REPÚBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

INSTITUTO SUPERIOR MINERO – METALÚRGICO DE MOA

"DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ"

FACULTAD DE GEOLOGÍA – MINERÍA

DEPARTAMENTO DE MINERÍA

TRABAJO DE DIPLOMA

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO EN MINAS

TITULO: PROYECTO DE CONSTRUCCION DEL TUNEL POPULAR"LA CAMPANA"

AUTOR: ABDUL RAHIM FATAWU

TUTORES: Dr. C RAFAEL NOA MONJE

MSc. IDERMIS TÉLLEZ RODRÍGUEZ

Curso 2013-2014

"Año 56 De La Revolución"

Declaración de Autoridad:

Yo: Abdul RahimFatawu

Autor de este trabajo de diploma, certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Nuñez Jiménez”, el cual podrá hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Abdul RahimFatawu

Dr. C RafaelNoa Monje

MScIdermis Téllez Rodríguez

Pensamiento

"Todolo que se quiere debajo del cielo se logra con paciencia y perseverancia. "

AbdulRahimFatawu

Agradecimientos

Paralarealizacióndeestetrabajohecontadoconelvaliosoapoyodevarias personasenara aquelainvestigacióntuvieralamejorcalidadposible,portanto agradezco A **Allah** (el todo poderoso Dios) por haberme permitido vivir hasta este día, haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera.

Amispadres, mis abuelos, hermanos y familia en general porhabermeapoyadoyeducadoen losbuenosymalosmomentosde mivida.
También agradezco a mis tutores; Dr. C RafaelNoa Monje y MScIdermis Téllez Rodríguez porlaconfianzayayuda depositada en mi. Un agradecimiento especial a Caridad Multan Anaya, por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en los buenos y malos momentos.

A todos los profesores del Departamento de minería que contribuyeron en mi preparación, especialmente MScJoandro Diéguez García,Dr.C.Orlando, Belete Fuentes,Dr.C.Ramon Polanco Almanza, Esp. Ing. Julio Montero Matos yDr.CSantiago O Bernal Hernández

A mis compatriotas, especialmenteOsmanFauzan, Elorm, SalifuIbnAbdulai,AyubaBeson, Deen, Yakubu, FrempongYawy Samuel KwabenaAlamisi.
A mis compañeros de la residencia, aula por todos los momentos que pasamos juntos, especialmente Justino Antonio Tomas, HelviMbango, HelderVemba.

A toda la gente que aportaba en mi formación profesional desde el ciclo infantil hasta la universidad, especialmente HarunaSadickSandoo, BashirudeenTahiru, OsmanAbdulai, NurideenMahama etc.

A mis amigos;BoubacarYarnangoréMarsheaalFisonga, Eddy Uboho, Mohamed Yeslem, Abdallah Ahmed Hasan, IbrahimMubarik, Ahmed Abdulai, Asuo Abdul Somed,MurjanSulemana, Abdul AzizSulemana, Mohamed AwalYusif, Prince Ibrahim.

Un agradecimeinto especial a Ayelin Londres,Yusmila Matos Marzo y su Mamá y por ultimo BasiraAli.

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de diploma a mis padres; FatawuIddrisu y RashidatuFatawu, a mis Abuelos; IddrisuSumaila,AlhajiSaani, a mis tios; Abdul KaharIddrisu, LukmanSaaniDabally, MuazSaaniDabally, ZulhairuSaaniDabally y a mi TiaHausetuSaani
Dabally y últimamente, a mi profesor de secundaria,Mr. Adams.

RESUMEN

En Cuba se construyen, muchas veces los túneles sin un documento oficial (proyecto de construcción), pues este trabajo tiene como objetivo, confeccionar un proyecto para la construcción del túnel popular ‘’La Campana’’, el cual estará destinado a garantizar la evacuación de 1500 personas. La ejecución de la obra se efectuará en un plazo de tiempo aproximado de 5 años y tendrá una longitud total de 500 m.

El trabajo cuenta con cuatro capítulos en los cuales se exponen las labores a desarrollar para la proyección del túnel. Primeramente se realizóun análisis bibliográfico del tema, se procedió a realizar la caracterización ingeniero geológica de la zona de estudio, en la cual se exponen las principales características del material por donde se laborea el túnel.

Luego sehizo el cálculo de los parámetros que caracterizan los diferentes procesos tecnológicosdurante la construcción del túnel y posteriormente se efectuaron los cálculos de los índices técnicos económicos para la determinación del costo de un metro lineal del túnel, cuyo valor es2691$/m y costo total $1345500 y por último se exponen las medidas para la protección del medio ambiente y la seguridad del trabajo, elementosesenciales para todo ingeniero en minas.

ABSTRACT

This present work has the objective of projecting the construction of the tunnel ‘’La Campana’’, which would serve as a refuge for 1500 people. This same tunnel is supposed to be completed within 5 years with a length of 500m

This work has four chapters, the first chapter contains a study of the present state of the subject of this thesis in the world.

This is followed by an engineer-geological characterization of the place of study which reveals the principal characteristics of the material component of where the tunnel is to be constructed, afterthe parameters that characterizes the technological processes during the construction the tunnel are calculated and also the economical indices are calculated, the cost incurred during the construction of a meter long of the tunnel is 2691$/m.

The last chapter contains measures for the protection of the environment and also preventive measures for the security of the workers or engineers constructing the tunnel.

Índice

INTRODUCCION....1
CAPITULO I-ESTADO ACTÚAL DE LA TEMA....3
1.1- Introducción....3
1.2-Desarrollo histórico de los túneles....4
1.2.1-El Arte de la Minería y el Arte de los Túneles....4
1.2.3-El Túnel de Babilonia bajo el Eúfrates....5
1.2.4-Los Túneles desde la Antigüedad: Egipto, Asiría, Tierras de Canaán....5
1.2.5-Túneles en la India y China....6
1.2.6-El Arte de los Túneles en Roma....6
1.2.7-Túneles y galerías de la Edad Media....7
1.2.8-Primeros túneles de los Estados Unidos....7
1.2.9-La Era de los Ferrocarriles del túnel de Torre-Noir a los grandes túneles alpinos....8
1.2.10-La Historia de los Metros....9
1.3- Estado actual del tema en el mundo....9
1.4-Antecedente y actualidad del tema en Cuba....12
CAPÍTULO II-CARACTERIZACION INGINERO- GEOLÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO....14
2.1-Ubicación geográfica del túnel....14
2.2 El clima....15
2.3 Hidrografía....15
2.4 Relieve....16
2.5 Suelo....16
2.6 Geología....17
2.7-Propiedades físico-mecánicas....19
CAPTULO III -EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS Y EL CÁLCULO ECONÓMICO....20
3.1-Introducción....20
3.2 Elección de la forma de la sección trasversal del túnel....20
3.3 Determinación de las dimensiones de la sección transversal....20
3.4 Arranque, Carga y Transporte....24
3.4.1- Arranque....24

3.4.2-Carga. 24
3.4.3-Transporte....25
3.5 Elección y cálculo de la fortificación.....25
3.6-Ventilación del túnel....29
3.6.1-Generalidades....29
3.6.2-Variante (1) ventilación por tiro natural.....29
3.6.3-Variante (2) ventilación forzada....30
3.6.4-Elección del ventilador y tipo de tuberías de ventilación 30
3.7-Operaciones auxiliares 34
3.7.1-Iluminación....34
3.7.2-Construcción de zanja para el desagüe 35
3.7.3-Trabajos Topográficos....35
3.7.4 -Colocación de tuberías y cables....36
3.7.5 -Plan de liquidación de averías 36
3.7.6- Trabajos de abastecimiento de los materiales 36
3.8- Otras operaciones auxiliares 36
3.9- Organización de los trabajos 37
3.9.1 Generalidades....37
3.9.1 -Confección del Ciclograma de Trabajo. 37
3.10 -Cálculo de los Índices Técnicos y Económicos 42
3.10.1- Generalidades.....42
CAPÍTULO-IV. PROTECCIÓN DEL TRABAJO Y DEL MEDIO AMBIENTE....47
4.1- Generalidades 47
4.1.1- Medidas a tener en cuenta en el arranque de las rocas....47
4.1.2 -Medidas para la carga de la roca. 48
4.1.3- Otras medidas generales. 48
4.2- protección al medio ambiente....50
CONCLUSIONES....51
RECOMENDACIONES 52
BIBILOGRAFÍA....53
ANEXOS....54

INTRODUCCION

Desde la antigüedad los hombres surgen y se desarrolla según sus necesidades, provocando hasta la actualidad, el desarrollo del mismo. Por estas causas desde el nacimiento del hombre comienza a realizar excavaciones, que hoy le llamamos túnel utilizándolas para diversas funciones.

Un túnel es un paso subterráneo abierto artificialmente para establecer una comunicación a través de una montaña, por debajo de un rio, una carretera u otro obstáculo.

El primer túnel de la Historia, fue el que la leyenda dice que mandara a construir Semiramis, bajo elEúfrates para comunicar el Palacio y el templo de Belos en la Babilonia del 2200 a.c.

Desde épocas antiguas, el hombre ha utilizado los túneles durante las guerras como refugio para salvaguardar sus bienes, familiares y para combatir directamente desde estas obras. La constante amenaza de agresión a Cuba por parte del principal enemigo, el imperialismo norteamericano, y de las catástrofes naturales como los ciclones han obligado a nuestro pueblo a realizar grandes esfuerzos para el mantenimiento de una elevada preparación combativa y permanente disposición; estasolución se agudiza cada vez más.

Como resultado de las orientaciones del Comandante en jefe Fidel Castro Ruz, el pueblo trabajador y revolucionario se ha dadoa la tarea de construir túneles populares para garantizar la protección y defensa. Es por eso que la construcción de estas obras ha adquirido un desarrollo tal, que se exige constantemente la búsqueda y análisis de los métodos y medios más adecuados, para la construcción de los mismos.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado se propone en esta investigación el siguiente problema.

Problema: Necesidad de confeccionar un proyecto que permita la construcción del túnel popular ‘’La Campana’’.

Objeto de estudio:

Túnel popular ‘’La Campana’’.

Campo de Acción:

El proyecto para la construcción del túnel ‘’La Campana’’.

Objetivo general:

Elaborar un proyecto que permita la construcción del túnel popular ‘’La Campana’’.

Hipótesis:

Si se realiza una caracterización ingeniero – geológica de la zona de estudio, se evalúan los diferentes procesos tecnológicos y se calculan los parámetros que caracterizan los mismos, así como se realiza la determinación de los índices técnicos económicos, se podrá elaborar un proyecto que permita la construcción del túnel popular ‘’La Campana’’.

Objetivos específicos:

1. Realizar un estudio bibliográfico relacionado con el tema.
2. Realizar una caracterización ingeniero-geológica de la zona de estudio.
3. Calcular los parámetros que caracterizan los diferentes procesos tecnológicos que se realizarán en el túnel.
4. Calcular los índices técnico económico.
5. Analizar y proponer medidas para la seguridad del trabajo y protección del medio ambiente.

CAPITULO I-ESTADO ACTÚAL DEL TEMA

1.1- Introducción

Desde tiempos remotos la humanidadcomenzó a utilizar las cavidades de la corteza terrestre como viviendas, cementerio o como refugio.El hombre de la prehistoria y del 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.

La construcción de los túneles fue el resultado del desarrollo natural de la utilización de las cavernas como viviendas y como refugio. En África, miles de años antes de nuestra Era, los egipcios construyeron galerías debajo de las famosas Pirámides y otras tumbas donde enteraban a sus Faraones y familiares de la realeza. En la Edad Media floreció la construcción de galerías, fosas, entradas a fortalezas y castillos. Paulatinamente con la Revolución Industrial y el surgimiento de nuevos medios de transporte, fue imprescindible la construcción de grandes túneles.

Durante la segunda Guerra Mundial fue de gran significación la utilización de túneles y excavaciones mineras por guerrilleros rusos, 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 y en Afganistán e Irak por los talibanes. En Inglaterra, en los años de guerra, muestras valiosas del museo Británico fueron escondidas en túneles abandonados y algunas explotaciones mineras fueron transformadas en fábricas subterráneas. Posterior a la guerra, las excavaciones fueron adaptadas para la siembra de hongos, debido a las condiciones adecuadas de humedad, temperatura, ventilación y ausencia de luz solar.

En 1953 los coreanos derrotaron a los yanquis porque cuando pensaron que habían aniquilado la resistencia con intensos bombardeos y fuego de artillería, los coreanos

que estaban protegidos en túneles salieron por miles, pararon la ofensiva y tuvieron éxitos en el contra golpe el que fue demoledor. En Vietnam hubo pequeñas ciudades que los yanquis tuvieron que abandonar por la cantidad de bajas que les hacían diariamente los guerrilleros vietnamitas operando desde redes de pequeños túneles.

1.2-Desarrollo histórico de los túneles

Unas de las posibles formas de adentrarse en la historia y la cultura de los pueblos es estudiando sus túneles y construcciones subterráneas. El hombre primitivo no solo se guarece en la cueva si no que desde ella se proyecta, invoca a la casa a través de las pinturas rupestres, primera manifestación artístico-mágica del ser humano. Aquí la cueva ya es mucho más que receptáculo pétreo que cobija de una climatología adversa; constituye de laguna manera un vínculo de unión con la vida, con la supervivencia a través de la potencia que irradia el arte parietal. La vivienda troglodítica ha permanecido con el paso de milenios.

1.2.1-El Arte de la Minería y el Arte de los Túneles

El arte de los túneles se funde en sus orígenes con el Arte de la Minería. Si bien desde el principio el propósito del tunelero y del minero son dispares e incluso contrapuestos-aquel valora el recinto desprecia lo que extrae mientras que éste olvida la galería y su tesoro es la MENA sacada a la luz del día, las técnicas mineras y tuneleras son prácticamente idénticas durante milenios.

La mina más antigua que se conoce en el mundo se localiza en el cerro de Bomvu, en Swazilandia, y data del año 400 000 a.c. (López Jimeno C, 1997), en ella el hombre de Neardental minaba hemetita (piedra de sangre), muy apreciada para ritos mortuorios; las herramientas no eran otras que piedras afiladas y sus manos desnudas.

El primer método de perforación de galerías mineras y con posterioridad de túneles es la **técnicadel fuego,** consiste en iniciar un fuego en el frente de arranque para luego sofocarlo bruscamente con agua fría, el uso del vinagre o infuso aceto no deja de

pertenecer al dominio del mito produciendo un brusco gradiente térmico que da lugar al resquebrajamiento de la roca; pero esta técnica también provoca una atmósfera viciada, irrespirable, generando gases venenosos, convirtiendo el trabajo del minero en una trampa mortal.

1.2.3-El Túnel de Babilonia bajo el Eúfrates

El primer túnel de la Historia, allá donde ésta se difumina con el territorio del mito, fue el que la leyenda dice mandara a construir Semiramis bajo el Eúfrates para comunicar el Palacio y el templo de Belos en la Babilonia del 2200 a.c. (Conferencia de construcción de túneles,MadayCartay Pire).

Se trataba en realidad de un falso túnel, por cuanto se perforó en galería sino mediante zanjas a cielo abierto y posteriormente recubierta, para lo cual se desviaron las aguas del Eúfrates aprovechando el periodo de estiaje. Además del túnel se construyó un puente, alguna de cuyas pilas ha sido localizada.

1.2.4-Los Túneles desde la Antigüedad: Egipto, Asiría, Tierras de Canaán

En Egipto el túnel tiene una evidente vinculación con la muerte y con la vida después de la muerte. El mejor exponente lo tenemos en las tumbas excavadas en las rocas, donde los cuerpos de los faraones y nobles eran enterrados para el tránsito a la vida futura en cámaras pintadas con escenas de su vida cotidiana. Pero también el túnel excavado en la ladera tiene un sentido religioso como se plasma en el templo de Abu Simbel que Ramsés II mandara a construir para inmortalizar su memoria y que el genio de la ingeniería contemporánea salvó de quedar sepultado para siempre bajo las aguas de la presa de Asuán.

En la fértil Media Luna, esa amplia franja de territorio delimitado por el Tigris y el Eúfrates y que abarcaría Asiría y las Tierras de Canaán, los túneles se perforan desde la antigüedad, tal vez desde el siglo X a.c.; pero aquí el propósito no es místico, ni religioso, ni vital mortal; aquí el túnel se reviste de su carácter ingenieril, hidráulico; en efecto los qanats, que así se le llamaban a los túneles que conducen agua fresca desde

el manantial hasta las ciudades, a menudo fortificada, tienen un propósito el abastecimiento de agua y en buena medida también su captación.

Las razones para que esta gente hacían a los túneles para el agua son las siguientes: Evitar que un bien precioso como es el agua en aquellas regiones se evapore como consecuencia de los potentes rayos solares, servir de dren para captar aguas subterráneas y este motivo era clave por consideraciones estratégicas,conducir el agua a la ciudad a la ciudadela de forma oculta para evitar que el enemigo la envenene o la desvíe. Aquí surge unas de las características esenciales del túnel y que permanece y se refuerza con el paso del tiempo: su carácter estratégico.

1.2.5-Túneles en la India y China

En la India primero y luego en China los túneles y construcciones subterráneas tienen de nuevo, como ya sucediera en Egipto, un carácter religioso; los sobrecogedores e imponentes conjuntos de Ellora y Ajanta templos y monasterios tallados, esculpidos en las rocas, son sin duda los exponentes más significativos en la India, construidos como recintos sagrados budistas e hinduistas.

En China la Ruta de la Seda se convierte también en la ruta de los templos budistas horadados en la roca o esculpidos en la ladera, con ejemplos como las cuevas de Longmen en Luoyang olas de Kizil.

1.2.6-El Arte de los Túneles en Roma

Roma construye los túneles de muy diversos propósitos, galerías mineras,túneles para abastecimiento de agua, para alcantarillado-como el célebre Cloaca Máximapara el drenaje de los lagos volcánicos,los llamados emisarios como el de los lagos Albano y Fucino, entre otros- en la calzadas romanas-como la Boca di Furlo o el túnel de Pausilippo, cerca de Nápoles, con sus 1500metros de longitud- sin olvidar los túneles de propósito militar y las catacumbas que a excavaron los cristianos en sólo bajo Roma sino en muchas otras ciudades de la cuenca mediterránea.

En fin, Roma domina la ingeniería subterránea y su límite técnico tal vez se encontraron en el emisario del Fucino con sus 5.5 Km de longitud y que pasó a ser considerado por Plino el trabajo de las obras públicas más importante de todos los tiempos, constituyó un fracaso de la ingeniería romana, estableciendo a la vez el punto máximo y los límites del arte de los túneles en la época del imperio.

1.2.7-Túneles y galerías de la Edad Media

En la Edad Media, la edad de las Sombras, los túneles también se debilitan e ensombrecen, pierden esa potencia como obra vigorosa de ingeniería civil y deriva en galerías y pasadizos en castillos y fortalezas, como obras menores. Pero no todo es un páramo en los largos siglos del medievo: así, la minería robustece y consolida, fundamentalmente en Centroeuropa, surgiendo al filo del Renacimiento De Re Metálica, obra maestra de minería de Georgius Agrícola publicada en el siglo XVI, magnífica no sólo por sus textos si no por sus grabados reconocidos mundialmente, de una gran calidad y expresividad; en este trabajo se recopilan las prácticas y técnicas mineras, siendo un libro básico de consulta durante los dos siglos siguientes a su publicación; la técnica de la construcción del qanats se propaga más allá de la fértil Media Luna, llegando hasta el norte de África y la Península Ibérica.

Entre tanto, en la Capadocia se asisten a una continua lucha fronteriza, a guerras de religión sangrientas y aquellas gentes optan por ponerse a buen recaudo perforando verdaderas ciudades subterránea como Derinkuyu, en cuyos ocho piso bajo tierra se estima que pudieran vivir de forma autónoma unos diez mil habitantes, yKaymacili, auténticas ciudades refugios cuyas galerías podían obstruirse en los puntos de paso haciendo rodar pesadas losas circulares de piedras de metro y medio de diámetro que impedían el acceso a los niveles inferiores y actuaban como eficaces puertas blindadas de antaño aislando la población troglodítica de sus agresores.(Willet,D.C,1979).

1.2.8-Primeros túneles de los Estados Unidos

También en la segunda parte del siglo XIX los túneles se van imponiendo no solo en Europa, sino también en Norteamérica: basta recordar los dos túneles bajo el rió de

Chicago abiertos en 1869 y 1871 y que, además de ser los primeros túneles en que circularon vehículos traccionados por cables, se convirtieron en la única vía de escape para los habitantes de Chicago durante el feroz incendio que redujo la ciudad a cenizas en octubre de 1871, solo 4 meses después de inaugurarse el túnel de la calle La Salle. Una vez más el túnel demuestra su enorme potencial estratégico y su escasa vulnerabilidad.

El túnel de Hoosac en los Estados Unidos marca también sin duda un hito a nivel de avances tecnológicos, como el de utilizar nitroglicerina en este tipo de obras, y el túnel de Saint Clair construido a finales del siglo XIX bajo el río que le da nombre entre los Estados Unidos y Canadá mediante un escudo de 6.45m de diámetro.

1.2.9-La Era de los Ferrocarriles del túnel de Torre-Noir a los grandes túneles alpinos

En la Historia de los Ferrocarriles, que se desarrolla a partir del siglo XIX, los túneles tuvieron un gran auge; en la historia de los túneles de ferrocarril se agolpan grandes hazañas en una denodada lucha del hombre por dominar el arte de perforar la tierra.
El primer túnel de ferrocarril fue el de torre-Noir en Francia de la línea Roanne-Andrezieux, camino de carriles traccionado por caballos, construido en 1826, con 1476 metros de longitud, 5 metros de altura y cerca de 3 metros de ancho.

Los ferrocarriles de vapor, que comenzaron en Gran B retaña, se multiplicaron de forma importante entre los años 1830 y1845. El ferrocarril de Liverpool a Manchester, obra de IsambardKingdomBrunel fue el primero que atravesó la montaña por dos túneles.

Ya en la segunda mitad del siglo XIX se produce un avance impresionante con la construcción de los grandes túneles alpinos de ferrocarril; los hombres de MontCenis, San Gotardo, y Simplón constituyen la tirada en la titánica lucha de perforar los Alpes y que marca los puntos de mayor tensión en la Historia de los túneles: basta recordar que la longitud respectiva de estas galerías es de 12.6 Km, 15.2 Km y 19.7 Km; los medios

disponibles eran todavía modestos, si bien la incorporación de las máquinas taladradoras accionadas por aire comprimido, obra de Sommeiller, marca un salto cualitativo en los rendimientos alcanzados.

1.2.10-La Historia de los Metros

Ahora bien, la historia de los túneles adquiere un ritmo especial, una taquicardia urbana, con el nacimiento del Ferrocarril Metropolitano en Londres en 1863.

La historia de los Metros resulta excitante e intensa y a partir de ellas las grandes ciudades adquieren una nueva dimensión, se permeabilizan, se democratizan, pasando por las décadas a ser el metro no solo el transporte público más rápido, seguro y eficaz, sino mucho más que transporte colectivo al incorporar una nueva sociología urbana, convirtiéndose en un potente escenario, generando el urbanismo subterráneo en muchas ciudades y siendo soporte para la creación arquitectónica y el desarrollo del arte público a través de la percepción sensible de las estaciones de metro.

De aquí en adelante los metros toman un gran desarrollo y singularidad, como lo es el Metro de Estocolmo, la galería de arte más larga del mundo con sus famosas estaciones grutas, que se inician en la línea Jerva.

1.3- Estado actual del tema en el mundo

Según pasa el tiempo la sociedad depende más de los túneles teniendo así un boom de la ingeniería subterránea. Además de grandes túneles, como los que se proyectan bajo los Alpes y que dejaran pequeños a los túneles actuales, o el túnel subterráneo de ferrocarril en Seikán con sus 54Km de longitud, las autopistas subterráneas de circunvalación de las grandes ciudades como las de bahía de Tokio, parís o los Artery,túnel de Boston, y los impresionantes túneles submarinos de carretera bajo los fiordos en la hermosa Noruega.

La construcción subterránea su desarrollo no se basa solamente en túneles de transporte sino también en diversos tipos de construcciones como almacenes de

alimentos, combustibles, en el urbanismo subterráneo, hidroeléctricas, hasta palacios de deporte, como la Arena de Gjovik en Noruega, con 25m de altura, 91m de longitud y 65m de luz libre record mundial en la ingeniería subterránea y que fue escenario de los Juegos Olímpicos de invierno de 1994.

El túnel de Seikán que bate todos los record establecidos hasta la actualidad es un túnel ferroviario con sus cercas de 54 Km de longitud: enlazando bajo el Estrecho de Tsugaru las dos islas principales de Japón, Honshu y Hokkaido.

El comienzo de la cuidadosa supervisión geológica del estrecho de Tsugaru se remota a1946, pero no es hasta 1964 cuando empiezan la excavaciones de los túneles para conocer las características de las formaciones rocosas. Se trata de que el túnel diseñado permita el transito tanto de trenes convencionales como de trenes bala.

Así, tras la excavación de los túneles piloto y de servicio se construye el túnel principal. La ejecución de las secciones terrestres del túnel, que presentan un total de 30.55Km, se inició en 1973, efectuándose todas las excavaciones por el método convencional de explosivos.

Hubo de superar grandes dificultades como las inundaciones, la humedad, llego a alcanzar hasta el 98%, altas temperaturas. Dos aspectos técnicos de gran interés se pusieron a punto durante los trabajos: los sondeos horizontales de prospección de gran longitud y las inyecciones de alta presión. Este túnel ha representado una serie de formidables logros técnicos.

Entre los túneles japoneses de carretera se destacan los de Kan-Etsu, que atraviesa la montaña de Tanigawa, con longitudes en torno a los 11Km, en los que se han aplicados técnicas de punta y diseño innovador en el proyecto y construcción del túnel

Noruega es uno de los países líderes indiscutibles en el campo de los túneles, tanto por el volumen de obras subterráneas como por su desarrollo tecnológico. Una de sus especialidades es la construcción de túneles submarinos de carreteras.

El de Vardo es el túnel carretero más al Norte del Mundo; sus casi tres Km de longitud perforados bajo el mar enlazan la isla Vardo con la Noruega continental. Este túnel, construido en 1982 y sin revestir en buena parte de su sección, fue el primer túnel submarino de carretera que entro en servicio en Noruega; hay que rendirle homenaje al geólogo ArneGronhaug, artífice en buena parte de esta grandiosa y audaz obra.

En la actualidad son 14 los túneles de este tipo abierto las 24h del día bajo los fiordos del país nórdico, lo que representa una carretera de 50Km construida por debajo del nivel del mar y con una previsión de notable crecimiento cara a los próximos años. De esta forma los ferrys son remplazados de forma sistemática por enlaces fijos, seguros e imperturbables frente a los agentes meteorológicos adversos.

El proyecto más ambicioso sin duda es el del túnel de Hareid, de trece Km de longitud y una profundidad máxima de 630m. Pero los noruegos no conocen límites en el Arte de los túneles.
Además de ser especialistas en esta tipología de túneles submarinos de carretera, dentro de la relación mundial de túneles carreteros superiores a los 3Km,orden del 20% son noruego.
El túnel de carretera más largo del mundo se estáconstruyendo en la zona de Sognog Fjordane entre las localidades de Aurland y Laerdal. El túnel tendrá una longitud de 24.5Km, y formara parte de la principal carretera que comunicará Bergen y Oslo, líderes de conexiones con ferrys.

Muchas ideas y proyectos se han suscitado y sucedido durante casi dos siglos entorno al establecimiento de un enlace fijo que salvará el paso de Calais, donde fue el ingeniero de Minas francés Albert Mathieu quien en 1802 inicio una serie de estudios para la perforación del Canal de la Mancha proponiendo una vía subterránea. Pero no fue hasta el 29 de enero de 1986, donde se anunció oficialmente el enlace fijo a través

del Canal, bajo una de las rutas marítimas más transitada del mundo, se haría realidad a partir de 1993.

El Enlace Fijo se ha establecido entre las terminales de Folkestone, en Inglaterra y Coquelles, cerca de Calais, y discurre en túnel entre el limite costero de ambas terminales, una distancia de 51Km, de los que 38Km discurren bajo el fondo marino. El esquema consta de dos túneles de vía única y túnel independiente de sevicia entre los dos tubos principales, comunicado con ellos por galerías principales.

1.4-Antecedente y actualidad del tema en Cuba

La construcción de túneles populares en Cuba surge como resultado de las orientaciones del Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz al pueblo revolucionario,de construir, en tiempo de paz, túneles populares en toda la nación, con el propósito de garantizar su protección y defensa.

En octubre del año 1955, se comenzó en Cuba la construcción de una de las obras más difíciles e importantes ejecutadas en el país, nos referimos al túnel submarino que enlazaría a la ciudad de la Habana con un amplio barrio residencial que se extiende al Este de la Habana, este túnel se culminó en el año 1958.

También existen otros túneles con fin de la transportación de personas y bienes como los famosos túneles de la habana.

Por la importancia que reviste este tema para el desarrollo del país se han desarrollado varios trabajos sobre el mismo, tales como:

La guía para la construcción de túneles populares (1991) desarrollado por El centro de investigación y desarrollo de ingeniería de Holguín, en ella se establecen los procesos que hay que seguir para la construcción de los túneles populares.

En la publicación,“Manual para la construcción de túneles populares (1987-1989)” elaborado por el Teniente Coronel Santiago Betancourt O, también dispone los pasos para la construcción de este tipo de obra.

Para la impermeabilización de Túneles populares en la ciudad de Holguín, Armando F Cuesta, en 1996, propone el empleo de sostenimiento de hormigón armado prefabricado con uniones especiales, las cuales le adicionan cierta resistencia ante las tensiones sísmicas.

En su trabajo de diploma, proyecto de construcción del túnel popular de Rolo Monterey, Moa,Yander Fuentes Weekes (2009), elaboró un proyecto para la construcción del túnel ya mencionado.

En este trabajo, el autor propuso una banda transportadora como el medio de transporte de la roca sin tener en cuenta que en los túneles populares, el volumen de roca que se transporta es pequeño, es decir que la banda de trasportadora se emplea donde hay necesidad de transportar gran volumen de roca.

En su trabajo de diploma, cálculo del pasaporte de fortificación con el uso de ladrillos en la fortificación de los techos en los túneles populares de Moa, Juan Antonio (2010).en su trabajo el autor no especificó porque se prefirió fortificar el techo con ladrillo y no el hormigón prefabricado.

CAPÍTULO II-CARACTERIZACION INGINERO-GEOLÓGICADE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1-Ubicación geográficadel túnel

Introducción

En la provincia de Holguín se hanconstruido numeroso túneles populares por el mismo motivo ya mencionado.

Este trabajo se trata del proyecto para la construcción del túnel La Campana ubicado en elmunicipio Banes de la Provincia Holguín, como se puede apreciar en la figura 2.1.

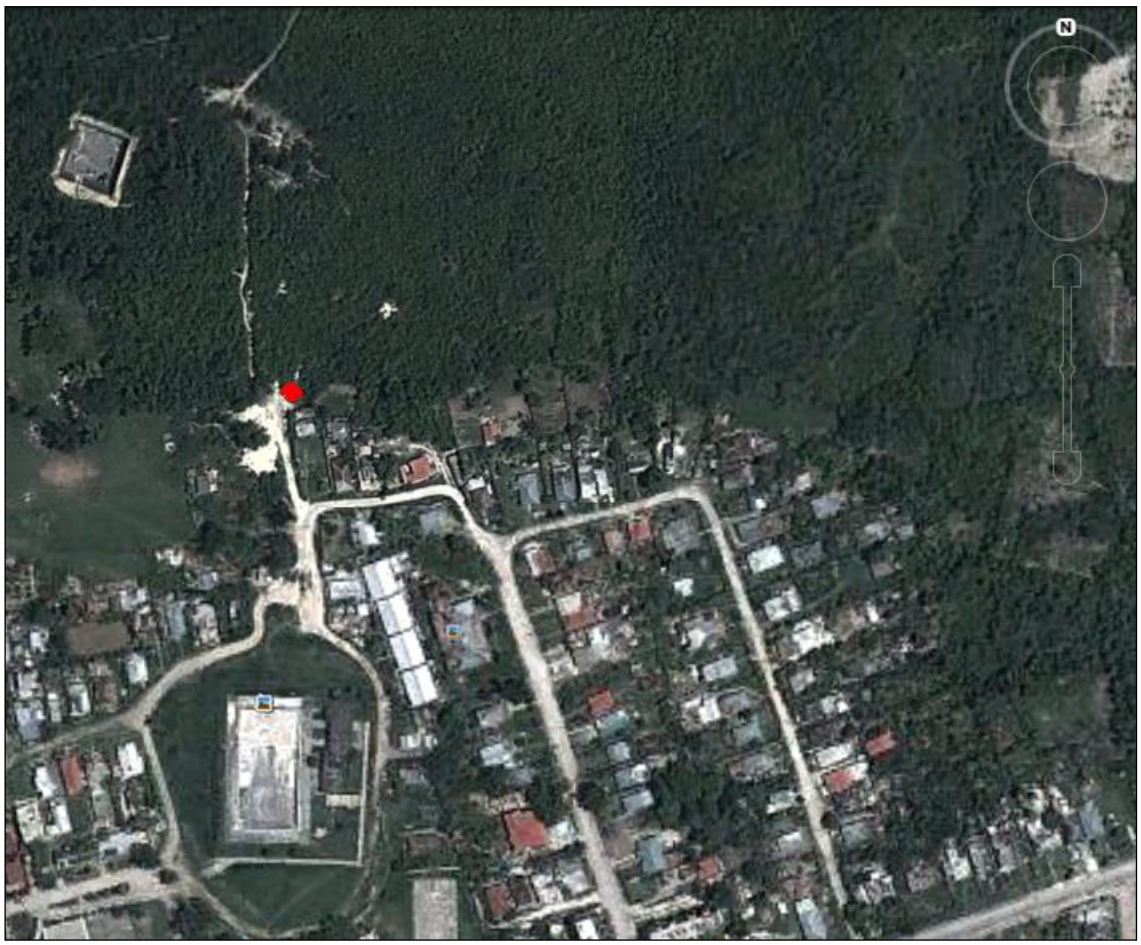

Figura 2.1. Vista satelital del Túnel La Campana.

2.2 El clima.

En toda la región es subtropical, muy similar al del resto de Cuba, las temperaturas son moderadas, siendo la media anual de 35 ºC como máxima y de 12 ºC como mínima. Las lluvias son comunes en cualquier época del año, aunque son especialmente abundantes en los meses de abril a junio y de septiembre a noviembre, llegando en ocasiones hasta diciembre y enero.

El promedio local de la velocidad de los vientos es de 3.6 m/s mientras que el promedio anual de la presiónatmosférica oscila entre 761.0 y 761,5 hPa. Los vientos predominantes son del Este y en menor grado del noroeste con velocidad media de 14.1 Km/h.

2.3Hidrografía

La red hidrográfica presenta dos vertientes, una hacia el norte y otra hacia el sur. La vertiente norte es pobre, caracterizada principalmente por la existencia de corrientes de poco caudal y de cursos intermitentes que drenan durante el período húmedo, se destaca el río de Samá y los arroyos de Río Seco y Arroyo Seco.

En la vertiente sur, la red fluvial es más importante, se distinguen los ríos Tasajeras, Banes, Cortaderas, Jagüeyes, así como varios arroyos de cursos intermitentes. Al sur del municipio existe una extensa cuenca subterránea dividida en 5 subcuencas denominadas: Santa Justa, El Negro, Los Ángeles, Cano Doce y Godínez. En la zona del cabo Lucrecia se manifiesta una menor cantidad y calidad de las corrientes, pues tienen pocas fuentes de agua potable.

Su pobre dotación de ríos y arroyos se debe entre otras causas a la carencia de un lomerío importante en el cual puedan formarse y descender sobresalientes cursos de agua. La ubicación geográfica de las lomas existentes, agrupadas sobre las costas del cabo Lucrecia, hacen que las corrientes de agua dulce desciendan con rumbo Sureste hasta desembocar en la bahía de Banes, favorecidas por el litoral de ésta, carente de elevaciones.

Los ríos más sobresalientes de la región son: ríoSeco y el Jagüeyes, los cuales vierten sus aguas directamente en el océanoAtlántico. En la bahía de Banes desembocan los ríos Tasajeras, Santa Justa, Cortaderas, Cacao y Banes. Este último tiene su nacimiento en la falda meridional de las lomas de Mulas y desemboca al Norte de bahía de Banes.

2.4 Relieve

En el municipioBanes predominan las llanuras y las elevaciones de poca altura. Las tierras del litoral son bastantes onduladas, debido a la abundancia de colinas y farallones de su lomerío, que pertenece al grupo orográfico de Maniabón. Este lomerío se halla compuesto por 2 series de lomas, una sobre las costas y otra interior, constituyendo ambos grupos elevaciones de poca altura. El relieve del cabo presenta sus principales lomas en el litoral, bordeando a toda la costa, lo que contrasta con las pocas elevaciones que tiene el litoral.

El punto culminante lo conforma el Pan de Samá al noroeste del Municipio con una altura de 320 m sobre el nivel del mar, otras elevaciones importantes son la Sierra de Yagüajay con 129 m, cordillera La Cuchilla con 284 m, loma La Vigía con 337 m y Sierra de Mulas con 139 m. El aspecto general del terreno en este municipio es llano y ondulado, con algunas montañas en la costa. Es regado por los ríos Banes, Jagüeyes y Negro.

2.5 Suelo

En el área de estudio existen muy pocas piedras y rocas desnudas. La mayoría de los suelos pertenecen a los tipos genéricos, calizos y gley tropical; aunque en extensiones más limitadas existen suelos de otras clases como latosotes típicos, aluviales, arcillosos, etc.

Los suelos calizos son los que predominan en las tierras que forman el cabo Lucrecia hasta la parte septentrional de la Bahía de Banes, la mayor parte se caracterizan por ser del grupo pardos rojos derivados de rocas calizas netas; teniendo un pH elevado, que en ocasiones llega a ser hasta neutro (7). Este tipo de suelo es muy fértil, no posee

perdigones en el perfil, sirve para cualquier cultivo, en él se da muy bien la caña de azúcar.

También se distinguen algunos cayos de otras clases de suelos como: latosotes típicos, suelos rojos que se derivan de rocas calizas con concreciones de hierro, también muy fértiles y buenos para cualquier cultivo; además de suelos arcillosos, que generalmente tienen contenido calcáreo y que poseen un pH más básico, por lo que su fertilidad es relativa y depende de la efectividad del drenaje.

La parte sur de Banes pertenece al tipo gley tropical, el cual se caracteriza por su mal drenaje pues las aguas se acumulan en las partes bajas, impedida de filtrarse por una película de arcilla compacta y se agrietan en períodos de sequía. Otro tipo son los cenagosos que se encuentran en la costa de la bahía de Banes.

2.6 Geología

Las rocas donde se está construyendo el túnel pertenecen a la Formación. Camazán (Oligoceno Superior- Mioceno Inferior), la misma está formada por caliza coralino - algáceas (biolititas), calizas biodetríticas a veces arcillosas, calcarenitas, calciruditas, aleurolitas calcáreas, con intercalaciones de margas y arcillas, ocasionalmente yesíferas. La misma se formó en un ambiente de sedimentación sublitoral, con facies arrecifales y retroarrecifales, y en parte en un ambiente con circulación restringida. En la figura (2.2) se observa la formación donde se laborea el túnel.

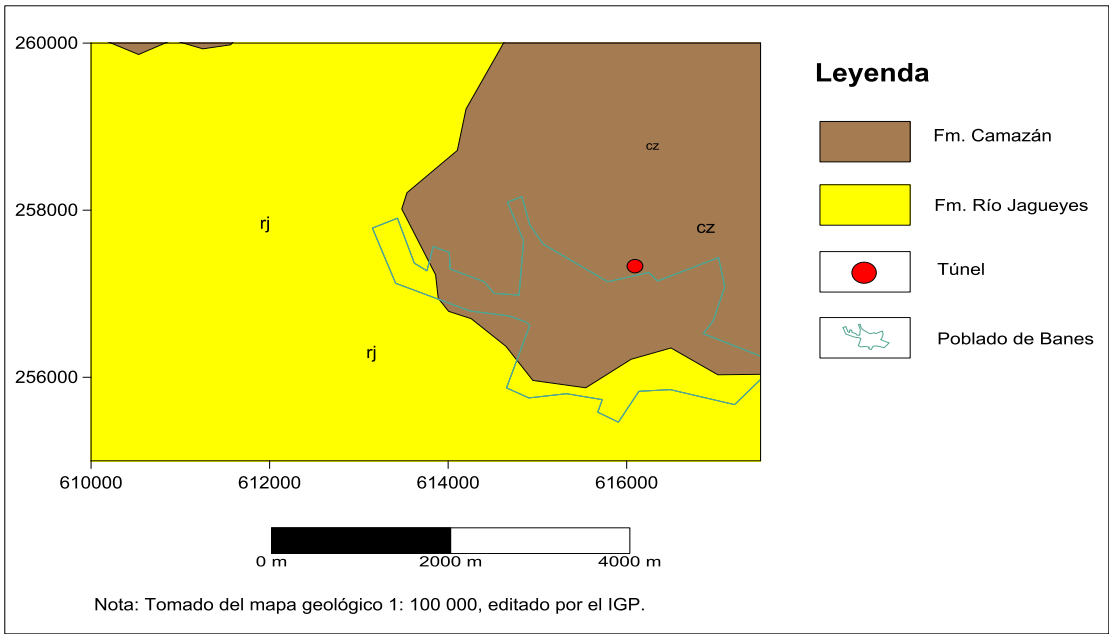

Figura 2.2. Mapa geológico de la zona de trabajo.

Descripción geológica de las rocas donde se realiza la obra.

Las rocas por donde se laborea el túnelestán constituidas por calizas alteradas de color blanco a blanco lechoso, con algunas manchas de color carmelita. Presentan estratificaciones con yacenciade 10^0 a25^0, casi horizontal, poco agrietadas, rellenas de material carbonatado.

El grosor de las capas o extracto es de 5 a 10 cm. La dureza es media (4 – 6), masiva y compacta. En el corte vertical se pudo observar que al aumentar la profundidad, aumenta la dureza.

La parte superior está ocupada de una capa vegetal de color gris oscuro a negro, la misma es arcillosa su potencia aproximada es de 0.90 a 1 metro.

Existen algunas fallas dislocadas, los elementos de yacencia tomadas es de $345^0/60^0$. A continuación se muestra un croquis de la misma (ver figura 2.3).

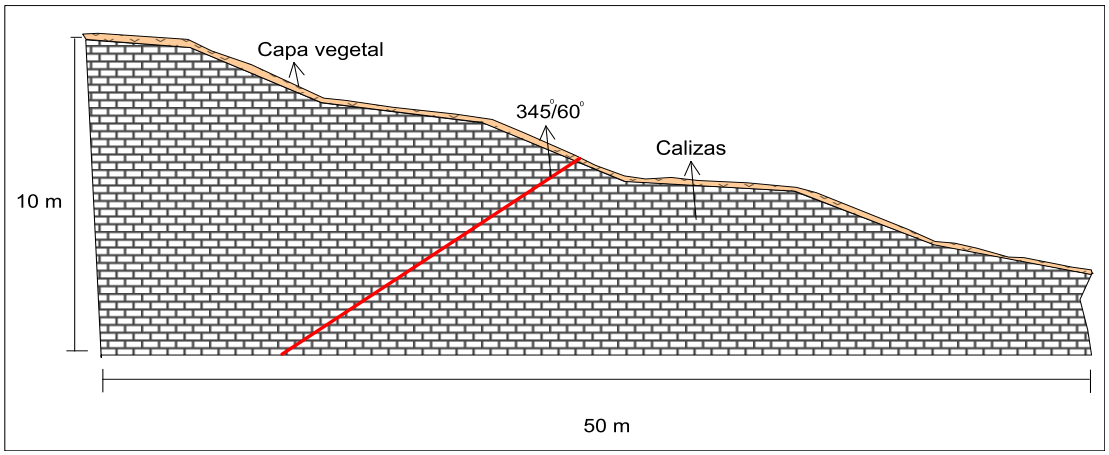

Figura. 2.3. Croquis del corte exterior de la trinchera.

2.7-Propiedadesfísico-mecánicas

Las propiedades físico-mecánicas de las rocas que se encuentra en la zona de ubicación del túnel se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3-*Propiedades físico-mecánicas de las rocas*

Parámetros	unidades	caliza	Marga
Peso volumétrico	t/m^3	2,4	2,17
Resistencia a compresión	Mpa	35	2
Fortaleza	-----	3,5	2
Angulo de fricción interna	grados	60	53

CAPTULO III -EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS Y EL CÁLCULO ECONÓMICO

3.1-Introducción

En el presente capitulo se realizarán los cálculos de los parámetros que caracterizan los diferentes procesos tecnológicos durante la construcción del túnel, para lo cual se seleccionaráel método de arranque, carga, transporte, fortificación y ventilación del túnel. También se realizará una caracterización de la tecnología que se empleará para la ejecución de tales actividades.

3.2 Elección de la forma de la sección trasversal del túnel

Las investigaciones teóricas y experimentales han demostrado que la estabilidad de las excavaciones depende, en un grado considerable de la forma de su sección transversal.

Por esta razón la elección racional de la forma de la sección transversal es imprescindible y para eso hay que tomar en cuenta una serie de factores como:

- Las propiedades físico-mecánicas de las rocas a través de las cuales se laborea la excavación.
- Estado en que se encuentra la roca.
- La magnitud y dirección en que actúa la presión minera.
- El tiempo de servicio que va a tener la excavación.
- El tipo de fortificación que se piensa emplear.

En nuestro proyecto emplearemos una sección transversal de paredes rectas con techo abovedado, ver figura. 1 del anexo, esto es posible ya que esta es una de las forma de la sección transversal que mejor estabilidad presenta, porque hay disminución de la concentración de las tensiones en este tipo de sección transversal.

3.3 Determinación de las dimensiones de la sección transversal

Las dimensiones se determinarán por elmétodo analítico

Con este método las dimensiones se determinan mediante el cálculo, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Destino de la excavación
- Dimensiones de los equipos que se van a utilizar (en la etapa de la construcción 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.

El túnel tiene dos secciones diferentes,sección grande y pequeña.

Cálculo de las dimensiones del túnel para la sección grande

Ancho útil del túnel

$$\mathrm{Bu} = 2\mathrm{b} + \mathrm{v} + \mathrm{k}$$

$$Bu = 2 \cdot 0{,}4 + 0{,}7 + 0{,}5 = 2\,m$$

Donde:

b-ancho del banco

v-ancho de la vagoneta

k-coeficiente de seguridad

Altura de la bóveda del túnel

$$h_b = \frac{B}{3}$$

$$h_b = \frac{2}{3} = 0{,}76m$$

Alturaútiltúnel

$$hu = (1 + hb)$$

$$hu = (1{,}43 + 0{,}76) = 2{,}19m$$

h_1=altura de la pared

Área útil de la excavación (su)

$$S_U = Bu\left(h_U + 0.26 \cdot Bu\right)$$

$$S_U = 2\left(2{,}19 + 0{,}26 \cdot 2{,}19\right) = 5{,}43 m^2$$

Altura de proyecto (hp)

$$hp = \left(h_U + d_0 + e_0\right)$$

$$h_p = \left(2{,}19 + 0{,}2 + 0{,}05\right) = 2{,}45 m$$

Cálculo de los radios de la bóveda

Radio central

R=0.692·B_u

$$R = 0{,}692 \cdot 2 = 1{,}38 m$$

$$r = 0{,}262 \cdot B_u$$

$$r = 0{,}262 \cdot 2 = 0{,}52 m$$

Ancho del proyecto (BP)

$$Bp = 2 \cdot \left(r + e_0\right)$$

$$Bp = \left(0.2 + 0.05\right) = 2{,}5 m$$

Área del proyecto (Sp)

$$Su = Bp\left(hp + 0.26 \cdot Bp\right)$$

$$Su = 2.5 \cdot \left(2.45 + 0.26 \cdot 2.5\right) = 7{,}74 m^2$$

Cálculo de las dimensiones del túnel para la sección pequeña

Ancho útil

$$Bu = \left(r + v + k\right)$$

c= (ancho de la cama)=0,8m

$$Bu = (0,8 + 0,7 + 0,1) = 1,6m$$

Altura de la bóveda

$$h_b = \frac{B}{3}$$

$$h_b = \frac{1.6}{3} = 0,53m$$

Alturaútil

$$hu = (h1 + hb)$$

$$hu = (2,43 + 0,53) = 1,96m$$

Áreaútildeltùnel

$$S_U = Bu(h_U + 0.26 \cdot Bu)$$

$$S_U = 1,6 \cdot (1,96 + 0,26 \cdot 1.6) = 3,8m^2$$

Áltura del proyecto

$$hp = (h_U + d_0 + e_0)$$

$$hp = (1,96 + 0,2 + 0,05) = 2,21m$$

Calculo de los radios de la bóveda

$$R = 0,692 \cdot B_u$$

$$R = 0,692 \cdot 1,6 = 1,11m$$

$$r = 0.262 \cdot B_u$$

$$r = 0,262 \cdot 1,6 = 0,42m$$

$$Bp = Bu \cdot (1 + e_0)$$

$$Bp = 1,6 \cdot (1,2 + 0,05) = 1,7m$$

Área del proyecto (Sp)

$$Su = Bp(hp + 0,26 \cdot Bp)$$

$$Su = 1{,}7 \cdot \left(2{,}21 + 0{,}26 \cdot 1{,}7\right) = 4{,}514\, m^2$$

3.4 Arranque, Carga y Transporte.

3.4.1- Arranque

Para el arranque de las rocas, se puede realizar de forma manual y de forma mecanizada.

En este proyecto el arranque se realizará de forma mecanizada utilizando el martillo picador. (Ver la imagen2 del anexo)

El martillo picador, como forma principal de arranque, se emplea en rocas o minerales con fortaleza baja y media,y en los casos de excavación de pequeña secciones transversal.

Con el martillo cuyas características están mostrado en la tabla 3.1,en este tipo de roca se lograráuna productividad de 0.11m^3/h.

Tabla 3.1 Características técnicas del martillo picador.

MO-8	Peso (kg)	Número de golpe por minuto	Energía del golpe (kg/m)	Presión de aire comprimido(kg/m^2)	Gasto de aire(m^3/min)
índice	8	1800	3.15	5	1.2

3.4.2-Carga.

La carga de las rocas se realizará de forma manual (ver imagen 1 del anexo).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 de roca no es grande, en este caso la carga se realizará con pala. La pala que se utilizará tiene una capacidad de 0.0067m^3, así que con 12 palas se llena una vagoneta.

La carga manual costa en dos etapas:

- Preparación de las rocas.

- Su carga en el medio de trasporte.

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

La productividad de la carga manual depende de los siguientes 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.

3.4.3-Transporte

Para el traslado del material desde el frente de trabajo hasta la salida de la excavación se cuenta con vagonetas manuales, (ver imagen 3 del anexo)

La combinación arranque - carga y transportación complementan los procesos tecnológicos básicos. Para lograr el avance de la excavación, después de producirse el arranque con el martillo picador, se procede a la carga de las rocas a las vagonetas que evacuarán inmediatamente el material hasta la escombrera. La vagoneta tiene una capacidad de 0,08m^3

3.5 Elección y cálculo de la fortificación.

La práctica mundial en la construcción de excavaciones subterráneas muestra que una de las operaciones que determina la velocidad y costo de laboreo de las excavaciones e influye en la productividad del trabajo de los obreros es la instalación o construcción de la fortificación permanente.

En comparación con otras operaciones del ciclo de trabajo; la instalación de la fortificación se caracteriza por necesitar de una parte significativa de trabajo manual a pesar de que el grado de mecanización en esta operación puede alcanzar valores relativamente altos (50% en las de metal; de 50-60% en las de madera; 70% en las de hormigón monolítico; 80% en las de anclas y más de un 90% en el guitado), Roberto Blanco (1995).

En dependencia del tipo de fortificación y de la forma en que se realice su instalación, ella puede ocupar entre 20-35% del tiempo total del ciclo y costar de 25-35% del costo total de la excavación.

Una de las tareas fundamentales del ingeniero de minas al proyectar una excavación, debe ser disminuir al máximo los gastos en el sostenimiento de la excavación, esto se logra con una buena elección de la fortificación a usar. En las obras subterráneas para la defensa, la fortificación debe también ser capaz de soportar las tensiones provocadas por los efectos de los medios de destrucción del enemigo garantizando así la actividad de la obra y cumpliendo los objetivos para los cuales fue diseñada.

Esta debe cumplir una serie de exigencias técnicas, productivas y económicas entre las cuales tenemos:

- Ser resistente, asimilando la carga que actúa sobre ella.
- Ser estable, conservando su forma inicial bajo la acción de las cargas.
- Debe ser segura ante un incendio.
- No debe estorbar los procesos productivos.
- Debe tener poca resistencia al paso del aire, para garantizar una buena ventilación.
- La vida de servicio de la fortificación debe corresponder con la de la excavación; dentro de lo posible.

Los gastos de construcción y mantenimiento durante su vida de servicio deben ser mínimos.

Para los túneles populares se utiliza varios tipos de materiales; entre ellos, los más empleados son: arcos de hormigón prefabricado, bloques, hormigón monolítico, acero etc.

En este trabajo se utilizará el hormigón prefabricado para la fortificación del techo y bloques para las paredes (ver la imagen 3 del anexo.).

El hormigón prefabricado que se utilizará consta de $0.03m^3$ de hormigón y 3m de barra de acero (13mm) así garantizando una capacidad portante de 20Mpa.

Con el hormigón prefabricado se logra una productividad alta y el costo es relativamente menos que el hormigón monolítico.

Lo primero que se debe 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 vagones. 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, después se colocan el hormigón prefabricado en techo de forma manual.

Para el cálculo de la presión minera se utilizará la hipótesis de Protodiakonov, la cual plantea que sobre las excavaciones horizontales, se forma una bóveda a la cual se le llama bóveda de equilibrio natural.
Protodiakonov teóricamente demostró que esta bóveda de equilibrio natural tiene una configuración parabólica.

La fortificación de la excavación va a soportar una presión igual al peso de la roca que se encuentra en dicha bóveda. La bóveda de equilibrio natural va a recibir sobre sí la carga uniformemente distribuida producto del peso de la roca que yace sobre ella.

Cálculo de la presión minera.

$$p = \frac{4}{3} l_0 \cdot b \cdot \gamma = \frac{4}{3} \cdot 1 \cdot 1{,}156 \cdot 2.4 = 1{,}8 t/m = 0.018 Mpa$$

$$b = \frac{2 \cdot l_0}{f} = \frac{2 \cdot 1}{3{,}5} = 0{,}57 m$$

$$l_o = \frac{Bu}{2} = \frac{2}{2} = 1m$$

f- Fortaleza de las rocas en el techo del túnel.

l_o-semiancho útil del túnel.

γ =masa volumétrica de las rocas (2.4t/m^3).

b- parámetro que depende del semiancho y la fortaleza de la roca.

Cálculode espesor de la bóveda en la parte superior

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

$$d_0 = 0.06\sqrt{\frac{2\cdot 1}{0.76}}\left(1+\sqrt{\frac{2\cdot 1}{3{,}5}}\right) = 0.20m$$

Cálculodel ancho de la bóveda en la zona de los pies.

$$d = d_0$$

Así que d=0.20m

Cálculodel ancho de la pared(c)

$$c = (\sim 2)\,\widehat{d}$$

r_3: (1,0- 1,5), r_3=1

$$c = 1\cdot 0.2m = 0.2m$$

Cálculo del ancho del cimiento

$$b = (.0 \sim 1.5)\,\widehat{c}$$

r_3: (1,0- 1,5), r_3=1.5

$$b = (.5)\cdot 0.20 = 0.30m$$

Cálculo dela altura del cimiento

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

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

$$m = \frac{0.3-0.2}{0.6} = 0.16m$$

3.6-Ventilación del túnel

3.6.1-Generalidades

Durante el laboreo de las excavaciones es preciso crear condiciones seguras para garantizar el desarrollo normal del trabajo, por esta razón las excavaciones en desarrollo deben ventilarse de forma sistemática con aire fresco de forma que el aire más próximo al frente de trabajo tengan por lo menos 20 % de oxígeno (en volumen) y no más de 0,5% de gas carbónico, Roberto Blanco (1984).

Además el contenido de otros gases debe estar en los rangos, que de acuerdo con lo establecido no sean perjudiciales para la salud de los obreros.

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 este proyecto la ventilación se realizará en dos variantes:

1. Por tiro natural.
2. Por ventilación forzada.

3.6.2-Variante (1) ventilación por tiro natural.

La ventilación por tiro natural se realizará por unos pozos de ventilación, es el variante más económico para la ventilación del túnel durante la construcción y explotación del mismo. Pero por la ubicación geográfica del túnel, la ventilación por tiro natural es difícil ya que no hace aire suficiente para ventilación. Se puede ventilar el túnel con este variante durante la explotación del túnel si se hace un estudio para determinar la dirección, velocidad del aire en la zona, entonces construir unas galerías en las direcciones que predomina el aire hasta el túnel.

3.6.3-Variante (2) ventilación forzada

La forma más difundida de ventilar el frente de trabajo, es la ventilación parcial la cual se puede realizar mediante 3 esquemas:

- A compresión o soplante.
- Aspirante.
- Combinado (compresión-aspiración).

En nuestro proyecto utilizaremos el esquema de ventilación de compresión o soplante, en este caso el ventilador absorbe aire fresco de la excavación donde está ubicado y la envía al frente mediante la tubería. De acuerdo de este esquema, el final de la tubería 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 sus objetivos.(ver la figura 1 del anexo)

Otro aspecto a tener en cuenta es que el ventilador debe colocarse por lo menos a 10m de la excavación que se ventila, ya que por ella va a salir el aire viciado (el cual contiene gases y polvo) y si esta distancia es menor, el ventilador puede absorber dicho aire viciado y enviarlo de nuevo al frente.

También se recomienda que la productividad del ventilador no sobrepase un 70% de la cantidad de aire que llega a él debido al tiro natural.

Ventaja: Este esquema de ventilación tiene como ventaja que el chorro de aire fresco, al salir de la tubería a gran velocidad, disuelve rápidamente los gases en el frente y los aleja.

Desventaja: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.

3.6.4-Elección del ventilador y tipo de tuberías de ventilación

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

1. Elección de las tuberías (longitud, diámetro, tipo, etc.)

2. Determinación de la cantidad de aire que se necesita en el frente
3. Determinar la productividad y depresión que es necesario satisfacer
4. Elegir el ventilador

Como la ventilación que vamos a utilizar es la parcial, el ventilador que se debe utilizar es axial porque posee menor peso y dimensiones que el centrífugo.
La tubería que se va escoger es de textovinita que son más ligeras que las metálicas y más cómodas en su manejo. Estos tubos se fabrican de tela de algodón recubierto por un lado con una capa de resina de policlorovinilíca y por el otro con barniz de esmalte. Este material es estable en un ambiente de agua corrosiva. El tiempo de funcionamiento oscila entre 12-15 meses. Se fabrican de longitudes de 5-10m y diámetro de 300-600mm.

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

Q_2 - Cantidad de aire necesario para eliminar los gases de la explosión

Q_3 - Cantidad de aire para garantizar la respiración de los obreros

En nuestro proyecto no vamos a usar ($Q1$) ni (Q_2) porque no están presente, gases durante el laboreo de las excavaciones.

Cantidad de aire necesario para garantizar la respiración de los obreros

$Q_3 = N_a \cdot n \cdot k$

Donde.

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

Na=cantidad de aire necesario para garantizar respiración normal de un obrero

n-número de obreros.

$Q_3 = 6 \cdot 4 \cdot 1{,}5 = 36\ m^3/\min$

Resistencia aerodinámica de la tubería

$$Rt = \frac{6.5 \cdot \alpha_f \cdot L_T}{d_t^{\,5}}$$

Donde

αf=coeficiente fricción de aerodinámica, 0.00015;

LT- longitud de la tubería, 200 m;

d_t- diámetro de la tubería, 0.4 m;

$$Rt = \frac{6.5 \cdot 0{,}00015 \cdot 200}{0{,}4^5} = 19{,}04 \; kilomiur$$

Cálculo de la pérdida del aire en la tubería

$$P = \left(\frac{1}{3} \cdot K' d_t \cdot \frac{L_T}{l_T} \cdot \sqrt{R} + 1 \right)^2$$

Donde,

$$p = \frac{1}{3} \cdot 0.0005 \cdot \frac{10}{200} \cdot \sqrt{19.04} + 1 = 1.012\,\%$$

K' – Coeficiente de permeabilidad específica enlas juntas (0.0005)

Cálculo de productividad del ventilador

$$Q_v = P \cdot Q_{máx}$$

$Q_v = 1.012\% \cdot 36 = 36.43 m^3/min$

Depresión del ventilador

$$h_v = h_e + h_d$$

Depresión estática(h_e)

$h_e = p \cdot R_t \cdot Q_{máx}^{\,2} = 0{,}01012 \cdot 19{,}0433 \cdot (0.6)^2 = 11{,}6 kg/m^2$

Depresión dinámica

$$h_d = \frac{V_m{}^2 \cdot \gamma_a}{2g}$$

g=aceleración de la gravedad

ɣ a- densidad del aire (1,2kg/m^3)

$V_m = \frac{Q_{máx}}{St}$ =4.78m/s

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

St=aréa interior de la tubería

$$rt = \sqrt{\frac{Q_{\max}}{15 * \pi}} = rt = \sqrt{\frac{0.6}{15 \cdot 3.14}} \approx 0{,}2\text{m}$$

$$St = \pi * r^2 = 3{,}14 \cdot 0{,}2^2 = 0{,}13\text{m}^2$$

$$h_d = \frac{V_m{}^2 \cdot \gamma_a}{2g} = \frac{4{,}78^2 \cdot 1{,}2}{29{,}81} = 1.4\,\text{Kg/m2}$$

hv=1,4+11,6=13 kg/m^2

Velocidad permisible

$$\frac{Q\max}{St} \le 15m/s = 4.6 \le 15m/s$$

$$W_v = 1.05 \cdot \frac{Q_V \cdot h_v}{102 \cdot \eta}$$

Wv= $1.05 \cdot \frac{0{,}61 \cdot 13}{102 \cdot 0{,}7} = 0{,}1kw$

ɳ -eficiencia del motor

W_v - potencia del motor del ventilador

El ventilador óptimoseleccionado.

Ventilador VM-3M

Energía empleada: Eléctrica

Productividad: 56m3/min

Consumo de energía: 2 KW

Peso: 80kg.

Longitud 560

Ancho 450

Alto 450

3.7-Operacionesauxiliares

Las operaciones auxiliares son aquellas que se realizan antes y después de las operaciones principales o simultáneamente con ellas en el laboreo de una excavación ya que garantizan el desarrollo y el funcionamiento normal de las labores fundamentales.

Estas operaciones son:

- La construcción de las zanja de desagüe.
- La colocación de las tuberías y cables.
- Los servicios topográficos.
- Plan de liquidación de avería
- Otras operaciones auxiliares
- La iluminación.

3.7.1-Iluminación

En condiciones subterráneas, para aumentar la seguridad del trabajo y la productividad, es indispensable una buena iluminación. Al laborear la excavación,se exige una 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.

La excavación se ilumina en 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.

3.7.2-Construcción de zanja para el desagüe

El agua que llega a las excavaciones se elimina por gravedad a través de zanjas 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 lasrocas.
- Tipo de fortificación que se emplean en la excavación.
- Dimensiones de lasexcavaciones.
- Vida de servicio.

3.7.3-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 controlar 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 sí, o con la utilización de un indicador de luz.

3.7.4 -Colocación de tuberías y cables

Las tuberías y los cables se instalan en la excavación de forma que no afecten el movimiento del tipo de transporte, ni el paso del personal.

Estas se alargarán a medida que avance el frente y se colocarán en la parte superior derecha de la excavación, con ayuda de garfios que van sujetos fuertemente de la fortificación de dicha excavación, fijados a una distancia de 4-5 m para disminuir la flexión.

Las tuberías de agua se colocarán en la parte inferior izquierda de manera tal que cumpla lo anteriormente expuesto

3.7.5-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.

3.7.6-Trabajos de abastecimiento de los materiales

Una de lasoperaciones más difícil, durante el laboreo de las excavaciones, es la relacionada con el acarreo, carga y descarga de materiales, equipos y otros en el frente.

3.8-Otras operaciones auxiliares

El compresor se instalara en 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.

3.9- Organización de los trabajos

3.9.1 Generalidades

La organización de los trabajos realizados en la mina constituye una 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 excavación.

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.

3.9.1-Confección del Ciclograma de Trabajo.

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

El ciclo de trabajo dura 18 horas, 6 horas por turno y un turno diario.se utilizará dos turnos para el arranque y transporte de la roca y el tercer turno para la fortificación. La excavación puede permanecer dos días sin fortificar, es decir un avance de 1.2m sin entibación. Para cada turno los obreros tienen 20 minutos para merendar, así que durante un ciclo, una hora es para merendar por eso en el gráfico(3.2) del ciclograma el ciclo muestra 17 horas,los días laborables serán de 275 días anual. Se logra un avance de 1.2m cada tres turnos de trabajo.

Calendario de trabajo

Días de feriados -7

Días que no trabajan

52-Domingos

31-Sabados porque hay unos sábados que van a trabajar.

Los días laborables=365-90=275.

Tiempo de arranque de las rocas durante un ciclo.

$ta=4/\pi \cdot Var/ (dp^2 \cdot hp) \cdot (nug \cdot tup)/ng$

ta=tiempo de arranque

var=volumen de rocas a arrancar (9.29 m^3)

dp=profundidad de un golpe (20mm)

hp=diámetro de la puntero la del martillo (25mm)

nug=golpeunitario (1 golpe)

ng=numero de golpes (1800)

tuptiempo unitario(1sec)

ke=coeficiente de esponjamiento (1.2)

$ta=4/\pi \cdot 9.29/(0.02^2 \cdot 0.025) \cdot (1 \cdot 1)/1800$

ta=657min.

Tiempo de fortificación (Tf)

$$T_f = \frac{V_f}{Q_{\exp}}$$

Q_{exp}=0.015m^3

V_f =volumen a fortificar

Volumen de la sección útil

$$Vu = S_U \cdot d$$

d= el avance (1.2m)

Su=área útil de la sección a fortificar (5.43m^2)

Vu=5.43·1=5,43m^3

Volumen de la sección del proyecto

$$Vp = S_p \cdot d$$

S_p=7.74m^2

$V_{P=}$7.74·1=7,74m^3

Vf=Vp-Vu=9.29-7.74=2.31m^3

$$T_f = \frac{2.27}{0.015} = 190\,\text{min}$$

Cálculo de tiempo de transporte

Volumen de rocas a transportar (VT)=Var·ke

VT=9.29·1.2=11.15m^3

Se utiliza parte de esta roca arrancada para el relleno y construcción de los bancos.

volumen de roca que se utiliza para el relleno(VR)

volumen de rocas que necesitan para el relleno de la parte de las partesrectas (Vp)

Vp= 2·h1·d·eo

Af=2*h1*d

h_1=1.43

$e_{o=}$0.05

Vp=2·1.43·1.2·0.05=0.17m^3

Área de la parte de pared a forficar(Af)

espesor de relleno(eo)

h_1=1.43m

Volumen de roca que se necesita para el relleno de la parte abovedada

Circunferencia de la parte abovedada (Ab)=πr

Va=πr*eo*d

Va=3.142·1.58·1.2

Va=0.26m^3

Volumen de roca que se utiliza durante la construcción de los bancos (vb)

Vb=Ab·d

Vb=0.48·1.2=0.58m^3

Ab=al·b

al=altura del banco, b= ancho del banco.

VT=11.15-Vp+Va+Vb=11.15-0.17+0.26+0.58m^3=10.14 m^3

Tiempo medio de transporte de las rocas (To) para un obrero durante un viaje

Vh=1000m/h=12m/min

To= L/Vh=120/12=10 min

L (distancia del frente hasta la escombrera)=120m

Vh=velocidad media de los obreros

Cantidad de vagonesnecesaria para el transporte de las rocas (Cc)

Cc=VT/Vc

Vc=0.08

VT=10.14

Cc=127 vagones

Tiempo de transporte para cada turno de 6 horas

Cp=61.5

Tiempo de retorno (recorrido vacío), Tv=4 min

Paralos 23 viajes, el Tvserá

Tv=20.4·4=81.6 min

Es decir que los 3 obreros que van a estar transportando la roca a la escombrera necesitan 3 vagones. Para este fin.

Tiempo total para el transporte de la roca.

Tt= 20.4·To+Td+Tc

Td tiempo de descanso (30min)

tiempo de Carga(Tc)

0.5min paracadavagones

Tp= tiempo para la preparación de las rocas

Tp= 12 min

Tc= 0.20·61.5+12=24min

Así que para los dos turnos, el tiempo de viaje será 632min, tiempo de carga 24min

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 el minero**JB** (después sustituido por **MA)**; los mineros **B1**, **B2** y **MA** se encontrarán haciendo los trabajos auxiliares. Después de 15 minutes los mineros MA, B1 y B2 empiezan a transportar las rocas arrancadas a la escombrera simultáneamente con el arranque.

Al inicio del próximo turno (el segundo día) el minero JB hace el saneamiento por 10 minutos antes que empiece el arranque. Para el tercer turno, que es el turno para que termine el ciclo, se hace la fortificación, construcción de los bancos y también para poner el hormigón en el piso.

Para eso el minero**B2** se encontrará preparando la mezcla a cierta distancia del frente de trabajo, donde los mineros **JB** y **B1 y MA** hacen la fortificacióny la construcción de los bancos.

Tabla 3.2Gráfico del ciclo de trabajo de un turno

operaciones	duración		horas					
	minutos	horas	3	6	9	12	15	18
Arranque	657	10.95						
Carga	48	0.67						
Transporte	632	10.53						
Saneamiento	10	0.16						
Fortificaciónón	190	3.08						
Constr de los bancos y cementación del piso.	140	2.33						
Total	1020	17						

3.10 -Cálculo de los Índices Técnicos y Económicos

3.10.1-Generalidades.

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

Los principales objetivos del mismo son:

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

Tabla 3.3 Gastos por concepto de materiales

Materiales	**U.M**	**Cantidad**	**$/unidad**	**$precio**
Acero de (13mm)	t	0.61	133.2	81
Acero de (10mm)	t	0.61	74	45
Arena	m^3	1.63	160	260.8
Grava	m^3	1.064	200	212.8
Cables	m	35.1	0.8	28.08
Cemento(pp350)	t	0.663	106	1673.3
Bloque de (20cm)	U	112.5	8	900
Picos de dos puntas	U	4	14.78	59.12
Pala de punta	U	4	3.35	13.4
Hormigónprefabricado	U	36	50	1800
LlaveEstilson (No. 20)	U	2	18.54	37.08
Bota de goma con casquillo	Par	4	14.25	57
Casco plástico	U	4	4.3	17.2
Guantesreforzados	Par	4	2.5	10
Cinto de seguridad	U	4	10.75	43
Capaparaminero	U	4	5.47	21.88
Espejuelosparamineros	U	4	2.45	9.8
Lámparasportátiles	U	4	60.8	242.3
Total				5511.76

Tabla 3.4Gastos por concepto de lubricantes.

Tipo de lubricante.	U.M	Consumo(día)	mensual	Precio ($)	Importe ($)/anual
Aceite de reductor	L	0.5	11	0.75	8.25
Grasa de copilla	kg	0.83	18.26	2.8	51.13
Total					59.39

Tabla 3.5 Gastos por concepto de salario/anual

categoría	cantidad	Salariobásico	Cond de trabajo	Salariomensual	Salariodiario
JB	1	186.79	78.23	485	22
AB	1	162.01	66.72	470	21.36
AB	1	162.01	66.72	470	21.36
MA	1	282.02	133.44	515	23.40
Total				1940	

Tabla3.6 Gastos por concepto de combustible

Equipo.	Cantidad.	Consumo (L/h)	Consumo mensual.	Costo (L)	Importe.
Compresor.	1	12	1080	0.26	$280.8

Tabla 3.7 Gastos por concepto de energía

Equipos	**Costo unitario**	**Consumo por h.**	**Consumo mensual**	**Gasto por dia ($).**	**Importe ($).**
Ventilador(VMI-3)	0.9	2.0Kw	289.1.kw	13.14	1734.48

Tabla 3.8 Gasto por concepto de amortización

Equipos	Valor inicial (I)	(USD)	A ($/anual)	A diaria ($/mes)	Cantidad de días
Martillorompedor	7500	300	1650	137.5	22
Ventiladores	6600	1200	6600	550	22
compresor	6600	1200	6600	550	22
total	67500	2700	14850	1237.5	

Cálculo del gasto normado directo (G_D).

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

G_D=1734.48+5511.8+1237.5+280.8+59.4+1940

G_D=$10764

Cálculo de los gastos generales (G_G).

$$G_G = K \cdot G_D$$

G_D=0.5·10764

G_D=$5382

Cálculo del gasto inducido (G_I).

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

G_1=0.5·(10764+5382)

G_1=$8073

Costo total=$10764+5384+8073$=$24219

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 determinado de todos los gastos que demandará la excavación se determinará el costo de laboreo de esta.

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

Donde,

$L_{exc.}$ Mensual es 9 m

$$C = \frac{10764 + 5384 + 8073}{9} = \frac{24221}{9} = 2691\$/m$$

CAPÍTULO-IV. PROTECCIÓN DEL TRABAJO Y DEL MEDIO AMBIENTE.

4.1- 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) obrero. la tabla 4.1 muestra la relación entre trabajador y los medios que deben usar para su protección.

Para evitar los accidentes hay que prestar especial atención 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 durante la ejecución del túnel.

4.1.1-Medidas a tener en cuenta en el arranque de las rocas

Generalidades.

- Antes de la perforación se debe revisar la estabilidad del macizo y el techo de la excavación.
- No se debe arrancar con el martillo suspendido, en caso de que no baste con la columna neumática, se utilizan plataformas de madera.
- Las actividades de arranque la realizará el minero destinado para ello, queda prohibido que el personal no especializado realice esta actividad.
- El minero que realizará este fin debe utilizar los elementos de protección personal. ejemplo, Casco, Gafas Protectores, Tapones deOídos.

- Humedecer la superficie del frente durante los trabajos de arranque de las rocas para que no haya polvo durante el arranque.

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

- Se permite trabajar solamente con martillos que estén en buenas condiciones técnicas.
- El operario debe conocer perfectamente la construcción del martillo.
- La unión de las mangueras con el martillo, es necesario sostener el martillo en dirección a las rocas para evitar lesionarse en el caso de entrada de aire al martillo.
- Al colocar la barrena en el martillo, es necesario sostenerla en dirección a las rocas para evitar lesionarse en el caso de entrada de aire al martillo.
- Las reparaciones de martillo deben realizarse nada más que en el taller.

4.1.2 -Medidas para la carga de la roca.

- Los pedazos grandes se romperán con una mandarria, para disminuir su tamaño y lograr la carga en los medios de transporte.
- Se debe usar guantes para realizar esta operación.
- No colocar las manos en las vagonetas.

4.1.3-Otrasmedidasgenerales.

- Los equipos deben estar en buen estado.
- Se prohíbe entrar con alimentos o fumar dentro de la mina.
- Se debe velar por la protección y la higiene del trabajo.
- Se prohíbe quitarse el casco independientemente del lugar en que este.
- Velar porque cada obrero este realizando la función que le corresponde.

Tabla 4.1 Relación entre trabajador y los medios que deben usar para su protección.

Lugar del cuerpo	Medio protector	Requisitos que debe cumplir el Medio protector
Cabeza	Se usan cascos protectores que tienen como objetivo reducir el impacto de objetos que caigan de alturas más o menos elevadas	Resistente a impactos, al fuego, la humedad, peso ligero, aislamiento de la electricidad.
Oído	Tapones de oídos, orejeras o casco protector contra el ruido	Que atenué el sonido, que tenga confort y durabilidad, que no tengan impactos nocivos sobre la piel, que sea de fácil manejo
Ojos y cara	Gafas protectoras ,pantallas, viseras ,caretas protectoras y espejuelos	Protección adecuada para el riesgo especifico que fue diseñado, comodidad en el uso de los mismos , ajuste perfecto y ninguna interferencia en los movimientos , durabilidad y facilidad de higienización
Manos y Brazos	Guantes, almohadillas y protectores del brazo, mangas y protectores de dedo	Que estén reforzados para que protejan al trabajador contra llamas, calor y cortaduras.
Torax	Delantales dela piel, de goma sintética y para ácido	Deben proteger contrachispas, cortaduras pequeñas y protección contra agua y tierra.
Pies y piernas	Botas corte alto, tobilleras, polainas, almohadillas.	Casquillos de acero para los pies,anticonductivos,antichispa y deben resistir las descargas eléctricas
Viasrespiratorias	Respiradores con filtro para polvo, máscaras con filtros para gases, respiradores con líneas de aire, máscaras con puentes de oxigeno	Deben estar acorde alelemento contaminante y a puesto de trabajo. No deben ser objeto que impidan que el trabajador realice sus actividades

4.2- protección al 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 afectada durante los trabajos mineros. Para ellos se proponen una serie de medidas que vienen a continuación.

- El estéril se colocará en una escombrera la cual una vez terminada la ejecución del túnel será rehabilitada.
- En los trabajos preparatorios se hará la menor cantidad de trochas, así como de caminos.
- La tala de árboles se debe realizar respetando las disposiciones forestales.
- En las proximidades del túnel se habilitará un lugar donde los obreros puedan hacer sus necesidades fisiológicas.
- Se evitará la caza y transportación de especies endémicas por parte de los trabajadores.
- El campamento de los trabajadores se realizará de forma tal que afecte lo menos posible el entorno, así como no se verterán los desechos en ríos u otro lugar.

CONCLUSIONES

1. Se confeccionó el proyecto que permitirá la construcción del túnel popular ‘’La Campana’’.
2. Se evaluaron los procesos tecnológicos y se propuso el martillo picador (M-08), para el arranque de la roca, el ventilador VM-3M para la ventilación parcial y la vagoneta como medio de transporte de la roca.
3. Se logró determinar el costo de un metro lineal del túnel, cuyo valor es.2691$/m.
4. También se propuso medidas para la protección del trabajo y al medio ambiente

RECOMENDACIONES

1. Aplicar este proyecto como una herramienta básica para la construcción del túnel ‘’La Campana’’ y se analice la posibilidadde utilizarlo en otros túneles donde el macizo tenga características similares al macizo analizado en este trabajo.
2. Analizar otras variantes de transporte para ser aplicado durante la construcción del túnel popular ‘’La Campana’’.

BIBILOGRAFÍA

1. ANTONIO, J. Cálculo del pasaporte de fortificación con el uso de ladrillos en la fortificación de los techos en los túneles populares de Moa. *Trabajo de Diploma*. Moa: Facultad de Geología Minería, 2010.
2. BELETE, O. Maquinas mineras. La Habana: Félix Var, 2014. pp. 15,16.
3. BLANCO, R. Fortificación de excavaciones horizontales. La Habana: Félix Varela, 1995. pp. 44,59. ISBN 959-07-0038-1.
4. BLANCO, R. Fortificaciones de excavaciones subterránea. La Habana: Félix Varela, 1984. pp. 2,4,77-79.
5. BLANCO, R. Laboreo de excavaciones horizontales. La Habana: Félix Varela, 1984. pp. 52-62.
6. BLANCO, R. Mecánica de Rocas. Santiago de Cuba: Oriente Santiago de Cuba, 1981. p. 182.
7. BLANCO, R. Proyecto de construcción subterránea. segunda ed. La Habana: Félix Varela, 2009. pp. 7,9,41,166.
8. FUENTES, Y. Proyecto de construcción del túnel Rolo Monterey. Trabajo deDiploma. Moa: Facultad de Geología Minería, 2009.
9. S, B. y GORNOVÓI, B. Labores Mineras. La Habana: Pueblo y Educación, 1986.
10. HelmutFritzsche, G Tratado de Laboreo de Mina. Editorial Labor, S.A.Tomo II
11. Paúl Rose Rodolfo .Máquinas perforadoras.
12. WILLET,D.C.The development of tunelling and the use of underground space through ages,1979.

ANEXOS

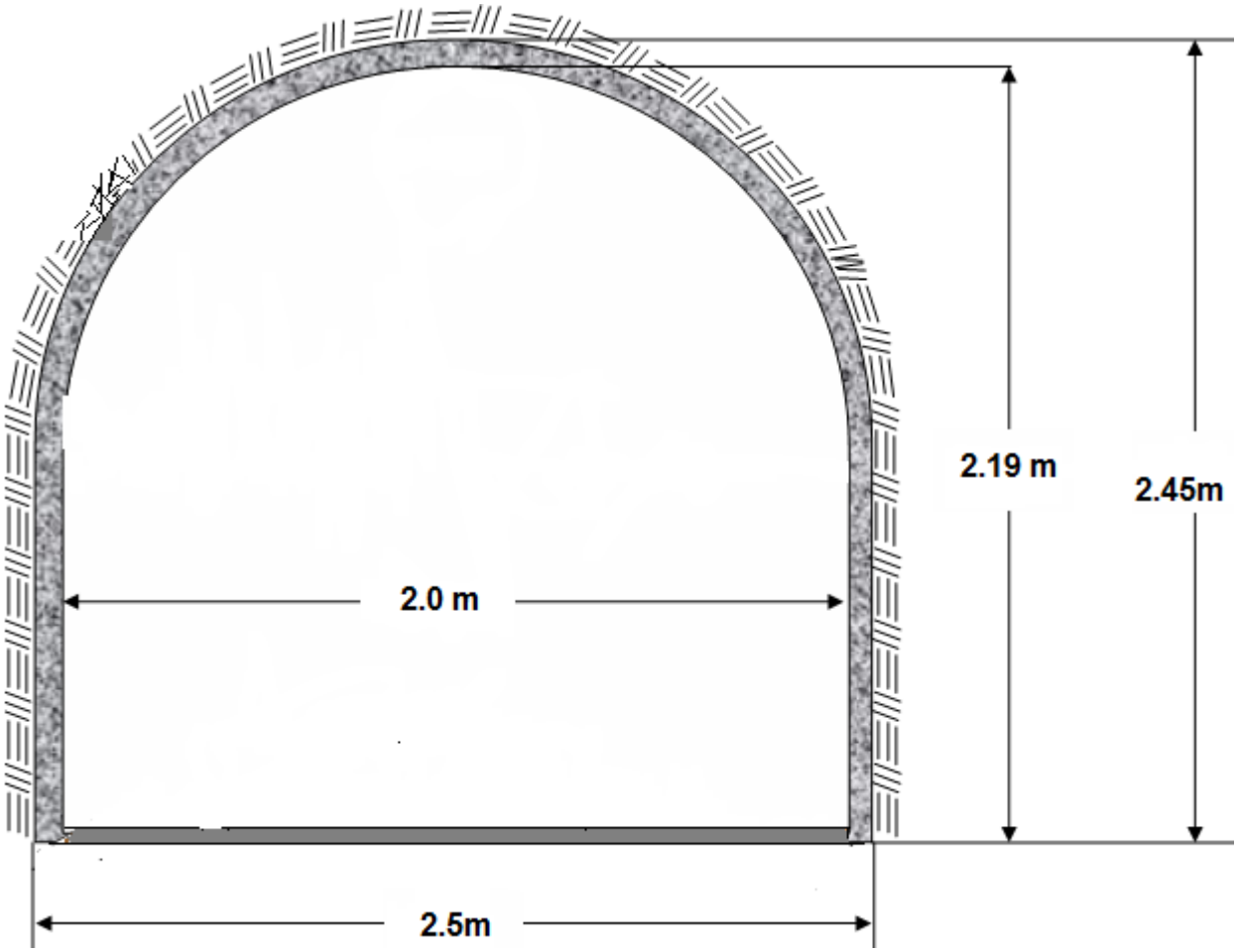

Figura.1- Forma de la sección transversal y dimensiones del túnel.

Imagen.1-Esquema de carga de la roca.

Imagen.2-Esquema de arranque de la roca.

Imagen 3 una vagoneta para el transporte de la roca.

Imagen 4 Esquema de fortificacion del túnel.

Tabla. 1- Especificaciones técnicas del compresor.

Tipo de compresor	Gasto de combustible L/h	Productividad (m^3/h)	Presión atmosférica (atm.)	Peso (kg)
B-CSH	12	10	7	1200

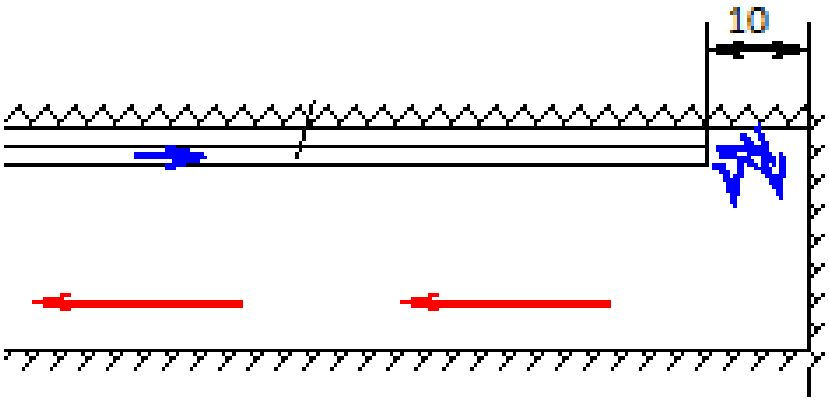

Figura. 2- Esquema de la ventilación.