones geológicas tienen una influencia mayor que cualquier otro factor.

En conclusión. Esta reconocido universalmente que la geología y la predicción geológica son factores importantes en el proyecto y construcción, tanto de túneles como lumbreras.

Con una mala información geológica pueden ocurrir errores de estimación del tiempo de ejecución; del costo de la localización de la lumbrera y de la técnica de construcción. El resultado de este tipo de errores, es generalmente, la pérdida de tiempo y de dinero, o veces el precio de la

vida misma. De aquí que el conocimiento geológico por exploración debiera ser requisito primario en cualquier proyecto de construcción subterránea.

De lo descrito anteriormente se desprende la necesidad de efectuar una descripción y análisis de los rasgos geológicos más importantes para la localización, diseño y construcción de una lumbreira.

Se analizara entonces, los fenómenos de presión, litología y estratigrafía, las discontinuidades estratigráficas, fracturas y fallas.

II.1.- FENOMENO DE PRESION.

Las rocas en la naturaleza, especialmente las que se encuentran mas profundas, estan afectadas por el peso de los estratos superiores a ellas y por su peso propio. Debido a ello se generan esfuerzos que originan deformaciones que causan, en el caso de no existir confinamiento entre ellas, al deslizamiento de las mismas.

Por tal motivo, en construcciones subterráneas muy profundas puede haber desprendimientos de las paredes, debido a los fenómenos de presión actuantes.

Esto se manifiesta generalmente por chasquillos o estallidos de la roca, aparentemente sana en la acción del

corte. En rocas laminares o con tendencias en rajadas como las pizarras, los lechos pueden deformarse lentamente y "abombarse" hacia la horaradacion. En este caso, la roca no se despegade de la masa principal, necesariamente, pero la deformacion puede producir fisuras y huecos en la roca que rodea la lumbrera.

11.2.- LITOLOGIA Y ESTRATIGRAFIA.

Al hablar de la litologia de una roca, nos estamos refiriendo a su minerologia, textura y su medio ambiente de deposito. De esta manera, los terminos litologicos son utiles en la geología de construcciones subterranas, ya que, su empleo, es una relación entre la textura, fabrica y anisotropia estructural de las rocas de un determinado origen. Por ejemplo, una roca ignea, tiene una estructura densa con muy pocas diferencias en sus propiedades mecánicas (con sus excepciones), mientras que algunas rocas sedimentarias y metamórficas muestran una isotropia considerable.

Otra ventaja del nombre geológico, es la asociacion que puede hacerse entre ciertos tipos de roca y otras características "in Situ" que pueden presentarse. Por ejemplo, la presencia de caliza o yeso, inclina a buscar fenomenos de disolucion, el asfalto indica la posible presencia de diaclasas.

Sin embargo, en ocasiones el nombre geológico es insuficiente si no se complementa con otras características físicas, como una clasificación de tipo mecánico.

La estratigrafía, por su parte, permite establecer una relación entre las distintas unidades litológicas o formaciones presentes y así conocer el origen, espesor, distribución y posición cronológica, en la secuencia de las diversas unidades.

El conocimiento de la litología y estratigrafía, es de suma importancia para saber, entre otras cosas, que tipo de roca se encuentran a lo largo del eje de la lumbrera; que problemas pueden causar durante la construcción y con que confiabilidad se pueden proyectar los datos de la superficie.

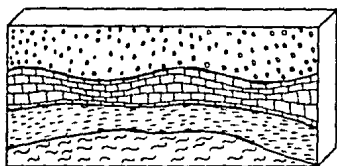
II.3.- DISCONTINUIDADES.

El término discontinuidad, se utiliza en mecánica de rocas en casi la generalidad de los casos para designar cualquier interrupción física de la continuidad del macizo rocoso, e incluye todos los tipos de fracturas, planos de estratificación, fallas, planos de foliación y de esquistosidad, así como contactos litológicos. Dichas discontinuidades son importantes, ya que forman los principales planos potenciales de deslizamiento, tanto de bloques aislados, como de macizos rocosos.

11.3.1.- ESTRATIFICACION.

La presión total a lo largo del revestimiento de una construcción subterránea, depende en primer lugar, de la estratificación de la roca.

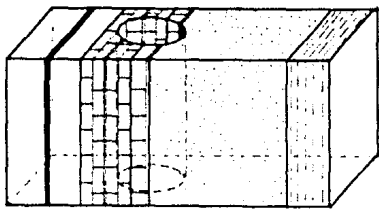
Cuando la posición de los estratos son más o menos estables (horizontal o vertical), el revestimiento experimenta presiones más o menos uniformes. Siendo que, para estratos oblicuos, estos producen concentraciones de presión considerables.



Existen dos posiciones extremas de la dirección del eje de una lumbrera y entre ellas hay numerosas posiciones intermedias.

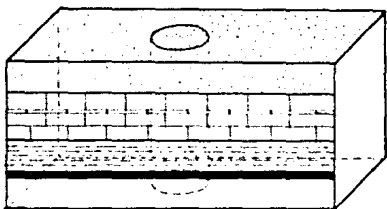
1.- LUMBRERAS EN DIRECCION.

Debido a los movimientos (en tiempos geológicos) de los estratos de los rantos rocosos, estos quedaron completamente verticales y en esta posición, cuando el eje longitudinal de la lumbrera puede coincidir con la dirección de los estratos.



2.- LUMBRERA ATRAVEZANDO ESTRATOS.

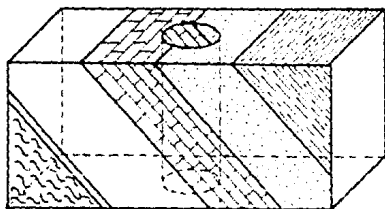
Se considera que de existir las condiciones de perpendicularidad del eje con los estratos y sin problemas de permeabilidad, su construcción en estas condiciones sería la más favorable, sin embargo, no lo será cuando al ir excavando el manto rocoso las propiedades de cada estrato (mecánicas, litológicas, etc.) puedan causar serios problemas, tanto de diseño como de construcción.



3.- CASOS INTERMEDIOS.

Para los casos intermedios de dirección de una lumbrera podemos mencionar lo siguiente:

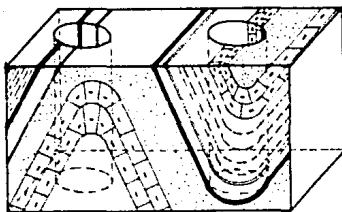
Si la estratificación es inclinada, puede presentarse problemas de inestabilidad, aun más, si se encuentran rocas alteradas, falladas, fisuradas o intercalación de rocas con bajo ángulo de fricción (yeso, sal, lutitas carbonosas, etc.) o bien si existen esfuerzos verticales o horizontales naturales del macizo o derivados de esfuerzos tectónicos.



Dentro de los múltiples plegamientos de la corteza terrestre, encontramos aquellos conocidos con los nombres genéricos de anticlinales y sinclinales, los cuales pueden afectar de una u otra manera la localización de una lumbrera.

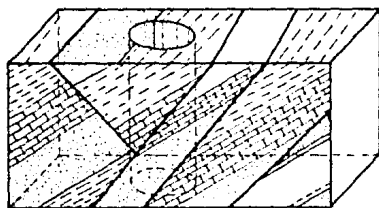
Para el caso, de que el eje de la lumbrera coincida con el eje de un anticlinal, ocurrirá, que conforme más profunda sea la lumbrera, las presiones hacia las paredes de estas aumentan considerablemente y de existir permeabilidad, esta fluirá por los flancos sin afentación alguna.

Cuando sean coincidentes los ejes de la lumbrera y un sinclinal, el problema fundamental, lo representarían las condiciones de permeabilidad de la roca, que de ser excesiva, el agua tendería a escurrir hacia la lumbrera.



II.4.- FRACTURAS O DIACLASAS.

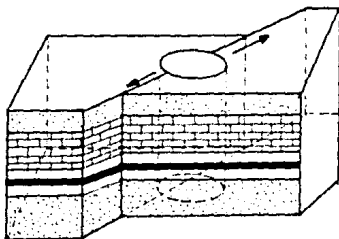
La presencia de fracturas o diaclasas, cualquiera que sea su origen y roca que afecte, puede causar serios problemas de estabilidad, ya que comúnmente se presentan asociadas en uno o varios sistemas con diversas direcciones e inclinaciones, los cuales definen bloques inestables.



II.5.- FALLAS.

El estudio geológico debe determinar si una falla ha producido en tiempos recientes (tiempo geológico), y por lo tanto, puede considerarse "activa". Si una lumbreña va a construirse lejos de una falla, pero en una región en que estas abundan, debe considerarse la posibilidad de que se produzcan nuevas fracturas. En general, si una lumbreña corta una lumbreña activa, en la zona fallada del terreno

suele estar fracturado y ser inestable y se pueden encontrar fuertes caudales de agua.



II.6.- CARACTERISTICAS SECUNDARIAS QUE AFECTAN LA CONSTRUCCION DE UNA LUMBRERA.

Dependiendo de la ubicacion de cualquier construccion subterranea, existen factores que deben ser tomados en cuenta como medida para evitar accidentes o perdida de tiempo y costos adicionales.

Consideramos los siguientes casos:

1.- TEMPERATURA.

En excavaciones profundas, estas pueden verse afectadas debido a las altas temperaturas que generalmente las encontramos a profundidades superiores a los 150 m. Es muy importante tomar las medidas periodicas de dicha temperatura y de ser necesario, ventilar el frente.

2.- AGUA Y HUMEDAD.

La construcción de una lumbrera puede cambiar el régimen hidrológico de un lugar, sin embargo, lo que afecta directamente a las lumbreras, lo representan algunas rocas como la caliza, donde el agua puede acumularse en las cavernas formadas por la erosión; las fallas, anticlinales y otras estructuras geológicas pueden también acumular agua.

Por alguno de los anteriores factores el agua puede fluir hacia la lumbrera en intensidades variables, lo cual puede afectar seriamente el proceso de excavación.

SISTEMAS DE SOPORTE EN LUMBRERAS.

II.7.- SISTEMAS DE SOPORTE EN LUMBRERAS.

Antes de iniciar la descripción de algunos sistemas de soporte en lumbreras, se hace necesario hacer hincapie, que dicha descripción se desarrolla como capítulo básico de esta tesis, ya que su importancia es tal que representa, e influye en los diversos procesos constructivos para lumbreras. A continuación se analizará algunas observaciones al respecto.

El recubrimiento de lumbreras tiene su fundamento al representar estas un tipo de obra subterránea, cuya construcción requiere realizar una serie de estudios tendientes a conocer el estado natural de esfuerzos de la roca. Tanto en estado natural, como el que se desarrolla durante y después de la construcción. Estos estados de esfuerzos repercuten en la estabilidad de la roca, lo cual deriva en cada caso particular, el implementar dispositivos que permitan mantener un equilibrio del manto rocoso una vez efectuada la perforación.

CLASIFICACION DE ADEMES.

Los sistemas de soporte a los que nos haremos referencia los podemos clasificar de la siguiente manera:

ADEMES:

- Primarias o temporales.

Su función principal es mantener la estabilidad de la excavación durante la construcción.

- Secundarios o definitivos.

Su finalidad, lo representa el acabado y protección final a la excavación.

En seguida, se presentan en forma breve algunos de los métodos más usados en los sistemas de soporte, principalmente el de los ademes primarios que son los más sobresalientes durante la construcción. Su función está condicionada por los diversos factores geotécnicos, condiciones estructurales de la roca, las condiciones geohidrológicas, esfuerzos producidos durante la construcción, etc.

II.8.- SISTEMAS DE SOPORTE.

II.8.1.- ANCLAS.

Durante los últimos veinte años se ha popularizado el uso de anclas, principalmente en las excavaciones en rocas relativamente sanas. No existe un método de diseño que sea aceptado por todos, en lugar de ello, se determinan los mecanismos de falla de la roca y se calcula el número y capacidad de las anclas para evitarlo.

El principio general del anclaje de las rocas, es hacer que esta forme parte de la estructura de soporte, es decir, que se auto soporte, con la excepción de cuando las anclas soportan fragmentos sueltos de roca. Para que esto suceda definitivamente, las anclas se deberán colocar inmediatamente después de abrir la excavación.

De una manera muy simple se puede considerar que las anclas soportan la roca de las excavaciones subterráneas mediante cuatro mecanismos distintos:

II.8.1.1.- ANCLAS POR SUSPENSIÓN.

En el caso en que se colocan anclas para asegurar fragmentos de roca que pueden caerse hacia la excavación.

II.8.1.2.- ANCLAS FORMANDO VIGAS.

Este proceso se presenta principalmente en las excavaciones en rocas estratificadas. Las anclas unen entre sí a varios estratos que tienen pequeñas o nulas adherencias entre ellos, formando así una viga capaz de auto soportarse y soportar la roca que yace sobre ella.

11.8.1.3.- ANCLAS DE ESFUERZO.

Reforzando excavaciones que se autosoportan en las zonas donde se presentan concentraciones de esfuerzos, ya sea, de compresión, tensión o corte. Estos esfuerzos pueden ser causados por la geometría de la excavación o por los métodos de construcción y se determinan mediante el uso de las teorías de elasticidad y plasticidad.

11.8.1.4.- ANCLAS DE REFUERZO.

REFORZANDO ZONAS A GRANDES FUERZAS CORTANTES.

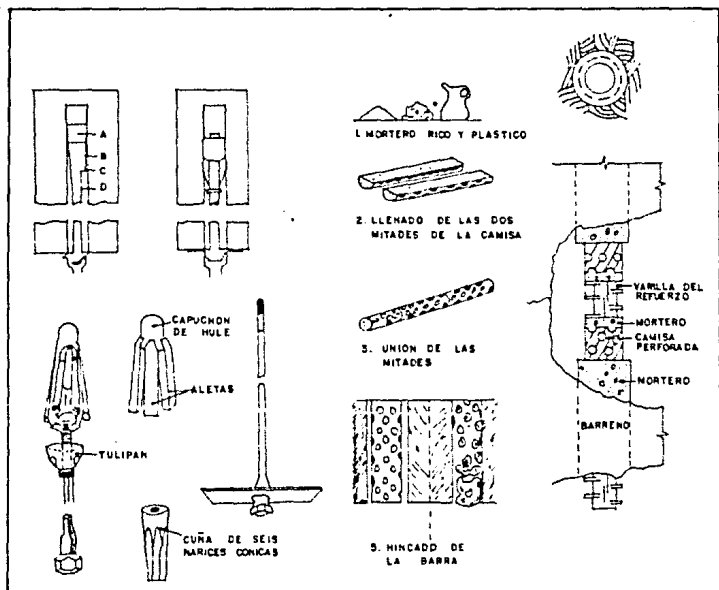
Estos casos se presentan en lumbreras, excavaciones muy inclinadas para túneles de presión de centrales hidroeléctricas, fallas o zonas de cortante, etc. estas anclas tendrán esfuerzos de cortante muy importantes.

CLASIFICACION DE ANCLAS EN FUNCION DE SU CONSTITUCION:

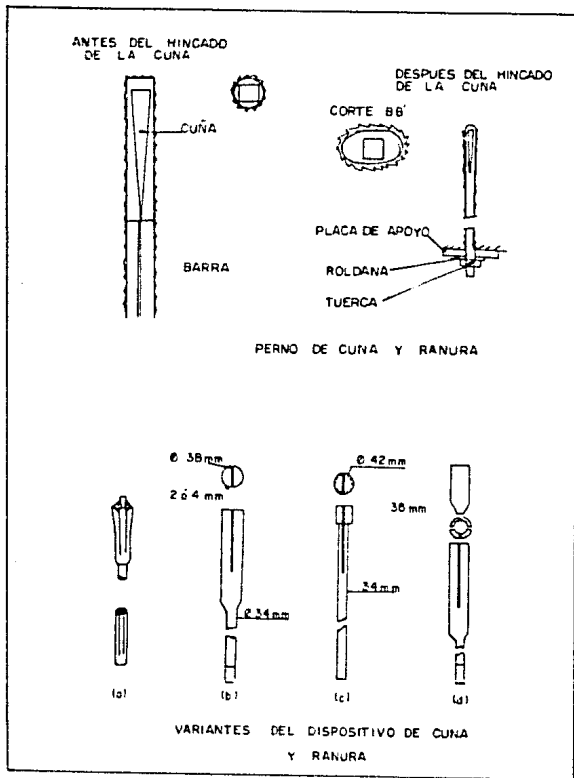
a) Anclas que tengan un dispositivo de anclaje en un extremo y en el otro un dispositivo rígido que permita mantener una tensión suficiente para producir un esfuerzo de compresión en la roca intermedia. Generalmente este dispositivo, consiste en una placa y una tuerca.

b) Anclas que se encuentran alojadas en barrenos cementados o inyectados, cuyo anclaje es proporcionado por la adherencia que se genera entre las paredes del barreno, mortero y ancla.

Por ultimo, es necesario recordar que la tension de las anclas pueden sufrir cambios muy importantes con el tiempo, debidos por ejemplo, a flujos plasticos de la roca, rotura de la concha de expansion, falla de la rosca de la tuerca, efecto de los explosivos, intemperie o por el comportamiento viscoso de la roca. Por ello, es necesario tener una estricta supervision y un adecuado mantenimiento en este tipo de soportes.



ANCLAS CON DISPOSITIVO DE CUÑA Y RANURA.



11.8.2.- CONCRETO LANZADO.

Este sistema de ademes tiene su origen en la "Gunta" que es un mortero de arena y cemento con acelerante de fraguado que se coloca neumáticamente contra la superficie.

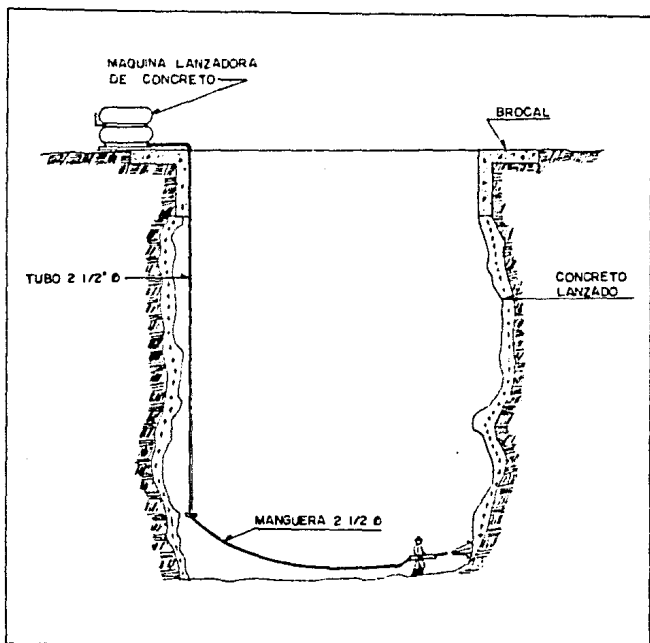
La primera vez que se uso, fue en 1914, en una mina para proteger las paredes de la roca contra la acción del agua y del aire.

Las maquinas colocadoras del concreto en aquel entonces, estaban limitadas a partículas de tamaño maximo de 10 mm. se encontro, que si se anadia al mortero agregado grueso de tamaño comprendido entre 15 mm. y 20 mm., se podia cumplir con la función de protección contra la intemperie y ademas proporcionar un sistema de soporte a la excavacion.

A continuación se mencionan las ventajas mas importantes que tiene este sistema de soporte:

- a) El concreto lanzado es forzado a entrar en las fracturas abiertas, en fisuras, grietas irregulares en la superficie de la roca y de esta forma tiene la misma función de liga, que un mortero en un muro de piedra.
- b) El concreto lanzado, impide el drenaje del agua contenida en las fracturas y también impide la tubificación del material que rellena las fracturas e impide la intemperización de la roca (por el agua y el aire).

ADAME CON CONCRETO LANZADO.



c) El concreto lanzado provee una considerable resistencia a la caída o aflojamiento de bloques del techo de un túnel, siempre que se coloque inmediatamente después de que se realice la excavación.

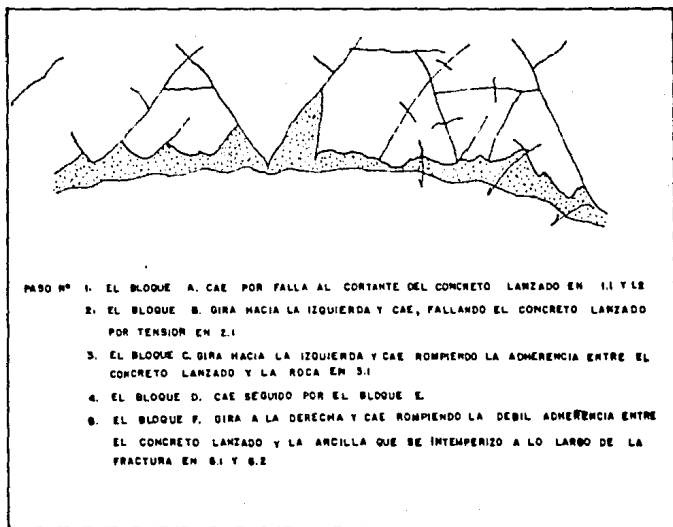
d) Un espesor de concreto lanzado comprendido entre 15 y 25 cm. proporciona un soporte estructural semejante a un anillo o arco.

Concretamente, se puede decir, que la ventaja del concreto lanzado, es que se suministra una forma de ademe rápida y efectiva, en toda la superficie del túnel. Obviamente el revestimiento del concreto lanzado no puede ser considerado como un cilindro de paredes delgadas.

Los mecanismos reales del comportamiento de las estructuras compuestas de roca-concreto lanzado no son todavía comprensibles, sin embargo, es interesante presentar algunos ejemplos, donde se muestran diferentes mecanismos de falla en la estructura compuesta de roca-concreto lanzado.

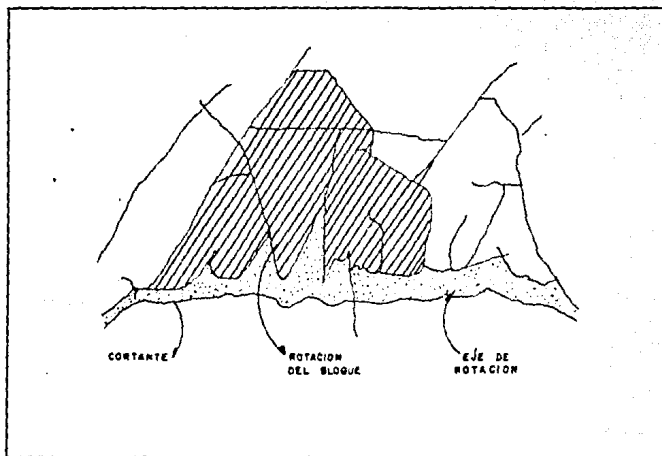
Falla progresiva en la roca soportada con concreto lanzado. Se supone que la sección está en equilibrio durante un lapso de tiempo suficientemente largo después de la excavación, a fin de que el concreto lanzado colocado obtenga resistencia. Es necesario que las fuerzas cortantes a lo largo de las caras del bloque "a" sean de tal magnitud que lo soporten por algunas horas.

Luego se supone que un movimiento de rotación y traslación, ocurre para reducir estas fuerzas cortantes a cero, por lo tanto, puede calcularse la resistencia al esfuerzo cortante del concreto lanzado al rededor de la periferia de la base del bloque, necesariamente para mantenerlo en equilibrio. Recíprocamente, si la resistencia al esfuerzo cortante del concreto lanzado es conocida, se puede calcular un factor de seguridad contra una caída del bloque y detener una falla progresiva.



FALLA PROGRESIVA EN ROCA SOPORTADA POR CONCRETO LANZADO.

EJEMPLO 2.



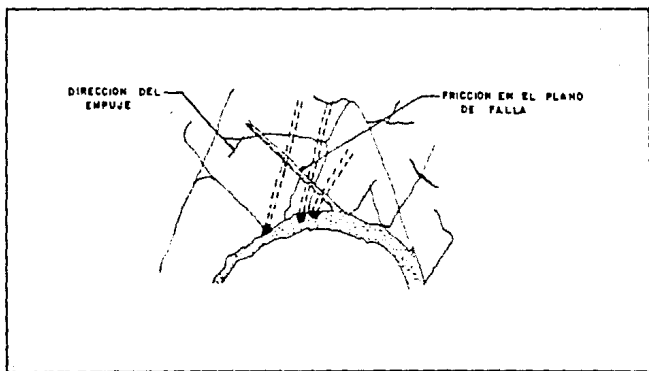
FALLA POR ROTACION DE GRANDES BLOQUES EN ROCA SOPORTADA CON CONCRETO LANZADO.

En la figura anterior se aprecia otro mecanismo probable de falla del revestimiento del concreto lanzado. Para este caso, se supone que la roca es estable un lapso suficiente para que se pueda colocar concreto lanzado. Luego las fuerzas cortantes sobre los lados del bloque sombreado se reducen como un resultado de la redistribución de esfuerzos, el bloque a fallar por rotación con respecto a su eje localizado a la derecha de la figura.

EJEMPLO 3.

Falla por deslizamiento a lo largo de una superficie de debilidad.

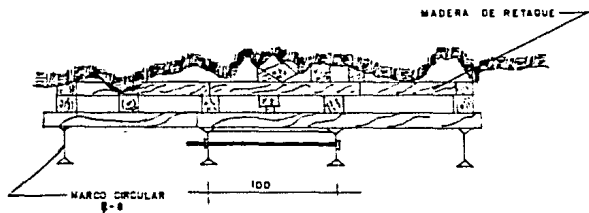
Es razonable esperar que la resistencia al esfuerzo cortante que ofrece una capa delgada de concreto lanzado, sea pequeña en comparación con las fuerzas que tienden a provocar el movimiento de la roca. Debido a esto, el ejemplo indica que los movimientos que ocurren no pueden ser detenidos por ningún espesor razonable de concreto lanzado, por lo que se hace necesario estabilizar la sección por otros medios, como lo sería el sistema de anclado.



FALLA POR DESLIZAMIENTO A LO LARGO DE UNA SUPERFICIE DE DEBILIDAD.

II.8.3.- MARCO DE ACERO Y MADERA DE RETAQUE.

Este método consiste en colocar anillos de acero a cada metro, conectado entre sí por tensores formados por tres piezas de viguetas, los cuales permiten ademar la pared de la lumbrera colocando el retaque de madera.



Conforme se avanza el ciclo de excavación se colocan los anillos de acero. De cada 10 anillos, uno va anclado al terreno, obligando con ello, que los tensores que los unen no fallen.

II.8.4.- CONCRETO LANZADO Y MALLA ELECTRO-FORJADA.

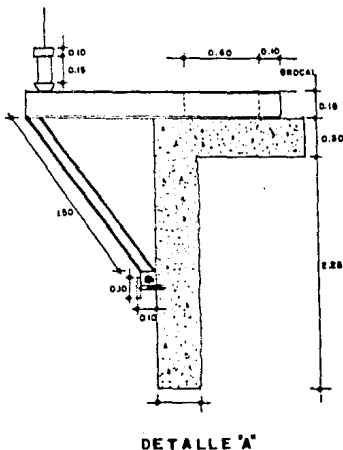
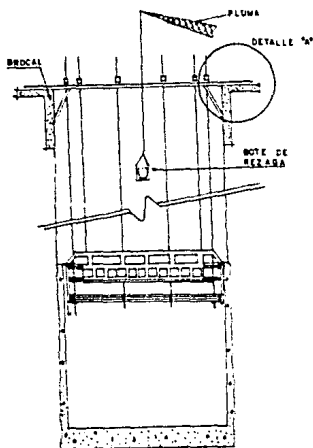
Este sistema además de servir como ademe, protege el material contra la intemperie. Este consiste en colocar en cada ciclo de excavación, después de efectuar el resgado de 15cm. de concreto lanzado en todo el perímetro de la lumbrera reforzándolo con malla electroforjada.

11.B.5.- REVESTIMIENTO DE LUMBRERAS CON CIMBRA DESLIZANTE.

Siendo este sistema de soporte secundario, su ejecución se efectúa generalmente una vez concluida la excavación de la lumbrera.

Para colocar las lumbreras con este método, se deja preparada, en el brocal, las mensulas que soportaran las varillas de sosten de la forma.

Independientemente del tipo de acero de refuerzo que se utilice, el colocado del concreto de refuerzo que se utilice, el colocado del concreto con este sistema permite lograr avances hasta 0.5 m/hr.



CAPITULO III

ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCION

III.- ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE CONSTRUCCION

En este capítulo se analizarán algunos de los procedimientos constructivos más usuales para la construcción de lumbreras en roca, independientemente de la factibilidad de contar con determinado equipo.

Antes de iniciar con la descripción de los procedimientos, se hace necesario primeramente enunciar las condiciones bajo las cuales se desarrollara las alternativas propuestas.

De esta manera se propone la construcción de una lumbrera cuya geometría sera circular o cilíndrica con dimensiones de 10 m. para el diámetro y 125 m. de altura.

Como la construcción de la lumbrera se efectuara en roca, se idealizarán las condicionantes geológicas a las óptimas, en las cuales, la roca se considera sumamente sana.

En términos generales, se desarrolla el presente capítulo, enunciando la descripción de cada alternativa con sus respectivas maquinarias principales que se utilizan, así como la cuantificación del tiempo requerido para culminar cada etapa. En la página siguiente, aparece un cuadro sinóptico de las alternativas constructivas se tratarán posteriormente.

Cabe aclarar que las alternativas a tratar corresponden a una división preliminar de los métodos de sección completa y por seccionamiento.

 TABLA DE ALTERNATIVAS DE PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

	LUMBRERA PILOTO (primera etapa)	BANQUED (segunda etapa)
	1 Excavación de abajo hacia arriba mediante el empleo de una plataforma trepadora tipo Alimak y perforadoras neumáticas.	1 Con plataforma trepadora de abajo hacia arriba.
SECCIONAMIENTO	2 Con plataforma sostenida con malacate de abajo hacia arriba.	2 Con torre y malacate y rezaga por abajo.
	3 Excavación con contrapocera de abajo hacia arriba.	

SECCIN COMPLETA	1 Excavación de arriba hacia abajo y rezaga con grúa.	

Cuando la sección de la lumbrera es muy grande y no se puede atacar en una sola etapa, debido a que las plataformas de trabajo serían muy grandes y estorbosas, se procede a efectuar primeramente una lumbrera de dimensiones más pequeñas, generalmente de 4 a 6 m² a dicha lumbrera se acostumbra llamarla "Lumbrera Piloto", la cual para los objetivos que nos atañe corresponde al método de seccionamiento.

III.1. EXCAVACION DE LUMBRERA PILOTO.

III.1.1 ALTERNATIVA # 1

Excavación de abajo hacia arriba mediante el empleo de una plataforma trepadora tipo Alimat y perforadoras neumáticas o de percusión.

Como ya se dijo, en cuanto al procedimiento constructivo se refiere, se considera más conveniente efectuar la excavación de la lumbrera por etapas, o sea, primeramente con una sección mucho menor que la definitiva, siempre y cuando dicha dimensión permita llevar a cabo su construcción en condiciones óptimas de trabajo.

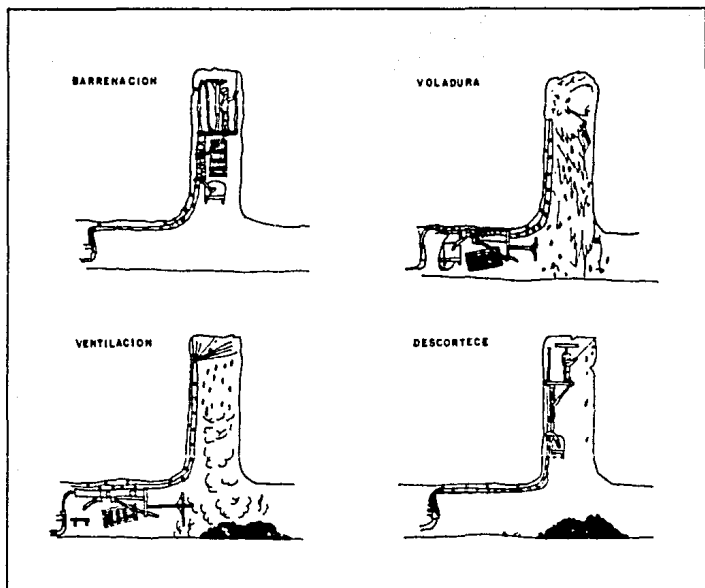
Para este caso en particular, la excavación de la lumbrera piloto se efectuara de abajo hacia arriba utilizando para su construcción una plataforma trepadora Alimat SIII-SF.

Este tipo de maquinaria consiste basicamente de una plataforma sostenida por un monorraíl el cual se coloca sucesivamente conforme se avanza la excavacion. La sujecion del raíl se lleva a cabo mediante un anclaje fuertemente ligado a la roca que impide su desprendimiento cuando se efectuan en su oportunidad el tronado de los barrenos. La plataforma cuenta ademas con una canastilla en su parte inferior para transportar comodamente al personal hacia el frente de trabajo o hacia su desalojo. El deslizamiento de la plataforma sobre el monorraíl es permitido gracias a los mecanismos que por medio de aire comprimido hacen posible su movimiento.

Para este método se considera que las dimensiones óptimas de las lumbreras piloto sera de 2 m. por 2 m., considerandose que el avance real de su construccion sera de 2 m por ciclo. Este avance se ha considerado adecuado en virtud que la plataforma trepadora tiene capacidad para poder instalar sobre ella unicamente dos perforadoras de cielo. Siendo ademas que segun especificaciones de la propia plataforma trepadora, esta puede atacar un area de 7 m², una longitud maxima de 900 m., por lo que para nuestro caso en particular resulta en términos generales adecuado.

El análisis de esta alternativa consiste de las siguientes actividades para el ciclo básico:

- 1.- Colocación del riel de la máquina.
- 2.- Verificación del trazo y marcado de barrenos.
- 3.- Barrenación.
- 4.- Poblado y tronado.
- 5.- Ventilación.
- 6.- Rezagado del material tronado.



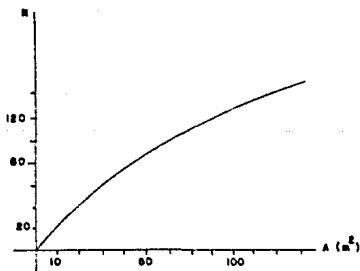
1.- COLGACION DEL RIEL DE LA MAQUINA.

Siendo que las instalaciones del riel y la plataforma deben ser supervizadas constantemente para cada ciclo, se requiere de un cabo que evite en lo posible que tanto los operadores de la compresora como de los propios instaladores lleguen a cometer algun error que originen perdidas materiales y humanas. De todas estas condiciones, se requieren de un tiempo minimo de 2.5 hrs. para la colocación de la maquina, necesiandose ademas una cuadrilla de cuatro ayudantes.

2.- VERIFICACION DEL TRAZO Y MARCADO DE BARRENOS.

Primeramente se debe determinar el número de barrenos, mediante la siguiente grafica, la cual proviene de la formula

$$N = A^{1.2} \quad \text{donde } A = \text{Al area por excavar (m}^2\text{)}.$$



De esta manera se determina que para un area de 4 m² se requieren de 24 barrenos, por lo que, para el caso de verificación del trazo y marcado, se requiere aproximadamente de 0.5 hrs.

3.- BARRENACION.

Para la barrenación se utilizaran dos perforadoras neumaticas de tipo convencional, para las características de la roca, se estima un rendimiento de 10 m/ hrs. La longitud total de barrenación por cada ciclo sera de 2.2 m., para que, con un avance real del 90% se tenga una longitud real de 2 m. por barreno.

De las características antes citadas, se puede calcular el tiempo de barrenación por ciclo, esto es,

$$\text{Tiempo} = \frac{24 \text{ barrenos} \times 2.2 \text{ m/barreno}}{10 \text{ m/hr} \times 2 \text{ perforadoras}}$$

$$\text{Tiempo} = 2.64 \text{ hrs.}$$

4.- POBLADO Y TRONADO.

Para el caso fundamental del consumo de explosivos, se hace necesario indicar para este concepto, en cada caso tanto las características de la roca, método de barrenación, tipo de explosivos, etc., son factores que implican el efectuar pruebas para determinar su consumo. Infiuye ademas la experiencia profesional, en la mayoría de los casos.

De lo dicho anteriormente se determina que para el caso que nos ocupa, utilizaremos 3.5 kg/m³. Para efectos de tronado, se utilizara estopines con alambre de conexion en paralelo. Se considera un rendimiento de 3 minutos para el poblado, por lo que, el tiempo de este sera:

$$\text{Tiempo} = \frac{24 \text{ barrenos} \times 3 \text{ min/barreno}}{2 \text{ pobladores} \times 50 \text{ min. efectivo}}$$

$$\text{Tiempo} = 0.72 \text{ min.}$$

5.- VENTILACION.

Para este caso, se utilizara el equipo convencional de ventilación. Aun cuando se encuentre ventilado permanentemente el area de tronado, durante la excavación de la lumbrera piloto, se recomienda un lapso de 0.5 hr. despues de cada tronada, como medida de seguridad para el personal.

6.- REZAGADO DEL MATERIAL.

Para este concepto se utilizara un cargador frontal marca caterpillar modelo 920C con capacidad de cucharón de 1.12 m³ que cargara camiones L15 900 FORD con capacidad de 10 m³. (material abundado) Antes de calcular el tiempo de este concepto, se requiere calcular el rendimiento de cargador y de los camiones. Para el caso del cargador, de las recomendaciones del fabricante, se considera un factor

-del 80% para el llenado, para la eficiencia se considera en el orden del 70% al considerar buenas condiciones del lugar de trabajo así como de la organización.

Siendo un total de 66 min. que requiere la maquina para efectuar las maniobras, se tiene:

$$\text{Rendimiento} = \frac{1.14 \times 0.7 \times 0.8 \times 60 \text{ min/hr}}{.66 \text{ min}}$$

$$\text{Rendimiento} = 58.03 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Si el volumen de cada tronada es de 8 m³/hr, al afectarlo por un factor de abundamiento de 1.65, se tiene un volumen total de 13.20 m³.

$$\text{Tiempo} = \frac{13.20 \text{ m}^3}{58.03 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

$$\text{Tiempo} = 0.23 \text{ hr.}$$

En base a las características del ciclo de trabajo descritas en los párrafos anteriores, se puede calcular el tiempo total que durara en primera instancia la construcción de la lumbrera piloto.

Resumiendo el ciclo basico para hacer mas ojetivo este proceso se tiene:

CONCEPTO	TIEMPO
1.- Colocacion del riel	2.5 hr

2.- Trazo y marcado	0.50 hr
3.- Barrenación	2.64 hr
4.- Pomado y tronado	0.72 hr
5.- Ventilación	0.50 hr
6.- Rezaga	0.23 hr
Tiempo del ciclo del trabajo	7.09 hr

Duración total del trabajo:

$$\text{Duración} = \frac{125 \text{ m (altura)} \times 7.09 \text{ hr/ciclo}}{2.00 \text{ m/ciclo}}$$

$$\text{Duración} = 443.1 \text{ hr}$$

III.1.2.- ALTERNATIVA # 2

EXCAVACION DE LUMBRERA PILOTO MEDIANTE PLATAFORMA SOSTENIDA CON MALACATE.

Para este método, se procederá a construir primeramente una lumbrera piloto, al igual que el procedimiento anterior, se efectuara de abajo hacia arriba y con las mismas dimensiones de 2 X 2m (4m²). Este método consiste en hacer primeramente una perforación a lo largo de toda la longitud de la lumbrera utilizando para tal efecto una perforadora Long Year. Esta perforación guía sera de 6 pulgadas de diametro, lo cual, aunado a las características de la perforadora y del tipo de roca permitira tener un avance

medio real de 0.50 m/hr. Una vez concluida la perforación guía, se instalara en la parte superior una torre y un malacate, para que de esta manera, pueda colocarse dentro de la perforación un cable de acero hasta el fondo del túnel. En este sitio se efectuara la instalación de una plataforma de trabajo, la cual dada las dimensiones a construir la lumbrera piloto, permitira instalar unicamente dos perforistas. Esta plataforma servira ademas para el poblado de los barrenos.

Cabe aclarar que al igual, que la alternativa anterior, sera necesario desmontar en cada ciclo de trabajo, a la plataforma para efectuar el tronado correspondiente, teniendo que subir para esto el cable de acero hasta una altura considerable fuera del alcance de la explosión.

Para efectuar todas las maniobras de ciclo basico de trabajo y que el operador del malacate suba sucesivamente la plataforma de trabajo hasta el frente, se requiere contar con la colaboración de un operador de telefono.

Para efectos del barreno, se considera que las perforadoras barrenaran la roca con una profundidad de 2.20 m. para que con un avance medio real del 90% de dicha longitud se tenga 2.00 m de avance por ciclo.

En lo que respecta a la ventilación, esta se efectuara permanentemente con el equipo convencional.

El rezagado se efectuara mediante un cargador caterpillar 920C con capacidad de cucharon de 1.12 m³ y camiones FORD LTS 900 con capacidad de 10.00 m³ las cuales saldrán por el túnel.

Siendo que todas las características propias de construcción para este método son similares a la anterior, se tendrán las mismas consideraciones de trabajo y al mismo tiempo los volúmenes de excavación son los mismos.

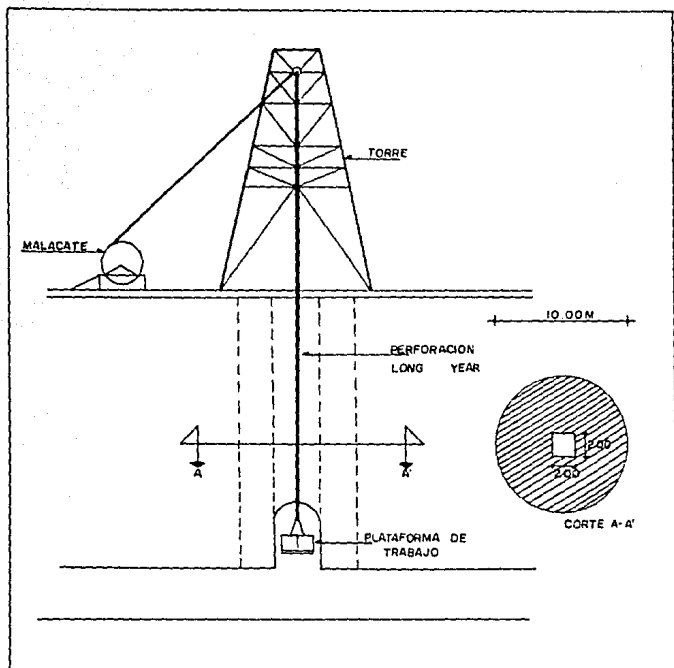
Al analizarse en los párrafos posteriores, el ciclo básico se omitirán algunos cálculos anteriormente ya efectuados.

En lo que respecta a la ventilación, esta se efectuara permanentemente con el equipo convencional.

El rezagado se efectuara mediante un cargador caterpillar 920C con capacidad de cucharón de 1.12 m³ y camiones FORD LTS 900 con capacidad de 10.00 m³ las cuales saldrán por el túnel.

Siendo que todas las características propias de construcción para este método son similares a la anterior, se tendrán las mismas consideraciones de trabajo y al mismo tiempo los volúmenes de excavación son los mismos.

Al analizarse en los párrafos posteriores, el ciclo básico se omitirán algunos cálculos anteriormente ya efectuados.



CONCEPTOS QUE COMPRENDE EL CICLO BASICO DE TRABAJO.

- 1.- Maniobras para colcar la plataforma de trabajo.
- 2.- Verificación del trazo y marcado de barrenos.
- 3.-Barrenacion.
- 4.- Poblado y tronado.
- 5.- Ventilación.
- 6.- Rezagado del material tronado.

Aun cuando no se incluya dentro del ciclo basico de trabajo, el proceso de perforación inicial a todo lo largo de la lumbrera, debera ser considerado el tiempo que se emplea para tal efecto y adicionarlo al tiempo requerido para el total de construcción.

A continuación se desglosa el tiempo requerido para cada concepto del ciclo basico de trabajo.

- 1.- Maniobras para colocar la plataforma en su sitio.

Para este concepto se considera que dicha maniobra requerira un tiempo minimo de 0.50 hr.

- 2.- Verificación del trazo y marcado.

Al igual que la alternativa anterior, se requerira de 0.50 hr. para tal efecto.

3.- Barrenacion.

Pra este proceso se tiene que dadas las características un tanto móviles de la plataforma sostenida por el cable de acero, el rendimiento de las perforaciones neumáticas disminuye considerablemente, teniendose entonces un rendimiento de 7 ml/hr. por perforadora.

Como ya se dijo anteriormente, se podran instalar en la plataforma dos perforistas unicamente.

Para el tiempo de barrenación se tendra:

$$\text{Tiempo} = \frac{24 \text{ barrenos} \times 2.20 \text{ ml/barreno}}{7 \text{ ml/hr} \times 2 \text{ perforadoras}}$$

$$\text{Tiempo} = 3.77 \text{ hr.}$$

4.- POBLADO.

Igual que la alternativa anterior sera de 0.72 hr.

5.- VENTILACION.

Se considera conveniente que el personal espere 0.50 hr., antes de volver al frente de trabajo para desintoxicar adecuadamente el area.

6.- REZAGADO.

Dado que el volumen tronado, es el mismo y la maquinaria utilizada para su remocion es igual, el tiempo requerido sera por tanto de 0.23 hr.

Al efectuar la suma de los tiempos empleados para el ciclo basico de trabajo se tiene:

Tiempo total _____ 6.22 hrs.

Duración de la excavación de la lumbrera piloto;

$$\text{Tiempo} = \frac{125 \text{ m (altura)} \times 6.22 \text{ hr/ciclo}}{2.00 \text{ m/hr (avance real)}}$$

$$\text{Tiempo} = 389.00 \text{ hr}$$

Duración del trabajo de la perforadora Long Year.

$$\text{Tiempo} = \frac{125.00 \text{ m (altura)}}{0.50 \text{ m/ciclo (avance real)}}$$

$$\text{Tiempo} = 250.00 \text{ hrs.}$$

Tiempo total de construcción de la lumbrera piloto.

$$\text{Tiempo total} = 389.00 \text{ hr.} + 250.00 \text{ hrs.}$$

$$\text{Tiempo total} = 639.00 \text{ hr.}$$

II.1.3.- ALTERNATIVA N 3.

EXCAVACION DE LUMBRERA PILOTO CON CONTRAPOCERA.

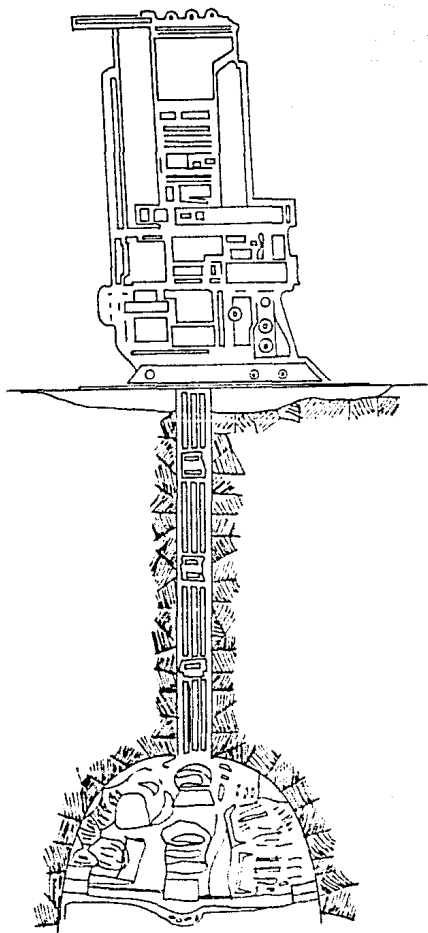
Este método consiste básicamente en la perforación primaria a todo lo largo de la lumbrera mediante un perforadora Long Year, que horadara un diámetro que generalmente oscila entre 8 y 12 pulgadas de diámetro.

Para este caso, se perforara un agujero de 10 pulgadas de arriba hacia abajo. Una vez efectuada dicha perforación, se instalara en la parte superior una contrapocera marca ROBBINS Modelo 61R, la cual mediante una barra guía que se introduce a todo lo largo, permitira colocar desde el túnel la cabeza de perforación, la cual cuenta con una serie de brocas que permitiran efectuar dicha operación.

Todas las maniobras de perforación se efectuaran desde la superficie, aun cuando esta se efectue de abajo hacia arriba.

Se considera que para efectos de exposición del presente trabajo, se estima un avance o rendimiento de la contrapocera de 0.50 m/hr con un diámetro de 1.80 m. Se indica así mismo que la utilización de esta máquina queda restringida a emplearse en lumbreras de grandes profundidades, donde al mismo tiempo, la rapidez de la construcción es muy importante.

Aun cuando lo anterior, tanto el costo como el manejo de la contrapocera no justifica para pozos poco profundos.



CONTRAPOCERA

Antes de presentar el analisis del tiempo total que se requiere para construir la lumbrera piloto, se hace necesario resaltar que la perforación se desarrollara de manera continua , a excepción de los lapsos que se requieren para cambiar las brocas en desgaste y el mantenimiento de la propia maquina.

LISTADO DE TIEMPOS PARA LA PERFORACION.

- 1.- Instalación y desmantelamiento del equipo perforador.
- 2.- Barreno guía de 10.00 pulgadas de diametro.
- 3.- Maniobra de colocación para la cabeza de barrenación.
- 4.- Barrenación de la lumbrera piloto.
- 5.- Movilización del equipo.
- 6.- Rezagado.

ANALISIS DE TIEMPOS.

1.- INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DEL EQUIPO PERFORADOR.

Como ya se dijo, la parte motriz que acciona la barra y la cabeza con las brocas se colocan en la parte superior, esta debe estar apoyada en una placa de concreto que evite cualquier desplazamiento de la maquina. Para lograr esto se requiere un consumo de tiempo durante todo el proceso de 10.00 hr por dia durante 3 dias. Este tiempo queda incluido el desmantelamiento de la maquina, por tanto:

$$\text{Tiempo} = 3 \times 10 \text{ hr} = 30.0 \text{ hr.}$$

2.- BARRENO GUIA DE 10 PULGADAS DE DIAMETRO.

Para este concepto se utilizara una perforadora Long Year, que perforara un agujero de 10 pulgadas de diametro, con un rendimiento estimado de 1.50 m/hr por lo que el consumo de tiempo sera;

$$\text{Tiempo} = \frac{125.00 \text{ m (altura)}}{1.50 \text{ m/hr (rendimiento)}}$$

$$\text{Tiempo} = 83.30 \text{ hr.}$$

3.- MANIOBRA DE COLOCACION DE LA CABEZA DE BARRENACION.

Este concepto es de suma importancia, ya que, para las condiciones reales de trabajo, el desgaste de los discos de la cabeza de barrenacion sera constante y hasta cierto punto impredecible para una eventual ruptura que obligen a suspender momentaneamente el trabajo.

En base a lo anterior, se considera, para fines practicos de presente trabajo, un tiempo de 30.00 hr en todo el proceso, para el mantenimiento adecuado de la cabeza de barrenacion. Con esto se asegura un rendimiento constante de la contrapocera.

4.- BARRENACION DE LA LUMBRERA PILOTO.

Siendo las dimensiones de la lumbrera piloto de 1.80 m. y con un avance real estimado de 0.50 m/hr, se tiene el siguiente tiempo:

$$\text{Tiempo} = \frac{125.00 \text{ m}}{0.50 \text{ m/hr (rendimiento)}}$$

$$\text{Tiempo} = 250.00 \text{ hr.}$$

5.- MOVILIZACION DEL EQUIPO.

Se considera para fines ilustrativos, que para este concepto, se requiere un mínimo de 16.00 hr.

En resumen, el tiempo total acumulado, corresponde a un total de:

$$409.30 \text{ hr.}$$

De los cuales la maquina trabaja: 363.30 hr

6.- REZAGADO.

Aun cuando las maniobras de rezagado quedan incluidas dentro del tiempo total, para la construcción de la lumbrera piloto, en virtud de que estas maniobras no interfieren en el proceso de barrenación, más sin embargo, es necesario considerar el tiempo que se emplea para su remoción.

Para el rezagado, se utilizara al igual que las alternativas anteriores, un cargador caterpillar 920 y camiones Ford LTS-900 con capacidad de 10 m³ teniendo como dato el rendimiento para la rezaiga igual a 58.03 m³/hr. (calculados en la primera alternativa) y dada la sección circular de la lumbrera piloto se tiene:

$$\text{Volumen total} = \frac{3.14 \times 1.80^2 (125) \times 1.65 (\text{abundamiento})}{4.00}$$

$$\text{Volumen} = 524.84 \text{ m}^3.$$

Tiempo cargador frontal

$$\text{Tiempo} = \frac{524.84 \text{ m}^3}{58.02 \text{ m}^3/\text{hr}}$$

$$\text{Tiempo} = 9.00 \text{ hr.}$$

Tiempo camiones.

Se considera acarreo de 2.50 Km en un solo sentido con velocidad promedio de ida y regreso de 20 Km/hr y 25 Km/hr respectivamente, (misma consideración para las alternativas anteriores).

Tiempo de llenado.

$$\text{Tiempo} = \frac{10.00 \text{ m}^3 (\text{capacidad})}{58.03 \text{ m}^3/\text{hr} (\text{rendimiento cargador})}$$

$$\text{Tiempo} = 0.17 \text{ hr.}$$

Tiempo de ida.

$$\text{Tiempo} = \frac{2.50 \text{ Km/hr}}{20 \text{ Km/hr}} = 0.125 \text{ hr.}$$

Tiempo de regreso.

$$\text{Tiempo} = \frac{2.50 \text{ Km/hr}}{25 \text{ Km/hr}} = 0.10 \text{ hr.}$$

Considerando un tiempo perdido de 7.50 minutos en maniobras y descarga, se tiene un tiempo del ciclo igual:

$$\text{Tiempo total del ciclo} = 0.52 \text{ hr.}$$

Cálculo del rendimiento.

$$\text{Rendimiento} = \frac{10.00 \text{ m}^3}{0.52 \text{ hr}} = 19.23 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Tiempo total de uso.

$$\text{Tiempo} = \frac{524.84 \text{ m}^3}{19.23 \text{ m}^3/\text{hr}} = 27.30 \text{ hr.}$$

III.2.- EXCAVACION DE LA LUMBRERA A SU SECCION DEFINITIVA.

Una vez efectuada la primera etapa para la construcción de la lumbrera piloto mediante las tres alternativas descritas anteriormente, se procederá en lo subsecuente al análisis de dos alternativas de construcción que permitan ampliar la lumbrera a su sección definitiva.

Estas alternativas de construcción reciben el nombre común de banqueo.

III.2.1.- ALTERNATIVA NUMERO 1.

EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN SU ETAPA DE BANQUEO
CON PLATAFORMA TREPADORA DE ABAJO HACIA ARRIBA.

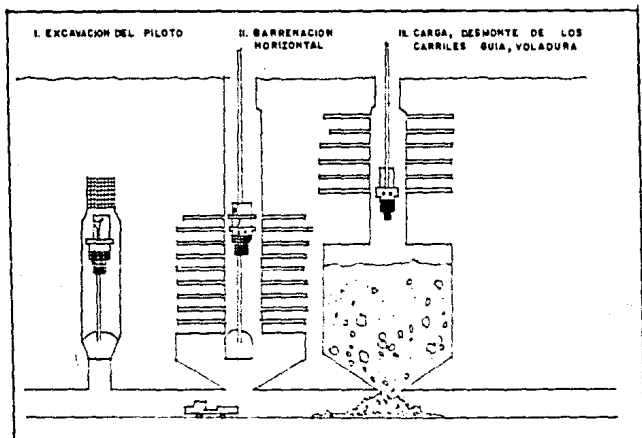
Este método consiste en la excavación de abajo hacia arriba utilizando la plataforma trepadora tipo Alimak. Para este caso la trepadora será accionada desde la parte superior de la lumbrera, motivo por el cual, el ciclo de trabajo lo efectuaremos en dos etapas. En la primera, se efectuará la barrenación a todo lo largo de la lumbrera piloto en tramos de 3.00 m.

El avance de barrenación estará definida por el tiempo necesario que se requiere para colocar el riel de la plataforma trepadora y del propio proceso.

Para la segunda etapa, se utilizara la misma plataforma trepadora para el poblado y tronado de los barrenos iniciando desde la parte inferior de la lumbrera. Se estima que el tronado debiera tener un avance de 3.00 m. por ciclo.

Cabe agregar que al estar utilizando la trepadora, esta permitira instalar sobre ella dos perforadoras de piso que efectuaran la barrenacion horizontal, teniendo por tanto un rendimiento de barrenacion de 10.00 m³/hr por perforadora.

Al efectuarse en su oportunidad el tronado de los barrenos, la reza del material caera hacia la parte inferior de la lumbrera donde sera removido por medio de un cargador CAT 920 con rendimiento de 58 m³/hr asi como de camiones FORD LTS 900 con capacidad de 10 m³ y un rendimiento de 19 m³ -calculados con anterioridad.



A continuación se presenta el análisis del tiempo requerido para ampliar la lumbrera a su sección definitiva.

III.2.1.1.- BARRENACION CONTINUA DE LA LUMBRERA.

1.- Instalacion de la trepadora Alimak

Para este concepto se estima un tiempo de 20.00 hr.

2.- Colocacion del riel.

Habiendose estimado un tiempo de 2.50 hr/ciclo requerido para colocar el riel de la plataforma en una longitud de 3 m, se tiene:

$$\text{numero de ciclos} = \frac{125.00 \text{ m}}{3.00 \text{ m}} = 42 \text{ ciclos.}$$

$$\text{Tiempo} = 2.50 \text{ hr/ciclo} \times 42 \text{ ciclos} = 105.00 \text{ hr.}$$

3.- Verificación del trazo y marcado de barrenos.

Se estima 0.50 hr. por ciclo.

$$\text{Tiempo} = 42 \text{ ciclos} \times 0.50 \text{ hr/ciclo} = 21.00 \text{ hr.}$$

4.- Barrenación.

Calculemos primeramente el numero de barrenos, de la formula;

$$N = A(12) \text{ se tiene que:}$$

$$A = 3.1416 \times 5^2 = 78.54 \text{ m}^2.$$

$$A = 78.54 \text{ m}^2.$$

Por lo tanto se tiene:

$$\text{Número de barrenos} = [74.54] \div (12) = 104$$

Pero como el material cae al fondo de la lumbrera y se fragmenta aun mas, se ha visto, que el numero de barrenos puede reducirse a la mitad, o sea 52, para nuestro caso, de esto resulta:

$$42 \text{ ciclos} \times 52 \text{ barrenos/ciclo} = 2184 \text{ barrenos.}$$

Teniendo en cuenta que la longitud de barrenación debe sobrepasar en un 10 % la línea teórica de la sección definitiva de la lumbrera, ya que la acción de la dinamita actua en el 90 % de la longitud total del barreno, se tiene entonces una longitud total de barrenación de:

$$4.30 \text{ m} \times 1.1 = 4.40 \text{ m.}$$

$$\text{Tiempo} = \frac{21.84 \text{ barrenos} \times 4.40 \text{ m/barreno}}{2 \text{ perforadoras} \times 10.00 \text{ m/hr.}}$$

$$\text{Tiempo} = 480.50 \text{ hr.}$$

Resumiendo esta etapa se tiene un tiempo de:

$$480.50 \text{ hr.}$$

III.2.1.2.- POBLADO, TRONADO, VENTILACION Y REZAGADO.

1.- Carga de los barrenos.

Considerando un rendimiento de 5 min. por barreno, poblador y ayudante, utilizando dos pobladores:

$$\text{Tiempo} = \frac{52 \text{ barrenos} \times 5 \text{ min/barreno}}{2 \text{ pobladores} \times 60 \text{ min/hr}}$$

$$\text{Tiempo} = 2.16 \text{ hr}$$

2.- Desmonte del riel.

Antes de llevar a cabo la tronada, se requiere quitar el tramo de riel que sera afectado. Se estima para tal efecto un tiempo de 1.00 hr por ciclo.

3.- Ventilación.

Al igual que las alternativas anteriores se requiere de 0.50 hr.

4.- Rezaga del material.

Volumen tronado = $74.54 \text{ m}^3 \times 3.0 \text{ m} \times 1.65$ (abundamiento)

Volumen tronado = 369.00 m^3 . (suelto)

Produccion del cargador = $58 \text{ m}^3/\text{hr}$.

$$\text{Tiempo} = \frac{369.00 \text{ m}^3}{58.00 \text{ m}^3/\text{hr}} = 6.36 \text{ hr.}$$

Calculemos adicionalmente el tiempo de uso del camión.

$$\text{Tiempo} = \frac{359.00 \text{ m}^3}{19.00 \text{ m}^3/\text{hr}} = 19.42 \text{ hr.}$$

$$\text{Tiempo total} = 10.02 \text{ hr/ciclo} \times 42 \text{ ciclos} = 420.84 \text{ hr.}$$

Resumiendo se tiene un tiempo por ciclo de:

$$10.02 \text{ hr/ciclo.}$$

$$\text{Tiempo total} = 10.02 \text{ hr/ciclo} \times 42 \text{ ciclo} = 420.84 \text{ hr.}$$

Al sumar las dos etapas se tiene un tiempo total de:

$$1047.34 \text{ hr.}$$

III.2.2.- ALTERNATIVA # 2

EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN SU ETAPA DE BANQUED
POR EL METODO DE TORRE CON MALACATE Y REZAGA
POR ABAJO.

Para esta alternativa, el procedimiento consiste en excavar la parte restante de la lumbrera, utilizando una torre equipada con malacate, que haran todas las operaciones de subir y bajar el equipo, materiales y personal. Cabe hacer notar que tanto la capacidad de la torre, así como del malacate, deben ser lo suficientes para hacer descender y subir un pequeño tractor, cuya función se especificara posteriormente.

La excavación se efectuara en forma vertical de arriba hacia abajo, mediante la utilización de perforadoras de piso. El rendimiento para las perforadoras sera de 10 m/hr el avance de la excavación se propone de 2.00 m/Ciclo, teniendo por tanto, una longitud de 2.2 m/barrero, para lograr el avance propuesto.

Realizada la barrenación, se procedera a efectuar el poblado, utilizando para este caso de voladura a ciclo abierto, dinamita del tipo Hexagel-70, la cual sera activada con estopines eléctricos, con retardadores de milisegundos, que permitira tener una mejor voladura.

Dadas las características de esta alternativa, para el caso de la ventilación, esta se efectuara de manera natural. Se estima conveniente esperar un lapso de 0.25 hr. despues de cada tronada para desintoxicar el ambiente.

Concluida la ventilación, mediante la torre y el malacate, se hara descender un tractor marca Emico modelo 630, el cual empujara el material de rezaqa que no se haya filtrado por el pozo piloto.

El material caera a la parte inferior del túnel empujado por el tractor, implicando un tiempo estimado de 0.50 hr. en cada ciclo.

El rezaqado que se efectua en la parte inferior en ninqui

momento interfiere en el ciclo de trabajo, por lo que se puede estar rezagando y al mismo tiempo estar barrenando.

Adicionalmente, a la tronada del material, algunas veces se presentan fragmentos que ameritan ser disminuidos de tamaño, por lo que se requerira la utilización de pistolas rompederas de tipo convencional, que efectuen el proceso de denominado MONED.

Analisis del tiempo requerido para construir la lumbrera a su sección definitiva.

1.- TRAZO Y MARCADO DE BARRENOS.

Se estima un tiempo de 0.50 hr por ciclo

2.- BARRENACION.

Para efectos de disminuir el tiempo de barrenación y dada la sección de la lumbrera, emplearemos un total de 6 perforistas.

Al igual que la alternativa anterior, se necesita solamente 52 barrenaciones, por tanto:

$$\text{Tiempo} = \frac{52 \text{ barrenos} \times 2.20 \text{ m/barreno}}{6 \text{ perforistas} \times 10.00 \text{ m/hr}}$$

3.- POBLADO.

Al igual que la alternativa anterior se estima un tiempo de 5 min/barreno por poblador.

Para este caso se emplearan 4 pobladores, por tanto:

$$\text{Tiempo} = \frac{52 \text{ barrenos} \times 5 \text{ min/barreno}}{4 \text{ pobladores} \times 60 \text{ min/hr}}$$

$$\text{Tiempo} = 1.10 \text{ hr.}$$

4.- VENTILACION.

Siendo a ciclo abierto la tronada, se estima un tiempo:

$$0.25 \text{ hr.}$$

5.- EMPUJE DEL MATERIAL TRONADO.

Ya mencionado ----- 0.50 hr.

Resumiendo el tiempo del ciclo basico, se tiene:

$$\text{Tiempo} = 4.75 \text{ hr.}$$

Si el número de ciclos es igual:

$$\frac{125 \text{ m (altura)}}{2.0 \text{ m (avance)}} = 62.5 \text{ ciclos.}$$

La duración total para esta etapa sera de:

$$4.75 \text{ hr/ciclo} \times 62.5 \text{ ciclo} = 296.90 \text{ hr.}$$

III.3.- EXCAVACION A SECCION COMPLETA

III.3.1.- ALTERNATIVA UNICA.

EXCAVACION A SECCION COMPLETA DE ARRIBA HACIA ABAJO CON REZAGA CON GRUA

Para esta alternativa presentada como única, la construcción de la lumbrera se efectuara a sección completa, utilizando 6 perforadoras de piso para atacar adecuadamente el area correspondiente a 78.54 m².

Siendo que la excavación se efectuara directamente a la superficie, no sera necesario contar con un equipo de ventilación, a menos que, dependiendo de las características que puedan presentar las rocas en sus estratos más profundos, así lo demanden.

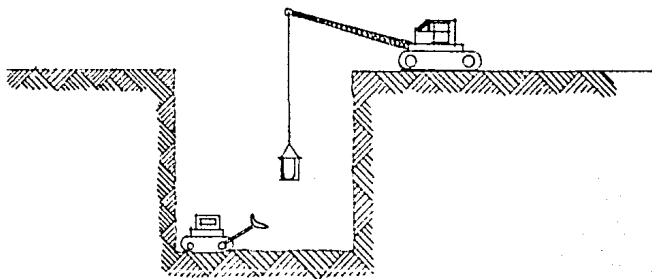
Para el caso del razagado del material, este se efectuara desde la parte superior de la lumbrera, mediante el empleo de una grua marca Link Belt LS-98 y un pequeño cargador Eimico modelo 630 con capacidad de 0.33 (o.25 m³). El cual llenara botes cilindricos de dimensiones 1.52 m de diametro y un 1.00 m de altura, resultando una capacidad de 2.65 m³ (recomendado por los fabricantes del cargador).

La grua servira, ademas, subir los botes con la rezaga, para todos los movimientos del equipo de barrenación, instalaciones, personal, etc.

En cuanto al material razagado de la lumbrera, este se deposita a un lado de esta, donde posteriormente será removido por un cargador Cat 920 acarreos por camiones de volteo FLTS-9000, los cuales tienen los rendimientos de 58 m³/hr y 19 m³/hr respectivamente.

De lo descrito anteriormente, se observa la sencillez de la alternativa, más sin embargo, en verdad resulta un tanto complicado si se toma en cuenta, que para las dimensiones de la lumbrera en análisis (125 m de altura y un área de 78.54 m²) hacen trabajar sobre plataformas muy estorbosas.

EXCAVACION DE LUMBRERA



REZAGADO CON ALMEJA O BOTE

ANALISIS DEL CICLO BASICO DE TRABAJO PARA EXCAVAR LA LUMBRERA A SECCION COMPLETA

1.- TRAZO Y MARCADO DE LOS BARRENOS.

Para efectos exclusivos de analisis se proponen un tiempo de 0,50 hr.

2.- BARRENACION.

De la forma $N = [A]^{1/2}(12)$ se tiene;

Números de barrenos = $[78.54]^{1/2}(12) = 106.00$

La longitud de barrenación sera al igual que las las alternativas anteriores de 2.20 m.

Para las perforadoras, estas tendan un rendimiento de 5 min por barreno, se tiene:

$$\text{Tiempo} = \frac{106 \text{ barrenos} \times 5 \text{ min/barreno}}{6 \text{ pistolas} \times 10.00 \text{ m/hr}}$$

Tiempo de perforación = 3.90 hr.

3.- POBLADO.

Utilizando seis pobladores con rendimiento de 5 min por barreno, se tiene:

$$\text{Tiempo} = \frac{106 \text{ barrenos} \times 5 \text{ min/barreno}}{6 \text{ pobladores} \times 60 \text{ min/hr.}}$$

Tiempo = 1.50 hr.

4.- VENTILACION.

Empleando 0.5 hr para desintoxicar el area naturalmente.

5.- REZAGADO.

Calculando primeramente el volumen por tronada, se tienen

78.54 m ² X 2.00 m X 1.65 (abundamiento)	= 259.18 m ³
ciclo del cargador	= 15 seg.
capacidad del cargador	= 0.25 m ³
capacidad del bote de la grua	= 2.65 m ³

Número de operaciones para cargar el bote.

$\frac{2.65 \text{ m}^3}{0.25} = 10.6$	= 11 veces
Tiempo de carga = 11 veces X 15 seg	= 165 seg.
Tiempo de maniobras	= 75 seg.
Tiempo total	= 240 seg.

Análisis del ciclo de la grua.

Dada la profundidad de la lumbrera, dividiremos su altura en dos partes, para efectos de mayor aproximación de su ciclo de trabajo.

Calculando altura promedio:

Primer tramo (h ₁)	= 125 m/4 = 31.25 m
Segundo tramo (h ₂)	= 125(3/4) = 93.75 m.
Velocidad en vacío	= 1.00 s/m
Velocidad cargado	= 1.50 s/m

Para el primer tramo.

Tiempo de bajada vacio	31.25 m X 1.0 s/m	= 31.25 s.
Tiempo de subida cargado	31.25 m X 1.5 s/m	= 46.9 s.
Ciclo del cargador		= 240 seg.
Ciclo de la grua		= 78.15 seg.
Ciclo cargador + ciclo grua		= 318.15 s.

Número de operaciones necesarias para vaciar la tronada.

$$\frac{259 \text{ m}^3/\text{tronada}}{2.65 \text{ m}^3 \text{ cap bote}} = 97.7 \text{ operaciones}$$

$$\text{Tiempo (h}_1\text{)} = \frac{97.7 \text{ op} \times 318.15 \text{ seg/op}}{3600 \text{ seg/hr}}$$

$$\text{Tiempo (h}_1\text{)} = 8.63 \text{ hr.}$$

Para el segundo tramo.

Tiempo de bajada vacio	= 93.75m X 1.0s/m	= 93.75 s.
Tiempo de subida crgado	= 93.75m X 1.5s/m	= 140.00 s.
Ciclo del cargador		= 240 seg
Ciclo de la grua		= 234.38 seg
Ciclo del cargador + ciclo de la grua		= 474.38 s.

$$\text{Tiempo (h}_2\text{)} = \frac{97.7 \text{ op} \times 474.38 \text{ seg/op}}{3600 \text{ seg/hr.}}$$

$$\text{Tiempo (h}_2\text{)} = 12.67 \text{ hr.}$$

Suma de $h_i + h_{ii} = 8.63 \text{ hr} + 12.87 \text{ hr} = 21.50 \text{ hr.}$

Resumen del ciclo.

Concepto	Tiempo
1 - Trazo y marcado	0.50 hr
2 - Barrenación	3.40 hr
3 - Poblado	1.50 hr
4 - Ventilación	0.50 hr
5 - Rezaqa	21.40 hr

Total	27.90 hr

Duración de la excavación

$$\text{Tiempo} = \frac{27.90 \text{ hr/ciclo} \times 125 \text{ m}}{2 \text{ m/ciclo.}}$$

Tiempo total = 1743.75 hr.

TABLA DE RESUMEN DE TIEMPOS DE CONSTRUCCION

LUMBRERA PILOTO	PLATAFORMA TREPADORA	PLATAFORMA CON MALACATE	CONTRAFUERA
BANQUEO	431.1 Hr.	639 Hr.	409.3 Hr.
PLATAFORMA TREPADORA			
1047.34 Hr.	1490.44 Hr.	639 Hr.	1456.34 Hr.
CON TORRE Y MALACATE			
287.90 Hr.	749.00 Hr.	935.9 Hr.	706.20Hr. •
EXCAVACION A SECCION COM- PLETA.	1743.75 Hr.		

• tiempo menor.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CAPITULO IV

ANALISIS DE COSTOS

IV.- ANALISIS DE COSTOS

Dentro del proceso de proyección de cualquier obra civil, es indiscutible, que uno de los factores que inciden directamente en la elección de un proyecto en específico, es sin duda el costo mismo. Es por eso que dada la importancia de este concepto, se presenta en este capítulo un análisis de costos para cada una de las alternativas de procedimientos constructivos para lumbreras en rocas, descritas en el capítulo anterior, con la finalidad de indicar la manera ejemplificativa, la variación de costos en cada alternativa y concluir en la elección de la alternativa óptima.

Antes de iniciar el análisis de costos, es conveniente aclarar, que los costos de cada uno de los elementos que intervienen en el presente análisis, han sido tomados, a manera ejemplificativa y que de ninguna manera corresponden a los precios actuales en el mercado. Esto se debe básicamente a la fluctuación ascendente de los precios de adquisición, tanto de materiales y de la maquinaria, así como de la variación de los salarios del personal que intervienen en cada uno de los procedimientos constructivos. Sin embargo, dichos costos han sido tomados de tal manera que son representativos del problema de análisis de costos.

La aclaración anterior es valida en virtud de que, si se pretendiera presentar un analisis de costos actualizados a 1987, en los subsecuentes meses la variación del mismo, sera de tal manera, que resultaria obsoleto, debido al proceso inflacionario que atravieza el pais desde 1976 y que a la fecha no se determine en un futuro proximo la estabilidad del mercado.

Basandose en lo anterior, se realiza aun más la importancia que en los ultimos años, ha tomado la participación del analisis de costos para cualquier proyecto.

Una vez indicado lo anterior, a continuación se desglosa el analisis de costos de cada alternativa, donde se ha omitido el calculo de los tiempos, tanto utiles como ociosos de la maquinaria utilizada en cada proceso, dado que ya fue calculado en el capitulo anterior. Asi mismo, se ha considerado conveniente analizar cada alternativa separando los costos de:

- I Maquinaria
- II Materiales
- III Personal

IV ANALISIS DE COSTOS

IV.1 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA

LUMBRERA PILOTO CON PLATAFORMA TREPADORA.

Se presenta a continuación el equipo necesario para contruir la lumbrera piloto así como los costos por ahora efectiva de trabajo y sus sus costos de tiempo ocioso.

Equipo	Costo hr efectiva
Plataforma trepadora Alimak STH-5E	\$ 34 665.60
Plataforma trepadora Alimak STR-5E	* \$ 27 466.00
Perforadora de cielo Atlas Copco RH-656-4W	\$ 1 813.50
Perforadora de cielo Atlas Copco RH-656-4W	* \$ 1 284.00
Compresor de 600 PCM	\$ 5 393.01
Compresor de 600 PCM	* \$ 4 049.00
Equipo de ventilación	\$ 1 809.00
Equipo de alumbrado	\$ 2 040.00
Cargador frontal Cat 920 (1.5 yd ³)	\$ 7 226.77
Cargador frontal Cat 920 (1.5 yd ³)	* \$ 5 753.21
Camion volteo 10 m ³ F-LTS-9000	\$ 4 577.01
Camion volteo 10 m ³ F-LTS-9000	* \$ 2 808.46

* ocioso.

IV.1.1 ANALISIS DE COSTOS DE LA MANO DE OBRA.

a) PERFORACION.

Personal	No.	Horas	Costo/hr	Importe
Cabo	1	443.10	\$ 488.95	\$ 216 653.75
Poblador	2	886.37	\$ 657.37	\$ 582 561.29
Afilador brocas	1	443.10	\$ 200.20	\$ 88 708.62
Maniobrista	1	443.10	\$ 321.33	\$ 142 368.03
Ayudantes	4	1 772.40	\$ 163.94	\$ 290 567.26
Costo				\$ 1 320 858.90

b) INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DE LA TREPADORA ALIMAK.

10 DIAS = 160 hr CON EL SIGUIENTE COSTO.

Personal	No.	Horas	Costo/hora	Importe
Cabo	1	160	\$ 468.95	\$ 78 232.00
Perforista	2	320	\$ 409.50	\$ 131 040.00
Compresorista	1	160	\$ 686.00	\$ 109 760.00
Ayudantes	4	640	\$ 163.94	\$ 104 921.60
Costo				\$ 423 953.60

IV.1.2 COSTO DE LOS MATERIALES.

a) ACERO DE BARRENACION.

LONGUITUD TOTAL DE BARRENACION.

$$L = \frac{24 \text{ barrenos} \times 2.20 \text{ m} \times 125 \text{ m}}{2.00 \text{ m/ciclo}} = 3\,300 \text{ m.}$$

Profundidades del barreno que ocupan las barras de
múltiplos de 80 cm.

$$\text{Barra } 0.80 \text{ m} = 0.80/2.20 = 0.36$$

$$1.60 \text{ m} = 0.80/2.20 = 0.36$$

$$2.40 \text{ m} = 0.60/2.20 = 0.28$$

Duración del acero de barrenación = 300 ml.

Calculo del número de barras necesarias.

para;

$$0.80 = \frac{0.36 \times 3 \text{ } 300 \text{ ml}}{300 \text{ ml/pza}} = 3.96 = 4 \text{ pzas.}$$

$$1.60 = \frac{0.36 \times 3 \text{ } 300 \text{ ml}}{300 \text{ ml/pza}} = 3.08 = 3 \text{ pzas.}$$

$$2.40 = \frac{0.28 \times 3 \text{ } 300 \text{ ml}}{300 \text{ ml/pza}} = 3.08 = 3 \text{ pzas.}$$

Costo:

$$4 \text{ barras } (0.80 \text{ m}) \times 10 \text{ } 225.80/\text{pza} = \$ \text{ } 40 \text{ } 933.20$$

$$4 \text{ barras } (1.60 \text{ m}) \times 13 \text{ } 363.92/\text{pza} = \$ \text{ } 53 \text{ } 455.68$$

$$3 \text{ barras } (2.40 \text{ m}) \times 16 \text{ } 560.00/\text{pza} = \$ \text{ } 49 \text{ } 680.00$$

$$\text{Subtotal} = \$ \text{ } 144 \text{ } 038.88$$

$$30 \% \text{ Afiliado} = \$ \text{ } 43 \text{ } 211.66$$

$$\text{Total} = \$ \text{ } 187 \text{ } 250.54$$

b) EXPLOSIVOS.

Se utilizara 3.5 Kg/m²

$$3.5 \text{ Kg/m}^2 \times \$ 629.28 \times 228 \text{ (volumen total)} = \$ 502 165.44$$

c) ESTOPINES.

$$\frac{24 \text{ barrenos} \times 125 \text{ m} \times 282.00}{2.20 \text{ ml/barreno}} = \$ 384 545.45$$

d) ALAMBRE DE CONEXION.

Considerando 2.80 m por barreno.

$$\frac{24 \text{ barrenos} \times 125 \text{ m} \times \$ 2 760.00/\text{rollo}}{100 \text{ m/rollo} \times 2.20 \text{ ml/barreno}} = \$ 37 636.36$$

$$\text{Costo total materiales} = \$ 1 111 597.70$$

IV.1.3 COSTO DEL EQUIPO.

TIEMPO DE USO.

a) TREPADORA ALIMAK SH-5E.

$$T = \frac{(2.50 + 2.64 + 0.5 + 0.72 + 0.5) \times 125 \text{ m}}{2 \text{ m/ciclo}} = 427.63 \text{ hr}$$

Donde;

2.50 = Tiempo colocacion del riel

2.64 = Tiempo de barrenacion

0.72 = Tiempo de carga y tronado

0.5 = Tiempo de ventilación

0.5 = Instalación de las pistolas

b) PERFORADORAS DE CIELO.

$$T = \frac{(2.64 \times 0.50) \times 125 \text{ m}}{2 \text{ m/ciclo}} = 195.17 \text{ hr}$$

c) Compresor = 427.63 (igual que trepadora).

d) Equipo ventilación = 443.1 hr.

e) Cargador frontal

Volumen total suelto = $500 \times 1.65 = 825.00 \text{ m}^3$.

$$\text{Tiempo de uso} = \frac{825.00}{58.03 \text{ m}^3/\text{hr}} = 14.22 \text{ hr.}$$

f) CAMION VOLTEO.

$$\text{Tiempo llenado} = \frac{10 \text{ m}^3}{58.03 \text{ m}^3/\text{hr}} = 0.170 \text{ hr}$$

$$\text{Tiempo de ida} = \frac{2.50 \text{ Km}}{20 \text{ Km/hr}} = 0.125 \text{ hr}$$

$$\text{Tiempo de regreso} = \frac{2.50 \text{ Km}}{25 \text{ Km/hr}} = 0.100 \text{ hr}$$

Descarga y maniobra = 0.125 hr

Total ciclo = 0.520 hr

$$\text{Rendimiento} = \frac{10 \text{ m}^3}{0.52 \text{ hr}} = 19.23 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Tiempo uso} = \frac{825.00 \text{ m}^3}{19.23 \text{ m}^3/\text{hr}} = 42.9 \text{ hr}$$

CARGO POR EQUIPO TRABAJANDO.

Maquina	horas	costo	Importe
Trepadora	493.10 (')	\$ 34 665.6	\$ 17 093 607.00
Perforadora	195.17	\$ 1 813.50	\$ 353 940.80
Compresor	427.63	\$ 5 398.01	\$ 230 835.10
Ventilación	443.10	\$ 1 809.00	\$ 801 567.90
Alumbrado	443.10	\$ 2 040.00	\$ 90 292.40
Cargador frontal	14.22	\$ 7 226.77	\$ 102 764.67
Camión volteo	42.90	\$ 4 577.01	\$ 196 353.73
sub-total			\$ 21 760 510.00

(') Se considera que durante su montaje trabaja 50 hrs.

CARGO POR EQUIPO OCIOSO.

Maquina	horas	costo	importe
Trepadora	110.00	\$ 27 246.00	\$ 2 997 060.00
Perforadora	247.93	\$ 1 284.00	\$ 318 342.12
Compresor	15.47	\$ 4 049.84	\$ 62 651.02
Cargador	428.88	\$ 5 753.20	\$ 2 467 432.40
Camión volteo	400.20	\$ 2 008.46	\$ 1 123 945.70
Sub-total			\$ 6 969 431.30

Costo total por equipo \$ 28 729 941.00

RESUMEN

I MANO DE OBRA	\$ 1 744 812.50
II MATERIALES	\$ 1 111 597.70
III MAQUINARIA	\$ 28 586 351.00
COSTO TOTAL	\$ 31 586 351.20

IV.2 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA

LUMBRERA PILOTO CON PLATAFORMA SOSTENIDA CON MALACATE.

Listado del equipo a utilizar y sus costos por hora efectiva de trabajo.

Equipo

Perforadora Long Year	\$ 6 389.90
Perforadora de cielo Atlas Copco RH-656-4W	\$ 1 813.50
Perforadora de cielo Atlas Copco RH-656-4W *	\$ 1 284.00
Compresor 600 PCM	\$ 5 398.01
Compresor 600 PCM *	\$ 4 044.84
Equipo de ventilación	\$ 1 809.00
Equipo de alumbrado	\$ 2 040.00
Cargador frontal Cat-920	\$ 7 226.77

* ocioso.

Caragador frontal Cat-920	*	\$	5 753.00
Camión volteo F-LTS-9000		\$	4 577.01
Camión volteo F-LTS-9000	*	\$	2 808.96
Torre		\$	12 343.27
Malacate	*	\$	2 583.44
Malacate	*	\$	1 499.00
Plataforma		\$	750.60

* ocioso.

IV.2.1 CALCULO DEL COSTO POR PERSONAL QUE LABORA.

Personal	No.	horas	costo/hr	Importe
Cabo	1	389	\$ 488.95	\$ 190 201.55
Pobladores	2	778	\$ 657.37	\$ 511 433.86
Afilador brocas	1	389	\$ 200.00	\$ 77 877.80
Maniobrista	2	778	\$ 321.30	\$ 249 971.40
Op telefono	5	389	\$ 163.94	\$ 63 772.66
Ayudantes	6	1 945	\$ 163.94	\$ 318 863.30
Costo				\$ 1 412 120.60

IV.2.2 COSTO DE MATERIALES.

Para este punto, el costo sera igual a la alternativa anterior (\$ 1 111 597.90), solamente debe considerarse adicionalmente el acero de barrenación de la perforadora Long Year. Acero de barrenación (3").

Duración	1000 ml.		
Costo	\$ 328 500.00		
	125 ml X 328 500.00	=	\$ 41 062.50

	1000 ml.		
	30 % afiliado	=	\$ 12 318.75
	Sub-total	=	\$ 53 384.25
	Costo material	\$	1 164 979.00

IV.2.3 COSTO DEL EQUIPO.

Estimación de horas de trabajo.

a) PERFORADORA LONG YEAR. 250 hr.

b) PERFORADORA DE CIELO.

$$T = \frac{(3.77 + 0.50) \times 125 \text{ m}}{2 \text{ m/ciclo}} = 266.90 \text{ hr.}$$

0.50 hr = Tiempo instalación = 533.80 hr/2 pistolas

c) COMPRESOR.

T = Tiempo perforadora Long Year perforadoras de cielo.

$$T = 266.90 + 2.50 = 516.90 \text{ hr.}$$

Como la perforación con la Long Year es previo al trabajo en la lumbrera, durante este ultimo, el compresor tendra horas ociosas.

d) CARGADOR FRONTAL.

(Igual alternativa anterior) = 14.22 hr.

e) CAMION VOLTEO.

(Igual alternativa anterior) = 42.90 hr.

f) MALACATE.

Su tiempo ocioso sera igual al tiempo de trabajo de las perforadoras, puesto que en este tiempo esta parado, frenado sosteniendo la plataforma.

Consideremos el uso, el resto del tiempo.

$T = (\text{Duracion total del trabajo} - \text{duracion trabajo perforadoras})$

$T = 389 - 226.9 = 121.1 \text{ hr.}$

CARGO POR EQUIPO TRABAJANDO

Maquina	Horas	Costo	Importe
Perforadora Long Year	250.0	\$ 6 398.40	\$ 1 599 600.00
Perforadora de cielo	533.8	\$ 1 813.50	\$ 968 046.30
Compresor	516.9	\$ 5 398.01	\$ 2 790 231.40
Equipo ventilación	389.0	\$ 1 809.00	\$ 703 701 00
Equipo alumbrado	389.0	\$ 2 090.00	\$ 793 560.00

Cargador frontal	14.3	\$ 7 226.77	\$ 96 974.00
Camión volteo	42.9	\$ 4 577.01	\$ 89 251.69
Torre	389.0	\$ 12 343.27	\$ 4 801 532.00
Malacate	121.1	\$ 2 582.44	\$ 312 733.48
Plataforma	389.0	\$ 789.60	\$ 307 154.40
Sub-total			\$ 12 575 677.00

CARGO POR EQUIPO OCIOSO

Maquina	Horas	Costo	Importe
Perforadora de cielo	244.2	\$ 1 284.00	\$ 313 552.80
Compresor	121.1	\$ 4 049.84	\$ 490 435.62
Cargador frontal	374.8	\$ 5 753.21	\$ 2 156 188.00
Camión volteo	346.1	\$ 2 808.46	\$ 972 008.01
Malacate	267.9	\$ 1 449.00	\$ 388 187.10
Sub-total			\$ 4 320 371.50
Costo por equipo			\$ 16 896 044.00

RESUMEN

I	COSTO MANO DE OBRA	\$ 1 412 120.60
II	COSTO DE MATERIALES	\$ 1 164 979.00
III	COSTO MAQUINARIA	\$ 16 896 044.00
	COSTO TOTAL	\$ 19 473 143.06

**IV.3 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA;
LUMBRERA PILOTO CON CONTRAPOCERA**

Listado del equipo a utilizar con costos de horas efectiva de trabajo y ocioso.

Equipo		Costo hora efectiva
Contrapocera Robbins Mod-61R		\$ 51 391.50
Contrapocera Robbins Mod-61R	*	\$ 37 050.00
Compresor 900 PCM		\$ 8 097.03
Compresor 900 PCM	*	\$ 6 355.23
Cargador frontal Cat-920		\$ 7 226.77
Cargador frontal Cat-920	*	\$ 5 753.21
Camión volteo F-LTS 9000		\$ 4 577.01
Camión volteo F-LTS 9000	*	\$ 2 808.46
* ocioso		

IV.3.1 ANALISIS DEL COSTO DE LA MANO DE OBRA.

Para contrapocera:

- + Montaje
- + Desmantelamiento
- + Movilización

$$T = 30 \text{ hr (instalación)} + 16 \text{ hr (movilización equipo)}$$

$$T = 46 \text{ hr.}$$

Personal	No.	horas	Costo/hr	Importe
Cabo	1	46	\$ 488.95	\$ 22 491.70
Maniobrista	1	46	\$ 321.30	\$ 43 779.80
Ayudantes	3	136	\$ 153.94	\$ 43 696.80
Costo				\$ 59 567.34

$$T = 83,3 \text{ hr} + 30 \text{ hr} + 250 \text{ hr} = 363,3 \text{ hr}$$

Personal	No.	horas	Costo/hr	Importe
Cabo	1	363.3	\$ 488.95	\$ 177 635.54
Maniobrista	2	726.6	\$ 321.30	\$ 2 334 565.80
Tuberos	2	726.6	\$ 364.70	\$ 2 649 910.20
Ayudantes	2	726.6	\$ 163.60	\$ 1 191 188.00
Costo mano de obra				\$ 6 412 866.90

IV.3.2 COSTO DE MATERIALES.

a) DISCO DE CORTE PARA LA CABEZA

La duración de estos discos, como en todos los casos de barrenación en roca, depende del tipo y dureza de esta.

Aquí se supondrá que cada disco tiene una vida útil de 100 hr.

Número de discos = 48

Costo unitario \$ 24 150.00/pza.

$$\text{Costo horario} = \frac{48 \times 24 \times 150}{100/\text{hr}} = \$ 11\,592.00/\text{hr}$$

Tiempo trabajando en la barrenación: 250 hr

$$\text{Costo} = 11\,592.00/\text{hr} \times 250 = \$ 2\,898\,000.00$$

b) COSTO DE ACERO DE BARRENACION GUIA.

$$(\text{Igual que la alternativa anterior}) = \$ 53\,381.25$$

c) CONCRETO EN LA BASE DE LA MAQUINA.

$$\$ 135\,000.00$$

d) MAQUINA Y TUBOS.

$$\$ 70\,000.00$$

Costo materiales

$$\$ 3\,156\,381.30$$

IV.3.3 COSTO EQUIPO.

Tiempo de trabajo.

a) Perforadora Long Year	83.30 hr
b) Contrapocera	363.30 hr
c) Compresor	363.30 hr
d) Cargador frontal	9.00 hr
e) Camión volteo	27.30 hr

Cargo por equipo trabajando.

Equipo	horas	costo	Importe
Perforadora Long Year	83.0	\$ 6 398.40	\$ 302 986.72
Contrapocera	363.3	\$ 31 491.70	\$ 11 440 935.00
Compresor	363.3	\$ 5 398.01	\$ 1 191 097.00
Cargador frontal	9.0	\$ 7 226.77	\$ 65 040.93
Camión volteo	27.3	\$ 4 577.01	\$ 124 952.37
			\$ 14 125 012.00
Costo total de equipo			\$ 18 844 311.00

RESUMEN

I	COSTO MAND DE OBRA	\$ 6 412 866.90
II	COSTO MATERIAL	\$ 3 156 381.30
III	COSTO MAQUINARIA	\$ 18 844 311.00
	COSTO TOTAL	\$ 28 413 559.00

IV.4 ANALISIS DE COSTO PARA LA ALTERNATIVA

EXCAVACION DE LA LUMBRERA EN SU ETAPA DE BANQUEO

CON PLATAFORMA TREPADORA DE ABAJO HACIA ARRIBA

Siendo que esta alternativa se describio en dos etapas,

-para el presente analisis se precedera a dividirlo en igual número de partes para efectos simplificativos, esto es;

IV.4.1 BARRENACION CONTINUA A LO LARGO DE LA LUMBRERA.

IV.4.1.1 COSTO DE LA MANO DE OBRA.

Personal	No.	horas	costo/hr	Importe
Cabo	1	626.5	\$ 488.95	\$ 306 327.17
Ayudantes	4	2506.0	\$ 163.94	\$ 410 833.64
Costo de mano de obra				\$ 717 160.81

IV.4.1.2 COSTO DE MATERIALES.

* acero de barrenación.

Longitud total de barrenacion $4.40 \times 42 = 9\ 610.00$ ml.

Barra	0.80	0.08 ----- 4.40	= 0.18
	1.60	1.60 - 0.80 ----- 4.40	= 0.18
	2.40	2.40 - 1.60 ----- 4.40	= 0.18

$$\begin{array}{r} \text{Barra} \qquad \qquad \qquad 3.20 \quad \frac{3.60 - 2.40}{4.40} = 0.18 \\ \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 4.00 \quad \frac{4.00 - 3.60}{4.40} = 0.18 \end{array}$$

Número de barras necesarias.

$$\text{Barra (0.80, 1.60, 2.40, 3.10, 4.00)} = \frac{0.18 \times 9610}{300.0 \text{ ml/pza}} = 2.6 = 2$$

$$\text{Barra (4.80)} = \frac{0.18 \times 9610}{300.0 \text{ ml/pza}} = 1.4 = 2$$

Costo

3	Barras (0.8)	X	\$ 10 225.80/pza	\$ 30 677.4
3	Barras (1.6)	X	\$ 13 363.92/pza	\$ 40 091.76
3	Barras (2.4)	X	\$ 16 560.00/pza	\$ 49 680.00
3	Barras (3.2)	X	\$ 19 698.99/pza	\$ 59 094.00
3	Barras (4.0)	X	\$ 22 836.00/pza	\$ 68 508.00
2	Barras (4.8)	X	\$ 25 974.00/pza	\$ 51 948.00
	Sub-total			\$ 299 999.16
	30 % afiliado			\$ 89 999.75
	Total material			\$ 389 998.91

IV.4.1.3 COSTO MAQUINARIA

Maquinaria	Horas	Costo/hora	Importe
Trepadora	626.6	\$ 34 665.60	\$ 21 717 998.00
Perforadoras	1 253.0	\$ 1 813.50	\$ 2 272 315.50
Compresor 600	626.5	\$ 5 398.01	\$ 331 853.50
Ventilación	626.5	\$ 1 809.00	\$ 1 133 338.50
Alumbrado	626.5	\$ 2 040.00	\$ 12 780 600.00
Total			\$ 29 783 566.00

RESUMEN

MANO DE OBRA	\$ 717 160.81
MATERIALES	\$ 389 998.91
MAQUINARIA	\$ 29 783 566.00
TOTAL	\$ 30 890 726.00

IV.4.2 POBLADO.

IV.4.2.1 COSTO MANO DE OBRA.

Personal	No.	Horas	Costo/hora	Importe
Cabo	1	420.84	\$ 420.84	\$ 205 769.72
Pobladores	2	841.68	\$ 657.37	\$ 553 295.18

Manoobristas	1	420.84	\$	321.30	\$	135 215.89
Ayudantes	4	168.36	\$	163.94	\$	275 970.04
Costo mano de obra					\$	1 170 250.80

IV.4.2.2 COSTO DE LOS MATERIALES.

a) DINAMITA.

Volumen por tronado = $74.54 \text{ m}^3 \times 125 \text{ ml} = 9317.5 \text{ m}^3$

Consumo de explosivos (hexagel 70) = 1.0 Kg/m^3

Costo = $9 317.50 \text{ m}^3 \times 1 \text{ Kg/m}^3 \times \$ 629,28 = \$ 5 863 336.4$

b) ESTOPINES

$52 \text{ barras/ciclo} \times 42 \text{ ciclos} \times \$ 282,00 = \$ 615 888,00$

c) ALAMBRE DE CONEXION

$52 \text{ barrenos/ciclo} \times 42 \text{ ciclos} \times 2.5 \text{ m/barrenos} \times \$ 70/\text{m} =$

$\$ 6 861 404,40$

+ 10 % (desperdicios)

$\$ 686 190,44$

Sub-total

$\$ 7 547 544,80$

Total

$\$ 14 026 749,00$

IV.4.2.3 COSTO EQUIPO

a) TREPADORA ALIMAK (Cargado de los barrenos y desmontar riel)

Tiempo uso = 3.16 hr/ciclo X 42 ciclos = 132.72 hr.

b) CARGADOR FRONTAL.

Volumen por remover = 369.0 m³/ciclo X 42 = 15 498 m³

tiempo uso = $\frac{15\,498\text{ m}^3}{58\text{ m}^3/\text{hr}}$ = 267.21 hr

c) CAMION DE VOLTEO.

Tiempo uso = $\frac{15\,498\text{ m}^3}{19\text{ m}^3/\text{hr}}$ = 815.70 hr.

Cargo por equipo trabajando

Maquina	Horas	Costo/hora	Importe
Trepadora	132.72	\$ 34 665.60	\$ 4 600 818.40
Cargador frontal	267.21	\$ 7 226.21	\$ 1 931 065.20
Camión volteo	815.70	\$ 4 577.01	\$ 3 733 467.10
Ventilación	420.89	\$ 1 809.00	\$ 761 299.56
Alumbrado	420.84	\$ 2 040.00	\$ 858 513.60
Total			\$ 11 885 164.00

Cargador por equipo ocioso

Maquina	Horas	Costo/hora	Importe
Trepadora	288.12	\$ 27 246.00	\$ 7 850 117.50
Cargador	132.72	\$ 2 808.46	\$ 372 738.11
Suma			\$ 8 222 856.30
Total			\$ 2 010 802.00

RESUMEN

MANO DE OBRA	\$ 1 170 250.80
MATERIALES	\$ 14 026 749.00
MOQUINARIA	\$ 20 108 020.00
Total	\$ 35 305 020.00

Resumiendo las dos etapas se tendran un costo total para la presente alternativa:

MANO DE OBRA	\$ 1 887 411.60
MATERIALES	\$ 14 416 748.00
MADUINARIA	\$ 49 891 586.00
Total	\$ 66 195 746.00

IV.5 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA
 DE EXCAVACION DE LUMBRERA POR EL METODO DE
 TORRE CON MALACATE Y REZAGA POR ABAJO

Listado del equipo a emplear con costos de operación y
 costos ociosos.

Equipo		Costo por hora efectiva
Torre con malacate		\$ 27 357.12
Tractor Eimco 630		\$ 4 491.55
Tracor Eimco 630	ocioso	\$ 2 950.94
Perforadora de piso		\$ 1 450.80
Perforadora de piso	ocioso	\$ 1 027.20
Pistola rompedera		\$ 1 322.40
Pistola rompedera	ociosa	\$ 868.80
Compresor 900 PCM		\$ 8 097.03
Compresor 900 PCM	ocioso	\$ 6 097.03
Cargador frontal CAT 920		\$ 7 226.77
Cargador frontal CAT 920	ocioso	\$ 5 753.21
Camión volteo F-LTS-900		\$ 4 577.01
Camión volteo F-LTS-900	ocioso	\$ 2 808.46

IV.5.1 COSTO MAND DE OBRA.

Personal	No.	Horas	Costo/hora	Importe
Cabo	1	297	\$ 488.95	\$ 145 218.15

Pobladores	4	1 188	\$	657.37	\$	760 955.56
Afilador brucas	1	297	\$	200.20	\$	59 459.40
Maniobrista	2	594	\$	321.00	\$	100 674.00
Tuberos	2	594	\$	364.70	\$	216 631.80
Ayudantes	15	9 455	\$	163.94	\$	730 352.70
Costo mano de obra					\$	2 123 291.70

IV.5.2 COSTO DE LOS MATERIALES.

a) ACERO DE BARRENACION.

52 barrenos X 2.20 ml X 62.5 ciclos = 7 150 ml

Profundidad del barreno que ocupan las barras de multiples de 0.80 m.

$$\text{Barra } 0.80 \quad \frac{2.60}{2.20} = 0.36$$

$$1.60 \quad \frac{1.60 - 0.80}{2.20} = 0.36$$

$$2.40 \quad \frac{8.20 - 1.60}{2.20} = 0.28$$

Duración del acero = 300 ml.

Número de barras necesarias.

Barra 0.80	$\frac{0.36 \times 7 \ 150 \ m}{300 \ m}$	= 8.58	= 9 pzas.
1.60	$\frac{0.36 \times 7 \ 150 \ m}{300 \ m}$	= 8.58	= 9 pzas.
2.40	$\frac{0.28 \times 7 \ 150 \ m}{300 \ m}$	= 6.67	= 7 pzas
	9 barras (0.8) X 10 225.80	= \$	92 032.20
	9 barras (1.6) X 13 363.92	= \$	120 175.30
	7 barras (2.4) X 16 560.00	= \$	1 275 120.00
Costo			\$ 1 487 427.50

b) EXPLOSIVOS.

(Carga)

$$9 \ 317.50 \ m^3 \times \$ \ 629.28 \times 1.0 \ Kg/m^3 = \$ \ 5 \ 863 \ 316.40$$

c) ESTOPINES.

$$52 \ barras \times 62.50 \ ciclos \times 286.00 \ m \ == \ \$ \ 929 \ 500.00$$

d) ALAMBRE DE CONEXION.

(2.50 m/barreno).

52 barrenos X 62.5 ciclos X 2.5 m/barreno X \$ 70 =
 \$ 568 750.00
 Costo materiales \$ 8 846 939.90

IV.5.3 COSTO POR EQUIPO.

Tiempo de uso

Tractor Eimco 630: 0.5 hr/ciclo X 62.5 ciclos = 31.25 hr
 Perforadoras piso: 1.9 hr/ciclo X 62.5 ciclos = 118.75 hr
 Pistolas rompederas (suponemos igual a las perforadoras) =
 118.21 hr
 Cargador frontal: Es el mismo tiempo alternativa anterior =
 267.21 hr
 Compresor (perforadora + rompederas) = 337.50 hr.
 Camión volteo (igual alternativa anterior) = 815.90 hr.

Cargo por equipo trabajando.

maquina	horas	Costo/hr.	Importe
Torre con malacate	259.9	\$ 27 357.12	\$ 7 274 258.20

Tractor Eimco	31.25	\$ 4 491.55	\$ 140 360.94
Perforadoras piso (6)	712.65	\$ 1 450.99	\$ 1 039 012.40
Pistolas rompederas(3)	356.32	\$ 1 322.40	\$ 471 197.57
Compresor 700 FCM	337.50	\$ 8 097.03	\$ 2 732 747.60
Cargador frontal	267.21	\$ 7 226.77	\$ 1 931 065.20
Camión volteo	615.70	\$ 4 577.01	\$ 3 733 467.10
			\$ 17 317 109.00

Cargo por equipo ocioso.

Maquina	Horas	Costo.hora	Importe
Tractor Eimco	265.75	\$ 2 950.94	\$ 784 212.31
Perforadora piso	1069.50	\$ 1 027.20	\$ 1 098 590.40
Pistola rompedera	534.80	\$ 868.60	\$ 464 634.24
Cargador frontal	29.80	\$ 5 753.21	\$ 171 445.66
			\$ 2 518 882.60
Costo total por equipo			\$ 19 835 992.00

RESUMEN

MANO DE OBRA	\$ 2 123 291.60
MATERIALES	\$ 8 848 993.90
MAQUINARIA	\$ 19 835 992.00
Total	\$ 30 808 278.00

IV.6 ANALISIS DE COSTOS PARA LA ALTERNATIVA
 EXCAVACION A SECCION COMPLETA DE ARRIBA HACIA
 ABAJO Y REZAGA CON GRUA

Listado de maquinaria a utilizar; costos de hora de trabajo y costo de horas ociosas.

Equipo	Costo hora efectiva
Grua Link Belt LS-98	\$ 22 216,96
Grua Link Belt LS-98 ocioso	\$ 19 840,96
Cargador Eimco 630	\$ 4 491,55
Cargador Eimco 630 ocioso	\$ 2 950,94
Perforadora de piso	\$ 1 450,80
Perforadora de piso ociosa	\$ 1 027,20
Compresor 900 PCM	\$ 8 097,03
Compresor 900 PCM ocioso	\$ 6 344,23
Cargador frontal	\$ 7 226,77
Cargador frontal ocioso	\$ 5 753,21
Camión volteo F-LTS-9000	\$ 4 577,01
Camión volteo F-LTS-9000 ocioso	\$ 2 808,46

IV.6.1 COSTO MAND DE OBRA.

Personal	No.	Horas	Costo	Importe
Jefe de turno	1	1 743,75	\$ 638,17	\$ 1 112 808,90
Cabo	1	1 743,75	\$ 488,95	\$ 852 808,56
Afilador de brocas	1	1 743,75	\$ 200,20	\$ 349 098,75

Tuberos	2	3 586.50	\$ 339.70	\$ 1 307 996.60
Pobladores	6	10 462.50	\$ 657.37	\$ 6 877 733.60
Ayudantes	6	10 462.50	\$ 163.90	\$ 1 715 467.00
Costo mano de obra				\$ 12 215 467.00

IV.6.2 COSTO DE MATERIALES.

a) ACERO DE BARRENACION.

Como la profundidad de los barrenos es de 2.20 m, habiendose analizado con anterioridad los porcentajes que ocupan de utilización de las barras, siendo entonces:

$$\text{Barra } (0.80) = 0.36$$

$$\text{Barra } (0.80) = 0.36$$

$$\text{Barra } (0.80) = 0.28$$

Vida útil de acero = 300 ml

Longitud total de barrenacion.

$$\frac{106 \text{ barrenos} \times 2.20 \text{ m} \times 125 \text{ m}}{2.6 \text{ m/ciclo}} = 14 575 \text{ m.}$$

Número de barras necesarias.

$$\text{Barra } 0.80 = \frac{0.36 \times 14 575}{300 \text{ ml}} = 14 575 \text{ m.}$$

$$\text{Barra } 1.60 = \frac{0.36 \times 14\ 575}{300 \text{ ml}} = 17.42 = 18 \text{ pzas}$$

$$2.40 = \frac{0.28 \times 14\ 575}{300 \text{ ml}} = 13.60 = 14 \text{ pzas}$$

Costo.

$$18 \text{ barras } (0.8) \times \$ 10\ 225.00/\text{pza} = \$ 184\ 064.40$$

$$18 \text{ barras } (1.6) \times \$ 13\ 363.92/\text{pza} = \$ 240\ 550.56$$

$$18 \text{ barras } (2.4) \times \$ 16\ 560.00/\text{pza} = \$ 298\ 080.00$$

$$\text{Suma} \quad \quad \quad \$ 656\ 454.96$$

$$30\ \% \text{ afiliado} \quad \quad \quad \$ 196\ 936.49$$

$$\text{Total} \quad \quad \quad \$ 853\ 391.45$$

b) EXPLOSIVOS.

Para una sección de 78.54 m² en túnel, la figura 6 de la sección de explosivos, recomienda 0.9 Kg/m². Usaremos 1.0 Kg/m², para obtener una mejor fracturación y que pueda trabajar el cargador.

costo:

$$78.54 \text{ m}^2 \times 1.0 \text{ Kg/m}^2 \times \$ 629.28 = \$ 61\ 600\ 316.20$$

c) ESTOPINES.

$$106 \text{ barrenos/ciclo} \times 62.5 \times \$ 282.00 = \$ 1\ 868\ 250.00$$

d) ALAMBRE DE CONEXION.

(2.5 ml/barrero)

106 barrenos/ciclo X 62.5 ciclos X \$ 70 = \$ 463 750.00

Costo por materiales = \$ 9 356 708.00

IV.5.3 COSTO POR EQUIPO.

Tiempo de uso

a) PERFORADORAS DE PISO.

3.90 hora/ciclo X 62.5 ciclos X 6 pistolas = \$ 1 462.50

b) compresor 900 PCH.

3.91 hr/ciclo X 62.5 ciclos = 243.75 hr

c) CARGADOR EIMCO 638.

21.50 hr/ciclo X 62.5 ciclos = 1 343.80 hr

d) GRUA CON BOTE.

21.50 HR/CICLO X 62.5 ciclos = 1 343.80 hr

e) CARGADOR FRONTAL CHT 921.

Volumen por mover:

78.54 X 125 m³ X 1.65 = 16 198.9 m³

$t = \frac{16\ 198.9\ m^3}{58\ m^3/hr} = 179.30\ hr$

f) CAMION DE VOLTEO.

$$t = \frac{16\ 198.9\ m^3}{19\ m^3/hr} = 852.6\ hr$$

Costo por equipo trabajando.

Maquinaria	Horas	Cost/hora	Importe
Perforadoras de piso	1 462.5	\$ 1 450.80	\$ 1 121 795.00
Grua LS-98	1 343.8	\$ 22 216.96	\$ 2 285 515.10
Cargador Eimco	1 343.8	\$ 4 491.55	\$ 6 035 744.90
Compresor 900 P	242.8	\$ 8 097.03	\$ 1 973 651.10
Cargador CAT 920	852.6	\$ 7 226.77	\$ 2 018 436.90
Camión volteo	852.6	\$ 4 577.01	\$ 3 902 358.70
Suma			\$ 4 590 713.70

Cargo por equipo ocioso.

Grua LS-98	399.95	\$ 17 890.96	\$ 793 539.20
Cargador Eimco	399.95	\$ 2 950.80	\$ 1 160 172.50
Compresor	1 500.0	\$ 6 355.23	\$ 9 532 845.00
Perforadora de piso (piso)		\$ 1 027.20	\$ 9 244 600.00
Cargador CAT 920	1 464.45	\$ 5 753.21	\$ 8 425 288.40
Camión volteo	891.15	\$ 2 808.41	\$ 2 502 759.10
Suma			\$ 28 821 257.00
Total			\$ 84 128 394.00

RESUMEN

COSTO DE MAND DE OBRA	\$	12 215 467.00
COSTO MATERIALES	\$	9 365 708.00
COSTO MAQUINARIA	\$	84 728 394.00
GRAN TOTAL	\$	106 309 570.00

TABLA RESUMEN DEL ANALISIS DE COSTOS

LUMBRERA PILOTO BANQUEO	1 PLATAFORMA TREPADORA 31 728 720.00	2 PLATAFORMA CON MALACATE 19 473 143.00	CONTRAPOCERA 28 413 559.00
1.- PLATAFORMA TREPADORA 66 195 746.00	\$ 97 924 466	\$ 85 668 889	\$ 94 609 305
2.- TORRE Y MALACATE 30 808 278.00	\$ 62 536 998	\$ 50 291 889 *Menor costo.	\$ 59 221 837
EXCAVACION A SECCION COMPLETA	\$ 106 309 570.00		

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

V CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

La toma de decisiones es sin lugar a dudas uno de los pilares bajo de los cuales se sustenta la actividad profesional. Es por tanto que la elección dentro de un curso de acciones repercutira invariablemente en el resultado satisfactorio o incorrecto de los objetivos planteados para la planeacion de cualquier evento.

La forma de decisiones puede realizarse de manera intuitiva o analiticamente.

Si se aplica la intuicion, normalmente se usa lo que ha sucedido en el pasado y aplicado este conocimiento, se estima lo que puede suceder en el futuro con cada una de las vias de accion, y en funcion de esta apreciacion se toma la decision.

La decision toma analiticamente consiste en un estudio sistematico y evaluacion cuantitativa del pasado y futuro, , en funcion de este estudio se selecciona la via de accion mas adecuada.

Cabe aclarar que ambos metodos se usan comunmente en determinados planteamientos.

De lo anterior se desprende el hecho para el presente trabajo se han enfocado las conclusiones mediante la decision analitica de los procedimientos constructivos para lumbreras

es el adecuado para llegar a este punto, se hace necesario recordar que el analisis realizado se efectuó en base a una serie de simplificaciones que idealizan el problema, sin embargo, esto no representa objeción alguna dado que se han presentado los lineamientos basicos para aplicarlos en una obra física.

Si queremos hacer selección de la mejor alternativa de las presentadas en este trabajo, tendríamos que comparar las posibles soluciones, se presenta por tanto el problema de como compararias, en función de que, y como evaluarlas. El ingeniero entonces deberá consecuentemente determinar un objetivo u objetivos que le sirva para valorar dichas vías de acción o procedimientos.

En la mayoría de los casos, la labor del ingeniero está orientada por la economía, es decir, tiene como objetivo fundamental adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad. Aun cuando no es raro que en su labor, el ingeniero se enfrente a problemas con objetivos, contradictorios, en el caso de la selección de equipo, sus decisiones están orientadas por el criterio económico.

Si se analizan las alternativas constructivas para lumbreras en roca descritas en el presente trabajo bajo el objetivo económico, exclusivamente se concluye, para fines de

exposición unicamente, que la mejor alternativa la presenta la combinación de procedimientos con el menor costo, esto es:

Perforación de lumbreras piloto mediante toro , malacate y la complementación a su sección definitiva mediante plataforma con excavación de arriba hacia abajo.

Por otro lado, si analizamos las alternativas propuestas bajo el criterio unico del menor tiempo de ejecución, se lleva a la conclusión de que la mejor alternativa corresponde a la combinación de los procedimientos.

Construcción continua de lumbrera piloto de abajo hacia arriba utilizando una contrapocera y construirla a su sección definitiva con el uso de plataforma y malacate de arriba hacia abajo.

Si tratara de elegir la mejor alternativa bajo el criterio que permita construir una lumbrera con menores complicaciones en cuanto a la factibilidad de utilizar determinada maquinaria y su traslado, así como la sencillez del método en cuestión, la experiencia profesional del Ingeniero es de vital importancia, ya que con esto se puede concluir en la elección adecuada.

De los criterios de elección presentados en los párrafos anteriores, es evidente que al aplicar estos de manera independiente se tendría alternativas de procedimientos constructivos, por lo que se concluye finalmente que la

combinación de estos criterios y dependiendo del peso que se le asigne a cada uno de ellos, permitira sin lugar a dudas la elección óptima.

BIBLIOGRAFIA

Costos de Construcción Pesada y Edificación.

Ing. Leopoldo G. Varela Alonso.

5ª Edición 1985/1.

Túnel S. A. de C. V.

Memoria Técnica de las Obras del Drenaje Profundo del

Distrito Federal

volumen I y II.

Diseño y Construcción de Túneles.

F. I. UNAM 1986

Explosivos y Túneles.

F. I. UNAM.

Los costos en construcción pesada.

Ing. Rafael Aburto Valdez.

F. I. UNAM

Movimientos de la tierra.

F. I. UNAM

Principios de Geología y Geotermia para Ingenieros.

Dimitri P. Krinine.

William R. Juda.