



REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DEMOA
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
DEPARTAMENTO DE MINERÍA

***Trabajo de Diploma
en opción al Título
de
Ingeniero en Minas.***

**Título: PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL TÚNEL POPULAR “ROLO
MONTEREY”.**

Autor: YANDER FUENTES WEEKES

**Tutores: Ing. Yoandro Dièguez García.
Ing. Orlando Mosqueda González**

**Moa, Julio del 2009.
“Año del 50 Aniversario del Triunfo de la Revolución”**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco desde lo más profundo de mi corazón a todas las personas que han aportado su granito de arena en la realización y culminación de este trabajo de diploma.

En especial a mis tutores: Yoandro y Orlando Mosqueada, por sus conocimientos y experiencia, volcada hacia mi persona durante este tiempo así como el apoyo, la comprensión y la amistad que han brindado.

A mis padres: Estela Weekes Soa y Elizardo Fuentes Heredia por su preocupación constante, su paciencia sin límites y su ayuda incondicional.

A mis hermanos: Yonger, Luis Esteban y Yordanis por su paciencia sin límites y su ayuda

A mi abuela Edicta y mi tío Ernesto por apoyarme y ayudarme a lo largo de mi vida y demás familiares.

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de diploma a todas las personas que me quieren como soy.

A mis padres: Elizardo Fuentes Heredia y Estela Weekes Soa quienes han sido los motores impulsores que me supieron orientar de manera correcta, desbordando su apoyo y cariño durante el transcurso de mi vida.

A mis hermanos Yonger y Luis Esteban que los quiero muchos.

A mi compañera: Yanela Ortiz Duverger por todo el amor que sentimos el uno por el otro, que cada día que pasa nuestro amor se hace más grande y hermoso.

A mi abuelita Edicta que a pesar de todo la quiero mucho como yo se que ella me quiere mi, también por su amor y cariño.

A mis compañeros de aula y en especial a Richard Miguel.

A todas las demás personas que tienen un lugarcito en mi corazón, así como yo en el suyo. Ustedes saben quienes son, mi cariño esta con ustedes.

PENSAMIENTO

“El hombre debe transformarse conjuntamente con la producción que avance, y no haríamos una tarea adecuada si solamente fuéramos productores de artículos, materias primas y no fuéramos a la vez productores de hombres.”



RESUMEN

El trabajo tiene por objetivo la proyección de una excavación subterránea horizontal en el túnel popular Rolo Monterrey, la cual estará destinada a garantizar la evacuación de 4000 personas. La ejecución de la obra se efectuará en un plazo de tiempo aproximado de 5 años y tendrá una longitud total de 700 m.

El trabajo cuenta con cuatro capítulos en los cuales se exponen las labores a desarrollar para la proyección de túnel. Primeramente se realiza la caracterización ingeniero geológica de la zona de estudio, en la cual se exponen las principales características del material componente de la excavación. Luego se procede al cálculo de las labores mineras que intervienen en la construcción del túnel, calculándose en este caso el arranque, la carga, la trasportación, fortificación y ventilación de la obra, se da además la organización de las labores en un ciclograma de trabajo. Posteriormente se efectúan los cálculos de los índices técnicos económicos para la determinación de los costos total de la excavación y por último se exponen las medidas para la protección al medio ambiente y la seguridad de los trabajos, elemento esencial para todo ingeniero en minas.

SUMARY

The work has for objective the projection of a horizontal underground excavation in the popular tunnel Rolo Monterrey, which will be dedicated to guarantee the evacuation of 4000 people. The execution of the work will be made in a term of approximate time 5 years old and he/she will have a total longitude of 700 m.

The work has four chapters in which the works are exposed to develop for the tunnel projection. Firstly he/she is carried out the geologic characterization engineer of the study area, in which the main characteristics of the component material of the excavation are exposed. Then you proceeds to the calculation of the mining works that you/they intervene in the construction of the tunnel, being calculated in this case the outburst, the load, the trasportación, fortification and ventilation of the work, are also given the organization of the works in a work ciclograma. Later on the calculations of the economic technical indexes are made for the determination of the total costs of the excavation and lastly the measures are exposed for the protection to the environment and the security of the works, essential element for all engineer in mines.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
CAPITULO I. CARACTERIZACIÓN INGENIERO - GEOLOGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	7
I.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	7
I.2 CLIMA.....	7
I.3 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA REGIÓN	11
I.4 ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	11
I.5 MARCO TECTÓNICO REGIONAL.....	18
I.6 GEOMORFOLOGÍA REGIONAL.....	21
I.7- CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS.....	23
I.8 ZONIFICACIÓN INGENIERO – GEOLÓGICA DEL ÁREA.	26
I.9-SITUACIÓN SISMOLÓGICA DEL MUNICIPIO DE MOA.....	29
CAPITULO II. CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS LABORES MINERAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TUNEL.....	32
II.1 INTRODUCCIÓN.....	32
II.2 CARACTERIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA A EMPLEAR PARA LA EJECUCIÓN DEL TÚNEL.	32
II.3 ELECCIÓN DE LA FORMA Y DIMENSIONES DE LA SECCIÓN Y DEL TIPO DE FORTIFICACIÓN.....	34
II.3.1 Elección y cálculo de la fortificación.....	34
II.3.2 Elección de la forma de la sección transversal.....	38
II.3.3- Determinación de las dimensiones de la sección transversal.	38
II.4 VENTILACIÓN DEL TÚNEL.....	40
II.4.1 Variante (1) ventilación por tiro natural.....	40
II.4.2 Variante (2) ventilación por tiro del aire forzado para después de estar laboreada las excavaciones del proyecto.....	40
II.4.3 Elección del ventilador y tuberías de ventilación.....	41
II.4.4 Cálculo del caudal de aire necesario para la ventilación.....	41
II.4.5 Cantidad de aire necesario para garantizar la respiración de los obreros:.....	42
II.4.6 Cálculo de la pérdida de aire en las tuberías:	42
II.4.7 Productividad del ventilador:	43
II.5 -ARRANQUE, CARGA Y TRANSPORTE.....	44
II.5.1- Arranque de las rocas.....	44
II.5.2- Carga de las rocas.....	44
II.5.3 Transporte de las rocas.....	44
II.6 OPERACIONES AUXILIARES	48
II.6.1 – Iluminación.....	48
II.6.2 Construcción de desagüe.....	48
II.6.3– Trabajos Topográficos.....	49
II.6.4 – Colocación de tuberías y cables.....	49
II.6.5-Plan de liquidación de averías	50
II.6.6-Higiene del túnel	50
II.6.7 Otras operaciones auxiliares	50
II.7 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO.....	50
II.7.1 Generalidades.....	50
II.7.2 Confección del Ciclograma de Trabajo.....	51

II.7.4 Tiempo de ventilación (TV).....	51
II.7.5 Saneamiento	51
II.7.6 Tiempo de fortificación	51
II.7.7 Tiempo de carga de la roca y transporte.....	52
II.7.8 Composición de la brigada.....	53
II.8 Protección e higiene del trabajo.....	54
II.8.1 – Medidas para los trabajo de Arranque.....	54
II.8.2 – Medidas de carga en la roca.....	54
II.8.3 – Otras medidas generales.....	54
CAPÍTULO III. CÁLCULO ECONÓMICO	55
III.1. GENERALIDADES.....	55
III.2 – GASTOS POR CONCEPTO DE AMORTIZACIÓN.....	56
III .3 GASTOS POR CONCEPTO DE ENERGÍA.....	57
III.4 – CÁLCULO DEL GASTO NORMADO DIRECTO (G_D).....	59
III .5 – CÁLCULO DE LOS GASTOS GENERALES (G_G).....	59
III .6 – CÁLCULO DEL GASTO INDUCIDO (G_I).....	59
CAPÍTULOIV. PROTECCIÓN DEL TRABAJO Y DEL MEDIO AMBIENTE..	61
IV.1.GENERALIDADES.....	61
IV.1.1. Medidas a tener en cuenta en el arranque de las rocas	61
IV.1.2. Medidas para la carga de la roca.....	61
IV.1.3. Otras medidas generales.....	61
IV.2. protección del medio ambiente	62
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	66

INTRODUCCIÓN.

El hombre de la prehistoria y en el comienzo de la civilización generalmente vivía en cuevas formadas por rocas calizas producto de la disolución lenta y continúa de carbonato de calcio, bajo la acción de las aguas naturales.

En etapas posteriores al plioceno se han encontrado en cuevas conjuntamente con osamenta de los animales, instrumentos y utensilios de sílice, claramente hechos por la mano del hombre. La etapa de las cavernas se considera período prehistórico de desarrollo del hombre.

La construcción de los túneles fue el resultado del desarrollo natural de la utilización de las cavernas como viviendas y como refugio. Probablemente la idea de construir túneles surgió en los antiguos ríos subterráneos que emergían de la tierra y desarrollaban causes por las cavidades de las rocas calizas.

Desde épocas antiguas, el hombre ha utilizado los túneles durante las guerras como refugio para sobre guardar sus bienes y familiares y para combatir directamente desde allá.

Precisamente las guerras significaron un importante empuje para la utilización de las obras subterráneas. Durante la segunda Guerra Mundial fue de gran significación la utilización de túneles y excavaciones mineras por guerrilleros rusos, polacos, yugoslavos, griegos e italianos, en la lucha contra los fascistas alemanes. Debe destacarse también el empleo de estas obras por los ejércitos populares de Corea, China y Vietnam en los combates contra el militarismo japonés.

También en Cuba el ejército mambí, durante la guerra de independencia usó cuevas como lugares de intendencia para situar almacenes, hospitales, imprentas, etc.

En nuestro país debido a la permanente hostilidad de los EE.UU. se comenzó la construcción de los túneles populares a partir de la década del 60, incrementándose a partir de 1984 bajo la concepción de la guerra de todo el pueblo. De acuerdo a la legislación ambiental vigente en el país, las obras subterráneas cuando son de secciones medias y grandes para su ejecución se

requiere de la obtención de una licencia, que debe ser sustentada por un estudio de los túneles populares. Esto trae consigo la realización de una serie de procesos de trabajos, los cuales exigen para su culminación, una detallada forma de mecanización a emplear así como de la organización del trabajo. Por esto, antes de pasar a realizar la excavación del túnel popular es necesario confeccionar el proyecto de ejecución.

Problema: Necesidad de realizar el proyecto de construcción del túnel popular Rolo Monterrey con racionalidad y eficiencia, provocando el menor impacto al medio ambiente.

Objetivo general: Realizar el proyecto de construcción del túnel popular Rolo Monterrey con racionalidad y eficiencia, provocando el menor impacto al medio ambiente.

Objetivos específicos:

1. Realizar una caracterización ingeniero - geológica del túnel popular Rolo Monterrey.
2. Caracterizar la tecnología a emplear para la ejecución del túnel.
3. Calcular los procesos tecnológicos a ejecutar para la construcción del túnel.
4. Calcular los índices técnicos - económicos.
5. Proponer las medidas para la protección del trabajo y del medio ambiente.

Hipótesis: Si se cuenta con una caracterización ingeniero geológica detallada del túnel y se conoce la tecnología a utilizar, es posible realizar el proyecto de construcción del túnel popular Rolo Monterrey con racionalidad y eficiencia, provocando el menor impacto al medio ambiente.

Principales resultados a obtener: Los principales resultados a obtener son la realización de un proyecto de construcción del túnel para su utilización por la población.

CAPITULO I. CARACTERIZACIÓN INGENIERO - GEOLOGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

I.1 Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra enmarcado en el Sector Rolo Monterrey de la región de Moa, ubicado al Oeste de la Ciudad de Moa; extendiéndose de Norte a Sur desde el límite de la costa y todo el litoral costero hasta la carretera que une los municipios Sagua y Moa, abarcando un área aproximada de 16 Km² ubicada según el sistema de coordenadas Lambert el área se encuentra enmarcada entre los puntos: X (690 000; 696 000) y Y (222 000; 228 000)

I.2 Clima

El clima de la región es tropical, caracterizada por la presencia de dos períodos de lluvia (Mayo-Junio y Octubre-Enero) y dos períodos de seca (Julio-Septiembre y Febrero-Abril).

Este clima se encuentra influenciado por la orografía, sirviendo de pantalla a los alisios del NE las barreras montañosas del Grupo Sagua – Baracoa. La zona se encuentra bajo el régimen de brisas y terrales así como de vientos gravitacionales (vientos que descienden siguiendo el curso de los ríos aproximadamente).

Las precipitaciones

Las precipitaciones de la región de estudio son abundantes, estando estrechamente relacionados con el relieve montañoso que presenta la misma.

Los datos de lluvia fueron tomados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos del municipio de Moa, el cual cuenta con valores tomados a partir del año 2000 hasta el 2008, encontrándose ubicados los pluviómetros utilizados según el sistema de coordenadas Lambert como se describe en la tabla N°1

Los meses más lluviosos son los de Noviembre y Diciembre y los más secos Febrero, Abril y Junio (Ver figura y gráfico N° 1).

Tabla N° 1 Ubicación de los pluviómetros

Pluviómetros	Coordenadas
Derivadora (1696)	x: 698.200 y: 219.600
Cayo Grande(1306)	x: 689.400 y: 214.400
Cayo Chiquito (1302)	x: 689.600 y: 216.600
Presa Moa (1695)	x: 692.800 y: 212.700
T/C Moa (1547)	x: 697.300 y: 223.400

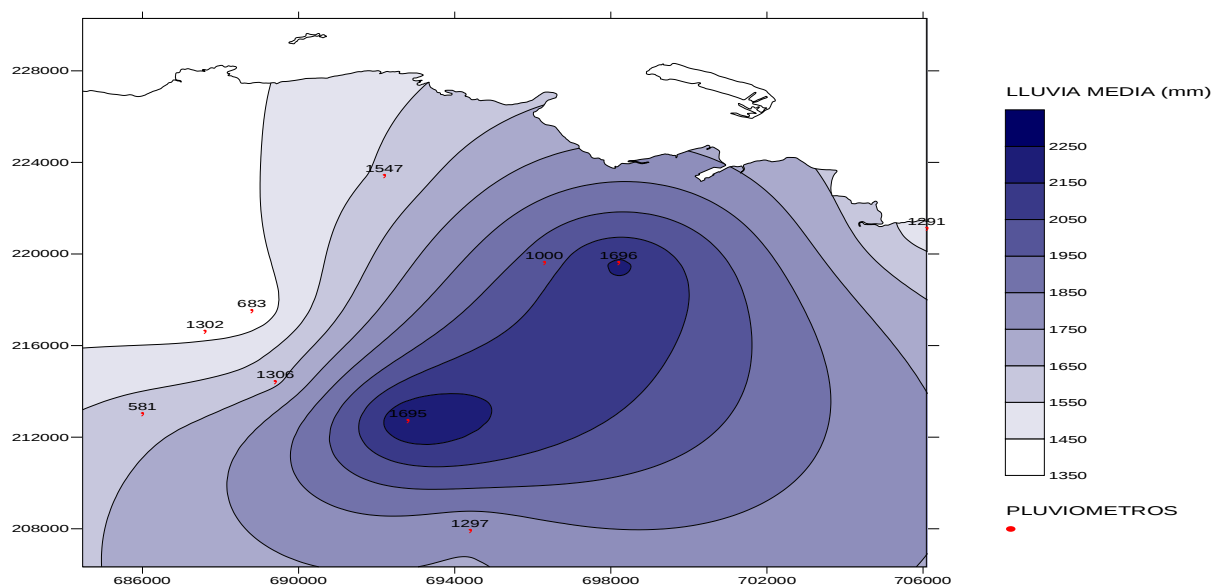
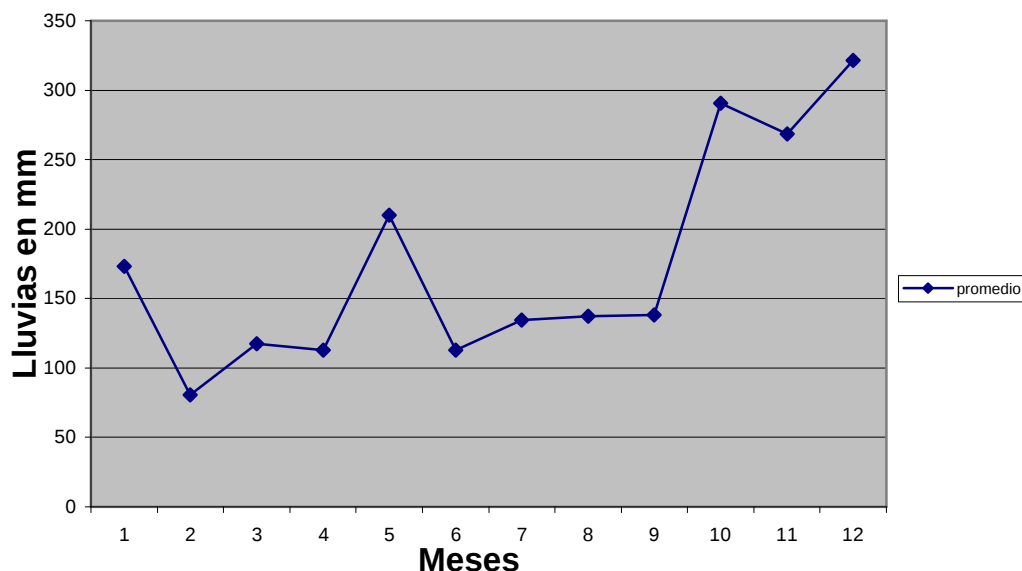


Figura N° 1. Mapa pluviométrico del territorio de Moa escala 1: 50000 (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Habana, 2005).

Gráfico N°1. Promedio de lluvias mensual desde 200 hasta 2007



Temperatura

Los datos de temperatura fueron tomados de la Estación Hidrometereológica " El Sitio ". Esta estación esta ubicada en las coordenadas N: 218,6; E: 621, 2 y registradas con el Número 1678.

Según observaciones realizadas en los años 1985-1990, se evidencia que en los meses más calurosos son desde Julio Hasta Septiembre, lográndose temperaturas de 27,1; 29,0 y 30,5 °C respectivamente, mientras que los más fríos son Enero-Febrero, con temperaturas promedios de 22,6 y 23,2 °C respectivamente.

Evaporación

La evaporación es unos de los parámetros más importantes a medir en el estudio de las aguas subterráneas, debido a que influye directamente en el régimen de las mismas, provocando un descenso en la humedad del suelo.

Por los datos de la estación hidrometeoro lógica " El Sitio " en el período de 1985-19990, el mayor promedio anual de evaporación fue realizado en el año 1989 con 7395 mm. La mayor evaporación mensual corresponde al mes de agosto de 1987 con 796 mm y la menor al mes de Noviembre de 1985 con 138 mm.

Además, analizando los datos extraídos de esta misma estación se observa que en ese mismo período de 1985-1990 la humedad mínima se registró en el

mes de Mayo con un 75% y la humedad máxima se observó en los mese de Junio, Octubre y Diciembre de 1985 y 1986 respectivamente con un 87%.

Vientos

El régimen de los vientos en la región es de moderada intensidad. Casi todo el año soplan vientos alisios, proveniente de la periferia del anticiclón de los Azores-Bermudas, provocando que el viento en superficie tenga una dirección NE-E. Se caracteriza el viento por ser muy variable, presentando una velocidad máxima de 10 m/s, el valor medio anual es de 2 m/s predominando las direcciones antes mencionadas. El viento es un parámetro importante en la región de Moa, pues controla el movimiento de las emanaciones industriales vertidas a la atmósfera (Pérez et al., 1991). Según los estudios de Hurtado et al., (1999) la frecuencia de procedencia de los vientos en lo que se muestra en la (tabla 1), donde se aprecia que solamente tres componente de las direcciones del viento (NE, ENE y E) superan el 10% de frecuencia anual.

Tabla N°2. Comportamiento anual de los vientos (Hurtado et al., 1999)

Dirección	% de observaciones	Días del año	Dirección	% de observaciones	Días del año
N	9.53	34.67	S	2.81	10.22
NNE	3.25	11.86	SSW	2.51	9.12
NE	11.11	40.51	SW	6.31	22.99
ENE	13.76	50.18	WSW	5.85	21.35
E	17.45	63.69	W	2.45	8.94
ESE	8.31	30.29	WNW	1.81	6.57
SE	1.45	5.29	NW	0.82	2.92
SSE	0.42	1.46	NNW	3.05	11.13
			calmas	9.25	33.76

I.3 Características geológicas de la región

La geología del área se caracteriza por una marcada complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el transcurso del tiempo geológico lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizados basadas en criterios y parámetros específicos según el objeto de la información realizada por Rodríguez ,1998 en su tesis doctoral y trabajos de otros tutores.

El macizo Moa-Baracoa se localiza en el extremo oriental de la faja Mayari-Baracoa, ocupando un área aproximadamente de 1500 km² representando un gran desarrollo de los complejos ultramáficos, de gabros y volcano-sedimentarios, mientras que el complejo de diques de diabasas esta muy mal representado, apareciendo las diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del sistema cumulativo se estima un espesor aproximadamente 1000 m para el complejo ultramáfico y 500 m para el de gablo, mientras que para el complejo volcano-sedimentario se estimado un espesor de 1000 m.

I.4 Estratigrafía regional.

El complejo de las rocas ultra básicas aflora en toda la porción central y meridional del área y está constituido predominantemente por harzburgitas subordinadamente dunitas, lherzolitas y piroxenitas. Estas rocas se caracterizan por presentar un grado de serpentinización variable a sistemática.

El Dr. F. Quintas Caballero (1989) en su tesis doctoral desarrolla estas clasificaciones geológicas de carácter regional la cual incluye, en esencia, ocho asociaciones estructuro-formacionales debido a que éstas son las que forman parte de nuestro sector de estudio. (Tabla N°3).

Tabla N° 3. Litologías presentes en el área de estudio según Quintas F.1989 e Iturralde-Vinent, 1996.

Litología.	Asociaciones estructuro formacionales Quintas,1989	Elementos estructurales Iturralde-Vinent,1996		
Rocas ultra básicas serpentinizadas y complejo básico	AEF de la antigua corteza oceánica	Ofiolitas septentrionales	Unidades oceánicas	Cinturón plegado
F.M Quibiján	AEF del arco volcánico del Cretácico			
Fm Santo Domingo				
Fm La picota	AEF cuencas superpuestas al arco volcánico del Cretácico	Cuencas <i>piggy- back</i> 1ra generación		
FM. Mícara		Arco de islas volcánico del		
FM. Sabaneta	Arco volcánico del Paleógeno	Paleógeno		
FM. Capiro	Cuenca superpuestas de la etapa platafórmica	Cuencas <i>piggy-back</i> 2da generación		
FM. Majimiana FM. Júcaro Depósitos cuaternarios.	Secuencia terrígeno- carbonatada de la etapa de desarrollo plata fórmico.	Neoautóctono		

Para la realización de la propuesta de su clasificación, se basó en la teoría que explica el origen y evolución de los arcos insulares, así como la formación de las plataformas, las etapas evolutivas y los conjuntos litológicos faciales, típicos de cada estadio. En 1996, Iturralde-Vinent reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales principales: *el cinturón plegado y el neautóctono*.

El *cinturón plegado*, según el autor, está constituido por terrenos oceánicos continentales deformados y metamorfizados de edad correspondiente al pre - Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeografías que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental. El autor divide al cinturón plegado en *unidades continentales y unidades oceánicas*. En Cuba oriental las unidades continentales están representadas por el terreno Asunción compuesto por dos unidades lito estratigráficas bien diferenciadas, las formaciones Sierra Verde y Asunción, constituidas por materiales metate rígenos y meta carbonatados respectivamente, del Jurásico Superior al Cretácico Inferior, las cuales no aparecen representadas en el área de esta investigación.

Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánico del Cretácico, denominado como paleo arco, las secuencias de la cuenca de *piggy back* del Campaniano tardío al Daniano, el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de la cuenca de *piggy back* del Eoceno Medio al Oligoceno. El neautóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón. Seguidamente se dará una descripción más detallada acerca de las diferentes asociaciones estructuro–formacionales que se desarrollan en el área.

AEF del arco insular volcánico del Cretácico.

Un aspecto de marcada importancia acerca de geología de la región es el amplio desarrollo de las secuencias volcánicas y vulcanógeno–sedimentarias del Cretácico Inferior pre-Aptiano al Cretácico Superior indiferenciado, probablemente pre- Coniaciano. Estas secuencias se componen por tobas de

diferentes tipos: basaltos, basalto–andesitas y otras rocas. La misma está bien representada por la formación Santo Domingo.

Formación Santo Domingo.

Como única representante del arco volcánico cretácico en el área, está constituida por tobas, lavas y aglomerados, apareciendo pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas. Además, se incluyen en esta formación las calizas pizarrosas finamente estratificadas y muy plegadas de color grisáceo. Las tobas ocupan algo más del 50 % de la formación apareciendo en la parte superior preferentemente, siendo comunes las variedades vitroclásticas y cristalovitroclásticas. Las lavas aparecen en ocasiones con texturas amigdaloidales, predominando las variedades porfidíticas, yaciendo en forma de mantos ínter estratificados casi concordantes con las tobas. A menudo, junto con las lavas se observan aglomerados de composición intermedia, ubicándolos en un rango que van desde ascíticos hasta andesíticos, los cuales se encuentran muy alterados. Se le asignan una edad correspondiente al Cretácico Aptiano hasta el Turoniano. Aflora en la región de Farallones y Calentura, juntamente con un área restringida en la región de Centeno.

AEF del complejo ofiolítico.

Las rocas que predominan en la asociación ofiolítica son ultramáficas, las que aparecen serpentinizadas en mayor o menor grado, asociadas a gabros, diabasas y basaltos, que en su conjunto forman la asociación ofiolítica.

Los contactos observados con las estructuras circundantes son tectónicos. Estas estructuras son complicadas debido al clásico emplazamiento que presentan, estando afectadas por dislocaciones aplicativas y disyuntivas.

Los complejos que mencionaremos a continuación son representativos de las secuencias pertenecientes a la asociación ofiolítica.

- ***Complejo ultramáfico.***
- ***Complejo máfico cumulativo.***
- ***Complejo de diques paralelos o de diabasas.***
- ***Complejo efusivo.***

El complejo ultramáfico es de composición heterogénea, con evidente predominio de las harzburgitas y en menor cantidad lherzolitas y piroxenitas.

Por su parte, el complejo máfico cumulativo está representado de abajo hacia arriba por trocolitas, gabros olivinitos, noritas, anortositas, y gabros normales de diferentes granulometrías. Los cuerpos de gabro idees presentan estructuras en forma de grandes bloques, aunque la mayoría de los cuerpos están incluidos en el complejo ultramáfico. En el complejo Moa–Baracoa están representados dos tipos de gabros que se ubican hacia la parte superior, los cuales son del tipo bandeado y masivo, a los que se asocian cromitas y otros tipos de mineralizaciones dispersas.

AEF de las cuencas superpuestas de primera generación.

La región está constituida exclusivamente por secuencias sedimentarias, representadas por la formación Mícara a la cual se le atribuye una edad comprendida entre el Cretácico Superior Campaneano (parte alta) al Paleoceno Inferior Daniano. La Picota es otra de las formaciones representativas de estas secuencias, la cual es de edad Cretácico Superior Maestrichtiano juntamente con la formación Gran Tierra, la cual es exclusivamente del Daniano.

Formación Mícara.

Está compuesta de facies terrígenas y terrígenas carbonatadas con edad del Maestrichtiano al Daniano. La secuencia inferior es de tipo molásica y la superior es de tipo *flysch*. El límite inferior no se ha observado, pero se supone discordante sobre la formación Santo Domingo.

Formación La Picota.

Presenta una composición muy variable en cortas distancias, a veces con apariencia brechosa y en ocasiones conglomerática, presentando en proporciones variables la matriz y el cemento, este último carbonatado. El color tanto de la matriz como de los clastos, es rojizo en dependencia de la meteorización. El material clástico del conglomerado se compone de rocas vulcanógenas, lavas y tobas, dioritas, gabros, serpentinitas y en menor cantidad de calizas.

La estratificación por lo general no se observa, pero las partes de grano más fino (areniscas y conglomerados de cantos pequeños) están estratificadas y forman cuerpos lenticulares.

Formación Gran Tierra.

Es una secuencia terrígena–carbonatada que aflora en los flancos meridionales de la Sierra de Nipe y Sierra Cristal, constituyendo en Cuba oriental un límite concordante entre el cretácico y el terciario. En las rocas arcillosas y margosas de esta formación se han registrado los primeros vestigios del vulcanismo paleógeno en forma de tobas.

AEF del arco volcánico del Paleógeno.

En resumen, la misma está representada en los flancos meridional y septentrional de la Sierra Cristal, así como en la cuenca Sagua de Tánamo y en otras áreas fundamentalmente por la formación Sabaneta.

Formación Sabaneta.

La misma está constituida por rocas vulcanógenas–sedimentarias de granos finos, frecuentemente zeolitizadas o montmorillonitizadas, con intercalaciones de calizas, silicitas, tobas cloritizadas y rara vez basaltos.

En los Indios de Cananova, hacia la base de la formación se intercalan areniscas de granos gruesos y algunas brechas, donde fueron encontrados fósiles que indican una edad comprendida desde el Paleoceno al Daniano. Aflora en un área extensa de la región de Cananova hasta Farallones y además aparece en un pequeño bloque localizado en Yamanigüey.

AEF de las cuencas superpuestas de segunda generación.

Está representada por las formaciones sedimentarias Charco Redondo, Puerto de Boniato, San Luis, Maquey, Capiro y Sagua de Tánamo. Las dos primeras formaciones son esencialmente carbonatadas, estando constituidas por calizas del Eoceno Medio, mientras que las restantes son clásticas con alguna presencia de sedimentos carbonatados, predominando en ellas los conglomerados, areniscas y margas.

Formación Sierra de Capiro.

Está representada por areniscas, aleurolitas y margas bien estratificadas con intercalaciones de conglomerados finos compuestos por cantos de

serpentinitas, calizas y cristaloclastos de piroxenos y cuarzo. Hacia la base de la formación se localizan olistostromas de bloques de serpentinitas muy alteradas y diabasas. En muchos lugares se observa una clara gradación de conglomerados y areniscas. Los Oliz tolitos de calizas órgano-detríticas contienen fragmentos de serpentinitas, cuarzo y hematita. Se le asigna una edad perteneciente al Eoceno Superior. Aflora en la región de Yamanigüey formando una franja a lo largo de toda la costa.

AEF de Neoplataforma.

Por último, esta asociación se encuentra constituida por secuencias sedimentarias donde predominan las rocas carbonatadas sobre rocas terrígenas, depositadas bajo un régimen de plataforma continental, apareciendo representada en la región por las formaciones Júcaro y Majimiana, las cuales yacen discordantemente sobre las unidades del cinturón plegado. Estructuralmente estas secuencias se caracterizan por presentar yacencia monoclinas indistintamente suave y horizontal, con algunas perturbaciones en las zonas donde existen dislocaciones recientes.

Formación Júcaro.

Está constituida por calizas margosas poco consolidadas y en ocasiones por margas de edad oligoceno al mioceno. Además de otros componentes carbonatados con material clástico subordinado, predominando en ella diferentes variedades de calizas, entre las que se destacan las masivas, biogénicas, órgano detríticas y arcillosas. Aflora a través de toda la costa en la región de Cananova y Yamanigüey.

Formación Majimiana.

Se compone de calizas órgano detríticas típica de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Las secuencias de esta formación presentan bruscos cambios faciales en cortas distancias, conteniendo una abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, lo que ha permitido asignarle una edad enmarcada desde el Oligoceno Superior hasta el Mioceno. Aflora en la región de Yamanigüey, formando una franja por toda la costa.

Depósitos Cuaternarios. Se encuentran sobre todas las litologías antes descritas, constituyendo una cobertura prácticamente continua de génesis

predominantemente continental de pocas variaciones día genéticas y pequeño espesor. Están constituidos por calizas órgano detríticas con gran contenido de fauna, predominando los moluscos contemporáneos. Aparecen también aleurolitas calcáreas, arenas margosas y arcillas. Los depósitos ubicados en los márgenes, cauces y desembocaduras fluviales están constituidos por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas derivadas de la erosión fluvial.

Área de afloramiento. Constituyen una cobertura prácticamente continua en forma de franja a lo largo de la costa y discontinua en las partes interiores.

I.5 Marco tectónico regional.

En la literatura publicada sobre el territorio acerca de la tectónica se proponen cuatro sistemas principales de fallas que se describen a continuación.

El sistema más antiguo de los reflejados actualmente en la superficie tiene su origen asociado al cese de la subducción que generó la colisión entre el arco insular y la margen continental, originando el emplazamiento del complejo ofiolítico, por lo cual las fallas de este sistema se encuentran espacial y genéticamente relacionadas con los límites de los cuerpos máficos y ultramáficos dentro del complejo y de éste con las secuencias más antiguas.

Las fallas de este sistema aparecen frecuentemente cortadas, dislocadas y enmascaradas por sistemas más jóvenes; así como, por las potentes cortezas de meteorización desarrolladas sobre el complejo ofiolítico. Estas fallas en su mayoría se encuentran pasivas, lo que se demuestra por su pobre reflejo en el relieve, pudiendo notarse su presencia fundamentalmente por el contacto alineado y brusco entre litologías diferentes. Excepción de lo anterior lo constituye la falla ubicada al sur de Que sigue que aún se refleja a través de un escarpe pronunciado arqueado, con su parte cóncava hacia el norte que sigue la línea de falla, lo que consideramos está asociado a la actividad geodinámico actual del sector que es considerado uno de los más activos dentro del territorio.

El segundo sistema y de mayor importancia en el territorio está constituido por fallas de dos direcciones: noreste y norte - noroeste que se desplazan mutuamente y se cortan entre sí, constituido por las dislocaciones más

abundantes y de mayor extensión de la región, que indistintamente afectan todas las litologías presentes y son a su vez los límites principales de los bloques morfotectónicos. Su origen se encuentra asociado al proceso de colisión del arco volcánico cretácico sobre el paleo margen de Bahamas en el Eoceno medio.

Las principales estructuras representativas de este sistema son:

- Falla Cabaña: Se extiende desde el extremo centro occidental del área al noroeste del poblado de Peña y Ramírez hasta el norte de la ciudad de Moa, cortando la barrera arrecifal y limitando el extremo oriental de Cayo Moa Grande. En su parte meridional presenta una orientación de N70°E hasta la
- zona de Zambumbia, donde es truncada por un sistema de fallas submeridionales aflorando nuevamente con nitidez al nordeste del poblado de Conrado, donde inicia su control estructural sobre el río Cabaña. En las cercanías de Centeno esta estructura es cortada y desplazada por la falla Cananova, tomando una orientación N56°E la cual se mantiene hasta penetrar en el océano Atlántico.
- Falla Moa: Dentro del territorio es la estructura de mayor extensión y su trazo corresponde con una línea cóncava hacia el este cuyo arco mayor se encuentra en la zona de Calentura, haciéndose más recta hacia el norte con una dirección de N48°E, mientras que en su parte meridional tiene un rumbo N25°W. En la parte norte esta estructura se bifurca en dos tramos, uno de rumbo N35°E denominado La Vigía y el otro de rumbo N74°E nombrado La Veguita, con índices y criterios similares.
- Falla Cayo Guam: Con una dirección N15°W, se extiende desde la parte alta del río de igual nombre, siguiéndose con nitidez hasta Punta Yagrumaje. Al igual que la falla Los Indios, esta estructura aparece cortada y desplazada en varios tramos por fallas de dirección noreste y sublatitudinales.
- Falla Quesigua: Se expresa a través de un arco con su parte cóncava hacia el este nordeste, manteniendo en su parte septentrional un rumbo N10°E y en la meridional N40°W. Se extiende desde la barrera arrecifal hasta interceptar el río Jiguaní al sudeste del área de trabajo.

El tercer sistema de estructuras está constituido por dos fallas de tipo strike - slip denominadas Cananova y El Medio. Por la posición que ocupan,

orientación y componentes fundamentales de los desplazamientos no tienen similitud con las fallas antes descritas y su origen corresponde al Mioceno medio, cuando se inician los movimientos hacia el este de la placa Caribeña a través de la falla Oriente, lo que desarrolla un campo de esfuerzo que provoca la compresión del bloque oriental cubano en la zona de sutura de éste con la Plataforma de Bahamas, lo que originó la ruptura y el reacomodamiento de la corteza.

- Falla Cananova: Fue mapeada a escala 1: 25 000 desde la Bahía de Yaguaneque hasta el poblado de Jucaral presentando un rumbo predominante N53°W. Es cortada en diferentes puntos por estructuras submeridionales, caracterizándose toda la zona de falla por el grado de cizallamiento de las rocas.
- Falla El Medio: Fue mapeada desde Punta Mangle hasta su intersección con el río Quesigua con un rumbo aproximado de N40°E. Al igual que la Falla Cananova, origina un alto cizallamiento de las rocas a través de todo su trazo.

El cuarto sistema de fracturas que aparece desarrollado en el territorio, corresponde a estructuras sublongitudinales que aparecen en toda el área pero que tienen su máxima expresión en las zonas periféricas de los sectores de máximo levantamiento, como por ejemplo las fallas a través de las cuales corren algunos tributarios como el arroyo La Veguita del río Moa, el arroyo La Vaca, arroyo Colorado al oeste del Cerro Miraflores y la de mayor envergadura que se encuentra al sur de Caimanes, lo cual permite considerar su origen asociado a procesos de descompresión o expansión de bloques al disminuir las tensiones horizontales que mantienen cohesionado los macizos rocosos debido a los movimientos verticales diferenciales, lo que justifica la ausencia de desplazamientos geológicos y geomorfológicos apreciables. La edad de este sistema es considerado post Mioceno, cuando se inicia el proceso de ascenso definitivo del territorio actual de Cuba oriental como tendencia general.

Desde el punto de vista morfotectónico, al territorio se divide en varios bloques que se desplazan entre sí a través de las fallas activas, fundamentalmente del segundo sistema, con movimientos verticales y horizontales, formando un sistema de horts y grabens (Rodríguez, 1998).

Los principales bloques propuestos para el área de Moa son los siguientes:

- **Bloque Cabaña:** Situado en el extremo occidental del área de trabajo, con una orientación noreste desde la localidad de Zambumbia hasta Cayo Moa Grande y hacia su porción meridional, en la zona Cayo Grande - Caimanes Abajo mantiene una dirección noroeste.
- **Bloque Moa:** Se encuentra ubicado en la parte centroccidental del área de trabajo, al este de bloque Cabaña con el cual contacta a través de la falla de igual nombre y al este con el bloque El Toldo según la falla Moa, extendiéndose de norte a sur en forma de una franja cóncava hacia el este.
- **Bloque El Toldo:** Ocupa la posición central del área de estudio, estando su límite occidental marcado por la falla Moa y el oriental por las estructuras Cayo Guam y Quesigua, siendo el bloque de máxima extensión, al cual le corresponden también los máximos valores del levantamiento relativo de la región.
- **Bloque Cayo Guam:** Es el de más pequeña extensión en el área y se dispone como una cuña entre los bloques El Toldo y Cupey a través de las fallas Cayo Guam y Quesigua respectivamente y al igual que el bloque Moa se comporta como un escalón intermedio en descenso respecto al bloque El Toldo.
- **Bloque Cupey:** Se ubica en el extremo oriental del área de estudio desde la falla Quesigua hasta la coordenada 721 000 tomada como límite convencional. Este bloque aparece subdividido en cinco sub - bloques menores a través de las fallas El Medio, Cupey y Jiguaní.

I.6 Geomorfología regional.

Debido a la existencia de condiciones geológicas contrastantes desde el Mesozoico, se reflejan de forma singular en el relieve de la región el accionar de complejos procesos geotectónicos. A estos se han superpuesto desplazamientos verticales, oscilatorios, diferenciados e interrumpidos así como la separación en bloques del territorio.

El territorio se clasifica en dos zonas geomorfológicas fundamentales: la zona de relieve de llanuras y la zona de relieve de montañas, con subtipos específicos. (Rodríguez, 1998).

Zona de Llanuras. Se desarrolla en toda la parte norte del área ocupando la zona comprendida desde la barrera arrecifal hasta los 100-110 m de altura hacia el sur. La formación de estas llanuras está relacionada con la acción conjunta de diferentes procesos morfogénicos que en ella han actuado, predominando los procesos fluviales y marinos.

La zona de llanura fue clasificada en tres subtipos:

- Llanuras acumulativas marinas.
- Llanuras fluviales.
- 1. Acumulativas
- 2. Erosivo-acumulativas
- Llanuras acumulativas palustres parálidas.

Zona de Montañas. Esta zona geomorfológica es la más extendida dentro del área de las investigaciones ocupando toda la parte sur y central, además del Cerro de Miraflores y las zonas nordeste y noroeste del poblado de Cananova.

Teniendo en cuenta esos parámetros la zona de relieve de montaña fue clasificada en cuatro subtipos:

- Zona de premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas.
- Zona de submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas.
- Zona de montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas.
- Zona de montañas bajas diseccionadas.

Conjuntamente con estas zonas geomorfológicas, aparecen en la región un conjunto de formas menores del relieve o elementos del paisaje que constituyen elementos importantes en la caracterización geomorfológica regional, son criterios de evaluación tectónica y algunas representan un peligro para el medio ambiente. A continuación se hace un análisis de cada una de ellas partiendo de su origen e importancia en el contexto territorial.

Formas Cársicas. En las rocas del complejo ultramáfico, en el área comprendida entre las cuencas de los ríos Moa y Calentura por el noroeste y el cauce superior del río Jiguaní por el sudeste, correspondiendo a la parte más alta del peniplano antiguo y a las mayores elevaciones de las Cuchillas de Moa (700-1200 m), aparecen dolinas, sumideros, lapíez o karren; así como, otras

formas cársicas típicas de la zona como las estructuras columnares y piramidales de extremos afilados y cuellos erosionados. Muchas de estas formas aparecen alineadas y orientadas en dirección nordeste y noroeste sirviendo como criterio de fotointerpretación de estructuras disyuntivas.

Barrancos. Es muy frecuente dentro del territorio encontrar formación de barrancos en la parte alta y media de los ríos que atraviesan el complejo ofiolítico y que tienen un fuerte control estructural. Estos barrancos alcanzan su mayor expresión en la parte centro meridional y llegan a desarrollar pendientes de hasta 45° con alturas máximas de 240 m, lo cual hace susceptible a estos sectores al deslizamiento y arrastre de suelos. Ante la actividad sísmica estos barrancos constituyen sectores de alta vulnerabilidad, no sólo porque su génesis está relacionada con las estructuras tectónicas activas del territorio, sino también, porque favorecen la dinámica erosiva en su superficie que debido a las grandes pendientes se encuentran descubiertas de vegetación.

Existen formas del relieve que han sido provocadas por la actividad antrópica, las cuales se citan a continuación:

Áreas minadas y escombreras. Con el crecimiento de la producción niquelífera se agigantan, constituyendo sectores descubiertos y desmembrados que aceleran el proceso de acarcavamiento, intensifican el arrastre de los suelos con la consabida ruptura del equilibrio fluvial y provocan la acumulación anómala de sedimentos en las zonas bajas.

Presas de colas. Estas se multiplican en el paisaje moense y degradan progresivamente el medio físico.

I.7- Características hidrogeológicas.

Debido al régimen de precipitaciones, particularidades hidrogeológicas regionales, características de las rocas acuíferas y parámetros hidrogeológicos existentes en el territorio, lo identificamos como una zona de elevada complejidad hidrogeológica. Se ha establecido para la región, la existencia de cinco complejos acuíferos fundamentales, a partir de la caracterización del tipo de rocas presentes, así como, de su capacidad para el almacenamiento en mayor o menor grado de aguas subterráneas (Sidimohamed Jatri, 2002; Pérez, 1999), los mismos son descritos a continuación:

- Complejo acuífero de las ofiolitas

Se extiende en dirección noroeste-sudeste, al oeste del río Moa. Litológicamente se encuentra constituido por serpentinitas alteradas, peridotitas serpentinizadas y piroxenitas. La capacidad acuífera ha sido poco estudiada; su profundidad de yacencia es de 1.3 - 12 metros. El coeficiente de filtración (K) oscila entre 1 - 14.7 m/día, el gasto de aforo (Q) entre 1.2 - 4 L/s. según las clasificaciones de Kurlov y Aliokin las aguas son de tipo hidrocarbonatadas - magnéticas.

- **Complejo acuífero de los sedimentos costeros**

Se extiende por casi todo el norte del área, formando una franja estrecha que presenta dimensiones de 1 - 2 Km. de ancho. El relieve es costero con cotas de 0 - 2m sobre el nivel del mar; su edad se corresponde con el Cuaternario. Su composición litológica integrada por depósitos arcillosos contiene fragmentos angulosos de composición múltiple. Las rocas acuíferas se asocian a calizas organogenias, en menor escala sedimentos no consolidados, así como, depósitos arcillo - arenosos con fragmentos angulosos de composición variada. Predominan aguas cársicas y de grietas, y en algunos casos intersticiales. Por lo general tienen interrelación hidráulica con el agua de mar.

A una profundidad comprendida entre los 1 - 5 m yace el nivel freático. El coeficiente de filtración (K) de estas rocas alcanza valores hasta los 268.4

M/días, el gasto (Q) es aproximadamente de 14 L/seg., con un gasto específico (q) de 93.4 L/seg. En las calizas, según Kurlov el agua se clasifica como clorurada – hidrocarbonatada – sódica.

- **Complejo acuífero de los sedimentos aluviales.**

Se extiende en dirección norte – sur formando una franja ancha en su parte inferior, y estrecha en la superior, ocupando prácticamente la totalidad de las terrazas de los ríos más importantes, así como, los valles de sus afluentes. Constituido por gravas, arenas, cantos rodados y arenas arcillosas, con una potencia de 15 m de potencia aproximadamente, estos sedimentos se asocian con una edad cuaternaria y se caracterizan por su alta capacidad para el almacenamiento de agua. El coeficiente de filtración (K) varía de 13 - 290 m/días, mientras que su gasto de aforo (Q) oscila entre 2 - 57 L/seg. Estas aguas yacen a una profundidad comprendida entre los 1 - 5 m; y se denominan según las clasificaciones de Kurlov y Aliokin como hidrocarbonatadas magnéticas.

- Complejo acuífero de las lateritas.

Se extiende por casi toda la zona ocupando gran parte del área. Su composición litológica se corresponde con potentes cortezas de intemperismo, representando a un acuitando, debido al predominio de aguas capilares y de potencias considerables de lateritas que alcanzan los 30 m de potencia, con un marcado desarrollo de procesos de capilaridad, donde los ascensos capilares de las aguas pueden alcanzar alrededor de 20 m. Las precipitaciones atmosféricas son la fuente principal de alimentación de esta agua. Por su composición química son aguas hidrocarbonatadas – magnésicas y sódicas de baja mineralización.

- Complejo acuífero de los sedimentos terrígenos – carbonatados.

Aparece este complejo solo en una pequeña porción al norte del poblado de Cañete. Constituido geológicamente por margas estratificadas, calizas compactas, depósitos brechosos de carácter tanto tectónico como sedimentarios, aleurolitas y conglomerados. Las rocas acuíferas se corresponden con los conglomerados brechosos y las calizas, y en menor medida, las margas estratificadas.

Por otra parte, el GEIPI y E.I.P.H Habana editaron el Mapa Hidrogeológico de Cuba; donde en el Informe Técnico Conclusivo de Hidrogeología realizado en el yacimiento Punta Gorda entre el 2002 y 2004, tomaron como base este mapa, haciéndosele algunas correcciones según el conocimiento geológico actual de la zona.

Características ingeniero – geológicas.

Debido a la intensidad con que se manifiestan los procesos de meteorización en el territorio de Moa (predominando el intemperismo químico), se forma la típica corteza laterítica, a partir de la cual surgen los yacimientos de tipo residual ricos en Ni, Fe y Co. La formación y desarrollo de estas cortezas están condicionadas por:

- Existencia de un macizo rocoso de composición ultra básica.
- Existencia de un clima cálido y húmedo.
- Presencia de un relieve casi plano que no permita que el escurrimiento superficial favorezca la erosión y el transporte de los productos de la meteorización.

- Existencia de sistema de grietas y fisuras de diversos orígenes.

Los potentes horizontes lateríticos en las cortezas de meteorización reflejan la combinación de estos factores en el territorio, con particularidades en sus propiedades geotécnicas, considerándose estos **suelos especiales**. Estos suelos presentan particularidades específicas en cuanto a su densidad seca (γ_d), composición granulométrica e índice de plástico (I_p). La densidad seca (γ_d) se caracteriza en estos suelos por disminuir con respecto a la profundidad, aumentando a su vez el índice de poros (e); la composición granulométrica manifiesta una variación con la profundidad similar a la densidad seca, es decir, es gruesa hacia la superficie disminuyendo con la profundidad estableciéndose una relación biunívoca entre la densidad y la composición granulométrica, correspondiendo a los suelos gruesos densidades altas y a los suelos finos densidades más bajas. (Riverón, 1996; Carménate, 1996).

I.8 Zonificación ingeniero – geológica del área.

A partir de la clasificación anterior y tomando como base la información geotécnica de las diferentes obras investigadas por la ENIA # 6 – Holguín, además de considerar factores como el relieve, la profundidad de yacencia de las aguas subterráneas, tipos de suelos (y sus propiedades físico – mecánicas, fue obtenido un mapa de zonificación ingeniero geológica de las áreas urbanas y suburbanas de Moa, quedando dividida en zonas y subzonas. [Tabla N° 4]. (Carménate y Riverón, 1996).

Tabla N° 4. División de áreas urbanas y suburbanas de Moa en zonas y subzonas ingeniero geológicas I, II y III.

Zona I	Zona II	Zona III
<i>Subzonas</i>	<i>Subzonas</i>	<i>Subzonas</i>
I - a	II - a	III - a
I - b	II - b	III - b

I - c	II - c	III - c
I - d		
I - e		

Zona I. Comprende la parte sur y oeste del territorio; abarcando los repartos Rolo Monterrey y Miraflores, presas de colas, Politécnico, Combinado Lácteo y Universidad. Aparecen suelos lateríticos de color que varía de rojo vino a carmelita verdoso y serpentinitas de coloración verde amarillenta; se encuentra afectada por la erosión, fundamentalmente en cárcavas.

- § Subzona I – a. Abarca completamente el reparto Rolo Monterrey. De acuerdo a las propiedades físico-mecánicas estos suelos presentan una clasificación.
- § Subzona I – b. Comprende el área de inundación de los ríos Cabañas y Moa durante sus crecidas. Es una zona desfavorable para la construcción; no se han realizado perforaciones en ella, por lo que se carece de información geotécnica de la misma.
- § Subzona I – c. Abarca las presas de colas de la fábrica “Cdte. Pedro Soto Alba”. No se muestran las propiedades físico – mecánicas del suelo por carencia de información.
- § Subzona I – d. Comprende las áreas donde se encuentran el reparto Armando Mestre, CEPRONI, el politécnico Níco López y el Combinado Mecánico. Estos suelos son clasificados en la tabla 1.
- § Subzona I – e. Se encuentra hacia el oeste de la ciudad y abarca las áreas a las que pertenecen la Universidad, Combinado Lácteo, repartos Atlántico y Miraflores; presentando su respectiva clasificación.

Zona II. Abarca los repartos Las Coloradas, Caribe, La playa, Los Mangos, Joselillo, Haití Chiquito, Las Coloradas Viejas y el poblado de Moa.

- § Subzona II – a. Conformada por los repartos Caribe y Las Coloradas con propiedades físico – mecánicas clasificadas en la tabla 2.

- § Subzona II – b. Encierra los repartos La playa, Los Mangos, Las Coloradas Viejas y el poblado de Moa; destacándose tres tipos de suelos fundamentales.
- § Subzona II – c. Abarca los repartos de Joselillo y Haití Chiquito; prescinde de caracterización de las propiedades físico – mecánicas del área debido a ausencia de investigaciones.

Zona III. Comprende las áreas que ocupan el aeropuerto, el puerto y la zona pantanosa que se encuentra en la parte NW del territorio.

- § Subzona III – a. Ocupa toda el área pantanosa del norte de la zona. Los suelos son típicos de pantano (cieno) de color negro azulado, resultando desfavorable para la construcción.
- § Subzona III – b. Encierra la pista del aeropuerto y sus áreas cercanas.
- § Subzona III – c. Comprende el puerto y áreas cercanas, existiendo dos tipos de suelos según las propiedades físico – mecánicas del mismo.

De manera general, estos suelos cumplen con las características descritas anteriormente; son suelos cuya densidad seca disminuye con la profundidad, mientras que aumenta su índice de poros, haciéndose alto éste en aquellos suelos donde es baja la densidad seca y se manifiesta así para cada zona donde se tomaron muestras y se clasificaron los suelos. Esta característica es producto a los fenómenos que han intervenido en la formación del suelo, ya que al presentar un origen químico debido a la descomposición de la roca serpentínica en la cual son lixiviadas la mayoría de sus componentes, por lo que se producen muchos espacios, provocando un aumento del índice de poros (e) y una disminución de la densidad seca (γ_d).

Valoración del macizo rocoso

El agrietamiento debido a que determina en mayor o menor medida la solidez y estabilidad de las rocas que conforman la base natural de las construcciones, es un fenómeno de suma importancia en la valoración ingenieril de cualquier tipo de obra a construir.

En el territorio afloran rocas correspondientes a la asociación ofiolítica, con desarrollo de un intenso agrietamiento fundamentalmente de génesis tectónica

desde el punto de vista natural, pero que también puede ser provocado por acciones ah trópicas.

En las investigaciones realizadas se ha caracterizado el tipo de roca existente debajo de la corteza de intemperismo, a partir del estudio de las calas geotécnicas construidas en el poblado de Moa. Determinando los tipos de rocas que aparecen en dichas obras, existencia de agrietamiento, presencia de agua en las grietas (caudal < 5 L/min), así como, tipo de relleno y estabilidad de estas con respecto a las obras (son muy inestables, con valores de estabilidad muy bajos, $Q < 1$). Las propiedades físico – mecánicas varían poco en el área generalmente. [Tabla N°5].

Tabla N°5. Promedios de las propiedades físico – mecánicas del macizo rocoso.

Resistencia a Tracción (σ_t) Kpa	Resistencia a compresión (σ_c) Kpa	Humedad (w) %	Densidad Húmeda (γ_t)	Densidad seca (γ_d) Kn/m3	Peso específico (γ_s) Kn/m3
1601.3	1209.9	2.48	23.18	22.63	32.0

I.9-Situación sismológica del Municipio de Moa.

El 20 de marzo de 1992 ocurre un terremoto de Magnitud 4.3 en la escala de Richter, a 15 Km. al Este de la ciudad de Moa, en los $20^{\circ} 48'$ de Latitud Norte y los $74^{\circ} 48'$ de Longitud Oeste frente a la costa, en la localidad conocida como Cupey, a una profundidad de 5 km. Este sismo con una intensidad máxima de VI en la escala MSK en Moa, produjo agrietamientos de paredes en escuelas y edificios de viviendas de esta ciudad; siendo perceptible en toda la provincia Guantánamo y algunos municipios de las provincias de Holguín, Santiago de Cuba y Granma.

Este es el primer terremoto de estas características que se registra en las cercanías de Moa y aunque no existen reportes históricos de la ocurrencia de un terremoto fuerte con epicentro en esta localidad, no niega la posibilidad de su ocurrencia en épocas anteriores, ya que esto puede deberse a la no existencia de una infraestructura socioeconómica y cultural que permitiera el

archivo de estos datos como ocurre en Baracoa, donde se reporta el primer terremoto histórico en el año 1528. Es de interés señalar que en esta última ciudad se reportan sentidos muchos terremotos, algunos de los cuales tuvieron su epicentro al Norte de la Española, aunque otros pueden haber ocurrido en la zona de Moa.

El 28 de diciembre de 1998 ocurrió un sismo de magnitud 5,4 en la escala Richter a 55 Km al Noreste de la ciudad de Moa, en los 21° 06' de Latitud Norte y los 74° 48' de Longitud Oeste, que alcanzó una intensidad de VI grados en la escala MSK en esta ciudad. Hasta el 4 julio de 1999 se reportaron 16 eventos perceptibles y fueron registrados por nuestra red de estaciones 437 sismos de diferentes rangos energéticos. Teniendo en cuenta la energía liberada en esta serie, donde además del sismo principal de 5.4 de Magnitud, ocurrieron 3 sismos de magnitudes iguales o superiores a 4, se define a esta serie como la más energética del país después de la serie de sismos iniciada el 25 de mayo de 1992 en la zona de Cabo Cruz.

El 5 de julio de 1999 ocurre otro sismo, con una magnitud 3.7, localizado en los 20° 30' de Latitud Norte y los 75° 06' de Longitud Oeste, a 15 Km. al Suroeste de la ciudad de Moa, a una profundidad de 15 Km., con una intensidad de V grados en la escala MSK en las ciudades de Moa y Sagua de Tánamo. También fue sentido, pero con una intensidad de IV grados, en las localidades de Nicaro y Frank País. Hasta el 13 de septiembre de 1999 se registraron 1340 sismos de diferentes rangos energéticos, de ellos 37 perceptibles, la inmensa mayoría situados alrededor de la zona epicentral, situada entre la localidad conocida como Cayo Chiquito y el Cerro de Miraflores, lo que demuestra la envergadura del proceso geodinámico en ese territorio.

Después de las series de terremotos de los años 1998-1999 ha continuado la actividad sísmica de manera significativa en la Región del Nordeste Holguinero, siendo una de las zonas sísmicas del territorio nacional mas activas del país, prueba de esto es que durante el año 2005 se registraron un total de 101 sismos, de ellos uno de 3.7 de magnitud en la escala de Richter, el de mas alta energía registrado en ese año en todo el país. A continuación se presenta una tabla que refleja la cantidad de sismos ocurridos desde el año 2000 hasta el 27 de Noviembre del 2007. Se observa claramente que el 2007 han ocurrido

mayor cantidad de terremotos en esta región en los últimos 8 años en solo 8 meses (Ver gráfico N°2).

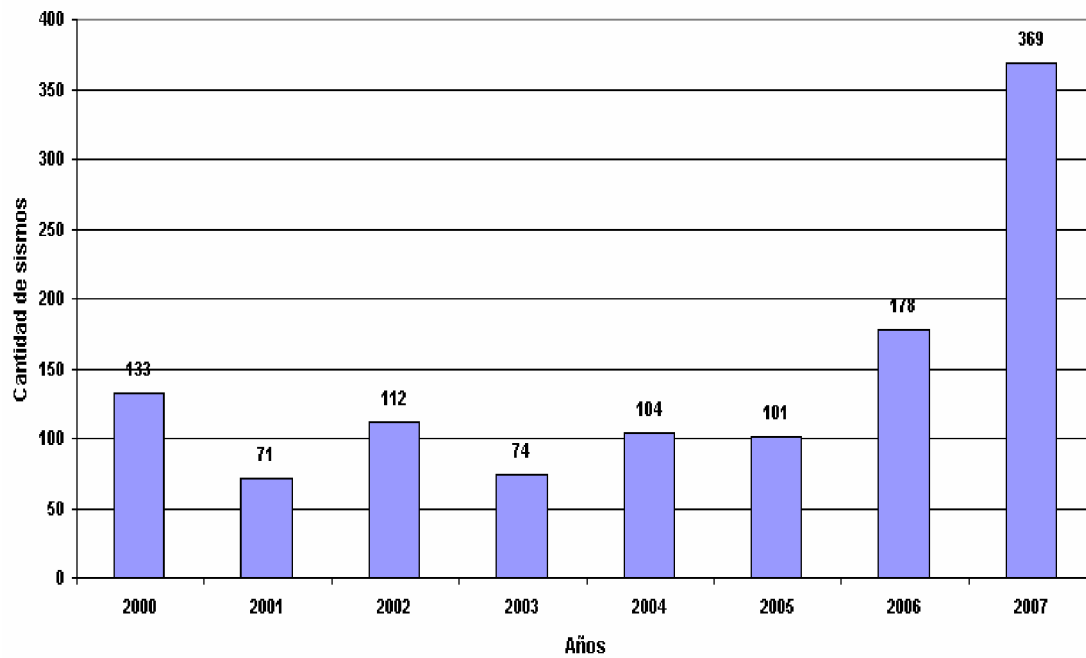


Gráfico N°2. Reportes de los sismos ocurridos en el Municipio de Moa desde el 2000 hasta 8/2008

CAPITULO II. CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS LABORES MINERAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL TUNEL.

II.1 Introducción.

En el presente capitulo se realizarán los cálculos de los procesos tecnológicos que intervienen en la construcción de la obra subterránea, para lo cual se efectuará el cálculo y diseño de la transportación, fortificación y ventilación del túnel, por lo que se realizará una caracterización de la tecnología que se empleará para la ejecución de tales actividades.

II.2 Caracterización de la tecnología a emplear para la ejecución del túnel.

Equipamiento para el arranque del material.

El arranque de las rocas se realizara con el martillo picador del tipo MO-8. En la tabla N° 6 se exponen sus características técnicas.

Tabla N° 6. Especificaciones técnicas del martillo rompedor.

MO-8	Peso en <i>kg</i>	Numero de golpes por minuto	Engría de golpe <i>kg / m</i>	Presión de aire comprimido <i>kg / m²</i>	Gasto de aire <i>m³ / min</i>
Índice	8	1800	3.15	5	1.2

Equipamiento para la carga del material.

La carga se realizará con el empleo de una pala manual. La productividad que se alcanza en esta actividad es muy pequeña dependiendo de 4 factores fundamentalmente, ellos son:

- Ø Distancia de traslado hasta el medio de transporte
- Ø Altura del medio de transporte
- Ø Tipo y estructura del material que se carga
- Ø Estado del piso y otros.

Equipamiento para la transportación del material.

Para el traslado del material desde el frente de trabajo hasta la salida de la excavación contaremos con un pequeño transportador de banda, cuyas características técnicas se evidencian en la tabla N° 7.

Tabla N° 7. Especificaciones técnicas del transportador de banda.

Ancho de la banda, <i>mm</i>	Velocidad de desplazamiento, <i>m/s</i>	Productividad, <i>t/h</i>	Potencia, <i>kw</i>	Condiciones de empleo
600	1.6	330	40	En excav. horizontales, inclinadas hasta 8 grados

Es decir la combinación de arranque carga y trasporte complementan los procesos tecnológicos básicos para lograr el avance de la excavación, después de producirse el arranque con el martillo rompedor, se procede a la carga en de las rocas al transportador de bandas que evacuará inmediatamente el material.

Equipamiento para la ventilación del túnel.

La ventilación se realizará empleando los dos esquemas básicos, por tiro natural y forzado, la primera variante será utilizada durante la construcción de la obra y la segunda para la etapa posproyecto, para la cual debe cumplir las exigencias de caudal que exigen las normas que consideran el personal que será evacuado en el túnel. El ventilador a utilizar (Ver tabla N° 8) para las dos variantes será el mismo solo varía la cantidad a emplear para las dos etapas antes mencionadas.

Tabla N° 8 Especificaciones técnicas del ventilador

Tipo de vent.	Energía usada	Product. <i>m³ / min</i>	Gasto de engría <i>kw</i>	Dimensiones (mm)			Peso Kg.
				Long	Ancho	Alto	
VMI-3	Eléctrica	56	2	560	450	450	80

Equipamiento complementario.

Para este caso solo tendremos como equipo complementario el compresor que abastecerá de aire comprimido al equipo de arranque, sus características técnicas se muestran en la tabla N° 9.

Tabla N° 9 Especificaciones técnicas del compresor.

Tipo de compresor	Gasto de combustible L/h	Productividad (m³/h)	Presión atmosférica (atm.)	Peso (kg)
B-CSH	12	10	7	1200

II.3 Elección de la forma y dimensiones de la sección y del tipo de fortificación.

II.3.1 Elección y cálculo de la fortificación.

La elección del material de fortificación se realiza basada en una serie de aspectos:

- ü Vida de servicio que se le proyecta a la excavación.
- ü Propiedades físico – mecánicas de las rocas a través de los cuales se laboreará la excavación.
- ü Si la excavación se encuentra fuera o dentro de la zona de influencia de los trabajos de arranque y otros.

La fortificación es una de las tareas fundamentales al proyectar una excavación subterránea, ella debe cumplir con una serie de exigencias tanto técnicas, productivas como económicas, tales como:

- ü Su resistencia debe permitir la asimilación de la carga que actúa sobre ella dentro de determinados límites.
- ü Debe ser estable, conservando su forma inicial bajo la acción de cargas.
- ü Su ubicación no debe dificultar los procesos productivos.
- ü En la excavación, la fortificación debe ocupar el menor espacio posible.
- ü Los gastos de construcción y mantenimiento de la fortificación deben ser mínimos.

La fortificación que se utilizará en el proyecto es de piedra de hormigón, esta fortificación según su forma es bastante parecida a la de hormigón. La forma más difundida en esta clase es la de paredes rectas y techo en forma de bóveda circular.

Este tipo de fortificación, al igual que la de hormigón, se emplea para fortificar excavaciones con larga vida de servicio que estén fuera de la influencia de los trabajos de arranque.

Para la preparación de ésta, preferentemente se usan bloques de hormigón de 30 a 50 cm. de espesor, en dependencia de la dimensión de la excavación.

La misma se construye de distintos tipos de materiales: ladrillos, piedras de hormigón, piedra de sílice y escoria, entre otras.

La fortificación se puede instalar: detrás del frente a una cierta distancia de él (en caso de rocas de gran longitud), después que halla laboreado toda la excavación (en caso de rocas estables) y simultáneamente con el avance del frente como ocurre casi siempre en laboreo de excavaciones de gran sección.

Lo primero que debemos construir en esta fortificación son los cimientos, vertiendo en ellos la mezcla de hormigón de forma continua y por capas que van densificándose. Esta mezcla llega al frente de trabajo desde la superficie en tinajas o vagones especiales, después de hechos los cimientos se esperan de 3 a 5 días para proceder a la construcción de las paredes.

Las paredes se van construyendo simultáneamente por ambos lados y a medida que ellas se van levantando se va colocando detrás de la misma el relleno compuesto por pedazos de rocas y un mortero, el espesor de este relleno no debe sobrepasar de los 10 a 20 cm.

Para la construcción de la bóveda que se hace después de terminada la construcción de las paredes se utiliza una cercha metálica la cual debe ser de fácil de construcción, además de ser resistente, rígida y estable.

Para el cálculo de la presión minera se utilizará la hipótesis de Protodiakonov, la cual plantea que sobre la excavación se forma una bóveda de equilibrio natural que descarga al techo de la excavación de la carga producida por la roca que se encuentra por encima de dicha bóveda. (Ver anexo 1)

La excavación que nos ocupa está situada a 700 metros de longitud, presenta pocas grietas que la fracturan.

Cálculo de la presión minera.

ü Altura de la bóveda.

La altura de la bóveda se calculó teniendo en cuenta la vida de servicio de la excavación, la cual será de más de 20 años.

$$h_0 = \frac{l_0}{\sqrt{\tan \alpha}}$$

$$h_0 = \frac{0.85}{\sqrt{\tan 30}}$$

$$h_0 = 1.13m$$

Donde:

h_0 : Altura de la bóveda; m

l_0 : Semiancho útil de la excavación

α : Ángulo de fricción interna de las rocas por el techo

ü Espesor de la bóveda en la parte superior.

$$d_0 = 0.06 \sqrt{\frac{2l_0}{h_0}} \left(1 + \sqrt{\frac{2l_0}{f}} \right)$$

$$d_0 = 0.06 * (1 + 1.3)$$

$$d_0 = 0.16m$$

Donde:

f : Fortaleza de las rocas por el techo.

ü Ancho de la bóveda en la zona de los pies.

$$d = (1.25 \sim 1.50)d_0$$

$$d = (1.25)d_0$$

$$d = 1.25 * 0.16$$

$$d = 0.20 m$$

Donde:

ü Ancho de la pared

$$c = (1 \sim 2)d$$

$$c = 1.2 * 0.20$$

$$c = 0.24 \text{ m}$$

ü **Ancho del cimiento**

$$b = (1.0 \sim 1.5)$$

$$b = 1.2 * 0.20$$

$$b = 0.28 \text{ m}$$

ü **Altura del cimiento**

$$m = \frac{b - c}{0.6}$$

$$m = \frac{0.28 - 0.24}{0.6}$$

$$m = 0.12 \text{ m}$$

ü **Carga total de la bóveda**

$$q = \gamma \left(\frac{2a}{f} \right) + e_0 + d_0$$

$$q = 1.5 \left(\frac{0.85}{0.9} \right) + 10 + 0.16$$

$$q = 11.76 \text{ MPA}$$

$$b = \frac{2a}{f} = \frac{2 * 0.9}{0.6} = 3 \text{ m}$$

Donde:

γ : Peso volumétrico de las rocas del techo $\left(\frac{t}{m^3} \right)$

a : Semiancho de la excavación (m)

e_0 : Espesor de relleno (m)

f : Fortaleza de rocas por el techo

d_0 : Espesor preliminar para la bóveda

II.3.2 Elección de la forma de la sección transversal.

En nuestro proyecto emplearemos una sección transversal de paredes rectas con techo abovedado de 3 centros, esto es posible ya que la galería será construida de fortificación de piedra por el cual presenta rocas con una baja fortaleza (0.4-0.9) y el macizo presenta buena estabilidad. También conocemos que este tipo de sección permite que la excavación sea más estable ya que disminuyen las concentraciones de tensiones.

II.3.3- Determinación de las dimensiones de la sección transversal.

Las dimensiones de la sección transversal de las excavaciones transversales dependen de una serie de factores, entre ellos los principales son:

- Destino de la excavación (o sea el uso que va a tener)
- Dimensiones de los equipos que se vayan a utilizar (se refiere a la etapa de la explotación de la excavación)
- Forma en que se prevé el tránsito del personal por ella.
- Cantidad de aire que por ella debe pasar, según los requisitos establecidos por las reglas de seguridad.

Las dimensiones pueden ser determinadas por métodos analíticos y gráficos, en nuestro caso vamos a determinar las analíticamente.

La esencia del método gráfico consiste en representar en un papel las dimensiones del equipo de mayor dimensiones que se va a emplear, así como los espacios de seguridad entre el móvil y el contorno de la excavación, también se tiene en cuenta los espacios para el paso del personal previstos por las reglas de seguridad, con lo que se obtiene la sección útil de la excavación.

En el caso del método analítico las dimensiones se determinan mediante el cálculo, teniendo en cuenta los parámetros antes mencionados. (Ver anexo 2)

Datos para el laboreo de la excavación.

- Excavación horizontal.
- Sección transversal: Paredes rectas con techo abovedado.
- Longitud de la excavación: m.

Ancho útil de la excavación fortificada; m.

$$B = m + ZA + n = 0.40 \text{ m} + 0.60\text{m} + 0.70\text{m} = 1.7\text{m}$$

Donde

.m – espacio que se deja entre el móvil y la fortificación, en este caso a la pared de la excavación. y la fortificación, en este caso a la pared de la excavación. (0.40 m).

Z – numero de vía. (1).

.n – Espacio para el paso del personal. (0.70 m).

A – Mayor ancho de los medios de transporte. (0.60 m).

Altura útil de la excavación. (h_u)

$$h_b = \frac{B}{3} = \frac{1.7}{3} = 0.56 \text{ m}$$

Donde

h_b – Altura de la bóveda

$$h_u = h_1 + h_b = 1.40 + 0.63 = 2.03 \text{ m}$$

Donde

h₁ – altura de la pared de la excavación. (1.40 m).

Área útil de la excavación (m²)

$$S_u = B(h_u + 0.26 * B)$$

$$S_u = 1.7(2.03 + 0.26 * 1.7)$$

$$S_u = 1.9(2.03 + 0.44)$$

$$S_u = 4.2 \text{ m}^2$$

Altura del proyecto. (h_p)

$$h_p = h_u + t = 2.03 + 0.0 = 2.03 \text{ m}$$

Donde

t – Saliente de las anclas colocadas en el techo de la excavación.

Calculo de los radios de la bóveda.

Radio central.

$$R = 0.692 * B = 0.962 * 1.7 = 1.17 \text{ m}$$

Radio lateral.

$$.r = 0.262 * B = 0.262 * 1.7 = 0.44 \text{ m}$$

Ancho del proyecto (B_p).

$$B_p = B$$

$$B_p = 1.7\text{m}$$

Área del proyecto (m^2)

$$S_p = (B_p + 2t) [h_p + e_0 + 0.26(B_p + 2t)]$$

$$S_p = 1.7 + 2t [2.03 + 0.6 + 0.26(1.7 + 2t)]$$

$$S_p = 9.69 \text{ m}^2$$

e_0 : Espesor de la capa de balasto es 0.6 m

Para calcular la presión en nuestra excavación determinamos usar la hipótesis de Protodiakonov. La cual plantea que sobre la excavación se forma una bóveda de equilibrio natural que descarga el techo de la excavación de la carga producida por la roca que se encuentra por encima de dicha bóveda. (Ver anexo 5)

La excavación que nos ocupa está situada a 700 metros de longitud, presenta pequeñas grietas que la fracturan, lo cual por estas condiciones vamos a

Fortificar la excavación completa con ladrillos de hormigón.

II.4 Ventilación del túnel.

En nuestro proyecto dividiremos la ventilación en dos etapas:

II.4.1 Variante (1) ventilación por tiro natural.

La ventilación por tiro natural se realizará por unos pozos de ventilación de 60.00 cm de diámetro, con una distancia de 50 metros entre ellos, haciendo circular el aire desde la superficie hacia el frente de trabajo, donde estos pozos se utilizarán para montar el sistema de ventilación forzado

II.4.2 Variante (2) ventilación por tiro del aire forzado para después de estar laboreada las excavaciones del proyecto.

La ventilación del frente durante el laboreo de excavaciones debe garantizar:

- La eliminación de los gases producto de la explosión.
- La eliminación del polvo del frente producido por la perforación, carga de las rocas y otros procesos.
- La respiración normal de los obreros según las normas sanitarias vigentes.
- La eliminación total de los gases que emanen del macizo rocoso.

En nuestro proyecto utilizaremos el esquema de ventilación de compresión o soplante, este ventilador absorbe aire fresco de la excavación donde está ubicada y la envía al frente mediante la tubería. En final de la tubería en este

esquema debe quedar del frente a una distancia máxima que oscila entre 8 y 10 metros, ya que para una distancia mayor la ventilación no cumple su objetivo. (Ver anexo 4)de

Desventaja: La ventaja de este esquema es que el aire viciado que se elimina del frente va a ocupar el resto de la excavación y no permite a las brigadas de obreros llegar al frente hasta que se elimine totalmente.

Ventaja: Su ventaja es la llegada al frente de trabajo de una corriente de aire fresco a gran velocidad.

II.4.3 Elección del ventilador y tuberías de ventilación.

En nuestro trabajo hemos elegido los tubos de tejidos resinosos de caucho que se preparan de segmentos de 25m de longitud y diámetro de 400 mm. Los segmentos de las tuberías se unen entre sí por medio de orillas con resortes que poseen en sus extremos. Ellos tienen una vida de servicio de 15a 25 mes

En los últimos años, se están usando muchos los tubos de Textovinita que se caracterizan por su ligereza.

El empleo de tubos de gran diámetro implica un mejoramiento en la ventilación del frente, pero encarece la instalación y acompleja su montaje; con el empleo de tubos de pequeño diámetro se abarata la instalación y se simplifica el montaje, pero disminuye la cantidad de aire que llega al frente debido a que aumenta la resistencia aerodinámica de la tubería.

Para el cálculo de la ventilación parcial, se deben realizar las siguientes operaciones:

1. Elección del esquema de ventilación.
2. Elección de las tuberías (longitud, diámetro, tipo, etc.)
3. Determinación de la cantidad de aire que se necesita en el frente
4. Determinar la productividad y depresión que es necesario satisfacer
5. Elegir el ventilador

Como ya hemos mencionado anteriormente la tubería escogida es de caucho, su diámetro es de 400 mm, una longitud de 700 metros, su coeficiente de fricción aerodinámica es de 0.00015.

II.4.4 Cálculo del caudal de aire necesario para la ventilación.

Cantidad de aire necesario para eliminar los gases del frente:

Q₁- Cantidad de aire necesario para eliminar los gases que emanen de las rocas

Q₂ - Cantidad de aire necesario par eliminar los gases de la explosión

Q₃ - Cantidad de aire para garantizar la respiración de los obreros

En nuestro proyecto no vamos a usar (Q₁) ni (Q₂) porque no están presente durante el laboreo de las excavaciones.

II.4.5 Cantidad de aire necesario para garantizar la respiración de los obreros:

$$Q_3 = N_a * n * k = 6 * 4 * 1.5 = 36m^3 / \text{min} = 0.6m^3 / s$$

N_a = La norma de aire por obrero en la mina (6 m³/min.).

n = El número máximo de hombres en la mina (4 hombres).

k – Coeficiente de reserva de aire (1.3 – 1.5).

De los valores calculados de la cantidad de aire necesario se elige el mayor y

se comprueba la velocidad del aire por la excavación.

$$\frac{Q_{\text{máx}}}{S_u} \geq \text{Velocidad mínima permisible (0.15m/s).} = \frac{0.6}{5.59} = 0.10 > 0.15m/s$$

II.4.6 Cálculo de la pérdida de aire en las tuberías:

p = Coeficiente de perdida de aire, el cual caracteriza la relación entre la cantidad de aire que entra al tubería y la que sale de ella al frente.

$$p = \left(\frac{1}{3} * K' * d_t * \frac{L_T}{l_{\text{TRAMO}}} * \sqrt{R_t} + 1 \right)^2 = \left(\frac{1}{3} * 0.0005 * 0.4 * \frac{400}{10} * \sqrt{33} + 1 \right)^2$$

$$p = 0.090m^3 / \text{min}$$

$$p = 0.015m^3 / s$$

d_t = Diámetro de la tubería (0.4m).

L_T = Longitud de la tubería (400m.).

l_{TRAMO} = Longitud de un segmento de tubería (10m.).

K' = Coeficiente de permeabilidad especificas en las juntas (0.0005)

α_f = Coeficiente de fricción aerodinámica (0.00013 Kg²/m).

R_T : Resistencia aerodinámica de la tubería:

$$R_T = \frac{6.5 * \alpha_f * L_T}{d_t^5} = \frac{6.5 * 0.00013 * 400}{(0.4)^5} = \frac{0.33}{0.010} = 33 \text{ Kilomiur}$$

d_t = Diámetro de la tubería (0.4m).

L_T = Longitud de la tubería (400m.).

m = Longitud de un segmento de tubería (10m.).

K' = Coeficiente de permeabilidad especificas en las juntas (0.0005)

α_f = Coeficiente de fricción aerodinámica (0.00013).

II.4.7 Productividad del ventilador:

$$Q_v = p * Q_{m\acute{a}x} = 0.015 * 0.10 = 0.0015m^3 / \text{min} = 0.000025m^3 / s$$

Depresión del ventilador (h_v)

$$h_v = h_e + h_d = 0.0049 + 0.042 = 0.046kg / m^2$$

$$St = \pi * r^2 = \pi * \frac{d^2}{4}$$

$$St = 3.14 * \frac{(0.4)^2}{4} = 0.125m^2$$

$$h_d = \frac{V_m^2 * \gamma_a}{2g} = \frac{(0.83)^2 * 1.2}{2 * 9.81} = \frac{0.82}{19.62} = 0.042kg / m^2$$

Donde:

St : Área del tubo

γ_a : Peso específico del aire (1.2)-

g : Aceleración de la gravedad (9.81)

h_e : Depresión estática del ventilador

h_d : Depresión dinámica del ventilador

Depresión estática (h_e)

$$h_e = p * R_t * Q_{m\acute{a}x}^2 = 0.015 * 33 * (0.10)^2 = 0.0049kg / m^2$$

Velocidad máxima permisible:

$$\frac{Q_{\text{max}}}{St} \leq 15m / s$$

$$\frac{0.10}{0.12} \leq 15m / s$$

$$0.83 < 15m / s$$

Potencia del ventilador:

$$W_v = 1.05 * \frac{Q_v * h_v}{102 * \eta} = 1.05 * \frac{0.000025 * 0.046}{102 * 0.7} = 1.05 * \frac{0.0011}{71.4} = 0.016Kw$$

Donde:

η -La eficiencia del motor, se toma igual a (0.6-0.7)

Terminado los cálculos para la ventilación del frente de trabajo, daremos paso a elegir el ventilador adecuado para la ventilación durante el laboreo de la excavación.(ver anexo 3)

II.5 -Arranque, Carga y Transporte.

II.5.1- Arranque de las rocas

.Para el arranque de las rocas se realizara de forma manual y de forma mecanizada.

En nuestro proyecto el arranque de forma manual, es decir con picos y barretas de excavación arrancando las rocas fácilmente del macizo

.De forma mecanizada se realizara con martillos rompedores

Los martillos rompedores, como forma principal de arranque, se emplean en rocas o minerales con fortaleza hasta de 1.5 en rocas o minerales que contengan gran cantidad de gases y en los casos de excavaciones de pequeña secciones transversales.

Durante el trabajo de es necesario observar las siguientes reglas de explotación y de seguridad:

- Se permite trabajar con martillos que estén en buenas condiciones técnicas.
- El operario debe conocer perfectamente la construcción del martillo.
- Durante los periodos de inactividad del martillo debe mantenerse con la tuerca serrada Como cualquier entrada donde exista la posibilidad de que penetre polvo o grasas.

- La unión de las mangueras con el martillo debe ser completamente cómoda-El arranque de las rocas se realizara por turnos, con un avance del frente de 2.0 a 2.5m haciéndose habitualmente dos pasos por ciclo. La productividad que se alcanza en condiciones dadas depende en lo esencial de la presión que tenga el aire comprimido del martillo picador.

La productividad se alcanza en el laboreo con los martillos rompedores, por las condiciones dadas, depende fundamentalmente de la presión que tenga el aire comprimido.(anexo 5)

II.5.2- Carga de las rocas

La carga de ras rocas se realizara de forma manual ,en la actualidad prácticamente no se usa esta forma de carga ,debido a que no es productiva ,solo se admite en condiciones cuando el volumen no es grande .

La duración de esta operación, cuando la realizamos manualmente puede llegar hasta un 50% del tiempo de duración del ciclo, lo que está en desacuerdo con las altas velocidades de laboreos que se alcanzan en la actualidad.

La carga manual costa en dos etapas:

- preparación de las rocas
- su carga en el medio de transporte

La preparación de las rocas consiste en la limpieza de las paredes y el frente de excavación, la separación de los pedazos grandes.

Este proceso de separación con barretas y picos .La productividad de la carga manual es muy pequeña ella depende varios factores:

- distancia de traslado hasta el medio de transporte
- altura del medio de transporte

Tipo y estructura del material que se carga

-estado del piso y otros.(anexo 4)

II.5.3 Transporte de las rocas

Es decir la combinación de arranque carga y transporte podemos proponer el taladro (ER-16)para agilizar los trabajos de arranque ,la carga y el transporte se

realizara con la pala manual hacia el transportador de banda trasportándolo hacia la salida rápidamente con una productividad de $7.2 m^3$ por turno de 6 horas se adelantaría todos los procesos del túnel .(anexo 4)

.Calculo del transportador

Datos del transportador

v :velocidad del transportador =1.6 m/s

γ : Densidad de las rocas=1.2 t/m

V: productividad=275 m^3 /h

L: longitud del transportador =1000m

ϕ : Talud dinámico de la carga =15°

Q : $V*\gamma = 275*1.2=330$ t/h

ü Calculo de ancho de la cinta

$$B = \left(\sqrt{\frac{V}{k * v} + 0.05} \right) \frac{1}{0.9}$$

$$B = \left(\sqrt{\frac{275}{4700 * 1.6} + 0.05} \right) \frac{1}{0.9}$$

$$B = 0.36 \approx 0.40 \text{ m}$$

Donde:

B = ancho del cinta=600 mm

K: se obtiene de la (tabla 5.8) =4700

Del libro transporte minero

ü Resistencia al movimiento de la banda

$$q = \frac{9.18}{3.6} = \frac{9.8 * 330}{3.6 * 1.6} = 561.4 \frac{N}{M}$$

ü Peso especifico de la banda con ancho 0.40m y masa de $1m^2=37$ kg

$$qb = 37. * 0.4 * 9.81 = 145 \frac{N}{M}$$

ü Peso de las partes rotatorias para la rama cargada

$$P' = 1197N$$

ü Para la rama de retorno

$$P'' = 462N$$

ü La distancia en los rodillos donde

$$l' = 1m$$

$$l'' = 3m$$

ü El peso específico sera

$$q' = \frac{1197}{1} = 1197 \text{ N/M}$$

$$q'' = \frac{462}{3} = 154 \text{ N/M}$$

ü Distribución de resistencia tomando el coeficiente de resistencia $\omega = 0.03$

$$w_c = (q + qb + q'_r)L\omega + (q + qb)H$$

$$w_c = (561.4 + 145 + 1197)1000 * 0.03 + (561.4 + 145)28.8$$

$$w_c = 77446.32 \text{ KN}$$

$$W_v = (qb + q''_r)L\omega' - qb * H$$

$$W_v = (145 + 154)1000 * 0.03 - 145 * 28.8$$

$$W_v = 4794 \text{ KN}$$

H: altura = 28.8

ü Fuerzas de tensiones de la banda en los puntos (1-7)

α : Factor de tracción par un ángulo de abrazado

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$$

$$\alpha = 160 + 200 = 360^\circ$$

Por lo siguiente

$$e^{u\alpha}$$

$$e^{0.30 * 360}$$

$$= 8$$

$$S_{ent} \leq 8S_{sal}$$

ü Se observa en la (tabla 5.13) del libro TRANSPORTE MINERO y hallamos.

$$S_{ent} = 1.12S_{sal} + 382.8$$

$$S_{ent} = 456.3 \text{ kn}$$

$$S_{sal} = 65.7 \text{ kn}$$

ü La fuerza de tracción será:

$$W_0 = S_{ent} - S_{sal}$$

$$W_0 = 456.3 - 65.7$$

$$W_0 = 390.6 \text{ kn}$$

ü La potencia de los equipos al tomar un rendimiento $n = 0.9$ será:

$$N = \frac{W_0 * v}{n} = \frac{390.6 * 1.6}{0.9} = 694.4 \text{ kw}$$

Usamos 3 motores de 650 kw

Dos motores par el tambor 1

Un motor para el tambor 2

En este caso la reserva potencial será:

$$\frac{1950 - 17.36}{1350} = 12 \%$$

La tensión de tracción en la banda sera:

$$F_t = \frac{\text{sent}}{B} = \frac{456300}{60} = 7605$$

ü Resistencia de reserva

Resistencia a la ruptura = 12348 (tabla 5.12) libro TRANSPORTE MINERO

$$K = \frac{12348}{7605} = 1.6$$

ü Peso de la banda es 30 kg

$$w_1 = \text{sent} \frac{e^{u\alpha_1} - 1}{e^{u\alpha_1}}$$

$$w_1 = 456.3 \frac{2979.95}{2980.95} = 208 \text{ KN}$$

ü Fuerza de tracción por el transportador w_1 y w_2

$$w_2 = w_0 - w_1$$

$$w_2 = 390.6 - 259 = 182.6 \text{ kg}$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{208}{182} = 1.14$$

II.6 Operaciones auxiliares

Las operaciones auxiliares también tienen una importancia marcada en el laboreo de las excavaciones, aunque estas operaciones como su nombre señala son aquellas que se realizan simultáneamente a las principales y no se señalan en el ciclorama de trabajos, es necesario dedicarles una atención puesto que ellos van a influir en la organización del trabajo y por consiguiente en la productividad de la mina.

II.6.1 – Iluminación.

En condiciones subterráneas, para aumentar la seguridad del trabajo y la productividad, es indispensable una buena iluminación. Al laborear se exige una buena iluminación del frente y de todas las zonas en que se esté trabajando, tanto para las operaciones principales como para las auxiliares.

Por tal motivo se requiere que el frente de trabajo y las excavaciones por la que a él se llega estén bien iluminados. A medida que el frente avance cada 10 – 20 m se debe ir alargando la red eléctrica de alumbrado.

Las máquinas cargadoras y carros de perforación poseen faros que iluminan directamente el lugar del trabajo y en el resto de la excavación se ilumina la extensión necesaria con lámparas estacionarias de 80 a 100 V, colocándose estas lámparas a la distancia que demande la situación (cerca del frente, por lo general se sitúan cada 4 a 6 metros).

En caso de que se desconecte la energía, los obreros poseen lámparas portátiles de acumulador.

II.6.2 Construcción de desagüe.

El agua que llega a las excavaciones se elimina por gravedad a través de zanjales construidas en el piso de estas, con una cierta inclinación hacia el colector.

El arranque de las rocas para la construcción de la zanja de desagüe se realiza simultáneamente con el arranque de las rocas del frente, para esto se le dará al barreno del extremo izquierdo del piso de la excavación la inclinación y profundidad necesaria.

La forma, las dimensiones y el material de fortificación de la zanja se eligen en dependencia de una serie de factores.

- Magnitud del flujo del agua en la excavación.
- Propiedades de las rocas.
- Tipo de fortificación que se emplean en la excavación.
- Dimensiones de la excavación.

Vida de servicio.

En nuestro caso, en que la fortaleza de la roca es alta, por lo general las zanjas no se fortifican, sino que se cubren con una tarima o rejilla.

II.6.3– Trabajos Topográficos.

Todas las excavaciones mineras deben ejecutarse de acuerdo con las indicaciones del proyecto y el plano de desarrollo de los trabajos confeccionados al respecto. El control de esto se realiza por medio de la topografía minera, la cual, en primer término, da, en las condiciones concretas, las direcciones de las distintas excavaciones para que estas sean laboreadas. En el proceso de laboreo se debe rectificar si las excavaciones se van laboreando según lo planificado.

La dirección de las excavaciones según el plano horizontal se determina con la utilización de teodolitos y se fija con no menos de tres plomadas, colocadas a una distancia de 1 a 3 metros entre si, o con la utilización de un indicador de luz.

II.6.4 – Colocación de tuberías y cables.

Las tuberías y los cables se instalan en las excavaciones, de forma que no afecten el movimiento normal de los trenes y otro tipo de transporte o el paso del personal.

En las excavaciones que permanecen sin fortificar los tubos se pueden suspender de clavijas metálicas que se fijan en barrenos de hasta 40 cm. de profundidad. La fijación rígida de los cables de tensión se permiten utilizar en Excavaciones laboreadas a través de rocas muy fuertes y estables que no exigen fortificación, o en las partes que la excavación requiera de fortificación se pueden colocar los cables de tensión mediante bandas de lona o de goma

de manera que no queden rígidas, y en tales lugares de la excavación que en caso de rotura de estos cables ellos no caigan sobre los rieles.

II.6.5-Plan de liquidación de averías

Se debe tener el plano general del

Túnel detallando la ubicación de las instalaciones principales

Se debe tener el esquema de suministro eléctrico

Se debe tener el esquema de suministro de agua

Situación del almacén o almacenes

Se debe tener el listado del personal, dirección del familiar en caso de accidente, además designar una persona encargada de controlar la cantidad de accidentes y las medidas para liquidar éstos.

Se debe designar una persona encargada de controlar la cantidad de accidentes y las medidas para liquidar éstos.

II.6.6-Higiene del túnel

- No se debe introducir alimentos bajo el túnel.
- No realizar necesidades fisiológicas bajo mina, para este uso debe de tenerse un carromato, en caso de que no se pueda evitar, realizarlo en la zanja de desagüe.
- Realizar sistemáticamente la composición del aire en los frentes
- Se prohíbe fumar bajo el túnel.

II.6.7 Otras operaciones auxiliares

- El compresor se instalara un nicho a cada 50m de distancia del frente de trabajo para no afectar las operaciones principales.

-Los materiales de la construcción del túnel se colocaran en un nicho cada 20m del frente trabajo para no interrumpir las operaciones principales y luego servirán para enfermería y otras funciones del túnel.

II.7 Organización del trabajo

II.7.1 Generalidades

La organización de los trabajos realizados en la mina constituye uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar el proyecto de cualquier excavación, determina los principales indicadores técnicos-económicos, la velocidad de laboreo, la productividad del trabajo, la calidad y los costos de la misma.

La organización de los trabajos crea condiciones para aumentar la productividad, mejorar la utilización de los equipos, así como aumentar la seguridad del trabajo. La composición de las brigadas de trabajo se elige a

partir de que en el ciclo se pueden realizar las labores necesarias en el frente; para esto es necesario que cada trabajador esté capacitado para realizar dos o tres operaciones (principales o auxiliares) diferentes.

El laboreo de cualquier excavación en rocas homogéneas fuertes puede ser realizado con una organización sucesiva de los trabajos o con la simultaneidad de algunas operaciones principales del ciclo. El esquema sucesivo es el más simple, ya que no exige una gran cantidad de obreros en el frente y se puede utilizar en cualquier sección de excavación y equipamiento deseado.

II.7.2 Confección del Ciclograma de Trabajo.

Para la realización de este ciclograma se hallarán los tiempos que demoran todas las operaciones que componen un ciclo de trabajo, para luego sumarlos, arrojando el total de horas que durará el turno de trabajo.

II.7.3 tiempo de Arranque de las rocas

$$T_a = \frac{L_p}{n * V_p} * K + 1 = \frac{1 * 2}{1 * 19} * 1.2 + 1$$

$$T_p = 46.6 \text{ minutos} \approx 12 \text{ min} = 0.7 \text{ h}$$

Donde:

L_p : Longitud de avance – 2

n : Número de máquinas – 1

V_p : Velocidad de perforación. - 19

K : Coeficiente que tiene en cuenta las condiciones de trabajo (1.2)

. El arranque las rocas se realizaran con un martillo picador un avance de 4 m^3 / h

II.7.4 Tiempo de ventilación (TV)

En nuestro proyecto no usamos explosivos, por lo que no tenemos en cuenta el tiempo de ventilación.

II.7.5 Saneamiento

El tiempo de saneamiento se da por normas y es de 15 a 20 minutos

II.7.6 Tiempo de fortificación.

Para esto se necesita determinar el volumen a fortificar, para esto calculamos los volúmenes de la sección fortificada y la del proyecto, luego restando al volumen del proyecto al volumen útil obtenemos el volumen a fortificar.

$$V_1 = S_U \times d = (4.2)(1.20) = 5.04 m^3$$

$$V_2 = S_p \times d = (9.69)(1.20) = 11.62 m^3$$

El volumen a fortificar (V_f) será:

$$V_f = V_2 - V_1 = 11.62 - 5.4 = 6.58 m^3$$

Calculamos el tiempo de fortificación.

$$T_f = \frac{V_f}{nQ_{exp}} = \frac{6.58}{0.030} = 219.33 \text{ min}$$

$$Q_{exp} = 1.68 m^3 / h + t_{ph} = 1.68 m^3 / h + 0.15 h = 1.8 m^3 / h = 0.030 m^3 / \text{min}$$

$$t_{ph} = \text{Tiempo de preparación de la mezcla} = 0.15 \text{ h}$$

V_1 : volumen de la sección fortificada.

V_2 : volumen de la sección del proyecto.

d : paso de avance de la fortificación.

Q_{exp} : Productividad que alcanzan los obreros a fortificar.

II.7.7 Tiempo de carga de la roca y transporte.

Cálculo del volumen de roca a cargar

$$V_{RC} = S_p \times L_c$$

$$V_{RC} = (9.69)(0.6)$$

$$V_{RC} = 5.81 m^3$$

$$L_c = \text{Longitud de carga } 0.6 \text{ m}$$

Entonces el tiempo de carga de la roca será:

$$T = \frac{V_{RC}}{n \times Q_{EXP}} * k_e$$

$$T = \frac{5.81 m^3}{(4.36 m^3/h)} * 1.6 = 2.13 h$$

$$T = 78 \text{ min}$$

Donde

Ke: coeficiente de esponjamiento

II.7.8 Composición de la brigada.

JB: jefe de brigada

AB: albañil categoría (B1)

AB: albañil categoría (B2)

MA: mecánico (A)

La brigada está compuesta por cuatro mineros:

JB, B1 y B2, MA para los cuales el trabajo estará organizado de la siguiente forma:

La brigada comienza el ciclo con el arranque de las rocas con el martillo rompedor, lo cual es realizado por los mineros **JB** y **MA**; observando la posibilidad de la caída de la roca del techo que pudo haber quedado; los mineros **B1** y **B2** se encontrarán preparando la zanja de desagüe.

Después del arranque de las rocas se procede a la carga de la misma, dicha operación será realizada por el minero **JB** como cargador de rocas con palas manuales y el minero **B1** como ayudante de relevo; el minero **B2** estará realizando el saneamiento de las rocas con ayuda del **MA**.

Una vez terminada la carga de la roca se procederá a la fortificación, donde los mineros **B2** y **MA** se encontrarán preparando la mezcla a cierta distancia del frente de trabajo, donde los mineros **JB** y **B1** colocando las piedras de hormigón lomas cerca posible del frente para comenzar la fortificación.

Gráfico del ciclo de trabajo de un turno

Operaciones	Horas	Minutos	1	2	3	4	5	6
Arranque de las rocas	0.7	46						
Carga y transporte de la roca	2.13	127						
Preparación de la mezcla	. 0.25	15						
Fortificación	3.6	219.33						

II.8 Protección e higiene del trabajo.

La protección del trabajo cobra mayor importancia, ya que cada integrante es un eslabón básico para su desarrollo. Esta actividad tiene su importancia desde el punto de vista económico, ya que un accidente en una empresa, establecimiento o taller representa una baja en la productividad global, así como un estado anémico y sociológico entre los restantes obreros, que así como las lógicas pérdidas de materiales cuando el accidente no es mortal.

Para todo esto se debe presentar una mayor atención a la seguridad y utilización de los medios de protección por parte de los trabajadores desempeñando un papel importante en la exigencia de la dirección de la empresa y de cada uno de sus integrantes.

II.8.1 – Medidas para los trabajo de Arranque.

1- Las actividades de arranque se realizará el minero destinado para ello, queda prohibido que personas no especializadas realicen esta actividad.

2- No se debe arrancar con el martillo suspendido sin la correcta colación.

3- Antes de arrancar las rocas debe revisar la estabilidad del macizo.

.

II.8.2 – Medidas de carga en la roca.

1- Antes de proceder con esta actividad se debe señalar el frente.

2- No colocar las manos sobre el vagón, la cuchara debe bajarse y proceder el cambio de vagoneta.

3- Se debe usar guantes al realizar esta operación.

4- Los pedazos grandes se deben partir con una mandarina, y se cargan con la máquina.

II.8.3 – Otras medidas generales.

1- Los equipos deben estar en buen estado.

2- Se prohíbe entrar con alimentos y fumar bajo la mina.

3- Inculcarles a los obreros normas de disciplina laboral, educarlos en la protección e higiene del trabajo.

4- Se prohíbe quitar el casco independientemente del lugar en que está.

5- Situar a cada trabajador en el puesto de trabajo

CAPÍTULO III. CÁLCULO ECONÓMICO

III.1. Generalidades.

El cálculo económico de un proyecto es de suma importancia ya que a través de él, podemos decir si el proyecto elaborado es factible o no.

Los principales objetivos del mismo son:

- ü Servir de instrumento para dar cumplimiento a las exigencias del desarrollo planificado de la economía nacional.
- ü Estimular la economía del trabajo, la movilización de las reservas internas de las empresas y la ampliación constante de la producción.
- ü Fortalecer la disciplina financiera.

Gastos por concepto de materiales

Longitud de cables

$$\text{longitud del cable} = 3L * 1.30 = 3 * 700 * 1.30 = 1560 \text{ m}$$

Para determinar la cantidad de cemento y de arena, ya conocemos de antemano que la relación cemento / arena es de 1:3, es decir por cada m³ de hormigón habrán 0.17 m³ de cemento y 0.51 m³ de arena se multiplica este resultado por el volumen a fortificar, todo esto por la longitud de la excavación obtenemos la cantidad que necesitamos de cada uno de estos productos, si a esto le sumamos un 10% de reserva.

Tabla N° 10 Gastos por concepto de materiales.

Materiales	U.M	Cantidad	Precio	Importe
acero de (6mm)	tn	1.4	133.224	168.5136
Grava	m ³	22669	9.43	213768.6
Cables	m	2730	0.8	2184
Tuberías de ventilación	m	360	7.9	5530
Tubería de ½ pulgada	tn	1.7	446.342	758.7814
Manguera de aire comprimido (40 m)	m	140	2.50	350
Arena	m ³	1101.87	13.99	15415.16
Cemento	m ³	198	157.60	31204.8
Bloque de (15cm)	U	3800	0.79	3002
Bloque de (10cm)	U	2600	1.2534	3258.84
ladrillos	U	2200	1.10	2420
Picos de dos puntas	U	4	14.78	59.12
Pala de punta	U	4	3.35	13.4
Llave Estilson (No. 20)	U	2	18.54	37.08
Bota de goma con casquillo	Par	4	14.25	228
Casco plástico	U	4	4.3	68.8
Guantes reforzados	Par	4	2.5	40
Cinto de seguridad	U	4	10.75	172
Capa para minero	U	4	5.47	87.52
Espejuelos para mineros	U	4	2.45	39.2
Lámparas portátiles	U	4	60.58	969.28

**Gasto de materiales
total..... \$279775.1614**

III.2 – Gastos por concepto de amortización.

$$A = \frac{I + C_{rc}}{n}$$

I: valor inicial.

n: tiempo de vida útil.

C_{rc}: total de gasto planificado para la reparación capitalizable (se toma mayor al 10% del costo del equipo).

Transportador

Datos.

$$A = \frac{I + C_{rc}}{n} = \frac{15000 + 1500}{5} = 3300 \text{ \$ / año}$$

$$I = 15000$$

$$n = 5 \text{ años}$$

$$C_{rc} = 1500$$

$$A_D = \frac{A}{260} = \frac{3300}{260} = 12.69 \text{ \$ / días} \quad A_D: \text{amortización diaria..}$$

Ventiladores.

Datos.

$$A = \frac{I + C_{rc}}{n} = \frac{3000 + 300}{5} = 660 \text{ \$ / año}$$

$$I = 3000$$

$$n = 5 \text{ años}$$

$$C_{rc} = 300$$

$$A_D = \frac{A}{260} = \frac{660}{260} = 2.5 \text{ \$ / días} \quad A_D: \text{ amortización diaria.}$$

Compresor

Datos

$$A = \frac{I + C_{rc}}{n} = \frac{3500 + 350}{5} = 770 \text{ \$ / año}$$

$$I = 3500$$

$$n = 5 \text{ años}$$

$$C_{rc} = 350$$

$$A_D = \frac{A}{260} = \frac{770}{260} = 2.96 \text{ \$ / días} \quad A_D: \text{ amortización diaria.}$$

Tabla N° 11 Gasto por concepto de amortización

Equipos	Valor inicial (I)	C _{rc} (USD)	A (\$/año)	A diaria (\$/días)	Cantidad de días	A Lab.
transportador	15000	1500	2062.5	12.69	260	3299.4
Ventiladores	3000	300	412.5	2.53	260	657.8
compresor	3500	350	481.25	2.96	260	769.6

Importe Total.....\$4726.8

III .3 Gastos por concepto de energía

ü Locomotora eléctrica

$$G_l = n * q_e * T = 1 * 40 * 260 = 104000 \text{ Kw}$$

Ventilador (VMI-3)

$$G_v = \frac{T_v * P_1}{k_u} * T = \frac{6 * 2}{0.85} * 260 = 2447 \text{ Kw}$$

Donde:

n : Número de máquinas.

q_e : Consumo específico de energía.

T : Tiempo que trabajará la máquina hasta finalizar la obra.

T_v : Tiempo de ventilación.

P_1 :: Potencia del ventilador.

k_u : Coeficiente de utilización.

Las máquinas que consumen energía neumática no aparecen en la tabla porque el consumo de estas se refleja en el gasto que tendrá el compresor que es el que las abastece.

Tabla N° 12. Gasto por concepto de energía

Equipos	Costo unitario	Consumo por h.	Consumo por ciclo	Gasto por ciclo (\$).	Importe (\$).
Ventilador(VMI-3)	0.9	2.0Kw	12Kw.	13.14	15768
transportador	0.9	40Kw	240Kw.	87.5	21000

Importe Total.....\$36768

Tabla N° 13. Gastos por concepto de combustible.

Equipo.	Cant.	Cons (L/h)	Diario.	Consumo total	Costo (L)	Importe.
Planta Elec.	1	15	360	45000	0.26	\$11700
Compresor.	1	12	216	27000	0.26	\$7020

Gasto total...\$18720.00

Tabla N° 14. Gastos por concepto de lubricantes.

Tipo de lubricante.	U.M	Consumo(día)	Consumo total	Precio (\$)	Importe (\$)
Aceite de motor	L	10	1250	0.78	975
Aceite de reductor	L	0.5	62.5	0.75	46.9
Grasa de copilla	kg	0.83	103.75	2.8	290.5

Gasto total...\$1312.4

Tabla N° 15. Gasta por concepto de salario.

categoría	cantidad	Salario básico	Cond de trabajo	Salario mensual	Salario diario	Salario devengado
JB	1	186.79	78.23	485	22	5720
AB	1	162.01	66.72	470	21.36	5553.6
AB	1	162.01	66.72	470	21.36	5553.6
MA	1	282.02	133.44	515	23.40	6084

Gasto total...22911.2\$

Como se trabajan cuatro turnos diarios y se avanza 1.74 m en cada turno, es decir 6.96 m diarios, se determina el tiempo estimado de duración de la excavación (la longitud de la excavación entre el paso de avance refleja este resultado), entonces el tiempo estimado será 50 días. Por tanto el salario diario de los obreros multiplicado por el tiempo estimado nos da el salario que habrá devengado cada obrero al terminar la obra.

III.4 – Cálculo del gasto normado directo (G_D).

$$G_D = G_E + G_M + G_A + G_C + G_I + G_S$$

$$G_D = \$ 364213.5614$$

III .5 – Cálculo de los gastos generales (G_G).

$$G_G = K \cdot G_D$$

$$G_G = \$ 182106.7807$$

III .6 – Cálculo del gasto inducido (G_I).

$$G_I = K \cdot (G_D + G_G)$$

$$G_I = \$ 273160.1711$$

Donde:

G_M : gastos por concepto de materiales.

G_E : gastos por concepto de energía

G_A : gastos por concepto de amortización.

G_s : gastos por concepto de salario.

G_c : gastos por concepto de combustible.

G_l : gastos por concepto de lubricantes.

K : coeficiente que depende de un gran número de factores (0.25 – 0.8); $K = 0.5$

Una vez determina de todos los gastos que demandará la excavación se determina el costo de laboreo de esta.

$$C = \frac{G_D + G_G + G_I}{L_{exc.}}$$

$$C = 3151.84 \$/m$$

CAPÍTULO IV. PROTECCIÓN DEL TRABAJO Y DEL MEDIO AMBIENTE.

IV.1. Generalidades.

La protección del trabajo tiene gran importancia, ya que cada integrante es un eslabón básico para su desarrollo. Su importancia económica radica en que la ocurrencia de un accidente en una empresa, establecimiento o taller representa una baja en la productividad global, y causa problemas con el estado de ánimo y psicológico en los restantes obreros, que incide directamente en la gestión económica, así como las pérdidas de materiales e incluso la vida de algún (s) obreros. Para evitar los accidentes hay que prestar atención especial a la seguridad y utilización de los medios de protección por parte de los trabajadores desarrollando un papel importante en la exigencia de estos la dirección de la empresa y cada uno de sus integrantes. A continuación se hace referencia a algunas de las principales medidas a tener en cuenta en las principales labores mineras.

IV.1.1. Medidas a tener en cuenta en el arranque de las rocas

- ü Antes de la perforación se debe revisar la estabilidad del macizo.
- ü No arrancar con el martillo suspendido, en caso de que no baste con la columna neumática, se utilizan plataformas de madera.
- ü Las actividades de arranque se relazará con el minero destinado para ello, queda prohibido que el personal no especializado realice esta actividad.

IV.1.2. Medidas para la carga de la roca.

- ü Los pedazos grandes se romperán con una mandarina, para que los cargue la máquina.
- ü Se debe usar guantes para realizar esta operación.
- ü No colocar las manos en la vagoneta ni en máquina cargadora.
- ü Debe bajarse la cuchara y luego proceder al cambio de vagoneta.

IV.1.3. Otras medidas generales.

- ü Los equipos deben estar en buen estado.
- ü Se prohíbe entrar con alimentos o fumar dentro de la mina.
- ü Velar por la protección de la higiene del trabajo.
- ü Se prohíbe quitarse el casco independientemente del lugar en que este.

- ü Velar porque cada obrero este realizando la función que le corresponde.

química y mineralógica; en cuanto a la escombrera solo una pequeña parte es enviada a la superficie y que la otra parte se vierte en excavaciones ya cerradas como relleno.

IV.2. protección del medio ambiente

La protección del medio ambiente es una de las tareas importantes a la hora de la realización de un proyecto, ya que hay que tener en cuenta y tomar una serie de medidas para la reforestación, rehabilitación de la zona que será cambiada totalmente con los trabajos mineros. Para ellos nosotros hemos tomado una serie de medidas que vienen a continuación.

- ü El estéril se colocará en una escombrera la cual una vez terminada la ejecución del túnel será rehabilitado.
- ü En los trabajos preparatorios se hará la menor cantidad de trochas, así como de caminos.
- ü Se controlará la presión minera para evitar los deslizamientos o hundimientos de la superficie.
- ü La tala de árboles para ser usada como encofrado se debe realizar respetando las disposiciones de la forestal.
- ü En el túnel se habilitará un lugar donde los obreros puedan hacer sus necesidades fisiológicas.
- ü Se evitará la caza y transportación de especies endémicas por parte de los trabajadores.
- ü Los campamentos mineros se realizarán de forma que afecten lo menos posible el contorno, así como no se verterán los desechos en ríos u otro lugar.

CONCLUSIONES

Después de realizado el presente proyecto de construcción del túnel se concluye que:

1. Con la utilización del martillo rompedor se logra obtener mayor productividad en las labores de arranque.
2. Las dimensiones de la excavación no permiten el empleo de equipos mecanizados para la carga del material.
3. Con el transporte utilizado se logra una gran productividad del trabajo al disminuir el tiempo de transportación del material.
4. Las variantes de ventilación empleadas son las adecuadas para la ejecución de este tipo de excavaciones.

RECOMENDACIONES

Después de realizado el presente proyecto de construcción del túnel se recomienda:

1. Proyectar una excavación de mayor sección transversal para aumentar la cantidad de personal evacuado.
2. La incorporación de otro turno de trabajo para acelerar los procesos de construcción del túnel popular Rolo Monterrey.
3. Analizar otra posible variante de transporte del material empleando los respiraderos creados como vía de salida a la superficie.
4. En la obra debe de haber un ingeniero que lleve a cabo el control y la asesoría técnica de las labores mineras que se desarrollan en el túnel.

BIBLIOGRAFÍA

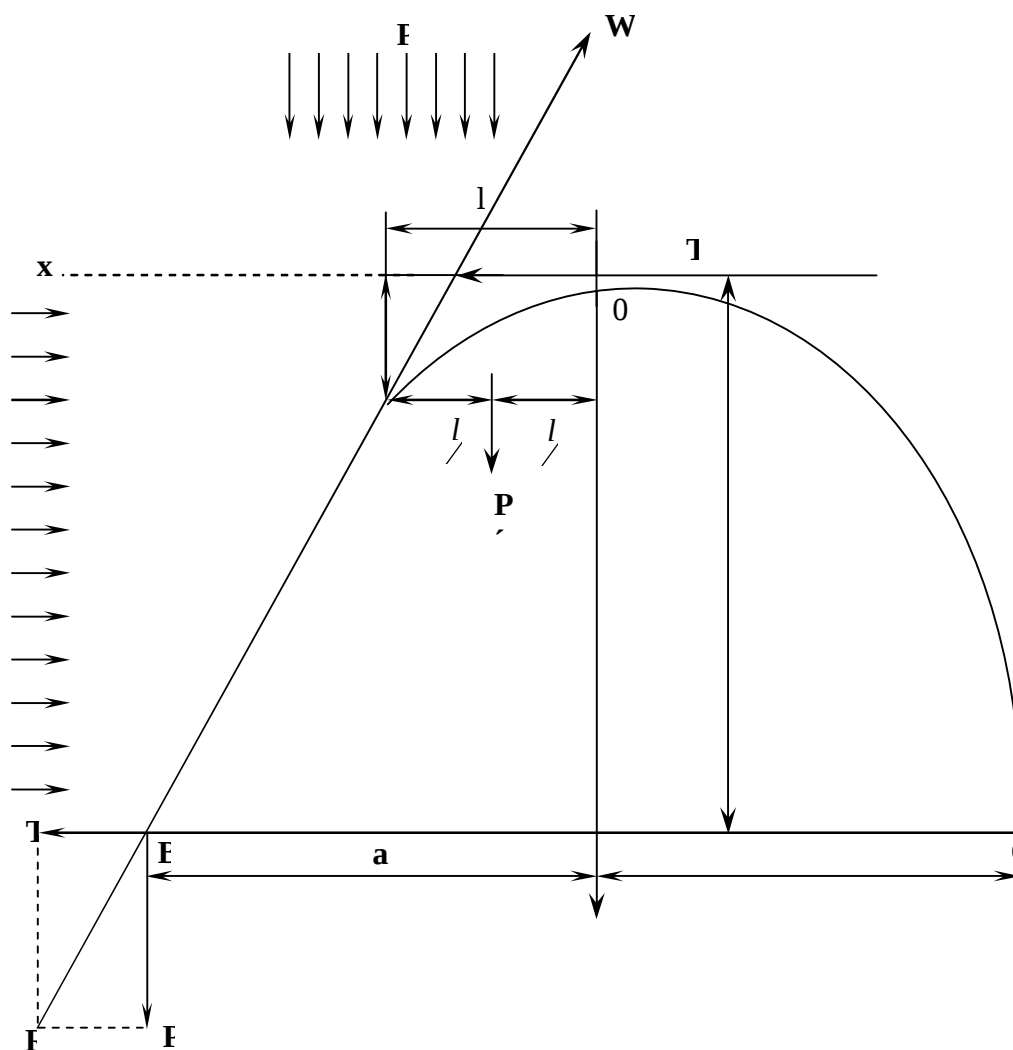
1. Akudbila Assanam, Mustapha: Elección del M.E Subterránea sostenible para el yacimiento AMORES. Trabajo de Diploma. Facultad de Geología Minería
2. Borisov, S. M. Klovov; B. Gornovói: Labores Mineras. La Habana. Editorial Pueblo y Educación, 1986.
3. Blanco Torrens, R. Laboreo de excavaciones horizontales. Editorial "Feliz Valera". La Habana. 2000.
4. Blanco Torrens, R. Proyecto de construcción subterránea. Construcción de excavaciones horizontales. Parte I. Editorial "Félix Valera". La Habana. 1993.
5. Blanco Torrens, R. Fortificación de excavaciones horizontales. Editorial "Félix Valera". La Habana. 1995.
Blanco Torrens, R. Mecánica de Roca. Editorial "Félix Valera". La Habana.
6. Paúl Rose Rodolfo .Maquinas perforadoras
7. Microcampus.
8. Hellmut Fritzsche, G: Tratado de Laboreo de Mina. Editorial Labor, S.A.Tomo Segundo.

Anexos

ANEXO 1

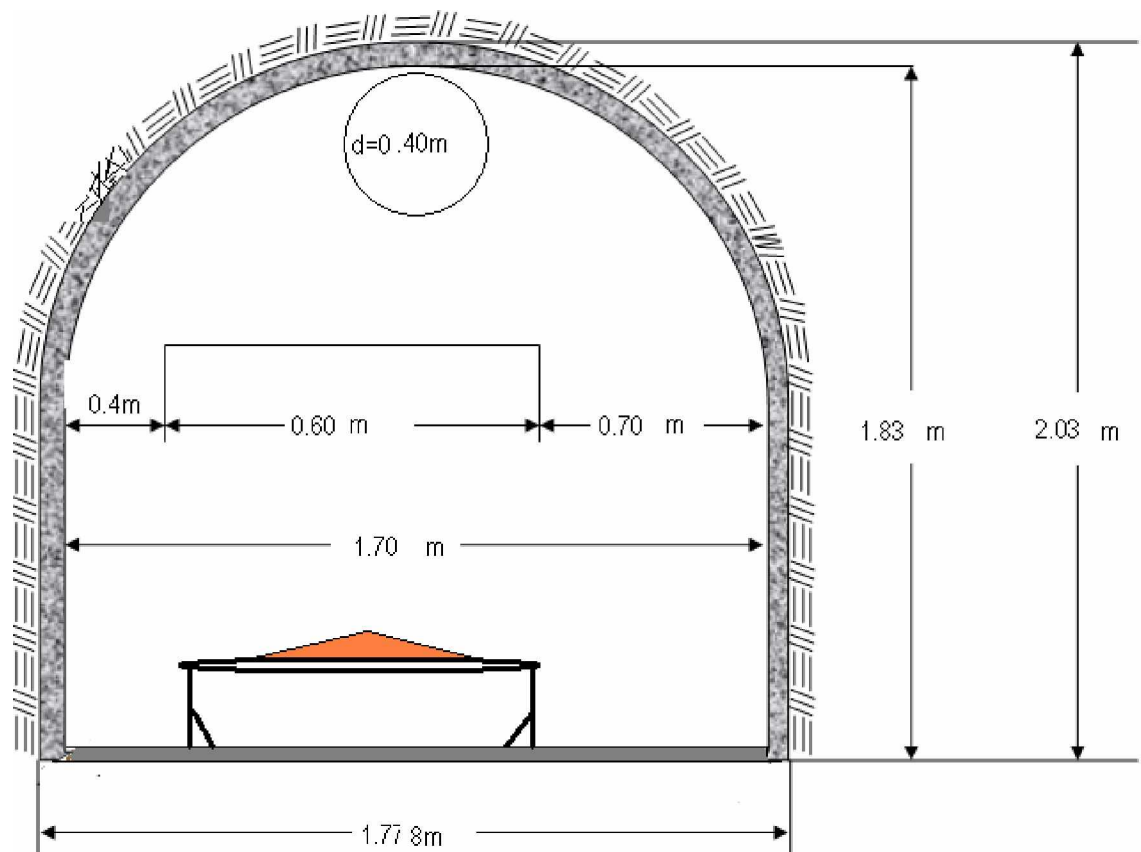
ESQUEMA DE PRESION MINERA

M. M. Protodiakonov



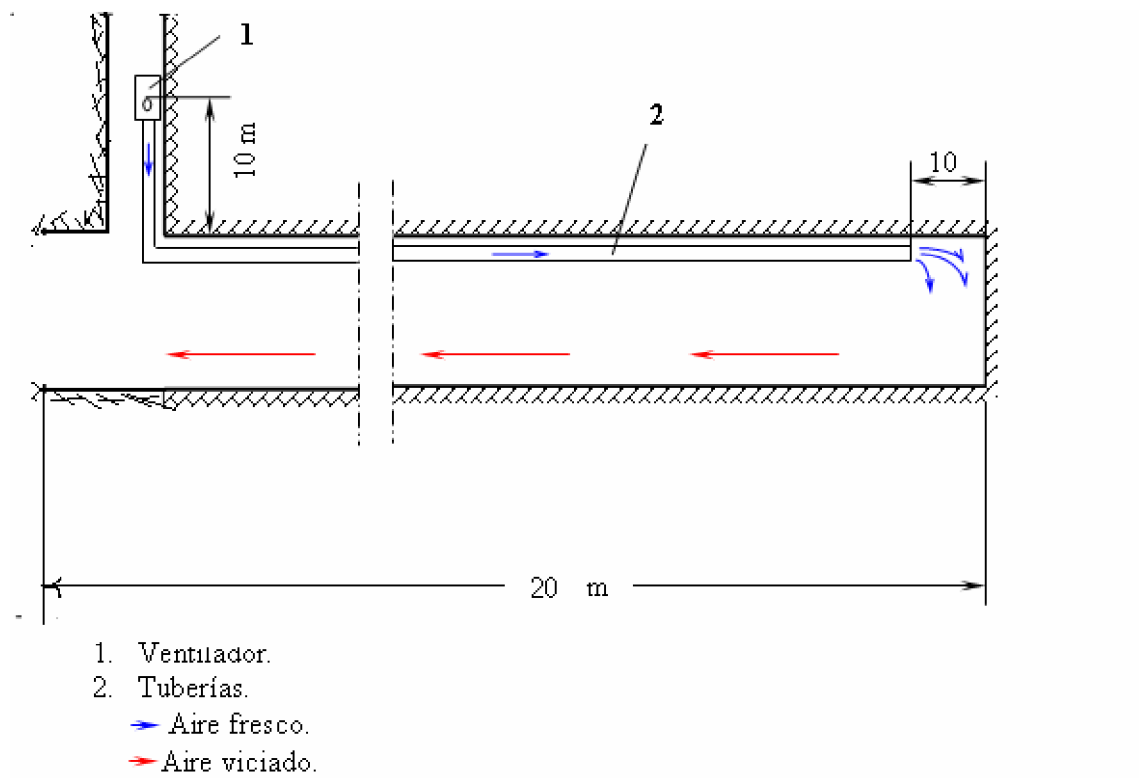
ANEXO 2.

ESQUEMA DE LAS DIMENSIONES DE LA SECCION TRANSVERSAL



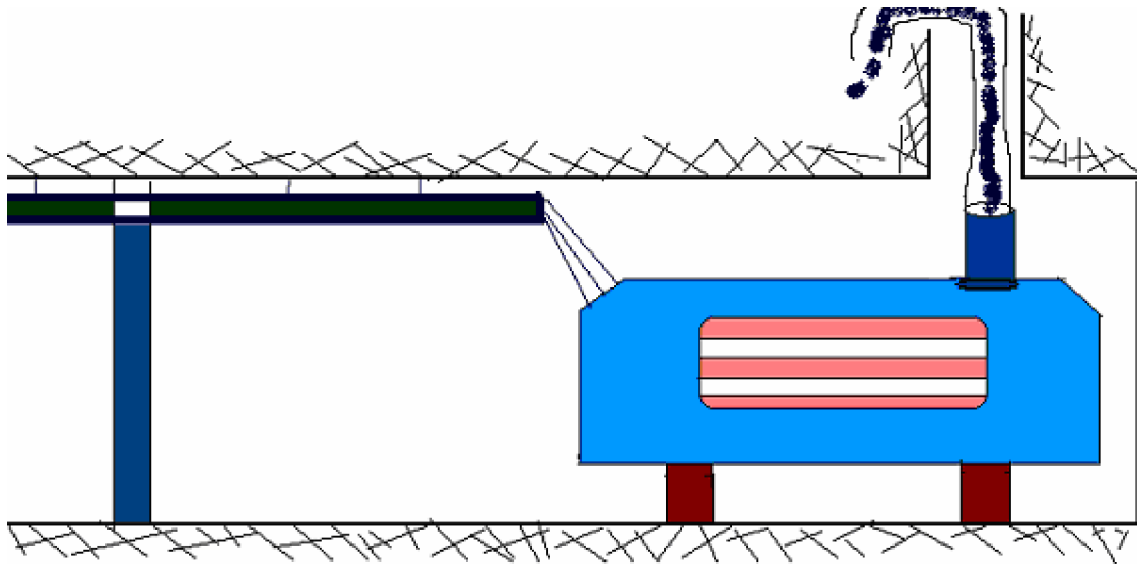
ANEXO 3

ESQUEMA DE VENTILACIÓN (COMPRESIÓN)



ANEXO 4

ESQUEMA DE COLACACION DELA PLANTA ELECTRICA EN EL TUNEL



ANEXO 5

ESQUEMA DE CARGA Y TRANSPORTE DE LAS ROCAS



ANEXO 6

ESQUEMA DE ARRANQUE DE LAS ROCAS

