

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



CONDICIONES AMBIENTALES Y DE TRABAJO EN LA
CONSTRUCCION DEL TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA
PROYECTO ESPECIAL RIO CACHI

TESIS

Para optar el Titulo Profesional de

INGENIERO
DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL

Dennis Omar Díaz Bulnes

LIMA - PERU

1995

AGRADECIMIENTO

- *a mis padres Juan José Díaz Rodríguez y Nelly Bulnes Quiroz, que gracias a ellos he llegado a culminar mi carrera.*
- *al Ing. Jorge Peñaranda Castañeda, Presidente del Directorio de la Compañía Alpha Consult S.A. quien en todo momento me brindo su apoyo.*
- *al Ing. Pedro Valdivia, por su asesoramiento en el desarrollo de la tesis..*
- *un reconocimiento y agradecimiento especial al Ing. Eduardo Coronado Del Aguila, quien me transmitió su experiencia profesional en el desarrollo de este trabajo.*

Dennis Omar Díaz Bulnes

DEDICADO :

A mi esposa, LUDY

y a mi hijo, RENATO

INDICE

	<i>pag.</i>
<i>Introducción</i>	006
<i>Antecedentes</i>	010
<u>Capitulo I.- Generalidades</u>	013
<i>Proyecto Especial Rio Cachi. Túnel Ichocruz-Chiara</i>	
<i>Antecedentes</i>	014
<i>Descripción</i>	015
<i>Ubicación</i>	016
<i>Fisiografía</i>	016
<i>Climatología</i>	017
<i>Objetivos</i>	018
<u>Capitulo II.- Seguridad e Higiene en la Construcción del Túnel</u>	021
<i>Trabajos en Subterráneo</i>	022
<i>Inspección y Control Topográfico</i>	027
<i>Perforación</i>	029
<i>Carguío y Voladura</i>	032
<i>Ventilación</i>	036
<i>Desquinche</i>	038
<i>Limpieza y Acarreo</i>	038
<i>Trabajos Complementarios</i>	039
<u>Capitulo III.- Voladura</u>	046
<i>Generalidades</i>	047
<i>Clasificación de los explosivos</i>	049
<i>Accesorios de voladura</i>	053
<i>Mecánica básica de la rotura de la roca con explosivos</i>	055
<i>Voladura</i>	055
<i>Parámetros de la roca</i>	056
<i>Parámetros del explosivo</i>	057
<i>Parámetros del explosivo</i>	058
<i>Condiciones de Seguridad en la voladura</i>	059
<i>Evaluación de la voladura</i>	060

·	·	·	<i>Condiciones generales de los explosivos</i>	061
·		·	<i>Voladura convencional en la Construcción del túnel</i>	062
·		·	· <i>Perforación</i>	062
·		·	· <i>Iniciación con mecha de Seguridad</i>	062
·		·	· <i>Iniciación con Sistemas no eléctricos</i>	063
·		·	· <i>Secciones de contorno</i>	063
·			<i>Voladura controlada</i>	063
·			<i>Manejo de Explosivos</i>	067
·		·	· <i>Recomendaciones básicas para manipular explosivos</i>	
·		·	· <i>al transportar</i>	067
·		·	· <i>en el almacenaje</i>	069
·		·	· <i>durante la utilización</i>	070
·		·	· <i>durante la perforación y carga</i>	071
·		·	· <i>al cargar el frontón</i>	072
·		·	· <i>al hacer voladuras eléctricas</i>	073
·		·	· <i>al disparar con mecha</i>	074
·		·	· <i>antes o después del disparo</i>	074
·		·	· <i>al deshacerse de los explosivos</i>	075
			<u>Capítulo IV.- Ventilación del túnel</u>	076
·			· <i>Atmósfera del túnel</i>	078
·			· <i>caudal de aire fresco</i>	079
·			· <i>Ventilación mecánica</i>	080
·			· <i>Tipos de ventiladores.</i>	
·			· <i>Cuadro comparativo ventiladores Centrífugos y axiales</i>	081
·			· <i>Selección del ventilador</i>	082
·			· <i>Riesgos de una mala ventilación</i>	083
·			· <i>Salubridad ocupacional</i>	085
·		·	· <i>anhidrido carbónico</i>	087
·		·	· <i>monóxido de carbono</i>	088
·		·	· <i>gas nitroso</i>	089
·		·	· <i>hidrógeno sulfurado</i>	090
·		·	· <i>otros</i>	090
·			· <i>Disposiciones de seguridad</i>	091
·			· <i>Instrumentos de control</i>	096
			<u>Capítulo V.- Estadística de Accidentes</u>	098
·			· <i>Índice de frecuencia</i>	106
·			· <i>Índice de severidad</i>	106

<i>Estadística de accidentes en el túnel Ichocruz - Chiara</i>	
. <i>Estadística de seguridad. Año 1993. Cuadro.</i>	109
. <i>Índice de Frecuencia y Severidad. Gráficos.</i>	111
. <i>Clasificación de accidentes por área. Período enero-julio 93.</i>	113
. <i>Análisis de Accidentes. Período enero-julio 93.</i>	121
. <i>por causa</i>	
. <i>por lugar de trabajo</i>	
. <i>por parte anatómica lesionada</i>	
. <i>por tiempo de servicio</i>	
. <i>por hora y día.</i>	
<u>Capítulo VI.- Costos</u>	143
. <i>Caso de derrumbe.</i>	144
. <i>Antecedentes, secuencia de hechos y análisis</i>	145
. <i>análisis de costos</i>	147
. <i>Sustento</i>	
. <i>mapeo geológico</i>	151
. <i>análisis de precios unitarios</i>	153
. <i>reporte diario del supervisor</i>	162
. <i>parte diario del contratista</i>	187
<u>Anexo I.-</u> <i>Método del American National Standard Institute, Inc. "ANSI"</i> <i>para medir experiencias en lesiones de trabajo.</i>	212
<u>Anexo II.-</u> <i>Ilustraciones fotográficas.</i>	223
<u>Conclusiones y Recomendaciones.-</u>	236
<u>Bibliografía.-</u>	239

INTRODUCCION

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

El " Túnel " es una estructura de comunicación y/o conducción que se construye con fines de aprovechamiento múltiple, el concepto de túnel comprende la excavación propiamente dicha, la estabilidad de la sección excavada, comprendiéndose dentro de esta el sostenimiento provisional y el definitivo.

El Perú es un país propicio para obras de tunelería, porque su geomorfología determina que cuando se proyecta una obra se piense en excavar túneles. Una síntesis de la historia tunelera, desde sus inicios hasta hoy, está basada en la perforación de túneles para desarrollos mineros y propósitos de obras civiles como drenaje, abastecimiento de agua para las ciudades, canales hidráulicos para irrigación o generación de electricidad, transporte por ferrocarriles y carreteras, así como para el transporte masivo a través de trenes que circulan por conductos subterráneos llamados " metros ".

La construcción de túneles está considerada como una de las más riesgosas ocupaciones , la estadística para un universo de 358 casos fatales ocurridos en el Perú entre 1968 y 1988, muestra el origen de los accidentes durante la construcción de un túnel, en un ordenamiento por frecuencias de daños ocasionados en cada una de las actividades que componen un ciclo. En nuestro país todo trabajo de tunelería u obra en subterráneo se considera que pertenece al ámbito minero, por lo que la legislación vigente para los trabajos en minería tienen que ser aplicados o adaptados a los trabajos de tunelería.

El presente trabajo de tesis está enmarcado en establecer las condiciones de trabajo en la construcción de túneles, los datos estadísticos de los accidentes ocurridos y la incidencia de los costos por no contar con medidas preventivas así como la oportunidad de las acciones.

En el Capítulo I de Generalidades exponemos los aspectos generales del Túnel Ichocruz-Chiara, del Proyecto Especial Río Cachi así como de los objetivos de la tesis.

Desarrollaremos en el Capítulo II cada uno de los puntos que conforman el ciclo de trabajo en excavaciones de túneles, mencionando los trabajos que allí se desarrollan, los riesgos y efectos presentes así como las recomendaciones del caso.

Debido a los riesgos presentes en el almacenamiento, instalación de mechas en los cartuchos y en el transporte dedicamos el Capítulo III al tema de Voladuras, en este exponemos las recomendaciones básicas para el manipuleo de explosivos.

Durante la perforación de un túnel es imprescindible una buena ventilación para contar con un ambiente saludable, no contaminado y con temperatura y humedad que permita realizar el trabajo con comodidad y eficacia, para lo cual dedicamos el Capítulo IV al tema de la Ventilación, indicamos además los gases que con mayor frecuencia se encuentran en las labores subterráneas, las concentraciones y sus efectos así como las Disposiciones de Seguridad pertinentes.

La Estadística de los Accidentes es el tema de desarrollo del Capítulo V, la clasificación de accidentes por diversas causas, el índice de frecuencia y el índice de severidad ocurridas en el túnel durante el año 1993.

Uno de los temas de mayor importancia lo exponemos en el Capítulo VI con el título de Costos ; en el cual exponemos un caso ocurrido en diciembre de 1992, con este ejemplo estableceremos el costo que significó para el Contratista no acatar las medidas de prevención indicadas por el Ing. de Seguridad, la cual sustentamos con la presentación del Análisis de Precios Unitarios de las partidas afectadas, el listado del personal de excavación, el cuadro de jornales, el listado de alquiler de equipo mecánico, el mapeo geológico así como los reportes diarios de la Supervisión y el Contratista.

En el Anexo I presentamos el Método del American National Standard Institute, Ins. " ANSI " para registrar y medir la experiencia en lesiones de trabajo.

El anexo II ilustramos lo expuesto en el desarrollo de la tesis con la presentación de vistas fotográficas.

ANTECEDENTES

ANTECEDENTES

Este trabajo se concretizó con la Adjudicación de la Buena Pro que obtuvo la Compañía Alpha Consult S.A. para la Supervisión de la Obra " Construcción del Túnel Ichocruz - Chiara ".

Teniendo la posibilidad de realizar este tema debido al hecho de encontrarme laborando en esta Empresa y a la colaboración de los Directivos de la misma decidí realizar dicho trabajo.

Primero realizamos una investigación bibliográfica de los temas relacionados con la construcción de túneles. Con la información del expediente Técnico, del apoyo y asesoramiento del Ing. Jefe de Supervisión del túnel nos trazamos nuestro plan de trabajo que incluía el viaje a la zona del proyecto para realizar las inspecciones necesarias y conocer in situ las condiciones ambientales y de trabajo a la que están expuestos las personas que laboran dentro del túnel .

Así mismo debiendo la supervisión presentar informes mensuales de avance de obra, incluyendo los aspectos relacionados con la seguridad ,tuvimos la oportunidad de desarrollar estos informes para lo cual como mencionaremos anteriormente era necesario nuestra presencia en el frente de trabajo. Cabe mencionar que la labor correspondiente de registro de los accidentes en obra son llevados por la empresa Contratista, quien lleva un control de los accidentes que se producen, este a su vez envía su reporte a la supervisión para la redacción del informe. En este punto debo hacer hincapié en que debido a que el Contratista lleva el control de la seguridad este muchas veces por " economizar " no adquiere instrumentos de medición adecuados para, por ejemplo medir la concentración de gases, polvos que se producen luego de la voladura, así como instrumentos que sirvan para la determinación del volumen de aire que es insuflado dentro del túnel.

Estos aspectos y la lejanía de la zona sumados con el problema del terrorismo (año 92) conllevaron a que no pudiéramos realizar determinaciones de concentraciones de gases, polvos, cantidad de luz, volumen de aire, niveles de ruido, temperatura, humedad, etc., por lo que en este trabajo lo que se pretende es presentar a ustedes nuestra visión de como bajo estas condiciones se realizan los trabajos de excavaciones subterráneas, así como resaltar, con la exposición de un caso real ocurrido, las consecuencias en términos de costos de lo que representó para el Contratista no acatar las medidas de prevención dispuestas por el Ingeniero de Seguridad.

CAP. I .- GENERALIDADES

GENERALIDADES

En este CAPITULO expondremos los aspectos generales del Túnel Ichocruz - Chiara, el cual forma parte del Proyecto Especial Río Cachi (PERC). Los aspectos que resaltaremos para de esta forma ubicarnos dentro del aspecto global del proyecto son : los antecedentes , la descripción del Proyecto, ubicación, climatología de la Región, vías de comunicación, etc., asimismo daremos a conocer la forma en que se planeó y realizó el mismo.

Antecedentes del Proyecto Especial Río Cachi.-

El desarrollo del Proyecto Especial Río Cachi, es un anhelo de la región de Ayacucho, que tiene sus antecedentes desde los primeros años de la República.

A partir de la década de 1960, se inicia el estudio de algunos planteamientos tendientes a derivar las aguas del río Cachi hacia la ciudad de Ayacucho, con el fin de utilizarlas en el consumo doméstico e industrial y el regadío de la campiña circundante a la ciudad, además aprovecharla para la generación de energía hidroeléctrica.

En base a las favorables perspectivas contenidas en un informe técnico preparado en 1980 - 1981 por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) para el entonces Comité Departamental de Desarrollo de Ayacucho, se contempló la necesidad de formalizar los planteamientos habidos hasta esa fecha para el Proyecto Integral del Río Cachi en un estudio de Ingeniería debidamente estructurado.

El informe técnico presentado por la UNI sirvió de base y antecedente técnico para la convocatoria a concurso público para la elaboración de los estudios de

Factibilidad técnico - económico y definitivo a nivel de licitación del Proyecto integral Río Cachi.

Por Decreto Supremo No 004-87-MIPRE, se crea el Proyecto Especial Río Cachi, considerando la necesidad de ejecutar proyectos hidroenergéticos de propósitos múltiples en el Departamento de Ayacucho orientados al mejoramiento del nivel de vida de sus habitantes.

Por Decreto Supremo No 028-87-INADE-7201 del 06-11-87, de la Dirección Ejecutiva del PERC se aprobó el Expediente Técnico del Concurso de precios para llevar a cabo el correspondiente Concurso, por el sistema de precios unitarios, para la construcción del Túnel Ichocruz - Chiara, de 7.6 Km de longitud, por dos frentes de trabajo de 3.3 y 4.3 Km. respectivamente.

Descripción del Proyecto Especial Río Cachi .-

El Proyecto Integral Río Cachi tiene su ámbito en las provincias de Cangallo, Huamanga y Huanta, del Departamento de Ayacucho. Es un Proyecto de propósitos múltiples, con preponderancia de los aspectos de riego, de generación de energía hidroeléctrica y de suministro de agua para uso doméstico e industrial de la ciudad de Ayacucho.

Su esquema de desarrollo contempla la captación, almacenamiento, conducción y trasvase de las aguas de la cuenca del río Cachi hacia Ayacucho y las tierras agrícolas de Chiara, tambillo y Acocro, de la provincia de Huamanga, al SE de Ayacucho y la parte agrícola de la provincia de Huanta, al este de Ayacucho.

El Proyecto especial Río Cachi se inicia con la captación de las aguas de los ríos Chocoro y Chicllarazo, conduciéndolas mediante un canal de Derivación de 23 km. de longitud y 10 m³ de capacidad hasta la Presa de Cuchoquesera de 60

millones de m³ de capacidad. Desde esta Presa se conducirá el caudal de agua necesario (7 a 9 m³/ s), para irrigar las áreas adyacentes al ámbito del Proyecto, llegando hasta el portal de entrada del túnel Ichocruz - Chiara de 7.6 km.de longitud. De la salida del túnel, las aguas trasvasadas se destinarán para el riego de las tierras de las zonas de Chiara - Tambillo - Acocro mediante un canal de aproximadamente 48 km. de longitud y un caudal de 5 m³/ s. De la boca de salida del túnel partirá otro ramal del canal para la conducción de las aguas que servirán para el consuno de agua potable y la generación de Energía eléctrica mediante la construcción de tres centrales Hidroeléctricas, para la ciudad de Ayacucho.

La construcción de este importante Proyecto se prevee en dos etapas; a su vez, la primera etapa se desdobra en varias fases sucesivas, la segunda de las cuales es la construcción del Túnel Ichocruz - Chiara de 7.6 Km. de longitud, la que es materia del presente trabajo de tesis.

Ubicación.-

El área del proyecto se encuentra ubicada geográficamente entre los 13° 13' y 74° 25' longitud oeste ; la altitud varía de 3,000 a 3,850 msnm. aunque la zona del río Chicllarazo tiene altitudes del orden de los 4,000 msnm. El clima es templado de verano cálido e invierno seco.

Fisiografía.-

La fisiografía del área a lo largo del trazo del Túnel se caracteriza por tener laderas correspondientes de 20 a 35° en el sector del portal de entrada, que corresponde al flanco derecho de una pequeña quebrada afluente a la quebrada Ichocruz; hacia las partes altas predomina una superficie peneplanizada; hacia la salida del túnel el relieve es paisaje suave con pendientes de 15° a 20° disectado por la quebrada Huayccocorral, y en las cercanías del portal de salida se tiene una pequeña quebrada que no tiene significación alguna.

Climatología .-

La temperatura media mensual tiene valores de 17.3° en verano y de 13.5° en invierno, aunque se tiene medias máximas de 22° a 25° y medias mínimas de 10° a 5°, dependiendo de las estaciones ; la humedad relativa media mensual tiene valores de 68 % en verano a 48 % en invierno y primavera.

La precipitación total mensual tiene valores de 100 - 110 mm. en los meses de verano, de 8 a 10 mm. en los meses de invierno con valores de 25 a 45 mm. en los meses de primavera. El valor promedio de la precipitación total anual es de 566 mm.

La ciudad de Ayacucho tiene acceso directo desde el km. 230 de la carretera Panamericana Sur a través de la Vía Los Libertadores con 350 km. de camino afirmado. Por la Carretera Central tiene acceso desde Huancayo, vía Huanta. Asimismo , se comunica con Andahuaylas y Cuzco mediante una carretera afirmada ; además tiene carreteras internas para las demás provincias del departamento.

La zona del frente de entrada, que se ubica en la quebrada Ichocruz, tiene acceso desde el km. 25 a partir de Ayacucho, por la vía Los Libertadores, que se continúa por una trocha carrozable de 16 km. que se desarrolla en su mayor parte por los 4,000 msnm hasta su final en el caserío Ichocruz.

Por la carretera al Cuzco, a 28 km. de Ayacucho se ubica la zona del portal de salida.

Ayacucho tiene un Aeropuerto que permite el tráfico aéreo diario con Lima y con Cuzco a través de las líneas nacionales.

OBJETIVOS DEL TRABAJO DE TESIS .-

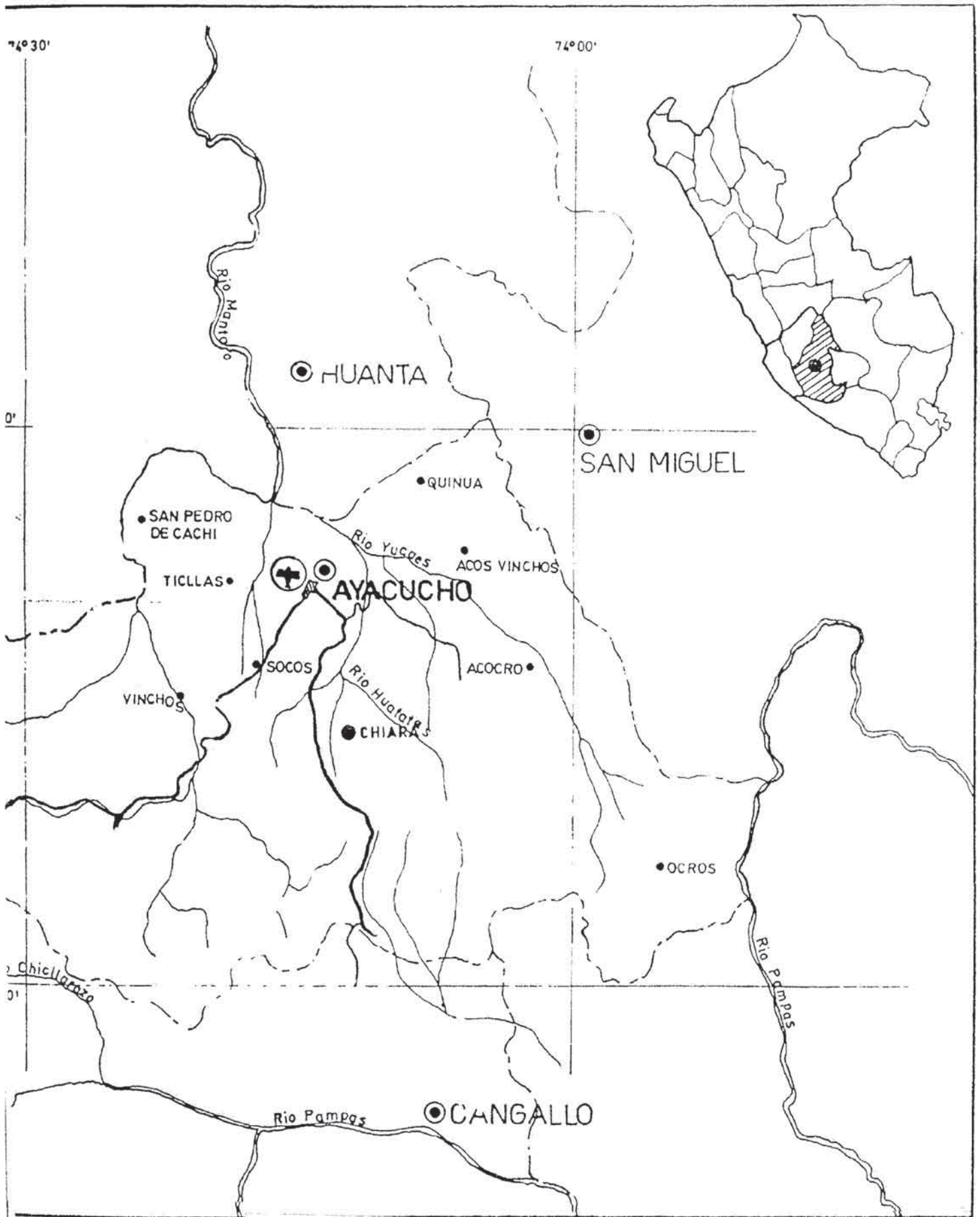
El presente trabajo, tiene como objetivo lo siguiente :

1. *Identificar en cada una de las etapas del proceso constructivo del Túnel los riesgos de accidentes del personal y de los equipos*
2. *Proponer las alternativas más comunes que se pueden presentar en las excavaciones subterráneas proporcionando una explicación clara y sencilla de prevenir los accidentes.*
3. *Describir la labor del Ing. de Seguridad en el Campo de la Ingeniería de Túneles específicamente en el proceso constructivo.*
4. *Determinar la incidencia de los costos por no ejecutar las disposiciones de seguridad, en comparación con el que resultaría de tomar en cuenta dichas recomendaciones.*

El presente trabajo, debe considerarse como una introducción a la materia , más que una representación de todo lo que debe saber el Ingeniero para prevenir accidentes en la ejecución de las excavaciones subterráneas.

MÉTODO DE ESTUDIO .-

Para la ejecución del presente trabajo de tesis, se realizó una amplia investigación Bibliográfica de los temas que forman parte éste, temas como : Trabajos subterráneos, Ventilación , Perforación y Voladura, Estadísticas de Accidentes ; además de contar con toda la información disponible, la que se refiere al Expediente Técnico de la Obra, Informes mensuales de la Supervisión así como de los datos obtenidos en la misma zona de trabajo, lo cual nos ayudó a plasmar con mayor criterio la realización de este tema.



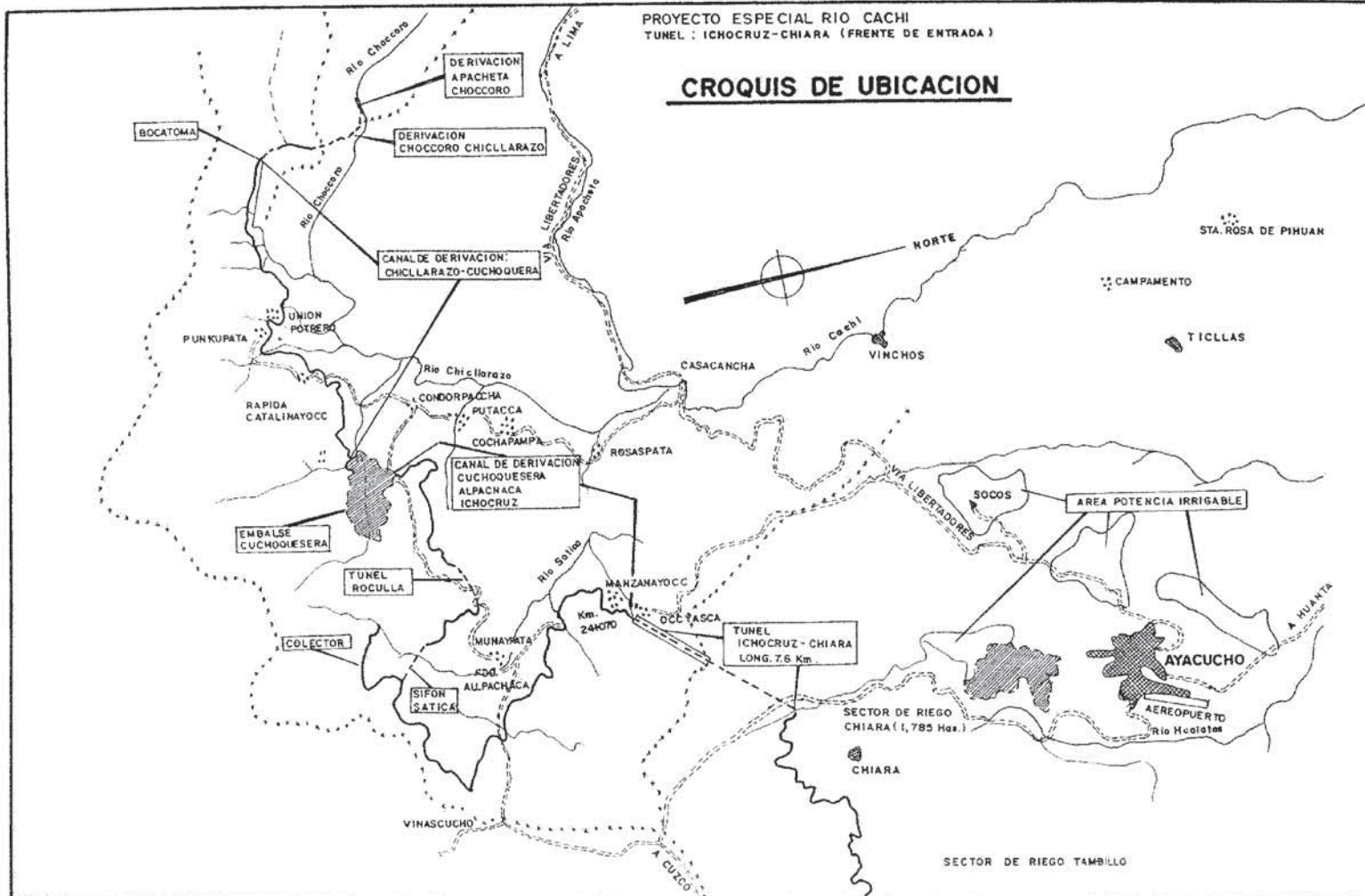
PLANO DE UBICACION GEOGRAFICA DEL
AREA DE ESTUDIO

ESCALA: 1:520,000

FECHA: Nov-88

PROYECTO ESPECIAL RIO CACHI
TUNEL : ICHOCRUZ-CHIARA (FRENTE DE ENTRADA)

CROQUIS DE UBICACION



CAP. II .- SEGURIDAD E HIGIENE EN
LA CONSTRUCCION DEL TUNEL

TRABAJOS EN SUBTERRÁNEO

GENERALIDADES .-

La sección de excavación del Túnel Ichocruz - Chiara es de tipo Baúl con ancho en la base de 2.30 m. de línea A y 2.50 línea B; altura de 2.85 (radio 1.15) línea A y 3.05 (radio 1.25) línea B. (ver gráfico pag. 43)

Durante la excavación se ejecutaron 3 "cambios " cada uno de aprox. 50 mts. en la progresiva 1+040, 2+030 y 3+350. Estos cambios sirvieron para facilitar el flujo de desplazamiento de los carros mineros (salchichas) ; además se excavaron subestaciones cada 500 mts. (7 subestaciones) para los transformadores, así mismo cámaras de bombeo cada 500 mts. (7 cámaras). Una vez que la cuadrilla de topografía fijaba el eje del Túnel, se marcaban las posiciones de los taladros. La perforación utilizada en la excavación del túnel ha sido por medio de taladros con 1 o 2 taladros centrales de mayor diámetro .

*Para roca Tipo I se utilizó 36 taladros y 32 taladros para roca tipo II con diámetro de 7/8 ". Se usó varios tipos de explosivos para la voladura, normalmente se empleo dinamita SEMEXA de 65 % 7/8"*7", 80 % 7/8"*8" , 60% 11/8"*8 y EXACORTE de 45 % 7/8"*28" .*

La profundidad del taladro es de 8" , 6" y 5 " de acuerdo a la geología del terreno o tipo de roca.

El equipo utilizado para la perforación estuvo conformado por 3 perforadoras manuales.

La eliminación del desmonte del material volado ha sido efectuado por pala

EMCO neumática con capacidad de 0,30 yd³, carros mineros hagglands de 11,5 m³ de capacidad y las locomotoras eléctricas Brown Boveri de 18,2 Kw.

Como accesorios de voladura se usó fulminantes fanel rojo milisegundos números 1 , 3 , 5 y 7 , para el enroque central y para el resto se uso cordón detonante de 3 p y guía de seguridad con fulminante corriente No 6 para el inicio de la voladura.

Un ciclo promedio de perforación - voladura - eliminación de desmonte está compuesto por:

<i>Perforación</i>	<i>1 hora</i>
<i>Carguío y Disparo</i>	<i>15 minutos</i>
<i>Ventilación</i>	<i>20 minutos</i>
<i>Eliminación desmonte</i>	<i>1 hora</i>

En condiciones normales un ciclo de voladura es de 2 horas 35 minutos para una longitud de taladro de 5 a 6 pies.

Para el sostenimiento de la sección excavada se utilizó principalmente concreto lanzado (Shotcrete) para roca tipo II y para las zonas criticas se utilizó cimbras metálicas como entibación con planchas acanaladas y bolsacreto (arena - cemento) en roca tipo III.

La aplicación del shotcrete se realizó con una máquina proyectora de hormigón (bomba ICOMA) de 6 m³/hora de capacidad. La impulsión se efectuó mediante el flujo de aire comprimido hasta la lancha, la misma que dirige el chorro a la superficie de aplicación. El material proyectado se adhiere a la superficie compactándose al mismo tiempo por la fuerza de impacto.

La actividad fundamental de seguridad fue la prevención de accidentes , llevándose a cabo mediante :

- *Inspecciones continuas en el frente de trabajo a fin de detectar y subsanar en lo posible las condiciones del equipo, vehículos , etc.*
- *Charlas de seguridad una vez al mes.*
- *Reporte de las condiciones inseguras, para su eliminación respectiva.*
- *Equipo de protección. Se dotó al personal de equipo de protección de acuerdo al tipo de trabajo desempeñado en la excavación y en superficie.*
- *En las instalaciones de superficie se ha dotado de extinguidores de polvo químico habiéndose dado las instrucciones necesarias al personal para su uso.*
- *Se contó con una posta médica para primeros auxilios, equipada con : una ambulancia, camillas y stock de medicamentos.*

TRABAJOS EN SUBTERRÁNEO

El método de construcción de un túnel requiere de un conjunto de medios tanto técnicos como de organización, adecuadas, para desarrollar y resolver los problemas que se presentan durante la ejecución de las diversas actividades que en ella se realizan, tales como excavación, sostenimiento, revestimiento, consolidación, entre otros.

La eficiencia en el trabajo depende de una mayor o menor sincronización de todas las actividades a desarrollar, de los factores ambientales, de las condiciones de trabajo y de la salud del trabajador, en este último aspecto es importante resaltar las actividades preventivas a fin de proteger al trabajador, de tal forma que los rendimientos superen las expectativas previstas, reflejándose en mayores beneficios tanto para el contratista como para el personal técnico - profesional que labora en el interior del túnel.

Por ello, en las actividades que a continuación describimos identificaremos los riesgos a los cuales está expuesto el personal que labora dentro del túnel, además indicaremos algunos de los efectos en la salud del trabajador ocasionados por agentes ambientales, condiciones inseguras del trabajo, actos inseguros del trabajador entre otros.

Estos indicadores harán en el curso del desarrollo del presente trabajo sugerir algunas recomendaciones, medidas y técnicas de seguridad en las siguientes actividades que conforman el ciclo de trabajo.

- 1.- Inspección y control topográfico*
- 2.- Perforación*
- 3.- Carguío y voladura*
- 4.- Ventilación*
- 5.- Desquinche*
- 6.- Limpieza y acarreo de escombros.*

Otros :

Complementariamente se procede a los trabajos de:

- *instalaciones eléctricas para alumbrado*
- *colocación de tuberías para agua y aire*
- *instalación de líneas de cauville o rieles*
- *si fuese necesario aplicación de medidas de sostenimiento*

INSPECCIÓN Y CONTROL TOPOGRÁFICO

Luego de terminada la limpieza de los escombros, se inspecciona el frente de avance para evaluar los resultados del disparo anterior y determinar la necesidad de aplicar medidas de sostenimiento, así mismo se dispone de los ajustes necesarios y se inician los trabajos de topografía, que consiste en el marcado de puntos fijos para determinar el eje del túnel, así como el perfil mínimo de excavación, con los cuales se marcan los taladros para la voladura de contorno controlado.

Este trabajo se realiza desde los P.P. que se colocan en el piso sobre la línea del eje, cada 250 mt. B.M. que se colocan en el hastial derecho, cada 100 metros, además se utilizan plomadas de apoyo cerca del frontón de avance.

El control vertical y horizontal sobre el eje del túnel, se realiza con equipos electrónicos de alta precisión - teodolito Kern KMI, distanciometro Kern DM_504 y un juego de prismas.

CONDICIONES Y/O ACTOS INSEGUROS.-

En esta actividad de Inspección y control Topográfico el riesgo de que ocurra un accidente es latente debido :

- *a la posibilidad de la existencia de roca inestable que pueda desprenderse como consecuencia de la voladura.*
- *a la falta de un buen criterio de detección o reconocimiento de roca inestable por parte del personal encargado de realizar el " desquinche ".*
- *al desorden presente en la zona de trabajo.*
- *a las condiciones inadecuada de trabajo por la presencia de :*
 - . *agua no canalizada, producto de las filtraciones a través de las paredes del túnel.*
 - . *iluminación deficiente*

EFFECTOS

EN LA SALUD.-

- *el desprendimiento de roca puede ocasionar accidentes a consecuencia de los impactos, que van a producir lesiones leves, graves y hasta muerte, a su vez ,estas lesiones van a traer consigo :*
 - *incapacidad total permanente (*)*
 - *incapacidad parcial permanente*
 - *incapacidad total temporal*
 - *lesiones incapacitantes*
 - *la roca desprendida al impactar en el cuerpo del trabajador va ha producir golpes, fracturas, cortes, tumuraciones, traumatismos y otros.*

EN EL DESARROLLO DEL TRABAJO.-

- *paralización del trabajo y la consecuente pérdida de horas hombre así como la disminución en el avance de la obra.*
- *disminución en el rendimiento de los trabajadores por efectos psicológicos que ocasiona el accidente.*
- *posibles daños a los equipos de topografía y/o instrumentos.*

RECOMENDACIONES.-

- *realizar inspección de la zona de trabajo para verificar el trabajo de desquinche.*
- *uso indispensable de cascos de seguridad, que reúnan las características de resistencia, comodidad.*
- *uso indispensable de las botas de seguridad.*

(*) Ver Anexo II . Metodo del American National Standars Institute, Inc. "ANSI"

PERFORACIÓN

La perforación se realiza después de concluidos los trabajos de topografía, esta se ejecuta de acuerdo a un diagrama o malla previamente diseñada, de acuerdo al tipo de roca a perforar, grado de fracturamiento y la sección de diseño del túnel. La perforación de los taladros se realiza con tres perforadoras manuales Atlas Copco Jack Ley con barrenos integrales de 6 a 7 pies. El número de taladros oscila entre 34 y 36, 1 o 2 de alivio. El espaciamiento de los taladros periféricos se realiza con un promedio de 0.40 mts. entre ellos.

Fase que por su naturaleza ofrece serios problemas para la salud del personal, debido al intenso ruido mayores de 120 Db , provocadas por las perforadoras manuales y el polvo desprendido por la misma actividad.

Se ha podido observar el trabajo efectuado por el personal encargado. En este tipo de trabajo debido a la potencia de la maquina perforadora es necesaria e imprescindible por cada una de estas 2 trabajadores debidamente protegidos, ya que esta actividad provoca proyección de fragmentos los cuales son desprendidos a grandes velocidades, las cuales pueden ocasionar serias lesiones.

CONDICIONES Y/O ACTOS INSEGUROS.-

- *el mayor riesgo producido en esta operación es el producido por agentes de naturaleza física que en este caso está representada por el ruido.*
- *la vibración producida por las perforadoras.*
- *la presencia permanente durante esta actividad de polvo producido por las perforadoras manuales.*
- *proyección de fragmentos en diferentes direcciones y a grandes velocidades producidos en la perforación*
- *el propio manejo de las perforadoras, que por su forma de uso implica serios riesgos a quienes deben de manipularla.*
- *desorden de mangueras conductoras de agua y aire a presión para la*

perforación

- *posibilidad de desprendimiento de rocas por efectos de la vibración.*

EFFECTOS.-

En la salud.-

POR RUIDO.-

Emfermedades Profesionales.-

Producida básicamente por exposición al ruido producida por los taladros que alcanzan niveles de ruido mayores de 120 db con frecuencias variadas de 4,000 a 6,000 ciclos / seg. para un turno de trabajo de 12 horas, estos trabajadores están expuestos a :

- *pérdida de audición, que puede ser temporal, permanente o una combinación entre ambas, que además depende de la susceptibilidad del trabajador y el tiempo al que esta expuesto.*
- *cefalea (dolores de cabeza)*
- *traumas psicológicas*

Efecto Fisiológico,

Las reacciones fisiológicas a un ruido de aparición rápida produce :

- *un aumento en la presión sanguínea*
- *transpiración*
- *aumento de la frecuencia cardíaca*
- *cambios en la respiración*
- *contracciones agudas de los músculos del cuerpo*

EN EL TRABAJO.-

Los ruidos que no producen daños en la audición producen otros efectos como:

- *interferencia en la comunicación que impide la conversación y la audición de otros sonidos deseables afectando el rendimiento y produciendo condiciones inseguras.*

VIBRACIÓN.-

Los efectos en el trabajador está básicamente en el contacto con los perforadores que producen enfermedades ocupacionales debido :

- *deterioro de la agudeza visual debido a que el cráneo comienza a resonar*
- *trastorno temporal en la mano " mano muerta " o "dedos blancos" que se caracteriza por adormecimiento y blanqueo de los dedos con cierta pérdida del control muscular y de sensibilidad al calor, frío y dolor.*

POLVO.-

Las partículas suspendidas en el aire producen efectos en el trabajador a nivel pulmonar, visual y principalmente en las vías respiratorias que conlleva a enfermedades ocupacionales dependiendo del tipo de material particulada.

EFECTOS AGUDOS.-

- *problemas en la respiración*
- *irritación en la mucosa nasal*
- *irritación en la conjuntiva*

EFECTOS CRÓNICOS (Enfermedades)

Por acumulación de partículas en el pulmón pueden producir silicosis y otros.

RECOMENDACIONES

- *uso indispensable de tapones auditivos*
- *uso indispensable de guantes de lona*
- *uso indispensable de lentes de protección o máscaras faciales*
- *ubicación del personal de trabajos complementarios a una distancia no menor de 10 metros*
- *como regla general mantener la zona del frente de trabajo en orden*
- *humedecimiento del frente de trabajo para evitar excesivo polvo.*

CARGUIO Y VOLADURA

En fase consta de 3 actividades que son :

- *preparación de explosivos.*
- *carguío o instalación en los taladros previamente sopleteados con aire a presión.*
- *voladura propiamente dicha.*

PREPARACIÓN DE EXPLOSIVOS.-

Esta actividad lo realiza única y exclusivamente un personal especializado en el manejo de explosivos y esta actividad se reduce únicamente a la colocación de las mechas en cada uno de los cartuchos, debido a que estos ingresan a la obra previamente preparados en fabrica; lo realiza en ambiente pequeño de aproximadamente de 6 m² y fuera del túnel y la cantidad de cartuchos preparados esta de acuerdo al número de taladros preparados para la voladura, estos explosivos son transportados al interior del túnel en cajas de cartón por medio de la locomotora, en el cual solamente está permitido que viaje el conductor y el personal responsable del manejo de los explosivos con las debidas medidas de protección y de seguridad.

El explosivo utilizado es una combinación de Excacorte al 68 % con el complemento del Fanel y el cordón detonante, esto detonantes se utilizan debido a que mejora significativamente la voladura, además de controlar perfectamente la voladura.

El excorte, se está aplicando tan sólo en las alzas y cuadradores ; así mismo el factor de carga se ha mantenido entre 2.5 Kg/m³ a 2.3 Kg/m³ y el factor de potencia de 1.3 a 1 o 1.1.

Además para los arranques, ayudas y arrastres, se usa dinamita EXSA de 65 % de carga y de 80 % para las primas; en los cuadradores y alzas se emplea como prima la dinamita de 65 % y como carga el EXSACORTE de 68 %.

CONDICIONES Y/O ACTOS INSEGUROS.-

Los accidentes pueden producirse en el almacenamiento, instalación de mechas en los cartuchos y en el transporte. Las causas de los accidentes pueden atribuirse a los actos inseguros como a las condiciones inseguras como:

- *Inadecuado orden de cartuchos y/o fulminantes (mechas).*
- *Espacio reducido para el almacenamiento de explosivos.*
- *Presencia de gases y vapores expelidos por los explosivos*
- *Transporte inadecuado de explosivos hacia el frente de trabajo.*
- *En la instalación de mechas y cartuchos en el frente de trabajo a producir la voladura.*

EFFECTOS EN LA SALUD.

- *Mutilaciones o muerte del personal por la explosión*
- *Asfixia del personal que manipula los explosivos*
- *Pérdida de la audición que puede ser: total temporal, total permanente, parcial temporal, parcial permanente*

EFFECTOS EN EL TRABAJO.

- *Paralización del trabajo*
- *Pérdida de herramientas y/o maquinarias por efectos de la explosión.*

RECOMENDACIONES.

- *Ordenar y/o clasificar los materiales explosivos con criterios de seguridad.*
- *Disponer de ambientes amplios y adecuados para el almacenamiento de los materiales explosivos.*
- *Utilizar zapatos o botas de material neumático a fin de no producir chispa alguno.*

- *No producir golpes ni chispas en el almacén y en el transporte.*
- *El personal que manipula explosivos deberá utilizar respiradores con cartucho químico.*
- *El personal deberá utilizar guantes de neopreno.*

Luego de producida la chispa todo el personal que labora en el frente y aquellos que realizan trabajos complementarios comienzan alejarse de la zona en el comboy hacia el " cambio " mas cercano ,se escucha la explosión, la forma observada in situ de protección auditiva se realiza tapando los oídos con algodón..

En este trayecto hacia el " cambio " pueden producirse descarrilamiento ,si es que no se ha trabajado adecuadamente con la excavación de cunetas para el drenaje de las aguas, así como se haya realizado el mantenimiento de las líneas de rieles, el inadecuado mantenimiento o la falta de este son condiciones de riesgo que pueden provocar graves accidentes.

CONDICIONES Y/O ACTOS INSEGUROS.-

Este viaje implica riesgos para el personal que es transportado como anteriormente mencionaremos, así mismo la posición en la cual viajan los obreros implica riesgos, por ejemplo:

- *producido un descarrilamiento estando ubicado en la batería puede provocar graves consecuencias a los que se encuentren en ella .*
- *debido al movimiento del comboy puede provocar golpes contra las paredes del túnel o con las mangas de ventilación de considerable magnitud a aquellas personas que viajan de pie dentro del mismo.*
- *el viajar entre vagón y vagón implica uno de los mayores peligros para el que viaja en este lugar.*

Otro punto observado en este trayecto es la presencia de filtraciones de agua ,la cual esta presente a todo lo largo del túnel, así como pudimos observar la ubicación de los ventiladores secundarios (ver Capitulo Ventilación).

RECOMENDACIONES.-

- *Uso indispensable de tapones auditivos para todo el personal que labora en el frente.*
- *Uso indispensable de impermeables debido a la presencia de filtraciones.*
- *Prohibir terminantemente el viajar entre vagón y vagón.*
- *recomendar al personal que es trasladado viajar dentro del comboy y sentado para reducir los riesgos mencionados párrafos arriba.*
- *recomendar al " chofer " efectuar toques de sirena y iluminaciones intermitentes por la posibilidad de que se encuentren laborando personal de mantenimiento.*

VENTILACIÓN

Aunque es una función auxiliar respecto al objetivo principal, la ventilación es la más esencial de las funciones, al construir un túnel.

En base a una evaluación realizada al inicio de la excavación, se determinó un sistema de ventilación mecánica soplante, es decir con un ventilador de 75 HP en superficie insuflando aire fresco a través de una manga de ventilación de 20 ' de diámetro.

A partir de la progresiva 1+120 hasta 3+900 se utilizó 6 ventiladores en serie de 45 HP de 500 cc/m de capacidad cada uno.

En el regreso , luego de haberse producido la explosión, hemos podemos observar la densa nube de gases producto de la explosión que aproximadamente abarca unos 80 mts., la cual nos imposibilita de observar hacia el frente de trabajo.

Este problema de " nube de gases " se hace más evidente y peligrosa para el personal que labora a lo largo del túnel en trabajos de mantenimiento o de aquellas personas que por su labor de supervisión tienen que ingresar caminando. Hemos tenido la ocasión ingresar en esta forma y poder observar lo anteriormente mencionado, en este sentido nos ocurrió que no podíamos distinguir entre la luz del faro del comboy y una linterna, a esto sumado el ruido producido por los ventiladores que hasta al personal más experimentado lo pone en duda de seguir o no seguir avanzando. El mayor peligro radica en las zonas en donde como medida de sostenimiento del macizo rocoso ha sido necesario la utilización de cimbras metálicas , ya que estas nos reduce la posibilidad de " escondernos " en alguna sobreexcavación, ya que por las dimensiones del túnel así como del comboy reduce el espacio (foto No 3), esto si puede ser posible en los lugares en donde ha sido aplicado Schocrete.

Como en la anterior actividad , en esta se aprecia la falta de respiradores, la mayoría utiliza franela para tal fin como medida de seguridad (ver foto No 10)

La ventilación es un factor importante es esta fase para el mantenimiento de un adecuado ambiente de trabajo.

RECOMENDACIONES.-

- *tiempo de espera entre la explosión y el regreso de 30 minuto, para permitir de esta manera se disipen los gases productos de la explosión*
- *mantener una distancia permanente diaria de 80 mt. entre el frente de trabajo y la salida de aire del ducto de ventilación.*
- *Uso indispensable de respiradores*
- *Comunicación por medio de parlantes adecuadamente instalados cada 500 mts. con el cual se pueda indicar la ubicación del commboy así como el tiempo que falta para la explosión.*
- *Uso indispensable de linternas adecuadas para este tipo de trabajo para todo personal que ingrese al túnel, de lo contrario prohibir su ingreso.*
- *Es ideal el poder cuantificar en cualquier momento y en cualquier lugar la presencia de gases nocivos, en especial después de cada disparo, midiendo el nivel de oxígeno el de anhídrido carbónico y de otros gases, para que una vez obtenidos estos datos poder recién ordenar el ingreso del personal para la excavación y recojo de escombros.*

DESQUINCHE

Con la aplicación del EXSACORTE, como dinamita de corte, se ha mejorado notoriamente la sección del túnel. Sin embargo con presencia de fracturas, alteración de roca y agua, se presenta siempre roca con posibilidades de desprendimiento, la cual se la saca después de cada disparo, utilizando barretas largas.

En este aspecto de seguridad, la Supervisión debe poner bastante interés, obligando al contratista a designar personal para que realice el desquinche no sólo en el frente de avance, si no también a lo largo de la excavación, de esta manera se está previniendo accidentes que pueden llegar a ser fatales, para el personal que labora en el interior del túnel.

LIMPIEZA Y ACARREO DE ESCOMBROS

El acarreo de los escombros producidos por los disparos se ejecuta con un sistema de Tren - Loador, marca HAGGLUMAS - SWEDDEM; el cual es un comboy de 3 carros que son cargados por una pala neumática de 1/2 Y3 ; el volumen de material que transporta es de 11 a 13 M3, que es lo que produce en promedio un disparo de 5 o 6 pies.

El material es transportado desde el frente de avance del túnel hasta una cancha que sirve de botadero en superficie. El comboy es jalado por una locomotora a batería, sobre línea de cauville o rieles, para lo cual existen cambios en el interior del túnel cada 1,000 metros ; además sirve para transportar al personal que trabaja en el túnel.

En esta fase de trabajo se combina los gases presentes producto de la explosión y el polvo producido del recojo de las rocas fracturadas, por medio de las palas mecánicas, es una de las fases de mayor contaminación para los trabajadores por la alta concentración de polvos y gases.

TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

Simultáneamente a los trabajos anteriormente descritos ,se realiza trabajos de mantenimiento en el interior del túnel, que consiste en los siguientes :

- *Instalación de Sistema de Bombeo.- Para el sistema de bombeo o evacuación del agua de filtración del túnel y de las perforadoras, se instaló tubería vitaulic de 8" con sus respectivos accesorios, así como pozos de agua o cámaras de bombeo ubicadas a cada 500 mts.*

Para una longitud de 3,900 mts. se instaló una bomba GRENDEX MATADOR de 25 HP en la progresiva 2+230 que bombeó el agua hasta la superficie, así mismo otra bomba eléctrica GRENDEX MAJOR de 8 HP en el Km 3+570 y otra bomba MAJOR de 5.5 HP en la progresiva 3+725, las que trabajan en serie para el bombeo de agua del túnel ; sistema que fue alimentado con una tensión de 440 v. En el extremo de la tubería (frontón) se colocó una bomba neumática de 2" de salida que bombeaba hasta el pozo de bombeo, la misma que se empleaba después de cada disparo en el frente. Al efectuar el disparo en el frente de trabajo se retiraba la bomba dejándose de bombear un promedio de 20 minutos.

Este sistema se empleo hasta terminar la excavación del túnel y se utilizó también en el revestimiento. cabe indicar que el caudal de bombeo en el túnel en su etapa máxima fue de 70 lt/seg. y el caudal mínimo de 50 lts/seg.

- *Instalación de tubería de agua de perforación.- En la perforación se utilizó el agua de la quebrada de Ichocruz, a la cual se encauzó por medio de tubería PVC de 2" hasta una poza de concreto con capacidad de 60 m3. La altura de desnivel de la poza hasta la entrada del túnel es de 100 mts. hasta donde se condujo el agua con tubería de 4" ; luego en toda la longitud de 3,800 mts. del túnel se usó tubería de 2"*

- *Colocación de tuberías, para agua y aire*

- *Instalaciones eléctricas para alumbrado, estaciones de alta tensión, etc.*

- *Excavación de cuneta*

- *Drenaje*
- *Trabajos de topografía : seccionamientos, replanteos, etc*
- *Instalación de línea de cauville o rieles*
- *Aplicación de sostenimiento*

En muchos casos estos trabajos se programan interrumpiendo el ciclo de operaciones.

MEDIDAS DE SOSTENIMIENTO

Al realizar una excavación subterránea los estados de esfuerzos que prevalecen antes de la misma se modifican notablemente, la roca que la rodea tiende a moverse hacia la zona de debilidad desde todas las direcciones. Si la calidad de la roca es buena, después de la excavación se llega a tener un reacomodo de esfuerzos presentándose una condición de equilibrio, o bien, si esto no sucede, se requerirá un soporte para que forme parte del nuevo estado de esfuerzos y se logre el equilibrio.

Estas medidas de sostenimiento cumplan dos funciones importantes, la primera de ellas, como medida de estabilidad del macizo rocas y la otra como medida de seguridad y de protección al personal que labora en ella.

Las medidas de sostenimiento empleadas en la excavación el túnel fueron :

- *Concreto Lanzado (Shotcrete)*
- *Cimbras metálicas*
- *Cimbras y planchas metálicas*

En general, de acuerdo a la clasificación de la roca, se contempla el empleo de los siguientes sostenimientos.

ROCA TIPO I :

No requiere sostenimiento provisional, la roca no ejerce ningún empuje lateral.

ROCA TIPO II :

Se requiere alguna medida de sostenimiento provisional o reforzada o la protección con Shotcrete, ya que son macizos que se encuentran un poco alterados o poco fracturados, presentan diaclasas, fisuras, superficies de deslizamiento, ejerce

cierta presión lateral.

ROCA TIPO III :

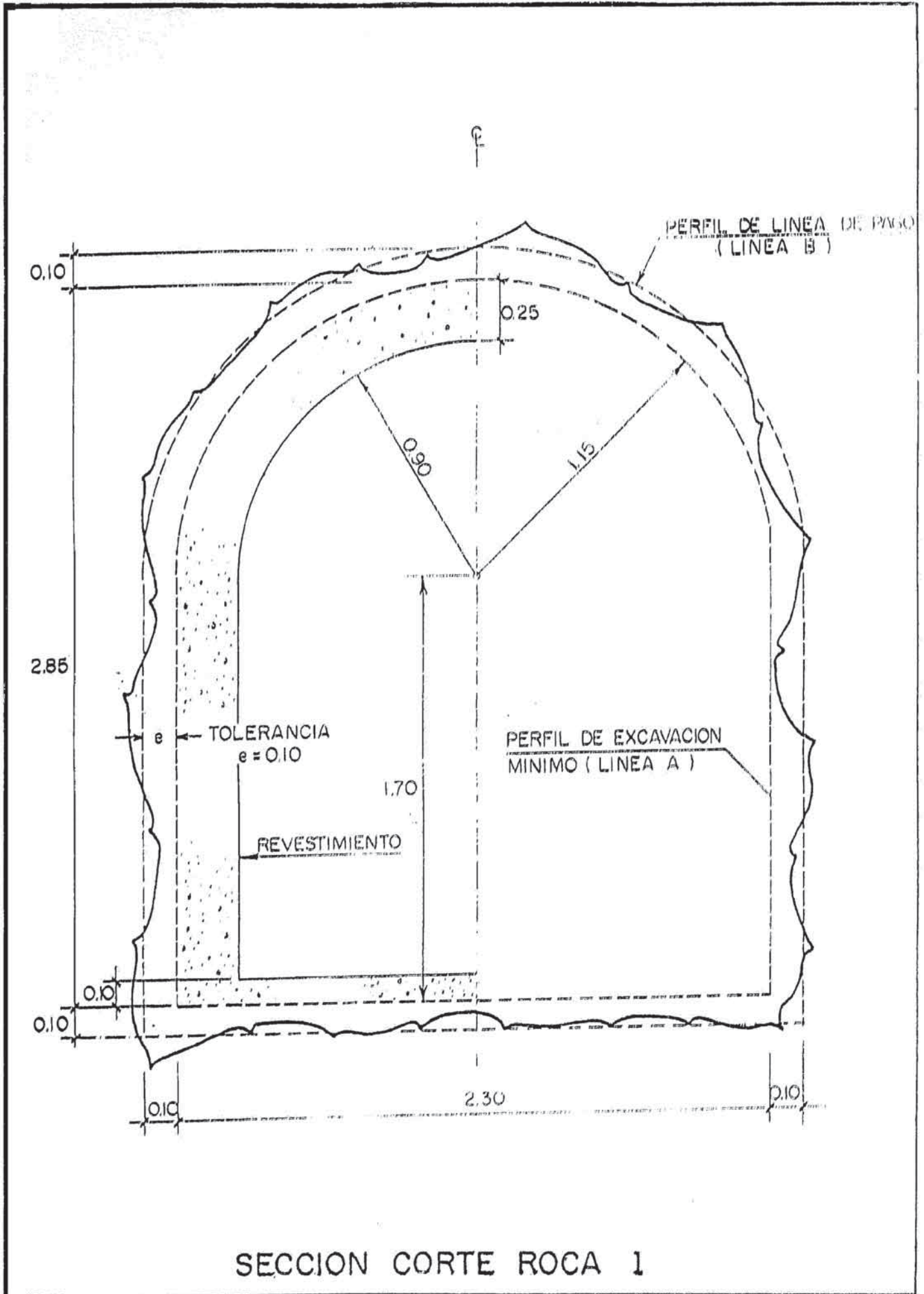
Se requiere de medidas especiales de sostenimiento a base de cimbras metálicas y planchas corrugadas para el empaquetado del techo y eventualmente de las paredes, considerando que son macizos alterados y muy fracturados, no tiene buenas condiciones de sustentación, ejerce presión lateral y vertical.

Cabe indicar que para la aplicación de los precios de excavación en subterráneo, los tipos de roca se han determinado en base a la necesidad del uso de sostenimiento de soporte o protección de las superficies excavadas. De acuerdo con este criterio se han previsto los tres tipos de roca.

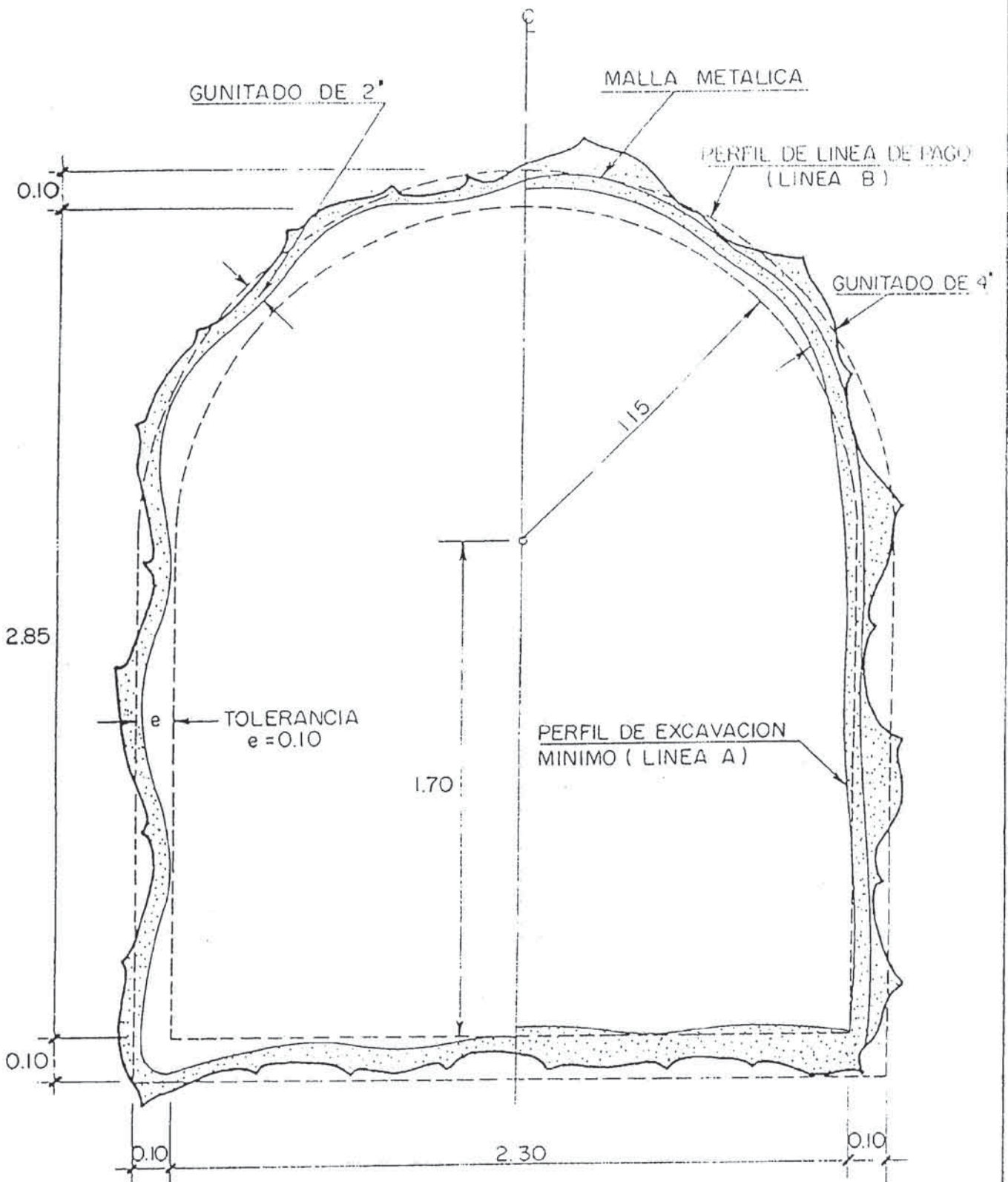
CONCRETO LANZADO.-

El concreto lanzado, es aquel que es conducido a través de una manguera y proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie, agregando agua en la boquilla.

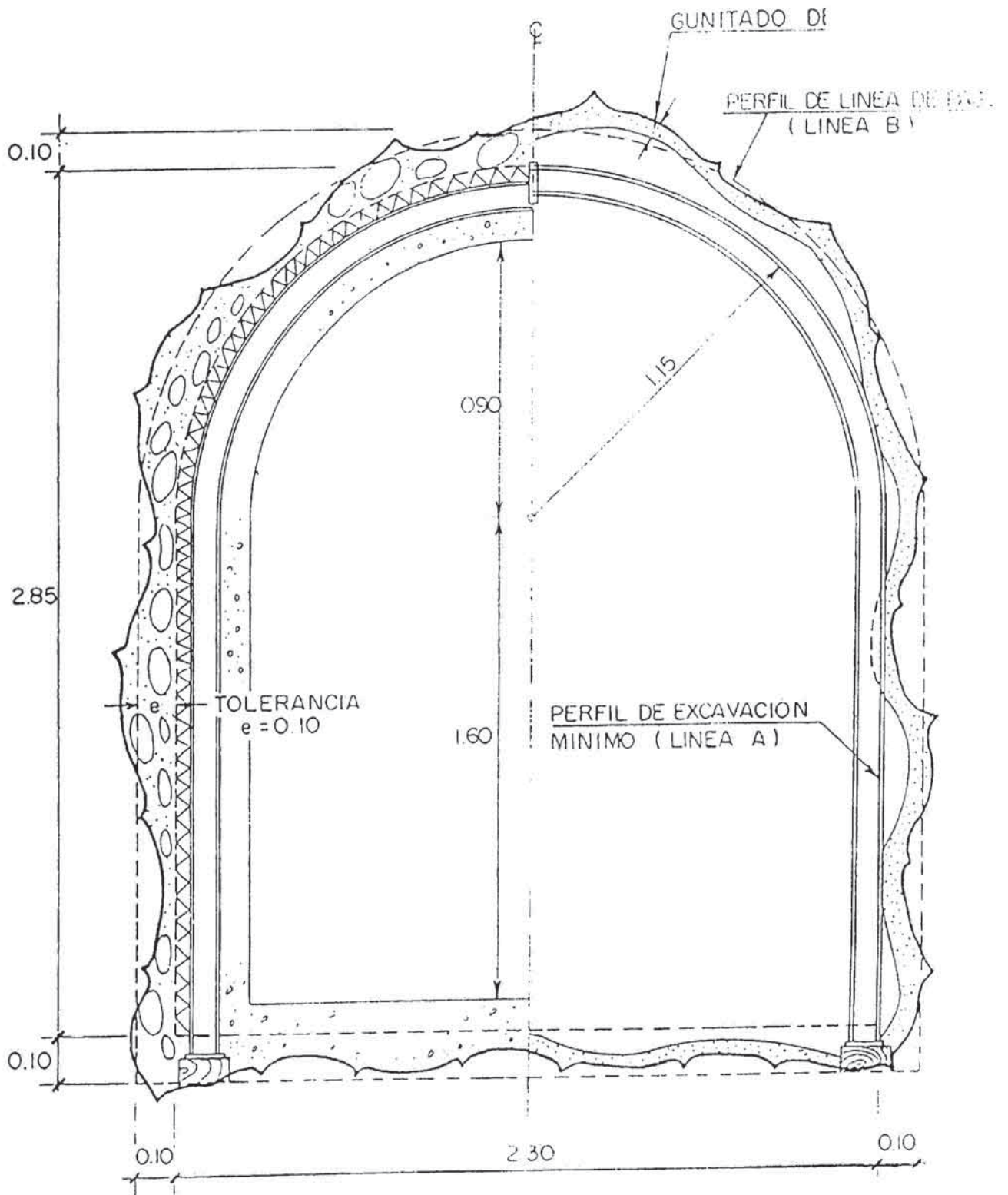
Existen dos tipos de concreto lanzado : concreto lanzado seco, es aquel que se mezcla en seco y se añade agua en la boquilla. Concreto lanzado húmedo, que se mezcla como un concreto de revenimiento bajo y bombeado hasta la boquilla, añadiéndose un acelerante en la boquilla.



SECCION CORTE ROCA 1



SECCION CORTE ROCA 2



SECCION CORTE ROCA 3

CAP. III .- VOLADURA

VOLADURA

GENERALIDADES.-

Las voladuras en las excavaciones subterráneas tienen gran importancia así como la forma correcta de la excavación, ya que estas tendrán que adaptarse al campo in situ de los esfuerzos y del diseño del sistema de sostenimiento del macizo rocoso.

Los factores mas importantes que deben ser considerados al realizar voladuras en excavaciones subterráneas son las siguientes :

- 1. La voladura tendrá que romper la roca de manera eficiente, económica y producir un volumen de roca que sea fácil de transportar, almacenar o procesar.*
- 2. El macizo rocoso deberá dañarse lo menos posible para reducir al mínimo el desquinche y el empleo de algún sistema de sostenimiento, que significarían costos adicionales en la construcción de túneles, o excavaciones subterráneas en general.*
- 3. Otro de los factores que deben tomarse en consideración debido a la naturaleza de los trabajos que se presentan, es la seguridad de los trabajadores, factor muy importante, ya que de este depende en gran medida el avance de la obra.*

EXPLOSIVOS.-

Son compuestos o mezclas de sustancias capaces de transformarse por medio de reacciones químicas de oxido-reducción, en productos gaseosos y condensados. El volumen inicial ocupado por el explosivo se convierte en una masa mayormente gaseosa que llega a alcanzar altas temperaturas, en consecuencia muy altas presiones. Estos fenómenos son aprovechados para realizar trabajo mecánico aplicado en el rompimiento de materiales pétreos, lo que constituye la técnica de "voladura de rocas".

DIFERENCIA ENTRE EXPLOSIVOS Y COMBUSTIBLES

Con el fin de tener un concepto más amplio sobre la esencia de los explosivos, haremos una comparación de explosivos y combustibles.

Es difundido el concepto de que, en igualdad de peso, los explosivos tienen mucho más calorías que los combustibles. Esto no es verdad, ya que los explosivos tienen mucho menos calorías que los combustibles. Tomemos como ejemplo la nitroglicerina y el carbón. Un kg de nitroglicerina contiene aproximadamente 1,670 kilocalorías, en tanto que la misma cantidad de carbón contiene 6,000 a 8,000 kilocalorías, es decir el carbón contiene alrededor de cinco veces más energía, lo cual aparentemente parece extraño. Sin embargo, la explicación está en que los explosivos, que tienen menos energía, producen mayor potencia y los explosivos reaccionan a una velocidad rapidísima, su transformación química se realiza en un instante. Por ejemplo, 1 kg. de dinamita necesita solamente 50 milésimos de segundo para comenzar y terminar su explosión. A pesar de la menor cantidad de calorías, con esta velocidad de transformación química, el volumen de gases eleva muchísimo la presión y se produce el impacto instantáneo, que se calcula entre decenas o cientos de miles de atmósferas, realizando gran cantidad de trabajo.

CLASIFICACIÓN DE LOS EXPLOSIVOS.-

De acuerdo al uso que se le da en las obras de ingeniería civil y minería los explosivos pueden ser :

1. Explosivos Bajos o Pólvora.-

Son explosivos que deflagran, cuya transformación química se realiza a menor velocidad que la del sonido.

1.A Pólvora Negra .-

Es una mezcla granulada de Nitro de Sodio, Azufre y Carbón de leña, utilizada desde hace muchos siglos ; en la actualidad se emplea como propulsor para la fabricación de mechas y también para voladura de canteras o rocas.

La pólvora negra es muy inflamable en presencia del fuego y la chispa, con los cuales se debe tener mucho cuidado, asimismo con las fricciones o golpes. Pero pierde su inflamabilidad al absorber humedad, debiendo tener cuidado con su manejo y almacenamiento.

1.B Pólvora sin Humo .-

Son explosivos propulsores para impulsar balas. Sus tipos representativos son:

Uno de base simple con ingrediente principal de Nitrocelulosa, otro de base doble con Nitrocelulosa y Nitroglicerina (no se utilizan para usos industriales).

2. Altos Explosivos .-

Son explosivos cuya velocidad de reacción de detonación es de 3,000 m/seg. a más de 7,000 m/seg.

2.A *Dinamita .-*

La nitroglicerina es el principal ingrediente de la dinamita, esta se prepara procesando la glicerina con el Ácido Nítrico (nitración), formando un líquido oleoso con densidad específica de 1.6 ; cuando es pura es transparente, dulce y sensible al choque, golpe o fricción por lo cual es muy peligrosa usarla sola. Su velocidad de detonación es de 7,000 a 8,000 m/seg., la temperatura de explosión es de 4,000 C y es uno de los más potentes explosivos conocidos. Alfred Nobel descubrió que la Nitroglicerina mezclada con la nitrocelulosa se hacia gelatinosa reduciendo mucho su sensibilidad. Este descubrimiento constituye la base de la dinamita de hoy y sigue siendo utilizada como uno de los primeros explosivos industriales.

La dinamita está compuesta principalmente por tres elementos : sensibilizantes como la Nitroglicerina, proveedores de oxígeno, como el Nitrato de Amonio o de Sodio, y combustibles como aserrín, harina de trigo o almidón.

Las Características de la Dinamita varían de acuerdo con sus clases, se recomienda conocer cada clase según la indicación de los fabricantes.

Generalmente las características varían dentro de los límites siguientes :

- *Velocidad de detonación : 4000 a 6000 m/seg.*
- *Densidad : 1.0 a 1.4*
- *Potencia : 40 a 100 %*
- *Volumen de Gases : 500 a 1000 Lt/Kg.*
- *Prueba de Martillo de 5 Kg.: 15 a 25 cm.*
- *Detonación por simpatía : 3 a 6 veces el diametro*
- *Energía de explosión : 500 a 1000 K cal/Kg.*
- *Temperatura de Explosión : 2500 a 4000 C*

- Balance de Oxígeno : + 1.0 a + 3.0

2.B) ANFO Nitrato de Amonio con Petróleo

En la actualidad, se está utilizando la mezcla de 94 a 95 % de Nitrato de Amonio en forma de " Prills " y 5 a 6 % de petróleo. Esta mezcla es un explosivo seguro en la mayor parte de los aspectos de su manejo, pero como contiene petróleo hay que tener cuidado con el fuego o chispas para evitar accidentes. Asimismo hay que tener cuidado de la electricidad estática que puede encontrarse en los lugares de trabajo, pues normalmente se carga el ANFO en los taladros empleando cargadores especiales; por la misma razón, en el caso de disparos con fulminantes eléctricos siempre se usará conexión a tierra.

Es posible utilizar el ANFO en taladros donde se presente agua, debido a la falta de resistencia de a este elemento, por contener como ingrediente principal Nitrato de Amonio que es sumamente hidrosκόpico, tiene baja velocidad de detonación, densidad relativamente baja y, por consiguiente, no tiene mucha fuerza de explosión y no es adecuado para voladuras de rocas duras.

El humo muchas veces contiene gran cantidad de gas nitroso, por lo cual debe ser utilizado sólo en frentes donde se encuentren asegurada una buena ventilación. Asimismo, es recomendable utilizarlo sólo en los taladros de diámetro grande, pues al utilizarlo en taladros de diámetro pequeño, se puede producir detonación incompleta que haría emanar muchos gases tóxicos.

El ANFO tiene las siguientes características, aun cuando puede variar su velocidad de detonación y otros factores según los diámetros de

taladros :

- *Velocidad de detonación* : 3,200 a 4,000 m/seg.
- *Potencia* : 50 a 60 %
- *Detonación por simpatía* : *es recomendable considerar que no llega a detonarse por simpatía.*
- *Prueba de martillo* : *más de 80 cm. (muy seguro).*
- *Densidad* : 0.8 a 0.9

2.C) Explosivos Liquados (Slurry)

Este explosivo ha sido desarrollado para mejorar la baja densidad, poca resistencia al agua y baja velocidad de detonación del ANFO. Sus ingredientes son Nitrato de Amonio, agua y polvos de aluminio, pólvora sin humo, trinitrotolueno, además de una estabilizadora para que estos ingredientes no se separen y se estabilicen. Su velocidad de detonación es de 5,000 a 5500 m/seg. densidad de 1.3 a 1.4, excelente resistencia al agua además muy buena fuerza de detonación; pero como es una mezcla de polvos metálicos en agua, tiene tendencia a la inestabilidad.

2.D) Explosivos Iniciadores

Son materiales sumamente sensibles que llegan a detonar con una ínfima cantidad de fricción, golpe, chispa, etc. Los explosivos iniciadores son considerados los más peligrosos. No se venden en el mercado y sólo son utilizados como materia prima para accesorios de voladura, tales como fulminantes. Los tipos representativos son fulminantes de mercurio, ácida de plomo, DDNP.

Dispositivos para la Iniciación .-

Son productos procesados que se utilizan para explosivos que incluyen fulminantes, mechas de seguridad, cordón detonante, mecha rápida de ignición, etc; utilizados para (1) iniciar las cargas de explosivos, (2) proporcionar o transmitir la flama para iniciar una explosión, o (3) llevar una onda de detonación de un punto a otro, o de una carga explosiva a otra.

1) *Fulminantes o Detonadores Corrientes y Eléctricos.-*

Para detonar la Dinamita en forma segura y precisa es necesario utilizar fulminantes. Los fulminantes contienen explosivos iniciadores que fácilmente tienden a iniciarse con chispa o fuego, tales como fulminantes de mercurio o DDNP, además contienen otros explosivos que están colocados al lado de los explosivos iniciadores, que llegan a detonar por el efecto del iniciador.

La iniciación de fulminantes se realiza con mecha de seguridad o por sistema eléctrico. Los fulminantes tienen explosivos sumamente sensibles, por consiguiente, debe evitarse cualquier contacto con el fuego, chispa, golpe o fricción durante el proceso de conexión del fulminante con la mecha, y no se debe tirar de los alambres de los fulminantes eléctricos jamás.

2) *Mecha de Seguridad.-*

Es el medio a través del cual se transforma la flama a un régimen continuo para el disparo directo de la carga explosivo. La mecha de seguridad contiene pólvora negra en su núcleo, esta forrada con tejido de hilo, papel, plástico. Este forro tiene resistencia al agua y por eso, una vez encendida, sigue su recorrido aún en el caso de sumergirse en agua. Sin embargo no debe considerarse que la pólvora negra tenga resistencia al agua, al contrario, si se moja un extremo de la mecha con el consiguiente humedecimiento de la pólvora negra, no comenzará su encendido. El humo de la pólvora negra es dañino, por eso se debe tener mucho cuidado.

La mecha de seguridad secada luego de ser humedecida en agua o aceite, no deberá ser utilizada pues la velocidad de combustión, 100 - 140 m/seg. es reducida hasta 0.1 m/seg. debido a que la mecha reduce su diámetro y la pólvora no llega a secarse totalmente. Esto se pudo observar en los diversos experimentos realizados.

El corte de la mecha para conectarla con fulminantes debe ser vertical sobre su eje y nunca transversal, porque en este tipo de corte los fulminantes no llegan a iniciarse; la chispa de mecha no activa los explosivos iniciadores de fulminantes.

3) *Cordón Detonante.-*

Su estructura es muy similar a la mecha de seguridad, con excepción de los explosivos de su núcleo, en este caso se utiliza Hexógeno, Pentrita, etc.

La velocidad de detonación es de aproximadamente 6,000 m/seg. La pentrita llega a iniciarse aunque contenga pequeña cantidad de agua, por eso se puede considerar que la mecha detonante tiene resistencia al agua en circunstancias normales.

A pesar de su alta velocidad y brisancia de explosión, el cordón detonante es relativamente seguro en su manejo y uso en el trabajo. Hasta donde es posible determinar, nunca ha sido responsable por la explosión accidental debido a los diferentes abusos a que algunas veces se sujetan, tales como chispas, fricción, golpes y corrientes erráticas ordinarias comunes en algunas operaciones.

Para la conexión de la mecha detonante, tiene que considerarse algunas condiciones básicas para evitar el no encendido o el corte.

V O L A D U R A

MECÁNICA BÁSICA DE LA RUPTURA DE LA ROCA CON EXPLOSIVOS.-

Cuando se detona un explosivo colocado en un barreno, los gases de alta presión que produce la explosión hacen impacto en las paredes del barreno y generan una onda de presión intensa que viaja hacia afuera de la roca. En las inmediaciones de las paredes del barreno, los esfuerzos pueden rebasar la resistencia de la roca, lo que posiblemente ocasionaría ruptura y trituración de la misma. Ya que la intensidad de los esfuerzos que genera la explosión disminuye rápidamente en relación a la distancia del barreno, el comportamiento de la roca variará desde una deformación plástica hasta una facturación elástica quebradiza y el tamaño de las partículas aumentará rápidamente en relación a la distancia del barreno.

Fuera de esta zona en la que se rebasa la resistencia a la compresión de la roca, se formará una zona de fisuras radiales por el componente de esfuerzos a la tensión tangenciales (esfuerzos de zuncho) producto del campo de los esfuerzos producido por la explosión. Estas fisuras radiales seguirán propagándose mientras el esfuerzo a la tensión tangencial en la punta de las fisuras rebasa la resistencia a la tensión de la roca

UTILIZACIÓN DE LOS EXPLOSIVOS

VOLADURA DE ROCA. CONDICIONES O PARÁMETROS FUNDAMENTALES

En voladura se aprovecha la disponibilidad instantánea de alta energía de los explosivos como una herramienta para producir la rotura de rocas en forma eficaz y económica.

Esta operación comprende dos efectos fundamentales : la fragmentación y el desplazamiento. El primero se refiere al tamaño promedio de los fragmentos obtenidos, su distribución y porcentaje por tamaños, mientras que el segundo se refiere al movimiento de la masa de roca triturada.

Una buena fragmentación es importante para facilitar la remoción y transporte del material volado. Poco movimiento puede dificultar éste trabajo como en el caso de los disparos "plantados", mientras que por otro lado, un desplazamiento excesivo hacia adelante producirá dispersión del material.

La planificación cuidadosa de una voladura requiere considerar todos los aspectos que puedan influir en sus resultados, que se resume en cuatro "condiciones" : de la roca; del explosivo; de la carga; y de seguridad. Cada una comprende a una serie de factores o "parámetros" relacionados entre sí, y que de uno u otro modo influyen en el resultado final del disparo. Entre estos parámetros mencionaremos a los siguientes :

A) PARÁMETROS DE LA ROCA.-

Son los más determinantes. Los explosivos y sus métodos de aplicación deben adecuarse a las condiciones de la roca.

- *Densidad, es un indicador del grado de dificultad en la voladura y si va a ser necesario o no emplear explosivo de alta presión de detonación para romperla.*
- *Dureza, es un indicador del grado de dificultad para realizar la perforación.*
- *Tenacidad, es un indicador de la facilidad o dificultad de rotura, según ello las rocas pueden ser friables, intermedias o tenaces.*
- *Frecuencia sísmica, es el rango de velocidad con el que las ondas sísmicas atraviesan una roca.*
- *Resistencia a la compresión y tensión, las rocas en general resisten bien a las fuerzas de compresión, mas no así a las de tensión que son*

las que la rompen. Esta resistencia está vinculada a la densidad y grado de alteración de la roca.

B) PARÁMETROS DEL EXPLOSIVO.-

Son los que tipifican a cada explosivo y que sirve también para encontrar sus equivalentes. La selección del más adecuado para el trabajo se basa mayormente en conocer sus "características prácticas".

- *Potencia relativa, es el contenido de energía del explosivo y del trabajo que puede efectuar.*
- *Brisance, es el efecto " demoledor " o " triturador " que aplica el explosivo sobre la roca para iniciar su rompimiento.*
- *Densidad, la densidad de los explosivos mayormente varía entre 0.8 a 1.60 en relación con la unidad, y al igual que con la velocidad cuanto más denso sea, proporcionará mayor efecto demoledor.
La densidad es un elemento importante para el cálculo de la cantidad de carga de una voladura; en las gelatinas normalmente varía entre 1.2 a 1.5.*
- *Resistencia al agua, es el grado de resistencia a una prolongada exposición al agua sin perder sus características efectivas.*
- *Simpatía, es la capacidad de inducir la detonación a otro cartucho vecino.*
- *Sensitividad, es la capacidad para ser detonado por un iniciador adecuado.*
- *estabilidad, es la resistencia que ofrecen a los efectos del calentamiento sin que se observe descomposición.*
- *Sensibilidad al calor, es la capacidad de resistencia a la descomposición repentina con desprendimiento de llamas y sonido por efecto de la aplicación gradual de una temperatura.*
- *Sensibilidad al golpe, es la resistencia que ofrecen los explosivos al golpe sin detonar por efectos del mismo.*

- *Categoría de humos, de acuerdo a la proporción contenida de bióxido de nitrógeno y monóxido de carbono se han establecido 3 escalas de clasificación:*
 - . *Primera categoría : De 0 a 0.16 pies³ de CO-NO₂*
 - . *Segunda categoría : De 0.16 a 0.33 pies³ de CO-NO₂*
 - . *Tercera categoría : De 0.33 a 0.67 y más de pies³ de CO-NO₂ (solo en superficie)*

C) PARÁMETROS DE CARGA.-

Corresponden a la forma de ubicar y distribuir la carga explosiva en la roca. A diferencia de los parámetros de la roca y del explosivo que son propios y no podemos modificar, los de carga podemos adecuarlos a nuestro criterio, por lo que en cierta forma el resultado de una voladura dependerá del criterio y habilidad del encargado de prepararla.

Entre las que tienen mayor influencia en una voladura, se consideran las siguientes:

- *Geometría de la carga, es la relación entre la longitud de la carga con su diámetro y el punto donde es iniciada, tiene reflejo en la formación de las " zonas de facturación ".*
- *Diámetro de la carga, el diámetro depende tanto de las dimensiones y características del equipo de perforación disponible, así como de los parámetros de la voladura (altura de banco, superficie del frente, volumen a mover, etc.). Tiene influencia directa sobre el rendimiento del explosivo.*
- *Grado de confinamiento, este depende del grado de ataque (atacado), del uso del taco inerte y de la geometría de la carga. Se recomienda que para voladura convencional, la relación entre diámetro de taladro de cartucho no sea mayor de 1.2 : 1.*
- *Densidad de carguío, es la medida del grado de llenado de un taladro. Con 92 % de espacio ocupado por explosivo se tiene DC =*

0.92.

- *Distribución, la distribución del explosivo y su densidad de carga tienen influencia en la formación de las tres zonas de facturación; cavidad de explosión o cráter (roca pulverizada o volatilizada), zona de transición (roca triturada y desintegrada) y la zona sísmica (ya no se presenta fragmentación si no hay caras libres).*

D) *CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LA VOLADURA.-*

Sin mencionar los riesgos propios del manipuleo, transporte y almacenamiento de explosivos, ni las normas de seguridad existen al respecto, durante las operaciones de perforación, carga y disparo se presentan riesgos particulares que debemos tener muy presentes, tales como :

- *desprendimiento de rocas*
- *contaminación con los humos tóxicos de la explosión y*
- *sacudimiento de las estructuras de sostenimiento.*

De lo anteriormente descrito podemos mencionar que para evitar accidentes personales y deterioro de los equipos, al diseñar una voladura debe cuidarse el cálculo del factor de carga, la orientación de las salidas y el sistema de iniciación con los intervalos de tiempo necesarios, y durante la operación mantener estricta atención a la hora de efectuar el disparo, el control del área de disparo, el mantenimiento de comunicación clara e inmediata con todos los sectores de trabajo y personal vinculado a la voladura.

EVALUACIÓN DE LA VOLADURA.-

Si las condiciones anteriormente descritas sobre condiciones del terreno, cargas explosivas y método de iniciación son las adecuadas a nuestro concepto, podemos esperar una buena voladura. De lo contrario se tendrá que ir ajustando parámetros en una serie de disparos sucesivos hasta obtener el resultado esperado, lo que comúnmente se conoce como "ajustes por tanteo", procedimiento que conjuga la técnica propia de la voladura con la experiencia del operador.

Para calificar una voladura, se deben observar los siguientes aspectos :

- *Volumen de material movido, deberá ser igual o cercano al volumen teórico calculado previamente*
- *Avance del frente disparado, en túneles deberá ser al menos igual a la longitud de los taladros, la periferia deberá ser semejante a la proyectada; si resulta menor el túnel quedará estrecho requiriendo ensanche (desquinche) adicional. Por otro lado si se sobrepasa del diámetro especificado resultarán problemas de estabilidad y mayores gastos en sostenimiento.*
- *Grado de fragmentación, se debe observar el porcentaje de pedrones grandes resultantes que tendrán que ser reducidos posteriormente con voladura secundaria.*

El tamaño de los fragmentos depende del tipo de trabajo en que se va emplear el material, pero por lo general la fragmentación demasiado gruesa o demasiado menuda son inconvenientes.

- *Sobrerotura, la sobrerotura en túneles debilita y agrieta la roca en toda la periferia, afectándola a veces a profundidades de hasta dos metros, lo que obliga a usar sostenimiento para evitar el colapso del techo o paredes con el consiguiente incremento de costos y riesgos. Generalmente la sobrerotura indica exceso de carga.*
- *Dispersan de fragmentos, factor a considerarse en el acarreo del material disparado. Generalmente indica una excesiva carga explosiva hacia el cuello del taladro, o falta de taco.*

- Nivel de piso, es indispensable mantener el nivel del piso en los túneles, para el drenaje del agua y para el tendido de las líneas del riel, a fin de evitar aniegos de agua y posibles descarrilamientos.
- Acumulación del material empujado, debe ser adecuado para ser más operativos los ciclos de carga y acarreo, obteniéndose estas con un adecuado trazo de perforación, distribución de los retardos, etc.

CONDICIONES GENERALES DE LOS EXPLOSIVOS.-

A fin de lograr una eficiente y máxima capacidad de rompimiento y empuje, se deben procurar las siguientes condiciones :

- *Deben contar con una cara libre, a fin de facilitar el arranque y salida de la carga. En los frentes subterráneos se obtiene disparando primero los taladros de arranque.*
- *Deben confinarse para aumentar la densidad de carga, obteniéndose con el atascado de los cartuchos y con el cierre del taladro mediante un taco inerte.*
- *Deben cebarse adecuadamente, puede ser con detonadores eléctricos, fulminantes comunes, cordón detonante, cuidando de que la mecha haga buen contacto con la carga del fulminante y que no se moje éste.*
- *Orden de encendido, deben ser disparados manteniendo una secuencia ordenada y correcta, la que se obtiene con un buen trazo de perforación y empleo de detonadores de salida retardada.*
- *Se deben seleccionar adecuadamente de acuerdo a las condiciones de material a volar, considerando la presencia de agua, humedad, tipo de roca, estructura geológica, tipo de fracturamiento que se requiere, sección del frente, etc.*

VOLADURA CONVENCIONAL EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL

PERFORACIÓN.-

Es la primera operación en la preparación de la voladura ; se realizan con el empleo de dos máquinas perforadoras neumáticas comunes (Atlas Copco) de percusión - rotación. El trazo de perforación se diseña de acuerdo al tipo de roca a perforar, grado de fracturamiento y la sección de diseño del túnel, variando entre 25 , 30 y 36 taladros por disparo. Se emplean los barrenos integrales de 3', 5' y 8'. El espaciamiento de los taladros periféricos se realiza con un promedio de 0.40 mts. entre ellos.

MÉTODOS DE INICIACIÓN O ENCENDIDO DE EXPLOSIVOS

INICIACIÓN CON MECHA DE SEGURIDAD.-

Normalmente recomendada para hacer detonar cargas simples, en el Perú es aún muy empleada en trabajos en subterráneo, principalmente por su menor costo y por ser accesible a personal poco entrenado. En los tramos donde no se tuvo considerable presencia de humedad en el frente de perforación se empleó como iniciador el fulminante común No 8 y la mecha de seguridad.

INICIACIÓN CON CORDÓN DETONANTE.-

Este cordón detona con una velocidad de 6000 a 7500 m/s aproximadamente y se inicia por medio de un detonador. A su vez actúa como iniciador de la mayoría de explosivos, recomendándose su empleo en los siguientes casos :

- *donde el encendido eléctrico es peligroso.*
- *para la iniciación de taladros profundos, o de condiciones difíciles para el empleo de accesorios delicados.*
- *en voladuras de hileras múltiples, pudiendo también obtenerse retardos entre hileras mediante el uso de relés o retardos para cordón.*

INICIACIÓN CON SISTEMAS NO ELÉCTRICOS (FANEL).-

Preferentemente en zonas con presencia de filtraciones de agua, se emplea el FANEL (Famesa no eléctrica), que consta básicamente de manguera Fanel, fulminante de retardo, Etiqueta y el conector simple. Entre las ventajas más notables es su buena resistencia al agua, así como los retardos de los que están constituidos, obteniéndose una voladura con un orden de salida secuencial, retardados en milisegundos.

SECCIONES DE CONTORNO.-

Los perfiles de excavación obtenidos con la voladura convencional, se bosquejan en el anexo I, de los cuales se desprende el logro de secciones un tanto irregulares y en algunas casos fuera del perfil máximo de excavación, esto debido principalmente al empleo de cartuchos de dinamita 65 % en los taladros periféricos (alzas y cuadradores), el cual debido a su alto poder explosivo ha creado superficies de debilitamiento en el área circundante al perfil de excavación, creando en algunos casos sobre - excavación evitable en volúmenes muy considerables generalmente en rocas fracturadas , así como en rocas saturadas de agua.

Personal requerido:

1 Capataz

2 Perforistas

2 Ayudantes

Este personal es requerido exclusivamente para la perforación y voladura del frente

VOLADURA CONTROLADA.-

GENERALIDADES.-

La voladura contralada es una técnica que se emplea para limitar el daño de la superficie de la roca de excavación, permitiendo obtener superficies de corte lisas

y bien definidas, al tiempo que evita el agrietamiento excesivo de la roca.

La voladura controlada implica la perforación de una serie de barrenos paralelos de poco espaciamiento entre ellos a lo largo del perfil de excavación límite, así como el carguío de explosivos de baja densidad en los taladros, y la detonación de todas esas cargas en simultaneo después de la voladura principal o normal.

Esta técnica se aplica en el acabo de túneles y cámaras subterráneas, en excavaciones para cimientos de obras civiles, en cortes de carretera para estabilizar los taludes en cortes de límites finales de avance, en canteras y tajos abiertos.

APLICACIÓN DEL SMOOTH BLASTING EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL .-

A) *Con presencia de agua en el frente de perforación.-*

Se diseña el trazo de perforación de acuerdo al tipo de roca a atravesar, realizándose la voladura principal con el carguío de cartuchos de dinamita 65 % en tubos PVC de 3/4" debido a que la presión de agua que emergía de los taladros, arrojaba a los cartuchos. Como sellador del taladro se emplean tacos de madera cónicos en media luna, con una longitud promedio de 0.30 mts. el cual se introducía a los taladros con golpes de comba.

La voladura de contorno se realiza empleando 1/2 cartucho de dinamita 65 % intercalados con tacos de madera. El espaciamiento de taladros es de 0.30 mts. (cuadradores y alzas) .El diseño de voladura se bosqueja en el anexo I para los diferentes tipos de roca, señalando que el factor de potencia varía de acuerdo al grado de fracturamiento de la roca.

B) Sin presencia de agua en el frente de perforación.-

El trazo de perforación se diseña en función al tipo de roca a atravesar, siendo en un número de 12 los taladros de contorno controlado y 24 los de la voladura principal.

Los taladros de contorno controlado se cargan empleando Exsacorte o a falta de estos con 1/2 cartucho de dinamita 65 % intercalados con tacos de madera.

El carguío de los taladros se realiza de la siguiente manera :

- Como carga de fondo se coloca 1/2 cartucho de dinamita 65 % con su respectivo cordón detonante.*
- Como carga de columna se distribuyen 1/2 cartucho de dinamita 65 % separados con espaciadores de madera.*
- Todos los cordones FANEL, se amarran en sus extremos libres y en serie cerrando todo el contorno (bóvedas y paredes laterales) mediante el cordón detonante.*
- Al cordón detonante se conectan dos guías de seguridad, con sus respectivos fulminantes y colocados diametralmente opuestos con la finalidad de asegurar la iniciación.*
- El chispeo se realiza mediante cerillas de fósforo.*

C) Trazo de perforación

Previa a la perforación y con el apoyo de la brigada de topografía se ubican puntos fijos para determinar el eje del túnel, así como el perfil mínimo de excavación, con las cuales se marcan los taladros para la voladura principal y para la voladura de contorno controlado.

En la perforación del túnel se emplea el corte a sección completa, empleando un promedio de 36 taladros en roca Tipo I y II, es decir en rocas andesíticas medianamente diaclasadas a fracturadas moderadamente.

En general, las perforaciones fueron adaptadas al área de excavación y sobre todo al tipo de roca, empleándose para el arranque el corte en cuña.

SECCIONES DE CONTORNO.-

Con la técnica de la voladura controlada se lograron las secciones bosquejadas en el anexo I, las cuales evidencian secciones un tanto regulares dentro del perfil de excavación máximo permisible.

ANÁLISIS ECONÓMICO.-

Considerando que la construcción del túnel es bajo la modalidad de " Precios Unitarios ", el costo por m³ excavado tanto en rocas tipo I, II y III son los mismos que para la excavación con voladura convencional. Enfatizando, que la construcción del túnel resultaría más económica con el empleo de la voladura controlada, ya que ofrece resultados muy favorables en consideración al sostenimiento a emplearse, por las secciones regulares que se obtienen y que no crean sobre - excavaciones que acarean mayor costo en el empleo innecesario ya sea de sostenimientos temporales o permanentes.

MANEJO DE EXPLOSIVOS

El Bureau of Mines (Boletín 644), recomienda las reglas de seguridad que deben observarse para trabajos en tunelería. Estas reglas continuamente están en revisión y adecuándose a los cambios que experimenten los sistemas de trabajo.

Todos los explosivos sin excepción son agentes de peligro y su manipuleo, así como su empleo, deben encargarse a personas competentes, bajo estricta vigilancia de una supervisión experimentada en trabajos en tunelería donde se ejecutan voladuras en distintos espacios limitados, con variación de temperaturas, humedad densidad de aire, etc.

Todas las personas que intervienen tienen la responsabilidad de conocer y poner en práctica las medidas de seguridad.

RECOMENDACIONES BÁSICAS PARA MANIPULAR EXPLOSIVOS

1.- AL TRANSPORTAR

SIEMPRE acatar rigurosamente las disposiciones establecidas por las leyes y reglamentos vigentes en el país.

SIEMPRE asegurar que todo vehículo destinado a transportar explosivos reúna las condiciones exigidas por la Dirección de Tránsito y Reglamentos de Control de Explosivos de DICAMEC.

SIEMPRE verificar el buen funcionamiento del vehículo. Los costados y los extremos deberán ser lo suficientemente altos y cerrados que no permitan que la carga sobresalga, debiendo cubrirla con una lona impermeable y estar provisto de cubreras para evitar empozamientos de agua en caso de lluvias.

SIEMPRE verificar que todo vehículo que transporte explosivos lleve en un lugar apropiado y visible, un banderín de tela roja de 70 * 70 cm. con la leyenda " PELIGRO " en letras blancas.

SIEMPRE llevar en los vehículos que transportan explosivos, dos extinguidores de incendios en lugares apropiados y de fácil acceso, debiendo obligatoriamente el chofer, ayudante y custodios conocer su correcto uso.

SIEMPRE efectuar operaciones de carga y descarga de explosivos durante las horas del día.

SIEMPRE durante la carga y descarga de explosivos sólo podrán permanecer en las inmediaciones el personal autorizado para tal efecto, prohibiéndose cualquier otra actividad en un radio de 50 m.

SIEMPRE las personas encargadas de carga, descarga, transporte de explosivos serán mayores de edad, deberán tener buena salud, reconocida buena conducta, no ser adictos al uso de bebidas alcohólicas o narcóticos.

NUNCA permitir que las cajas de explosivos estén en contacto con metal alguno.

NUNCA transportar conjuntamente con explosivos materiales metálicos, combustibles o corrosivos.

NUNCA permitir abrir las cajas que contienen explosivos sobre las plataformas del vehículo o en el área de desembarque o almacenaje.

NUNCA transportar explosivos secundarios (dinamitas) junto con explosivos primarios (fulminantes).

NUNCA permitir fumar en el vehículo, ni permitir la presencia en él de personas no autorizadas.

NUNCA conducir vehículos con explosivos a través de poblaciones, a menos que no pueda ser evitado.

NUNCA estacionar vehículos con explosivos cerca de lugares donde hay aglomeración de personas, como restaurantes, escuelas, garages, estaciones de gasolina, etc.

NUNCA cargar o descargar explosivos cuando haya tormentas eléctricas, de arena o de nieve.

NUNCA abrir, empacar o reenvasar cajas de explosivos dentro del polvorín o a una distancia menor a 15 metros del mismo.

2 EN EL ALMACENAJE

SIEMPRE almacenar explosivos en polvorines que se ajustan a las características y requerimientos de las normas legales y reglamentos en vigencia.

SIEMPRE embarcar, despachar o utilizar los productos que sean de mayor antigüedad.

SIEMPRE almacenar cajas de dinamita en forma horizontal (plana) con la tapa hacia arriba, almacenar juntos los productos del mismo tipo y clase de tal manera que sea fácil identificarlos. Esto simplificará el conteo, la revisión y control de antigüedad de los productos.

SIEMPRE tener especial cuidado con cajas rotas, defectuosas o que estén escurriendo. En caso de recibir cajas en estas condiciones acomodarlas por separado dentro del polvorín y mandar un reporte detallado al fabricante, exponiendo las posibles causas.

SIEMPRE tener la puerta del polvorín cerrada con llave, excepto cuando se realice algún movimiento de mercancía.

SIEMPRE ubicar los polvorines en lugares aislados y estratégicos, respetando las tablas de distancia contenidas en el Reglamento de DICAMEC.

SIEMPRE observar las disposiciones legales vigentes para el almacenamiento de explosivos.

SIEMPRE guardar explosivos en polvorines limpios, secos, bien ventilados, razonablemente frescos, sólidamente contruídos, resistentes a las balas, al fuego y con cerradura de seguridad.

SIEMPRE consultar al fabricante cuando alguna sustancia líquida de explosivos deteriorados se haya escurrido al piso del polvorin. En primera instancia el piso debe ser barrido con aserrín.

SIEMPRE limpiar con solventes o soluciones apropiadas. Los materiales residuales de limpieza (aserrín, trapos, etc.) deben ser incinerados

adecuadamente.

SIEMPRE construir polvorines en lugares alejados de construcciones, casas, edificios, carreteras o vías férreas, observando las distancias recomendadas por las disposiciones reglamentarias vigentes.

SIEMPRE utilizar linternas de seguridad, si se requiere de iluminación artificial.

SIEMPRE reparar de inmediato, si aparecen goteras en el techo o paredes del polvorín.

NUNCA dejar explosivos sueltos o cajas de explosivos abiertas dentro del polvorín.

NUNCA reutilizar cajas de dinamita vacías, dentro o cerca del polvorín.

NUNCA almacenar fulminantes comunes, eléctricos, o cebos con otros explosivos en un mismo lugar o polvorín.

NUNCA almacenar cordón detonante junto con fulminantes comunes o eléctricos.

NUNCA almacenar explosivos en un lugar húmedo, ni cerca de aceites, gasolina o solventes; ni cerca de calentadores, tuberías de vapor, estufas u otras fuentes de calor.

NUNCA guardar en un polvorín metales que puedan producir chispas, ni herramientas hechas de tales metales.

NUNCA fumar ni llevar fósforos, luz abierta u otra forma de fuego o llama, ni dentro ni cerca de un polvorín.

NUNCA permitir la acumulación de hojas, hierbas, matorrales o basura dentro de un radio no menor de 10 m. alrededor del polvorín.

NUNCA disparar armas de fuego hacia los explosivos, tampoco cerca de un polvorín.

3. DURANTE LA UTILIZACIÓN

SIEMPRE volver a tapar las cajas o envases de explosivos después del uso.

NUNCA utilizar herramientas de metales que puedan producir chispas para abrir cajas conteniendo explosivos. Pueden eventualmente utilizar cartones

metálicos para abrir cajas de cartón, siempre y cuando el cortador no toque las grapas metálicas de la caja, ni los explosivos.

NUNCA permitir fumar, portar fósforos, luces descubiertas, u otra forma de fuego cerca de los lugares en que se estén manipulando y usando explosivos.

NUNCA colocar explosivos en lugares donde estén expuestos a llamas, calor excesivo, chispas o golpes.

NUNCA llevar explosivos en los bolsillos de la ropa, ni en parte del cuerpo.

NUNCA insertar en el extremo abierto de los detonadores otra cosa que no sea mecha.

NUNCA golpear ni tratar de altera, sacar o examinar el contenido de los fulminantes comunes o eléctricos, ni tratar de arrancar los alambres de los fulminantes eléctricos.

NUNCA permitir la presencia de niños o personas no autorizadas, en lugares donde se utilicen explosivos.

NUNCA manejar, ni usar explosivos, ni permanecer cerca de ellos cuando se aproxima o durante una tormenta eléctrica, de arena o de nieve; todos deben retirarse a un lugar seguro.

NUNCA usar explosivos o equipo para voladura que muestren señales claras de deterioro o daño.

NUNCA intentar aprovechar o utilizar mecha, fulminantes comunes, eléctricos u otro explosivo que se haya mojado, aun después de secarse.

4.- DURANTE LA PERFORACIÓN Y CARGA

SIEMPRE cumplir con las normas y recomendaciones de seguridad relativas a la perforación y la carga.

SIEMPRE examinar el frente de voladura antes de perforar, para descubrir la presencia de restos de cualquier explosivo sin estallar en los taladros de tiro anterior.

SIEMPRE examinar cada taladro cuidadosamente antes de cargarlo, para conocer su condición usando para ello un atacador de madera. una cuchara extractora (no metálica) o una cinta métrica.

SIEMPRE admitir la posibilidad de peligro de electricidad estática, cuando se efectúe la carga neumáticamente y tomar todas las medidas de precaución necesarias como la de colocar una línea a tierra. Recuerde que una baja humedad relativa en la atmósfera aumenta el riesgo de electricidad estática. *SIEMPRE* cortar del carrete la línea de cordón detonante una vez que penetra en el barreno, antes de meter el resto de la carga explosiva.

SIEMPRE evitar que las personas dedicadas a la operación de carga, tengan expuesto parte de su cuerpo sobre el taladro que esté cargándose, *NO* colocarse en dirección del mismo.

SIEMPRE conectar fulminantes comunes o eléctricos al cordón detonante, de acuerdo con los métodos recomendados por el fabricante.

NUNCA dejar explosivos sobrantes dentro de la zona de trabajo, durante el carguío de los taladros, ni dejar los sobrantes abandonados después de terminar el trabajo.

NUNCA cargar un taladro con explosivos después de terminar la perforación, sin antes de cerciorarse de que esté limpio, fresco y no contenga metal caliente, ni material ardiente o residuos humeantes.

NUNCA perforar cerca de otro taladro cargado con explosivos.

NUNCA empujar con excesiva fuerza los cartuchos u otros explosivos para introducirlos en el taladro o para pasarlos por una obstrucción en el mismo.

NUNCA deformar o maltratar el cebo, no dejarlo caer ni dejar caer sobre él cargas pesadas.

NUNCA cargar ningún taladro con fulminantes eléctricos cerca de líneas de fuerza eléctrica.

5.- AL CARGAR EL FRONTÓN

SIEMPRE confinar los explosivos en el taladro por medio de arena, tierra, barro u otro material incombustible apropiado para taco.

NUNCA atacar dinamita extraída de sus cartuchos.

NUNCA atacar con implementos metálicos de ninguna especie.

Usar siempre herramientas de madera, sin partes de metal, salvo los

conectores especiales de algún metal que no produzca chispas en los atacadores articulados. Evitar el atascamiento violento y NUNCA atacar el cebo.

NUNCA maltratar la mecha ni los alambres de los fulminantes eléctricos, atacar, ni permitir que se formen en ellos nudos o dobleces.

6.- AL HACER VOLADURAS ELÉCTRICAS

SIEMPRE conservar el circuito de disparo totalmente aislado del suelo o de otros conductores, rieles, tuberías y otras posibles vías conductoras de corriente eléctrica.

SIEMPRE probar todos los fulminantes eléctricos, uno por uno o conectados en circuito, utilizando únicamente el galvanómetro especialmente diseñado para este fin.

SIEMPRE asegurar antes de hacer una conexión eléctrica, que los extremos de los alambres estén absolutamente limpios.

SIEMPRE mantener en corto circuito los alambres de los fulminantes eléctricos o los de conducción, y NUNCA conectar un fulminante a otro hasta que esté lista la voladura para el disparo.

NUNCA desenrollar los alambres, ni hacer uso de los fulminantes eléctricos durante las tormentas, o cerca de fuentes de cargas de electricidad estática.

NUNCA desenrolle los alambres, ni haga uso de los fulminantes eléctricos cerca de transmisores de radio-frecuencia o radar, excepto a una distancia segura. Consulte al fabricante.

NUNCA colocar alambres o cables eléctricos cerca de fulminantes eléctricos u otros explosivos, sino hasta el momento mismo del disparo y para este fin exclusivamente.

NUNCA usar en un mismo circuito fulminantes eléctricos de diferentes fabricantes, o fulminantes eléctricos de estilo o funcionamiento diferentes, aun cuando sean de un mismo fabricante, salvo que el fabricante apruebe tales procedimientos.

NUNCA tratar de disparar un circuito de fulminantes eléctricos con menos

de la corriente mínima que estipula el fabricante.

7 AL DISPARAR CON MECHA

SIEMPRE manipular la mecha con cuidado, sin dañar la cubierta

SIEMPRE encender la mecha con un encendedor apropiado para este fin. Si se utiliza un fósforo, rajar el extremo de la mecha e insertar la cabeza del fósforo dentro de esta hendidura. Entonces frotar la cabeza del fósforo con la superficie.

NUNCA utilizar mecha corta. No deben usarse tramos menores de 60 cm. SIEMPRE conocer el tiempo que tarda en arder la mecha, y asegurarse de tener el tiempo suficiente para llegar a un lugar seguro después de encenderla.

NUNCA cortar la mecha sino inmediatamente antes de insertarla en el fulminante.

Cortarla tres a cuatro centímetros de la punta para asegurar que el extremo esté seco.

Cortar la mecha a escuadra usando un cuchillo o navaja afilado y limpio.

Insertar la mecha hasta tocar suavemente la carga de fulminante y una vez colocada evitar torcerla.

NUNCA fijar los fulminantes a la mecha sin utilizar el alicate especial de cápsula, o máquinas especialmente diseñadas para este fin. Cerciorarse de que el fulminante quede bien fijado a la mecha, para evitar que se desprenda o se humedezca.

NUNCA encender la mecha sin antes cubrir el explosivo, lo suficiente para impedir que las chispas o cabezas de fósforo puedan hacer contacto con el explosivo.

NUNCA tener explosivos en la mano al encender la mecha.

8.- ANTES O DESPUÉS DEL DISPARO

NUNCA disparar sin una señal de autorización de la persona encargada, quien se habrá cerciorado de que todos los explosivos excedentes se

encuentren en un lugar seguro, que todas las personas y vehículos estén a una distancia segura o debidamente resguardados y que se haya dado aviso adecuado.

NUNCA regresar al área de la voladura, hasta que se hayan disipado los humos y los gases.

NUNCA intentar investigar una eventual falla demasiado pronto. Cumplir los dispositivos y reglamentos establecidos para este fin, o en su defecto esperar como mínimo dos horas.

NUNCA perforar, atravesar o sacar una carga de explosivos que halla fallado. Las fallas deben ser manejadas únicamente por una persona competente y experimentada, con autorización para ello.

9.- AL DESHACERSE DE EXPLOSIVOS

SIEMPRE destruir o deshacerse de los explosivos de acuerdo con los métodos aprobados. Consultar al fabricante o seguir las instrucciones de los Reglamentos del DICAMEC y de Seguridad e Higiene de la Ley General de Minería sobre "destrucción de explosivos".

NUNCA dejar explosivos abandonados.

NUNCA dejar explosivos, cartuchos vacíos, cajas, forros u otros materiales utilizados para el embalaje de los explosivos tirados al alcance de los niños, de personas no autorizadas, de ganado y animales domésticos.

NUNCA permitir que la madera, papel y otros materiales utilizados para el embalaje de explosivos sean quemados en una estufa, chimenea u otro sitio cerrado, ni que sean utilizados para cualquier otro fin.

Disponer de dichos materiales en capa delgada en un sitio aprobado al aire libre y al quemarlos situarse por lo menos a 30 metros de distancia del material encendido.

CAP. IV .- VENTILACION DEL TUNEL

VENTILACIÓN DEL TÚNEL

La buena ventilación es necesaria en todo ambiente cerrado donde trabaja personal, en general e imprescindible durante la excavación de un túnel, en particular para que se cuente con un ambiente saludable, no contaminado y con temperatura y humedad con calidad atmosférica que permita realizar el trabajo con comodidad y eficacia.

Aunque es una función auxiliar respecto al objetivo principal, la ventilación es la más esencial de las funciones, al construir un túnel.

Los objetivos principales de la ventilación en túneles son:

- *Proveer a los trabajadores aire fresco suficiente.*
- *Reducir la concentración de los contaminantes a niveles tolerables.*
- *Regular las condiciones termo - ambientales, manteniéndolas en un grado comfortable.*

Todo túnel de más de 60 metros de avance debe ser ventilado, eficazmente para poder progresar con seguridad, con un ducto colineal que enlace el frente con la superficie, sea para traer aire fresco al interior o para llevar el aire contaminado hacia afuera.

En el primer caso el aire viciado o aire de túnel discurrirá lentamente hacia afuera por el túnel ; en el segundo caso será el aire fresco el que avanza desde la boca del túnel hasta el frente por medio del túnel. Esto implica ventajas y desventajas para cada caso.

Lo que se busca asegurar el flujo continuo de aire renovado en el frente, cuyo vínculo con la atmósfera libre es el túnel ya excavado; esto obliga el uso de ductos

o mangas para trasladar el aire fresco o acondicionado del exterior al frente de trabajo, mediante ventiladores para impulsar el aire nuevo o extraer el aire viciado por la respiración humana y gases generados por explosivos y/o motores de combustión.

ATMÓSFERA DEL TÚNEL.-

El aire atmosférico presenta una mezcla bastante constante de gases (nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono) y vapores de agua.

Un aire atmosférico seco contiene en (volumen) cerca de 79 % de nitrógeno, 20.96 % de oxígeno y 0,04 % de anhídrido carbónico, a una presión normal de 760 mm. de Hg. El contenido de vapores acuosos en el aire junto a la superficie terrestre varía, de acuerdo a las condiciones locales, entre 0,1 y 7,5 % (1 % por término medio). El peso específico del aire atmosférico a la presión de 760 mm. de Hg y temperatura de 0 ° C es de 1,293 Kg/m³.

El aire atmosférico, al realizar su recorrido a través del túnel sufre una serie de alteraciones químicas y físicas, que vienen a disminuir su contenido de oxígeno y a enriquecerlo con anhídrido carbónico, nitrógeno y gases nocivos tóxicos tales como el monóxido de carbono. Aumenta, además, la pulverulencia del aire y varía su temperatura, humedad y peso específico.

De acuerdo a las Reglas de Seguridad, el contenido de oxígeno en las labores donde se está trabajando no debe ser inferior al 20 %. La disminución del contenido de oxígeno en el aire del túnel generalmente va paralela al aumento del contenido de anhídrido carbónico, el cual se origina también durante las explosiones.

CAUDAL DE AIRE FRESCO.-

El caudal de aire requerido en el frente debe ser el necesario para :

- *proveer aire fresco suficiente a los trabajadores.*
- *remover polvos y gases generados por la explosión*
- *el funcionamiento de los motores diesel que puedan usarse subterráneamente.*

Es más práctico cuantificar empíricamente el caudal requerido por cada uno de las fuentes señaladas, ya que de otra forma nos encontraríamos involucrados en el manejo de mas de 90 formulas para finalmente llegar al mismo orden de cifras, sin diferencias significativas. 3 m³ / min por cada trabajador o por cada HP de los motores Diesel es una norma segura.

Según el Reglamento del Código de Minería señala que se debe administrar 106 pies³ / min / persona (3 mts/ min) en las labores subterráneas cuando estas se encuentren aproximadamente a nivel del mar. Para alturas mayores debe aumentarse el flujo de aire de acuerdo a la siguiente escala:

<i>de</i>	<i>1,500 a</i>	<i>3,000 mts.</i>	<i>40 % (150 pies³/min)</i>
<i>de</i>	<i>3,000 a</i>	<i>4,000 mts.</i>	<i>70 % (180 pies³/min)</i>
<i>más de</i>	<i>4,000 mts.</i>		<i>100 % (212 pies³/min)</i>

El aumento indicado sirve para compensar la variación en densidad del aire, que al nivel del mar y a 21 grados centígrados es de 1.2 Kg / m³, esta disminuirá con la altitud. Otro punto a considerarse es la velocidad la cual no debe ser menos de 20 m / min, ni más de 250 m / min ; una media de 75 m / min es adecuada.

El volumen de aire requerido para la función respiratoria es en promedio 10 pies³ / min / persona, con lo que podemos apreciar que en todos los casos, los valores exceden considerablemente el volumen requerido por cada trabajador por lo que el excedente se considera como un factor de seguridad para diluir los gases

producidos por la explosión , gases y polvos producidos por la extracción del material y otros.

Los 106 pies³ / min / persona , según el Código de minería y los libros especializados para situaciones de trabajo que comprenden largos períodos entre los turnos de trabajo, en donde las voladuras sólo se efectúan al final de cada turno. En el caso de que las voladuras sean intermitentes el volumen de aire requerido deberá oscilar entre 200 y 300 pies³ / min / persona; pudiendo llegar hasta 500 pies³ / min / persona dependiendo de las características propias del lugar de excavación y de los métodos de trabajo empleados.

El caudal de diseño, o sea el caudal de aire fresco a requerir, se calcula conociendo el número de trabajadores que se va a usar, las especificaciones del equipo a emplear y la sección del túnel.

VELOCIDAD DEL AIRE.-

Flujos de aire con velocidades comprendidas entre los 20 y 30 pies lineales por minuto, son capaces de remover polvos y gases como una nube compacta; velocidades mayores que los 30 pies lineales por minuto rompen esta nube compacta y provocan una rápida dilución de los contaminantes. Cabe mencionar que algunas minas con alto contenido de volátiles, requieren de velocidades de aire por encima de 100 pies por minuto para favorecer la dilución de los contaminantes y prevenir de esta forma la acumulación de gases o polvo que puedan dar lugar a explosiones.

VENTILACIÓN MECÁNICA.-

Es aquella que se efectúa empleando cualquier medio mecánico para la remoción de aire. La ventaja notable sobre la ventilación natural es que puede regularse fácilmente y además puede obtenerse la cantidad de aire deseada.

Desde el punto de vista de los medios empleados para la remoción del aire, la ventilación puede ser natural, mecánica o combinada. desde el punto de vista de la presión generada en los lugares a ventilar, la ventilación puede ser aspirante o impelente, según se aspire (negativa) o se inyecte (positiva) aire.

Desde el punto de vista del servicio que presta, la ventilación puede ser general o secundaria, finalmente, la ventilación puede ser auxiliar, cuando se ventilan labores ciegas, es decir con una sola entrada de aire (se caracteriza por el empleo de ductos).

TIPOS DE VENTILADORES.-

Desde el punto de vista de su construcción, los ventiladores empleados pueden ser centrífugos y axiales. Estos últimos son los más modernos y más empleados, la diferencia entre uno y otro es en cuanto a características de potencia, eficiencia y volumen de aire, ya que las leyes generales para los ventiladores son igualmente aplicables tanto para un tipo como para el otro.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE LOS VENTILADORES CENTRÍFUGOS Y AXIALES

<i>CENTRÍFUGOS</i>	<i>AXIALES</i>
<i>Ofrecen la más alta presión estática</i>	<i>Presión estática media</i>
<i>Ofrecen un flujo mediano</i>	<i>Ofrece el más alto flujo flujo de aire</i>
<i>Su eficiencia varía entre 60 y 80 %</i>	<i>Eficiencia entre 70 y 85%</i>
<i>Pueden trabajar a altas velocidades</i>	<i>Velocidades más altas</i>
<i>Son ventiladores que pueden considerarse "quietos" si se observa su -curva característica</i>	<i>Presentan una zona de fuerte inflexión e inestabilidad</i>
<i>Producen menos ruido que los axiales</i>	<i>Producen los niveles de ruido más altos</i>
<i>Son ventiladores rígidos</i>	<i>Son más flexibles</i>
<i>Más costosos</i>	<i>Más baratos.</i>

SELECCIÓN DEL VENTILADOR.-

Para elegir el ventilador más conveniente, hay que basarse en la curva-específica, proporcionada por el fabricante, la cual muestra la interrelación entre el caudal de aire, la presión que produce el ventilador. Dicho gráfico también muestra la potencia que demanda el motor del ventilador, correspondiente al caudal en consideración ; a mayor caudal mayor resistencia al paso del aire, efecto de la fricción del mismo contra la pared del ducto ; para vencer esta resistencia, la energía necesaria la da el motor del ventilador y es denominada presión estática.

La resistencia dinámica del ducto se incrementa en función directa a su longitud, a la rugosidad de su pared y al caudal que circula a través del mismo ; consecuentemente, dicha resistencia disminuye al incrementarse la sección transversal del ducto, por lo que es deseable que el diámetro del ducto sea el mayor que la geometría del túnel permita, así se aliviará el funcionamiento del motor o de los motores de ventilación. La presión estática que debe aplicar el ventilador, función de la resistencia dinámica del ducto, se obtiene en tablas.

Después de vencer la presión estática, el ventilador debe poner al aire en movimiento, para que amerite recibir el nombre de ventilador, esto lo consigue aplicando la llamada presión de velocidad. La energía del aire que circula por el ducto disminuye con las inflexiones del mismo, al cambiar la sección transversal del ducto o al encontrar algún obstáculo.

La resistencia total del sistema se determina sumando a la pérdida de presión estática, la de presión de velocidad y las pérdidas puntuales o por choque. Siendo dicha resistencia total, asimismo función del caudal que circula por el ducto, la relación entre este y la presión necesaria para vencer la resistencia total se podrá representar gráficamente, esta es la llamada curva característica del sistema.

El punto determinado por la intercepción de " la curva característica del

sistema " y "la curva específica del ventilador " representa el punto de operación del ventilador. De ser necesario aumentar el caudal que va a través del ducto, se puede conectar 2 o más ventiladores en serie. Para determinar la presión que establecen varios ventiladores en serie se suman las presiones que genera cada ventilador para cada caudal, por lo que es importante que dichos ventiladores tengan " curvas específicas " iguales, afín de garantizar un funcionamiento dinámico balanceado.

Sólo cuando restricciones logísticas lo exijan, se recomienda una instalación en paralelo, un ventilador al lado del otro, alimentando al mismo ducto ; de preferencia deberán ser gemelos o por lo menos con " curvas específicas" idénticas.

MÉTODO DE VENTILACIÓN EN EL TÚNEL.-

En base a una evaluación realizada al inicio de la excavación, se determinó un sistema de ventilación mecánica soplante, es decir con un ventilador de 75 HP en superficie insuflando aire fresco a través de una manga de ventilación de 20' de diámetro.

A partir de la progresiva 1 + 120 hasta 3 + 900 se utilizó 06 (seis) ventiladores en serie de 45 HP de 500 cc/m de capacidad cada uno.

Con estas ventiladores se terminó la excavación manteniendo la ventilación con flujo de gases dentro de lo permisible.

RIESGOS DE UNA MALA VENTILACIÓN.-

Como mencionáramos anteriormente el objetivo principal de la ventilación es mantener condiciones atmosféricas normales mediante un aporte permanente de aire fresco a las labores subterráneas y evacuación del aire viciado de las mismas.

Cuando se ejecutan labores , donde se atraviesan formaciones de roca con eventuales " bolsionadas de gas ", se tiene que considerar métodos de detección, formas de control y procedimientos de operación que tiendan a la prevención , con el fin de evitar sus efectos nocivos, y hasta letales.

En las zonas con detección de posibilidades de gas, previamente al avance del frente de trabajo, deben ejecutarse sondeos exploratorios, en longitudes adecuados; y en la boca de estos taladros, operar instrumentos, llevando registros y estableciendo un programa diario de vigilancia, especialmente durante la perforación del frente.

SALUBRIDAD OCUPACIONAL

Los riesgos para la salud a causa del trabajo en labores subterráneas se determinan por : Condiciones que producen enfermedades legalmente indemnizables y por cualquier condición en el ambiente de trabajo que afecta la salud de los trabajadores, impidiéndoles desarrollar sus actividades normalmente o reduciendo su eficiencia de trabajo.

Ambas condiciones son deplorables y pueden evitarse. La responsabilidad de corregir estas condiciones compete a la administración de la empresa que ejecuta los trabajos; siendo los jefes de seguridad los responsables del desempeño de las funciones de Higiene Industrial para contrarrestar los riesgos ocupacionales para la salud, determinando en cada caso :

- *la naturaleza y tipo de riesgo*
- *los medios de observación y evaluación del riesgo.*
- *la selección, uso y limitaciones de los equipos de protección.*

Es necesario conocer los siguientes términos básicos :

- ***Enfermedad ocupacional :***

Se denomina así a toda alteración o perturbación del funcionamiento normal de los órganos que contribuyan a la salud, originadas por causas que provienen del exterior, debido a acciones físicas en trabajos subterráneos, estas acciones afectan directamente los siguientes órganos : ojos pulmones, piel , oídos.

- ***Neumoconiosis :***

Es la enfermedad ocupacional más delicada y el término sirve para designar a estados crónicos de los pulmones afectados por la infiltración en el sistema respiratorio del polvo de diversas sustancias minerales y que generalmente incapacita para realizar trabajos.

- **Silicosis :**
La respiración de fragmentos microscópicos de roca especialmente sílice, representa por siglos uno de los más graves problemas de trabajo.

- **Humos :**
Partículas formadas por condensación del estado gaseoso, de tamaño microscópico.

- **Gases :**
Se difunden y ocupan el espacio donde están contenidos (no se presentan en estado sólido o líquido a la temperatura y presión normales).

- **Vapores :**
Forma gaseosa de una sustancia que es normalmente un líquido o un sólido.

- **Nieblas :**
Fusión en el aire de gotas muy pequeñas, formada generalmente por medios mecánicos (atomización) o la condensación del estado sólido.

- **Polvo :**
Partículas sólidas que han sido reducidas aun tamaño muy pequeño por procedimientos mecánicos.

- **Temperatura :**
Las altas temperaturas tienen notable importancia en la organización del trabajo subterráneo. Se conoce bien que la temperatura va normalmente en proporción de aumento, con la profundidad de la labor por el grado geotérmico.

En regiones volcánicas, además se presentan continuamente fuertes saltos positivos de temperatura.

- **Humedad :**

En subterráneo el gradiente higrométrico siempre es bastante elevado. El exceso de humedad, junto con la temperatura elevada, puede molestar sensiblemente el trabajo del hombre, impidiendo la evaporación y alterando la temperatura del cuerpo.

- **Valor M.A.C. (Maximal Allowable Concentration),**

Son los valores máximos de concentración expresados en p.p.m. de las distintas sustancias gaseosas que se estima un individuo puede soportar por una exposición de 8 horas continuadas por día, sin ningún efecto nocivo para su salud.

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en las labores subterráneas son:

Anhidrido carbónico (CO₂)

Es un gas incoloro de gusto ligeramente ácido y olor debil, es producido por la oxidación y combustión de compuestos orgánicos, además de la respiración de los seres vivientes, su peso específico es de 1,52. no mantiene el proceso de la combustión, no sirve para la respiración, es fácilmente soluble en el agua. Como el Co₂ es más pesado que el aire, se acumula en las partes bajas de las labores subterráneas. Son conocidas emanaciones naturales tanto secas como asociadas con el agua que se encuentra en la masa rocosa de las formaciones litológicas diversas en formas de "bolsones". De acuerdo a las Reglas de Seguridad, el contenido de CO₂ en los tajos activos no debe pasar del 0,5 % , y en la corriente de aire saliente , 0,75 % . El aumento del contenido de Co₂ tiene un efecto asfixiante para el hombre.

Valor M.A.C. = 5,000 p.p.m. o 9 mg. por litro

<i>Concentración</i>	<i>P.P.M.</i>	<i>Efectos Fisiológicos</i>
10	5,500	. Soportable sin síntomas
20 - 30	11,000-16,700	. Límite por varias horas
60 - 70	33,500-39,000	. Soportable en los primeros 10 minutos.
90 - 120	50,000-67,000	. Muerte luego de 30 min. de exposición

Monóxido de carbono (CO)

Es un gas incoloro, sin olor ni gusto, su peso específico con relación al aire es de 0,97. Es originado durante los trabajos con explosivos. Mezclado con aire, con una llama azul celeste. Cuando el aire contiene de 13 a 75 % de monóxido carbónico, se forma una mezcla susceptible de hacer explosión a una temperatura de incendio de 630 a 810 °C. El monóxido carbónico es la causa más frecuente de las intoxicaciones. Su acción tóxica sobre el organismo humano se explica por el hecho de que el CO se combina con la hemoglobina de la sangre 300 veces más rápidamente que el oxígeno, formándose un compuesto llamado carboxihemoglobina, que anula la capacidad de la sangre de absorber el oxígeno y trasmitirlo a los tejidos.

Las Reglas de Seguridad autorizan una concentración máxima de CO de 0,0016 % en volumen en el aire del túnel.

Con referencia a los síntomas de envenenamiento, las concentraciones de CO contastables en la sangre se indican con el siguiente cuadro :

Síntomas	% Saturación en la sangre
Ningún síntoma	0 - 10
Sensación de opresión en la cabeza (dolor de cabeza)	10 - 20
Fuerte dolor de cabeza, turbación de la vista, nauseas vómitos	30 - 40
Similar al anterior pero con mayores posibilidades de colapso aumento del ritmo de pulsaciones	40 - 50
Pérdida de conocimiento con aumento de pulsaciones y del ritmo respiratorio, convulsiones intermitentes	50 - 60
Coma, convulsiones intermitentes paro de la respiración depresión cardiaca - Muerte	60 - 70

Gases Nitroso (NO₂, N₂O₄),

Los óxidos nítricos (NO, NO₂) se forman durante los trabajos con explosivos ; generalmente, el primero en formarse es el óxido nítrico que, al combinarse con el oxígeno del aire, se transforma inmediatamente en bióxido de nitrógeno. El NO₂ es un gas de color pardo rojizo, de olor penetrante y una densidad de 1,58 con relación al aire. Provoca la irritación de las mucosa de los ojos, la nariz y la boca, tos, dolor de cabeza, etc. Es soluble en el agua.

Valor MAC = 60 p.p.m. o 0.10 mg/lt.

Concentración (mg/lt)	P.P.M.	Efectos Fisiológicos
0.12	62	Irritación de la garganta
0.20	101	Tos, espectoración
0.22 - 0.30	117 - 154	Concentración peligrosa aún en corta exposición
0.45 - 0.50	240 - 275	Concentración mortal aún en corta exposición

Hidrógeno Sulfurado (H₂S)

Es un gas muy tóxico, presente especialmente en terrenos, impregnados de azufre.

No siempre su presencia es de fácil reconocimiento, aunque tiene un olor característico (huevos podridos), se disuelve con facilidad en el agua.

Valor MAC = 10 p.p.m. o 15 mg/m³

Concentración (mg/lt)	P.P.M.	Efectos Fisiológicos
0.10 - 0.15	70 - 110	Irritación de mucosas a 60 min. de exposición
0.24 - 0.36	170 - 260	Soportable con síntomas significativos en los primeros 60 minutos.
0.60 - 0.84	420 - 600	Muerte dentro de los primeros 60 minutos de exposición.
1.20 - 2.80	850 - 2000	Muerte violenta.

Dioxido de Azufre (SO₂)

Cantidades superiores producen fuerte irritación en los ojos, garganta y vías respiratorias. En labores subterráneas se encuentra en los escapes de motores de explosión de gasolina y diesel.

Valor MAC = 10 p.p.m. o 15 mg/m³

Metano (CH₄)

Es un gas incoloro, inodoro, menos denso que el agua, y es el compuesto principal del gas natural, se desprende en ciertas labores subterráneas con estratos carboníferos, en las cuales forma con el aire una mezcla explosiva llamada " Gas Grisú ", que más de problemas de respiración presenta graves peligros de combustión, propagándose la llamarada en todos los ambientes. Se vuelve explosiva en concentraciones de metano superiores al 5 %.

Valor MAC = 10 p.p.m. o 15 mg/m³.

DISPOSICIONES DE SEGURIDAD

Se recomienda observar las siguientes disposiciones en forma muy escrupulosa :

1. *Prohibición de introducir a la galería cigarrillos, fósforos, encendedores o todo lo que pueda dar lugar a llamas libres; en la boca de entrada del túnel se ubicará un letrero con esta disposición que deberá ser observada por todos los que ingresen en la galería. Será oportuno efectuar periódicamente visitas de control en los frentes de trabajo.*
2. *Obligación de llevar la lámpara de seguridad con acumulador, y prohibición de depositarla en proximidad el puesto del puesto de trabajo.*
3. *Obligación de llevar el autoprotector que se proporcionará, en dotación fija, a cada obrero o quienquiera deba ingresar a las galerías : los desperfectos o defectos de funcionamiento de dicho equipo deberán ser señalados inmediatamente al personal de seguridad.*
4. *Todo personal que trabaja en labores en subterráneo tiene la obligación de señalar a su jefe de cuadrilla o al encargado de la seguridad cualquier inconveniente que eventualmente constatare en las instalaciones de ventilación o de iluminación. Lo mismo debe hacerse en el caso de constatar presencia de trazas de gas provenientes de la roca.*
5. *Los obreros deben estar perfectamente informados de tales normas disciplinarias por medio de avisos escritos y verbales.*
6. *Cualquier manipuleo en la instalación de ventilación y en la iluminación debe ser objeto de un previo acuerdo con el encargado de servicio de seguridad.*

7. *El defectuoso funcionamiento del sistema de ventilación o su parada obligan la suspensión del trabajo y, si fuera necesario, el desalojo de la galería; la reanudación de los trabajos depende de la reactivación de los ventiladores y el control de la atmósfera a lo largo de la galería. Tal disposición restrictiva no se aplicara durante el trabajo de montaje de un nuevo elemento de la tubería de ventilación: esto es a condición de efectuar simultáneamente y durante el tiempo que demore el montaje de un cuidadoso control de los gases.*
8. *En los controles de los gases en galerías, después de cada voladura y eventuales interrupciones de las ventilaciones, el encargado de seguridad debe estar siempre acompañado de un jefe de cuadrilla o asistente; el retorno de los obreros y la reanudación de los trabajos dependen del éxito de dicha inspección.*
9. *Los obreros pueden ingresar a los frentes de trabajo y efectuar sus diversas actividades a condición de que el contenido de los distintos gases no supere los valores MAC admitidos. En caso contrario el encargado de la seguridad informará inmediatamente al ingeniero responsable y recibirá de éste órdenes referentes a la posibilidad de eliminar las mayores concentraciones y el programa de eventuales averiguaciones.*
10. *Para la ejecución de taladros de voladura en el frente de avance, en el caso de que las exploraciones antecedentes hayan proporcionado un cuadro sospechoso, debe emplearse un número reducido de personas con la asistencia del encargado de la seguridad.
Para el caso de que, en las exploraciones anteriores, las averiguaciones no hayan revelado en ninguna anormalidad, se permitirá a los demás obreros ejecutar otros trabajos.*
11. *En el caso de que sospeche la presencia de gases en presión, el trabajo de*

perforación será ejecutado previo al desalojo del personal no necesario. Los ejecutores de la perforación de exploración y el asistente de la seguridad, llevarán el autoprotector y, de todas maneras, tomarán las providencias necesarias para poderlo utilizar inmediatamente, en caso de necesidad.

12. *Después de cada voladura el encargado de la seguridad, en compañía de un asistente (u otro obrero antiguo) efectuará todos los controles necesarios; un primer y somero control, a lo largo de la galería y durante su recorrido, puede efectuarse con medidas rápidas.*
13. *Durante el trabajo, la lámpara Ringrose puede ser colocada en proximidad del frente de avance. Su funcionamiento y la interpretación de sus indicaciones deben ser ilustrados a todos los obreros.*
14. *La lámpara Davy puede ser empleada sólo por el asistente a la seguridad y no puede ser dejada colgada cerca del frente de avance. El asistente a la seguridad tiene la obligación de controlar la atmósfera en el frente de avance antes de cada voladura.
Si se constata la presencia de gases explosivos con concentración superior al límite MAC , las operaciones para la deflagración deben ser suspendidas hasta que no se logre diluir el gas [por debajo del límite de seguridad. esta providencia es válida también por los gases no explosivos.*
15. *Para el caso de que se precise, en galería el empleo de llamas libres (equipos de soldadura y otros) éste podrá ser permitido tan sólo a condición de que las averiguaciones hayan excluido concentraciones peligrosas de gas explosivo.
A parte de esta disposición, el empleo de llamas libres debe estar siempre prescrito durante la ejecución del taladro exploratorio e inmediatamente después de la voladura.*

16. *La decisión sobre la deflagración desde el exterior o el cálculo de las distancias de seguridad del frente, en el caso de deflagración desde el interior, son de responsabilidad del director del servicio de seguridad quien tomará sus decisiones en base a las averiguaciones afectuadas. Este comunicará por escrito la disposición correspondiente a la dirección técnica del centro de trabajo, la cual a su vez informará a los asistentes de cada turno.*
17. *Para conectar la zona de trabajo con el exterior del túnel se prevé el empleo de teléfonos antideflagrantes, en sustitución de aquellos normales que están instalados en la actualidad. El encargado de la seguridad puede así buscar al director del servicio para informarlo de eventuales situaciones de emergencia que requirieran la presencia de aquel. Para que tal contacto sea más rápido, debe existir una conexión entre la boca de entrada del túnel y la oficina del director del servicio de seguridad.*
18. *El director del servicio de seguridad debe ser localizable en cualquier momento del día. Sus desplazamientos, por razones de servicio, deben estar en conocimiento del personal de su oficina de manera que su localización sea fácil. El encargado de la seguridad en el túnel para los turnos de noche debe conocer el lugar de manera que pueda informarlo con la máxima prontitud, en caso de emergencia.*
19. *El encargado de la seguridad, después de haber estado presente durante la perforación de la exploración, puede dedicar su tiempo, en espera de la voladura, a controlar las características del aire a lo largo de la galería y los eventuales remansos de gas. En particular la velocidad del aire no debe ser inferior a 0.5 m/seg. Los remansos serán eliminados por medio de eyectores que insuflén en el sentido del movimiento del aire.*
20. *Una averiguación periódica de la cantidad de luz en el ambiente subterráneo*

- debe efectuarse por medio de luxímetros. Téngase presente que, con iluminación eléctrica normal, la vía de tránsito deben ser iluminados con no menos de 5 lux, en el frente de trabajo (frente de avance, carguío , etc) es oportuno no bajar de los 50 lux.*
21. *el encargado de la seguridad debe estar presente en los controles periódicos, como también en el mantenimiento de las instalaciones eléctricas.*
 22. *Puesto que la correcta ejecución de una voladura constituye elemento de seguridad, el encargado de los controles estará presente en las operaciones de carga de voladura y conexión de fulminantes.*
 23. *Los obreros deben estar informados del peligro que conlleva la costumbre de insuflar remansos de gases o humos por medio de la tubería flexible de aire comprimido. dicha operación debe prohibirse con toda severidad.*
 24. *En presencia de grisú el personal encargado de labores de emergencia debe evitar con sumo cuidado la producción de chispas (percusión) o de fricciones muy acentuadas. por lo tanto el empleo de la locomotora antideflagrante y de los medios accionados por aire comprimido debe ser muy prudente y cuidadoso. en cuanto a las chispas que son causadas por impactos (demolidores, picos, etc) el fenómeno, normalmente , no presenta peligros (chispa fría): sim embargo, siempre es preferible y recomendable el empleo cauteloso de los medios de trabajo.*
 25. *Durante las perforaciones exploratorias las vías de tránsito deben mantenerse libres y una locomotora debe estacionarse en proximidad del frente de avance de manera que sea fácil un eventual desalojo del personal.*

INSTRUMENTOS DE CONTROL

Para la medición de los gases naturales en la atmósfera de un túnel, el personal encargado de los controles debe estar previsto de los siguientes aparatos

<i>CO₂</i>	<i>Medidor colorimétrico Drager con sus respectivas ampollas de sensibilidad. Medidor Volumetrico Fyrite con campo de medición hasta el 20%. Medidor ZEISS (interferómetro).</i>
<i>H₂S</i>	<i>Medidor colorimétrico Drager con sus respectivas ampollas de alta sensibilidad. Medidor semi-automático OLDHAM - RINGROSE</i>
<i>CH₄</i>	<i>Interferómetro ZEISS con escala 0 - 10 % Grisometro MSA W.8 de alta sensibilidad con escalas 0 % a 2 % y 0% a 5%. Explosimetro MSA mod. E2 con escala de % de explosividad. Revelador automático OLDHAM RINGROSE con señal óptica de alarma.</i>
<i>CO</i>	<i>Medidor calorimétrico Drager con sus respectivas ampollas de sensibilidad (1 A 3000 p.p.m.). Revelador automático OLDHAM RINGROSE con señal óptica de alarma.</i>
<i>SO₂</i>	<i>Medidor calorimétrico Drager con sus respectivas ampollas de alta sensibilidad.(1 A 6,000 p.p.m.)</i>
<i>O₂</i>	<i>Medidor volumetrico de FYRITE Medidor calorimétrico DRAGER Medidor a filamento MSA.</i>

PREVISIONES

Si el aire, en alguna parte de un trabajo en subterráneo, contiene mayores concentraciones al 0.1% de (CO) o cualquier indicio detectable de oxido nitroso, polvo nocivo, humos gases, o vapores perceptibles a la vista; no debe permitirse la permanencia o el tránsito de personas en estas labores, a menos que el personal ubicado en estas áreas de trabajo, tenga la implementación con aparatos eficaces para impedir la inhalación de dichas sustancias nocivas.

PRONTO SOCORRO

Para el pronto socorro debe entrenarse cuadrillas de emergencia provista de auto-protectores con suficiente autonomía hasta de 120 minutos.

Esta cuadrilla compuesta por 6 obreros de cada turno de trabajo debe estar preparada y adiestrada en el empleo de medios de respiración en ambiente irrespirable, explosivo y tóxico.

Para poder confiar en la pronta intervención de las cuadrillas de seguridad deben exponerse a la vista en los portales de entrada del túnel los nombres de sus componentes, así como el lugar para su ubicación.

CAP. V .- ESTADISTICAS DE ACCIDENTES

ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES EN OBRAS DE TUNELERIA

ACCIDENTES EN TÚNELES

Como indicáramos anteriormente una de las más riesgosas ocupaciones es la construcción de túneles, los cuadros que a continuación mostramos contienen información de la tasa de daños y los datos estadísticos de los accidentes registrados en tres importantes obras de tunelería, ejecutadas en los últimos 15 años en el Perú. Estos proyectos representan : túneles para centrales hidroeléctricas, para abastecimiento de agua con fines de irrigación y propósitos ferrocarrileros.

La atención que se otorga para completar el ciclo, que en capítulos anteriores describiéramos no contempla el tiempo que se debe asignar a los probables daños que inevitablemente surgirán por el incumplimiento de las reglas de seguridad recomendadas. Otro de los factores que contribuyen a los casos de accidentes en trabajos de tunelería, es la falta de una organización para seguridad, y de una adecuación física de los trabajadores; el criterio de que el costo de los accidentes es problema de una póliza de seguro que se incluye en el precio de contrato, sobretiempos o tiempos extras para ejecución de los trabajos, falta o falla en el uso de los implementos de seguridad, empleo de equipos inseguros y desarrollo de los trabajos en situaciones imprevistamente peligrosas.

ORIGEN DE ACCIDENTES EN EL CICLO DE TRABAJO

ORIGEN	PORCENTAJE
1 Por desprendimiento de roca en el frente de trabajo	29.60
2 Carguío y acarreo del material de disparo	19.20
3 Labores en piques, pozos, chimeneas	15.00
4 Explosión de gas metano	14.40
5 Manipuleo de explosivos	10.40
6 Fallas en los equipos (jumbos, palas, etc.)	4.00
7 Fallas en los equipos menores, herramientas, cuadros de madera, etc.	3.80
8 Electrocutados	2.47
9 Infecciones por heridas producidas por cables, alambres, puntas, etc.	1.20
TOTAL	100

ESTADISTICAS DE ACCIDENTES EN TRES OBRAS DE TUNELERIA EJECUTADAS EN EL PERU

ESPECIFICACION	MANTARO	CUAJONE	MAJES
1 Ubicación	<i>Huancavelica</i>	<i>Moquegua</i>	<i>Arequipa</i>
2 Proposito	<i>Central Hidroeléctrica</i>	<i>Ferrocarril</i>	<i>Irrigación</i>
3 Período de Construcción (años)	1967-1973	1970-1978	1975-1984
4 Longitud de Túneles (mts.)	20700	27145	44760
5 Costo final de Obra (\$ U.S.)	67260446	48769440	94449600
6 Pago total final por mano de Obra (\$ U.S.)	22944138	18414693	39688832
7 Total Horas Hombre sujeto a peligro	34244982	29701118	58365929
8 Tiempo perdido total (horas)	718097	314832	1257202
9 Tiempo perdido por daños (horas)	5372	4344	6539
10 Total decesos (número)	61	28	62
11 Tasa de Frecuencias del Tiempo perdoado por daños (por cada millón H.H.) $((9)/(7))*10^6$	156.8	146.26	112.03
12 Frecuencia de decesos (por cada millón de H.H.) $((10)/(7))*1000$	1.78	0.94	1.06
13 Severidad de la totalidad de daños (por cada 1,000 H.H.) $((8)/(7))*1000$	20.97	10.6	21.54
14 Muertos por cada millón de dolares, del precio de la mano de obra $((10)/(6))*10^6$	2.66	1.52	1.56
15 Muertos por cada millón de dólares, del costo final de la obra : $((10)/(5))*10^6$	0.91	0.57	0.65

FUENTE :EXCAVACION Y SOSTENIMIENTO DE TUNELES EN ROCA. PAG. 243 ING. NERIO ROBLES.

ESTADÍSTICA DE ACCIDENTES DE TRABAJO
TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA.
PERÍODO 1993 (ENERO 93 - DICIEMBRE 93)

Para poder hablar de un buen desempeño de la seguridad en cualquier Empresa, debe haber una manera de evaluar la eficacia del Programa con que se esta operando.

Esta evaluación proporciona la herramienta necesaria para analizar el estado del Programa de Seguridad, mostrándonos el estado de las cosas y los posibles cambios en la dirección del Programa. Esta Técnica de evaluación nos muestra los puntos y tendencias del Programa y cuál de sus secciones está funcionando adecuadamente, así mismo se puede utilizar para motivar y reforzar el comportamiento seguro.

La estadística proporciona el instrumento para analizar el desempeño de una Empresa o de su personal en los aspectos pertinentes a la seguridad.

El término estadística implica exposición respecto al tiempo y se debe considerar como una guía digna de confianza, obtenida de la experiencia pasada y aplicable al presente y futuro.

La estadística de Accidentes es fundamental y requiere de datos, obtenidos mediante la investigación, la cual permite determinar la causa real del accidente, los factores y errores humanos que intervinieron, así como las condiciones inseguras; estos datos referentes a los accidentes son :

- . Según causas del accidente*
- . Según localizaciones de las lesiones*
- . Índice de Frecuencia de Accidentes*
- . Índice de severidad*

- . Cantidad de Accidentes al año
- . Horas Hombre perdidas
- . Según edad de los trabajadores
- . Según horas de trabajo
- . Causas Psicológicas y comportamientos que ocasionan accidentes

Como mencionamos anteriormente todas estos datos estadísticos nos sirven para hacer un análisis de la incidencia de estos factores en la ocurrencia del accidente

A continuación presentamos la serie de cuadros que deben de utilizarse en el Registro de Accidentes de Trabajo para de esta forma llevar un control efectivo de la ocurrencia de accidentes y como mencionaremos anteriormente determinar la causa real del accidente, los factores y errores humanos que intervinieron, así como las condiciones inseguras (más adelante estaremos mostrando las Estadísticas de Accidentes ocurridas en el Túnel); estos datos referentes a los accidentes son :

CUADRO No 1 : ANÁLISIS DE ACCIDENTES POR CAUSA

CAUSAS DE ACCIDENTES	No DE ACCIDENTES	%
<i>Caída de Roca</i>		
<i>Golpe por o contra</i>		
<i>Aprisionamiento</i>		
<i>Esfuerzo Excesivo</i>		
<i>Fragmentos Volantes</i>		
<i>Maquinaria</i>		
<i>Cortes</i>		
TOTAL		100

CUADRO No 2 : ANÁLISIS DE ACCIDENTES POR LUGAR DE TRABAJO

LUGAR DE ACCIDENTE	No DE ACCIDENTES	%
<i>Of. de Supervisión</i>		
<i>Túnel</i>		
<i>Taller Mecánico</i>		
<i>Taller Eléctrico</i>		
<i>Campamento</i>		
<i>Carreteras</i>		
<i>Administración</i>		
TOTAL		100

CUADRO No 3 : ANÁLISIS DE ACCIDENTES POR PARTES ANATÓMICAS LESIONADAS

PARTE ANATÓMICA LESIONADA	No DE ACCIDENTES	%
<i>Cabeza</i>		
<i>Tronco</i>		
<i>Pierna</i>		
<i>Dedos de la mano</i>		
<i>Rostro</i>		
<i>Cadera</i>		
TOTAL		100

CUADRO No 4 : ANÁLISIS DE ACCIDENTES POR TIEMPO DE SERVICIO

ANTIGÜEDAD DE LOS ACCIDENTADOS	TOTAL	%
<i>Entre 4 y 6 años</i>		
<i>Entre 6 y 8 años</i>		
<i>Entre 8 y 10 años</i>		
<i>Más de 10 años</i>		
TOTAL		

CUADRO No 4 : ANÁLISIS DE LA FRECUENCIA DE ACCIDENTES POR HORA Y DÍA

HORA	LUN ES	MART ES	MIÉ RCO LES	JUE VES	VIER NES	SABA DO	DO MIN GO	TOTAL	%
00-01									
01-02									
02-03									
03-04									
04-05									
05-06									
06-07									
07-08									
08-09									
09-10									
10-11									
11-12									
12-13									
13-14									
14-15									
15-16									
16-17									
17-18									
18-19									
19-20									
20-21									
21-22									
22-23									
23-24									

FRECUENCIA Y SEVERIDAD

INDICE DE FRECUENCIA

Un método simple para comparar registros de accidentes con pérdida de tiempo en forma uniforme usado universalmente (Método Standard Americano de Registro y Medición de Experiencias de Accidentes de trabajo, Norma ASA de la Asociación de Standard Americanos, de EEUU) se le denomina Índice de Frecuencia y se obtiene con la siguiente fórmula :

$$\text{Índice de Frecuencia} = \frac{\text{Accidentes con pérdida de Tiempo} * 1,000,000}{\text{Horas Hombre trabajadas realmente}}$$

Este índice se basa en el número total de muertes, incapacidades permanentes totales, incapacidades permanentes parciales e incapacidades totales temporales que ocurren durante el período que abarca el índice. El índice relaciona estas lesiones a las horas trabajadas durante el período y expresa el número de tales lesiones en términos de una unidad de un millón de horas.

Este factor de frecuencia nos sirve para determinar con precisión las tendencias de accidentes por Departamentos y/o secciones.

INDICE DE SEVERIDAD

El índice de Severidad se define como el número de días perdidos por accidentes con pérdida de tiempo por 1.000.000 por la cantidad de Horas Hombre trabajadas realmente (Norma ASA). Se debe tener en cuenta que en los accidentes

donde hay incapacidades permanentes (totales o parciales), se deberá adicionar a los días reales perdidos las cargas o multas determinadas para cada incapacidad.

Este índice no indica si los accidentes son de naturaleza grave o leve, ocurre lo mismo en el caso del cálculo del factor de frecuencia : a un accidente fatal no se le da mayor importancia que a otros de carácter leve con pérdida de tiempo, puesto que ambos accidentes se computan como "uno".

De este nace la necesidad de tener mayor información adicional respecto a las pérdidas de tiempo relativo producidos por los accidentes. Este se llama factor de severidad :

$$\text{Factor de Severidad} = \frac{\text{No de días perdidos (cargados) * 1.000.000}}{\text{Total de H - H Trabajadas}}$$

El índice de severidad de las lesiones incapacitantes se basa en el total de todos los cargos regulares por todas las muertes, las incapacidades totales permanentes y parciales permanentes, más el total de días de incapacidad por todas las lesiones totales temporales que ocurran durante el período comprendido por el índice.

El índice relaciona los días cargados por muerte e incapacidad permanente y los que se cuenten por incapacidad total permanente a las horas trabajadas durante el período y expresa la pérdida en términos de una unidad de un millón de horas.

Los días de incapacidad por accidente que deben considerarse para el cálculo del factor de severidad provienen de estas dos fuentes principales :

Días Actuales.- Son los días que efectivamente se han perdido por los trabajadores accidentados, y por los cuales el recibe subsidios equivalentes al 70 %

de su jornal diario.

***Días de Cargo.-** Con la finalidad de proporcionar una base uniforme para calcular los factores de Severidad, la Asociación Norteamericana de Normas, el Consejo Nacional de Seguridad y el Departamento de Minas de los Estados Unidos, han establecidos días de cargo para accidentes fatales y para incapacidades permanentes totales y parciales. Esta escala esta basada en la suposición de que un accidente fatal o una incapacidad permanente total representa una pérdida de tiempo equivalente a 6,000 días o 20 años de servicio. En la incapacidad parcial se aplica solo el correspondiente porcentaje equivalente al grado de incapacidad (ver anexo Método ANSI, para Registrar y Medir Experiencias en lesiones de Trabajo).*

ESTADISTICA DE SEGURIDAD
AÑO 1993

DETALLE	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
<i>Horas Hombre Trabajadas</i>	30791	25899	25621	23714	21476	23763	22477	26933	24391	18049	19297	18104
<i>Horas Hombre Acumuladas</i>	30791	56690	82311	106025	127501	151264	173741	200674	225065	243114	262411	280515
<i>Accid. No Incapacitantes</i>	17	15	14	10	15	13	8	7	7	7	4	4
<i>Accid. No Incapacitantes (Acumulado)</i>	17	32	46	56	71	84	92	99	106	113	117	121
<i>Accid. Incapacitantes (Temporal)</i>	2	6	2	0	0	0	2	2	4	0	0	0
<i>Accid. Incapacitantes (Acumulado) (Temporal)</i>	2	8	10	10	10	10	12	14	18	18	18	18
<i>Fatales</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fatales Acumulados</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dias Perdidos</i>	33	96	38	7	0	0	15	29	26	8	0	0
<i>Dias Perdidos (Acumulados)</i>	33	129	167	174	174	174	189	218	244	252	252	252
<i>Indice de Frecuencia</i>	145.3	519.6	140.3	0	0	0	174.6	147.6	330	0	0	0
<i>Indice de Frecuencia (Acumulado)</i>	145.3	664.9	805.2	805.2	805.2	805.2	979.8	1127.4	1457.4	1457.4	1457.4	1457.4
<i>Indice de Severidad</i>	2397.7	8313.1	2665.7	565.1	0	0	1309.9	2140	2145	892	0	0
<i>Indice de Severidad (Acumulado)</i>	2397.7	10710.8	13376.5	13941.6	13941.6	13941.6	15251.5	17391.5	19536.5	20428.5	20428.5	20428.5

**ANÁLISIS DE LOS ACCIDENTES OCURRIDOS.-
TÚNEL ICHOCRUZ - CHIARA . PERÍODO 1993..**

Del cuadro estadístico podemos observar que en dicho año se trabajaron 280,515 H-H, de las cuales aproximadamente el 50 % corresponde a los trabajos en el túnel; hubieron 18 accidentes incapacitantes, 252 días perdidos (cargados). Seis meses sin accidentes y el índice de frecuencia tuvo un acumulado de 1457.4 obteniéndose su valor máximo en febrero e igual a 519.6, esto es debido a que se produjeron 6 accidentes incapacitantes.

De los cuadros podemos observar que el 76.19 % de los accidentes ocurrieron en el túnel, en segundo lugar el área del taller mecánico con 9.52 %, con 4.76 % encontramos el taller eléctrico así también el campamento y los trabajos en la carretera.

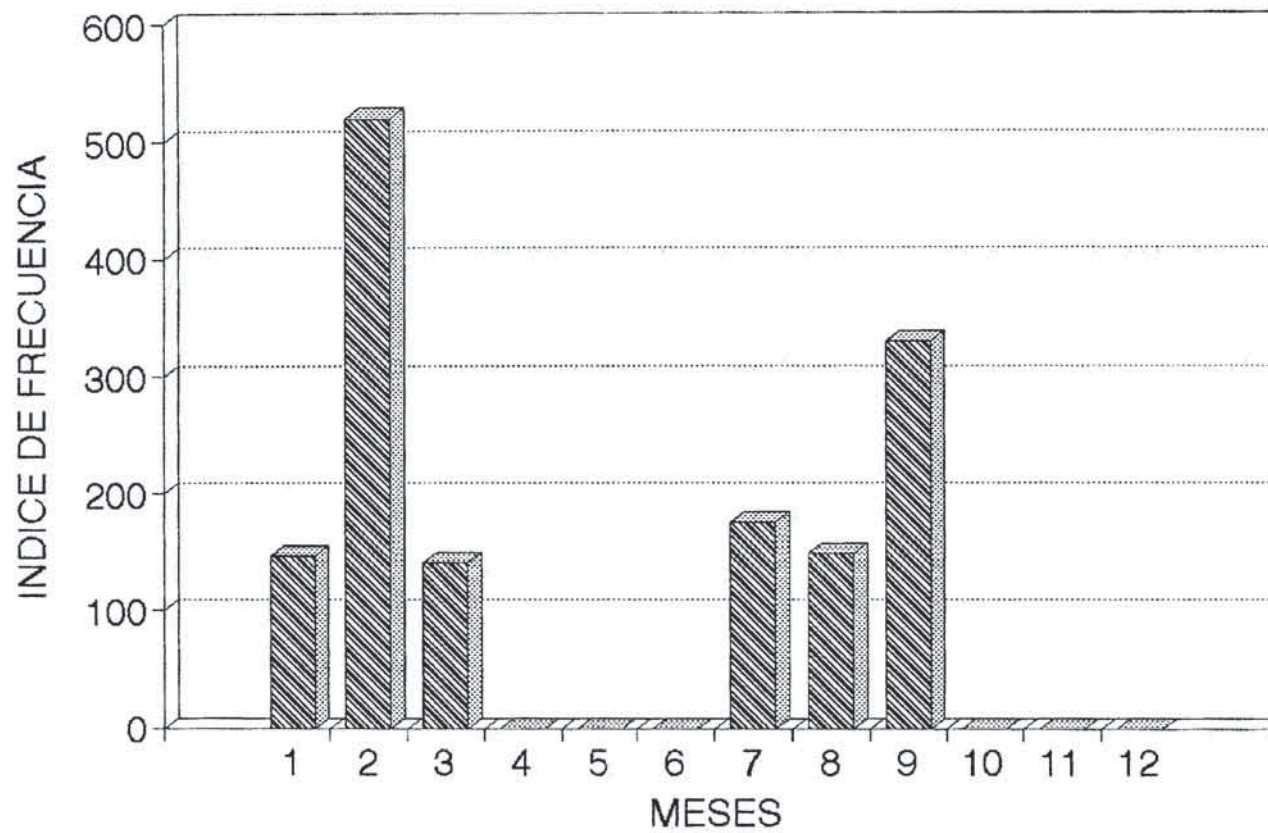
El 47.62 % de los accidentes ocurrieron por cortes, 23.80 % causados por fragmentos volantes y un 14.28 % por caída de roca.

La parte anatómica que sufrió más lesiones fueron los dedos de la mano, estos llegaron a representar dicho mes 52.30 % , 14.28 % en el rostro, pierna y tronco.

Por su parte las personas con menos experiencia fueron las que más sufrieron accidentes, estos representan el 80.95 % y las personas comprendidas entre 8 y 10 de experiencia contabilizaron el 46.76 % de accidentes.

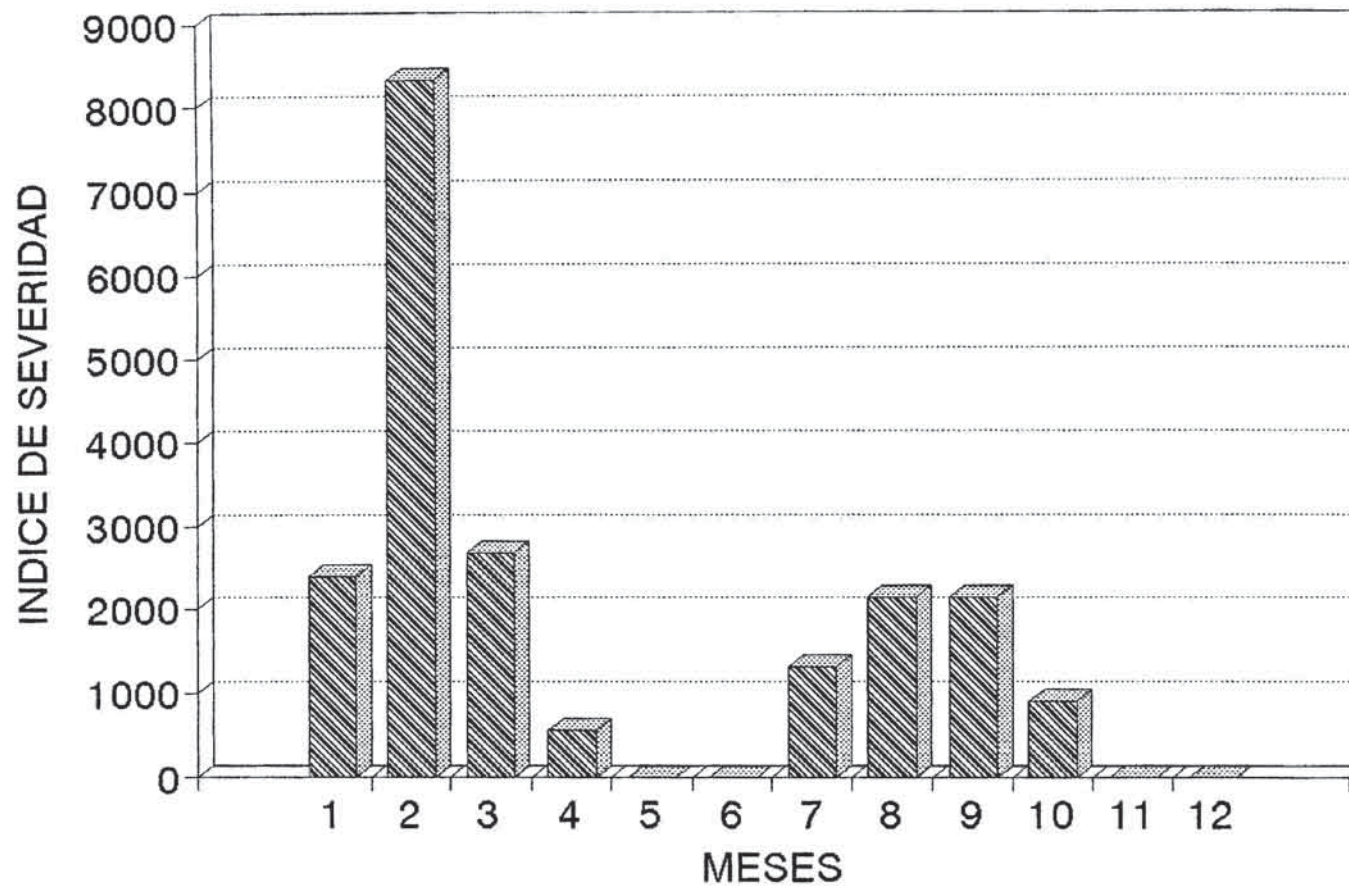
INDICE DE FRECUENCIA. AÑO 1993

TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA



INDICE DE SEVERIDAD. AÑO 1993

TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA



CLASIFICACION DE ACCIDENTES POR AREA
AÑO 1992
MES : DICIEMBRE DE 1992

AREAS	HORAS HOMBRE TRABAJADAS	ACCIDENTES SIN INCAPACIDAD	ACCIDENTES INCAPACITANTES	DIAS PERDIDOS	INDICE DE FRECUENCIA	INDICE DE SEVERIDAD
OFICINA TECNICA	1,905	-	-	-	-	-
TUNEL	16,172	3	1	13	62	804
TALLER MECANICO	3,206	-	-	-	-	-
TALLER ELECTRICO	1,068	-	-	-	-	-
CAMPAMENTOS	3,354	-	-	-	-	-
CARRETERAS	2,559	-	-	-	-	-
ADMINISTRACION	3,706	-	-	-	-	-
TOTALES	31,970	3	1	13	62	804

FUENTE : REPORTES DIARIOS TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA FRENTE DE ENTRADA

CLASIFICACION DE ACCIDENTES POR AREA
AÑO 1993
MES : ENERO DE 1993

AREAS	HORAS HOMBRE TRABAJADAS	ACCIDENTES SIN INCAPACIDAD	ACCIDENTES INCAPACITANTES	DIAS PERDIDOS	INDICE DE FRECUENCIA	INDICE DE SEVERIDAD
OFICINA TECNICA	2,008	1	-	-	-	-
TUNEL	13,763	8	2	33	145	2,398
TALLER MECANICO	2,746	4	-	-	-	-
TALLER ELECTRICO	1,008	2	-	-	-	-
CAMPAMENTOS	4,247	1	-	-	-	-
CARRETERAS	3,184	1	-	-	-	-
ADMINISTRACION	3,835	-	-	-	-	-
TOTALES	30,791	17	2	33	145	2,398

FUENTE : REPORTES DIARIOS TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA FRENTE DE ENTRADA

CLASIFICACION DE ACCIDENTES POR AREA

AÑO 1992

MES : FEBRERO DE 1993

AREAS	HORAS HOMBRE TRABAJADAS	ACCIDENTES SIN INCAPACIDAD	ACCIDENTES INCAPACITANTES	DIAS PERDIDOS	INDICE DE FRECUENCIA	INDICE DE SEVERIDAD
OFICINA TECNICA	2,374	-	-	-	-	-
TUNEL	11,548	10	6	96	520	8,313
TALLER MECANICO	2,287	2	-	-	-	-
TALLER ELECTRICO	1,135	1	-	-	-	-
CAMPAMENTOS	2,911	1	-	-	-	-
CARRETERAS	1,688	1	-	-	-	-
ADMINISTRACION	3,956	-	-	-	-	-
TOTALES	25,899	15	6	96	520	8,313

FUENTE : REPORTES DIARIOS TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA FRENTE DE ENTRADA

CLASIFICACION DE ACCIDENTES POR AREA

AÑO 1993

MES : MARZO DE 1993

AREAS	HORAS HOMBRE TRABAJADAS	ACCIDENTES SIN INCAPACIDAD	ACCIDENTES INCAPACITANTES	DIAS PERDIDOS	INDICE DE FRECUENCIA	INDICE DE SEVERIDAD
OFICINA TECNICA	2,404	2	-	-	-	-
TUNEL	14,255	8	2	38	140	2,666
TALLER MECANICO	1,912	2	-	-	-	-
TALLER ELECTRICO	1,068	-	-	-	-	-
CAMPAMENTOS	2,032	1	-	-	-	-
CARRETERAS	996	1	-	-	-	-
ADMINISTRACION	2,954	-	-	-	-	-
TOTALES	25,621	14	2	38	140	2,666

FUENTE : REPORTES DIARIOS TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA FRENTE DE ENTRADA

CLASIFICACION DE ACCIDENTES POR AREA

AÑO 1993

MES : ABRIL DE 1993

AREAS	HORAS HOMBRE TRABAJADAS	ACCIDENTES SIN INCAPACIDAD	ACCIDENTES INCAPACITANTES	DIAS PERDIDOS	INDICE DE FRECUENCIA	INDICE DE SEVERIDAD
OFICINA TECNICA	1,924	1	-	-	-	-
TUNEL	12,388	3	1	7	-	565
TALLER MECANICO	1,836	1	-	-	-	-
TALLER ELECTRICO	984	2	-	-	-	-
CAMPAMENTOS	1,812	1	-	-	-	-
CARRETERAS	1,176	2	-	-	-	-
ADMINISTRACION	3,594	-	-	-	-	-
TOTALES	23,714	10	1	7	0	565

FUENTE : REPORTES DIARIOS TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA FRENTE DE ENTRADA

CLASIFICACION DE ACCIDENTES POR AREA

AÑO 1993

MES : MAYO DE 1993

AREAS	HORAS HOMBRE TRABAJADAS	ACCIDENTES SIN INCAPACIDAD	ACCIDENTES INCAPACITANTES	DIAS PERDIDOS	INDICE DE FRECUENCIA	INDICE DE SEVERIDAD
OFICINA TECNICA	1,904	2	-	-	-	-
TUNEL	11,012	10	-	-	-	-
TALLER MECANICO	1,608	1	-	-	-	-
TALLER ELECTRICO	770	1	-	-	-	-
CAMPAMENTOS	2,382	-	-	-	-	-
CARRETERAS	1,260	1	-	-	-	-
ADMINISTRACION	2,540	-	-	-	-	-
TOTALES	21,476	15	0	0	0	0

FUENTE : REPORTES DIARIOS TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA FRENTE DE ENTRADA

CLASIFICACION DE ACCIDENTES POR AREA

AÑO 1992

MES : JUNIO DE 1993

AREAS	HORAS HOMBRE TRABAJADAS	ACCIDENTES SIN INCAPACIDAD	ACCIDENTES INCAPACITANTES	DIAS PERDIDOS	INDICE DE FRECUENCIA	INDICE DE SEVERIDAD
OFICINA TECNICA	2,314	-	-	-	-	-
TUNEL	11,359	6	-	-	-	-
TALLER MECANICO	1,832	3	-	-	-	-
TALLER ELECTRICO	900	1	-	-	-	-
CAMPAMENTOS	2,958	1	-	-	-	-
CARRETERAS	1,528	2	-	-	-	-
ADMINISTRACION	2,872	-	-	-	-	-
TOTALES	23,763	13	0	0	0	0

FUENTE : REPORTES DIARIOS TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA FRENTE DE ENTRADA

CLASIFICACION DE ACCIDENTES POR AREA
AÑO 1993
MES : JULIO DE 1993

AREAS	HORAS HOMBRE TRABAJADAS	ACCIDENTES SIN INCAPACIDAD	ACCIDENTES INCAPACITANTES	DIAS PERDIDOS	INDICE DE FRECUENCIA	INDICE DE SEVERIDAD
OFICINA TECNICA	1,920	-	-	-	-	-
TUNEL	11,451	4	2	15	175	1,309.9
TALLER MECANICO	1,592	2	-	-	-	-
TALLER ELECTRICO	828	1	-	-	-	-
CAMPAMENTOS	2,700	-	-	-	-	-
CARRETERAS	1,860	1	-	-	-	-
ADMINISTRACION	2,126	-	-	-	-	-
TOTALES	22,477	8	2	15	175	1,309.9

FUENTE : REPORTES DIARIOS TUNEL ICHOCRUZ - CHIARA FRENTE DE ENTRADA

ANALISIS DE ACCIDENTES

ENERO 1993

ANALISIS DE ACCIDENTES POR CAUSA

CAUSAS DE ACCIDENTES	No DE ACCIDENTES	%
Caída de Roca	1	5.26
Golpe por o contra	4	21.05
Aprisionamiento	1	5.26
Esfuerzo Excesivo	0	0
Fragmentos Volantes	0	0
Maquinaria	0	0
Cortes	13	68.42
TOTAL	19	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR LUGAR DE TRABAJO

LUGAR DE ACCIDENTE	No DE ACCIDENTES	%
Of. de Supervisión	1	5.26
Túnel	10	52.60
Taller Mécanico	4	21.05
Taller Eléctrico	2	10.52
Campamento	1	5.26
Carreteras	1	5.26
Administración	0	0.0
TOTAL	19	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR PARTES ANATOMICAS LESIONADAS

PARTE ANATOMICA LESIONADA	No DE ACCIDENTES	%
Cabeza	0	0.00
Tronco	1	5.26
Pierna	0	0.00
Dedos de la mano, Mano	17	89.47
Rostro	0	0.00
Cadera	1	5.26
TOTAL	19	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR TIEMPO DE SERVICIO

ANTIGUEDAD DE LOS ACCIDENTADOS	TOTAL	%
Entre 4 y 6 años	15	78.94
Entre 6 y 8 años	3	15.78
Entre 8 y 10 años	1	5.26
Más de 10 años	0	0.00
TOTAL	19	100.00

FEBRERO 1993

ANALISIS DE ACCIDENTES POR CAUSA

CAUSAS DE ACCIDENTES	No DE ACCIDENTES	%
Caída de Roca	3	14.28
Golpe por o contra	3	14.28
Aprisionamiento	0	0.00
Esfuerzo Excesivo	0	0.00
Fragmentos Volantes	5	23.80
Maquinaria	0	0.00
Cortes	10	47.62
TOTAL	21	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR LUGAR DE TRABAJO

LUGAR DE ACCIDENTE	No DE ACCIDENTES	%
Of. de Supervisión	0	0.00
Túnel	16	76.19
Taller Mécanico	2	9.52
Taller Eléctrico	1	4.76
Campamento	1	4.76
Carreteras	1	4.76
Administración	0	0.00
TOTAL	21	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR PARTES ANATOMICAS LESIONADAS

PARTE ANATOMICA LESIONADA	No DE ACCIDENTES	%
Cabeza	1	4.76
Tronco	3	14.28
Pierna	3	14.28
Dedos de la mano, Mano	11	52.38
Rostro	3	14.28
Cadera	0	0.00
TOTAL	21	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR TIEMPO DE SERVICIO

ANTIGUEDAD DE LOS ACCIDENTADOS	TOTAL	%
Entre 4 y 6 años	17	80.95
Entre 6 y 8 años	3	14.28
Entre 8 y 10 años	1	4.76
Más de 10 años	0	0.00
TOTAL	21	100.00

MARZO 1993

ANALISIS DE ACCIDENTES POR CAUSA

CAUSAS DE ACCIDENTES	No DE ACCIDENTES	%
Caída de Roca	1	6.25
Golpe por o contra	3	18.75
Aprisionamiento	2	12.50
Esfuerzo Excesivo	1	6.25
Fragmentos Volantes	0	0
Maquinaria	0	0
Cortes	9	56.25
TOTAL	16	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR LUGAR DE TRABAJO

LUGAR DE ACCIDENTE	No DE ACCIDENTES	%
Of. de Supervisión	1	5.26
Túnel	10	52.60
Taller Mécanico	4	21.05
Taller Eléctrico	2	10.52
Campamento	1	5.26
Carreteras	1	5.26
Administración	0	0.0
TOTAL	19	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR PARTES ANATOMICAS LESIONADAS

PARTE ANATOMICA LESIONADA	No DE ACCIDENTES	%
Cabeza	0	0.00
Tronco	1	6.25
Pierna	4	25.00
Dedos de la mano, Mano	10	62.50
Rostro	0	0.00
Cadera	1	6.25
TOTAL	16	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR TIEMPO DE SERVICIO

ANTIGUEDAD DE LOS ACCIDENTADOS	TOTAL	%
Entre 4 y 6 años	12	75.00
Entre 6 y 8 años	2	12.50
Entre 8 y 10 años	2	12.50
Más de 10 años	0	0.00
TOTAL	16	100.00

ABRIL 1993

ANALISIS DE ACCIDENTES POR CAUSA

CAUSAS DE ACCIDENTES	No DE ACCIDENTES	%
Caída de Roca	1	10.00
Golpe por o contra	1	0.00
Aprisionamiento	0	0.00
Esfuerzo Excesivo	0	0.00
Fragmentos Volantes	0	0.00
Maquinaria	0	0.00
Cortes	8	80.00
TOTAL	10	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR LUGAR DE TRABAJO

LUGAR DE ACCIDENTE	No DE ACCIDENTES	%
Of. de Supervisión	1	9.09
Túnel	4	36.36
Taller Mécanico	1	9.09
Taller Eléctrico	2	18.18
Campamento	1	9.09
Carreteras	2	18.18
Administración	0	0.00
TOTAL	11	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR PARTES ANATOMICAS LESIONADAS

PARTE ANATOMICA LESIONADA	No DE ACCIDENTES	%
Cabeza	0	0.00
Tronco	0	0.00
Pierna	3	27.27
Dedos de la mano, Mano	8	72.72
Rostro	0	0.00
Cadera	0	0.00
TOTAL	11	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR TIEMPO DE SERVICIO

ANTIGUEDAD DE LOS ACCIDENTADOS	TOTAL	%
Entre 4 y 6 años	6	54.54
Entre 6 y 8 años	4	36.36
Entre 8 y 10 años	1	9.09
Más de 10 años	0	0.00
TOTAL	11	100.00

MAYO

ANALISIS DE ACCIDENTES POR CAUSA

CAUSAS DE ACCIDENTES	No DE ACCIDENTES	%
Caída de Roca	1	6.66
Golpe por o contra	5	33.33
Aprisionamiento	0	0.00
Esfuerzo Excesivo	0	0.00
Fragmentos Volantes	0	0.00
Maquinaria	0	0.00
Cortes	9	60.00
TOTAL	15	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR LUGAR DE TRABAJO

LUGAR DE ACCIDENTE	No DE ACCIDENTES	%
Of. de Supervisión	2	13.33
Túnel	10	66.66
Taller Mécanico	1	6.66
Taller Eléctrico	1	6.66
Campamento	0	0.00
Carreteras	1	6.66
Administración	0	0.00
TOTAL	15	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR PARTES ANATOMICAS LESIONADAS

PARTE ANATOMICA LESIONADA	No DE ACCIDENTES	%
Cabeza	1	6.66
Tronco	1	6.66
Pierna	4	26.66
Dedos de la mano, Mano	9	60.00
Rostro	0	0.00
Cadera	0	0.00
TOTAL	15	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR TIEMPO DE SERVICIO

ANTIGUEDAD DE LOS ACCIDENTADOS	TOTAL	%
Entre 4 y 6 años	8	53.33
Entre 6 y 8 años	5	33.33
Entre 8 y 10 años	2	13.33
Más de 10 años	0	0.00
TOTAL	15	100.00

JUNIO 1993

ANALISIS DE ACCIDENTES POR CAUSA

CAUSAS DE ACCIDENTES	No DE ACCIDENTES	%
Caída de Roca	0	0.00
Golpe por o contra	3	23.07
Aprisionamiento	0	0.00
Esfuerzo Excesivo	0	0.00
Fragmentos Volantes	0	0.00
Maquinaria	0	0.00
Cortes	10	76.92
TOTAL	13	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR LUGAR DE TRABAJO

LUGAR DE ACCIDENTE	No DE ACCIDENTES	%
Of. de Supervisión	0	0.00
Túnel	6	46.15
Taller Mécanico	3	23.07
Taller Eléctrico	1	7.69
Campamento	1	7.69
Carreteras	2	15.38
Administración	0	0.00
TOTAL	13	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR PARTES ANATOMICAS LESIONADAS

PARTE ANATOMICA LESIONADA	No DE ACCIDENTES	%
Cabeza	3	23.07
Tronco	0	0.00
Pierna	0	0.00
Dedos de la mano, Mano	10	76.92
Rostro	0	0.00
Cadera	0	0.00
TOTAL	13	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR TIEMPO DE SERVICIO

ANTIGUEDAD DE LOS ACCIDENTADOS	TOTAL	%
Entre 4 y 6 años	7	53.84
Entre 6 y 8 años	5	38.46
Entre 8 y 10 años	1	7.69
Más de 10 años	0	0.00
TOTAL	13	100.00

JULIO 1993

ANALISIS DE ACCIDENTES POR CAUSA

CAUSAS DE ACCIDENTES	No DE ACCIDENTES	%
Caída de Roca	1	10.00
Golpe por o contra	1	10.00
Aprisionamiento	0	0.00
Esfuerzo Excesivo	0	0.00
Fragmentos Volantes	0	0.00
Maquinaria	0	0.00
Cortes	8	80.00
TOTAL	10	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR LUGAR DE TRABAJO

LUGAR DE ACCIDENTE	No DE ACCIDENTES	%
Of. de Supervisión	0	0.00
Túnel	6	60.00
Taller Mécanico	2	20.00
Taller Eléctrico	1	10.00
Campamento	0	0.00
Carreteras	1	10.00
Administración	0	0.00
TOTAL	10	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR PARTES ANATOMICAS LESIONADAS

PARTE ANATOMICA LESIONADA	No DE ACCIDENTES	%
Cabeza	0	0.00
Tronco	1	10.00
Pierna	2	20.00
Dedos de la mano, Mano	8	80.00
Rostro	0	0.00
Cadera	0	0.00
TOTAL	10	100.00

ANALISIS DE ACCIDENTES POR TIEMPO DE SERVICIO

ANTIGUEDAD DE LOS ACCIDENTADOS	TOTAL	%
Entre 4 y 6 años	7	70.00
Entre 6 y 8 años	2	20.00
Entre 8 y 10 años	1	10.00
Más de 10 años	0	0.00
TOTAL	10	100.00

CAP. VI .- COSTOS

COSTOS DE SEGURIDAD

Durante el proceso de excavación del Túnel Ichocruz - Chiara se presentaron diversos casos de inestabilidad de la sección excavada que llegaron inclusive a alcanzar el nivel de derrumbe. Tal es el caso de lo ocurrido en la Progresiva 1+663.7, en Diciembre de 1992.

En este previo análisis de los antecedentes estableceremos el costo que representó para el Contratista no haber tomado las medidas de prevención necesarias, la que se hubiese transformado en utilidad de haber aceptado lo sugerido por el Ing. de Seguridad.

En el análisis hemos utilizado el informe y recomendaciones técnicas del geólogo de la supervisión las cuales se sustentan en el mapeo geológico y el seguimiento de todo el proceso de excavación, las disposiciones emanadas por la supervisión y la consecuencia por su no oportuno acatamiento, como aplicación en el costo presentamos las partidas afectadas, su análisis de costos y costo directo, las cuales están con precios referidos a Diciembre de 1992. Como sustento se presenta el informe del geólogo, los partes diarios del Contratista y Supervisión así como las acotaciones del cuaderno de obra.

En el gráfico bajo el título " Comportamiento de Valorizaciones " podemos apreciar las valorizaciones para cada mes incluyendo aquella donde ocurrió el derrumbe que estamos considerando. El Tipo de Roca presente en la sección a excavar determina fundamentalmente el avance mensual, las valorizaciones correspondientes se muestran en esta gráfica.

Aquí podemos realizar dos tipos de comparaciones, una en la cual se manifieste el efecto sobre la valorización debida al derrumbe, para que tal

comparación tenga sentido parámetro como el Tipo de roca debe ser igual y predominante en presencia al del mes del accidente, esto se muestra en la gráfica " Cuadro Comparativo de Valorizaciones "; y la otra en la cual comparamos el costo valorizado en el mes del accidente frente al costo que produjo la estabilización de la zona derrumbada, esto se muestra en la gráfica " Cuadro Comparativo de Costos"

ANTECEDENTES.-

- *23/12/92 . Turno "A" : 7:00 - 15:00 . Entre la Progresiva 1+654.5 - 1+659.5 . se presento una falla en el hastial derecho.*
- *23/12/92 . Turno "B" : 15:00 - 23:00 . Progresiva 1+659.5 - 1+661.3. Notifican la presencia de dicha falla. Se recomienda shotcrete desde la Progresiva 1+654.5.*
- *23/12/92 . Turno "C" : 23:00 - 07:00 . Progresiva 1+661.3 - 1+663.7 . Notifican la presencia de dicha falla y se recomienda disminuir la carga explosiva.*

SECUENCIA DE HECHOS Y ANÁLISIS .-

- *El geólogo detecta la falla. En el mapa geológico (gráfico 1) se puede apreciar la falla presentada en el hastial derecho (1+656)*
- *Se recomendó por parte de la Supervisión utilizar shotcrete para estabilizar la zona hasta la progresiva 1+663.7.*
- *Luego del análisis de la falla se presentan dos pronunciamientos :*

- *El Ing. de Seguridad manifiesta que se debe reducir la longitud de los taladros y disminuir la carga explosiva para evitar una sobre excavación con el consiguiente incremento de costos y riesgos.*
- *El Ing. Residente manifiesta que se debe continuar utilizando la misma carga explosiva e igual longitud de taladro, debido a que no existe problema de desprendimiento y para mantener el mismo ritmo de producción.*
- *La Supervisión manifestó que debe seguirse lo indicado por el Ing. de Seguridad.(ver Reporte diario de la Supervisión del 23 / 12 / 92).*
- *Como producto de la voladura se produjo una sobrerotura en la roca, comprometiendo el hastial derecho y la bóveda, además que se detuvo la producción para aplicar las medidas de sostenimiento necesarias.*
- *El derrumbe fue como consecuencia de la negligencia por parte del Contratista, por lo que las medidas necesarias para estabilizar la zona corren a cuenta del mismo, por ser causa imputable a él; así mismo dicho desprendimiento no es causal de ampliación de plazo.*
- *Se utilizó para estabilizar la zona : cimbras y encostillados metálicos, gunitado.*
- *No hubo avance en el frente por un lapso de 5 días.*

ANÁLISIS DE COSTOS

Al no haberse considerado las medidas preventivas.

Para estabilizar la zona desde la Progresiva 1+656 hasta la Progresiva 1+665 se utilizó:

Cimbras Metálicas 4" * 4" (132.856 kg c/u)	=	8	unid.
Encostillado Metálico 1.7 * 0.6 (18 kg. c/u)	=	69	unid.
Shotcrete	=	139.8	m ³

De las partidas correspondientes (ver Anexo Partidas) obtenemos :

COSTO DIRECTO:

Cimbra metálica por KG.	S/.	13.22
Encostillado metálico por KG.	S/.	8.47
Shotcrete (Gunitado) por m ²	S/.	73.72

Con lo que obtenemos :

Cimbra metálica .	8 unid.	132.856 kg.	S/.13.22 / kg =	14,050.85
Encostillado metálico	69 unid.	18 kg	S/.8.47 / kg. =	10,519.74
Shotcrete (Gunitado)	13.76 m ²		S/.73.72 /m ² =	1,014.39

TOTAL COSTO DIRECTO = S/. 25,584.98

Alquiler de equipo mecánico (ver listado de Alquiler de Equipos)

S/. 356.41 / hora x 8 horas x 5 días = S/. 14,256.40

TOTAL = S/. 39,841.38

b) Si se hubiesen tomado las medidas preventivas :

Longitud = 8.63 mt.

Sostenimiento = Shotcrete

Teniendo un avance medio programado de 4.00 mt por día

COSTO DIRECTO

Shotcrete 8mt * 1.6 mt * 2 = 25.6 mt²

8 mt * 3.1415 * (1.15) = 28.9 mt²

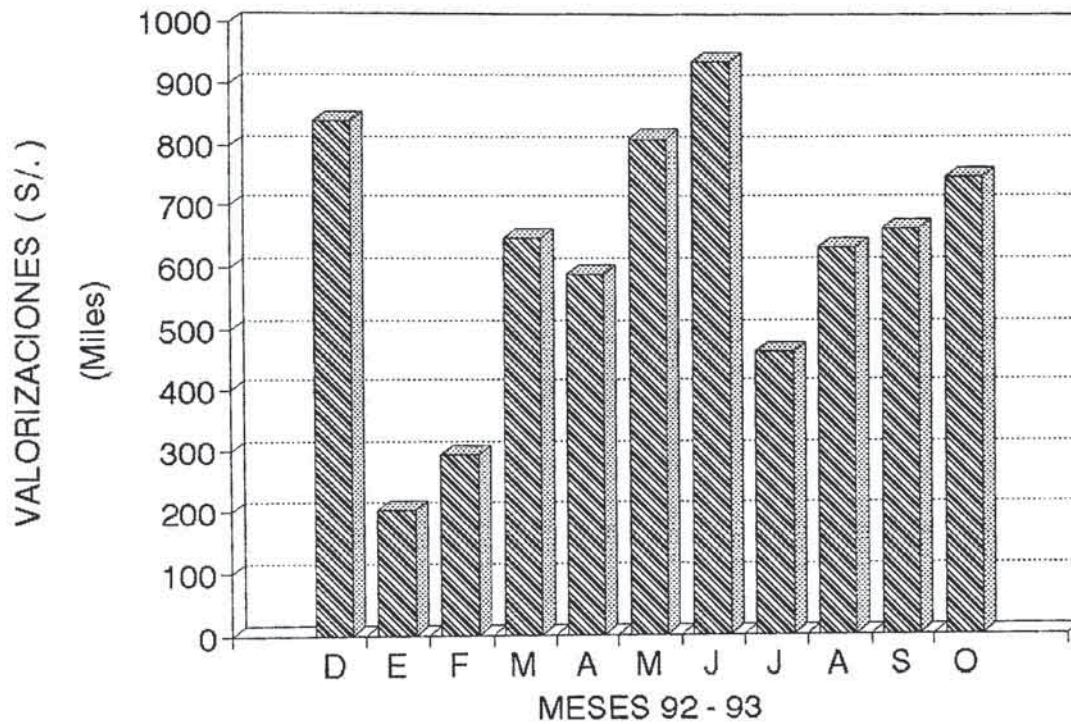
= 54.5 mt²

54.5 * 73.72 (ver partida) = S/. 4,017.74

TOTAL COSTO DIRECTO = S/. 4,017.74

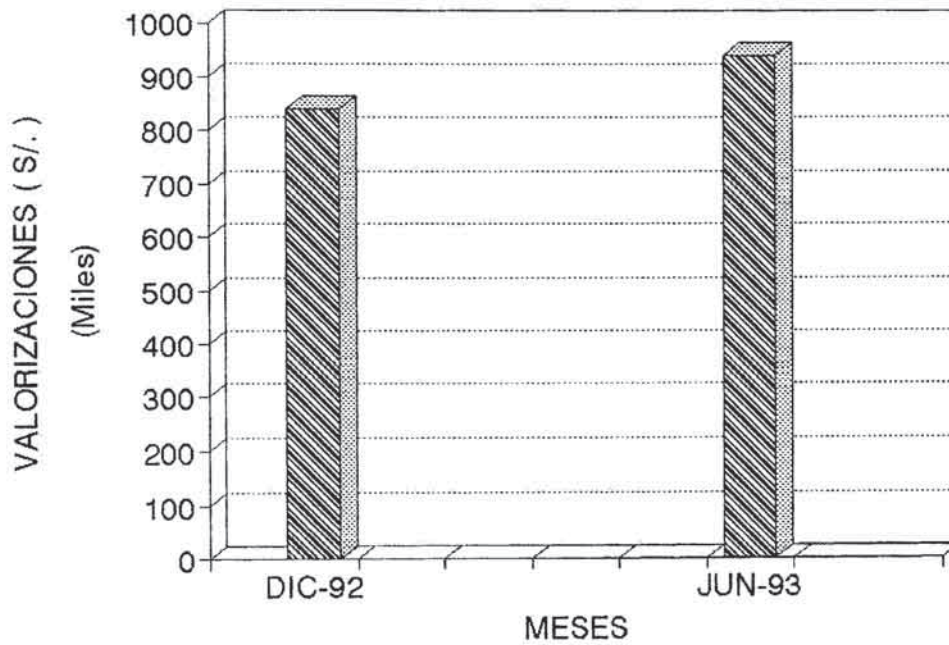
COMPORTAMIENTO DE VALORIZACIONES

VALORIZACIONES vs MESES



Las variaciones en el monto de las valorizaciones de deben en gran medida por el tipo de roca presente en el mes. En el Túnel se diferenciaron para efectos de calculo mayormente (metrados y valorizaciones) tres tipos de roca, las cuales a su vez se diferenciaban por el grado de estabilidad y dureza de la roca, es este el que facilita el avance en la excavación subterránea.

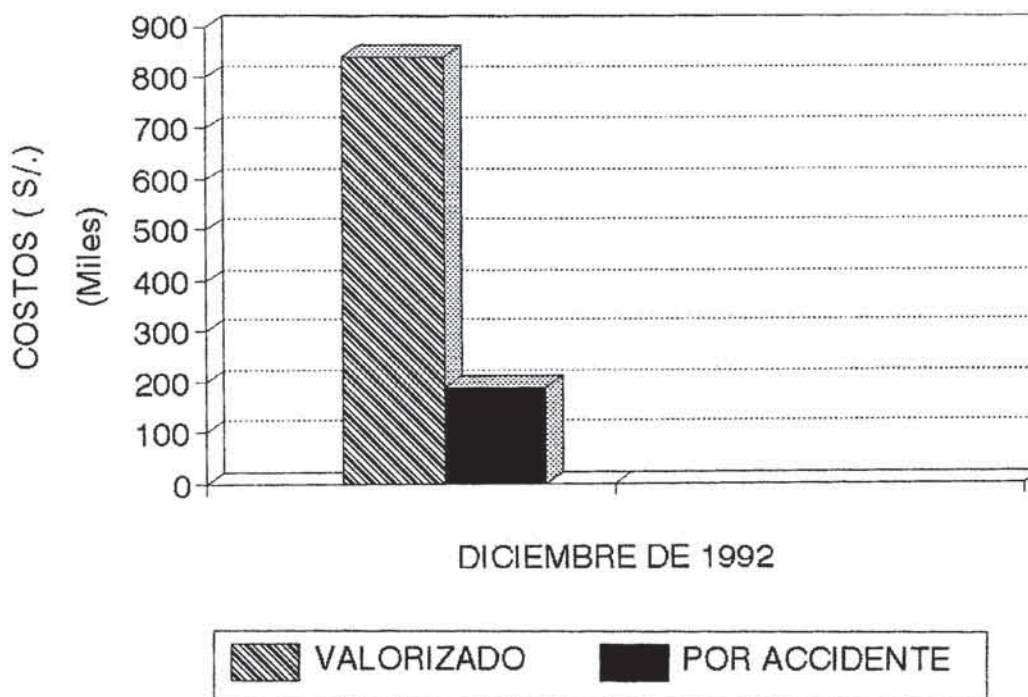
CDRO COMPARATIVO DE VALORIZACIONES MAYORITARIAMENTE ROCA TIPO II



MES	AVANCE (Mts)	ROCA (%)		
		TIPO I	TIPO II	TIPO III
DICIEMBRE 92	210.1	-	97.62	2.38
JUNIO 93	321.6	-	90.67	9.33

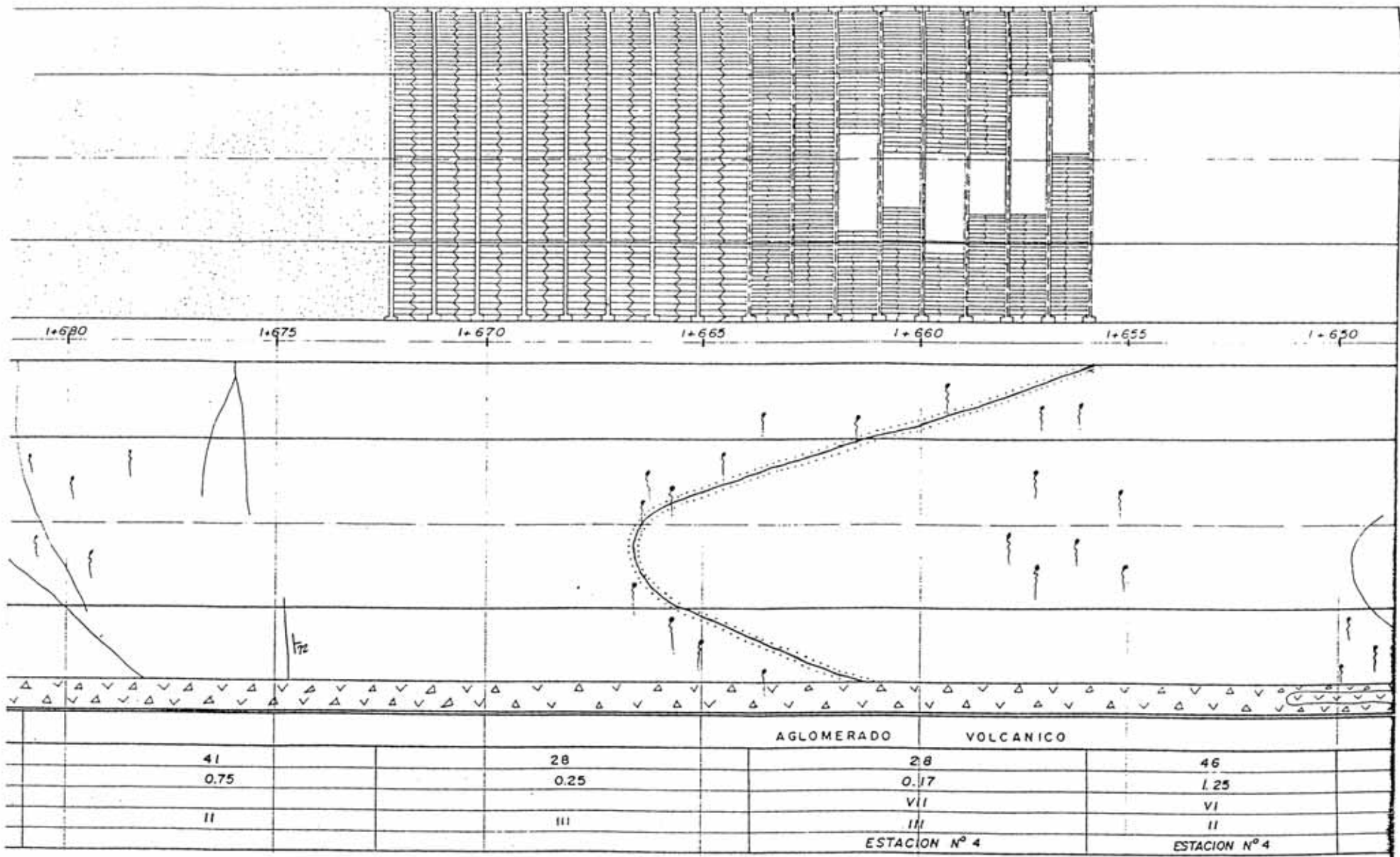
CUADRO COMPARATIVO DE COSTOS

VALORIZADO vs ACCIDENTE



I. MONTO VALORIZADO EN EL MES	S/.	839,865.41
a. COSTO DE 5 DIAS DE PARALIZACION		
Rendimiento. ROCA TIPO III	M3 / dia	33.10
Costo Directo por	S/. / M3	478.61
5 dias de Paralización	S/.	79,209.96
Alquiler de Equipo Mecánico	S/.	14,256.40
SUBTOTAL		93,466.36
b. COSTO DE SEGURIDAD	S/.	25,584.98
II. SUB TOTAL (a + b)	S/.	119,051.34
GASTOS GENERALES (58 %)	S/.	69,049.77
COSTO TOTAL	S/.	188,101.11

MAPEO GEOLOGICO



ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARTIDAS

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO : PROYECTO ESPECIAL RIO CACHI

31 / 12 / 92

PARTIDA : EXCAVACION SUBTERRANEA ROCA TIPO I

	UND.	CANTIDAD	S/. UNITARIO	S/. PARCIAL	S/. TOTAL
<u>MANO DE OBRA</u>					
SUPERVISOR	H-M	1.2265	5.14	6.30	
OPERADOR	H-M	2.4530	4.80	11.77	
OPERARIO	H-M	4.9060	4.45	21.83	
AYUDANTE	H-M	5.1513	4.08	21.02	
PEON	H-M	0.4906	3.69	1.81	62.74
<u>MATERIALES</u>					
FULMINANTE CORRIENTE	UD	0.2695	0.21	0.06	
FULMINANTE FANEL	UD	2.6948	2.49	6.71	
GUIA DE SEGURIDAD	ML	0.2127	0.23	0.05	
CORDON DETONANTE	ML	0.5319	0.37	0.20	
DINAMITA SEMEXA 65 %	KG	2.3760	3.65	8.67	
BARRENO INTEGRAL DE 8'	UD	0.0513	135.67	6.96	
MATERIALES VARIOS	% M. Obra	8.00	62.73	5.02	
EQUIPO DE PROTECCION	% M. Obra	4.00	62.73	2.51	30.17
<u>EQUIPOS</u>					
EQUIPO TALLER	H-M	1.0000	9.93	9.93	
IMPLEMENTOS	H-M	1.0000	34.69	34.69	
BOMBA ELECT. SUMERGIBLE	H-M	0.0819	8.44	0.69	
BOMBA NEUMATICA	H-M	0.5725	4.92	2.82	
COMPRESORA ELECTRICA	H-M	1.4719	18.08	26.61	
PERFORADORA LIVIANA	H-M	0.8994	6.64	5.97	
PAVING BREACKER	H-M	0.1635	4.48	0.73	
LOCOMOTORA	H-M	0.8994	43.19	38.85	
SHUTTELCAR	H-M	0.6747	61.09	41.22	
BATERIAS PARA LOCOMOTORA	H-M	0.8994	8.29	7.46	
CARGADOR DE BATERIAS	H-M	0.8994	4.93	4.43	
PALA NEUMATICA	H-M	0.2249	18.95	4.26	
GRUPO ELECTROGENO DE 135 k	H-M	0.0819	31.83	2.61	
GRUPO ELECTROGENO DE 500 k	H-M	0.4906	93.71	45.97	
VENTILADOR	H-M	2.6927	6.01	16.18	
COMPRESORA ELECT. STAND BY	H-M	0.1635	11.64	1.90	
PERFORADORA STAND BY	H-M	0.6542	3.21	2.10	
PAVING BREACKER STAND BY	H-M	0.1635	2.25	0.37	
PALA NEUMATICA STAND BY	H-M	0.1635	10.95	1.79	
CARRO MINERO DE 3.5 M3 S.B.	H-M	0.8177	2.25	1.84	250.42
COSTO DIRECTO POR M2.					343.33

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO : PROYECTO ESPECIAL RIO CACHI

31 / 12 / 92

PARTIDA : EXCAVACION SUBTERRANEA ROCA TIPO II

	UND.	CANTIDAD	S/. UNITARIO	S/. PARCIAL	S/. TOTAL
<u>MANO DE OBRA</u>					
SUPERVISOR	H-M	1.3690	5.14	7.04	
OPERADOR	H-M	2.7385	4.80	13.14	
OPERARIO	H-M	5.4770	4.45	24.37	
AYUDANTE	H-M	5.7508	4.08	23.46	
PEON	H-M	0.5477	3.69	2.02	70.04
<u>MATERIALES</u>					
FULMINANTE CORRIENTE	UD	0.3587	0.21	0.08	
FULMINANTE FANEL	UD	3.5875	2.49	8.93	
GUIA DE SEGURIDAD	ML	0.2832	0.23	0.07	
CORDON DETONANTE	ML	0.6514	0.37	0.24	
DINAMITA SEMEXA 65 %	KG	2.3719	3.65	8.66	
BARRENO INTEGRAL DE 8'	UD	0.0205	135.67	2.78	
BARRENO INTEGRAL DE 8'	UD	0.0307	129.07	3.96	
MATERIALES VARIOS	% M. Obra	12.00	70.03	8.40	
EQUIPO DE PROTECCION	% M. Obra	6.00	70.03	4.20	37.32
<u>EQUIPOS</u>					
EQUIPO TALLER	H-M	1.0000	9.93	9.93	
IMPLEMENTOS	H-M	1.0000	34.69	34.69	
BOMBA ELECT. SUMERGIBLE	H-M	1.1913	8.44	10.05	
BOMBA NEUMATICA	H-M	0.6436	4.92	3.17	
COMPRESORA ELECTRICA	H-M	1.6431	18.08	29.71	
PERFORADORA LIVIANA	H-M	1.0049	6.64	6.67	
PAVING BREACKER	H-M	0.1826	4.48	0.82	
LOCOMOTORA	H-M	1.0048	43.19	43.40	
SHUTTEL.CAR	H-M	0.7536	61.09	46.04	
BATERIAS PARA LOCOMOTORA	H-M	1.0048	8.29	8.33	
CARGADOR DE BATERIAS	H-M	1.0048	4.93	4.95	
PALA NEUMATICA	H-M	0.2512	18.95	4.76	
GRUPO ELECTROGENO DE 135 k	H-M	0.0959	31.83	3.05	
GRUPO ELECTROGENO DE 500 k	H-M	0.5477	93.71	51.32	
VENTILADOR	H-M	2.6927	6.01	16.18	
COMPRESORA ELECT. STAND BY	H-M	0.1826	11.64	2.13	
PERFORADORA STAND BY	H-M	0.7303	3.21	2.34	
PAVING BREACKER STAND BY	H-M	0.1826	2.25	0.41	
PALA NEUMATICA STAND BY	H-M	0.1826	10.95	2.00	
CARRO MINERO DE 3.5 M3 S.B.	H-M	0.9129	2.25	2.05	282.01

COSTO DIRECTO POR M2.

389.37

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO : PROYECTO ESPECIAL RIO CACHI

31 / 12 / 92

PARTIDA : EXCAVACION SUBTERRANEA ROCA TIPO III

	UND.	CANTIDAD	S/. UNITARIO	S/. PARCIAL	S/. TOTAL
<u>MANO DE OBRA</u>					
SUPERVISOR	H-M	1.8127	5.14	9.32	
OPERADOR	H-M	3.6254	4.80	17.40	
OPERARIO	H-M	7.2508	4.45	32.27	
AYUDANTE	H-M	7.6133	4.08	31.06	
PEON	H-M	0.7251	3.69	2.68	92.72
<u>MATERIALES</u>					
FULMINANTE CORRIENTE	UD	0.5172	0.21	0.11	
FULMINANTE FANEL	UD	5.1716	2.49	12.88	
GUIA DE SEGURIDAD	ML	0.4701	0.23	0.11	
CORDON DETONANTE	ML	1.0813	0.37	0.40	
DINAMITA SEMEXA 65 %	KG	1.9493	3.65	7.11	
BARRENO INTEGRAL DE 5'	UD	0.0410	129.07	5.29	
MATERIALES VARIOS	% M. Obra	12.00	92.73	11.13	
EQUIPO DE PROTECCION	% M. Obra	6.00	92.73	5.56	42.59
<u>EQUIPOS</u>					
EQUIPO TALLER	H-M	1.0000	9.93	9.93	
IMPLEMENTOS	H-M	1.0000	34.69	34.69	
BOMBA ELECT. SUMERGIBLE	H-M	2.2714	8.44	19.17	
BOMBA NEUMATICA	H-M	0.8211	4.92	4.04	
COMPRESORA ELECTRICA	H-M	2.1755	18.08	39.33	
PERFORADORA LIVIANA	H-M	1.1975	6.64	7.95	
PAVING BREACKER	H-M	0.2417	4.48	1.08	
LOCOMOTORA	H-M	1.1976	43.19	51.72	
SHUTTELCAR	H-M	0.8982	61.09	54.87	
BATERIAS PARA LOCOMOTORA	H-M	1.1976	8.29	9.93	
CARGADOR DE BATERIAS	H-M	1.1976	4.93	5.90	
PALA NEUMATICA	H-M	0.2994	18.95	5.67	
GRUPO ELECTROGENO DE 135 k	H-M	0.0959	31.83	3.05	
GRUPO ELECTROGENO DE 500 k	H-M	0.7252	93.71	67.96	
VENTILADOR	H-M	2.6927	6.01	16.18	
COMPRESORA ELECT. STAND BY	H-M	0.2417	11.64	2.81	
PERFORADORA STAND BY	H-M	0.9669	3.21	3.10	
PAVING BREACKER STAND BY	H-M	0.2417	2.25	0.54	
PALA NEUMATICA STAND BY	H-M	0.2417	10.95	2.65	
CARRO MINERO DE 3.5 M3 S.B.	H-M	1.2086	2.25	2.72	343.32

COSTO DIRECTO POR M2.

478.64

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO : PROYECTO ESPECIAL RIO CACHI
PARTIDA : CIMBRAS METALICAS

31 / 12 / 92

	UND.	CANTIDAD	S/. UNITARIO	S/. PARCIAL	S/. TOTAL
<u>MANO DE OBRA</u>					
SUPERVISOR	H-M	0.0565	5.14	0.29041	
OPERADOR	H-M	0.1129	4.8	0.54192	
OPERARIO	H-M	0.2258	4.45	1.00481	
AYUDANTE	H-M	0.2371	4.08	0.967368	
PEON	H-M	0.0226	3.69	0.083394	2.89
<u>MATERIALES</u>					
CIMBRAS METALICAS	KG.	1	4.78	4.78	
MATERIALES VARIOS	% M.OBR	12	2.88	0.35	
EQUIPO DE PROTECCION	% M.OBR	6	2.88	0.17	5.30
<u>EQUIPOS</u>					
BOMBA ELECT. SUMERGIBLE	H-M	0.0452	8.44	0.381488	
BOMBA NEUMATICA	H-M	0.0226	4.92	0.111192	
COMPRESORA ELECTRICA	H-M	0.0226	18.08	0.408608	
PERFORADORA LIVIANA	H-M	0.0113	6.64	0.075032	
PAVING BREACKER	H-M	0.0113	4.48	0.050624	
LOCOMOTORA	H-M	0.0226	43.19	0.976094	
PLATAFORMA DE TRANSPORTE	H-M	0.0226	3.07	0.069382	
BATERIAS PARA LOCOMOTORA	H-M	0.0226	8.29	0.187354	
CARGADOR DE BATERIAS	H-M	0.0226	4.93	0.111418	
GRUPO ELECTROGENO DE 500 KW	H-M	0.0226	93.71	2.117846	
VENTILADOR	H-M	0.0903	6.01	0.542703	5.031741
COSTO DIRECTO POR KG.					13.22

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO : PROYECTO ESPECIAL RIO CACHI
PARTIDA : ENCOSTILLADO METALICO

31 / 12 / 92

	UND.	CANTIDAD	S/. UNITARIO	S/. PARCIAL	S/. TOTAL
<u>MANO DE OBRA</u>					
SUPERVISOR	H-M	0.0400	5.14	0.21	
OPERADOR	H-M	0.0800	4.80	0.38	
OPERARIO	H-M	0.1600	4.45	0.71	
AYUDANTE	H-M	0.1680	4.08	0.69	
PEON	H-M	0.0160	3.69	0.06	2.05
<u>MATERIALES</u>					
CIMBRAS METALICAS	KG.	1.000	2.49	2.49	
MATERIALES VARIOS	% M.OBR	12.00	2.05	0.25	
EQUIPO DE PROTECCION	% M.OBR	6.00	2.05	0.12	2.86
<u>EQUIPOS</u>					
BOMBA ELECT. SUMERGIBLE	H-M	0.0320	8.44	0.27	
BOMBA NEUMATICA	H-M	0.0160	4.92	0.08	
COMPRESORA ELECTRICA	H-M	0.0160	18.08	0.29	
PERFORADORA LIVIANA	H-M	0.0080	6.64	0.05	
PAVING BREACKER	H-M	0.0080	4.48	0.04	
LOCOMOTORA	H-M	0.0160	43.19	0.69	
PLATAFORMA DE TRANSPORTE	H-M	0.0160	3.07	0.05	
BATERIAS PARA LOCOMOTORA	H-M	0.0160	8.29	0.13	
CARGADOR DE BATERIAS	H-M	0.0160	4.93	0.08	
GRUPO ELECTROGENO DE 500 k	H-M	0.0160	93.71	1.50	
VENTILADOR	H-M	0.0640	6.01	0.38	3.56
COSTO DIRECTO POR KG.					8.47

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO : PROYECTO ESPECIAL RIO CACHI
PARTIDA : GUNITADO DEL TUNEL e=4"

31 / 12 / 92

	UND.	CANTIDAD	S/. UNITARIO	S/. PARCIAL	S/. TOTAL
<u>MANO DE OBRA</u>					
SUPERVISOR	H-M	0.2479	5.14	1.27	
OPERADOR	H-M	0.4959	4.80	2.38	
OPERARIO	H-M	0.9917	4.45	4.41	
AYUDANTE	H-M	1.0413	4.08	4.25	
PEON	H-M	0.0992	3.69	0.37	12.68
<u>MATERIALES</u>					
ARENA	M3	0.240	10.00	2.40	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	BLS	1.7112	10.50	17.97	
ADITIVO PARA SHOTCRETE	KG.	2.9080	0.85	2.47	
MATERIALES VARIOS	% M.OBR	12.00	12.68	1.52	
EQUIPO DE PROTECCION	% M.OBR	6.00	12.68	0.76	25.12
<u>EQUIPOS</u>					
BOMBA ELECT. SUMERGIBLE	H-M	0.1818	8.44	1.53	
BOMBA NEUMATICA	H-M	0.0910	4.92	0.45	
COMPRESORA ELECTRICA	H-M	0.2728	18.08	4.93	
LOCOMOTORA	H-M	0.1818	43.19	7.85	
SHUTTELCAR	H-M	0.0910	61.09	5.56	
PLATAFORMA DE TRANSPORTE	H-M	0.0910	3.07	0.28	
BATERIAS PARA LOCOMOTORA	H-M	0.1818	8.29	1.51	
CARGADOR DE BATERIAS	H-M	0.1818	4.93	0.90	
MAEZCLADORA DE 11 P3	H-M	0.0910	9.77	0.89	
SHOTCRETERA	H-M	0.0910	14.26	1.30	
GRUPO ELECTROGENO DE 500 k	H-M	0.0910	93.71	8.53	
VENTILADOR	H-M	0.3636	6.01	2.19	35.91
COSTO DIRECTO POR M2.					73.71

LISTADO DE ALQUILER DE EQUIPOS AL31/12/92

ITEM	DESCRIPCION	V. ADO. US \$	DEPREC. US \$	INT. US \$	SEG. US \$	TOTAL POSECION	MANT-REP US \$	COMB. US \$	LUBR. US \$	FILT. US \$	NEUMAT. US \$	OPER. US \$	TOTAL OPERACION	ALQUILER TOTAL US \$	ALQUILER TOTAL S/.
1	BOMBA ELECTRICA SUMERGIBLE GRINDEX TIPO MATADOR	17000	2.27	0.65	0.28	3.20	1.70	0.00	0.23	0.05	0.00	0.00	1.98	5.18	8.44
2	MEZCLADORA DE CONCRETO JAEGER DE 11 P3	15000	1.59	0.54	0.23	2.36	1.50	1.56	0.22	0.35	0.00	0.00	3.63	5.99	9.77
3	BOMBA NEUMATICA 2"	4000	1.33	0.23	0.10	1.66	1.33	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	1.35	3.01	4.92
4	MAQ. PROYECTORA HORMIGON ICOMA TIPO IGM-75	30000	3.19	1.08	0.47	4.74	3.75	0.00	0.22	0.04	0.00	0.00	4.01	8.75	14.26
5	PERFORADORA CON JACKLEG O STOPER	5000	1.42	0.38	0.17	1.97	1.67	0.00	0.37	0.07	0.00	0.00	2.11	4.08	6.64
6	MARTILLO ROMPE PAVIMENTO PAVING BREAKER	3500	0.99	0.27	0.12	1.38	0.93	0.00	0.37	0.07	0.00	0.00	1.37	2.75	4.48
7	PALA NEUMATICA SALGITTER TIPO HL-400	50000	4.25	1.73	0.75	6.73	2.50	0.00	0.45	0.09	0.00	0.00	3.04	9.77	15.91
8	PALA NEUMATICA SALGITTER TIPO HL-500	60000	5.10	2.07	0.90	8.07	3.00	0.00	0.46	0.09	0.00	0.00	3.55	11.62	18.95
9	LOCOMOTORA ELECTRICA DE 12 TN	140000	11.90	4.83	2.10	18.83	7.00	0.00	0.55	0.11	0.00	0.00	7.66	26.49	43.19
10	BATERIA ACUMULADOR TIPO DKAW-4	30000	2.70	1.03	0.45	4.18	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	5.08	8.29
11	CARGADOR DE BATERIA DE LOCOMOTORA	15000	1.69	0.54	0.23	2.46	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	3.02	4.93
12	CARRO MINERO MORAN DE 5 Y3	12000	0.80	0.40	0.18	1.38	0.30	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.37	1.75	2.84
13	PLATAFORMA METALICA TRANSPORTE MATERIALES	13000	0.87	0.44	0.19	1.50	0.33	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.40	1.90	3.07
14	SHUTTEL CAR DE 11 M3	200000	14.17	5.71	2.92	23.80	13.33	0.00	0.29	0.06	0.00	0.00	13.68	37.48	61.09
15	COMPRESORA ELEC. ESTACIONARIA G.D. 615 P3	60000	4.25	2.01	0.88	7.14	3.00	0.00	0.80	0.16	0.00	0.00	3.96	11.10	18.08
16	GRUPO ELECTROGENO CAT. SERIE 68D 35626 135 KW	32000	2.27	1.07	0.47	3.81	1.87	7.84	1.17	1.80	0.00	3.05	15.73	19.54	31.83
17	GRUPO ELECTROGENO CAT. SERIE 355-1323 500 KW	110000	7.79	3.69	1.80	13.08	4.58	29.30	3.88	6.64	0.00	0.00	44.40	57.48	93.71
18	VENTILADOR ELE. HARTSELL PROPELLER FAUCO MOD. VB40 H	22000	1.56	0.74	0.32	2.62	0.73	0.00	0.28	0.06	0.00	0.00	1.07	3.69	6.01

FUENTE: LISTADO DE PROCESOS DE ALQUILER OCTAVIO BENTONERO S.A. FUNEL, CHOCALUZCHAMA, P.E.C.

LISTA DE PERSONAL

DESCRIPCION	CANTIDAD X TURNO	CANTIDAD X DIA 2 TURNOS
CAPATAZ	3	5
PERFORISTA	3	6
AYUDANTE DE PERFORISTA	3	6
OPERADOR DE PALA	1	2
AYUDANTE PALERO	1	2
OPERADOR DE LOCOMOTORA	2	4
AYUDANTE DE LOCOMOTORA	2	4
TUBERO	1	2
ELECTRICISTA-DISPARADOR	1	2
BODEGUERO	1	2
SOLDADOR	1	2
CARRILANOS	2	2
CARRILANOS	3	3
GRUPERO	1	2
CARGADOR DE BATERIA	1	2
PUNTERO	1	2
MECANICOS	2	4
BOMBERO	1	2
AYUDANTE DE TOPOGRAFO	2	4
SUB TOTAL	32	58

RESUMEN DE PERSONAL

MANO DE OBRA	CAUDRILLA DE EXCAVACION
CAPATAZ	5
OPERARIO	10
OPERADOR	20
OFICIAL	21
PEON	2
TOTAL	58

FUENTE : RELACION DE PERSONAL. TUNEL ICHOCRUZ-CHIARA. OCTAVIO BERTOLERO.

BIBLIOGRAFIA

- *Excavación y Sostentamiento de Túneles en Roca*
Nerio Robles Espinoza. Lima - Perú. 1994.
- *Administración de la Seguridad Industrial en la Empresa*
Juan E. Mac. Loughlin. Buenos Aires - Argentina
- *Seguridad Industrial*
César Ramírez Cavassa. Mexico. 1986.
- *Diseño y Construcción de Túneles*
Comite Peruano de Mecánica de Suelos, Fundaciones y Mecánica de Rocas.
Lima - Perú. 1991.
- *La Prevención de Accidentes.*
Oficina Internacional del trabajo. Ginebre.1984.
- *Ventilación de Minas.*
Eberhard Kempf.
- *Manual Práctico de Voladura.*
EXSA.
- *Manual para el uso de Explosivos*
Du Pont. 1973.
- *Túnel Ichocruz - Chiara. Memoria Descriptiva.*
Octavio Bertolero S.A. - Vera gutierrez S.A. C.G. Asociados.
- *Túnel Ichocruz - Chiara.Informes y Valorizaciones de Supervisión.*
Cía. Alpha Consult S.A.